



# AS OPÇÕES ENERGÉTICAS E A COMPETITIVIDADE DA ECONOMIA PORTUGUESA NUCLEAR E RENOVÁVEIS NA TRANSIÇÃO ENERGÉTICA

**ORDEM DOS ENGENHEIROS Viseu 28 de Setembro de 2023**

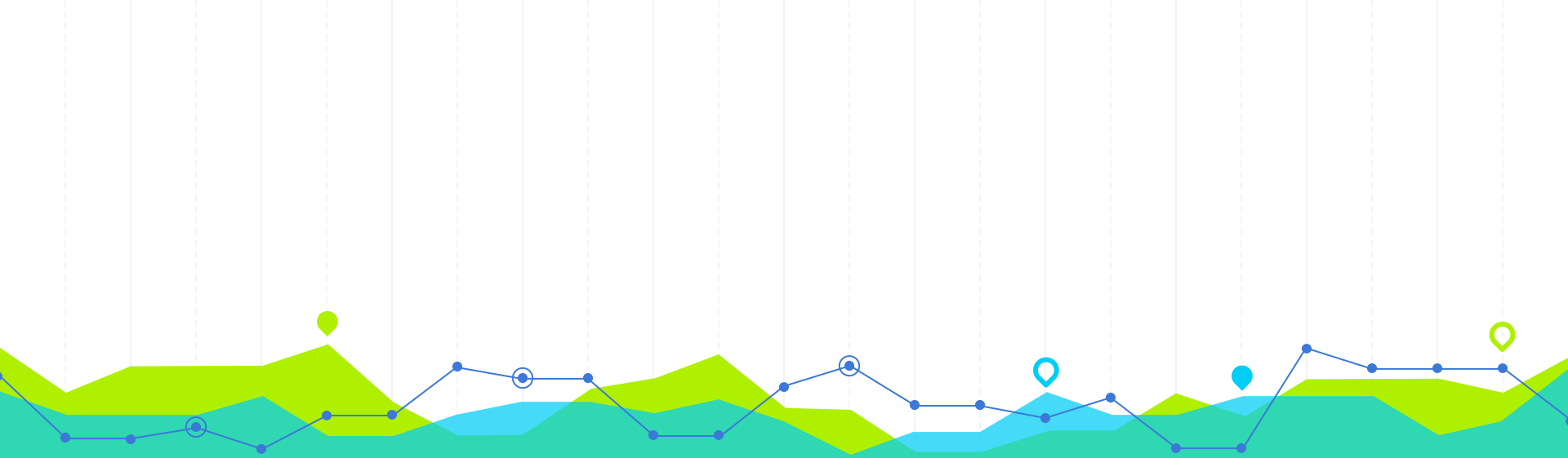
**LUIS MIRA AMARAL**

**Engenheiro Electrotécnico (IST) e Economista (MSc NOVASBE)**

**Ministro da Industria e Energia(1987-1995)**

# ÍNDICE

1. A evolução das centrais nucleares
2. A Junta de Energia Nuclear em Portugal
3. A EDP e a central nuclear em Ferrel
4. O Plano Nuclear de Veiga Simão no governo do Bloco Central
5. Introdução do gás natural em Portugal e as centrais a gás natural
6. O combate ao CO2 e a ressurreição do nuclear
7. O abandono pela Alemanha das centrais nucleares -um laboratório ao vivo do desastre do modelo alemão de transição energética.
8. A EDF e as centrais nucleares francesas
9. A experiência nórdica
10. O desequilíbrio do sistema eléctrico português e a necessidade de potencia firme.
11. Haverá espaço para o nuclear em Portugal?



# A evolução das Centrais Nucleares

1

# EVOLUÇÃO DAS CENTRAIS NUCLEARES

## 1ª Geração

Anos 50s e 60s do século XX

## 2ª Geração

Optimização da 1ª em **eficiência energética e durabilidade**, desde os 60s até 90s do século XX. A maioria das centrais em funcionamento tem estes reactores

## 3ª Geração

A iniciar fase de **comercialização** preocupando-se c/as **questões segurança** depois do tsunami de Fukushima, com sistemas de arrefecimento que não sejam afectados por um tsunami

## 4ª Geração

Em **desenvolvimento**  
Usa **neutrões rápidos urânio 238 e plutónio** em vez dos neutrões lentos e do urânio 235 das gerações anteriores

## 5ª Geração

Pequenos reactores nucleares, os chamados **SMR-Small Modular Reactors**

## Co-Geração

**Co-geração nuclear** e a vantagem dos SMR

## 4ª Geração

**98%** do urânio existente na natureza é U238

**2%** apenas do urânio existente na natureza é U235

- Não há escassez de urânio para alimentar as centrais de 4ª geração
- Por outro lado, ao consumirem plutónio (principal resíduo em volume e de maior longevidade dos actuais reactores) vão contribuir para a resolução do problema dos resíduos.

# Vantagens

- **Redução dos custos de capital e dos tempos de construção**(que são grandes problemas dos reactores nucleares clássicos )
- **São mais baratos e mais rápidos de instalar porque são fabricados por módulos e depois instalados no sitio**, aparecendo então como mais adaptados quer às necessidades de grandes instalações industriais, de centros de dados, de cidades médias e de redes eléctricas mais pequenas quer para a produção do chamado hidrogénio rosa(tão ou mais descarbonizado que o hidrogénio verde a partir das renováveis).
- **Mais apropriados para países com redes eléctricas mais pequenas e com menos experiência em centrais nucleares.** Países com submarinos nucleares (os quais no fundo são propulsionados por um SMR) estão em excelentes condições para passar desse SMR militar para um SMR civil!
- **A redução dos custos destes SMR dependerá da capacidade de industrializar com economias de escala a produção dos módulos e as garantias de segurança devem naturalmente ser idênticas às dos grandes reactores**,o que leva a que tenham custos de segurança por unidade de energia produzida superiores aos dos grandes reactores.

# Co- Geração nuclear-a vantagem dos SMR

Cerca de 60% do calor produzido num reactor nuclear não é aproveitado para a produção do vapor que vai accionar o gerador para a produção de electricidade

- Leva a grandes perdas de energia e a uma grande quantidade de água para a refrigeração.

