

Estudo sobre a Economia Azul no âmbito das Energias Renováveis Oceânicas

Em colaboração com WavEC Offshore Renewables

Conteúdo

Introdução

Estado da arte

Oportunidades e desafios

Financiamento

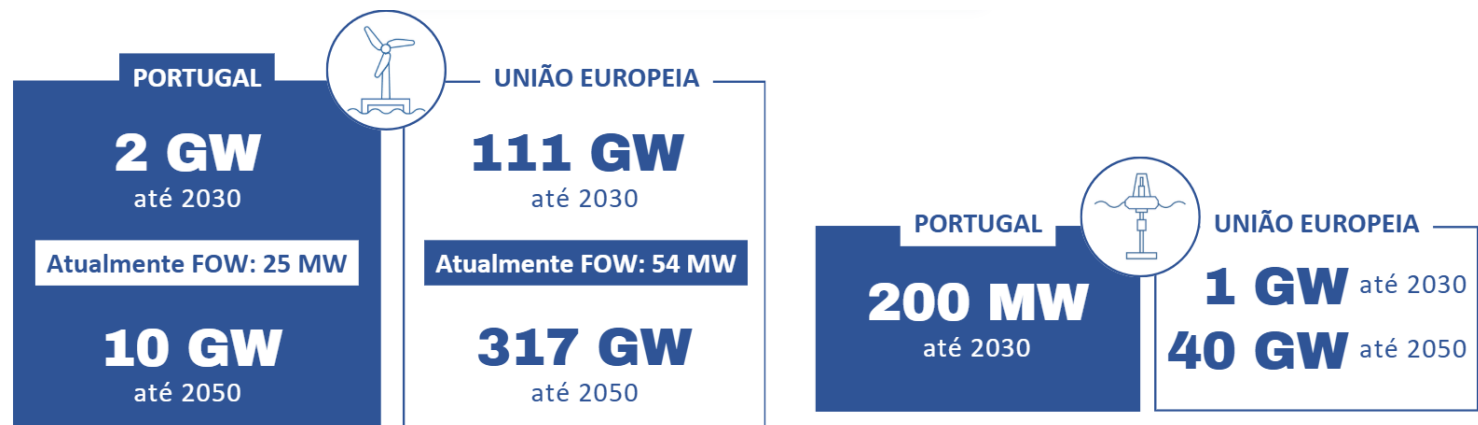
Economia circular

Conclusões

Introdução | Contexto

O PNEC 2030, em alinhamento com as orientações europeias, reconhece as energias renováveis oceânicas, com destaque para a eólica *offshore* flutuante, como estratégicas para a transição energética.

Apesar do LCOE da energia eólica flutuante ainda ser elevado, as projeções internacionais demonstram uma tendência de redução acentuada dos custos à medida que aumenta a maturidade tecnológica e a capacidade instalada global.



Introdução

Objetivos



Avaliar o potencial económico, industrial e energético das energias renováveis oceânicas - com foco na eólica offshore flutuante; analisar as condições de implementação; apoiar a definição de estratégias e recomendações para decisão pública e investimento.

Metodologia



- Análise documental e regulatória;
- Avaliação técnica e económica da cadeia de valor;
- Utilização de dados oficiais, projetos de referência e contributos de partes interessadas.

Estado da Arte

Tendências internacionais do setor de **energia eólica offshore**

Tendências globais

- Expansão acelerada da energia eólica *offshore*;
- Crescente relevância de soluções flutuantes para águas profundas.

Evolução do setor

- Aumento da capacidade instalada;
- Aumento da escala dos projetos;
- Transição progressiva da fase de teste de protótipo para a fase pré-comercial.

