



Konrad
Adenauer
Stiftung



SEMINÁRIO INTERNACIONAL

Integração e Segurança Energética na América Latina



PAINEL 6

Novas tecnologias e seu impacto sobre a integração elétrica



Amilcar Guerreiro
Diretor de Estudos de Energia Elétrica

Rio de Janeiro, RJ
26 de agosto de 2016

Novas tecnologias e seu impacto sobre a integração elétrica



AGENDA

- 1 Disponibilidade de recursos energéticos na América do Sul
- 2 Benefícios da integração energética
- 3 Dimensões da integração energética
- 4 Impacto das energias renováveis e das novas tecnologias nos sistemas elétricos
- 5 Considerações finais

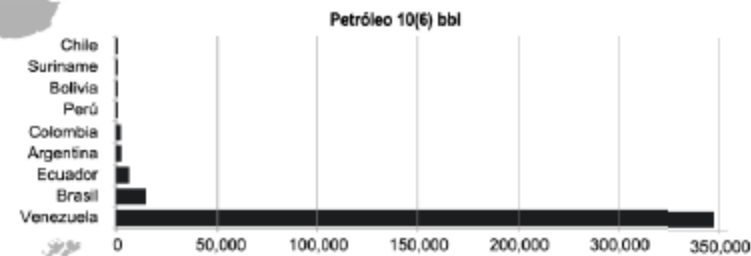
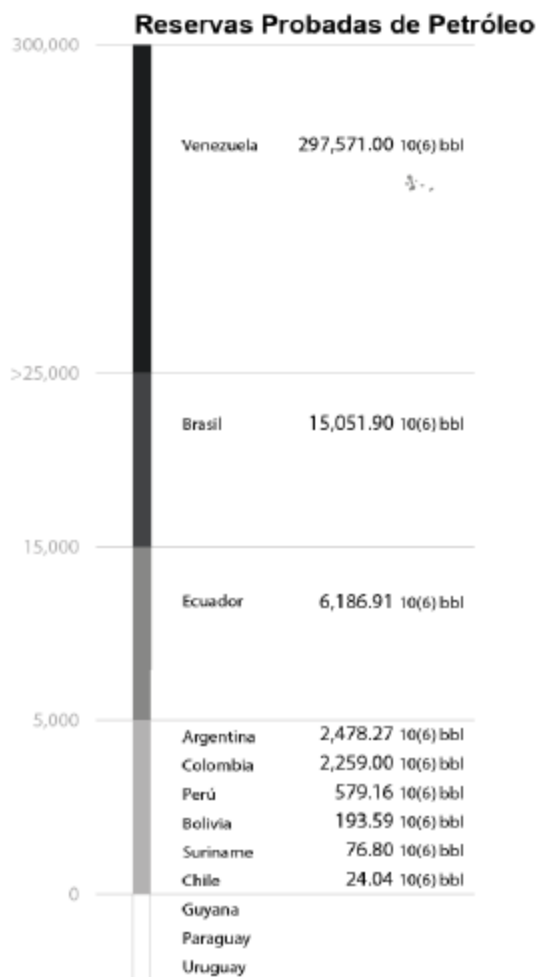




1

Disponibilidade de recursos energéticos na América do Sul

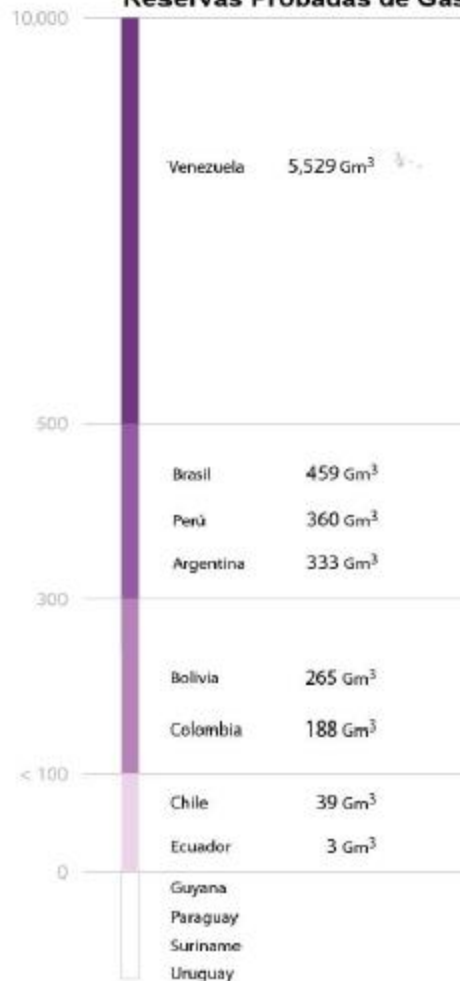
Disponibilidade de recursos energéticos petróleo



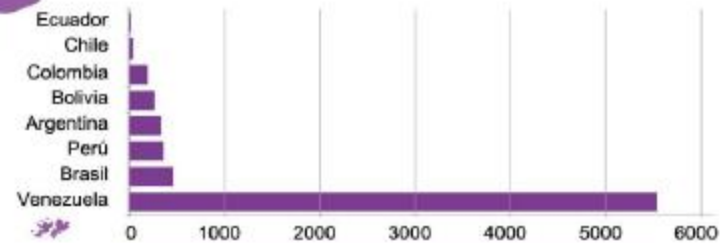
reproduzido de Fernando Ferreira, secretario executivo da OLADE

Disponibilidade de recursos energéticos gás natural

Reservas Probadas de Gas Natural



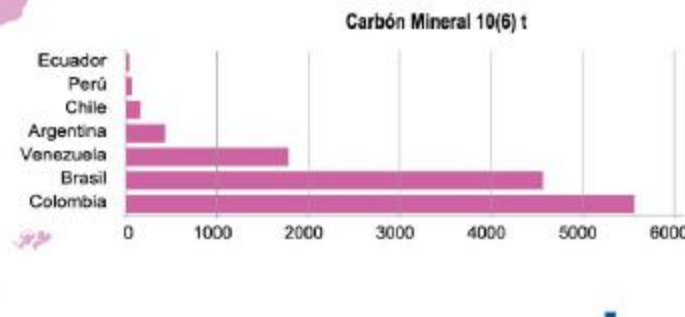
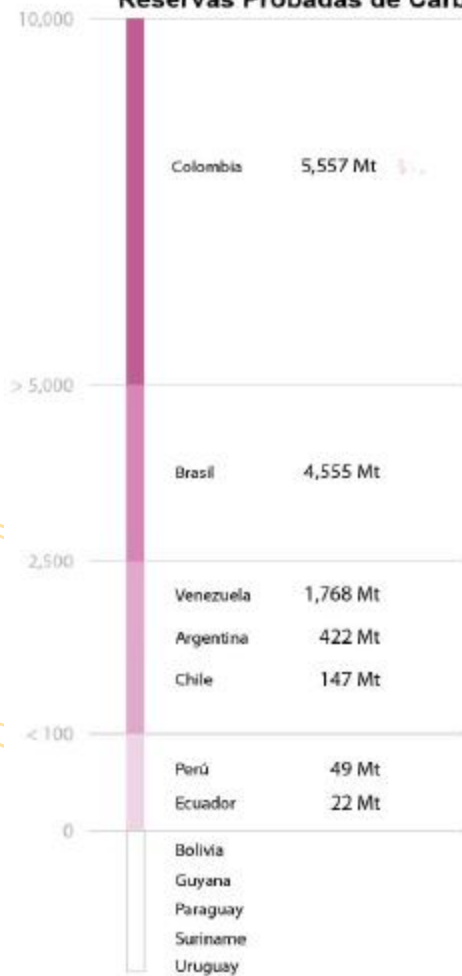
Gas Natural 10(9) m³



reproduzido de Fernando Ferreira, secretario executivo da OLADE

Disponibilidade de recursos energéticos carvão mineral

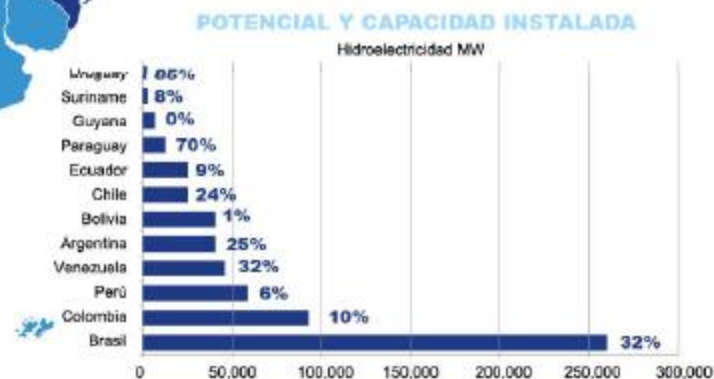
Reservas Probadas de Carbón Mineral



reproduzido de Fernando Ferreira, secretario executivo da OLADE

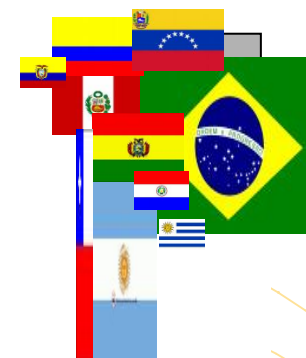
Disponibilidade de recursos energéticos

potencial hidroelétrico



reproduzido de Fernando Ferreira, secretario executivo da OLADE

Disponibilidade de recursos energéticos energia eólica



reproduzido de Fernando Ferreira, secretario executivo da OLADE

América do Sul tem cerca de 12% do potencial eólico mundial¹



América do Norte
14.000

Europa
Occidental
4.800

Rússia
5.800

Ásia
4.900

Oceania
3.000

África
10.600

América
Latina
5.400



(1) O potencial eólico mundial é estimado em $48,5 \times 10^3$ TWh/ano.
Nota: Potencial líquido, exclusive Groenlandi, Antártica e potencial offshore
Fonte: Grubb, M.J. e Meyer, N.I. apud Atlas de Energia Elétrica, 2ª ed. Brasília: ANEEL, 2005



