



ELECPOR
20 ANOS
FUTURE **ON**

O futuro da eletricidade, rumo a um sistema energético descarbonizado, acessível e seguro

Pedro Carvalho

Instituto Superior Técnico
Universidade de Lisboa



Conteúdo

- Futuro da eletricidade
- Desafios da descarbonização
 - Desvios nos balanços de potência (análise espaço-temporal)
- Principais soluções
 - Correção de desvios, fecho de balanços (binómio rigidez-flexibilidade)
- Rumo e perspetivas





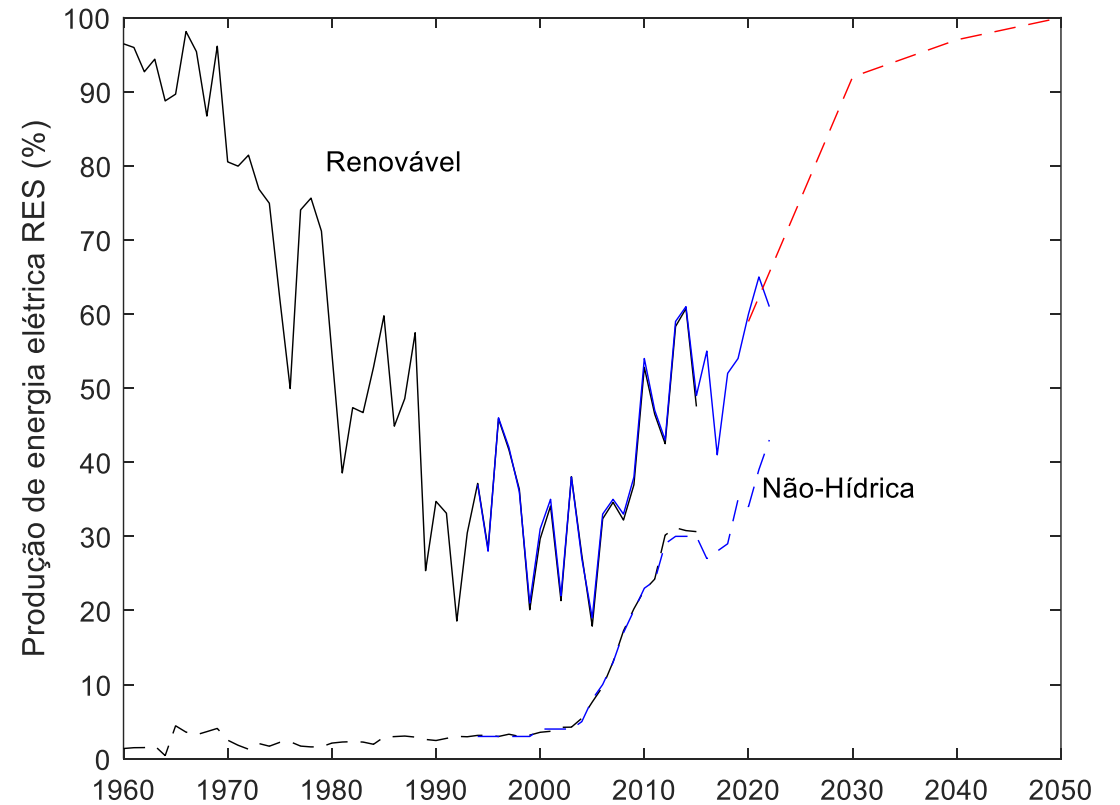
ELECPOR
20 ANOS
FUTURE

ON

FUTURO DA ELETRICIDADE

Descarbonização da Produção

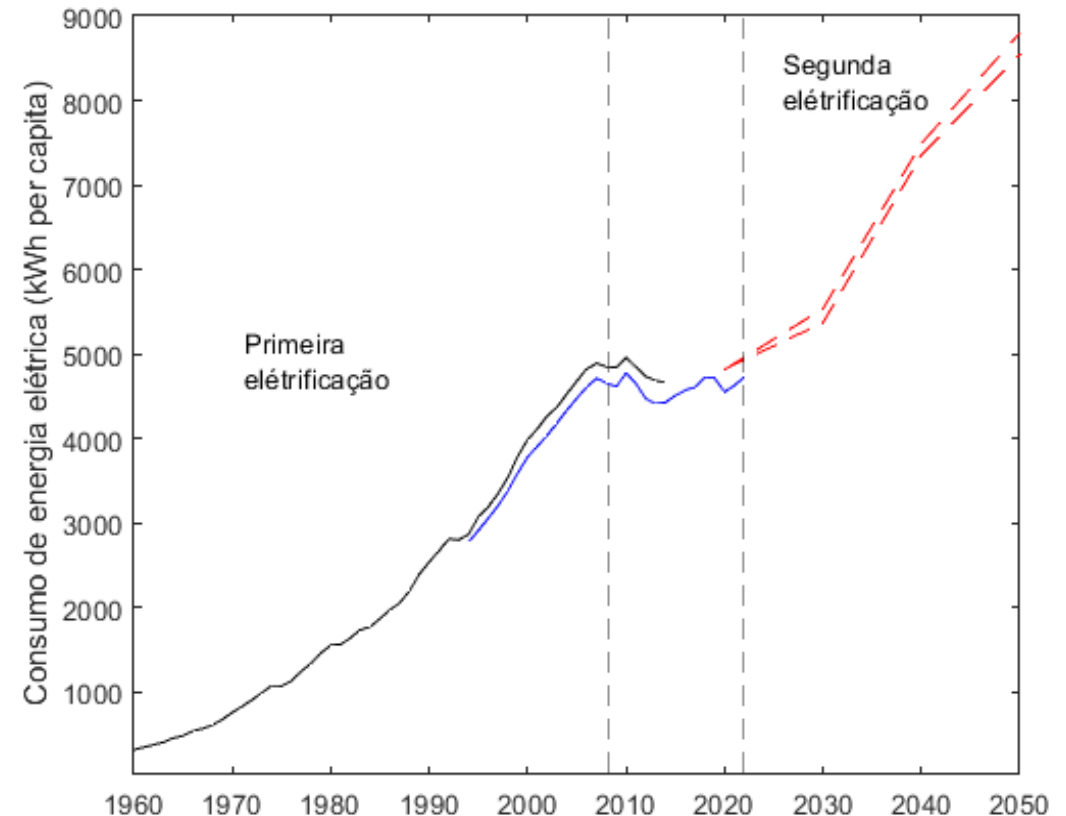
- As projeções do RNC 2050 traduzem uma recuperação da quota renovável de 1960. (com produção não-hídrica para um consumo 25x maior)



A preto, dados do Banco Mundial, a azul dados Pordata; a vermelho as projeções do RNC 2050

Eletrificação do Consumo

- As projeções do RNC 2050 traduzem um crescimento do consumo só comparável com o da primeira eletrificação.
(uma segunda eletrificação em metade do tempo)



A preto, dados do Banco Mundial, a azul dados Pordata; a vermelho as projeções do RNC 2050



ELECPOR
20 ANOS
FUTURE

ON

DESAFIOS DA DESCARBONIZAÇÃO



Desafios da Segunda Eletrificação

Grande parte da nova produção renovável (PV e Eólica) difere da convencional:

- Tem grande variabilidade (a diferentes resoluções temporais)
- Não é despachável e tem reduzida inércia mecânica
- Pode ser descentralizada (sem comprometer a eficiência)

Grande parte do novo consumo (EV, bombagem) difere do convencional:

- É flexível, pode gerido (sem comprometer o conforto)
- Pode ser reversível





Produção Descentralização e Risco de Congestionamentos

A produção descentralizada:

- Reduz o valor esperado μ dos balanços locais, $\mu_C + \mu_P < \mu_C$, $\mu_P < 0$
- Aumenta a variância σ^2 dos balanços locais, $\sigma_C^2 + \sigma_P^2 > \sigma_C^2$, e por isso o valor relativo dos desvios σ/μ .

A eletrificação do consumo:

- Aumenta tanto μ_C como σ_C^2 e portanto também μ e σ^2 dos desvios.

Aumenta $\mu + n\sigma$ e, por isso, o risco de congestionamentos na rede, qualquer que seja a garantia probabilística (n) considerada.





