

Inovação para a transição

Vladimiro Miranda
IEEE Fellow



Inovação gera transformação que gera inovação

uma questão de cultura

As transformações a que assistimos e que discutimos...

renováveis distribuídas
redes inteligentes (smart grids)
veículos elétricos
armazenamento em baterias
hidrogénio

... resultam de inovação.

Para acomodar socialmente essas transformações, é necessária compreensão dos fenómenos e capacidade de previsão - para promover decisão regulamentar e política adequadas.

Para a boa compreensão, é necessária inovação nos próprios modelos olhando a inovação.



Cultura de inovação

O estabelecimento de uma cultura de inovação com base em conhecimento convoca mais atores do que os clássicos, incluindo a comunicação social e os agentes culturais e políticos.

A visão clássica sobre o sistema de energia

O **duto**: o que é introduzido de uma extremidade é consumido na outra ponta.

Este paradigma criou o sistema de energia elétrica atual.

Explica logicamente a existência da grande geração e da necessidade de transmissão e distribuição.

Esta visão não é mais sustentável e a descarbonização não a suporta.

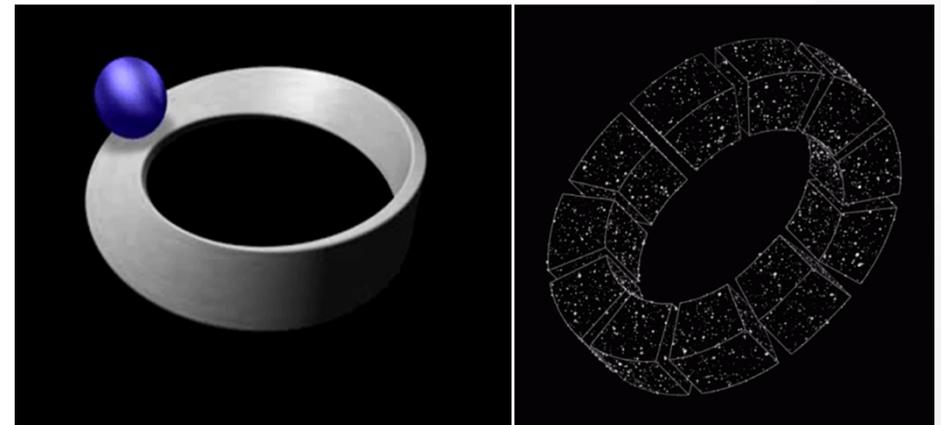
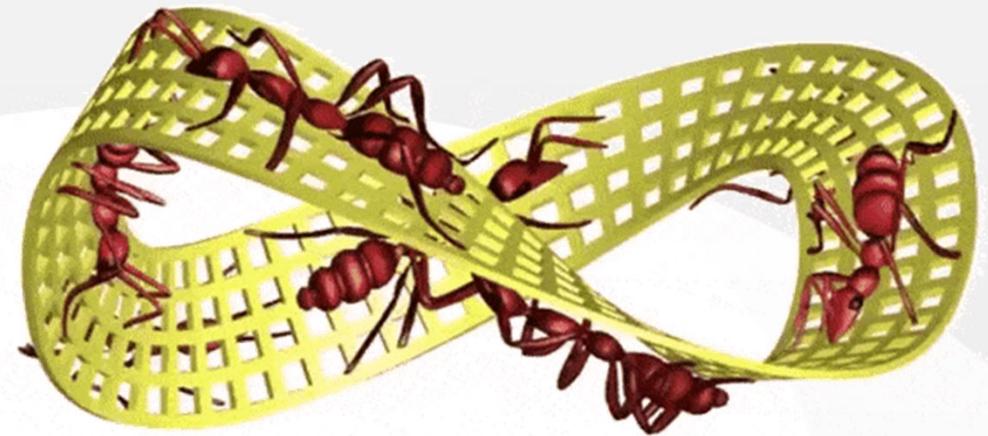


A visão redentora (?)

A fita de Moebius: o global é local e tudo recicla eternamente.

Como ideal utópico, não existe desperdício, o que se gasta volta de alguma forma para ser de novo aproveitado.

É uma certa ideia de economia circular...



Ventos de mudança

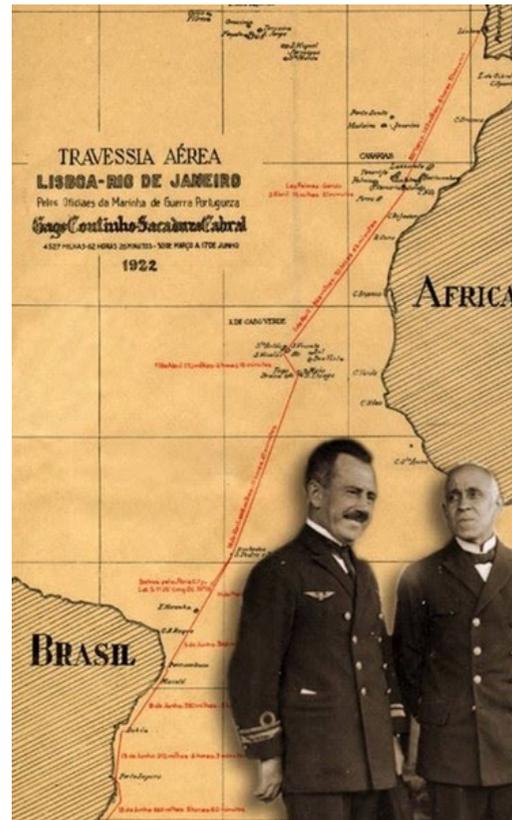
quando sopram, alguns erguem barreiras, outros constroem moinhos (Erico Veríssimo)



