

CURSO BÁSICO

Planejamento de Energia Elétrica no Brasil

Rio de Janeiro, 03 de setembro de 2018

Amilcar Guerreiro

Diretor de Estudos de Energia Elétrica

Empresa de Pesquisa Energética
Ministério de Minas e Energia



CURSO BÁSICO

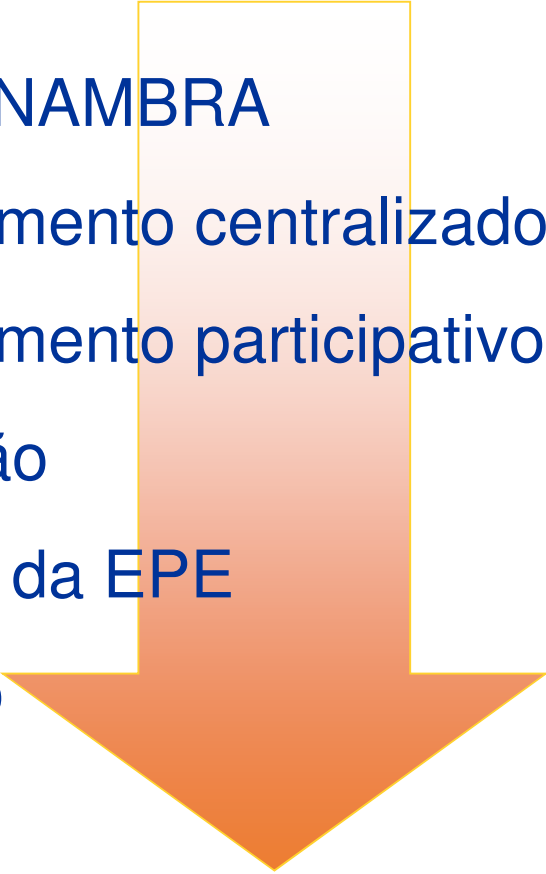
Planejamento de Energia Elétrica no Brasil

Agenda

1. Um pouco de história
2. Sobre a EPE
3. Panorama da expansão da oferta de energia
4. Questões chave
5. Principais desafios
6. A agenda do futuro

1. Um pouco de história

A evolução do planejamento no setor elétrico brasileiro

- pré-CANAMBRA
 - planejamento centralizado
 - planejamento participativo: GCPS
 - transição
 - criação da EPE
 - o futuro
- 

período pré-CANAMBRA (1880-1970)

Características:

- sistemas radiais e isolados
- geração termelétrica
- estudos de potenciais hidrelétricos locais
- início dos estudos de potencial hidrelétrico de trechos de bacias hidrográficas
- predominância do capital privado

período pré-CANAMBRA (1880-1970)

Alguns marcos:

- primeira usina hidrelétrica:
Marmelos-0, em Juiz de Fora, MG (1889)
- Código de Águas (1934) e sua regulamentação (1957)
- Light: sistemas Rio (usina de Nilo Peçanha) e São Paulo (usina de Cubatão)
- criação da Chesf (1945), Cemig (1952) e Furnas (1957)
- criação da Eletrobrás (1962)

período pré-CANAMBRA (1880-1970)

Alguns marcos:

- estudos da CANAMBRA (década de 60)
 - primeiro estudo integrado do potencial hidrelétrico (Sudeste e Sul)
 - novas metodologias de planejamento
 - primeiro plano de expansão de longo prazo

planejamento centralizado (1971-1980)

Características

- sub-sistemas regionais interligados
- instalação de grandes reservatórios de regularização plurianual
- operação coordenada pela Eletrobrás
- estruturação do planejamento setorial centralizado
- pesados investimentos estatais

planejamento centralizado (1971-1980)

Alguns marcos

- consolidação do Sistema Eletrobrás
- Itaipu
- programa nuclear
- planos setoriais elaborados pela Eletrobrás (ex: Plano 90)



planejamento participativo: GCPS (1981-1999)

Características

- Crescimento do consumo
- Interligação dos sub-sistemas
- Operação coordenada pela Eletrobrás
- Planejamento setorial estruturado e coordenado pela Eletrobrás
- Introdução da dimensão ambiental no planejamento
- Predominância do capital estatal



planejamento participativo: GCPS (1981-1999)

Alguns marcos

- Manual de Inventário e de Viabilidade de hidrelétricas
- I Plano Diretor de Meio Ambiente (1986)
- novas metodologias de planejamento
 - cenários de mercado
 - planejamento estocástico
 - planejamento sob incertezas
- Revise
- início da privatização

transição (1997-2003)

Características

- agência reguladora independente
- operador independente do sistema
- mercado de livre contratação no suprimento
- planejamento indicativo na geração e determinativo na transmissão (3 anos), sob responsabilidade do MME (CCPE)
- transição para o capital privado

transição (1997-2003)

Alguns marcos

- criação da ANEEL (1997)
 - criação do ONS e do MAE (1998)
 - criação do CCPE (1999)
 - instalação do CNPE (2000)
-
- racionamento (2001)
 - crise financeira (2002)
 - sobra expressiva de energia (2003)

A implantação da EPE (2004-)

Características

- redefinição de funções, governança e responsabilidades *[dos principais agentes]*
- competitividade na geração (leilões)
- contratação de longo prazo e com antecedência
- reestruturação do planejamento

A implantação da EPE (2004-)

Alguns marcos

- Lei n° 10.848, de 15 de março de 2004
[dispõe sobre a comercialização de energia]
- regulamentação principal (mar-ago de 2004)
- 1° leilão do novo modelo (dezembro de 2004)
- criação do CMSE (2004)
- criação (2004) e instalação (2005) da EPE

2. Sobre a EPE

Empresa de Pesquisa Energética
Ministério de Minas e Energia



EPE

Lei 10.847 de 15 de março de 2004 - Autoriza a criação da EPE

Art. 2º: "A Empresa de Pesquisa Energética - 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."

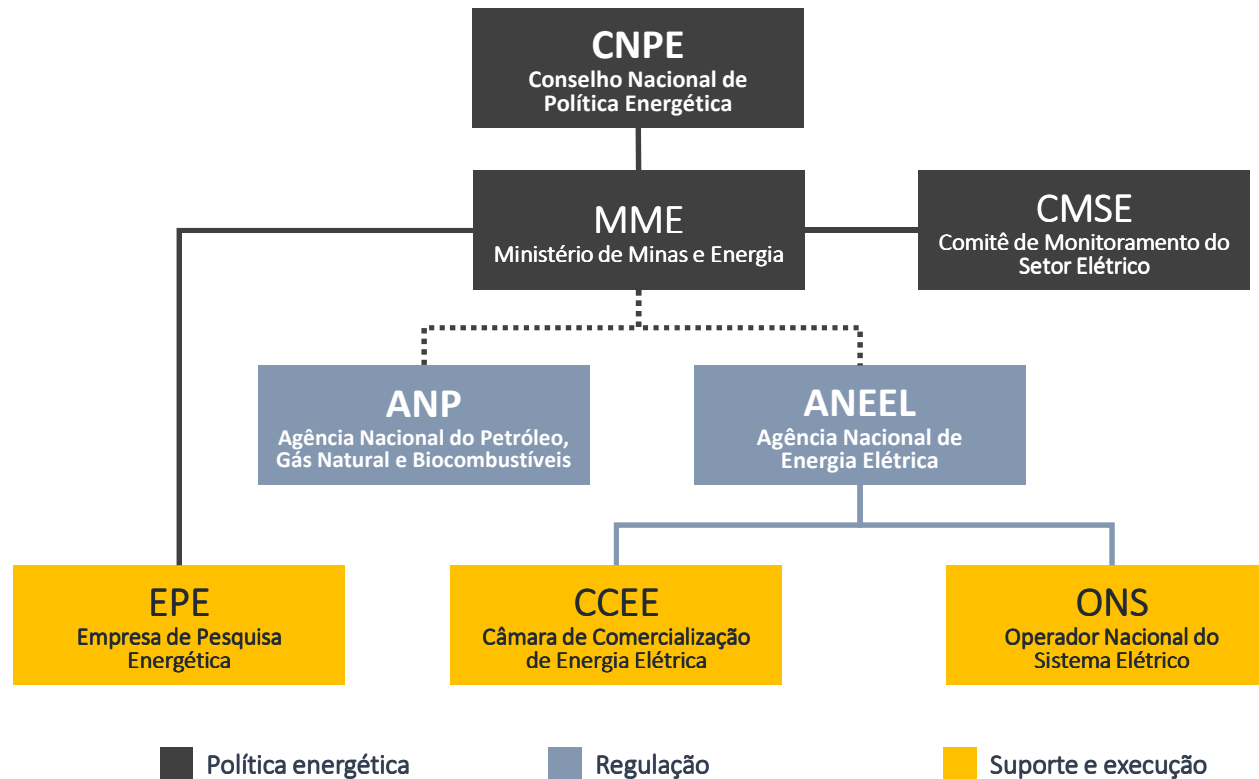
Empresa pública federal vinculada ao MME

- Integrante do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), com direito a voto
- Possui Escritório Sede em Brasília e Escritório Central no Rio de Janeiro.
- **Quadro autorizado de 331 empregados. Em março de 2017 conta com o total de 313* empregados**

