INVESTIGAÇÃO DO GRUPO DE PERITOS DA ENTSO-E AO APAGÃO IBÉRICO DE 28 DE ABRIL DE 2025

Balanço da investigação após reunião de 15 de julho 2025

No dia 28 de abril de 2025, às 11h33 (12h33 CEST), os sistemas de energia de Portugal e Espanha sofreram um apagão que afetou, igualmente, por um período muito curto, uma pequena área de França perto da fronteira com Espanha. Sabe-se agora que essa interrupção afetou diversos consumidores industriais e produtores de energia, com destaque para uma central de energia nuclear que se desligou na mesma altura do apagão na Península Ibérica. O restante sistema elétrico da Europa Continental não sofreu nenhuma perturbação significativa.

Após o incidente do apagão, em 12 de maio de 2025, em conformidade com a regulamentação europeia, a Rede Europeia de Operadores de Redes de Transporte de Eletricidade (ENTSO-E) criou um Painel de Peritos, para investigar as causas do incidente, produzir uma análise abrangente e fazer recomendações num relatório final que será publicado. Até ao momento o grupo de peritos da ENTSO-E já reuniu 4 vezes. A última reunião foi a 15 de julho de 2025 e as atualizações das informações encontram-se abaixo descritas.

1. O QUE HÁ DE NOVO EM RELAÇÃO À INVESTIGAÇÃO?

O Painel de Peritos – do qual a ERSE faz parte - informou, após a reunião de 15 de julho, que prosseguiu a análise dos dados disponíveis sobre o incidente e confirmou que, apesar das dificuldades iniciais na recolha de dados junto de vários Operadores de Rede de Distribuição (ORD) e empresas de produção em Espanha, todas as partes forneceram os dados solicitados. Os peritos estão atualmente a avaliar o detalhe e a qualidade dos dados recebidos.

Com base nos dados disponíveis até ao momento, o Painel de Peritos fornece algumas informações adicionais sobre a investigação em curso, tais como uma descrição mais pormenorizada das oscilações observadas por volta das 12h05 no sul de Espanha e das contramedidas tomadas para as mitigar.

O Painel de Peritos fornece também novas informações preliminares relacionadas com as interrupções da

produção que ocorreram imediatamente antes do apagão.

Em particular, os peritos estão a analisar a série em cascata de desconexões de geração e os aumentos de tensão como o motivo mais provável do apagão. Tais aumentos de tensão em cascata nunca foram anteriormente associados a um apagão em qualquer parte do sistema elétrico europeu. Se confirmado, exigirá uma análise e investigação aprofundadas por parte de todos os especialistas em sistemas elétricos da ENTSO-E.

De momento, a ENTSO-E considera que, dado o caráter excecional deste incidente, há necessidade de melhorar a resiliência do sistema elétrico em caso de aumentos de tensão em cascata, apontando pelo menos duas linhas de atuação:

- melhorar os procedimentos e capacidades de gestão do controlo da tensão de todos os intervenientes ativos do sistema elétrico para evitar incidentes graves relacionados com a tensão no futuro;
- avaliar como os planos de defesa do sistema podem proteger melhor o sistema elétrico europeu contra este novo tipo de fenómeno.

2. CRONOLOGIA PRELIMINAR DOS EVENTOS

Uma cronologia preliminar, baseada nas informações conhecidas pela ENTSO-E até o momento, foi atualizada em relação à complexa sequência de eventos que antecederam o apagão.

i. Condições do sistema na manhã de 28 de abril (09:00 – 12:00 CEST)

Durante a noite de 27 para 28 de abril, o sistema elétrico ibérico operou normalmente, sem variações significativas no perfil de tensão. Aproximadamente a partir das 9h (CEST - Central European Summer Time), a variabilidade da tensão em Espanha começou a aumentar, mas sem variações significativas até às 10h30 (CEST). A partir das 10h30 (CEST), variações de tensão mais significativas começaram a ocorrer. A tensão no sistema de transporte permaneceu abaixo dos limites operacionais superiores.

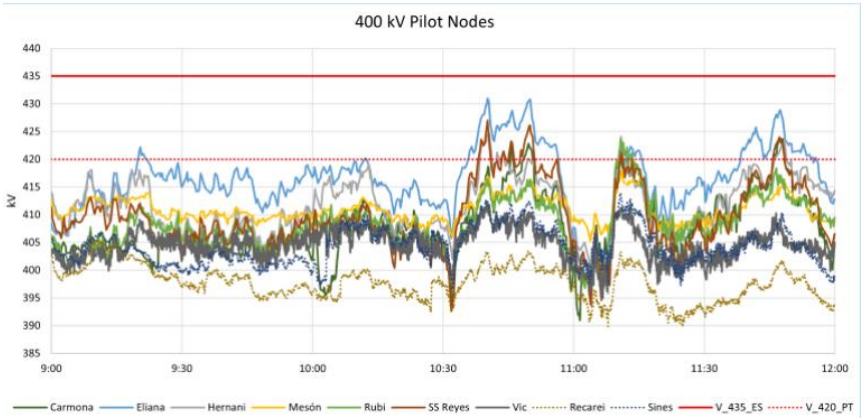


Figura 2a - Evolução da tensão das 9:00 às 12:00 CEST nas principais subestações de transmissão de 400 kV em Espanha e Portugal. [fonte: Telemedidas a cada 4'' da Red Electrica e REN]

Figura 3 - Localização das subestações onde foi realizada a medição de tensão

ii. Condições do sistema antes do incidente (12:00 – 12:30 CEST)

Durante a meia hora que antecedeu o apagão, dois períodos principais de oscilações (oscilações de potência, tensão e frequência) foram observados na Área Síncrona da Europa Continental.

A primeira ocorreu entre 12h03 e 12h07 CEST. A análise preliminar das informações disponíveis indica que se tratou de uma oscilação local forçada (ou seja, induzida por uma fonte externa, uma central elétrica), com frequência dominante de 0,64 Hz, afetando principalmente os sistemas elétricos espanhol e

português. Como mostrado na Figura 5, a oscilação forçada também excita o modo interárea Este-Centro-Oeste (0,21 Hz) com pequena amplitude.