2

Benefícios da integração energética

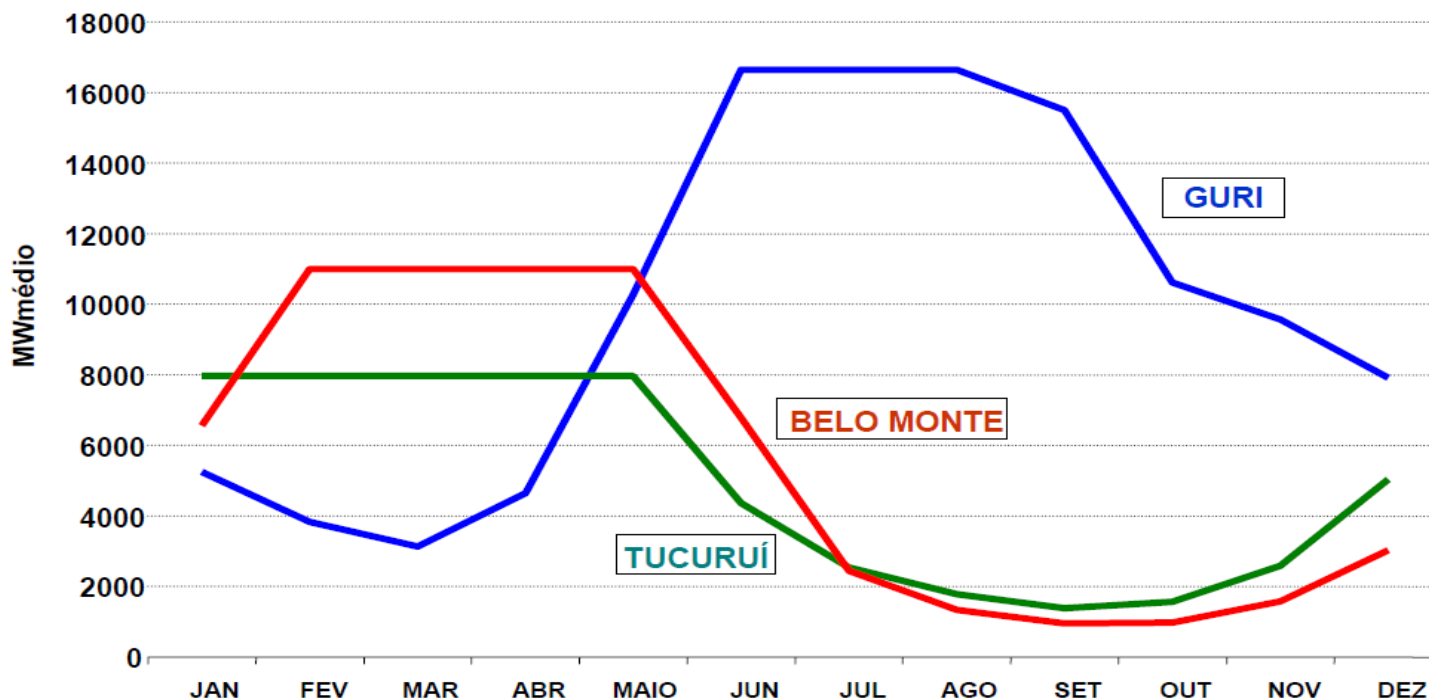
Benefícios potenciais da integração energética

- **Segurança energética**
- **Desenvolvimento econômico**
- **Eficiência energética sistêmica**
- **Modicidade de preços e tarifas**
- **Sinergia com outros projetos de interesse estratégico**

Benefícios potenciais da integração energética

- Segurança energética
- Eficiência energética sistêmica
- Modicidade de preços e tarifas

Hidrelétricas de Guri (Vez), Belo Monte (Bra) e Tucuruí (Bra)



Benefícios potenciais da integração energética

- Desenvolvimento econômico

Usina Hidroelétrica de Itaipu

Foz do Iguaçu

Avenida Brasil

1969



Atualmente



Benefícios potenciais da integração energética

- Sinergia com outros projetos de interesse estratégico

Potencial hidrelétrico do rio Madeira

*Atlântico
Norte*





3

Dimensões da integração energética

Dimensões da integração energética

Integração
Comercial

Integração
por Projetos

Integração
de Mercados

Dimensões da integração energética exemplos

Integração Comercial

comércio de petróleo e gás

comércio de energia elétrica



Integração Comercial

Energia elétrica
Centrais e interconexões
elétricas



Integração Comercial

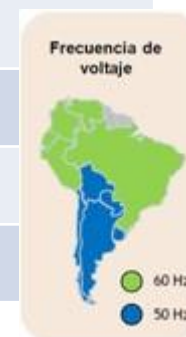
Energia elétrica | GWh | 2012



		EXPORTADORES							
									
		ARG	BRA	COL	ECU	PAR	PER	URU	VEN
IMPORTADORES		ARG	79			7.646		194	
		BRA				40.016			705
		COL			7				
		ECU		236			2		
		PER			5				
		URU	279	463					
		VEN			478				

Frecuencia
voltaje





Obs.: Em 2010, a Argentina importou 1.216 GWh do Brasil e 953 GWh do Chile.

Integração Comercial

Gás natural
Rede de gasodutos e
reservas



Fonte: CIER, 2015

Dimensões da integração energética exemplos

Integração por Projetos

Itaipu (BRA-PAR) | Yacyretá (ARG-PAR)

GASBOL e outros gasodutos no cone sul



Integração por Projetos

Usinas hidroelétricas



ITAIPU
14.000 MW



YACYRETÁ
3.200 MW



SALTO GRANDE
1.890 MW

Dimensões da integração energética exemplos

Integração 
de Mercados



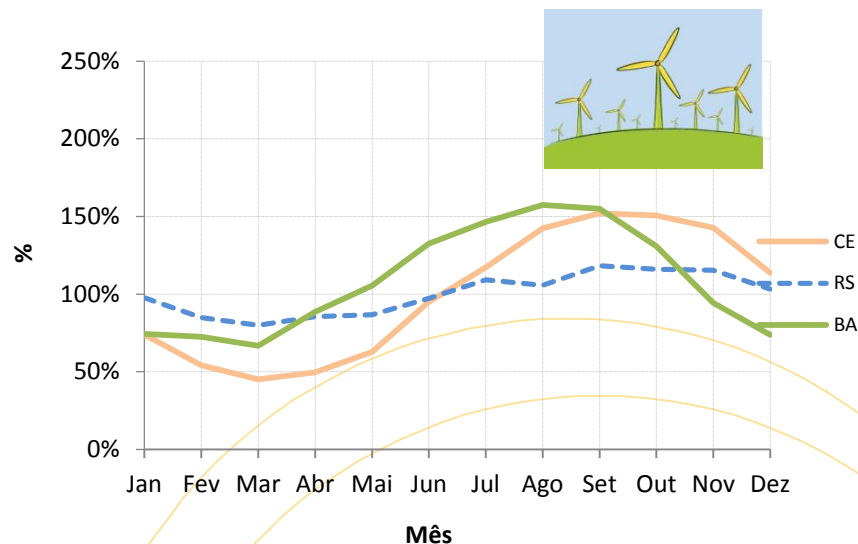
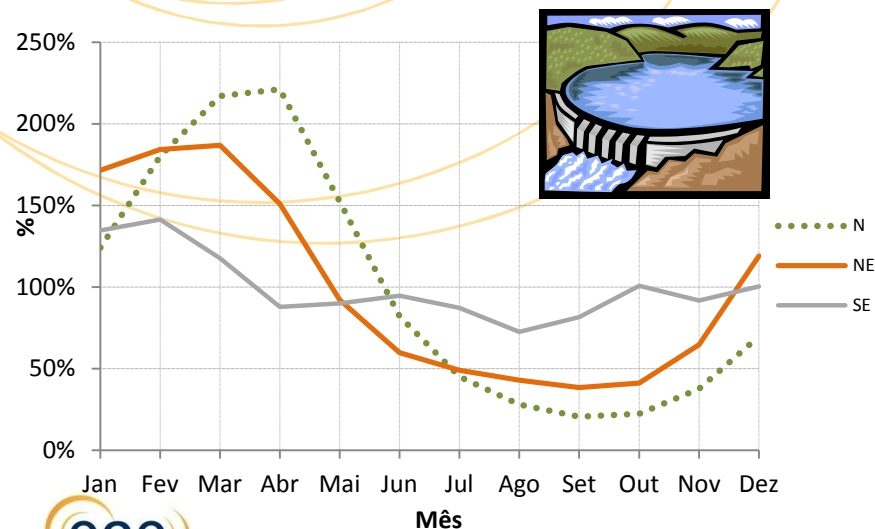
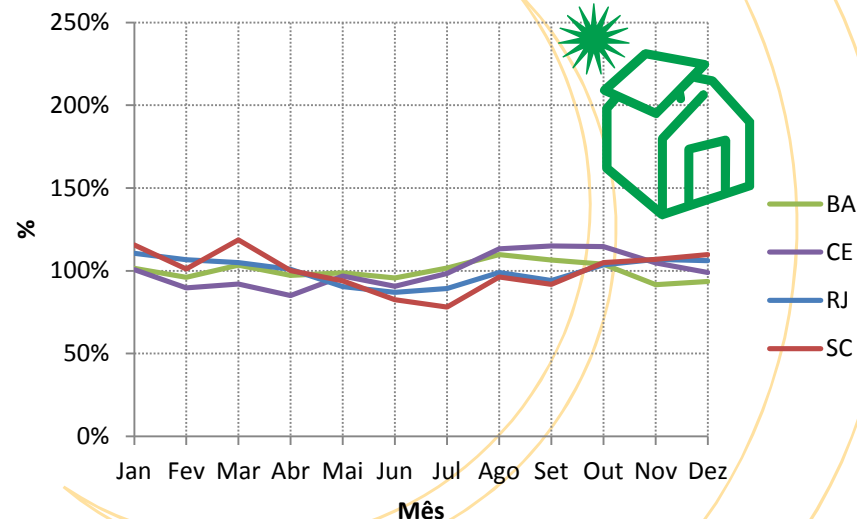