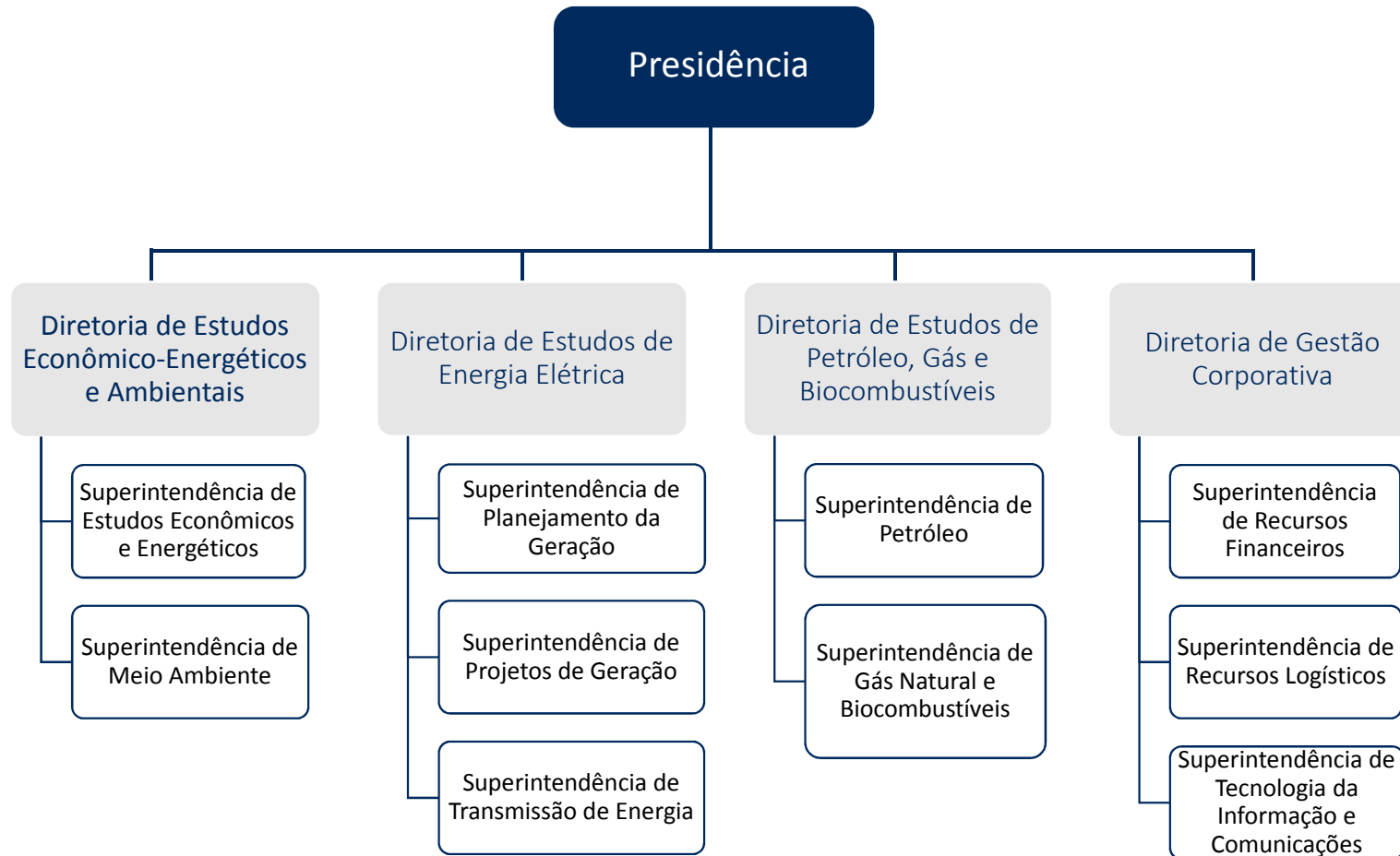
* dos quais apenas 1 alocado em Brasília

EPE

Atuação como agente institucional do Setor de Energia



Organograma



Quadro de Pessoal

ESPECIALIDADES	EMPREGADOS	%
ENGENHARIA	174	56
ECONOMIA	24	8
ADMINISTRAÇÃO	18	6
DIREITO	13	4
TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO	11	3
CONTABILIDADE	7	2
MATEMÁTICA	7	2
BIOLOGIA	6	2
GEOGRAFIA	6	2
GEOLOGIA	4	1
ARQUITETURA, CIÊNCIAS SOCIAIS, FÍSICA, OCEANOGRAFIA, QUÍMICA E OUTROS	15	5
ASSISTENTES ADMINISTRATIVOS	28	9
TOTAL	313	100

169 empregados de cargos de nível superior com Pós Graduação (Especialização, Mestrado, Doutorado ou Pós-Doutorado), representando 53% da população total e 59% da população de nível superior

Base: mar/17

Principais produtos e atividades

Planos e Balanços

- Plano Nacional de Energia - PNE
- Plano Decenal de Expansão de Energia - PDE
- Plano Decenal de Expansão da Malha de Transporte Dutoviário - PEMAT
- Programa de Expansão da Transmissão - PET
- Plano de Expansão de Longo Prazo - PELP
- Zoneamento Nacional de Recursos de Óleo e Gás
- Balanço Energético Nacional - BEN
- Anuário Estatístico de Energia Elétrica

Principais produtos e atividades

Boletins e Análises Conjunturais

- Resenha Mensal de Energia Elétrica
- Análise de Conjuntura dos Biocombustíveis (anual)
- Boletim de Conjuntura Energética (trimestral)
- Boletim de Conjuntura da Indústria do Petróleo (semestral)
- Boletim Trimestral de Energia Eólica

Principais produtos e atividades

Outros estudos regulares

- Revisões Quadrimestrais da Demanda de Energia Elétrica
- Cenários Econômicos
- Atendimento aos sistemas isolados
- Estudos de Avaliação Ambiental de Bacias Sedimentares – AAAs
- Geração Distribuída (Solar Fotovoltaica, Resíduos Sólidos)
- Monitoramento de Indicadores de Eficiência Energética (BIEE)

Principais produtos e atividades

Exemplos de Estudos Especiais

(1/3)

- Aquecimento Solar – Programa Minha Casa, Minha Vida
- Capacidade de suporte da bacia aérea de Candiota
- Ampliação de Usinas Hidrelétricas (UHE)
- Estudos para contratação da energia de Angra III e definição da Tarifa de Itaipu
- Renovação das Concessões de UHE - Cálculo do Valor Novo de Reposição (VNR)
- Estudos sobre reservatórios de regularização e usinas reversíveis
- Estudos de suporte ao Plano Nacional de Eficiência Energética

Principais produtos e atividades

Exemplos de Estudos Especiais

(2/3)

- Novo Modelo Regulatório para as Atividades de Exploração e Produção de Petróleo e Gás sob o Regime de Partilha de Produção em Áreas do Pré-Sal e Estratégicas
 - *Estudo Comparativo das Formas de Contrato para Exploração de Petróleo e Gás Natural em Nível Mundial*
 - *Proposta de um Novo Modelo (Fiscal, Regulatório e Legal) para Áreas de Grande Reserva / Alta Produtividade de Petróleo e Gás Natural*
 - *Perspectivas de Reservas e de Produção Futura, com base num Novo Potencial Petrolífero do País*
 - *Desenvolvimento do Simulador de Avaliação de Participações Governamentais - SIAGOV*
- Previsões de Produção de Petróleo e Gás Natural para a Rodada de Licitação do Pré-Sal na Modalidade de Partilha da Produção - Área de Libra

Principais produtos e atividades

Exemplos de Estudos Especiais

(3/3)

- Renovação das Concessões
 - *Medida Provisória 579/2012, convertida na Lei 12.783/2013*
- Lei de Mudanças Climáticas
 - *Lei 12.187/2009 e Decreto 7.390/2010*
- Lei do Gás
 - *Lei 11.909/2009*
- Compromisso do Brasil no combate às mudanças climáticas: produção e uso de Energia
- Contribuições nas discussões relacionadas ao Licenciamento Ambiental
- Proposições para modernização do marco regulatório (CP 33)

Principais produtos e atividades

Estudos de Expansão da Geração

- Inventário de Bacias Hidrográficas
- Avaliação Ambiental Integrada
- Viabilidade Técnica e Econômica de UHE
- Estudos de Impacto Ambiental e obtenção de Licença Prévia
- Estudos de Componente Indígena
- Cálculo das Garantias Físicas de energia de usinas
- Planejamento da Expansão dos Sistemas Isolados *Lei 12.111/2009*
- Custos socioambientais e externalidades de UHE

Principais produtos e atividades

Estudos de Expansão da Transmissão

- Atendimento à Carga
- Conexão de Empreendimentos de Geração
- Interligações entre Subsistemas
- Interligações Internacionais
- Estudos de custos socioambientais de LTs e SEs
- Apoio ao MME e ANEEL na definição dos empreendimentos que compõem os leilões de transmissão e na composição dos lotes, do ponto de vista elétrico e de complexidade socioambiental