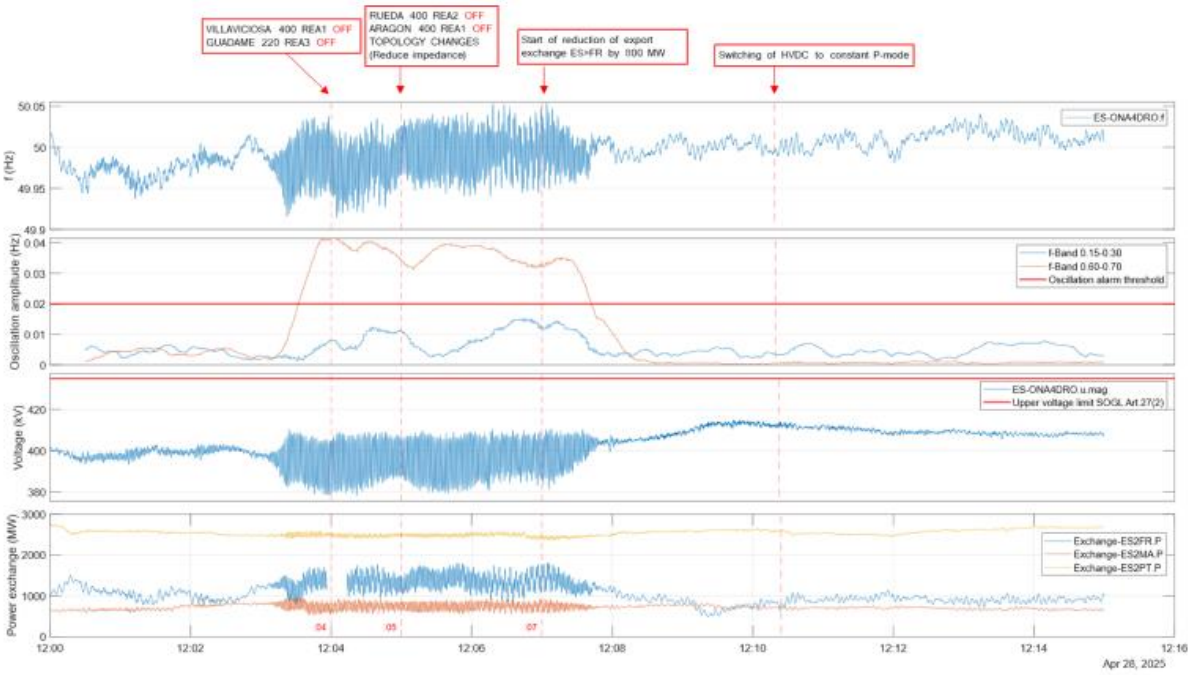


Figura 5 – Dados característicos das primeiras oscilações (fonte: Taxa de amostragem WAMS 100 ms na subestação Carmona de 400 kV) e contramedidas

A análise desta primeira oscilação sugere que se trata de um modo de oscilação local entre dois grupos de geração no sistema da Península Ibérica, um no nordeste de Espanha e outro no sudoeste de Espanha e de Portugal. Para amortecer essas oscilações, os operadores nas salas de controle dos Operadores da Rede de Transporte (ORT) relevantes tomaram diversas medidas de mitigação (definidas nos protocolos de operação estabelecidos):

- as linhas foram ligadas para diminuir a impedância do sistema e melhorar a estabilidade dos geradores;
- o modo de operação da interligação em corrente continua (HVDC) entre Espanha e França foi alterado para potência fixa, pois esta é uma medida eficaz para mitigar oscilações;
- o trânsito de energia na interligação entre Espanha e França foi reduzido, como medida adicional para diminuir o ângulo de potência do centro de inércia ibérico em relação ao restante sistema energético da Europa Continental.

Além disso, foram realizadas manobras de reactâncias para recuperar a tensão, que atingiu transitoriamente valores baixos durante a oscilação.

Vários produtores de eletricidade ligados ao sistema de transporte espanhol confirmaram que essas oscilações eram claramente visíveis nas suas centrais.

A **segunda** oscilação ocorreu entre as 12h19 e 12h22 CEST. Tratou-se de uma oscilação interárea, com frequência dominante de 0,21 Hz, correspondendo ao conhecido modo continental Este-Centro-Oeste.

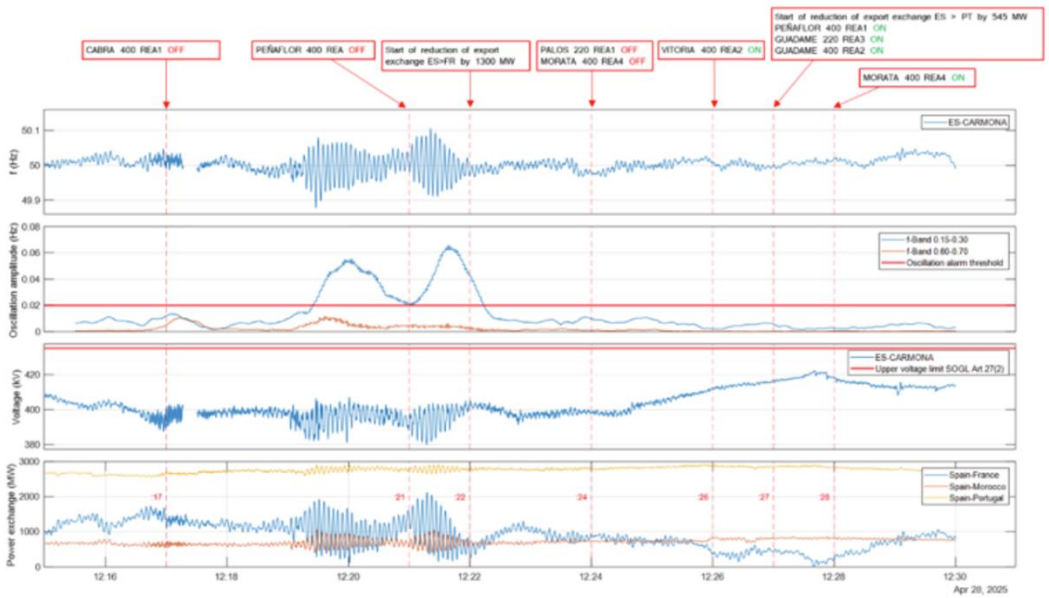


Figura 7 – Dados característicos das segundas oscilações e aumento de tensão (fonte: Taxa de amostragem WAMS de 100 ms na subestação de Carmona de 400 kV) e contramedidas

A análise da segunda oscilação demonstra claramente a natureza de uma oscilação interárea em que toda a Península Ibérica oscila de forma coerente e com amplitude semelhante contra todo o sistema continental europeu. Esta segunda oscilação foi efetivamente mitigada por meio de novas medidas de compensação, que reduziram novamente os trânsitos de energia entre Espanha e França, e também com o acoplamento de diversas linhas de transporte no sul de Espanha.