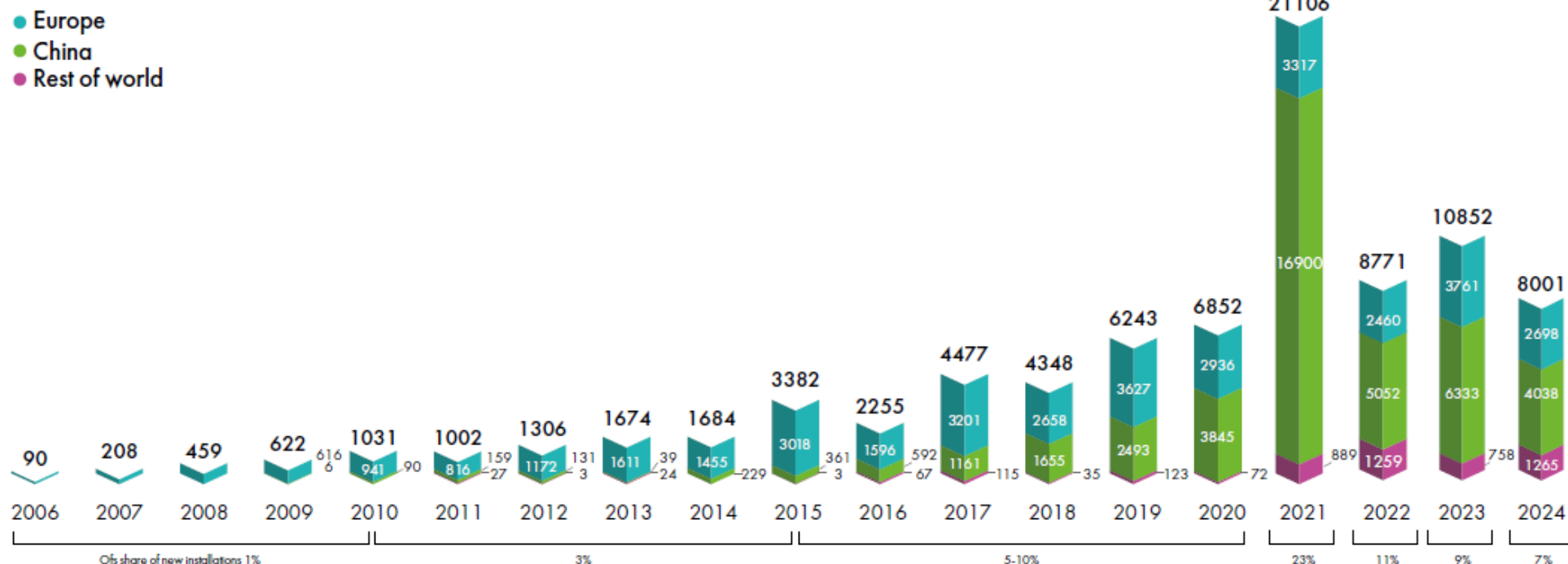
Desafios atuais

- LCOE elevado;
- Constrangimentos da cadeia de fornecimento;
- Desfasamento entre metas e execução.

Estado da Arte

Tendências internacionais do setor de **energia eólica offshore**

New offshore wind installations (MW)

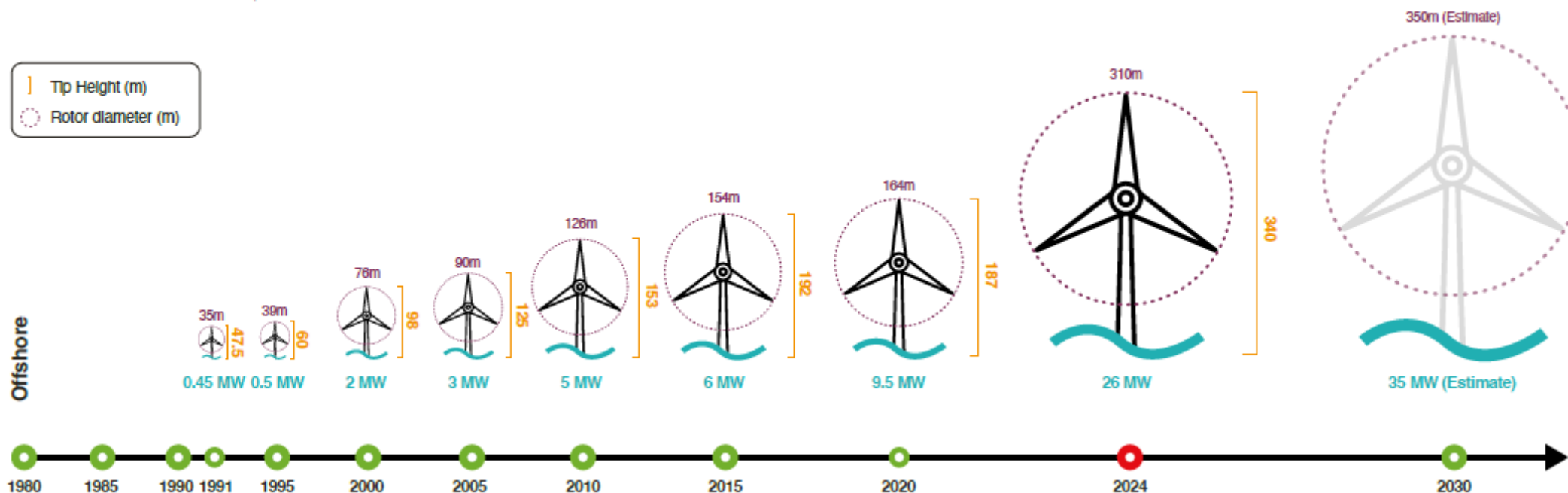


*Compound Annual Growth Rate.