4

Impacto das energias renováveis e das novas tecnologias nos sistemas elétricos

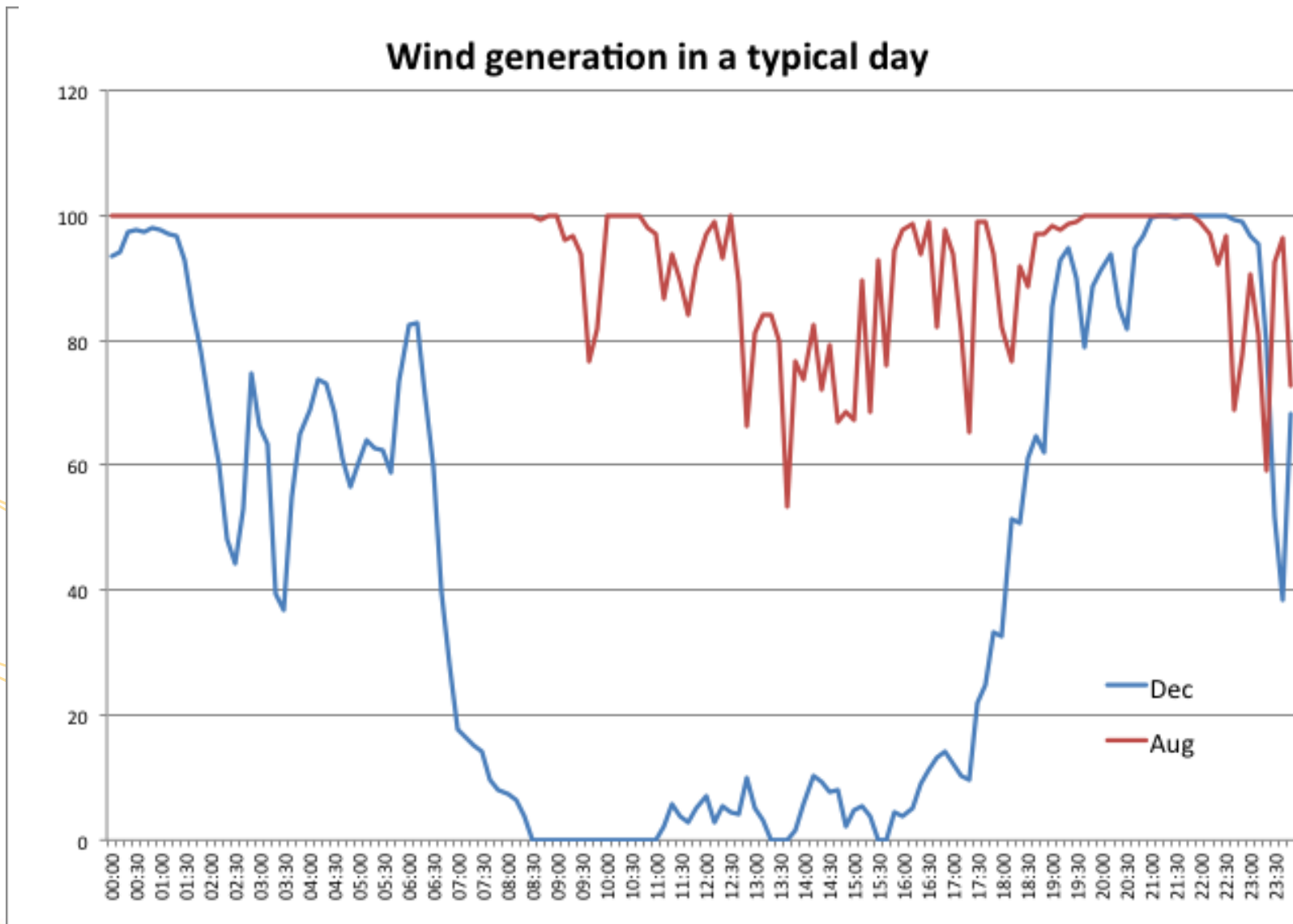
FONTES RENOVÁVEIS

Curva anual da geração esperada (média = 100%)



- Variação anual da geração solar é menor do que a da geração eólica e do que a geração hidráulica

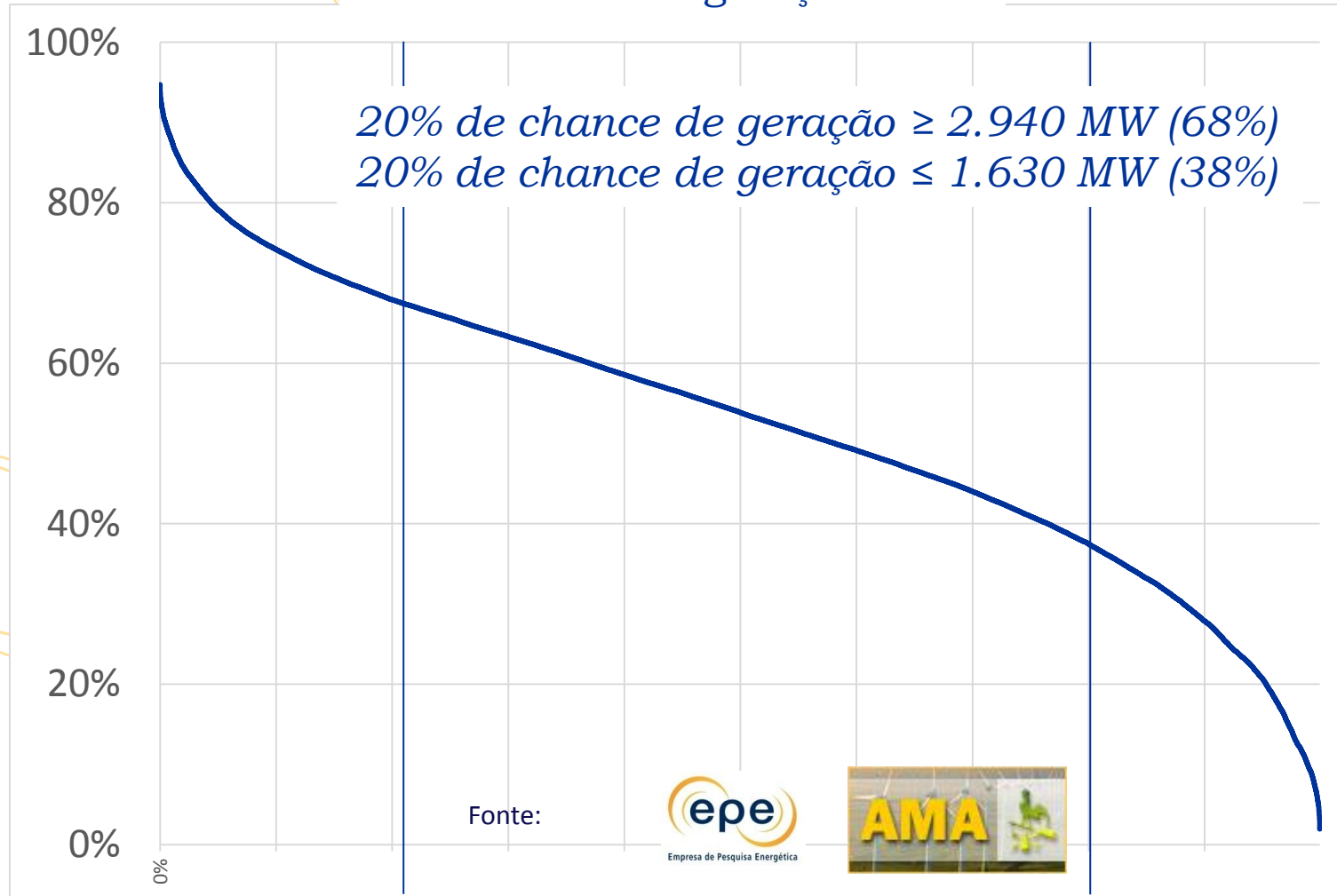
Características das fontes renováveis



Simulação operação parque eólico Região Nordeste

(4.336 MW, 167 parques)