A Figura 9 permite visualizar a evolução da diferença dos ângulos de tensão em vários locais do sistema ibérico (em comparação com um local de referência na fronteira entre França e Espanha) após as 12h00 CEST. O efeito global das contramedidas aplicadas após as primeiras oscilações é visível às 12h10 CEST, quando os ângulos de tensão entre diferentes locais em Espanha foram significativamente reduzidos; o efeito inevitável do fecho das linhas foi um aumento da potência reativa injetada no sistema e, consequentemente, um aumento das tensões.

Após esta primeira ação, os ângulos de tensão do sistema às 12h15 CEST retornaram aos valores anteriores à primeira oscilação devido ao aumento das trocas entre Espanha e França, invalidando a ação de

compensação anterior. O aumento do ângulo criou novamente as condições para a segunda oscilação.

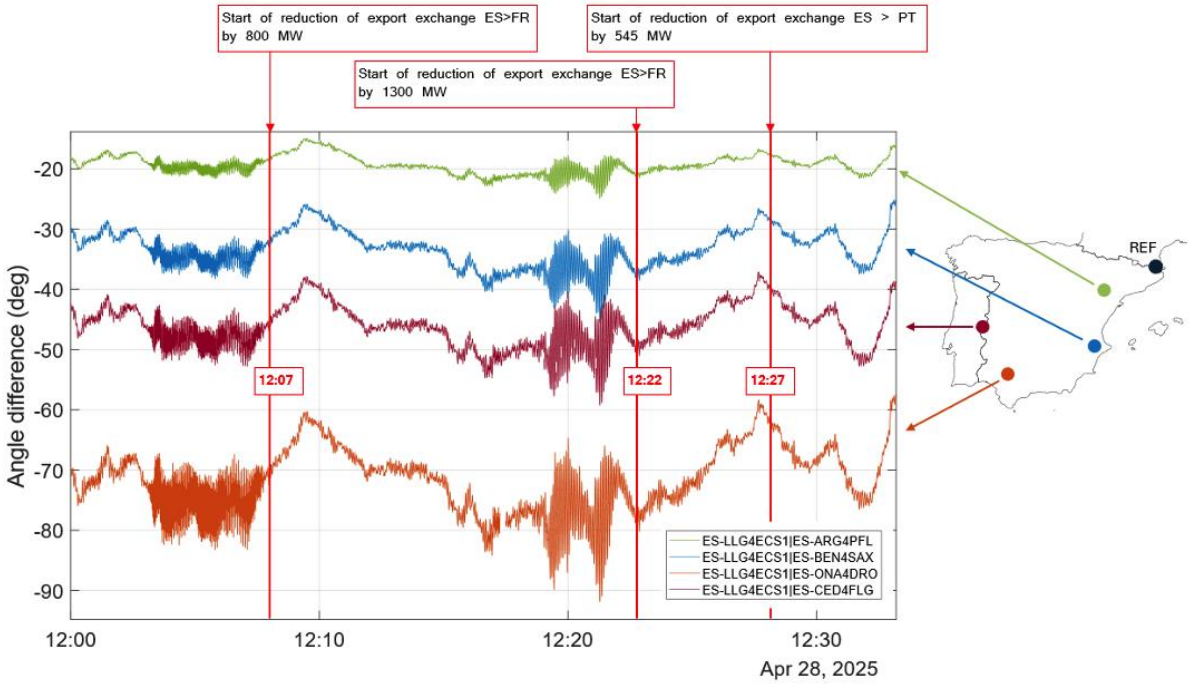


Figura 9 – Evolução da diferença do ângulo de tensão após as 12:00 CEST, e o efeito das contramedidas, em 4 locais da Península Ibérica (fonte: dados da PMU da Red Eléctrica)

Após a segunda oscilação, a tensão permaneceu na faixa de 390–420 kV, antes de aumentar novamente, mas ainda dentro da faixa de tensão operacional na rede de transmissão. Naquele momento, as trocas internacionais programadas de Espanha – todas na direção de exportação – eram de 1.000 MW para França, 2.000 MW para Portugal e 800 MW para Marrocos.

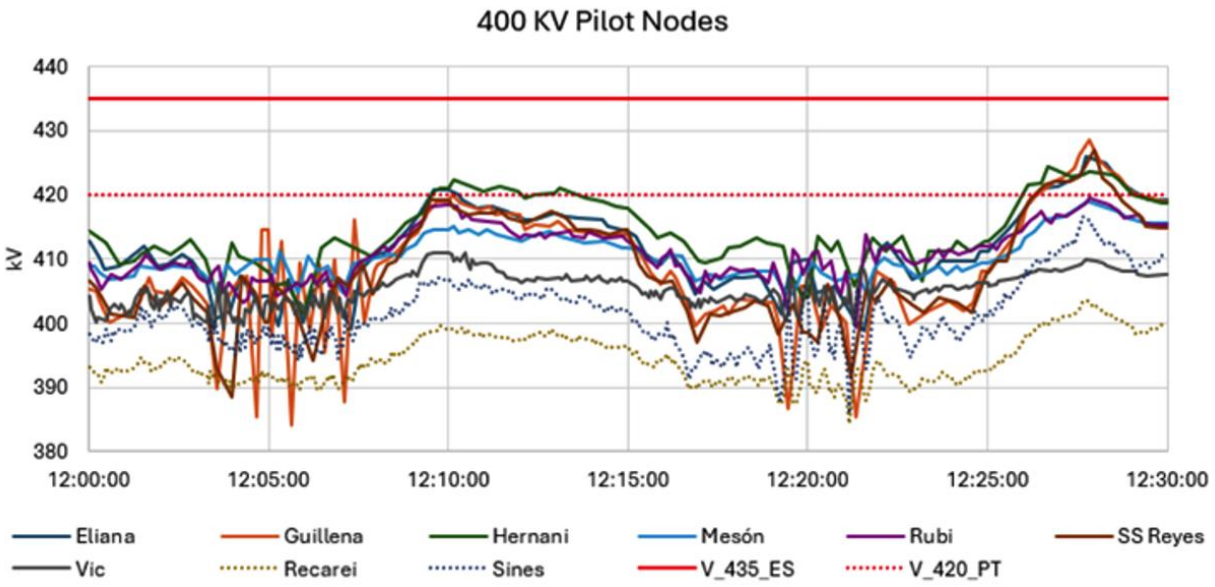


Figura 10a - Evolução da tensão das 12:00 às 12:30 CEST nas principais subestações de transmissão de 400 kV em Espanha e Portugal. [fonte: Telemedidas a cada 4'' da Red Eléctrica e REN]

iii. Sequência de eventos durante o incidente

A figura abaixo mostra a evolução da tensão e da posição de troca de potência ativa líquida de Espanha a partir das 12h32 CEST. Ela indica que, por volta do momento em que a posição de troca de potência ativa líquida de Espanha começou a diminuir, a tensão começou a aumentar. O Painel de Peritos está a analisar se, e em que medida, o aumento da tensão está relacionado com as seguintes possíveis causas, todas associadas a um incremento da potência reativa:

- a redução da absorção de potência reativa por geradores que diminuíram a sua potência ativa operando com um fator de potência fixo, e/ou
- a redução da absorção de potência reativa pelas linhas de transporte, associada à redução da sua carga, e/ou
- o aumento da injeção de potência reativa dos sistemas de distribuição. Essa potencial correlação pode ter sido aumentada pelo facto de a redução da potência ativa (e, portanto, da absorção de potência reativa) ter ocorrido principalmente na parte sul do sistema, levando a um caminho de transporte mais longo e de baixa carga da exportação para França.

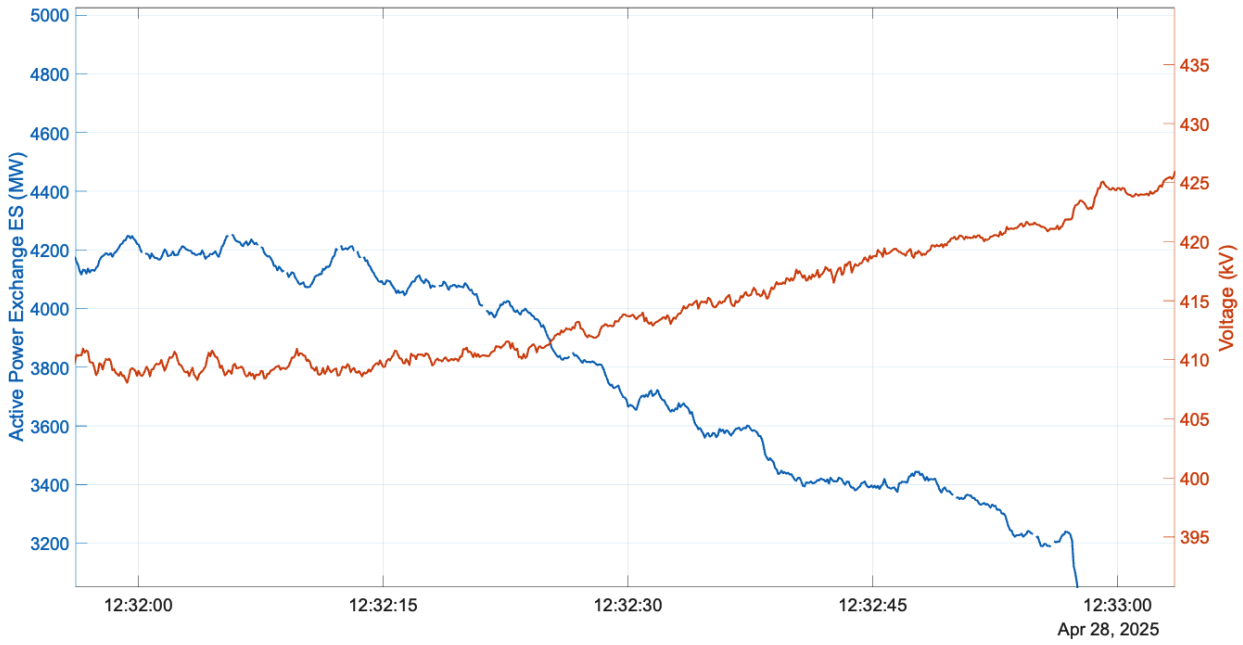


Figura 11: Evolução da tensão na subestação de Carmona e da posição de troca de potência ativa líquida da Espanha no minuto anterior ao apagão (fonte: dados PMU da Red Eléctrica)

Os dados preliminares atualmente disponíveis indicam a seguinte sequência de eventos que ocorreram após o aumento de tensão descrito entre os minutos 12:32:00 e os 12:32:57 (CEST). Antes dos eventos descritos abaixo, a tensão na rede de transporte estava abaixo do limite operacional superior.

- Às 12:32:57, 12:33:16 e 12:33:17 CEST

Foram observados disparos de produção nas regiões de Granada, Badajoz e Sevilha, totalizando uma estimativa inicial de 2.200 MW.

O primeiro evento ocorreu devido ao disparo de um transformador de geração, devido a um problema no lado de menor tensão, na região de Granada, que conectava diferentes instalações de geração (fotovoltaica, eólica e termo-solar) à rede de transmissão e que estava a injectar 355 MW. O disparo do transformador e, consequentemente, a perda das opções de alimentação também explicam as desconexões de algumas das unidades de geração conectadas a esse transformador devido a sobrefrequência, enquanto outras desligaram devido a sobretensão, conforme relatado pelos operadores das centrais.