Estado da Arte

Tendências internacionais do setor de **energia eólica offshore**

Trend of Offshore turbine size, 1980-2030



Source: GWEC Market Intelligence

Estado da Arte

Evolução do setor eólico flutuante

Tendências globais

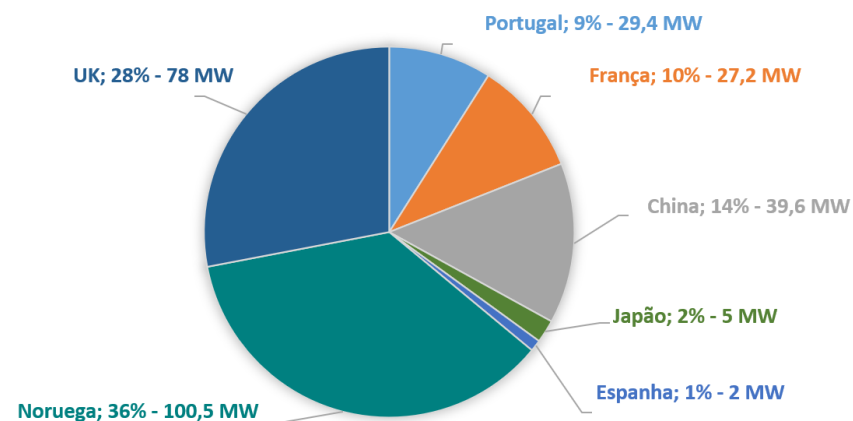
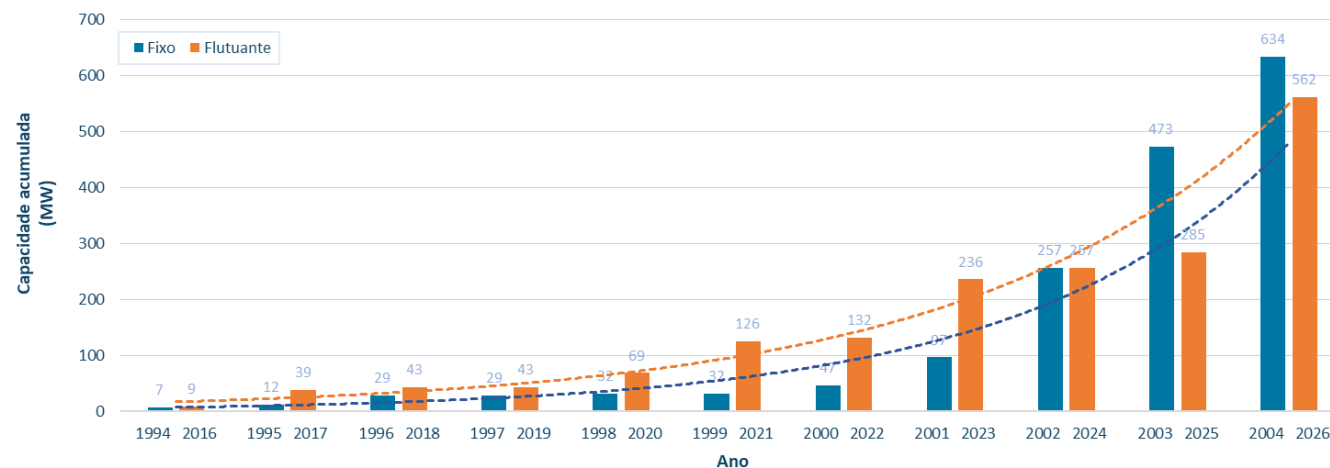
- Crescente relevância de soluções flutuantes para águas profundas.

Evolução do setor

- Aumento da capacidade instalada.
- Transição progressiva da fase de teste de protótipos para a fase pré-comercial e comercial.

Desafios atuais

- LCOE elevado.
- Constrangimentos da cadeia de fornecimento.
- Desfasamento entre metas e execução.



Estado da Arte

Situação em Portugal

Posicionamento

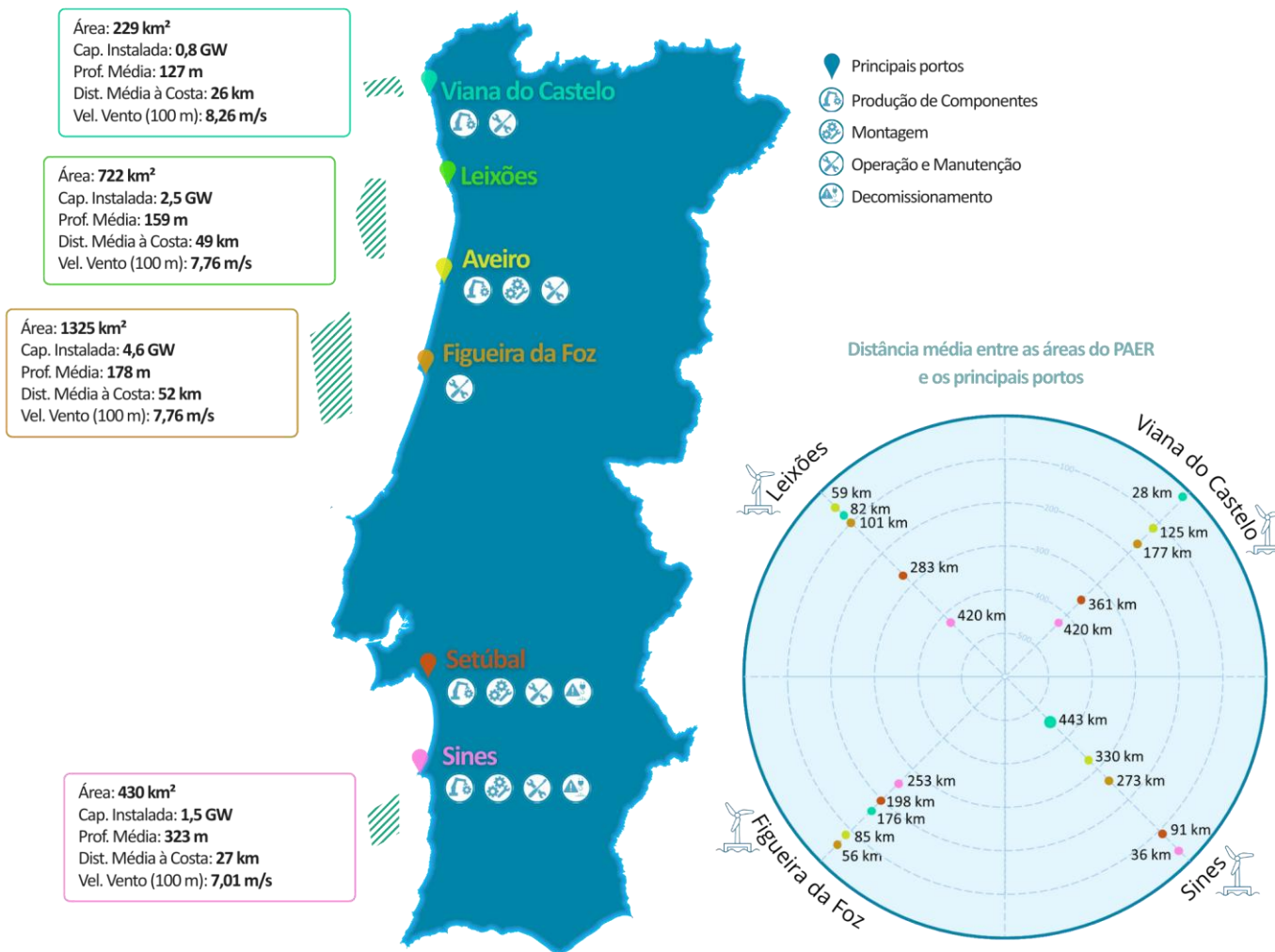
- Condições naturais favoráveis.
- Experiência pioneira em projetos de eólica offshore flutuante.