Nova Produção Renovável e Margem de Estabilidade

O sistema de energia elétrica é um sistema de transmissão:

- Responde a desvios no balanço de potências com mudanças de velocidade dos rotores dos geradores (frequência)
- Não admite alterações na velocidade sem perder (margem de) estabilidade

A nova produção renovável reduz a inércia relativa do sistema:

- Aumenta a frequência natural de oscilação dos rotores
- Aumenta o risco instabilidade -- perda de sincronismo/integridade

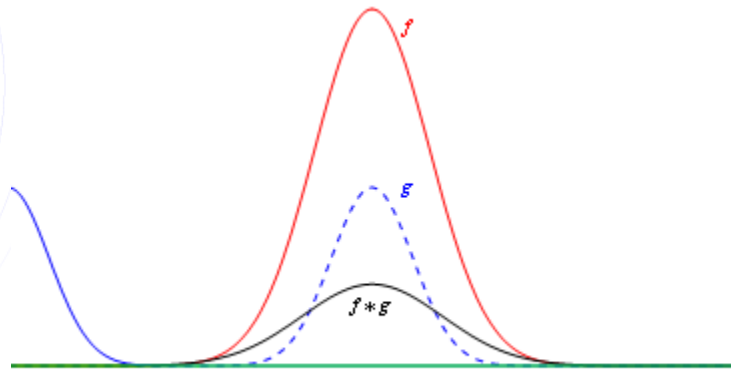




ELECPOR
20 ANOS
FUTURE

ON

PRINCIPAIS SOLUÇÕES



Mitigar o Risco de Congestionamentos

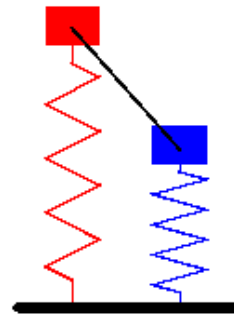
Os recursos são afetados para o valor esperado da carga líquida nos diferentes níveis de agregação espacial:

- Como $\mu_C + \mu_P < \mu_C$ e $\sigma_C^2 + \sigma_P^2 > \sigma_C^2$, haverá menos recursos afetados disponíveis para gerir maiores desvios

A solução passa por:

- Reforçar a rede, criar áreas de balanço maiores (grandes números)
- Adaptar dinamicamente a rede aos balanços (smart grid)
- Adaptar dinamicamente o balanço às redes (serviços de flexibilidade)





Manter a Margem de Estabilidade

O conjunto de recursos afetados terá menor inércia equivalente.
Para manter riscos reduzidos de perda de sincronismo é necessário:

- Implementar sistemas de controlo ativo de frequência (inércia sintética)
- Reduzir o tempo de atuação das proteções e relaxar RoCoF
- Mobilizar consumidores para ofertar reserva de regulação
- Aumentar a rigidez das ligações entre áreas de balanço





Segurança e Fecho dos Balanços

O sistema elétrico não admite desvios no balanço.

Todos os balanços têm de ser fechados no Espaço-Tempo:

- Para fechar no espaço, é preciso capacidade de interligação/redes (o excesso de aqui é usado para suprir carência de ali)
- Para fechar no tempo, é preciso capacidade de armazenamento/gestão de recursos (o excesso de agora é usado para suprir a carência do futuro)





ELECPOR
20 ANOS
FUTURE

ON

PERSPECTIVA SOBRE O RUMO



Maior Rigidez Maior Flexibilidade

É um binómio, não um paradoxo

Maior rigidez das ligações para fechar no espaço

- A rede tem de ter capacidade para servir maiores consumos e suportar maiores desvios no balanço (+redes)

Maior flexibilidade dos recursos para fechar no tempo

- Os recursos têm de ser capazes de resolver maiores congestionamentos e participar na regulação de frequência (+mercados)