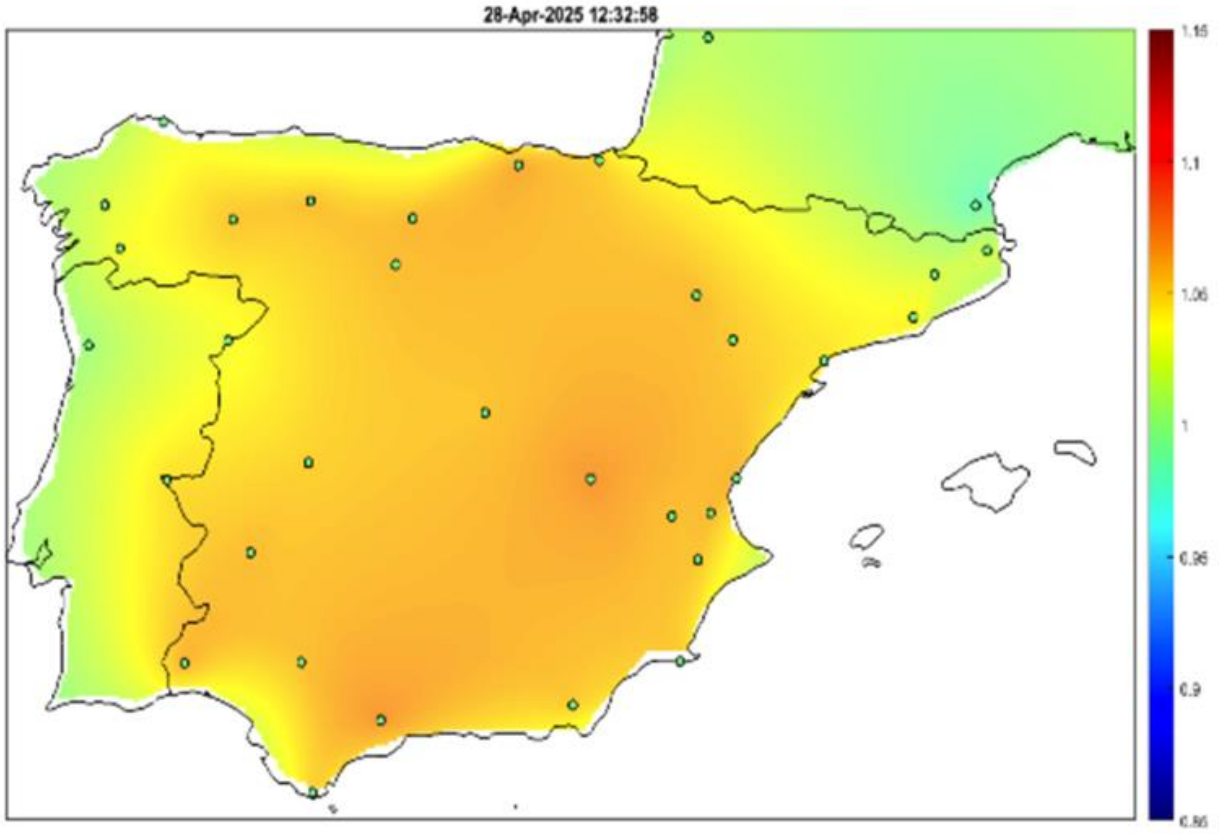
O segundo evento incluiu a desligação de instalações fotovoltaicas e termo-solares conectadas a duas subestações de transporte de 400 kV, na área de Badajoz, com uma injeção interrompida total de cerca de 720 MW.

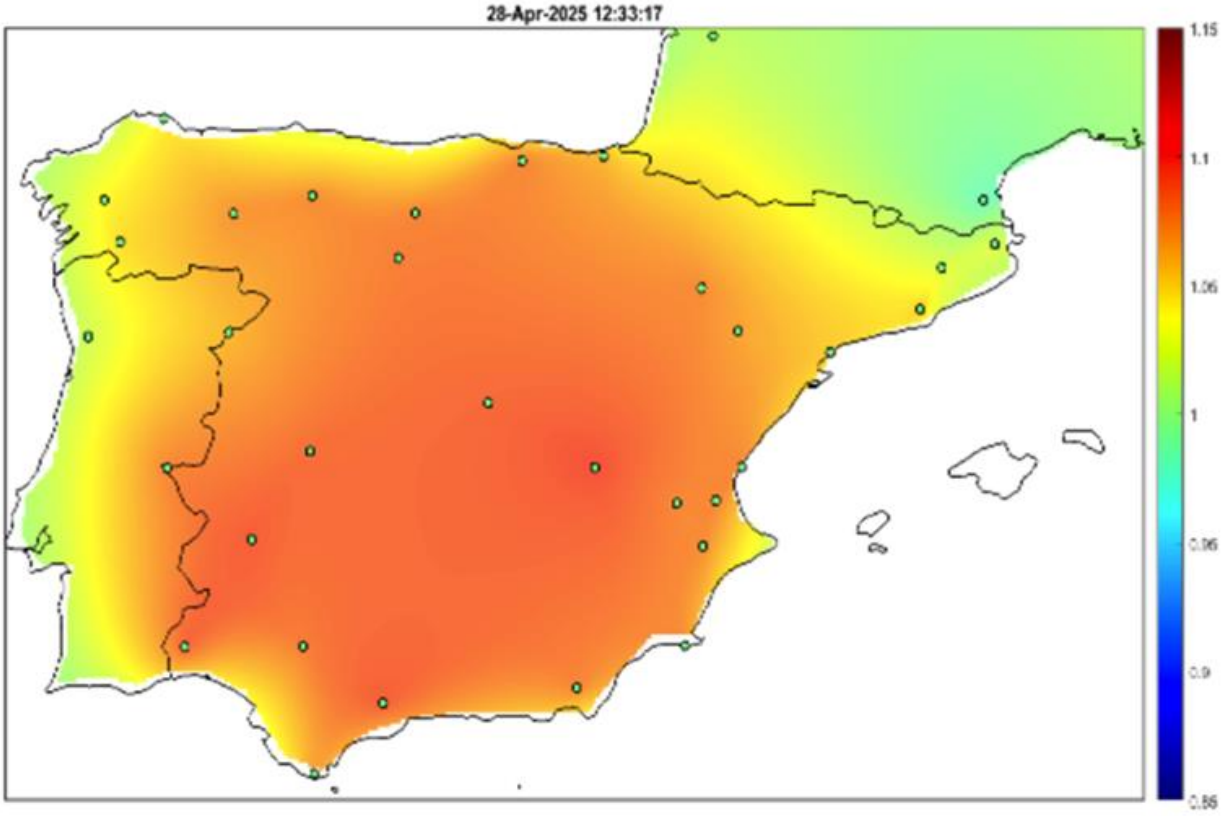
O terceiro evento incluiu a desligação de diversos geradores em diferentes áreas, em menos de um segundo: parques eólicos em Segóvia e Huelva, fotovoltaicos em Badajoz, Sevilha, Cáceres e Huelva e termo-solares em Badajoz, e outros geradores em diferentes locais, num total de mais de 1100 MW, como confirma a variação de frequência.