O grande interesse de se poder vir a aproveitar esse calor agora desperdiçado para a agricultura, para os processos industriais ou para aquecimento dos edifícios, evitando o seu desperdício

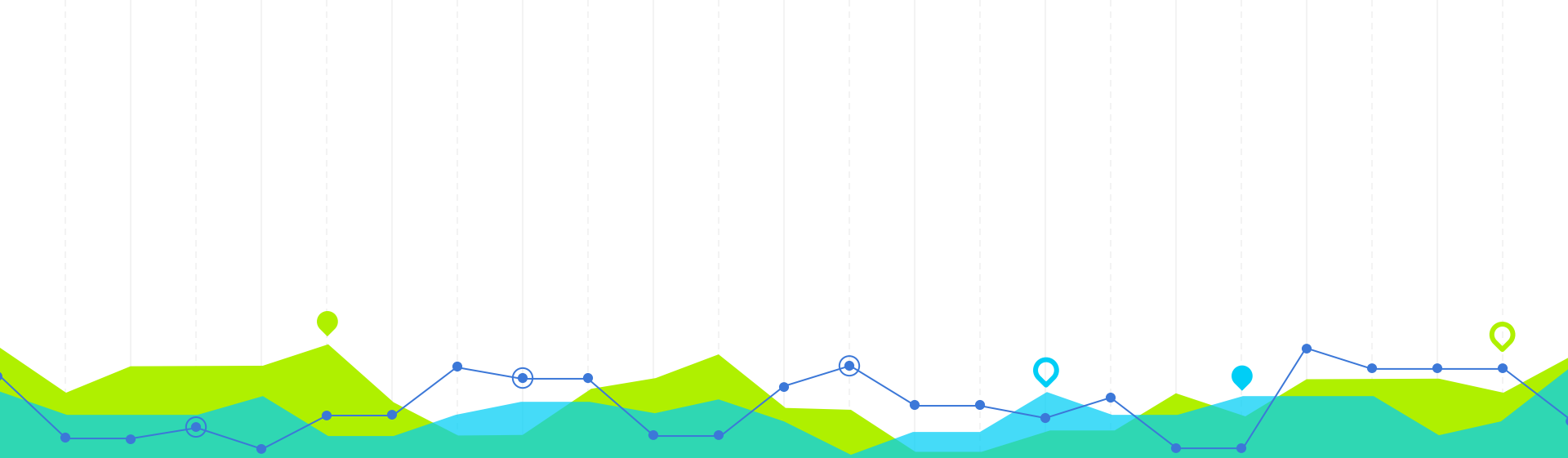
- Tal permitiria assim **nesses reactores nucleares a chamada co-geração**, ou seja produção simultânea de electricidade e de calor para os processos referidos.

Como bem sabemos,as co-gerações a gás natural (que apoiei como Ministro da Energia)devem ser colocadas junto dos processos que precisam do calor, o que me leva a concluir que:

- A co-geração nuclear será mais fácil de desenvolver em pequenos SMR colocados junto dos processos que precisam de calor do que em grandes reactores afastados naturalmente desses centros de consumo de calor.

A OFERTA DE REACTORES NUCLEARES NO MUNDO vai estruturar-se em:

- os grandes equipamentos,nomeadamente do tipo EPR francês , Hualong chinês ou VVER russo;
- reactores SMR de dimensão média entre 200-300 MW
- Mini reactores SMR com potências entre 5-50 MW



# A Junta de Energia Nuclear em Portugal

# 2



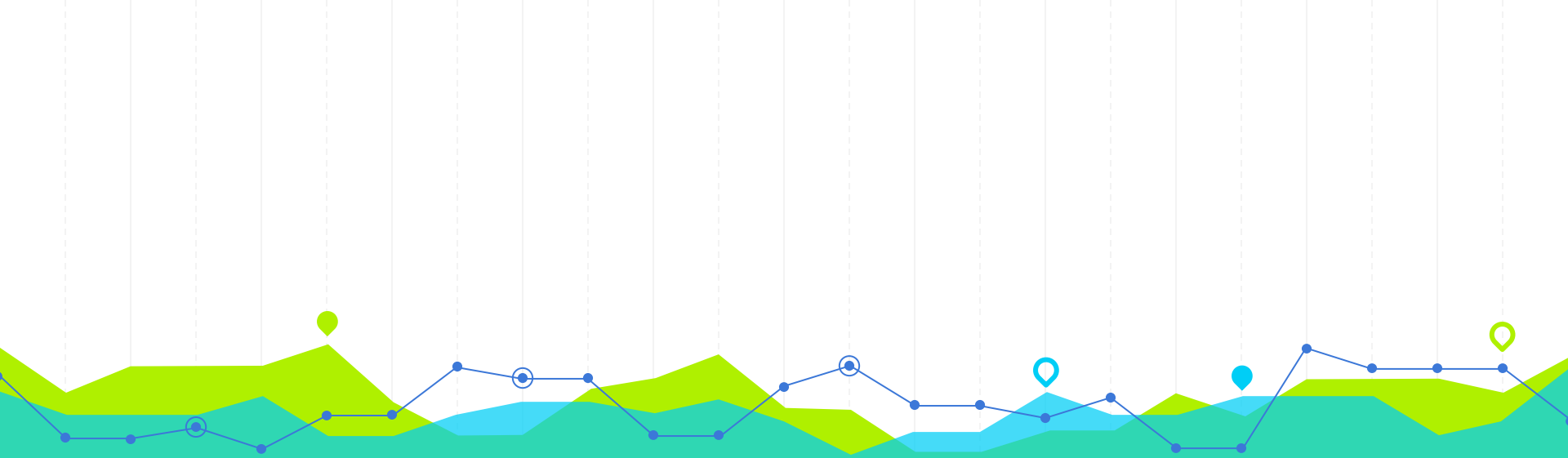
● **Nos anos 60 do século passado a Junta de Energia Nuclear contratou estudantes de engenharia, física e química para os seus quadros,** esforço que foi depois descontinuado, vindo assim o país a perder competências em energia nuclear.

● **Eu tive essa possibilidade de entrar mas não estive interessado pois a minha vocação não era essa.**



● Assim sendo, e estando essa geração do meu tempo já reformada ou em vias de o ser, **o país deixou praticamente de investir na formação de engenheiros e técnicos em energia nuclear.**

● Ainda como legado dessa época, temos em Sacavém um pequeno reactor nuclear que estava sob a gestão do INETI e que passou para o IST com a extinção deste.



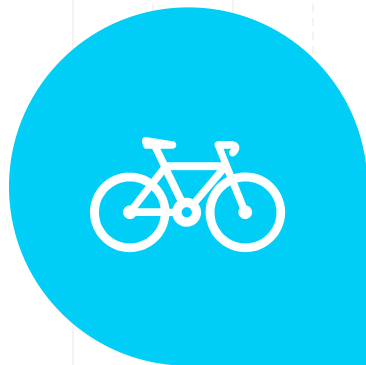
# A EDP e a central nuclear em Ferrel

# 3

## A EDP e a central nuclear em Ferrel

1. A EDP tinha sido constituída à imagem e semelhança da EDF e por isso quis emular a EDF, tendo tido **um projecto para construir um grupo nuclear em Ferrel, perto de Peniche.**

3. A saída da rede por acidente desse grupo levava a uma grande perturbação que se propagava pela rede espanhola até à fronteira com França. **Isso mostrava já na altura a importância da rede ibérica para acomodar um grupo nuclear em Portugal.**



2. **Fiz parte da equipe de engenheiros de redes da EDP** que passou do velho simulador analógico da rede existente no Despacho Central da EDP para programas e modelos digitais, **simulando em computador nos anos 70 do século passado a rede ibérica de electricidade e o seu funcionamento com esse grupo em Ferrel**

4. **Esse exercício influenciou profundamente o meu pensamento sobre o nosso sistema energético em geral e sobre o nosso sistema eléctrico em particular, levando-me a pensar que só faria sentido uma central nuclear em Portugal no contexto ibérico.**



Não faria sentido Portugal montar um **pesado e dispendioso aparelho de segurança para controlar apenas 1 ou 2 grupos nucleares** (a rede não teria dimensão para mais).