| Os fatores que nos obrigam a agir | Como impactaram a nossa consciência | Que efeito visível tiveram |
|--|--|--|
| A emergência climática planetária | Frequência de eventos extremos, seca, alteração de pressupostos considerados estáveis na geração hidroelétrica | Introduziu a descarbonização no vocabulário corrente e no discurso político |
| Evoluções tecnológicas na nova geração renovável | Preços de geração imbatíveis | Tornaram aceitável a inversão de paradigma, subvertendo a visão clássica em favor de conceitos distribuídos |
| Afirmção da mobilidade elétrica | Trouxe foco no armazenamento | Impulso colossal na estagnada tecnologia das baterias, que serve outros setores |
| A guerra da Ucrânia | Crise dos combustíveis: disponibilidade e preço | Nova consciência estratégica relativamente à independência de abastecimento e às fontes endógenas |
| Desespero europeu de sobrevivência | O preço deixou de ser fator determinante na decisão sobre alternativas, agora subordinadas à visão estratégica | Ressurreição ou credibilização do hidrogénio a um ritmo antes inimaginável |

A atitude do regulador

lembrando Gago Coutinho e Sacadura Cabral 1922



1ª travessia aérea do Atlântico Sul

1ª navegação aérea por instrumentos
encontrar S.Pedro e S.Paulo sem GPS
é obra!

Inovações:

Sextante de horizonte artificial
Corretor de rumos

O que Gago Coutinho e Sacadura Cabral nos ensinaram?

Três coisas muito simples:

- A. **Sonhar com ambição**
- B. **Abraçar a inovação**
- e
- B. **Vamos por etapas!**

Em Portugal, há anos que a postura dos vários atores segue estes ensinamentos. A **ERSE** adota esta atitude nas sucessivas peças regulatórias:

Objetivos ambiciosos, descarbonização

Acolher inovação proposta pelos atores do mercado, atuais e intencionais + acolher inovação proposta pelos atores do sistema científico

permitir experiências na forma de pilotos

Regular, experimentar, observar e evoluir na regulação

No Brasil, a **ANEEL** também deu passos nesse sentido.



Avião Santa Cruz, usado por Gago Coutinho e Sacadura Cabral na travessia, construído em madeira e tela (!) e conservado no Museu da Marinha, em Lisboa.

Num mundo ideal...

Toda a energia necessária estaria disponível localmente.

Os recursos seriam todos renováveis.

A pressão sobre a natureza não excederia as suas capacidades de reciclagem natural.

As paisagens não seriam beliscadas.

Os vales férteis não seriam inundados.

A atmosfera seria límpida e não ameaçaria a existência humana idílica.



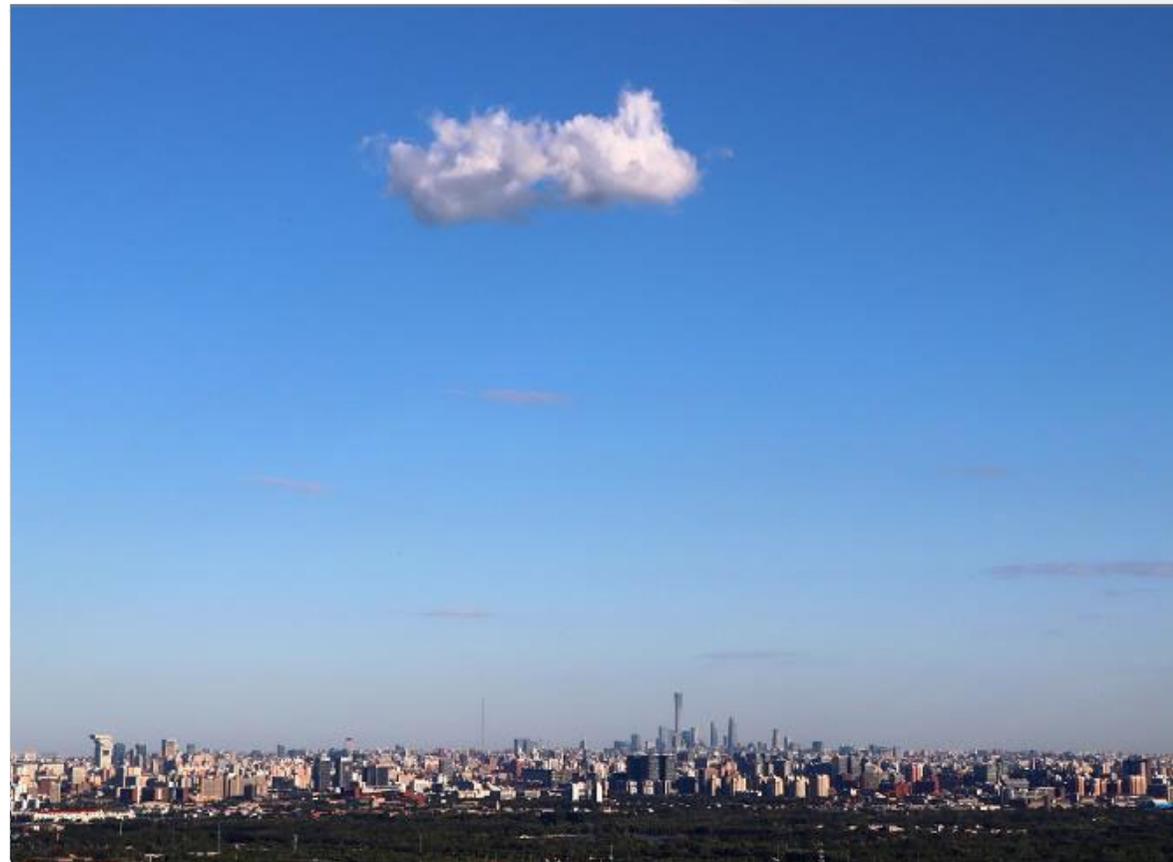
No nosso mundo pouco ideal...