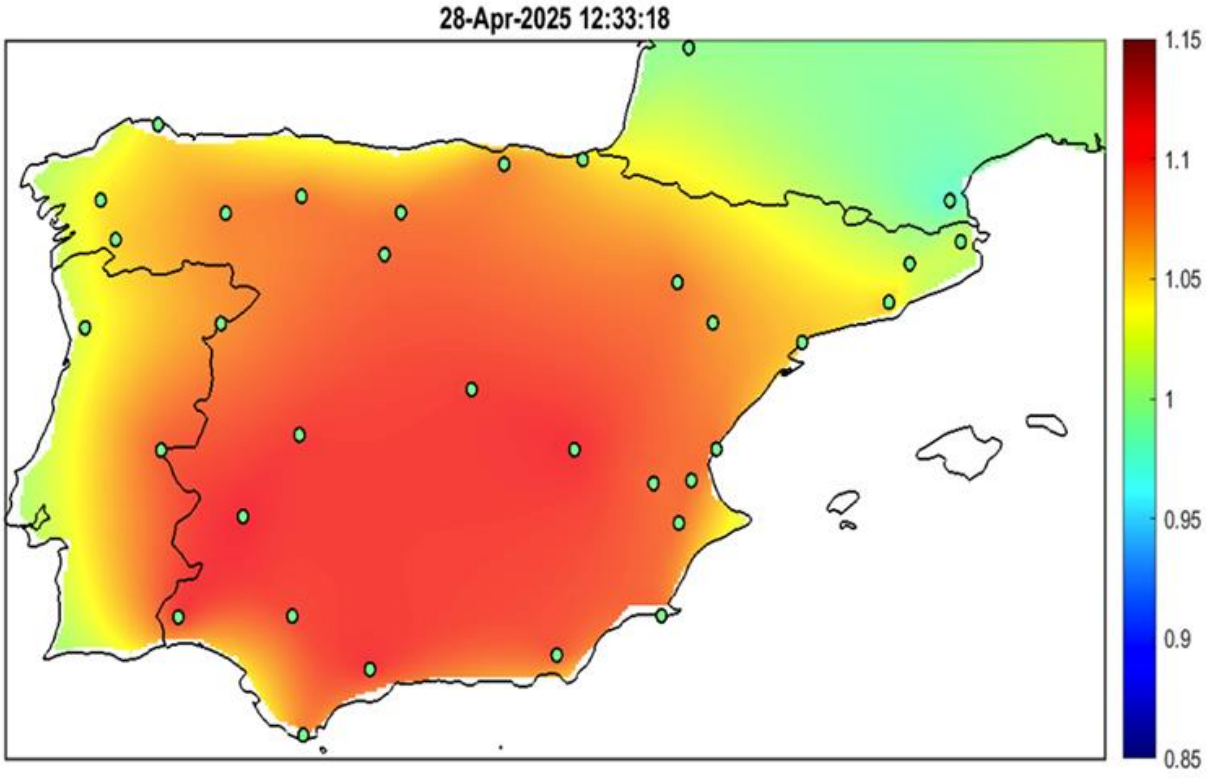
As causas desses três eventos ainda estão sob investigação.

Não foram observados desligamentos de produção em Portugal e França nesse período. Como resultado desses eventos, observou-se um aumento de tensão em Espanha, levando a um aumento semelhante também em Portugal, e a frequência diminuiu.

Nas figuras seguintes apresenta-se sobre a forma de cor e para cada segundo a seguir aos disparos de produção nas regiões de Granada, Badajoz e Sevilha, as tensões na rede de transporte de 400 kV. É possível verificar que às 12:33:18 CEST as tensões na rede de transporte em Espanha encontram-se acima do valor limite de 435 kV.







Figures 12a, 12b & 12c – Mapas térmicos da tensão na rede de transporte a 400 kV em valores por unidade (p.u.) em cada segundo depois do disparo dos três conjuntos de geradores (fonte: dados PMU da Red Eléctrica, REN e RTE)

- Entre 12:33:18 e 12:33:21 CEST

A tensão na região sul de Espanha aumentou drasticamente e, consequentemente, também em Portugal. A sobretensão desencadeou perdas de produção em cascata, o que causou a queda da frequência do sistema elétrico espanhol e português.

- Às 12:33:19 CEST

Os sistemas de energia de Espanha e de Portugal começaram a perder sincronia com o Sistema Europeu.

- Entre 12:33:19 e 12:33:22 CEST

Os Planos de Deslastre Automático e de Defesa do Sistema de Espanha e Portugal, elaborados de acordo com o Regulamento (UE) 2017/1485 da Comissão, de 2 de agosto de 2017, que estabelece regras sobre a operação do sistema de transporte de eletricidade (SO GL), foram ativados, mas não conseguiram evitar o colapso do sistema elétrico ibérico.

- Às 12:33:21 CEST

As linhas aéreas de Corrente Alternada entre França e Espanha foram desconectadas por dispositivos de proteção contra perda de sincronismo.

- Às 12:33:24 CEST

Todos os parâmetros do sistema elétrico espanhol e português entraram em colapso, e a interligação em corrente contínua entre França e Espanha parou de transportar energia. Na figura seguinte é possível verificar que às 12:33:18 CEST as tensões na rede de transporte em Espanha encontram-se acima do valor limite de 435 kV.