O que faria sentido era Portugal ter técnicos formados que viessem a integrar o sistema de segurança espanhol, transformando-o num sistema de segurança ibérico e na altura nem sequer havia o MIBEL, hoje havendo o MIBEL ,mercado grossista ibérico, faz todo o sentido um aparelho de segurança ibérico!

Poder-se-ia pensar na **participação portuguesa numa central nuclear espanhola**, aproveitando um sitio, por exemplo Almaraz, em que se desclassificariam os reactores de 2<sup>a</sup> geração que lá estão e se construiriam os de 3<sup>a</sup> geração mais seguros!

Essa oportunidade não existiu - **o cinismo político europeu gosta de dizer não ao nuclear e como não pode dispensá-lo, prefere ampliar a vida de centrais de 2<sup>a</sup> em vez de as substituir por centrais da 3<sup>a</sup> geração!**



# O Plano Nuclear de Veiga Simão no governo do Bloco Central

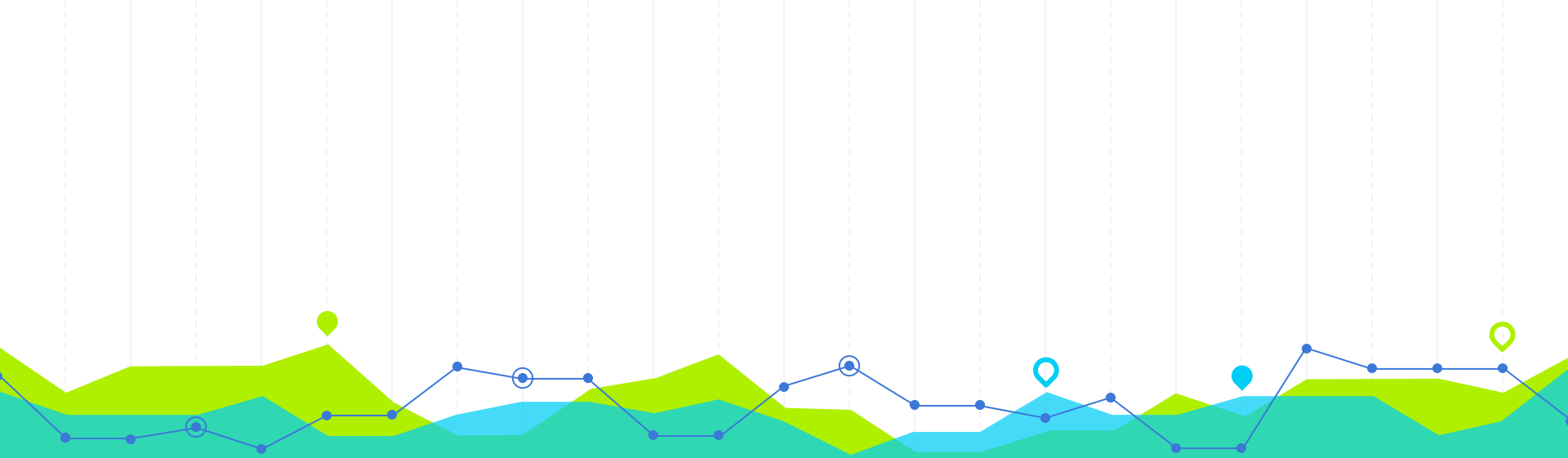
# 4

No governo PS-PSD presidido por Mário Soares, o então Ministro da Industria e Energia Veiga Simão chegou a apresentar em Conselho de Ministros um plano para a introdução de centrais nucleares em Portugal.

Tal plano parecia-me como desintegrado da visão ibérica que descrevi no ponto III e não suportado por um adequado planeamento energético

Ajudei o Carlos Pimenta então Secretário de Estado do Ambiente, que tinha sido meu aluno no IST em Produção e Transporte de Energia Electrica, na elaboração da fundamentação económica-financeira para este instruir a actuação do seu Ministro da Qualidade de Vida António Capucho em Conselho de Ministros.

o que levou o Primeiro-ministro Mário Soares a congelar essa proposta.



# A Introdução do gás natural em Portugal e as centrais de ciclo combinado a gás natural

# 5

## Quando

No governo como Ministro da Indústria e Energia não houve oportunidades para um projecto conjunto luso-espanhol de centrais nucleares em linha com o que expliquei antes

## Prioridade

Introdução do gás natural feita com um projecto conjunto luso-espanhol (1ª fase com o gasoduto do Magrebe vindo da Argélia, passando por Marrocos, entrando em Espanha e depois entrando em Portugal por Campo Maior e indo até à Galiza e na 2ª fase com o terminal de Sines, que permitiu diversificar o aprovisionamento da Argélia).

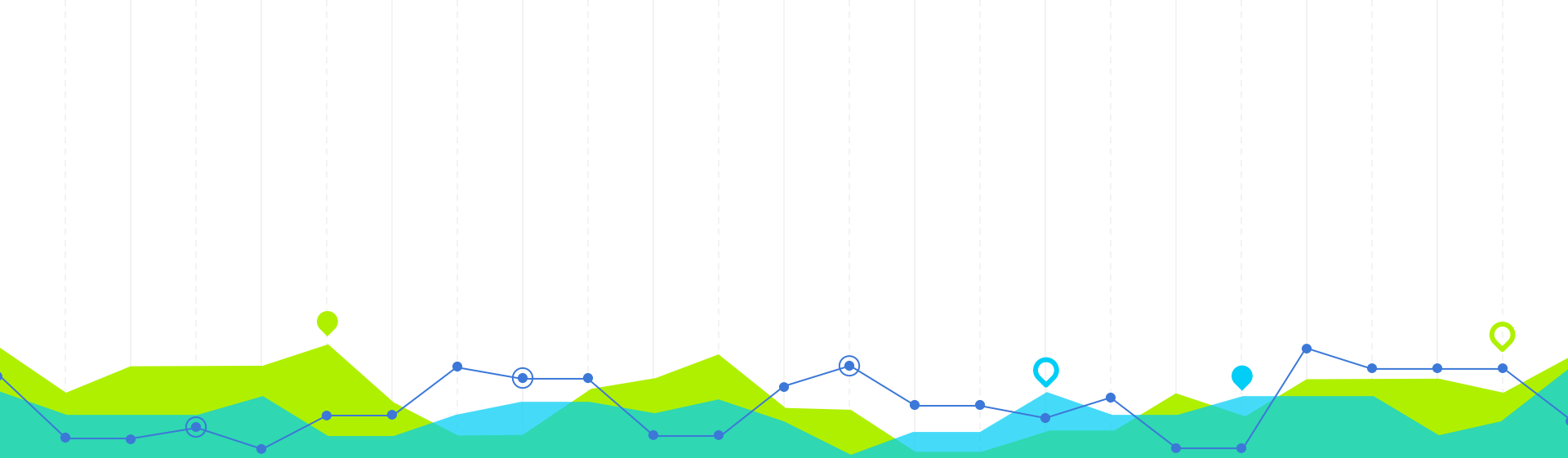
## Viabilização do investimento no gasoduto