Permanência de geração 2015

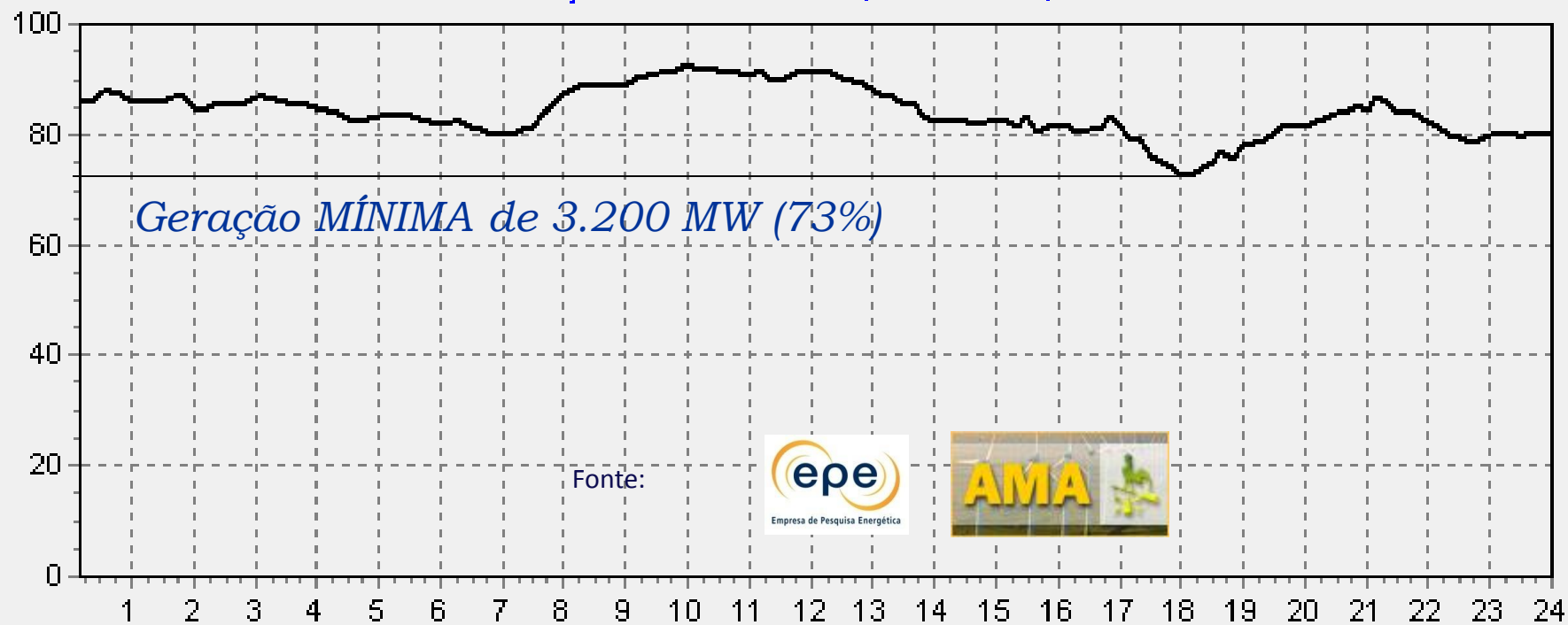


Simulação operação parque eólico Região Nordeste

(2015, 4.336 MW, 167 parques)

Dia de MAIOR geração: 16/08/2015

Geração instantânea diária (% P instalada)

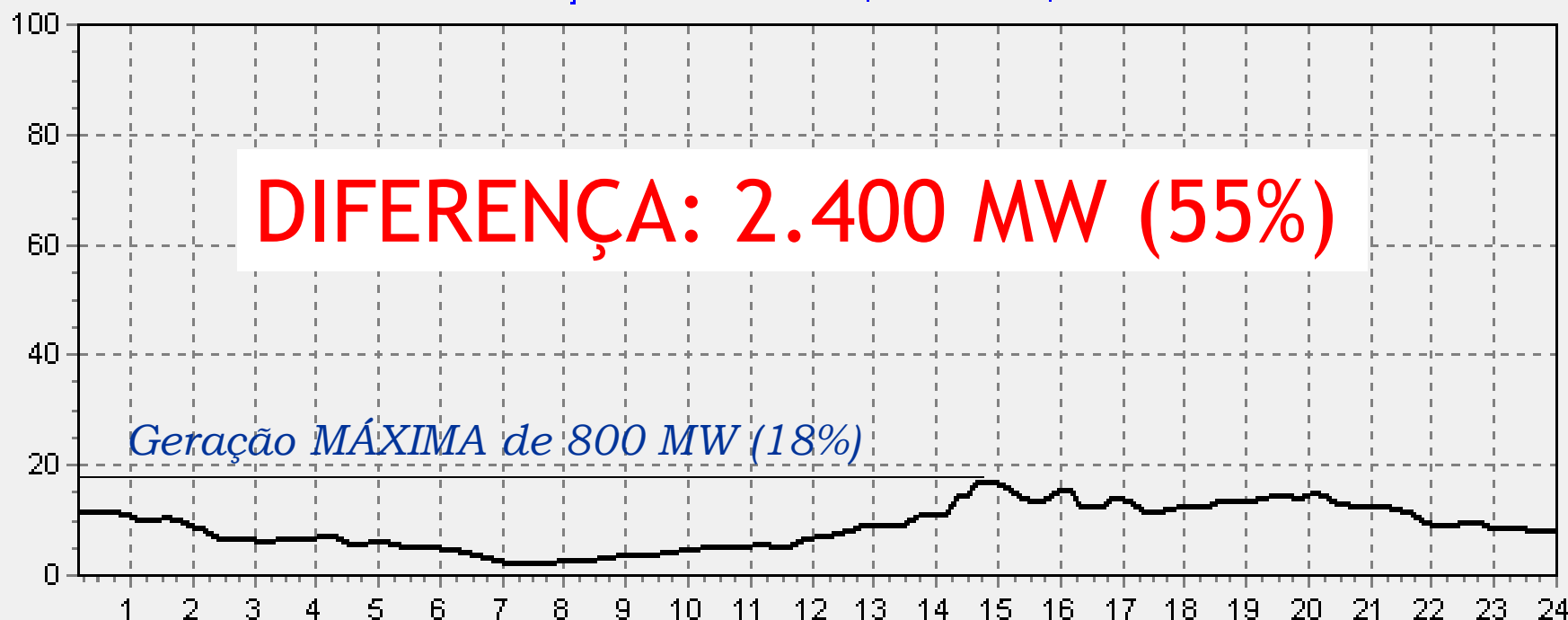


Simulação operação parque eólico Região Nordeste

(2015, 4.336 MW, 167 parques)

Dia de MENOR geração: 06/04/2015

Geração instantânea diária (% P instalada)



Fonte:

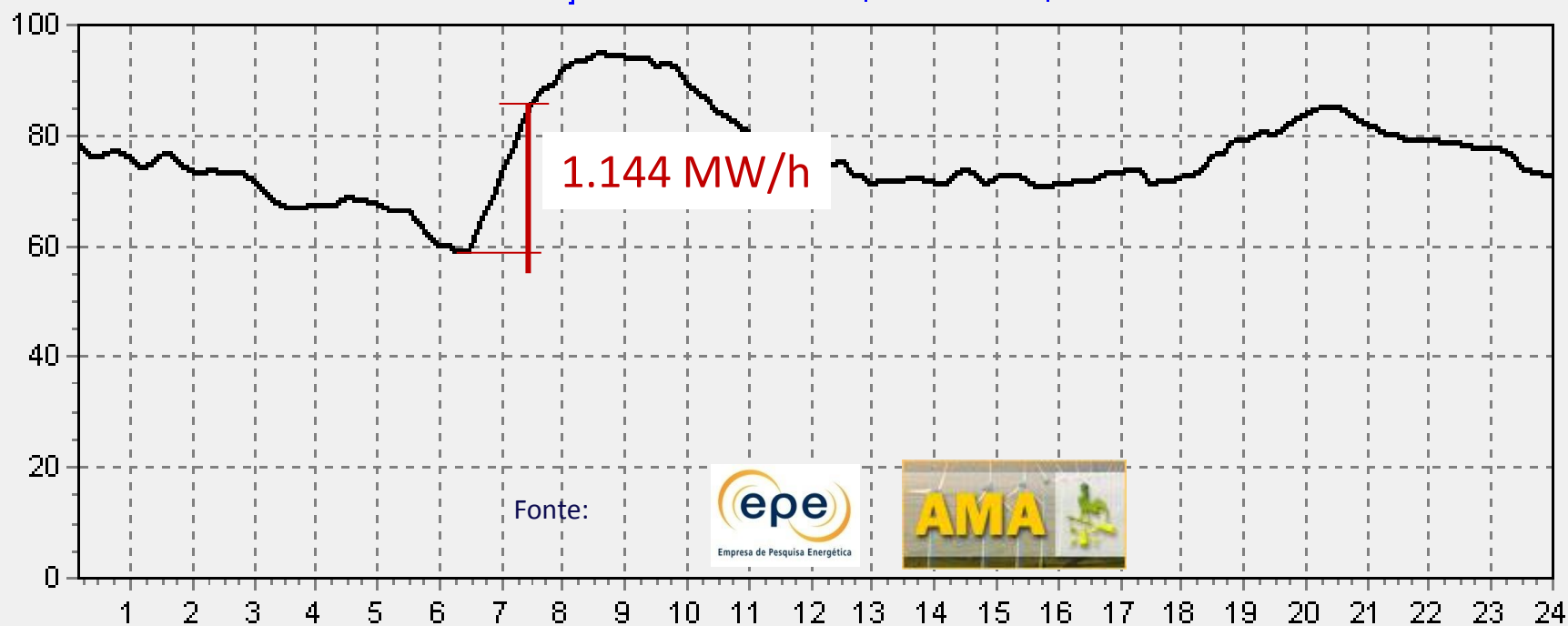


Simulação operação parque eólico Região Nordeste

(2015, 4.336 MW, 167 parques)

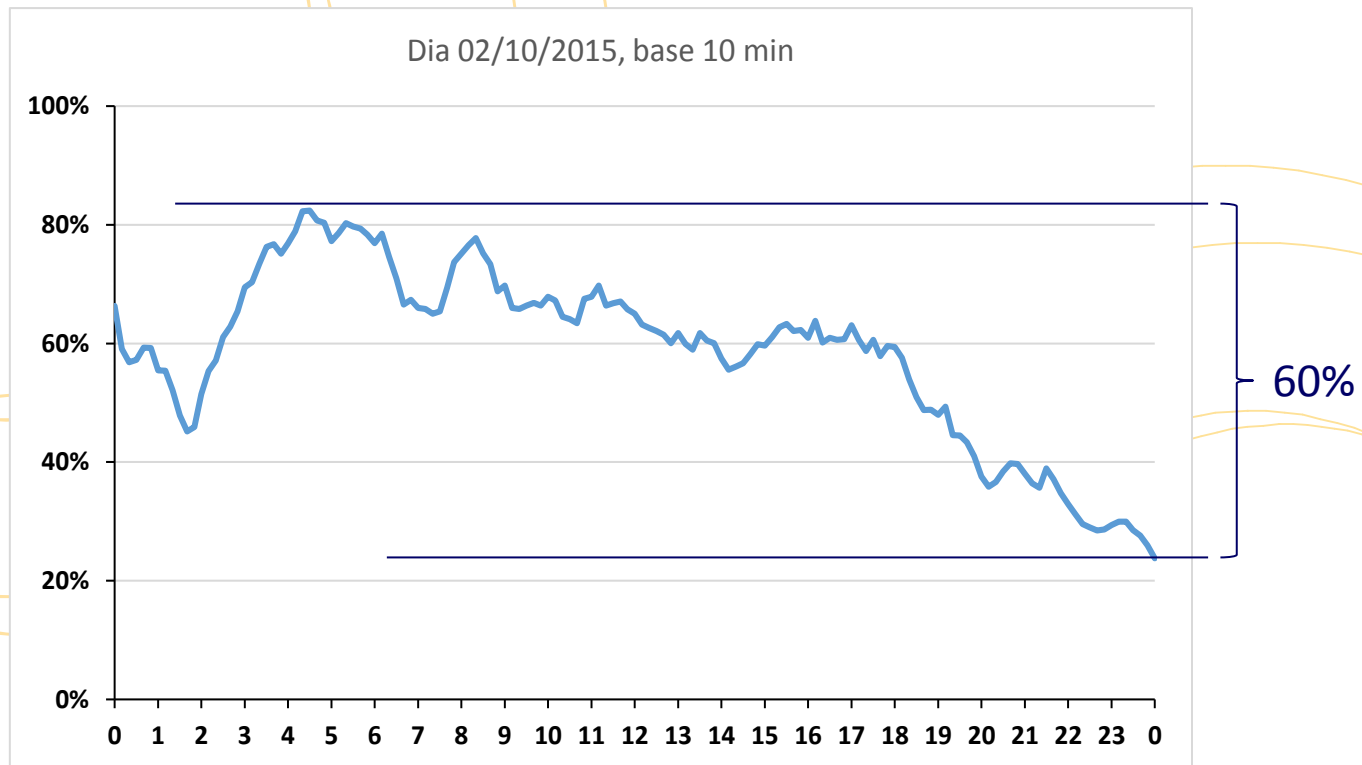
Dia de máxima variação em 1 hora – 12/10/2015

Geração instantânea diária (% P instalada)



Simulação operação parque eólico Região Nordeste (2015, 4.336 MW, 167 parques)

Dia: 02/10/2015



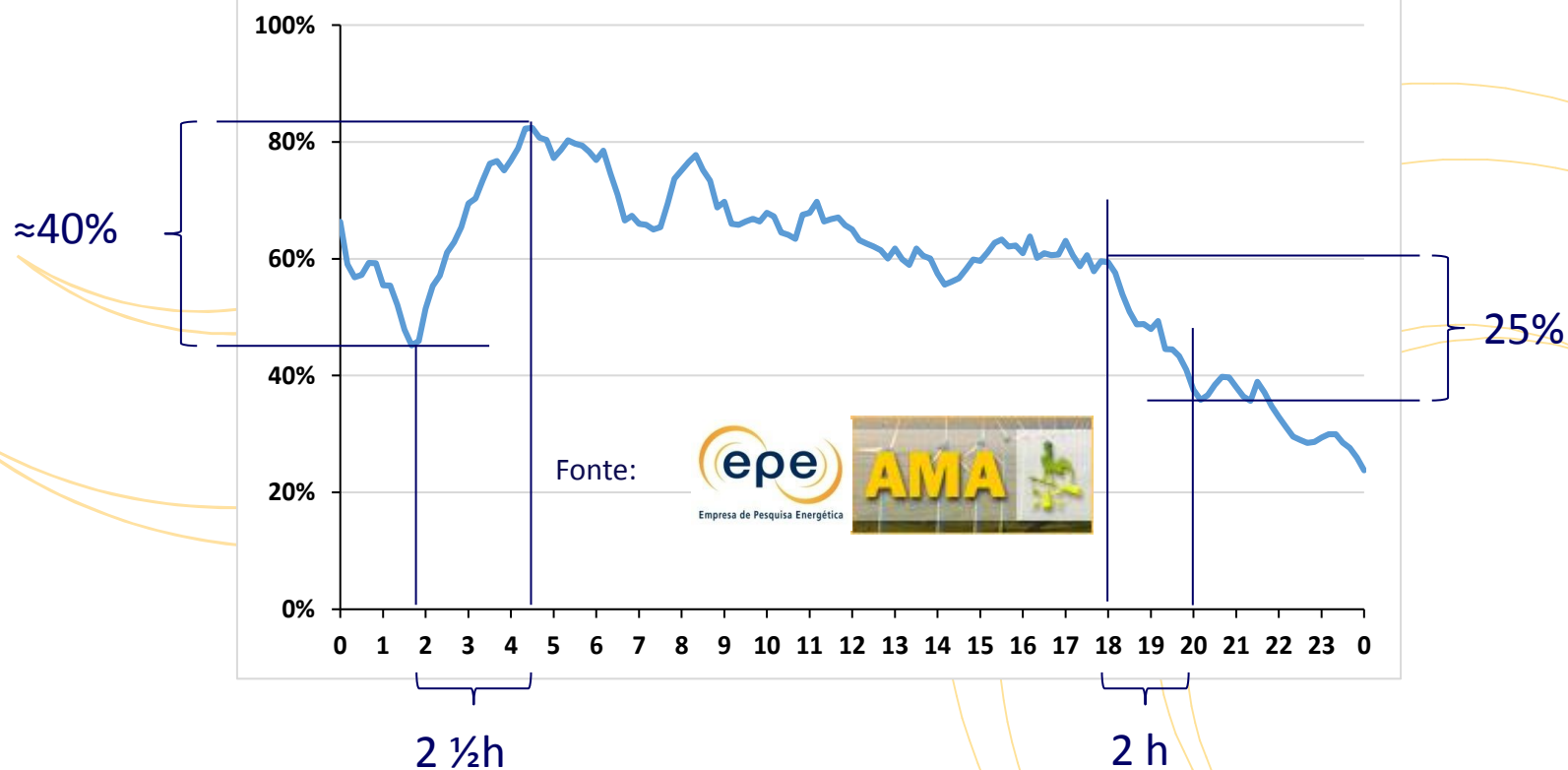
Fonte:



Simulação operação parque eólico Região Nordeste (2015, 4.336 MW, 167 parques)

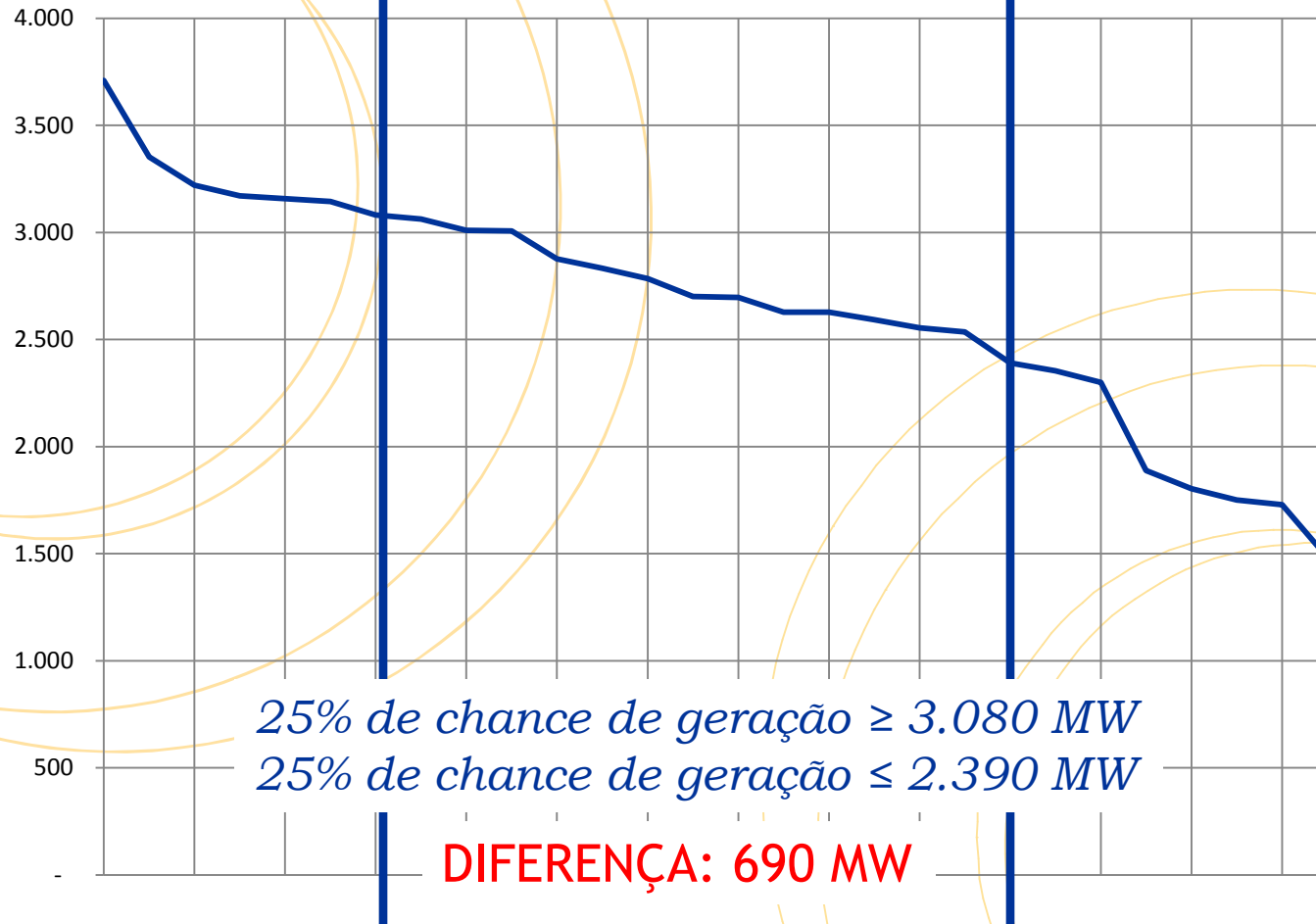
Dia: 02/10/2015

Dia 02/10/2015, base 10 min



Operação parque eólico Região Nordeste

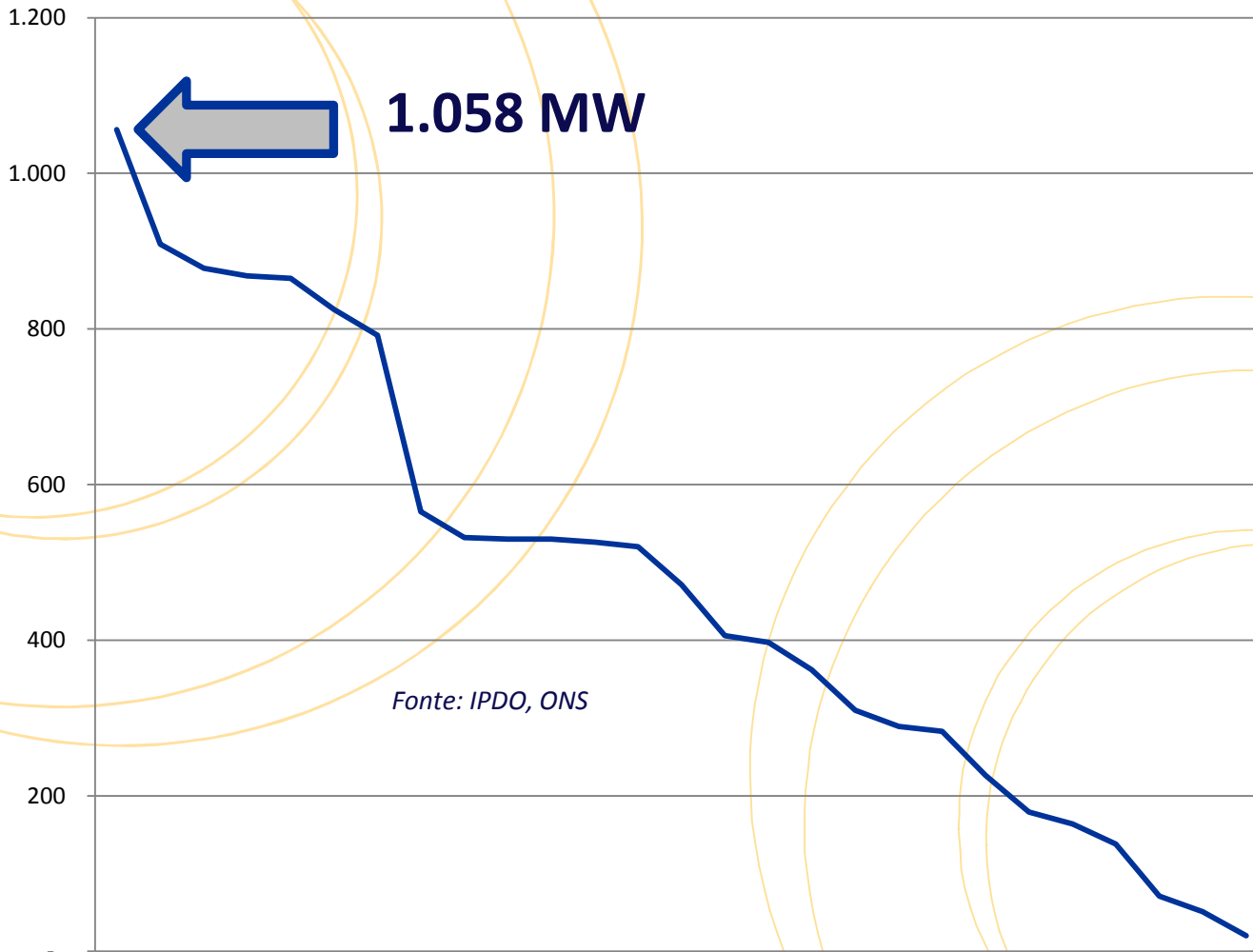
Permanência da geração nas últimas 4 semanas
(entre 20 abr e 17 mai 2016)