Principais produtos e atividades

Leilões de Geração

- Contribuições para a regulamentação
- Habilitação técnica dos empreendimentos (Sistema Interligado Nacional - SIN, Sistemas Isolados e Programa Luz para Todos)
- Estudos para a definição de preço teto (SIN, Sistemas Isolados e Programa Luz para Todos)
- Análise das solicitações de alterações das características técnicas dos empreendimentos contratados

Principais produtos e atividades

Leilões de Transmissão

- Elaboração de todos os Estudos de Viabilidade Técnico-Econômica e Socioambiental de Expansão da Transmissão (Relatório R1)
- Elaboração/Coordenação/Análise dos Estudos de Detalhamento da Alternativa de Referência (Relatório R2)
- Elaboração/Coordenação/Análises dos Estudos de Definição de Diretriz do Traçado e Caracterização Socioambiental (Relatório R3)
- Análise dos Relatórios de Caracterização das Instalações Existentes (Relatório R4)

Principais produtos e atividades

Sistemas de Informação (principais)

- Acompanhamento de Empreendimentos Geradores de Energia - **AEGE**
- Sistema de Informações de Mercado para o Planejamento do Setor Elétrico - **SIMPLES / SAM** e Consumidores Livres
- Sistema para Elaboração de Orçamentos de Obras Civis de Usinas Hidrelétricas - **SISORH**
- Sistema de Coleta e Armazenamento de Dados do Mercado de Gás Natural - **INFOGÁS**
- Sistema de Avaliação de Custos de Gasodutos de Transporte - **SAGAS**
- Banco de Dados do Setor Sucroalcooleiro
- Acompanhamento das Medições Anemométricas - **AMA**
- Sistema de Coleta de Dados do Balanço Energético Nacional
- Base de Dados do Sistema de Transmissão - Horizonte Decenal

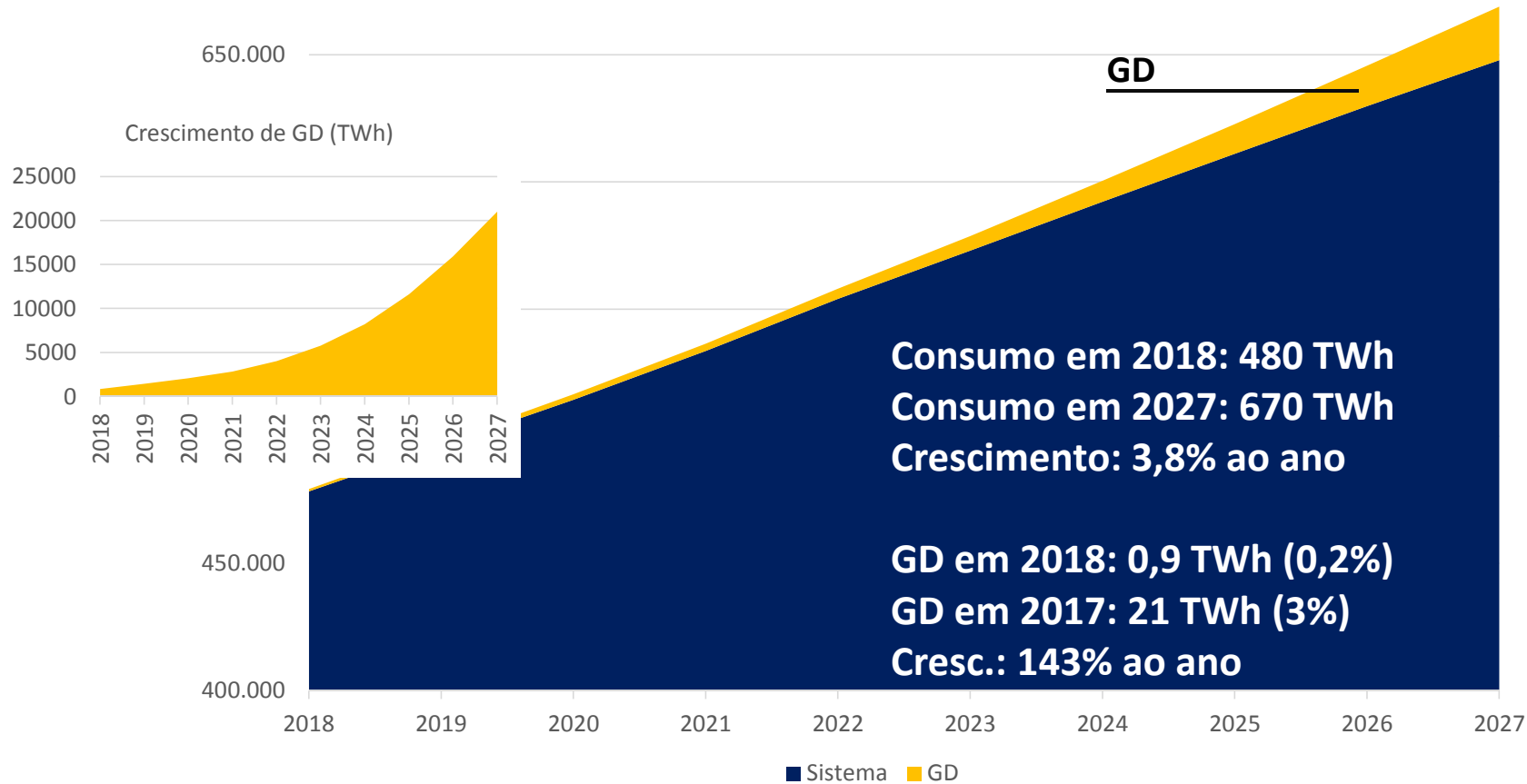
Principais produtos e atividades

Sistemas de Informação - Mapas

- WEBMAP EPE: Sistema de Informações Geográficas dos Estudos do Planejamento Energético Brasileiro
(<http://www.epe.gov.br/Paginas/WEBMAP.aspx>)
- Mapa do Sistema Interligado Nacional
- Mapa da Infraestrutura de Transporte de Gás Natural

3 Panorama da expansão da oferta de energia

Projeção do consumo de energia (GWh)



Sobre as renováveis “não convencionais”



PCH ($P \leq 50$ MW, $A \leq 3$ km²)

Potência instalada: 5.700 MW

Potencial: 18.000 MW

A large fraction of the Brazilian yet-to-be-developed hydro potential is from small hydro.



Eólica

Potência instalada: 10.000 MW

Potencial: Maior que 300.000 MW

Relative newcomer technology, but most competitive in recent auctions.



Biomassa

Potência instalada: 12.900 MW

Potencial: 53.000 MW

Now a days a large fraction of the sugarcane bagasse is wasted in low-pressure boilers.

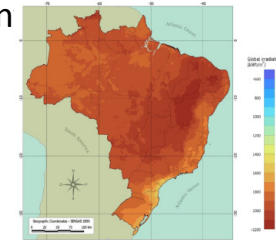


Solar Fotovoltaica

Potência instalada: 34 MW

Potencial: Ilimitado

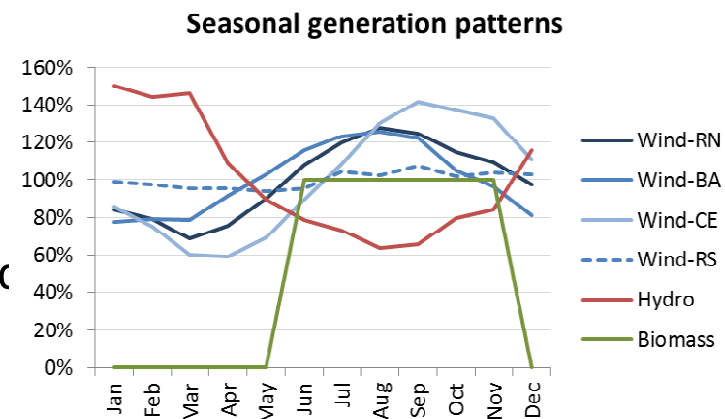
A bet for the future as the radiation indices are high all over the coun