Assegurar um grande consumidor do gás natural e tal foi feito com a central de ciclo-combinado a gás natural na Tapada do Outeiro.

## O CO2 e o gás natural

De notar que nessa época não havia as preocupações actuais com o CO2, as quais, como veremos adiante, vieram dar um novo folego à energia nuclear, e por isso o avanço para as centrais a gás natural em Portugal, em complemento das centrais a carvão, avanço esse sincronizado com a introdução do gás natural em Portugal.





# O combate ao CO2 e a ressurreição do nuclear

# 6

## 1. Descarbonização

Ficaram em causa as centrais a carvão grandes emissoras de CO<sub>2</sub>, tendo o nuclear ganho um novo folego a nível mundial



## 2. Energias renováveis sózinhas não resolvem o problema :

- intermitência obrigaria a tecnologias de armazenamento numa dimensão irrealista
- fraca densidade energética, que obrigaria a grandes ocupações de espaço

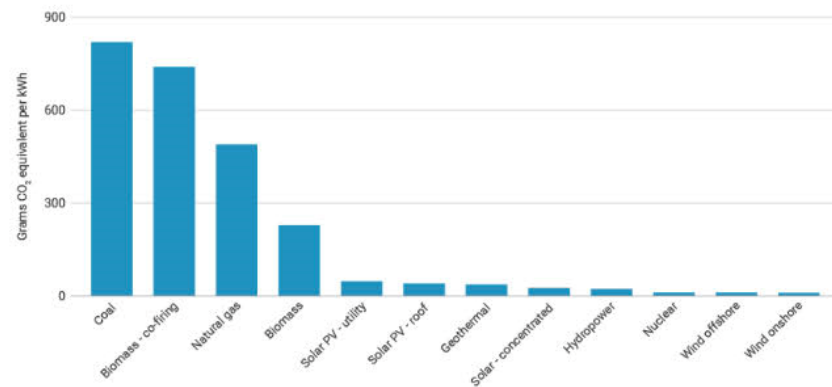
## 3. As baterias são úteis para o armazenamento de energia

acopladas às fontes renováveis no ciclo diário mas não resolvem o problema de transferências maciças intersazonais de energia ex. solar produzida no verão e armazenada p/ inverno,

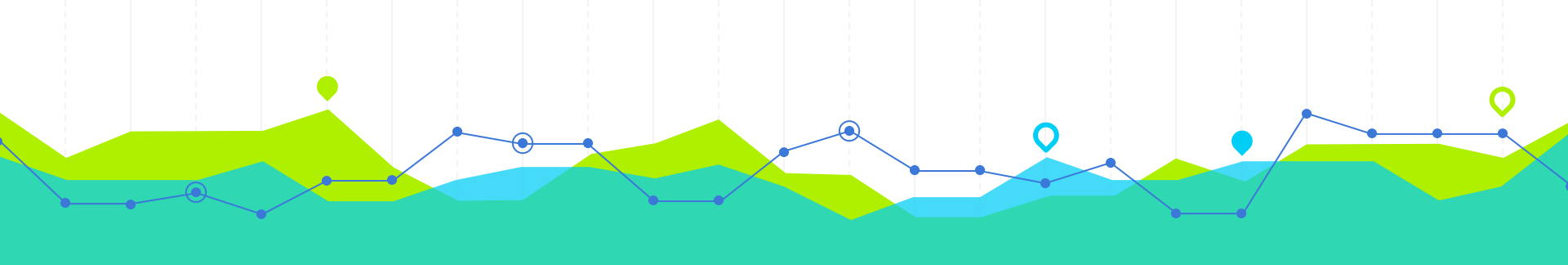
4. Tal é feito por **meios mecânicos** como as centrais hidroeléctricas de bombagem, o que já acontece, ou futuramente por meios químicos, por exemplo através do chamado hidrogénio electrolítico

**Na realidade, a energia nuclear aparece claramente como muito competitiva no que toca às emissões de CO2**

On a life-cycle basis, nuclear power emits just a few grams of CO<sub>2</sub> equivalent per kWh of electricity produced. A median value of 12g CO<sub>2</sub> equivalent/kWh has been estimated for nuclear – similar to wind, and lower than all types of solar