Fonte: IPDO, ONS

Operação parque eólico Região Nordeste

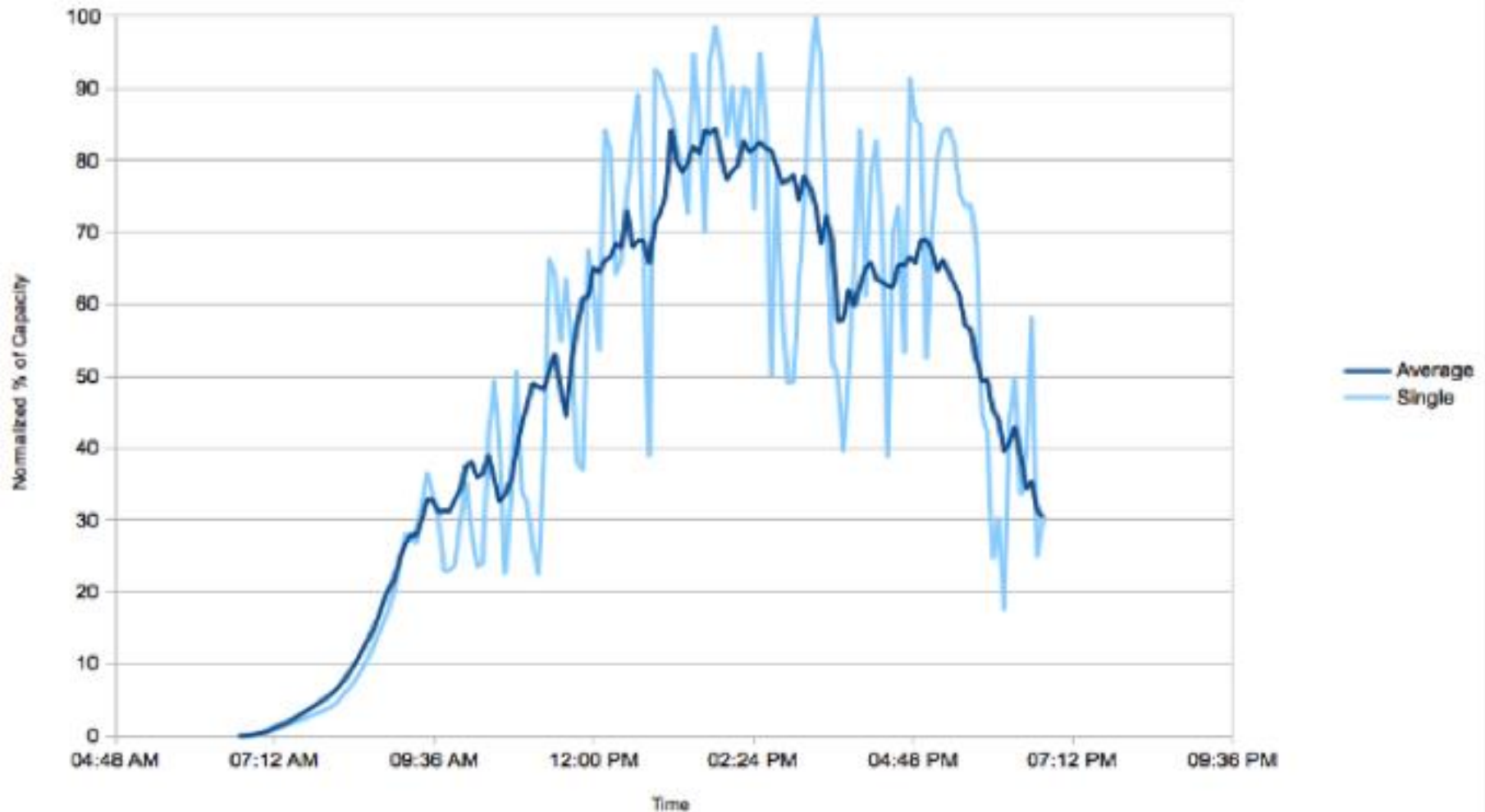
Diferença entre a geração média de dois dias consecutivos
(entre 20 abr e 17 mai 2016)



Características das fontes renováveis

Geração solar em um dia típico

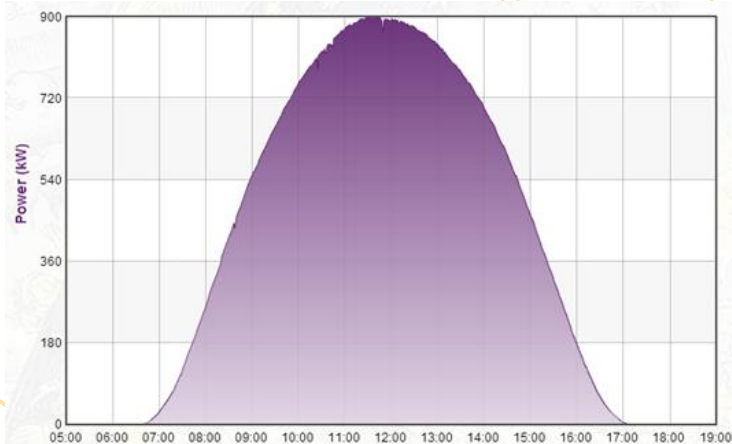
(planta única e média de várias plantas em um mesmo sítio)



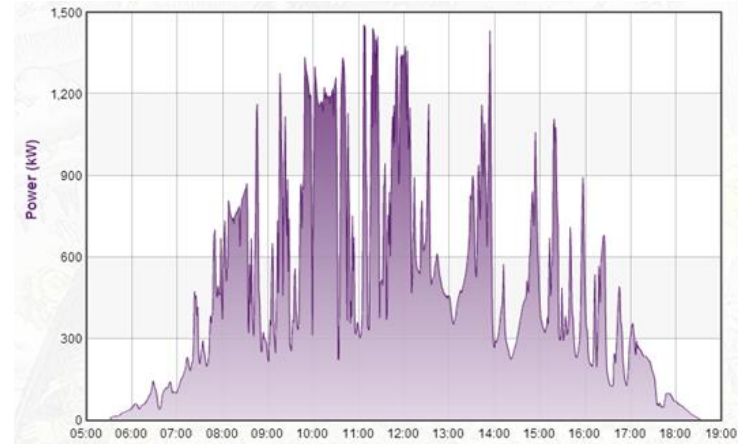
Geração solar fotovoltaica

Elaboração: EPE, com dados de usinas europeias

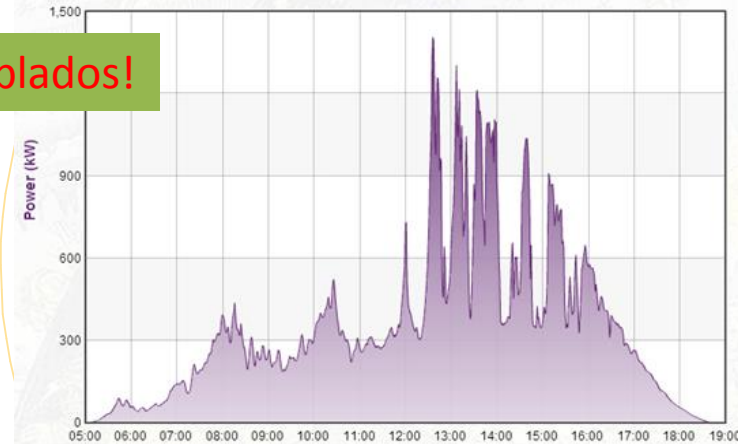
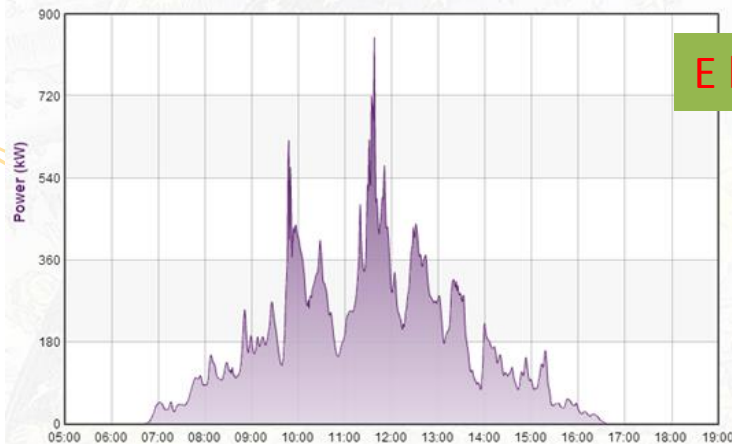
Há dias ensolarados no inverno ...



... E dias ensolarados no verão!