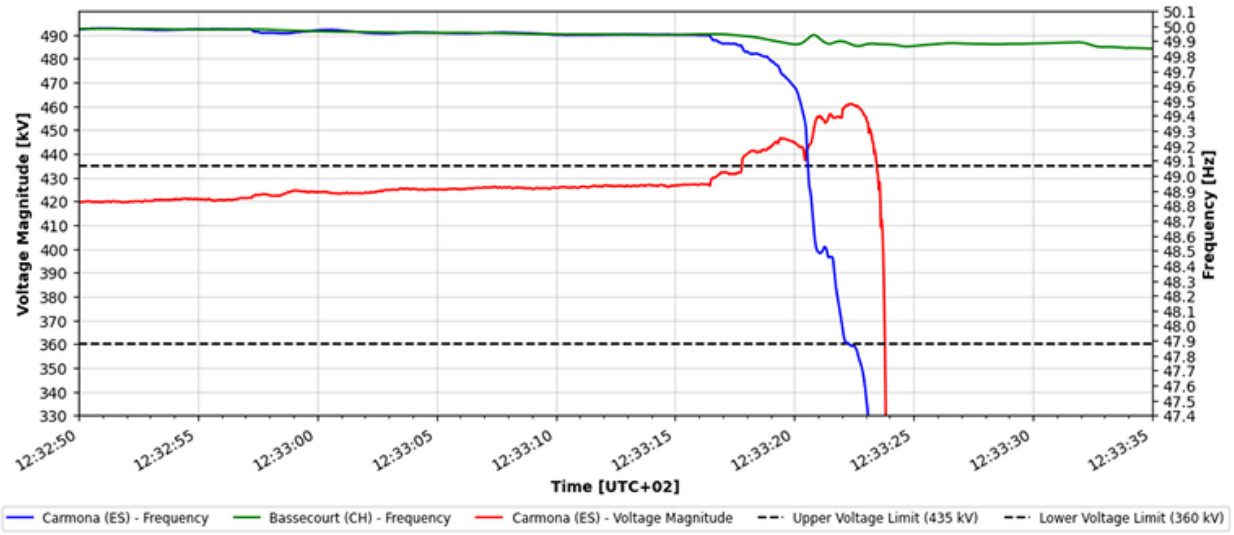


Figure 14 – Evolução da frequência e tensão na subestação de Carmona (Espanha) e da frequência no resto da Europa continental (subestação de Bassencourt, Suíça) durante o incidente (fontes : Red Eléctrica, Swissgrid)

3. REINÍCIO DO SISTEMA

Após o incidente, os ORT afetados, no caso de Portugal, a REN, ativaram imediatamente os respetivos planos de recuperação do sistema elétrico.

O reinício do sistema elétrico em algumas regiões de Portugal e de Espanha foi facilitado, entre outros, por processos de *blackstart* (arranque autónomo) em algumas centrais, bem como pelas interligações existentes com França e Marrocos.

Em Portugal, o reinício do sistema ficou a cargo de duas centrais com capacidade de arranque autónomo: Castelo de Bode (central hidroelétrica) e Tapada do Outeiro (central de ciclo combinado a gás natural).

De acordo com a ENTSO-E, o rápido restabelecimento do fornecimento em Espanha e Portugal demonstrou a preparação e a eficiência dos operadores de redes de transporte afetados, a Red Eléctrica e a REN, com o apoio e a colaboração da operadora de redes de transporte francesa RTE e da empresa de serviços públicos marroquina ONEE. Tal foi possível graças ao trabalho conjunto e à cooperação entre os operadores de redes de transporte desenvolvidos ao longo dos anos, tanto entre os centros de controlo como no seio da ENTSO-E. Além disso, a monitorização e a coordenação em tempo real do estado dos sistemas elétricos europeus foram asseguradas pela plataforma European Awareness System, uma ferramenta desenvolvida por todos os operadores de redes de transporte no seio da ENTSO-E.

As principais etapas realizadas pelos ORT para o processo de restauração foram as seguintes:

- Às 12h35 e 12h43 CEST

A REN solicitou o arranque em modo *blackstart* para a central hidroelétrica de Castelo de Bode e para a central de ciclo combinado a gás natural da Tapada do Outeiro (grupo 2).

- Às 12h44 CEST

Uma primeira linha de 400 kV entre França e Espanha foi reenergizada (parte ocidental da fronteira).

- Às 12h45 CEST

A central hidroelétrica de Castelo do Bode, a operar em modo *blackstart*, foi ligada ao barramento de 220 kV da subestação vizinha da REN.

- Às 13:04 CEST

A interligação entre Marrocos e Espanha foi reestabelecida.

Desde o início da recuperação até aproximadamente às 13h30 CEST várias centrais hidroelétricas em Espanha com capacidade de *blackstart* iniciaram os seus processos de arranque autónomo para reiniciar

o sistema.

- Às 13:35 CEST

A parte oriental da interligação França-Espanha foi reenergizada.

- Às 16:11 CEST e às 17:26 CEST

A REN tinha estabelecido duas ilhas de recuperação do sistema e estava a progredir e a restaurar rapidamente o abastecimento da procura nestas regiões, utilizando a central hidroelétrica de Castelo de Bode e a central de ciclo combinado a gás natural da Tapada do Outeiro.

- Às 18:36 CEST

A REN estabeleceu a terceira ilha de recuperação do sistema e a primeira ligação síncrona com a região continental europeia, através da reenergização da primeira linha de ligação de 220 kV entre Espanha e Portugal, permitindo acelerar a recuperação do sistema português.

- Às 21:35 CEST

A linha de ligação de 400 kV do Sul entre Espanha e Portugal foi reenergizada, estabelecendo-se a quarta ilha de recuperação do sistema.

- Às 00:22 CEST de 29 de abril de 2025

O processo de restauração da rede de transporte foi concluído em Portugal.

- Por volta das 04:00 CEST

O processo de restauração da rede de transporte foi concluído em Espanha.

As figuras seguintes indicam a evolução do consumo e do mix de geração em Espanha e Portugal antes do apagão, durante e após o processo de restauração.