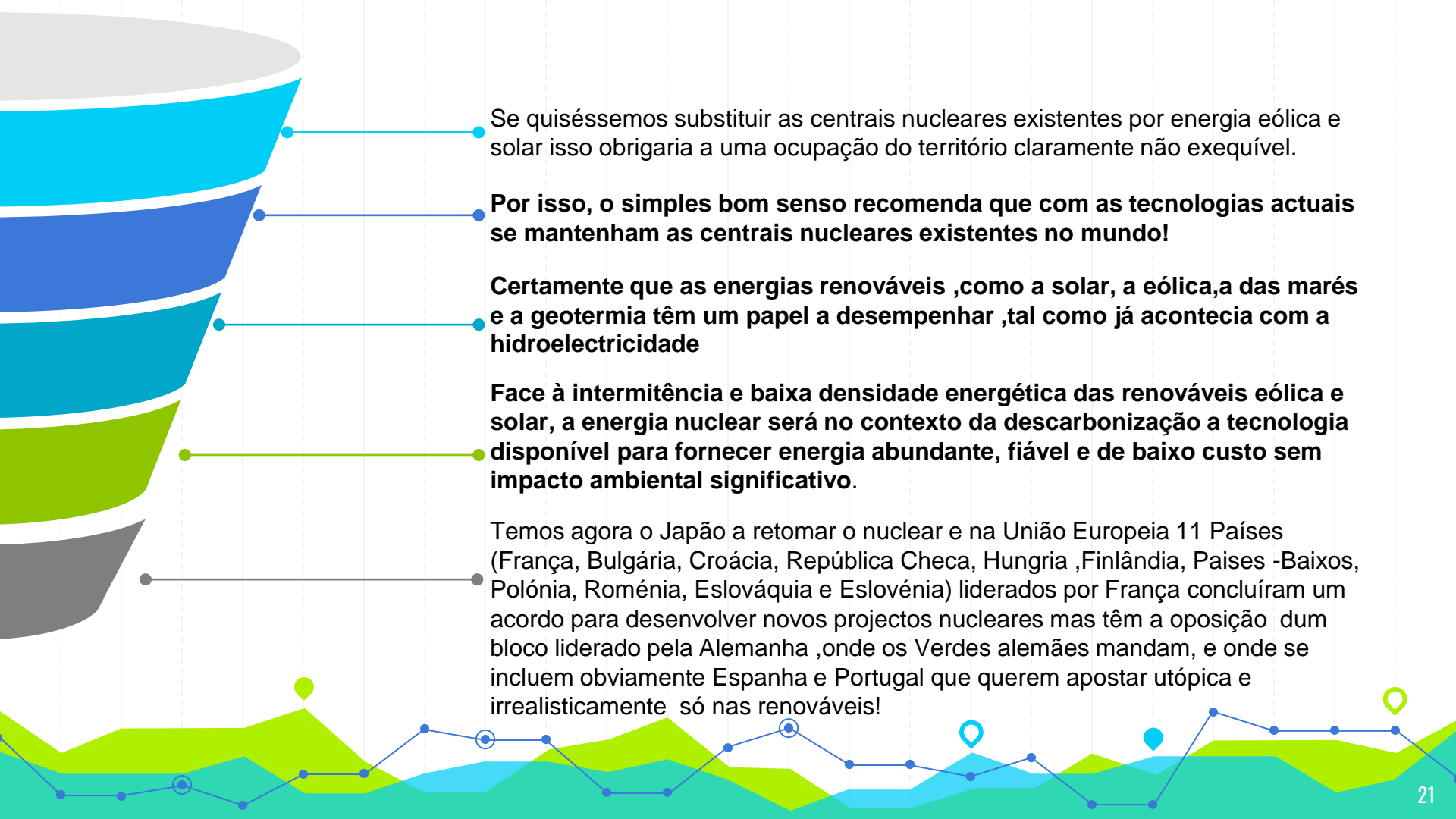


*Average life-cycle CO<sub>2</sub> equivalent emissions (source: IPCC)*



**Também em termos de densidade energética, o nuclear é a forma de energia mais densa, aquela que ocupa menos espaço por unidade de energia produzida**

Formas de energia	Densidade energética em TWh/km <sup>2</sup> (energia produzida p/ unidade de Superfície utilizada)
Nuclear	5.2
Gás Natural	3.0
Solar Fotovoltaica	0.08
Eólica em terra	0.013



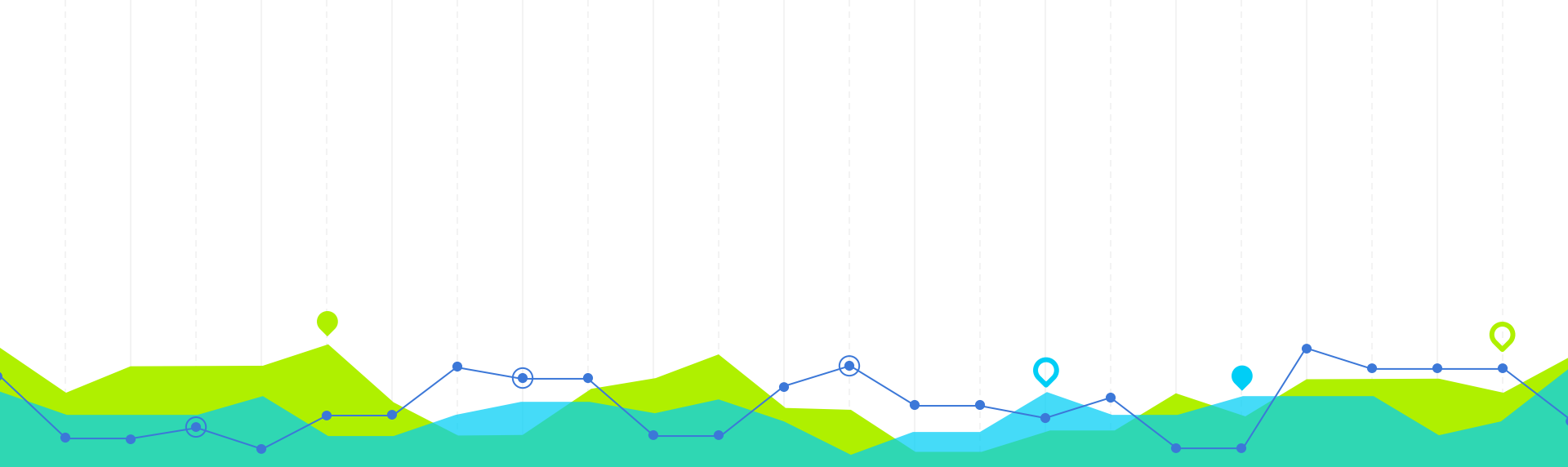
Se quiséssemos substituir as centrais nucleares existentes por energia eólica e solar isso obrigaria a uma ocupação do território claramente não exequível.

**Por isso, o simples bom senso recomenda que com as tecnologias actuais se mantenham as centrais nucleares existentes no mundo!**

**Certamente que as energias renováveis ,como a solar, a eólica,a das marés e a geotermia têm um papel a desempenhar ,tal como já acontecia com a hidroelectricidade**

**Face à intermitência e baixa densidade energética das renováveis eólica e solar, a energia nuclear será no contexto da descarbonização a tecnologia disponível para fornecer energia abundante, fiável e de baixo custo sem impacto ambiental significativo.**

Temos agora o Japão a retomar o nuclear e na União Europeia 11 Países (França, Bulgária, Croácia, República Checa, Hungria ,Finlândia, Países -Baixos, Polónia, Roménia, Eslováquia e Eslovénia) liderados por França concluíram um acordo para desenvolver novos projectos nucleares mas têm a oposição dum bloco liderado pela Alemanha ,onde os Verdes alemães mandam, e onde se incluem obviamente Espanha e Portugal que querem apostar utópica e irrealisticamente só nas renováveis!