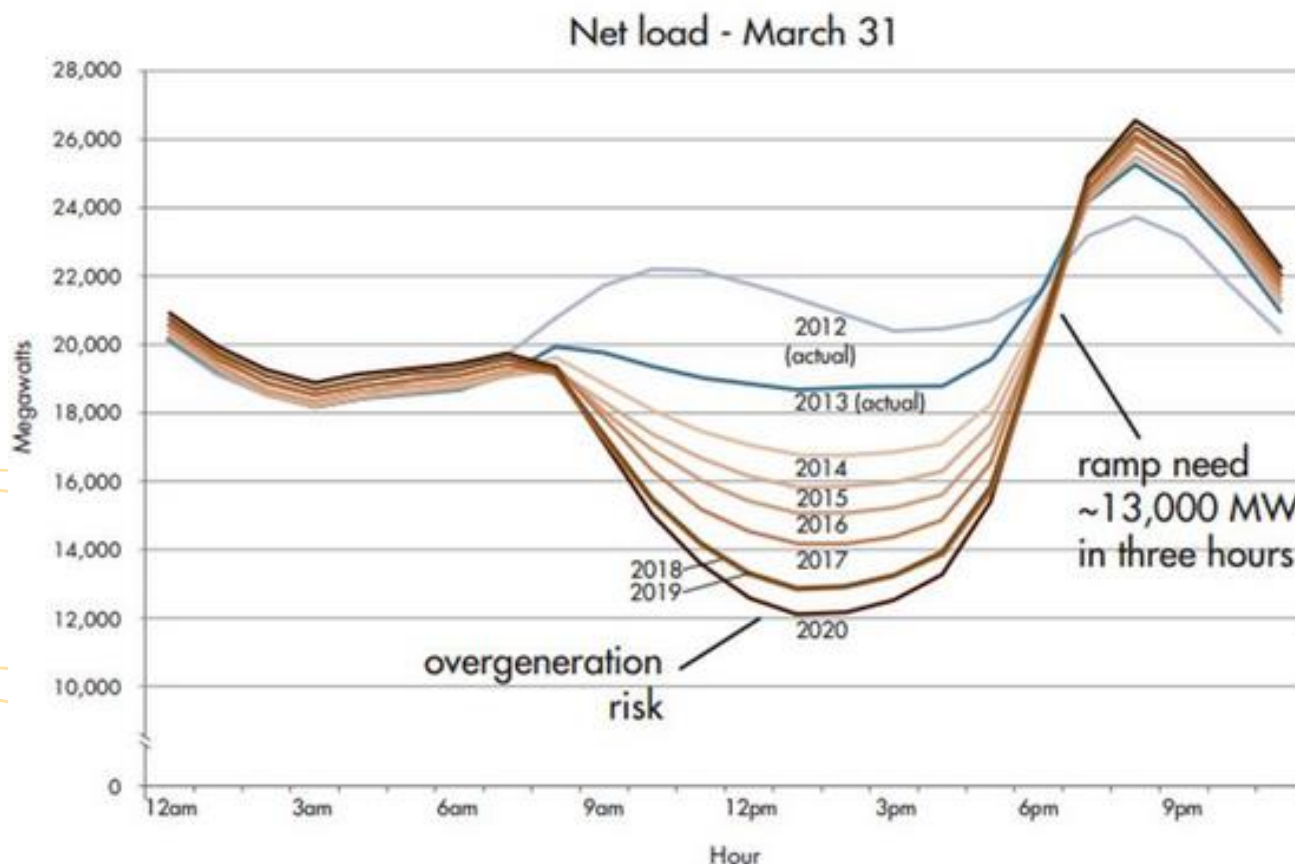
E há dias nublados!



Em comum, variações de potência superiores a 30% da instalada em intervalo de 1 minuto e superiores a 40% em 10 minutos!

O “fadding” da geração fotovoltaica ...

Efeito sobre a curva de carga diária na Califórnia



system Operator

No pôr-do-sol ocorre rápido aumento da carga.
Essa diferença deve ser suprida por fontes despacháveis.

Novos desafios ...

Mais visíveis:

- Small inertia (estabilidade de frequência/ângulo)
- No short-circuit power (estabilidade de tensão)
- Speed of power change (ramp up/ramp down)
- Power variability (consumo de combustível)
- No power control (confiabilidade)
- Intermittency (reservas secundária e de prontidão)

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

Desafios a serem enfrentados

- Participação crescente das fontes renováveis não controladas

Fontes renováveis não controladas:

eólica, solar fotovoltaica, hidráulicas a fio d'água, geração distribuída

- Novo serviço demandado: "energy storage"

Segundo a Coppers Development Association Inc., nos próximos 10-20 anos até 300 GW serão instalados, significando investimentos entre US\$ 200-600 bilhões.

"Market drivers" são: segurança energética; expansão de smart grid; crescimento das fontes renováveis e da geração distribuída e políticas governamentais, incentivos e regulação

- Opções disponíveis:

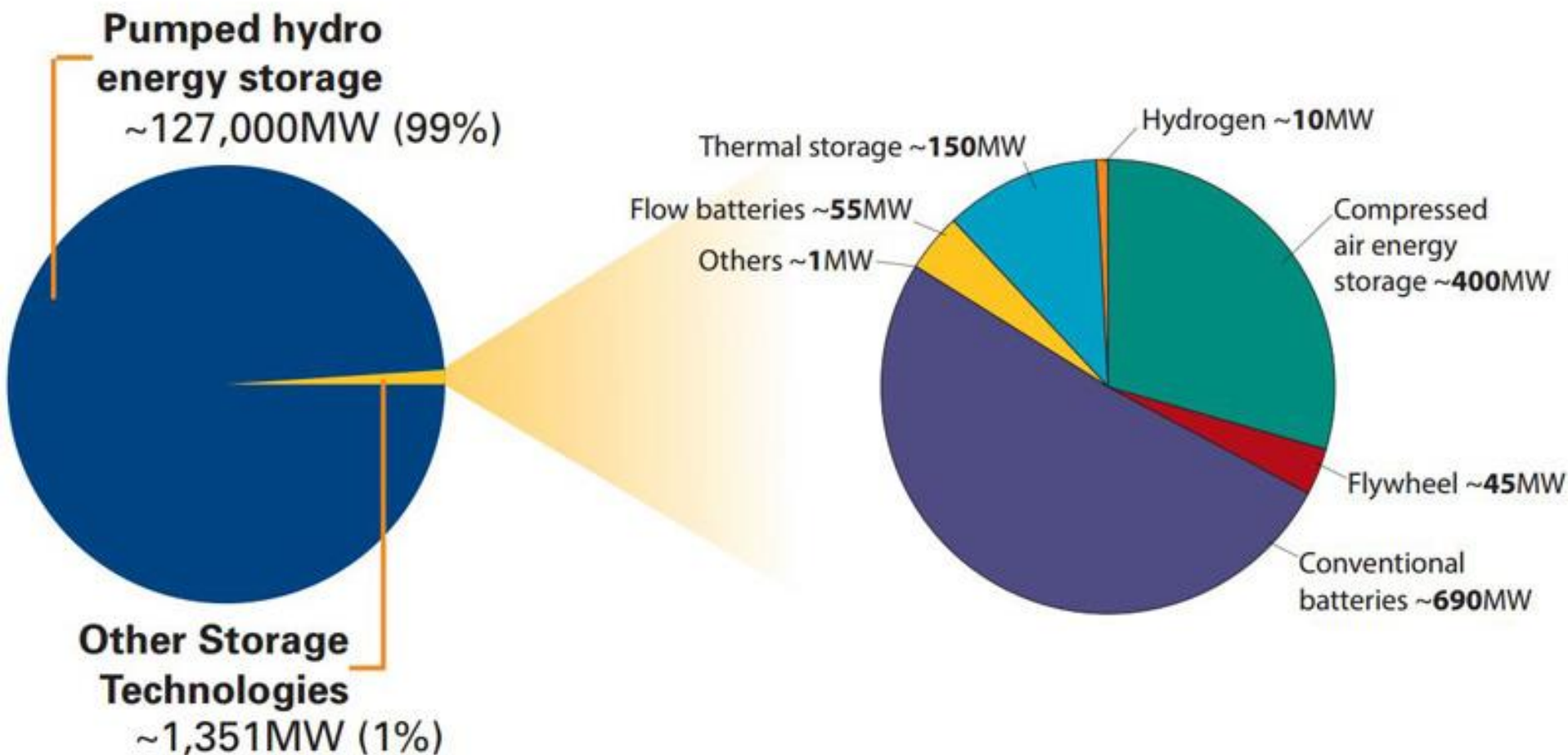
hidrelétricas reversíveis

baterias

geradores/motores de partida rápida

CSP (concentrated solar power)

Total Capacity (left) and Non Pumped Hydro only (right) in MW in 2012



Fonte: Copper Development Association Inc.



5

Considerações finais

Considerações finais

A **distribuição dos recursos energéticos**
na região (**América do Sul**)
é **assimétrica** porém **complementar**.
Assim a **integração energética**
oferece a **oportunidade**
para que o **aproveitamento** desses recursos
possa ser feito de forma **sustentável**.



Considerações finais

Há progressos na
integração energética regional
porém ainda está limitada à **integração comercial**
e por projetos.



Além disso, a introdução em larga escala de
fontes renováveis e novas
tecnologias de geração de energia
impõem **desafios técnicos** que devem ser
levados em conta no trato da **integração regional**

Considerações finais

Para avançar na integração energética Regional devem ser enfrentados

os seguintes desafios entre outros:

- a) Assimetria na repartição dos benefícios da integração
- b) Diferenças no trato da propriedade e da exploração dos recursos
- c) Diferenças na regulação dos mercados





Muito obrigado!



EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE



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

Av. Rio Branco, 1 – 11º andar
20090-003 Rio de Janeiro RJ
Tel.: + 55 (21) 3512 - 3101