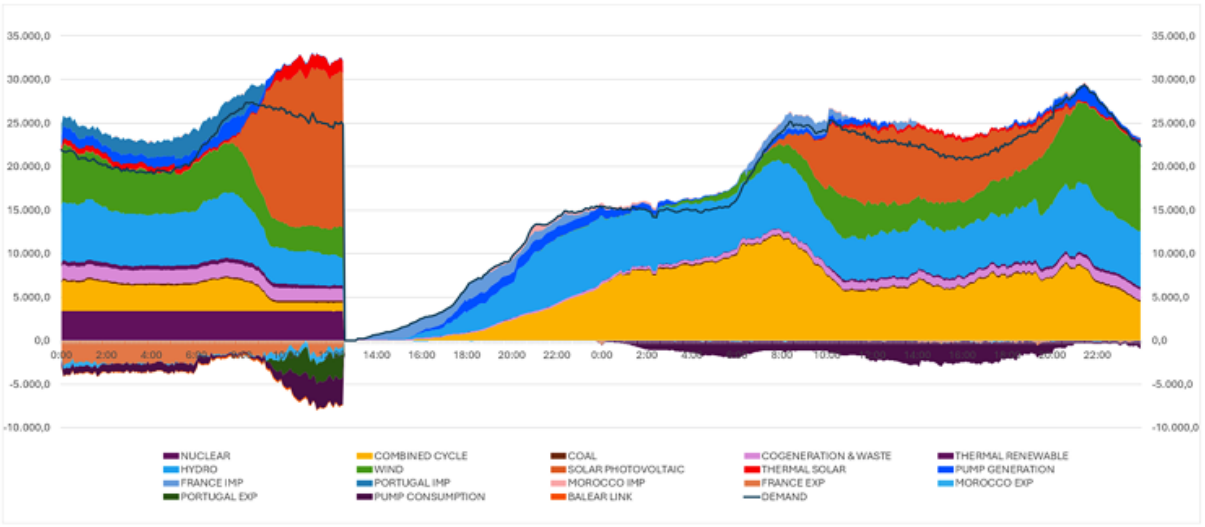


Figura 16a – Mix de geração e consumo em Espanha nos dias 28 e 29 de abril

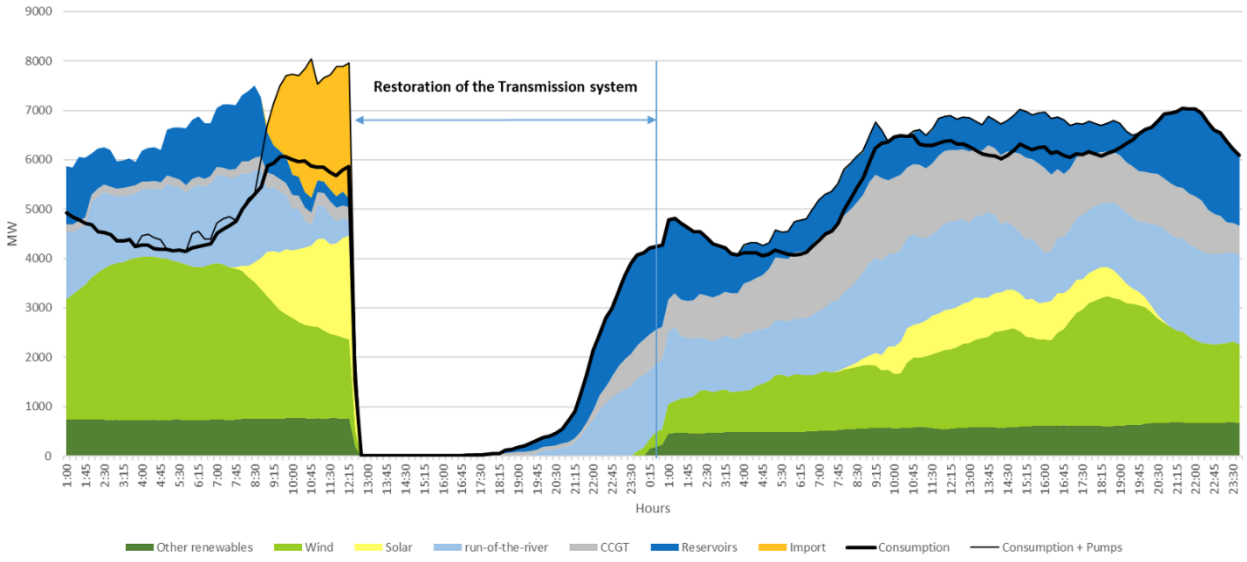


Figura 16b – Mix de geração e consumo em Portugal nos dias 28 e 29 de abril

4. INFORMAÇÃO DE ENQUADRAMENTO

4.1 QUEM COMPÕE O GRUPO DE PERITOS?

O Painel de Peritos é composto por representantes dos Operadores de Rede de Transporte (ORT), da Agência de Cooperação de Reguladores de Energia (ACER), das Entidades Reguladoras Nacionais, entre as quais a ERSE, e dos Centros de Coordenação Regionais europeus.

Este Painel é liderado por peritos de ORT que não foram diretamente afetados pelo incidente e inclui 45 peritos de ORT afetados e não afetados de vários países europeus.

Toda a informação atualizada sobre o incidente pode ser consultada na página da internet da ENTSO-E criada para o efeito. Esta página serve como fonte central de atualizações sobre a investigação do apagão. As informações publicadas baseiam-se em análises preliminares do Painel de Peritos e estão sujeitas a alterações a qualquer momento, à medida que a investigação avança.

4.2 QUAIS AS ETAPAS DA INVESTIGAÇÃO?

O grupo de peritos iniciou a sua investigação sobre as causas do apagão, em 12 de maio de 2025.

A investigação, de acordo com a ENTSO-E, é conduzida em duas fases:

i. Recolha de dados para o relatório factual:

Na primeira fase da investigação, o Painel de Peritos recolhe e analisa todos os dados disponíveis sobre o incidente, para reconstruir os eventos de 28 de abril e determinar as causas do apagão.

Para esse fim, o Painel tem recebido informações de todos os ORT afetados e pediu, igualmente informação à Red Eléctrica e às autoridades espanholas, confirmando ter recebidos todos os dados solicitados. Com base na avaliação efetuada, pediu dados adicionais a várias entidades.

No final desta primeira fase, o Painel de Peritos entregará um primeiro relatório factual, para apresentar os factos e dados sobre o incidente. Embora o prazo legal para produzir este relatório seja 28 de outubro de 2025, seis meses após o incidente, o Painel de Peritos pretende entregá-lo antes.

ii. Recomendações para o Relatório Final:

Na segunda fase, o Painel de Peritos realizará uma análise detalhada e fará recomendações para ajudar a prevenir incidentes semelhantes no futuro, que serão publicadas no relatório final. A previsão é de que o relatório final seja entregue 2 a 3 meses após o relatório factual. Este relatório será publicado e apresentado à Comissão Europeia e aos Estados-Membros através do Grupo de Coordenação da Eletricidade.

A ENTSO-E refere que a realização de uma análise rigorosa e baseada em factos de incidentes desta magnitude e complexidade técnica exige tempo. Em particular, envolve uma reconstrução detalhada da operação precisa do sistema elétrico ibérico, francês e europeu em geral nas horas que antecederam o apagão. Essa abordagem está em conformidade com a Metodologia da Escala de Classificação de Incidentes (Metodologia ICS), desenvolvida de acordo com o Regulamento (UE) 2019/943, relativo ao mercado interno

da eletricidade, e o Regulamento (UE) 2017/1485 da Comissão, que estabelece diretrizes para a operação do sistema de transporte de eletricidade (SO GL). A Metodologia ICS estabelece a estrutura para a notificação e classificação de incidentes no sistema elétrico e para a organização da investigação de incidentes extensos e importantes.

4.3 – Qual o calendário das reuniões do painel de peritos?

- 12 de maio de 2025
- 3 de junho de 2025
- 23 de junho de 2025
- 15 de julho de 2025
- 18 de agosto de 2025
- 2 de setembro de 2025
- 19 de setembro de 2025
- 14 de outubro de 2025

Lisboa, 21 de julho de 2025