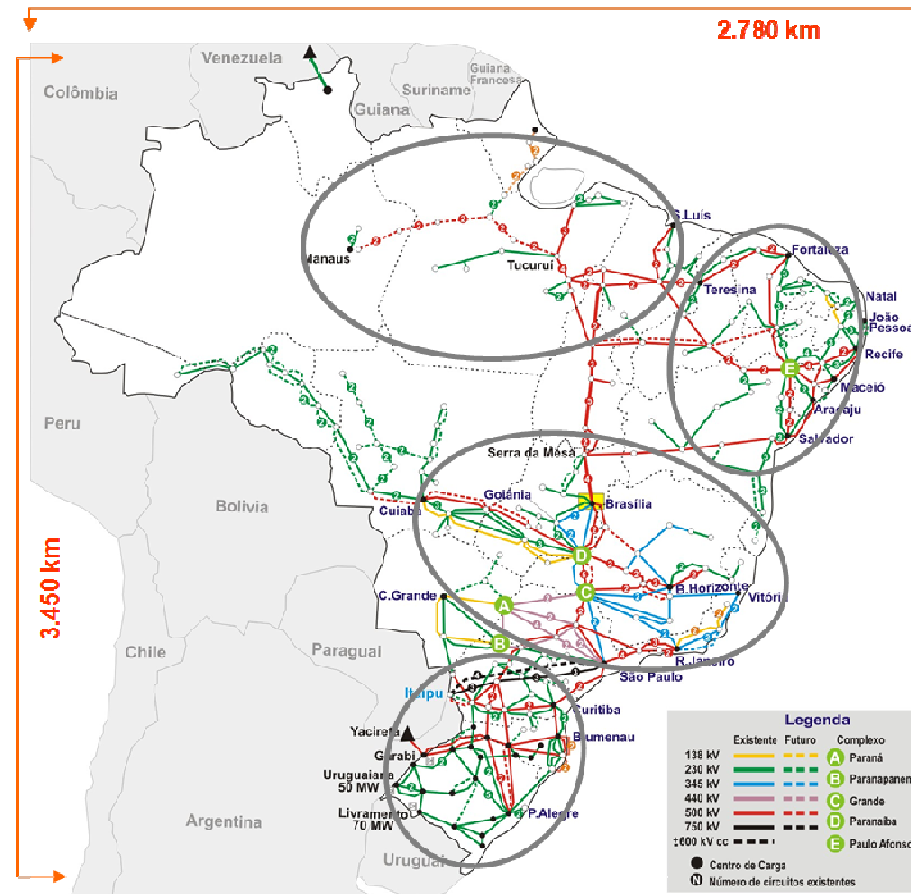
Sobre as renováveis “não convencionais”

Alguns atributos de interesse

- Potenciais com complementaridade geográfica
- Menor tempo de construção
- Complementaridade com as hidrelétricas:
 - Hidro + bioeletricidade (no Sudeste)
 - Hidro + eólica (no Nordeste)
- Preocupação
 - Preparação do sistema elétrico para “absorver” as características de variação de potência inerentes a essas fontes (eólica e fotovoltaica),



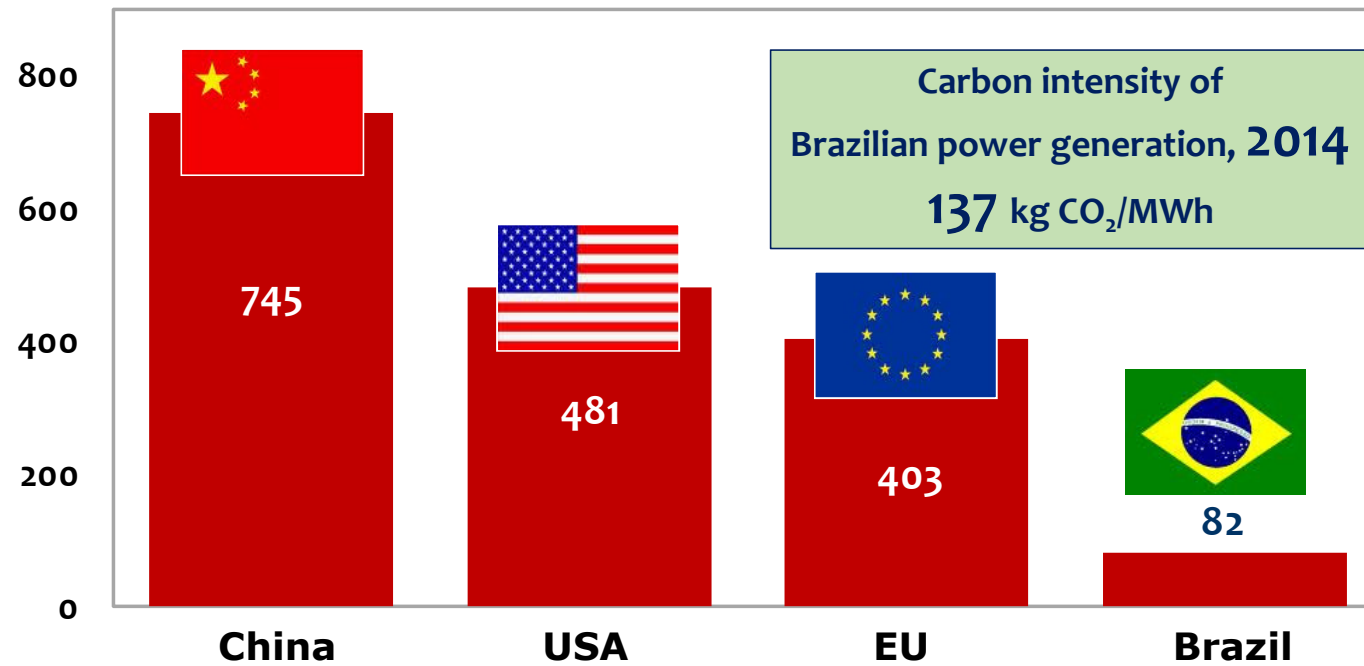
Sobre a rede de transmissão



Climate friendly!

Emissões de GHG do parque gerador, 2012

(kg CO₂ por MWh)



Source: International Energy Agency and EPE

Os estudos da expansão da oferta de energia

DIRETRIZES GERAIS

- Estudos definem um Plano de Expansão em que se busca **equilibrar oferta e demanda**
- O Plano de Expansão é **indicativo**; deve oferecer a **sinalização econômica adequada** para o mercado
- Em sua elaboração, consideram-se os **condicionantes de “política energética”**
- Nessas condições, a alternativa indicada representa a **expansão ótima** (*minimização do custo total: expansão o + operação*)

ESTÁGIO ATUAL

- O PDE 2027 está em elaboração
(todos os valores aqui apresentados são preliminares)
- Previsão de conclusão setembro de 2018

Os estudos da expansão da oferta de energia

Diretrizes específicas

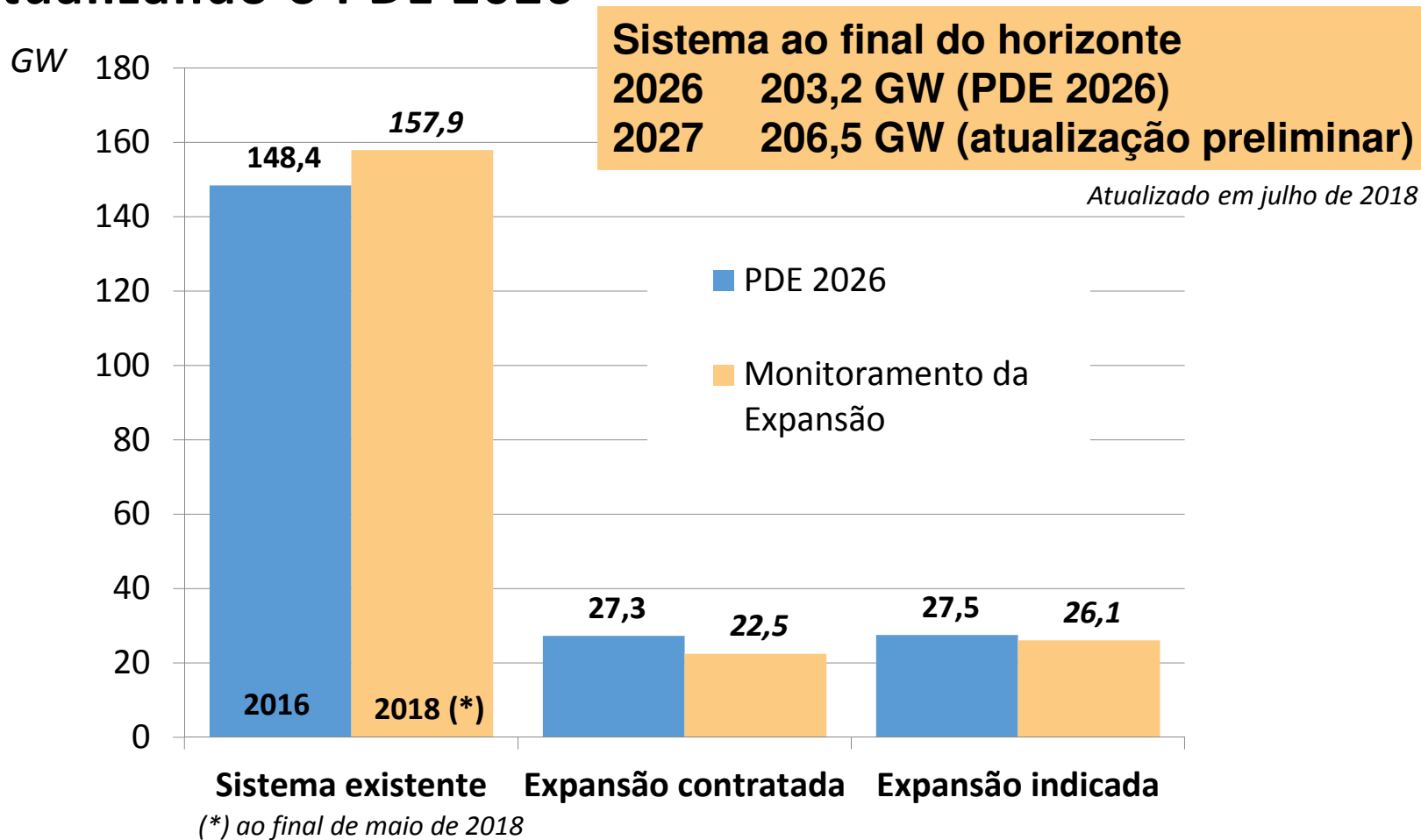
- Minimizar emissões de CO₂
- Aproveitar o potencial dos recursos renováveis
- **Manter a participação de renováveis na matriz elétrica**