# O abandono pela Alemanha das centrais nucleares - laboratório ao vivo do desastre do modelo alemão de transição energética

# 7



**Em 21 de Abril de 2008 numa conferência sobre energia organizada pela OE, CIP, AIP e AEP eu dizia:” O caso da Alemanha é paradigmático pois tem-se empenhado nas renováveis, mas se quiser suprimir a via nuclear aumentará a importância do carvão e do gás natural ou seja mais CO2 e mais dependência da Rússia!”**



**Assim aconteceu e a estratégia de transição energética da Alemanha assente apenas nas renováveis intermitentes e cujo modelo exportaram para a União Europeia e para Portugal permite-nos ter um laboratório ao vivo do disparate desse modelo!**



Na Alemanha estamos com mais carvão, mais CO2, dramática dependência do gás russo querendo agora diversificar as fontes de gás, preços da energia, electricidade e gás, altíssimos, o que está a levar muita indústria a querer sair da Alemanha para outros países europeus e para os EUA onde terão energia mais barata.



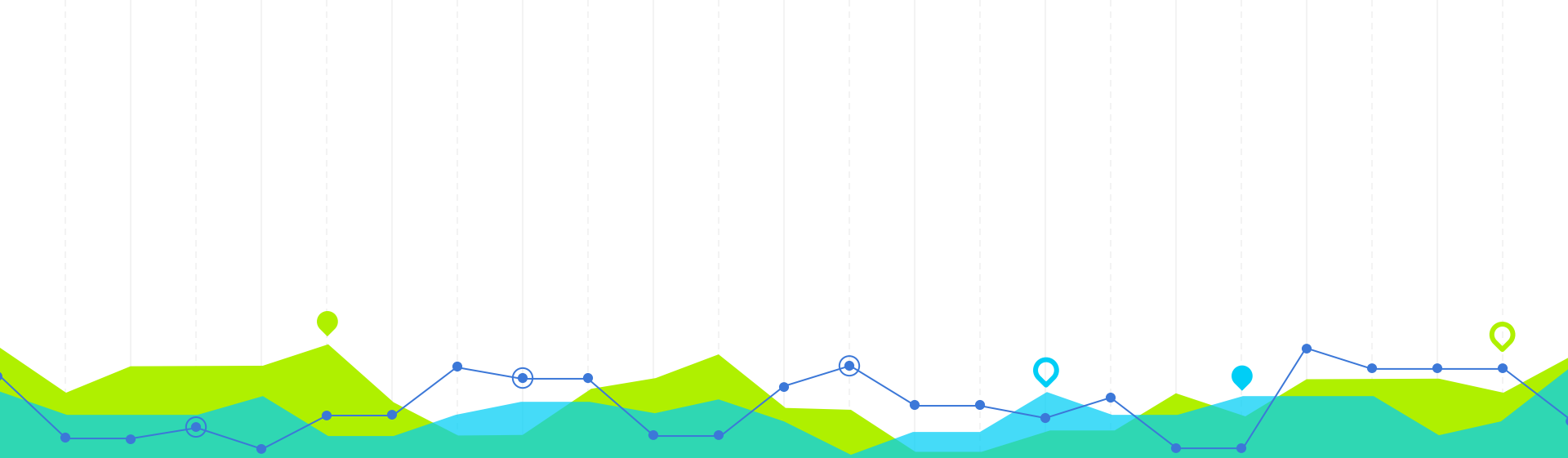
Este modelo está a contribuir para os gravíssimos problemas económicos e industriais da Alemanha e, como a Alemanha é a maior economia da União Europeia e tradicionalmente o motor económico europeu, os gravíssimos problemas económicos da Alemanha serão exportados para todos nós!



**O *Living lab* da chamada *Energiewende* mostra o que não se deve fazer....**



E é totalmente incompreensível que a Alemanha num contexto de descarbonização opte por manter centrais a carvão e feche o nuclear, criando uma grande tensão até a nível europeu com a França que aposta no nuclear! Profunda contradição dos Verdes alemães!



# A EDF e as centrais nucleares francesas

# 8



Com o Presidente Macron distraído, os governos franceses começaram a pôr em causa o nuclear

O nuclear tinha sido um grande sucesso económico e tecnológico francês.

Uma patética Ministra Barbara Pompili escreveu que as centrais nucleares iriam fechar, sendo substituídas pelas energias eólica e solar!

Era a repetição do desastre energético alemão!

A EDF também tinha sido forçada a ceder todos os anos aos seus concorrentes

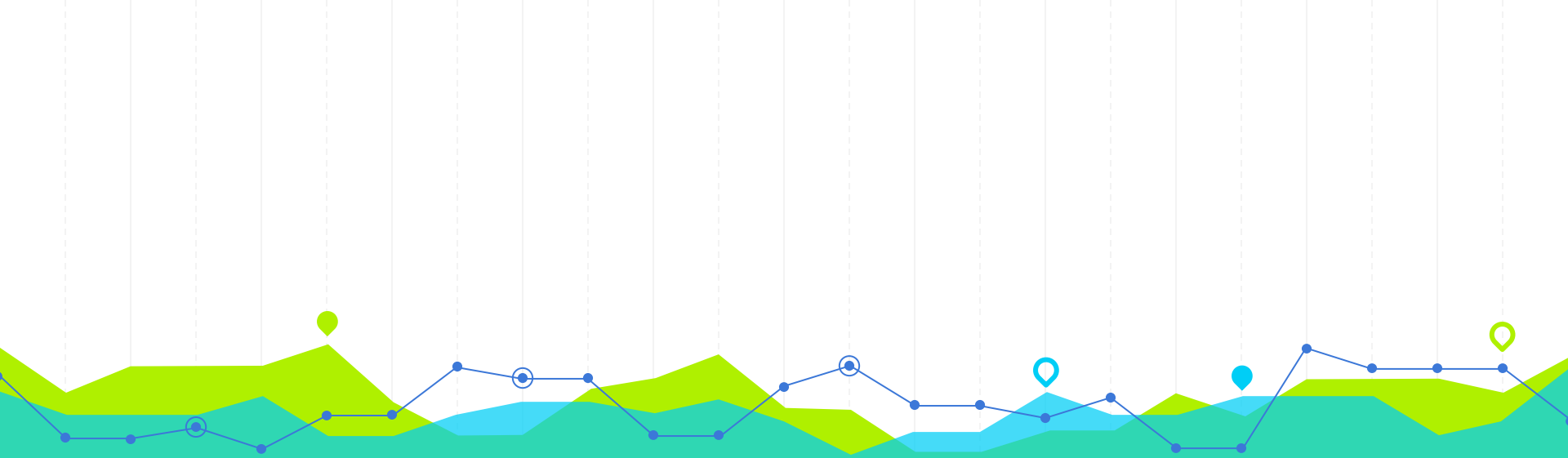
25% da sua produção nuclear (100 TWh/ano) a um preço fixo de €42/MWh próximo dos seus custos de produção, de acordo com a AREN (Accès régulé à l'énergie nucléaire historique)

A manutenção das centrais nucleares foi descurada

50% do parque nuclear francês esteve inoperacional, a França passou em 2022 de exportador líquido de electricidade para os mercados europeus a importador líquido e a EDF esteve à beira da falência!