Planeamento e infraestruturas

- Áreas marítimas definidas.
- Portos com potencial diferenciado.
- Rede elétrica em adaptação.

Desafio central

- Articulação entre planeamento e investimento em infraestruturas.
- Assegurar capacidade industrial.
- Estabilidade regulatória.



Oportunidades e desafios

Capacidade nacional na cadeia de valor

Cadeia de valor nacional

A capacidade nacional apresenta níveis diferenciados de maturidade ao longo da cadeia de valor da eólica *offshore* flutuante.

Setores mais preparados

Engenharia e projeto
Estruturas e flutuadores
Serviços marítimos
Operação e manutenção
I&D e ensaios

Gaps críticos

Produção em série
Integração de turbinas em larga escala
Equipamentos elétricos *offshore*
Logística pesada
Capacidade portuária dedicada

Oportunidades e desafios

Capacidade nacional na cadeia de valor

Fornecimento	Custo* (M€/GW)	Fornecedores Nacionais (exemplos)	Maturidade da Indústria Nacional
1. Planeamento, desenvolvimento e gestão de projeto	183	Consulgal, Consulmar, EXE-Quadrante, GeoSea, INESC TEC, Oceaning, WaveC	●
2. Fabrico e fornecimento - Turbina eólica	1594	Não há fabricantes nacionais para nacele e rotor de eólicas <i>offshore</i> . CS Wind para torres	●
3. Fabrico e fornecimento - Resto de componentes (BoP)	2857	BySteel; EFACEC; Etermar Energia; Fucoli-Somepal; Martifer; MOTA-ENGIL	●
4. Logística, instalação e comissionamento**	1629	Bureau Veritas; EFACEC; EMTE; Etermar; Grupo ETE; Laso Transportes	●
5. Operação e manutenção (25 anos)	2894	EFACEC; Endiprev; Etermar; Grupo ETE; ISQ; WaveC	●
6. Descomissionamento, desmantelamento e fim de vida	531	Ambigroup; Cimpor, ISQ, MultiSub	●

* BVG Associates, 2025
** Identificado Gap crítico na componente 4.7 Instalação de subestação elétrica offshore

Oportunidades e desafios

Capacidade nacional na cadeia de valor



Domínios prioritários de I&D

- Novos materiais, durabilidade e circularidade
- Plataformas flutuantes
- Digitalização e O&M (gémeos digitais, IA, robótica)
- Monitorização ambiental
- Integração no sistema elétrico



Panorama nacional de I&D

Portugal dispõe de um ecossistema alargado de centros de investigação e entidades tecnológicas com experiência em projetos nacionais e europeus na área das energias renováveis oceânicas

Exemplos: INESC TEC, CEiiA, IST, WavEC.



Infraestruturas de teste

- As infraestruturas de ensaio em ambiente real são determinantes para reduzir risco tecnológico, acelerar a maturação das soluções e apoiar a transição para a escala pré-comercial.
- Em Portugal:
- Centro de testes de Aguçadoura
- ZLT de Viana do Castelo

Oportunidades e desafios

Impactos económicos Metodologia

Abordagem metodológica

Avaliação dos impactos económicos associados à implementação de 2 GW de eólica *offshore* flutuante, com base no modelo *input-output*, considerando efeitos diretos, indiretos e induzidos ao longo da cadeia de valor.

Cenários analisados

Comparação entre diferentes níveis de integração industrial nacional, refletindo distintos graus de conteúdo local.

• **Cenário 1 – Expansão Industrial Nacional:** maior desenvolvimento da cadeia de valor portuguesa, impulsionado por políticas públicas e pela meta de 10 GW até 2050, com maior retenção de valor no país. Conteúdo local: Planeamento 73% | Fabrico 47% | Instalação 33% | O&M 65% | Descomissionamento e fim de vida 75%.

• **Cenário 2 – Integração Industrial Limitada:** maior dependência de importações na fase inicial dos 2 GW, com menor incorporação nacional e menor impacto económico. Conteúdo local: Planeamento 59% | Fabrico 19% | Instalação 18% | O&M 30% | Descomissionamento e fim de vida 35%.

Horizonte de análise

Impactos estimados ao longo do ciclo de vida dos projetos, incluindo fases de:

- Planeamento, fabrico, instalação (7 anos),
- Operação e manutenção (25 anos),
- Descomissionamento e fim de vida (2 anos).