Observações

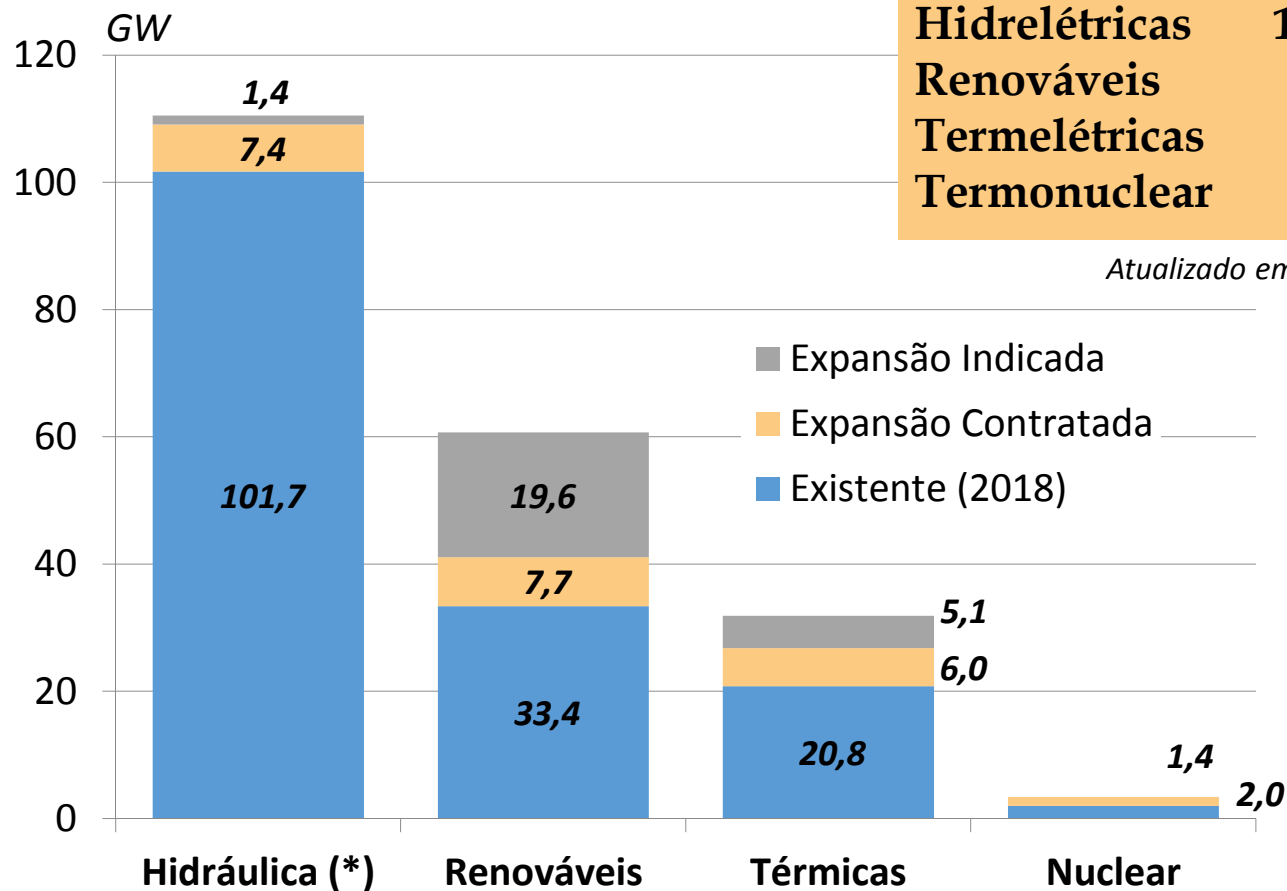
- *Expansão indicativa a partir de 2023*
- *A participação de renováveis inclui, além das usinas hidrelétricas de grande porte: PCH | Biomassa | Centrais eólicas | Centrais fotovoltaicas*