A descarbonização é imperiosa e inadiável

- mas toda a utopia põe em evidência suas distopias: esse não tem sido o mundo ideal das empresas grandes geradoras de energia, viciadas nos combustíveis fósseis

A descarbonização só é possível com:

- substituição de combustíveis fósseis: por fontes renováveis, por hidrogénio
- soluções de armazenamento
- aproveitamento pleno de recursos endógenos e locais
- alto grau de eficiência energética



As novas renováveis: fator de transformação do jogo

As novas renováveis podem se organizar em parques, seja eólicos ou fotovoltaicos.

Foto: parques PV flutuantes em Portugal, em reservatório de hidroelétrica

As eólicas viabilizaram a geração distribuída ao nível da rede de distribuição em Média Tensão e provocaram a revolução funcional dos níveis de tensão do sistema elétrico – a geração passou a ser ubíqua, deixou de haver “sistema de geração”.

Os painéis PV mudaram as regras do jogo, ao **democratizar a geração** e, mais do que a eólica, assegurar a viabilidade de geração local renovável, a nível de consumidor individual e comunidade.



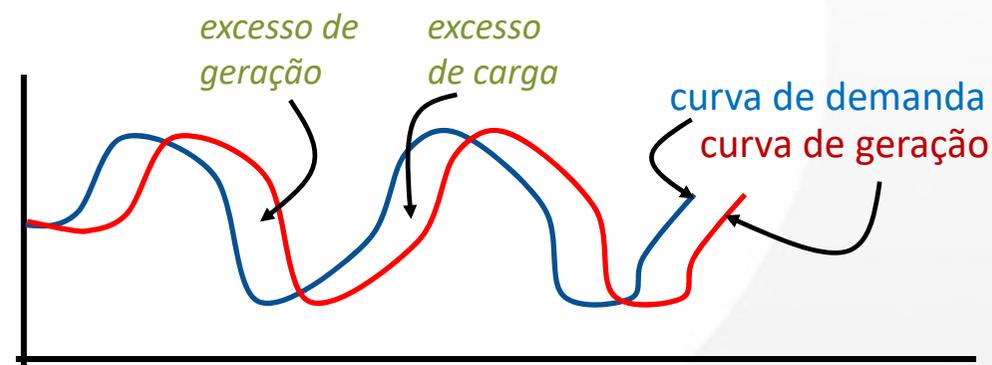
O sonho e dificuldades do autoconsumo

A ideia generosa designada de “autoconsumo” refere-se ao paradigma do consumidor produzir a energia que necessita, podendo injetar excedentes na rede.

Este paradigma confere caráter supletivo à rede: em vez de fonte de energia, passa a prestadora de serviço de balanceamento, no consumidor, entre a sua curva de produção e curva de consumo – a rede passa a ser a “grande bateria” de armazenamento de excedentes, a serem recuperados mais tarde.

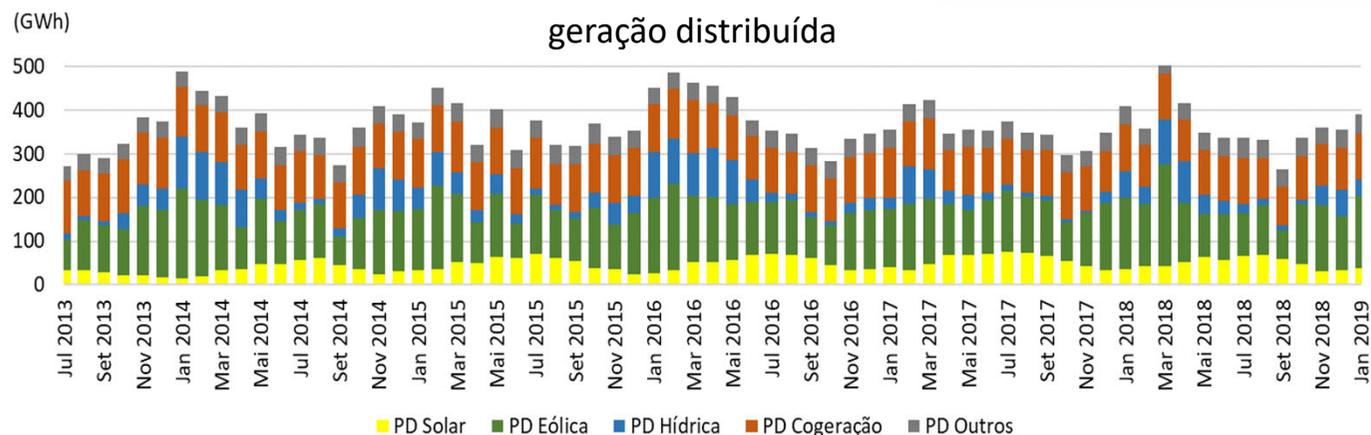
No caso ideal, o excesso de geração é exatamente equilibrado pelo excesso de demanda, pelo que o **balanço líquido é nulo**.