Oportunidades e desafios

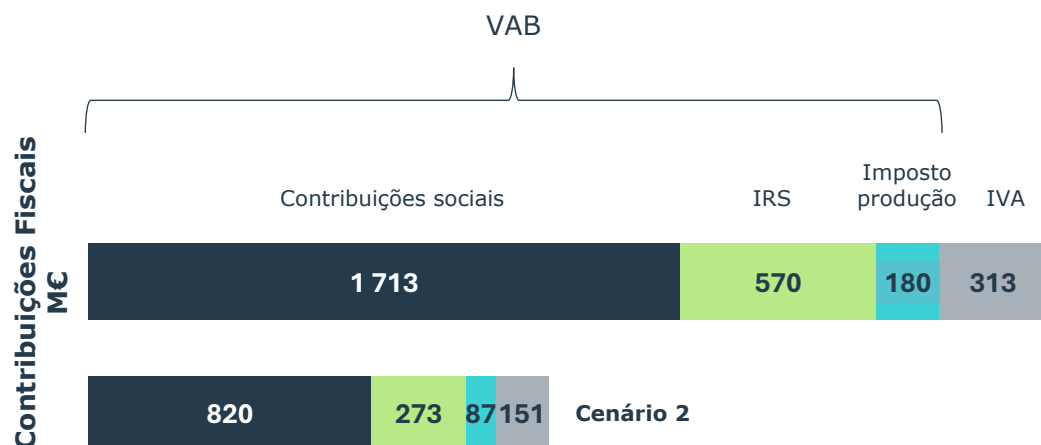
Impactos económicos Resultados macroeconómicos

Criação de valor económico

Efeito sistémico

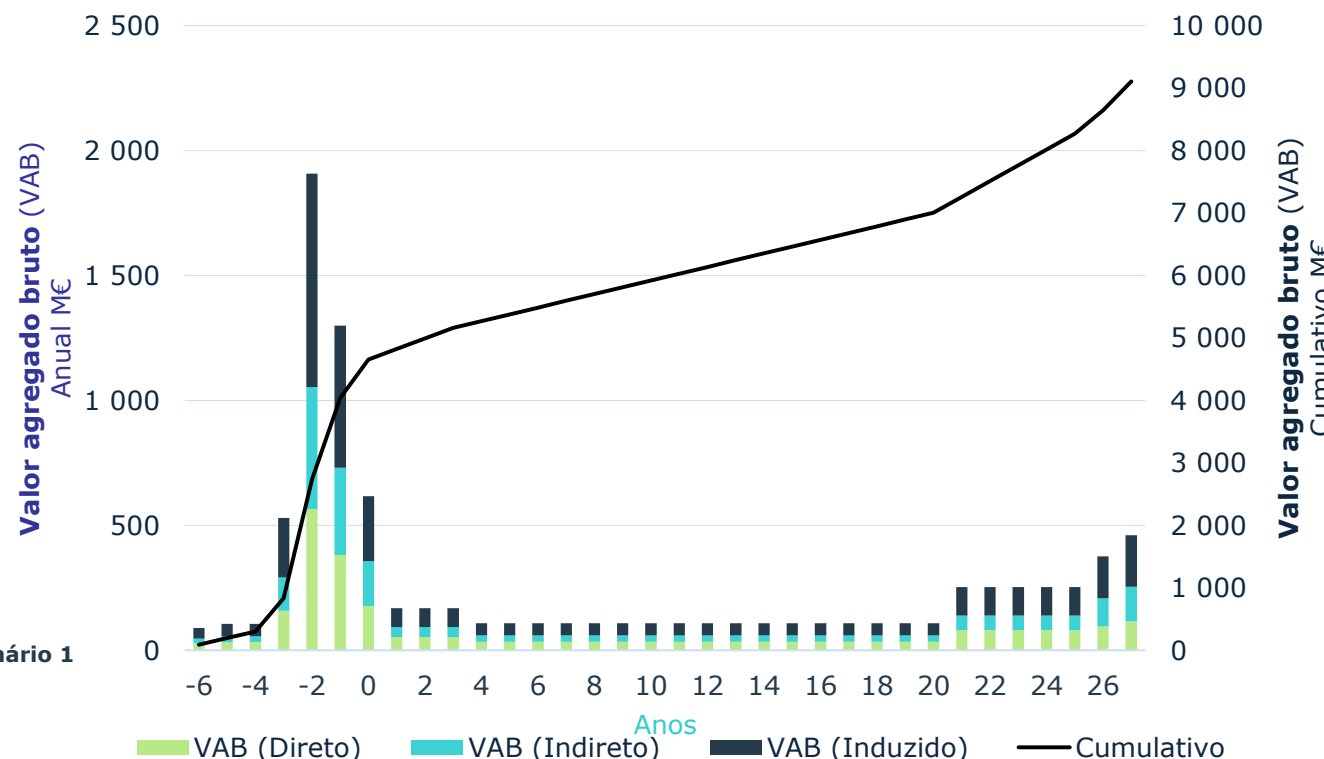
Os projetos de eólica *offshore* flutuante podem apresentar elevado potencial de geração de valor acrescentado bruto e receitas fiscais, de acordo com a capacidade interna para absorver e integrar a indústria.

Os impactos estendem-se para além do setor energético, com efeitos relevantes na economia do mar e na indústria nacional através de efeitos indiretos e induzidos ao longo da cadeia de valor.



VAB acumulado

Valor Acrescentado Bruto (direto, indireto e induzido) - Cenário 1:
Expansão Industrial Nacional



Cenário 1
(Expansão Industrial Nacional)
= 9 255 M€

Cenário 2
(Integração Industrial Limitada)
= 4 454 M€

Oportunidades e desafios

Impactos económicos Distribuição ao longo da cadeia de valor

Fases com maior impacto económico

Os maiores impactos ocorrem nas fases de fabrico e fornecimento e logística, instalação e comissionamento.