Expansão da oferta de energia

Atualizando o PDE 2026



Expansão da oferta de energia

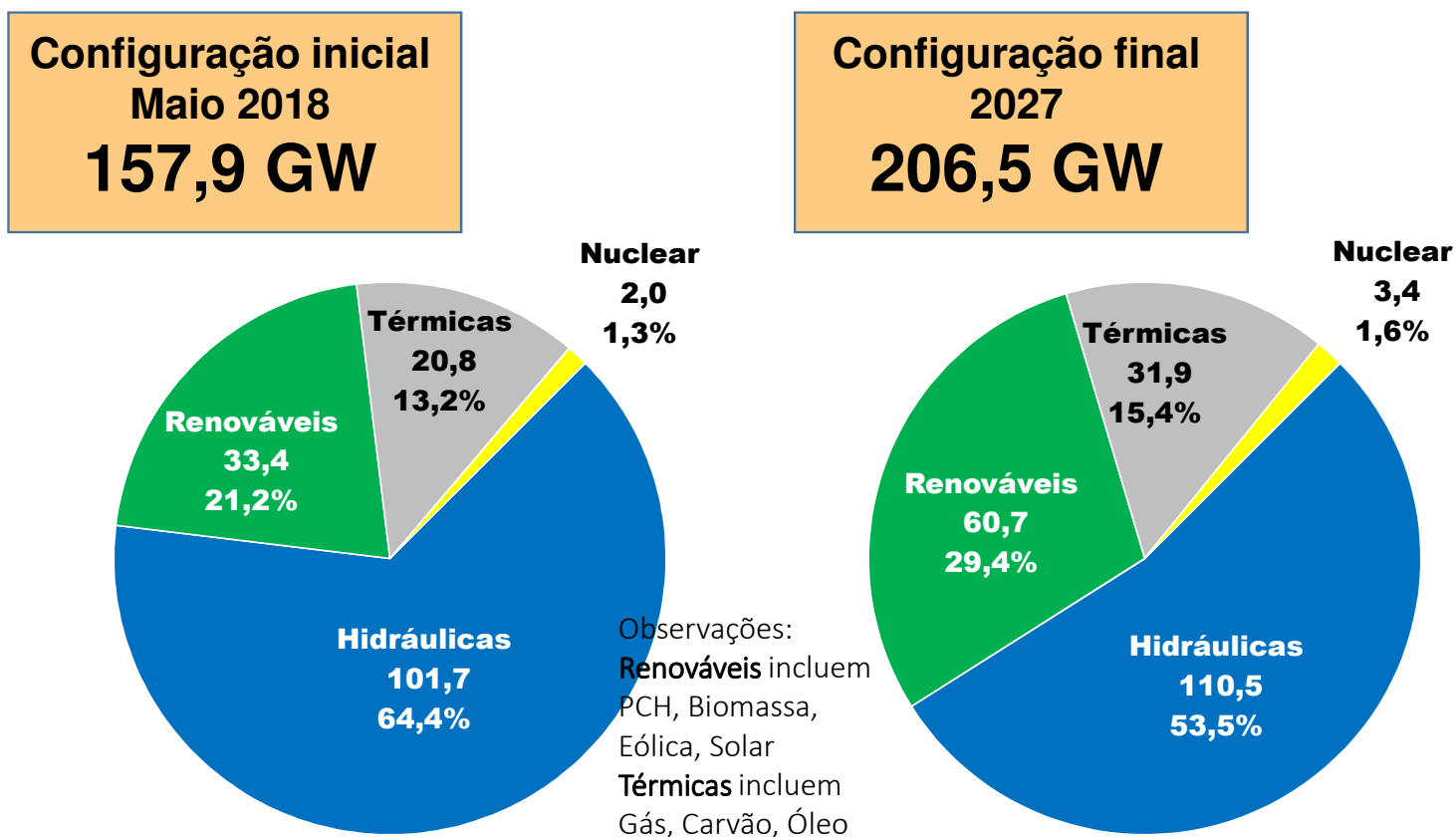


Sistema gerador em 2027

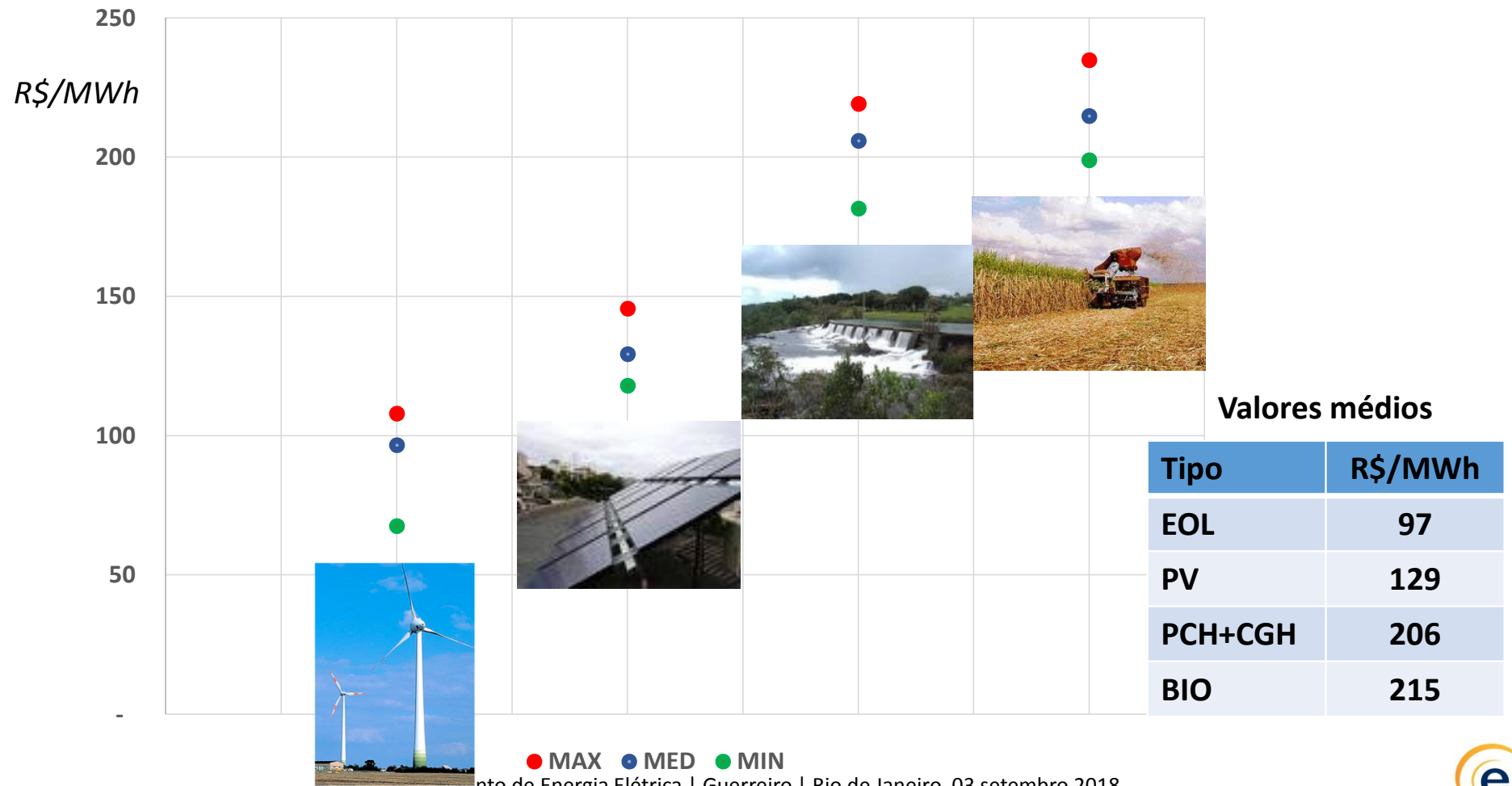
Hidrelétricas	110,5 GW
Renováveis	60,7 GW
Termelétricas	31,9 GW
Termonuclear	3,4 GW

Atualizado em julho de 2018

Expansão da oferta de energia: visão geral



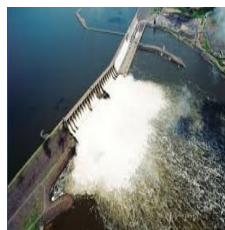
Preços da energia renovável apurados nos Leilões de 2017 e 2018



Valores médios

4 Questões chave

Questões chaves na expansão da oferta de energia



Expansão hidrelétrica

Preço da energia

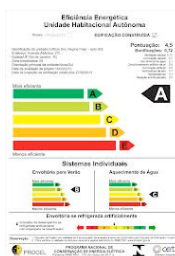
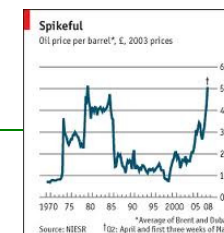


Mudanças climáticas

(emissões CO₂)

Efeitos da inserção de renováveis no sistema

Eficiência energética e geração distribuída



Mudanças climáticas e menor expansão de hidrelétricas significa:

- maior expansão de renováveis



- maior expansão termelétrica



- necessidade de potência complementar
- necessidade de flexibilidade (gestão da oferta)

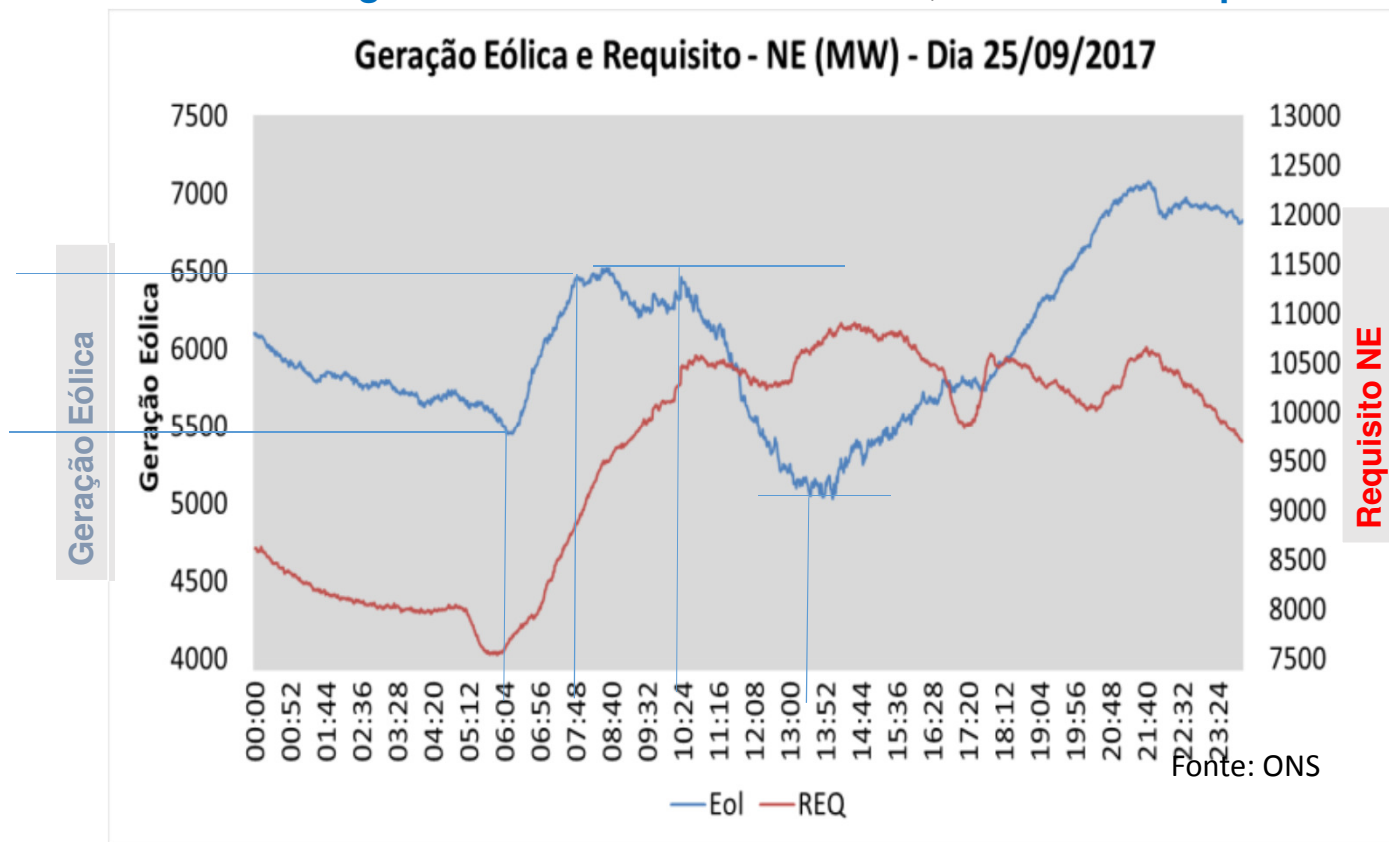
Alguns desafios que se apresentam com a forte expansão das renováveis “não despacháveis”

Expansão renováveis

- **Preocupações com o desempenho do sistema**
- **Novos serviços demandados**
Necessidade de potência complementar
- **Efeitos na estratégia de operação do sistema**