Isso significa que a existência de rede e o serviço que ela presta não pode mais se basear num sistema de tarifação da energia – **é preciso “precificar” serviços de confiabilidade, garantia de serviço, armazenamento.**



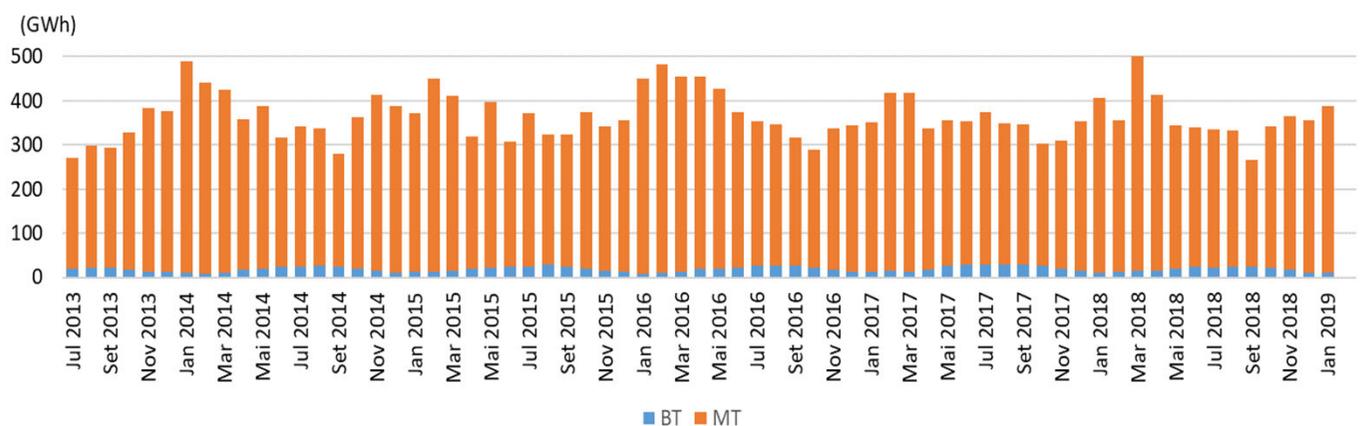
Indicadores do sistema de Portugal

a importância do autoconsumo



A energia líquida (que a rede “vê”) com origem em microgeração (os “excedentes”) manteve-se constante apesar do crescimento da capacidade instalada

Explicação:
autoconsumo crescente



Equilíbrio de grupo

Num grupo de consumidores pode ser encontrado o equilíbrio que falta a consumidores individuais.

Um grupo de consumidores tem também mais força negocial relativamente às condições de coexistência com a rede, porque pode prestar serviços de sistema, como grupo, que os consumidores individuais em regra não podem:

Apoio de potência à rede, a pedido

na forma de injeção ou na forma de corte de carga

Regulação de tensão, apoio de reativa

Controlo programado da demanda

Alguns clientes podem ser basicamente consumidores,
outros podem ter excessos de geração,
outros podem ter capacidade de armazenamento.
O conjunto pode apresentar globalmente um equilíbrio tendencial
e pode ser gerido de forma cooperativa,

Assim nasce a ideia de **Comunidades Energéticas**.



As comunidades energéticas: um elemento importante de solução

Na Europa, o European Green Deal foi uma tentativa de resposta de uma comunidade de comunidades de comunidades: a União Europeia.

Três vetores:

Integração de mercados

Mercado interno global

Economia circular da energia

Sociedade carbono-neutral

Eficiência energética

Hidrogênio

Energias locais e descentralizadas

Renováveis

Autoconsumo

Comunidades energéticas



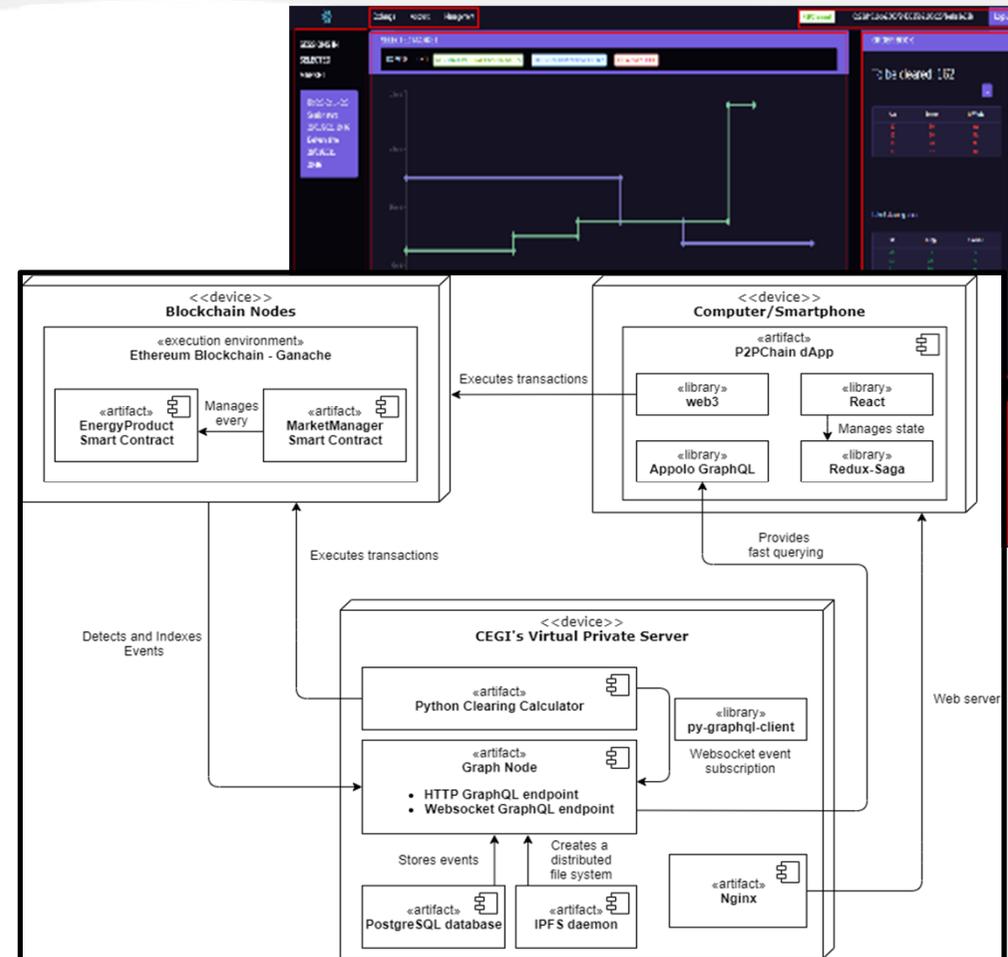
Desenvolvimentos no INESC TEC para superar dificuldades tecnológicas

P2PChain

Plataforma sobre Blockchain para mercados de energia locais.