EDF foi renacionalizada e o governo francês deu-lhe os meios financeiros para a sua recuperação

O parque nuclear francês está a ser recuperado e a França voltou a ser de novo exportador líquido de electricidade para os mercados europeus.



# A experiência nórdica

# 9

**A Finlândia pôs recentemente a funcionar dois grupos nucleares EPR franceses** (ao contrário dos Verdes alemães, os Verdes finlandeses são pro-nucleares, o que fará sentido para quem defenda a descarbonização...)

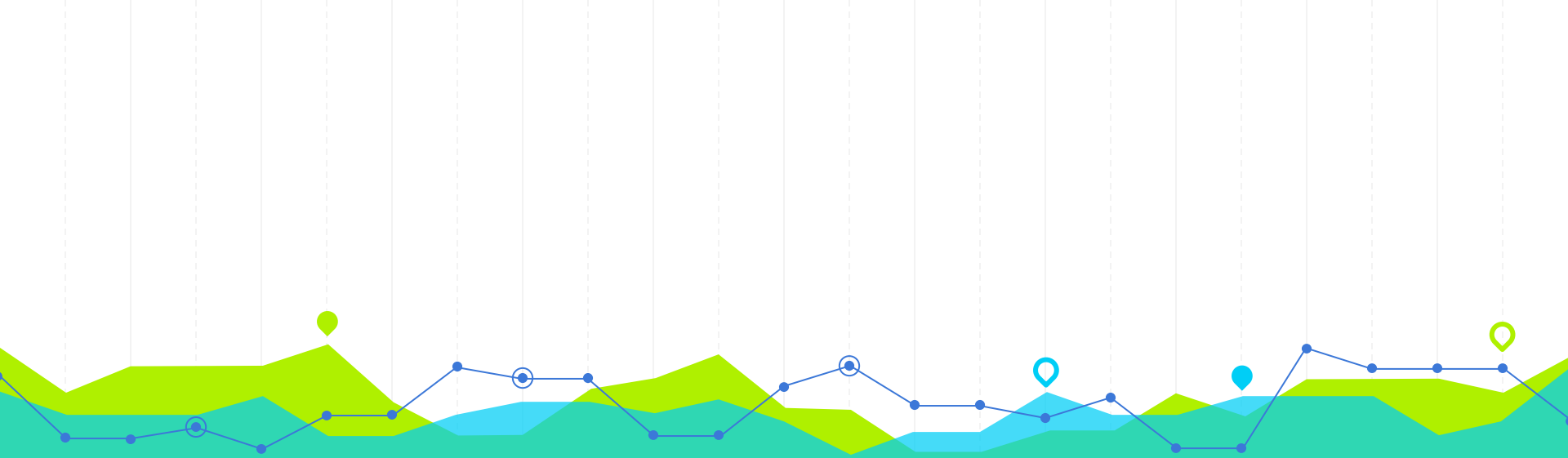
**Essa combinação evitou-lhes a extrema dependência do gás natural a funcionar como pronto-socorro das renováveis intermitentes quando não há vento nem sol, típica dos países como nós que apostaram em demasia nas renováveis**



**Os países nórdicos têm repousado numa combinação inteligente entre nuclear, biomassa e hidroelectricidade, com algum contributo complementar de renováveis.**

**o que lhes permitiu menores emissões de CO2 e preços mais baixos e estáveis da electricidade**





# O desequilíbrio do sistema electroprodutor português e a necessidade de potência firme

# 10

Temos um sistema **muito assente na energia eólica e na hidroelectricidade**, com um pequeno contributo da energia solar.



**Fechadas as centrais a carvão, o sistema tem que repousar nas centrais a gás natural e nas importações** para fazer face à intermitência das eólicas e a situações de seca em que o contributo das centrais hidroeléctricas a fio de água é reduzido.