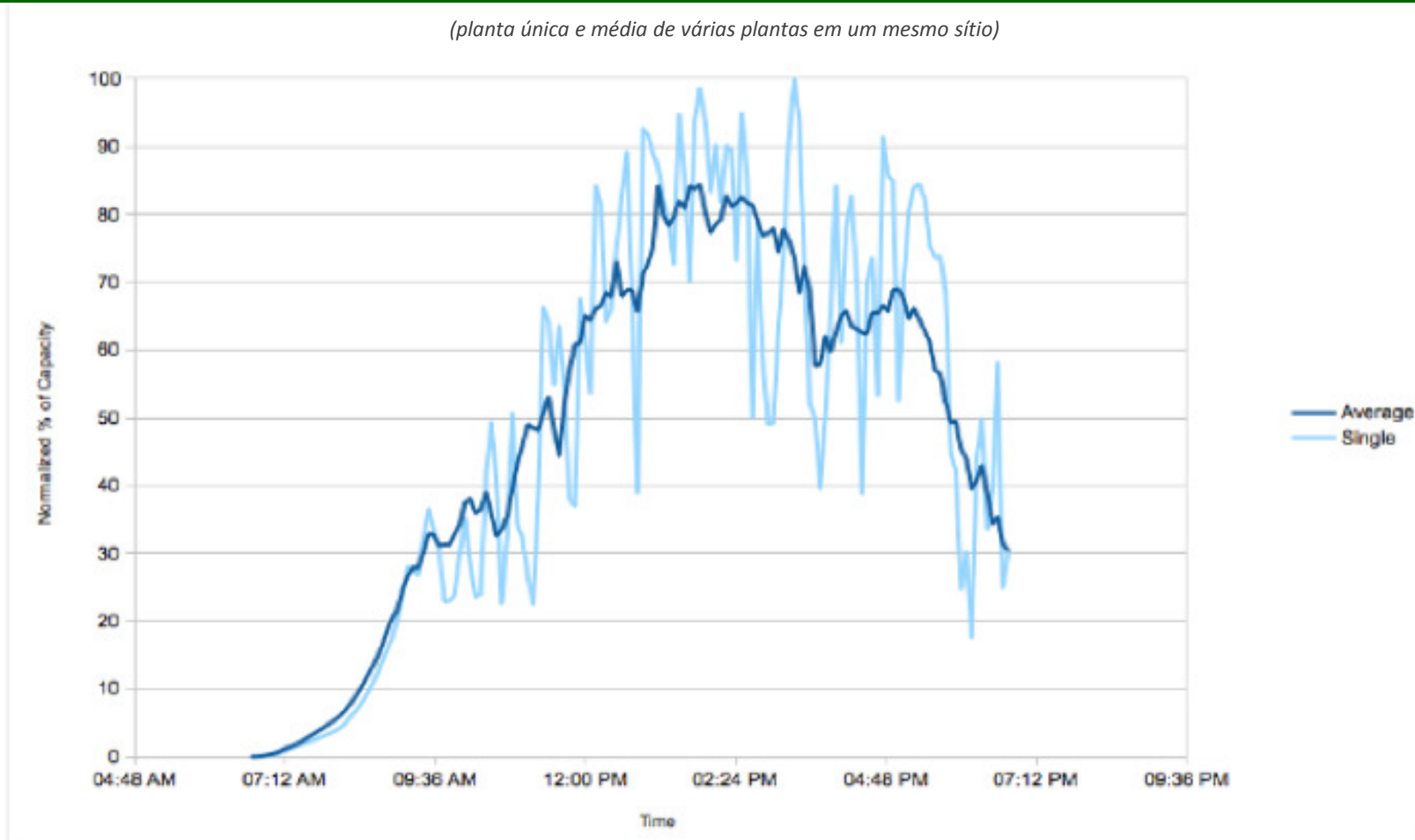
Geração eólica no Nordeste

No dia 25/09/2017 às 21:45h ocorreu novo recorde de geração eólica instantânea no Subsistema Nordeste, **7.085MW**, representando **67% da carga instantânea** deste Subsistema, com **fator de capacidade de 84%**



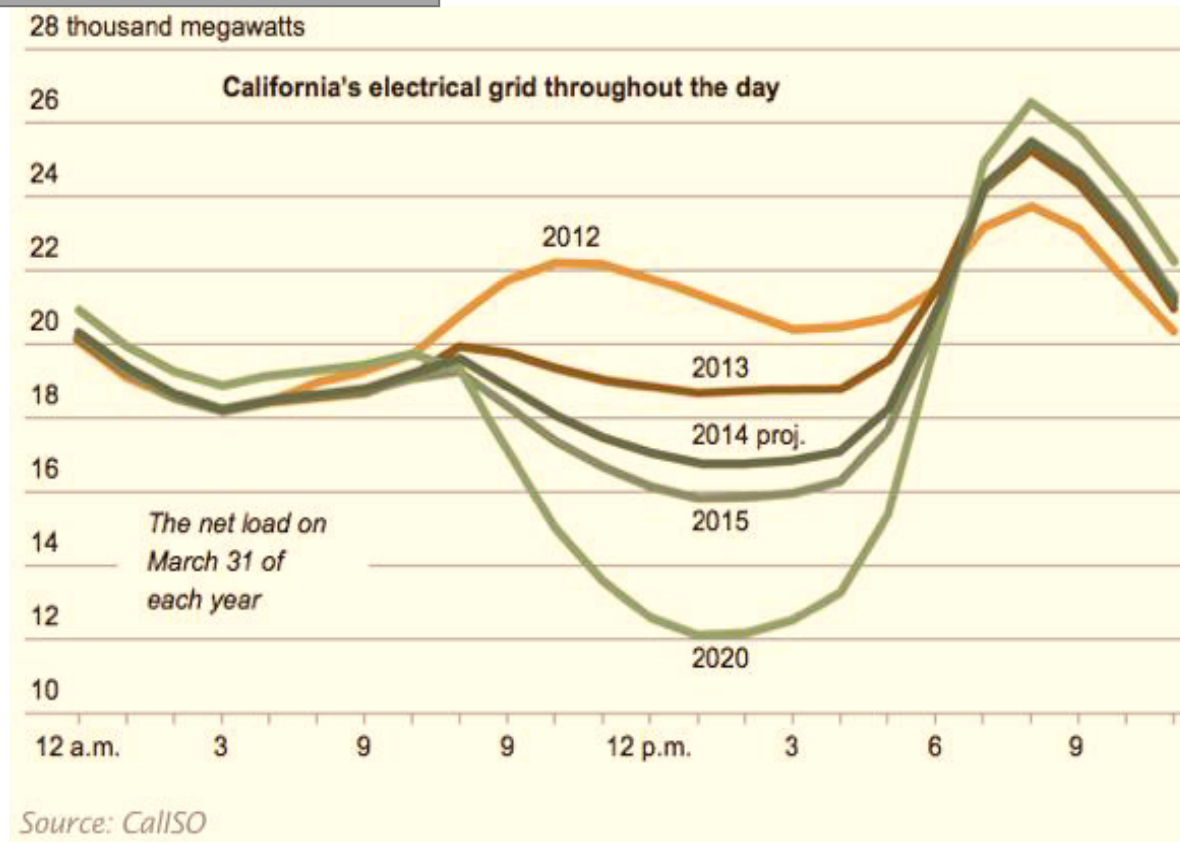
Geração solar em um dia típico

(planta única e média de várias plantas em um mesmo sítio)



Efeito da expansão da geração solar: *Mudança no perfil da curva de carga*

O exemplo da Califórnia



Contemporary Technologies_SPTO2017_Alain Steven_GO15

Desafios que se colocam

- A participação crescente das fontes renováveis não controláveis (*eólica, solar fotovoltaica, hidráulicas a fio d'água, geração distribuída*) coloca os seguintes desafios, entre outros:
 - Speed of power change (ramp up/ramp down)
 - Power variability (consumo de combustível)
 - No power control (confiabilidade)
 - Intermittency (reservas secundária e de prontidão)e ainda:
 - Small inertia (estabilidade de frequência/ângulo)
 - No short-circuit power (estabilidade de tensão)