Resultados principais:

- 1) **Plataforma de mercado**, construída sobre uma base de blockchain Ethereum, para mercados P2P com fechos de mercado bilateral and pool-type.
- 2) **Novo conceito de mercado local de energia P2P post-delivery**, compatível com procedimentos regulamentares atuais; fornece sinais de preço eficientes do mercado atacadista para os participantes em mercado local; especialmente adequado a conjuntos habitacionais, que dificilmente podem controlar ou prever as suas agendas energéticas.
- 3) **Methodologia para identificar e solucionar limitações técnicas impostas pelas redes**, baseada na partilha da transação P2P, ocorrida na plataforma P2PChain, com um procedimento de fluxo de potência ótimo que identifica cortes na geração renovável ou redespachos sobre a flexibilidade existente.
- 4) Uma avaliação dos pontos **a favor e contra da tecnologia blockchain** para este tipo de plataformas e mercados.



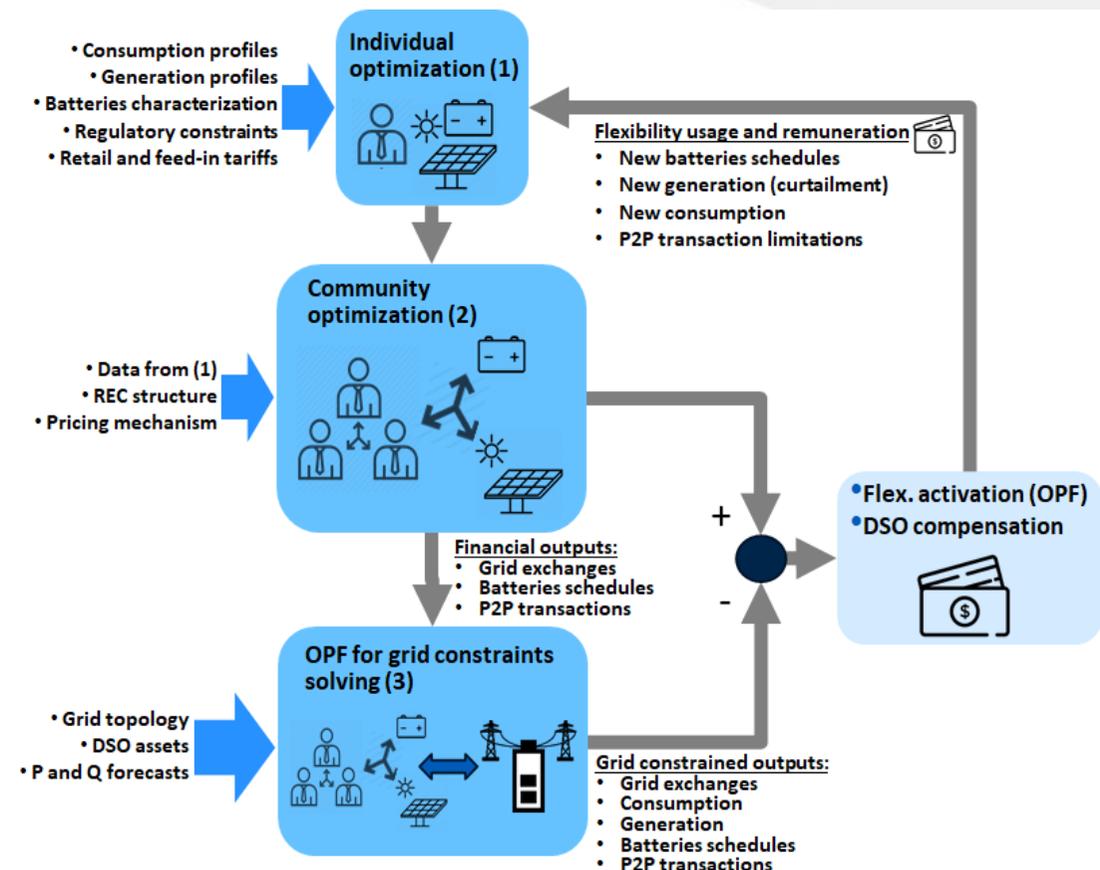
Desenvolvimentos no INESC TEC para superar dificuldades tecnológicas

H2020 POCITYF

Ferramenta de validação de transações P2P

considerando restrições da rede e flexibilidades existentes.

- **Sistema de gestão em três estádios** para partilha local de energia, com serviços de flexibilidade para resolver problemas de restrição da rede local de distribuição (for local energy sharing with grid flexibility services to solve the potential grid constraints of the local distribution network (os estádios 1 e 2 podem ser usados para operar ou simular a operação e Mercado da comunidade energética):
 - a) **Estádio 1** - para a **minimização da fatura energética individual** de cada consumidor/produtor
 - b) **Estádio 2** - usa a flexibilidade restante para **minimizar a fatura energética da comunidade energética**, garantindo ou reduzindo as faturas individuais do Estádio 1.
 - c) **Estádio 3** - baseado num fluxo de potência ótimo multitemporal, executado pelo **DSO** para ativar flexibilidade que solucione **restrições de rede** pelo redespacho de baterias e corte na geração local ou consumos, se necessário.