Operação e manutenção

A fase de O&M assegura efeitos económicos estáveis e de longo prazo ao longo da vida útil dos projetos.

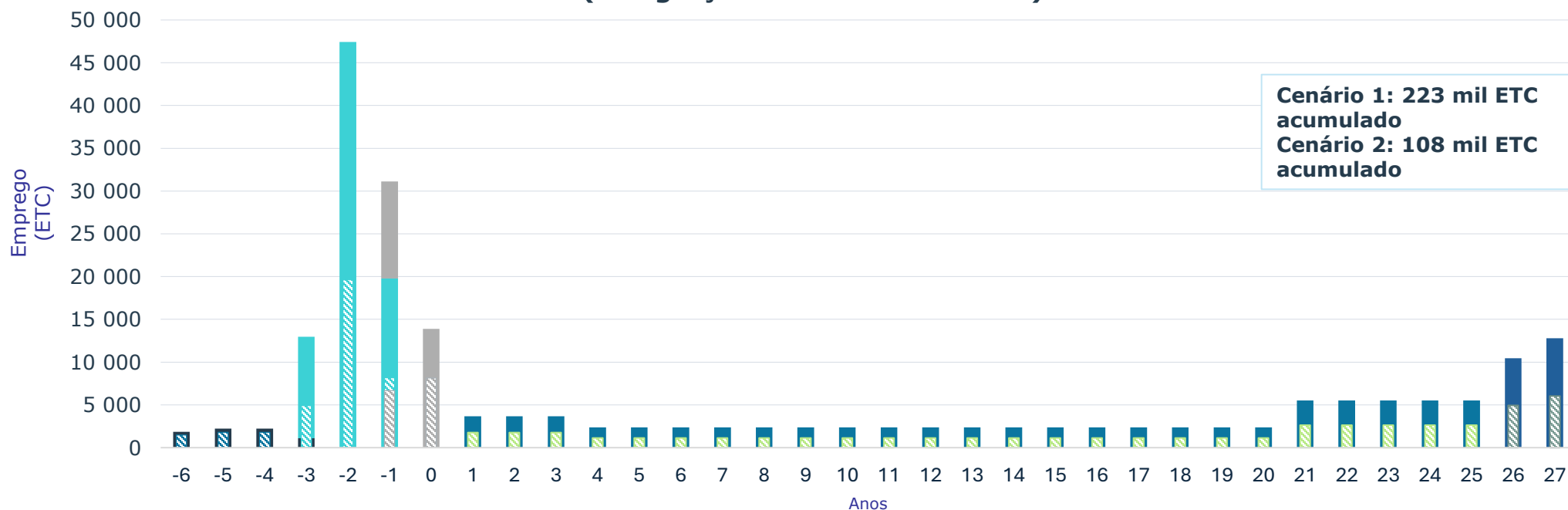
Implicação estratégica

O perfil temporal dos impactos reforça a importância da existência de competências e de uma base industrial instalada sólida.

Oportunidades e desafios

Impactos económicos Distribuição ao longo da cadeia de valor

Empregos por fases de projeto - Cenário 1 (Expansão Industrial Nacional) & Cenário 2 (Integração Industrial Limitada)



- Planeamento, desenvolvimento e gestão de projeto - Cenário 1
- Logística, instalação e comissionamento - Cenário 1
- Descomissionamento, desmantelamento e fim de vida - Cenário 1
- Fabrico e fornecimento - Cenário 2
- Operação e manutenção - Cenário 2

- Fabrico e fornecimento - Cenário 1
- Operação e manutenção - Cenário 1
- Planeamento, desenvolvimento e gestão de projeto - Cenário 2
- Logística, instalação e comissionamento - Cenário 2
- Descomissionamento, desmantelamento e fim de vida - Cenário 2

Oportunidades e desafios

Perfis profissionais necessários

C1: 14 000
C2: 8 000

C1: 2 400 – 5 500
C2: 1 800 – 2 700

C2: 13 000
C2: 6 000

2 anos

25 anos

2 anos

C1: 47 000
C2: 19 000

3 anos

C1: 2 200
C2: 1 700

4 anos

Planeamento e desenvolvimento

Profissionais de direito
Oceanógrafos e Geofísicos
Cientistas ambientais e Biólogos
Engenheiros (diversos)
Programadores e TI

Fabrico e fornecimento

Trabalhadores de metais e soldadores
Trabalhadores de construção
Mecânicos
Montadores (diversos)
Operadores de maquinaria móvel
Corretor de mercadorias
Especialista em normalização
Inspetor de qualidade

Logística, instalação e comissionamento

Oceanógrafos e Geofísicos
Coordenador portuário
Coordenador de transporte marítimo
Inspetor marítimo
Instaladores de equipamento elétrico
Instaladores de telecomunicações
Trabalhadores de metais e soldadores
Técnicos de embarcações
Mergulho comercial
Inspetor de qualidade

Operação e manutenção

Técnicos de controlo de processos
Trabalhadores de metais e soldadores
Mecânicos e reparadores de maquinas
Reparadores de equipamento elétrico
Programadores e analistas de software
Profissionais de bases de dados e rede
Cientistas ambientais e Biólogos
Técnicos de embarcações
Mergulho comercial
Pilotos de drone

Descomissionamento e fim de vida

Especialistas em economia circular
Oceanógrafos e Geofísicos
Técnicos de embarcações
Coordenador portuário
Coordenador de transporte marítimo
Técnicos de equipamentos elétricos
Operadores de maquinaria móvel

Gestores

Engenheiros (diversos)

Profissionais de finanças, administração e vendas

Profissionais em segurança e saúde

Oportunidades e desafios

Impactos económicos Conteúdo local

Conteúdo local estimado

O nível de integração industrial nacional tem influência direta na magnitude dos impactos económicos e no emprego gerado.