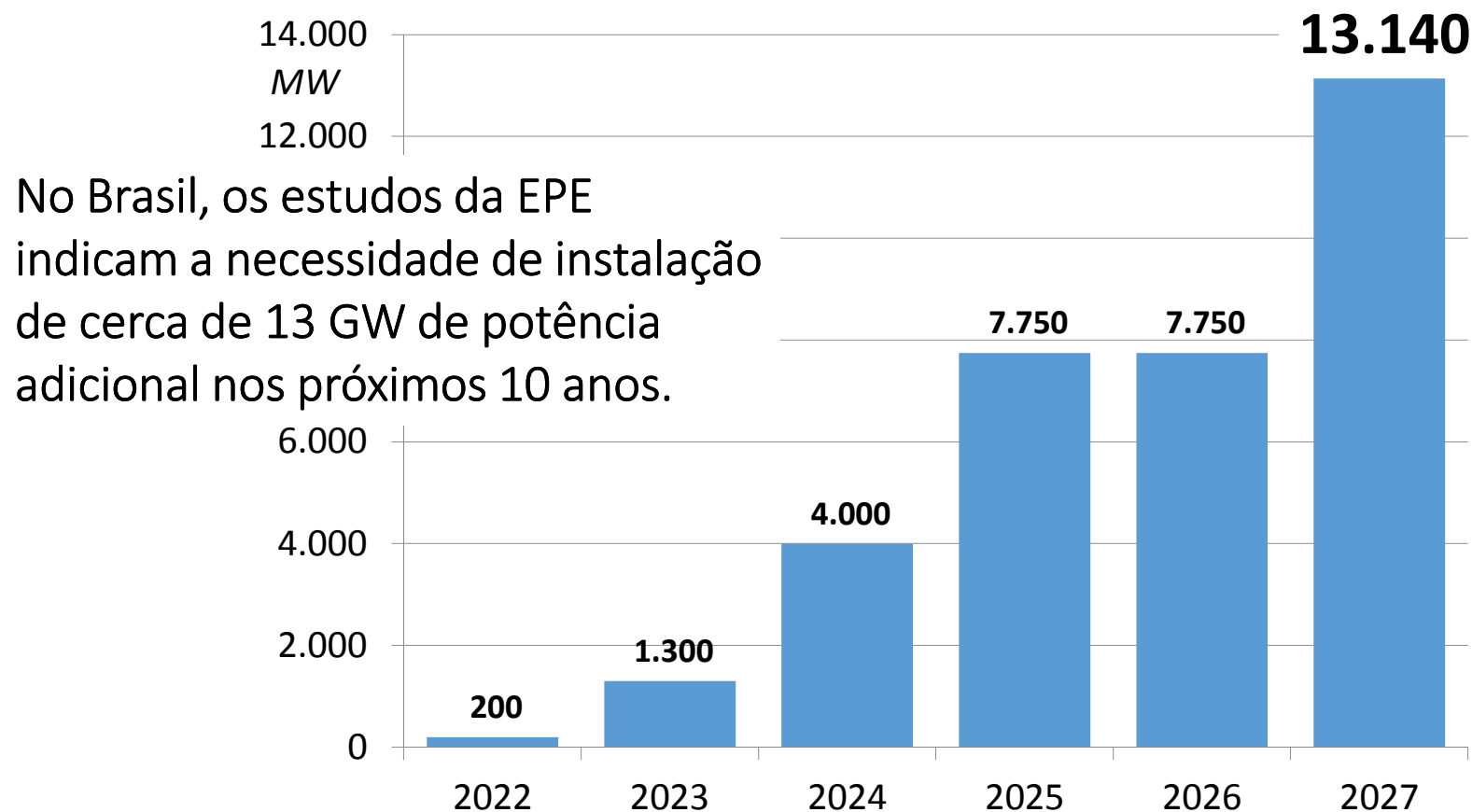
Germany's push toward renewable energy is causing so many drops and surges from wind and solar power that more utilities than ever are receiving money from the grids to help stabilize the country's electricity network. *Bloomberg News, Jul 30, 2014*

Novos serviços demandados devido à mudança no perfil da matriz elétrica

- Novo serviço demandado: “energy storage”
- “Market drivers” são:
 - segurança energética;*
 - crescimento das fontes renováveis;*
 - expansão de smart grid e da geração distribuída e*
 - políticas governamentais (incentivos e regulação)*
- Segundo a Coppers Development Association Inc., nos próximos 10-20 anos até 300 GW serão instalados com este fim, significando investimentos entre US\$ 200-600 bilhões.

Indicação de potência adicional na expansão

(valores acumulados)



Indicação de potência adicional na expansão

- Opções disponíveis:

hidrelétricas reversíveis



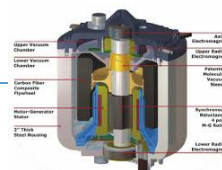
geradores/motores de partida rápida



baterias



flywheel



CSP (concentrated solar power)



Imagens capturadas na internet

5 Principais desafios

Vetores portadores de futuro



[não exaustivo]

- ✓ Alteração do perfil socioeconômico da população
- ✓ **Difusão da informação e do conhecimento**
- ✓ **Inovação e novas tecnologias**
- ✓ Aumento e melhor distribuição da renda e acumulação de capital
- ✓ **Crescentes exigências ambientais**

São condicionantes para o setor elétrico:

[não exaustivo]



Consumo de energia

(crescimento maior na baixa tensão)



Eficiência energética

Qualidade do serviço
(exigência do consumidor)



Integração de serviços



Geração distribuída

Energias renováveis



Além disso (ou por causa disso) será necessário equacionar

GERAÇÃO DE BASE

Em face de restrições à expansão hidrelétrica, tenderá a crescer a necessidade de geração de base alternativa, que, no nível de conhecimento e desenvolvimento tecnológico de hoje, são as térmicas a gás, a carvão ou nuclear. A escolha dependerá dos avanços tecnológicos, das restrições ambientais e da competitividade

Além disso (ou por causa disso) será necessário equacionar

GERAÇÃO DE BASE

Em face de restrições à expansão hidrelétrica, tenderá a crescer a necessidade de geração de base alternativa, que, no nível de conhecimento e desenvolvimento tecnológico de hoje, são as térmicas a gás, a carvão ou nuclear. A escolha dependerá dos avanços tecnológicos, das restrições ambientais e da competitividade

CAPACIDADE ADICIONAL

O aumento da participação de fontes não controladas no sistema ou com despacho inflexível (por razões ambientais, operativas ou comerciais) impõe alterações no arranjo do parque gerador (e no sistema de transmissão) e determina uma demanda por capacidade adicional no sistema

Além disso (ou por causa disso) será necessário equacionar

GERAÇÃO DE BASE

Em face de restrições à expansão hidrelétrica, tenderá a crescer a necessidade de geração de base alternativa, que, no nível de conhecimento e desenvolvimento tecnológico de hoje, são as térmicas a gás, a carvão ou nuclear. A escolha dependerá dos avanços tecnológicos, das restrições ambientais e da competitividade

CAPACIDADE ADICIONAL

O aumento da participação de fontes não controladas no sistema ou com despacho inflexível (por razões ambientais, operativas ou comerciais) impõe alterações no arranjo do parque gerador (e no sistema de transmissão) e determina uma demanda por capacidade adicional no sistema

EFEITOS NA ESTRATÉGIA DE OPERAÇÃO DAS HIDRO

Em parte, o serviço realizado por essa capacidade adicional poderia ser feito por usinas hidrelétricas existentes. Isso, porém, poderá ter efeitos na estratégia de operação, o que demanda análises complementares. Recepcionada, essa estratégia poderá oferecer oportunidade para expansão adicional de outras fontes

Em resumo:

Setor elétrico sob transformação

Condições de contorno: tecnologia e aspectos socioambientais

- Pelo lado da **OFERTA**

Tecnologias de geração com

custos variáveis de produção muito

baixos e elevada variabilidade

- Pelo lado da **DEMANDA**

Recursos energéticos distribuídos,
resposta pela demanda e carros
elétricos

Tecnologias de medição avançada e
de comunicação bidirecional

CONSUMIDOR ► AGENTE | CLIENTE

Nesse cenário, é necessário:

- Desenvolver novos procedimentos de planejamento e operação
- Ajustes regulatórios:
 - Abertura do mercado
 - Implantação precificação horária
 - Reconhecer/precificar atributos das fontes e dos novos serviços requeridos
- “Bancabilidade” dos projetos de geração
- Manter ritmo/atratividade dos leilões de transmissão

Palavras chave
Flexibilidade | Armazenamento

6 A agenda do futuro

TEMAS DE AMANHÃ (exemplos)

- Ajustes regulatórios
- Aperfeiçoamento do modelo setorial
- Transformação da indústria elétrica

TEMAS DE AMANHÃ (exemplos)

- **Ajustes regulatórios e processuais**

- funcionamento do mercado (judicialização)
- financiabilidade dos investimentos
- representação da aversão a risco no planejamento da expansão e da operação
- aperfeiçoamento dos leilões para expansão da oferta
- novas tecnologias demandam novos procedimentos de planejamento e operação, exigindo análises mais sofisticadas (metodologia e modelagem)
- introdução/incentivo da geração distribuída

TEMAS DE AMANHÃ (exemplos)

• **Aperfeiçoamento do Modelo Setorial**

- formação de preços de curto prazo
- separação lastro x energia
- leilões de energia
 - leilões por fonte x por tecnologia
 - sinal locacional da transmissão
 - adequação dos contratos financeiros à realidade física do sistema
 - (contratos que permitam garantir a financiabilidade)
 - compatibilização com a política energética
- ampliação do mercado livre e portabilidade
- separação comercialização x fio na distribuição
- tratamento dos contratos legados

TEMAS DE AMANHÃ (exemplos)

• **Transformação da indústria elétrica**

- penetração de recursos energéticos distribuídos
- reconhecimento e precificação de novos serviços no sistema
- escolha do consumidor em pauta, acomodando serviços distribuídos
- recursos com custo marginal de produção zero afetando dinâmica dos mercados maduros
 - “negócio” das *utilities* modificado
 - distribuidora do futuro buscando novos modelos de negócio
 - estímulos a mercados de contratos de longo prazo (!) para remunerar geradores

Muito obrigado!

Amilcar Guerreiro

E-mail:

amilcar.guerreiro@epe.gov.br

Telefone: + 55 (21) 3512 - 3101



Avenida Rio Branco, 1 - 11º andar
20090-003 - Centro - Rio de Janeiro
<http://www.epe.gov.br/>

Twitter: *@EPE_Brasil*
Facebook: *EPE.Brasil*



Empresa de Pesquisa Energética
Ministério de Minas e Energia