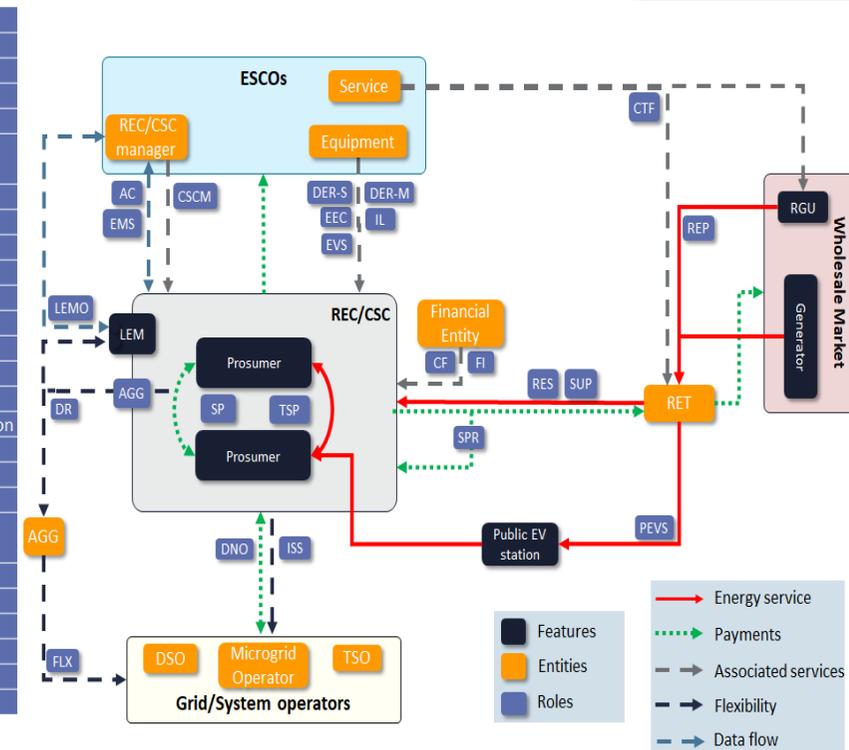
Desenvolvimentos no INESC TEC para superar dificuldades tecnológicas

Negocer (com Elergone)

Novos modelos de negócio para a Elergone sob o novo Quadro Regulatório do autoconsumo.

- Análise da regulamentação sobre autoconsumo:** a) **Portugal** (DL 162, ERSE 266/2020, ERSE 5/2020, ERSE 15/2020, DL 76/2019 and DL 215-A/2012), **Espanha** (real decreto 244/2019, circular 3/2020 e real decreto 23/2020), **France** (Code de l'Énergie) e **UK**.
- Análise e caracterização** das principais **comunidades de autoconsumo e de energias renováveis da Europa**.
- Análise** de vários **modelos de organização e operação** para um piloto de uma **comunidade energética (centro comercial em Évora)** gerida pela Elergone, de acordo com o quadro regulamentar existente, com o piloto a ser submetido ao regulador português.

| | |
|-------|--|
| DR | Demand Response |
| FLX | Flexibility |
| FI | Financing |
| SUP | Energy Supply |
| AGG | Aggregation |
| CSCM | Collective self-consumption management |
| SP | Self-production |
| TSP | Third-party self-production |
| IL | Installation licensing |
| DER-M | DER maintenance |
| DER-S | DER selling |
| EVS | EV charging station |
| PEVS | Public EV charging supply |
| EMS | Energy Monitoring System |
| SPR | Social profit re-investment |
| REP | Renewable Energy Production |
| RES | Renewable Energy Supply |
| EEC | Energy efficiency consulting |
| CTF | Energy Certification |
| DNO | Distribution Network Operation |
| CF | Crowd-funding |
| AC | SC allocation management |
| ISS | Islanding Service |
| LEM | Local Energy Market |
| LEM-O | LEM Operation |
| RGU | Renewable Generation Unit |

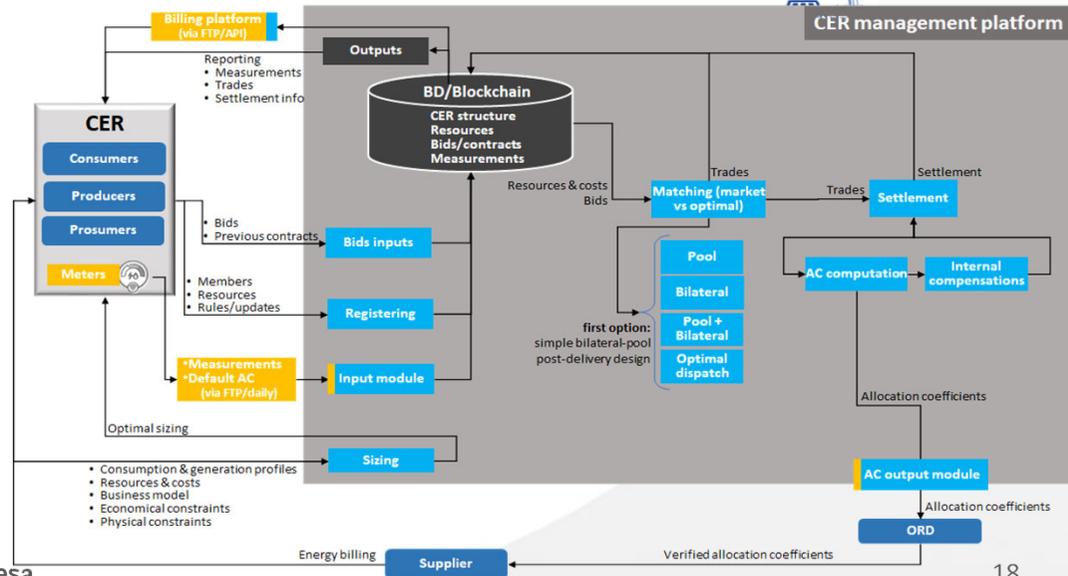
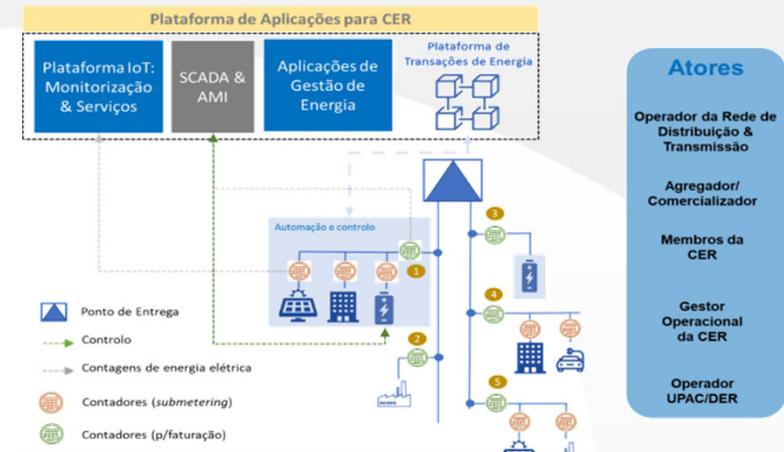