Diferença entre cenários

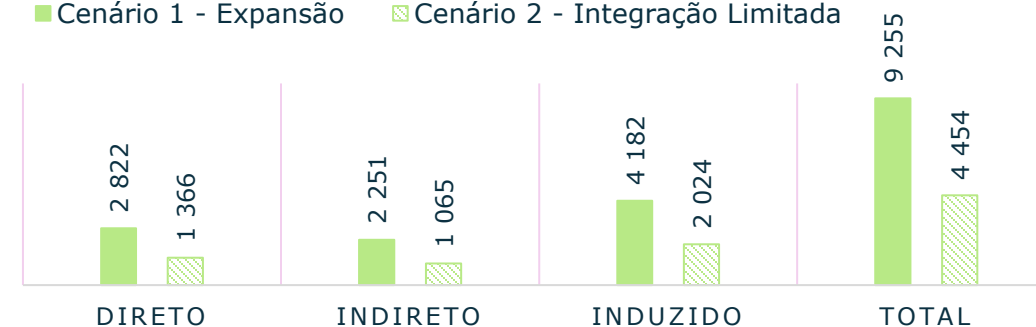
Cenários com maior conteúdo local apresentam ganhos substanciais em valor acrescentado, emprego e retenção de riqueza na economia nacional.



O conteúdo local é um fator crítico para maximizar os benefícios económicos dos projetos *offshore*.

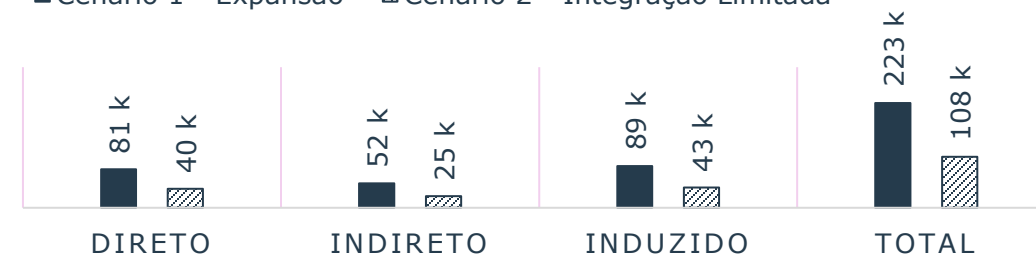
VALOR ACRESCENTADO BRUTO (M€)

■ Cenário 1 - Expansão ▨ Cenário 2 - Integração Limitada



EMPREGO (ETC)

■ Cenário 1 - Expansão ▨ Cenário 2 - Integração Limitada



Financiamento

Necessidade de **financiamento**

Fase do projeto	Duração típica	Financiamento (resumo)	Custos típicos
Prospecção & avaliação de viabilidade	~6–18 meses	- Capital de desenvolvimento - Sem financiamento de projeto	~0,10 – 0,2 M€
Estudos, licenciamento & gestão	~42–60 meses	- Capital próprio (principal) - Apoios estatais a projetos estratégicos	~0,15 – 0,20 M€/MW
FEED & aquisição (pré-FID)	~12–24 meses	- Capital próprio (principal) - Possível LNTP/financiamento transitório (itens críticos)	~0,011 M€/MW
FID & fecho financeiro	~6–9 meses	- Capital próprio (assessores e comissões) - Por vezes empréstimo ponte de capital até ao fecho	~0,32 – 0,58 M€/MW (inclui desenvolvimento + custos de financiamento)
Construção & fornecimento	~30–42 meses	- Financiamento de projeto (predominante) - Dívida sénior ~60–80% do CAPEX + capital dos acionistas	~4 – 5 M€/MW
Instalação & comissionamento	~24–36 meses	- Desembolsos do empréstimo de construção (<i>drawdowns</i>) - Pagamentos por marcos + capital próprio comprometido	~1,5 – 2,0 M€/MW
Operação & manutenção	Vida média 25–30 anos	- Suportado por fluxo de caixa operacional - Seguros e gestão de risco (quando aplicável)	~0,10 – 0,13 M€/MW/ano
Repotenciação / desmantelamento	Desmant.: ~18–36 meses; Repot.: ~36–60 meses	- Desmant.: provisões da operação - Repot.: novo ciclo de capital + dívida	Desmant.: ~0,5 M€/MW; Repot.: ~2,1–2,6 M€/MW

Financiamento

Instrumentos financeiros disponíveis e fontes de financiamento alternativas

PT Fundos nacionais

- **PRR:** investimento habilitador e capacitador (portos, cadeias de valor, digitalização e projetos colaborativos).
- **Portugal 2030:** inovação/industrialização verde, qualificação e Economia Azul.

PT Programas europeus

- **Innovation Fund e CEF-E:** projetos de demonstração e adaptação de infraestruturas de rede.
- **Horizon Europe / LIFE / EMFAF / INTERREG:** I&I aplicada, ambiente, capacitação, projetos-piloto e validação tecnológica.