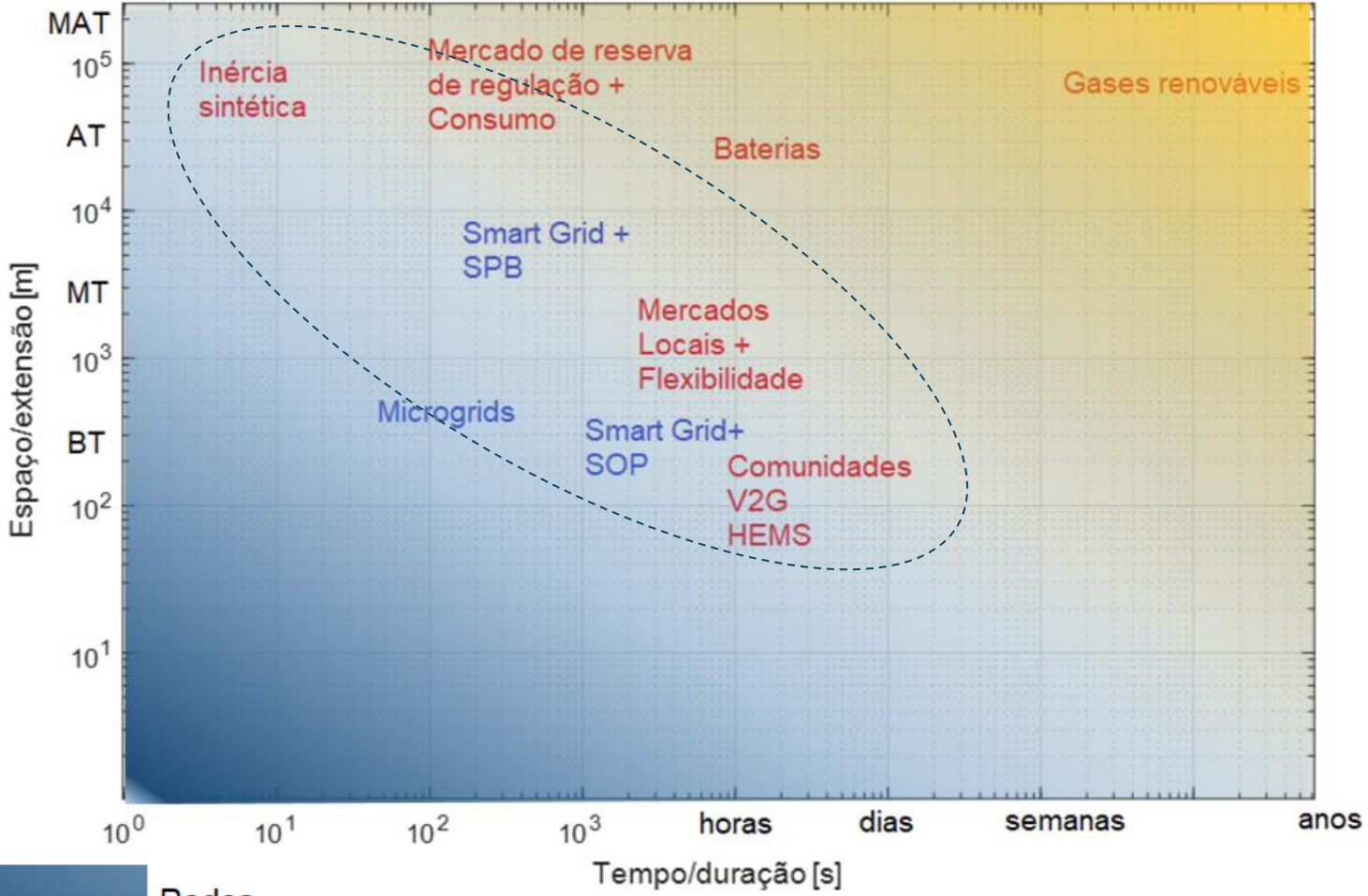
Tecnologias no espaço-tempo

As novas soluções tecnológicas mais promissoras estão no eixo:

(pequenas durações, grandes desvios)



(grandes durações, pequenos desvios)



Redes
Mercados





Sobre o Rumo

- Acelerar a transformação das redes para desbloquear pedidos de ligação de nova produção descentralizada e novo consumo (é uma corrida -- estamos atrasados)
- Incentivar iniciativas que estimulem a correção de desvios de curta duração, como comunidades e mercados locais (estamos preparados -- é preciso avançar)
- Planear a capacidade de armazenamento para fechar balanços diurno-noturno e sazonais (não temos que ter pressa -- somos ricos)





ELECPOR
20 ANOS **OBRIGADO**

ELECPOR