Desenvolvimentos no INESC TEC para superar dificuldades tecnológicas

Digital CER (com CapWatt)

Plataforma digital de serviços avançados para dimensionar e operar **comunidades de energias renováveis** de clientes empresariais ou industriais.

- 1) Análise dos mais recentes modelos de negócio e quadros regulatórios sobre **autoconsumo**.
- 2) **Concepção e desenvolvimento** de ferramentas dedicadas a **mercados de eletricidade locais**, com **operação centralizada** para a comunidade de energias renováveis.
- 3) **Modelos de negócio**, governança and **dimensionamento** da comunidade de energias renováveis.
- 4) Preparação da integração no piloto do Campus SONAE para testes e validação.



Desenvolvimentos no INESC TEC para superar dificuldades tecnológicas

Microrredes, comunidades de energias renováveis e mobilidade elétrica (com Mota-Engil Renewing)

Soluções integradas para comunidades de energias renováveis

- 1) **projeto conceptual** e **desenvolvimento** de soluções integradas (geração renovável, armazenamento, etc) para comunidades, estruturas de autoconsumo e carregamento inteligente de veículos elétricos.
- 2) Suporte ao desenho de **modelos de negócio**
- 3) Suporte ao desenvolvimento de **algoritmos** e **plataformas digitais** para gestão inteligente de comunidades (com geração renovável, armazenamento e consume incluindo carregamento de veículos elétricos), e definição de **interfaces interoperáveis** entre o sistema e components do serviço.

Fase I

Análise técnico-económica e regulatória

PLANEAMENTO

Casos de uso, modelo de governação, cibersegurança, avaliação de modelos de negócio

Fase II

Desenvolvimento de soluções para gestão inteligente de recursos energéticos distribuídos

DESENVOLVIMENTO

Plataformas de gestão integrada de energia elétrica (incluindo mobilidade) e ativos

Fase III

Testes em laboratório e no terreno

ENSAIOS & VALIDAÇÃO

Laboratório de redes elétricas inteligentes e veículos elétricos (infraestrutura e serviços)

E o hidrogénio?

Novos problemas nas soluções para velhos problemas

Três eixos de atenção:

1. A produção de hidrogénio (eletrólise) como carga do sistema
2. O hidrogénio como combustível passível de distribuição e sujeito a mercado
3. O hidrogénio na geração de eletricidade em sistemas com renováveis

Todos estes temas carecem de pensamento de regulação.



Os eletrolisadores como fornecedores de serviços auxiliares (ancilares)

Mitigação de excursões de frequência na Ibéria

Problema apercebido em países com elevada penetração de renováveis:
falta de inércia, agravada pela profusão de recursos conectados por inversores (RCI).



Classicamente, $INÉRCIA \leftarrow$ massas girantes de geradores acoplados – mais RCI, menos massas girantes úteis

Tentativas de solução: inércias sintéticas, pseudo-inércias

- Baseiam-se no controlo rápido da injeção de potência, contrariando o sentido de variação da frequência
- Novas perspetivas: conversores/inversores formadores de rede (grid-forming)

Lógica do uso de eletrolisadores: uso maximizado para maiores disponibilidades de penetração de renováveis!
ou seja, quando há menos inércia (proporcionalmente à potência gerada)

Questões fundamentais:

TÉCNICA: eletrolisadores como RCI prestando um serviço relevante de controlo de frequência primário

REGULATÓRIA: regular e remunerar serviços de apoio ao controlo de frequência primário a partir de RCI

Os eletrolisadores como fornecedores de serviços auxiliares (ancilares)

Mitigação de excursões de frequência na Ibéria

Estudo de caso: cenário assumido para 2040 Portugal+Espanha

Objetivo: observar reação do controlo de frequência primário

Testes de estresse, com 8 GW de eletrolisadores:

Contingência ENTSO-e – maior perda de geração credível

na Ibéria, 1 GW; na Europa Continental, 3 GW

Contingência de perda de RCI

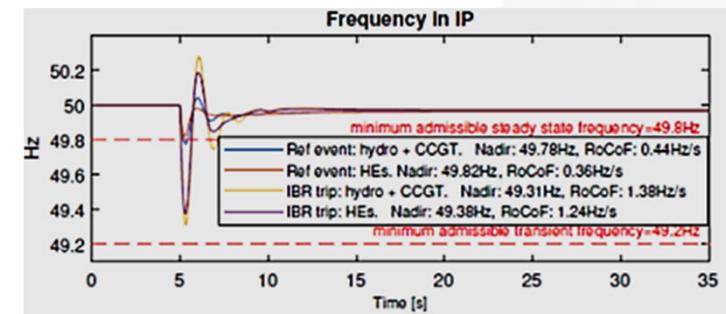
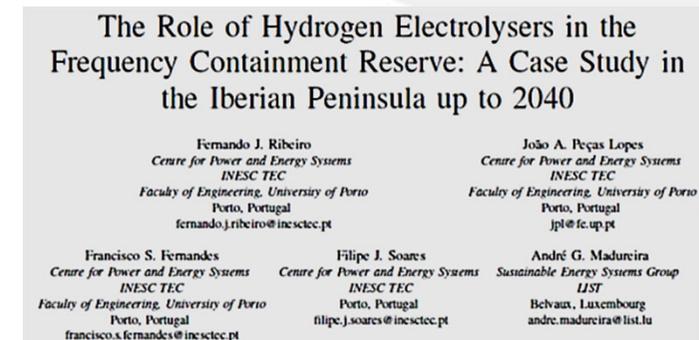
após curto circuito, perda de 760 MW de PV descentralizado + 1120 MW de PV de grande escala + 1120 MW de eólica

Na comparação entre controlo assegurado classicamente (hidro + gás rotativos) e assegurado com base em eletrolisadores como RCI, ficou demonstrado que:

os eletrolisadores poderão fornecer um serviço de controlo de frequência com melhor comportamento que os processos de inércia clássicos.

O processo é equivalente a uma redução de carga muito rápida.

Há detalhes tecnológicos ainda a robustecer.



Segurança de abastecimento pelo armazenamento de H2

Cenário de Portugal para 2030

Pressupostos:

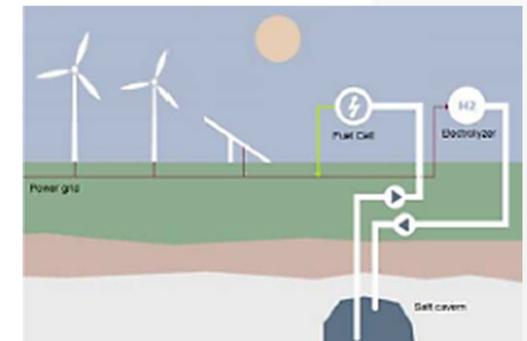
tecnologias disponíveis para geração a partir do H2 – por PEM e por via térmica (substituindo gás natural)
oportunidade de armazenamento seguro e em larga escala de H2
em Portugal, minas de sal

Método:

Simulação (cronológica, sequencial) de Monte Carlo para avaliação da adequação da reserva estática
unidades convencionais
hidroelétricas de albufeira (reservatório)
hidroelétricas a fio de água
eólica, PV, biomassa, cogeração
carga (anual, passo horário) e bombagem (bombeamento)
interligações com Espanha
despacho de geração + importação

Objetivo

garantir LOLE < 5 h/ano



Segurança de abastecimento pelo armazenamento de H2

Cenário de Portugal para 2030

Dois cenários, com 4 casos (com e sem centrais de H2) estudados.

Algumas conclusões:

Geração com H2 importante para garantir potência firme (substituindo o papel do gás)

As necessidades de H2 são acentuadamente sazonais – outono e inverno

Os excessos de produção renovável são suficientes para produzir o H2 necessário

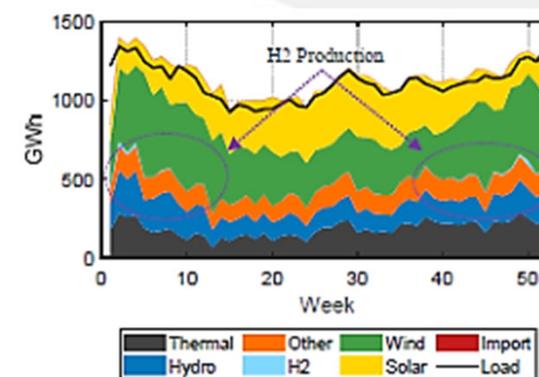
É possível o dimensionamento de reservatórios para acomodar armazenamento necessário

Mesmo em anos de baixo vento, com apenas 1,2 TWh de produção renovável, uma estratégia de armazenamento contínuo é viável desde que a eficiência dos eletrolisadores seja acima de 33,3%.

Condições de viabilização:

TÉCNICAS: turbinas a H2 diretas ou em ciclo combinado (já em desenvolvimento)

REGULATÓRIAS: regular e remunerar serviços de garantia de potência firme e serviços de armazenamento e disponibilização de H2 para potência firme
regular a pequena produção de H2, associada a parques híbridos



Em jeito de final

para uma metamorfose feliz

A descarbonização e o processo de transição exigem inovação
e coragem decisória

A inovação necessária é tecnológica e regulatória
mas não se deve esperar por tecnologia provada e no mercado para equacionar inovação regulatória

A boa regulação não deve ser apenas reativa – deve incentivar a inovação
assegurando flexibilidade e fugindo de modelos rígidos (sem prejuízo do rigor jurídico)
abrindo espaços de experimentação

A aliança dos reguladores com os agentes da ciência, tecnologia e inovação (institutos, universidades...) é
necessária
virtuosa



Faz sentido pensar em desafios da Comunidade RELOP às comunidades de ciência e inovação, e não apenas desafios em cada país individualmente?

Vladimiro Miranda