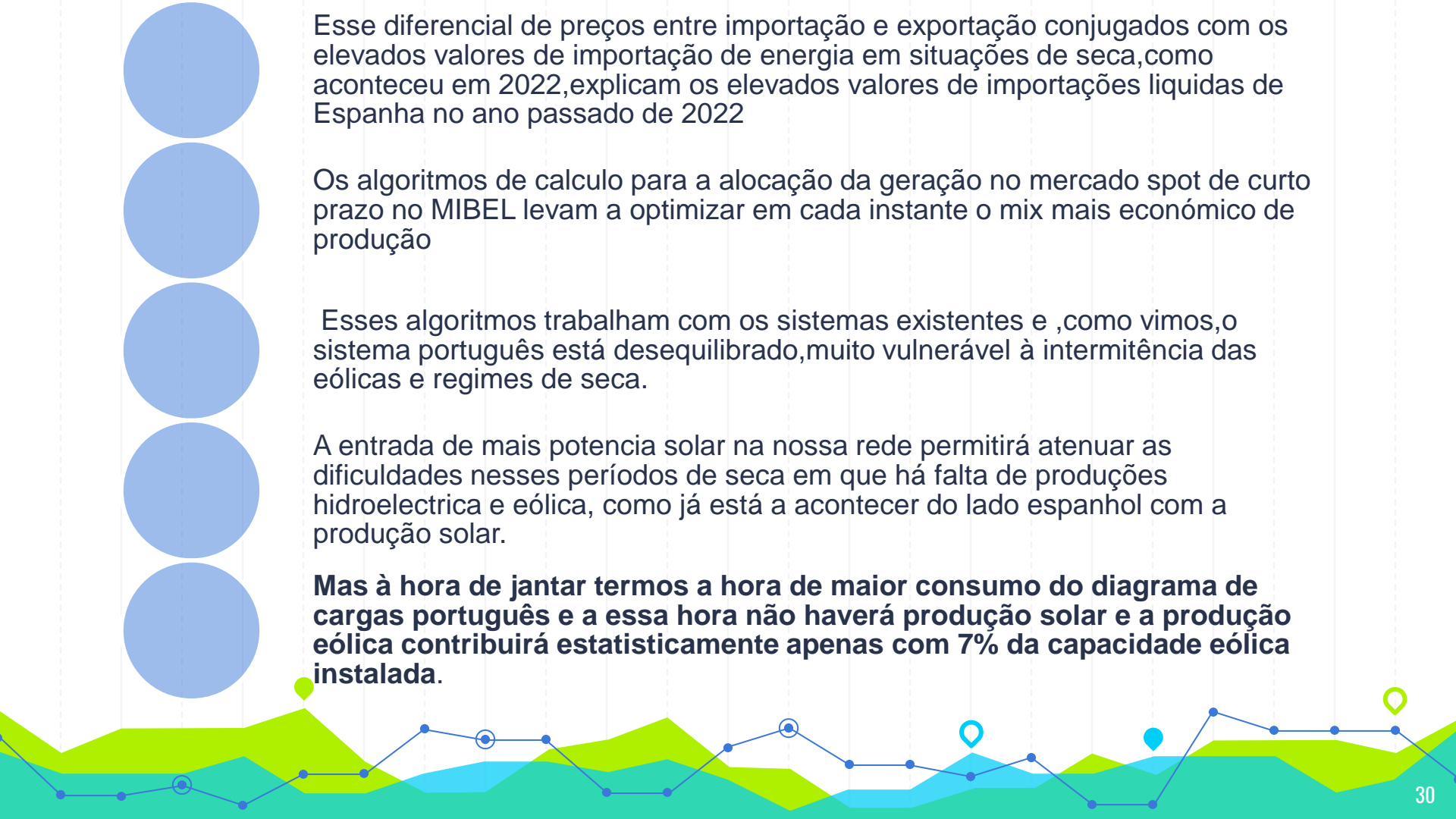


Há correlação entre chuva e vento e por isso em situações de seca também há falta de vento, ou seja **fracas produções hidroeléctrica e eólica**.



Como em Espanha a situação será semelhante à portuguesa, quando importamos de Espanha fazemo-lo numa **situação de maior stress do sistema do que quando exportamos em que estamos a vender para Espanha** excedentes duma mercadoria de que os espanhóis também não necessitarão, e por isso os preços das importações de electricidade serão bem maiores do que os preços de exportação.





Esse diferencial de preços entre importação e exportação conjugados com os elevados valores de importação de energia em situações de seca, como aconteceu em 2022, explicam os elevados valores de importações líquidas de Espanha no ano passado de 2022

Os algoritmos de cálculo para a alocação da geração no mercado spot de curto prazo no MIBEL levam a otimizar em cada instante o mix mais económico de produção

Esses algoritmos trabalham com os sistemas existentes e, como vimos, o sistema português está desequilibrado, muito vulnerável à intermitência das eólicas e regimes de seca.

A entrada de mais potência solar na nossa rede permitirá atenuar as dificuldades nesses períodos de seca em que há falta de produções hidroeléctrica e eólica, como já está a acontecer do lado espanhol com a produção solar.

**Mas à hora de jantar temos a hora de maior consumo do diagrama de cargas português e a essa hora não haverá produção solar e a produção eólica contribuirá estatisticamente apenas com 7% da capacidade eólica instalada.**

Precisamos da potência firme que terá de ser fornecida pelas centrais a gás e pelas hidroelectricas de bombagem ou pelo socorro da rede espanhola.

- Este apoio da rede vizinha foi aliás decisivo para evitar um apagão à hora de jantar em Janeiro de 2022 quando já tínhamos abandonado o carvão, a nova central com bombagem da Iberdrola no Tâmega ainda não tinha entrado em funcionamento e não houve potência firme suficiente em Portugal para satisfazer a ponta de consumo.

O aumento da penetração renovável que se perspectiva para Portugal e também para Espanha vai agravar e muito a criação de excedentes quando haja sol, vento e chuva e e estejamos com baixos consumos como nos fins de semana.

- Não havendo possibilidades das hídricas de bombagem de armazenarem todos esses excedentes e não é realista pensar que a Ibéria vai conseguir exportar esses excedentes para a Europa, quer pela fraqueza das interligações entre Espanha e França quer porque a Europa também está a investir maciçamente em renováveis, solar designadamente, e não vai precisar desses excedentes

**E, como explicado, a potencia firme necessária à hora de ponta não vai ser fornecida por esse excesso renovável e vai no fundo depender sobretudo da ponta de consumo.**

- Iremos pos criar grandes excedentes renováveis, difíceis de exportar, os quais não vão contribuir para a potência firme.



**Haverá espaço para o nuclear em  
Portugal?**

**11**



No contexto ibérico e como há centrais nucleares a funcionarem em Espanha (a própria EDP tem participação numa central nuclear espanhola!) nós temos no mercado ibérico do MIBEL que é o nosso mercado interno grossista de electricidade, um mix entre nuclear, renováveis (eólica e solar), centrais térmicas (a gás natural nos dois países e centrais a carvão em Espanha) e hidroeléctrica de fio de água e de bombagem nos nossos países

Em Portugal precisamos de potencia firme às horas de ponta e uma grande central nuclear fazendo o *baseload* não se adequa ao papel de pronto-socorro à intermitência das renováveis, papel desempenhado por centrais de arranque rápido quer a gás natural quer hídricas de bombagem.

- Como expliquei no ponto III, a participação portuguesa num grande grupo nuclear faria sentido no contexto ibérico.

O sistema precisa de uma componente térmica para fornecer a potência firme, podendo então fazer sentido a prazo o recurso à tecnologia dos SMR

- Seria mais adaptado a uma pequena rede como a portuguesa e permitindo até soluções interessantes de co-geração.

**Precisava-se dum planeamento económico da geração, perspectivando a evolução dos consumos e vendo qual o mix mais económico de geração, coisa que deixou de existir em Portugal,**

- O único e obsessivo objectivo é a redução do CO2 e agora queremos atingirmos até 2025 uma contribuição de 80% da energia renovável para os nossos consumos eléctricos, sem haver sequer imposição europeia, quando neste curto espaço de tempo não vai haver meios de armazenagem que o permitam!

**Essa pretensão é mais um exemplo de fundamentalismo na transição energética que deveria ser sujeito a um exercício elementar de planeamento económico!**

Atendendo à grande importância da energia em toda a actividade económica e social e às tendências de maior electrificação alinhadas com a transição energética:

- **Seria crucial o planeamento económico da geração de electricidade**
- **Seria nesse exercício que se deveria ver se era possível em Portugal um sábio equilíbrio no futuro entre nuclear, possivelmente da tecnologia SMR, e renováveis.**

**Mas em termos políticos, os dois principais partidos ,PS e PSD, aliás muito semelhantes no que toca ao ambiente, energia e clima, rejeitam completamente o nuclear e estão em completo estado de negação em relação a futuros desenvolvimentos da tecnologia nuclear.**

**E em Espanha no actual quadro político já não será mau que mantenham a nuclear existente, a qual nos foi muito útil nas alturas críticas da crise energética.**



*Essa crise energética foi começada pelas políticas de descarbonização antes da guerra da Ucrânia a que somou a guerra exacerbando o problema, a seca extrema, reduzindo produção hidroelectrica e eólica devido a já explicada correlação entre água e vento, fazendo com que a Noruega, afectada na hidroelectricidade, deixasse de ser exportador líquido para a Europa, e ainda os problemas com o nuclear francês que levaram a que também a França deixasse de ser exportador líquido.. Tivemos em 2022 uma tempestade perfeita na energia europeia!*

# OBRIGADO!

## QUESTÕES?