€ Incentivos fiscais

- **SIFIDE II** (I&D) e **RFAI/DLRR** (investimento produtivo e capitalização – relevante para cadeia de fornecimento).
- **Benefícios contratuais** (DL 162/2014) para projetos de grande dimensão.

MKT Mercado e mitigação de risco

- Financiamento de **projetos + investidores** (fundos/utility) para escala comercial.
- **PPAs e modelos tipo CfD/prémios:** estabilização de receitas e bancabilidade.
- **BPF e financiamento misto:** garantias e cofinanciamento para mobilizar capital privado.

Aplicação em Portugal

- Combinar apoios habilitadores (Portugal 2030/UE) com estabilização de receitas (CfD/prémios) para desbloquear investimento privado e financiamento de projetos.

Economia circular

Desafios e estratégias prioritárias

Materiais e processo sustentáveis

Reduzir dependências, emissões e desperdícios, reforçando competitividade e sustentabilidade

Matérias-primas críticas	Reforçar reciclagem/reutilização
Aço e CBAM	Aumentar uso de aço reciclado e uso progressivo de “aço verde”
Betão (pegada e logística)	Produção local em zonas portuárias e cimentos de baixo carbono
Compósitos (fim de vida)	Investigação em reciclagem/reutilização
Revestimentos sustentáveis	Investigação aplicada e validação em ambiente real
Fabrico e transporte	Modernização da indústria, criação de <i>hubs</i> industriais portuários
Rastreabilidade	Implementação de PDP para aço e integração de ACV/EPD em concursos públicos

Manutenção para durabilidade

A circularidade operacional assenta em prever falhas, prolongar a vida útil e reduzir substituições

Manutenção na fase de conceção	Guias técnicos orientados para manutenção, modularização e integração de ACV/EPD/PDP
Corrosão e biofouling	Aplicação de diretrizes anti-corrosão/anti-fouling e monitorização contínua
Manutenção preditiva e dados	Integração de gémeos digitais, modelos de ML e sensorização
Digitalização e automação de O&M	Inspeções autónomas, centros de controlo remoto e integração de IA para planeamento
Extensão de vida útil e certificação	Validar metodologias em condições reais e alinhamento com guias/normas (DNV/IEC)
Circularidade e coordenação ambiental	Monitorização ambiental contínua e integração de dados de O&M e ecologia marinha

Fim de vida de componentes

A circularidade depende de decisão técnico-económica e capacidade industrial para reutilização e reciclagem

Planeamento e rastreabilidade	Plano de desmantelamento no licenciamento e rastreabilidade nos concursos
Remoção ou reaproveitamento in situ	Guias técnicos e ambientais claros
Extensão de vida vs repotenciação	Critérios normalizados de certificação
Mercado para reciclados / reconicionados	Instrumentos que estimulem a procura e contratos de longo prazo com recicladores
Certificação de reutilização	Centro nacional de ensaio/certificação e guias de rastreabilidade
Logística e captura de valor	Polos de triagem ligados a portos e parcerias industriais
Compósitos (escala industrial limitada)	Linhas-piloto e participação em projetos europeus

Economia circular

Oportunidades para a **indústria nacional**

Áreas com maior potencial

- Serviços avançados de O&M, inspeção e reparação offshore.
- Recondicionamento e remanufatura, apoiados por competências industriais existentes.
- Reciclagem e valorização de materiais, incluindo compósitos e metais.
- Digitalização e rastreabilidade, com aplicação de dados e ferramentas de suporte à operação.
- Integração com portos e logística, criando *hubs* para manutenção e fim de vida.

Estratégias circulares podem reforçar a competitividade nacional, criando novas atividades industriais e serviços ao longo do ciclo de vida dos projetos.

Prioridades: reduzir dependências, descarbonizar materiais-chave (aço e betão) e criar circularidade + rastreabilidade na cadeia de valor.

- **A circularidade permitiria aumentar o valor económico retido internamente, reduzir dependências externas e gerar emprego qualificado.**
- **Além disso, posicionaria Portugal de forma competitiva face ao crescente peso de non-price criteria nos leilões e nos processos de contratação.**

Recomendações Estratégicas

Acelerar o desenvolvimento da energia eólica offshore em Portugal com previsibilidade, capacidade instalada e criação de valor nacional.

**Definir um rumo
consistente e
políticas públicas
alinhadas**

Curto prazo

- Definir estratégia nacional de eólica offshore
- Ligar apoio público a conteúdo local

**Planear e agilizar
licenciamento**

Curto-médio prazo

- Consolidar ZLT de Viana do Castelo
- Criar zonas licenciadas

**Criar condições
para a
escalabilidade**

Médio prazo

- Criar PPPs portuárias e logísticas
- Introduzir CfDs adaptados

Conclusões

A energia eólica offshore flutuante

É uma oportunidade estratégica para reforçar o sistema energético e a Economia Azul em Portugal.

O sucesso deste setor emergente

Depende menos da ambição e mais da capacidade de execução e de mobilização da indústria em tempo limitado: áreas pré-caracterizadas, licenciamento eficaz, portos e ligações à rede preparados.

O desenvolvimento

Exige coordenação entre governo, reguladores, portos, indústria e I&D, com visão sequencial.

A criação de valor em Portugal

Aumenta com capacidade industrial e conteúdo local, potenciando efeitos na economia nacional sustentados por uma implementação progressiva (2 GW até 2030 ~10 GW até 2050).



Obrigado

adene.pt | geral@adene.pt | (+351) 214 722 800



Adene

Agência para a Energia