

Parque eólico de Horns Rev, Dinamarca / Windfarm Horns Rev, Denmark  
[crédito.credit: DONG Energy A/S]



# EÓLICA OFFSHORE

OFFSHORE WIND POWER

EÓLICA OFFSHORE / OFFSHORE WIND POWER

o que é

A energia eólica offshore consiste na instalação de parques eólicos nos oceanos e a sua exploração iniciou-se no final do Séc. XX, com a instalação do parque eólico de Vindeby nos fiordes pouco profundos da costa dinamarquesa.

what it is

Offshore wind energy consists of the installation of wind farms in oceans and exploitation of these began towards the end of the 20th century with the installation of the Vindeby wind farm in the shallow fjords of the Danish coast.

para que serve

Produção de electricidade a partir de uma fonte renovável.

what it is for

Electricity production from a renewable source.

como funciona

Conversão da energia cinética do vento em energia mecânica, utilizando pás com características aerodinâmicas adequadas e, posteriormente, em energia eléctrica, sendo esta última entregue à rede.

how it works

The conversion of kinetic energy from the wind into mechanical energy using blades with the appropriate aerodynamic characteristics and subsequently into electrical energy which is then delivered to the electricity grid.

impacto ambiental

O mais relevante é de ordem visual. Minimiza-se, instalando os parques eólicos offshore a uma distância da costa adequada. As fundações, podem servir de recife artificial para a fauna e flora oceânica com impactos positivos nos bio-sistemas. É muito reduzido o conhecimento do impacto sobre os cetáceos.

environmental impact

The most relevant relates to the visual appeal. This can be minimised by installing offshore wind farms at an appropriate distance from the coastline. Foundations can serve as artificial reefs for ocean fauna and flora with positive impacts on bio-systems. Much less is known of the impact on cetaceans.

custos por unidade

Valores médios indicativos – variam entre 2200 e 3000 USD por kW instalado (fonte AIE). As turbinas custam, tipicamente, 20% mais que em terra e os custos das fundações e interligação à rede multiplicam-se por 2,5, no mar.

unit costs

Average indicative values - vary between 2200 and 3000 US dollars per kW installed (Source - AIE). Turbines typically cost 20% more than land-based ones and the costs of foundations and connecting up to the grid are multiplied by 2.5 at sea.

comparticipação no consumo

O nosso recurso em águas profundas (entre 40 e 200 metros) é tão elevado que pode representar cerca de 30% do consumo em 2030, desde que sejam desenvolvidas e implementadas as necessárias ferramentas de previsão e regulação da produção, num mix energético favorável à integração da energia eólica.

penetration

Our resource in deep waters (between 40 and 200 metres) is so high that it may represent around 30% of consumption by 2030 as long as the necessary tools for forecasting and regulating production in an energy combination favourable to wind energy are developed and implemented.

produção descentralizada

A instalação de parques eólicos offshore não assume características de produção descentralizada em vista dos factores de escala do investimento.

decentralised production

The installation of offshore wind farms does not entail decentralised production characteristics in view of the factors of the scale of the investment.

potencial nacional

Até à batimétrica de 40m:

A - com produção estimada superior a 2900 horas equivalentes à potência nominal - 1300 MW

B - com produção estimada superior a 2700 horas equivalentes à potência nominal - 3500 MW

Deep offshore (40m<b<200m)

C - > 40 GW

national potential

Up to bathymetry of 40m:

A - With estimated production in excess of 2900 hours equivalent to a nominal power of 1300 MW

B - with estimated production in excess of 2700 hours equivalent to a nominal power of 3500 MW

Deep offshore (40m<b<200m)

C - > 40 GW

perspectivas futuras

A energia eólica – na sua vertente offshore – é considerada, a par do carvão – a fonte de energia primária, cujo crescimento nos próximos 50 anos não está limitado pela disponibilidade do recurso energético.

future perspectives

Wind energy - in its offshore segment - is considered to be on a par with coal - a source of primary energy whose growth over the next 50 years is not limited by the availability of the energy resource.

ligação rede eléctrica

Normalmente efectuada através de cabos submarinos entre a subestação de elevação instalada no mar, próximo das turbinas e um local de recepção e ancoragem em terra. A ligação pode ser efectuada em corrente contínua, para distâncias elevadas.

connection to the national grid

This is normally connected using undersea cables between the elevation substation installed at sea close to the turbines and a receiver and anchorage site on land. This connection can be a continuous current for long distances.

custos de instalação

Ver custos unitários.

installation costs

See unit costs.

exemplos de aplicação

examples of application

Samso (DK) / 2003 / 23 MW

Nysted (DK) / 2004 / 165 MW

BARROWS (UK) / 2006 / 90 MW

Burbo Bank (UK) / 2007 / 90 MW

LILLGRUNDEN (SE) / 2007 / 110 MW

ROBIN RIGG / 2009 / 180 MW

economia de uso

Não adaptada

economy of use

Not adapted

ruído

Actualmente, idêntico ao emitido em terra.

noise

Currently identical to that emitted on land.

situação europeia

1125 MW instalados no final de 2007

situation in europe

1125 MW installed by the end of 2007

situação mundial

Igual à europeia, já que toda a capacidade offshore se encontra instalada na Europa.

global situation

The same as for Europe since all current offshore capacity is situated in Europe.

autores / links authors / links

[http://www.ieawind.org/Annex\\_XXIII.html](http://www.ieawind.org/Annex_XXIII.html)

[www.ewea.org](http://www.ewea.org)

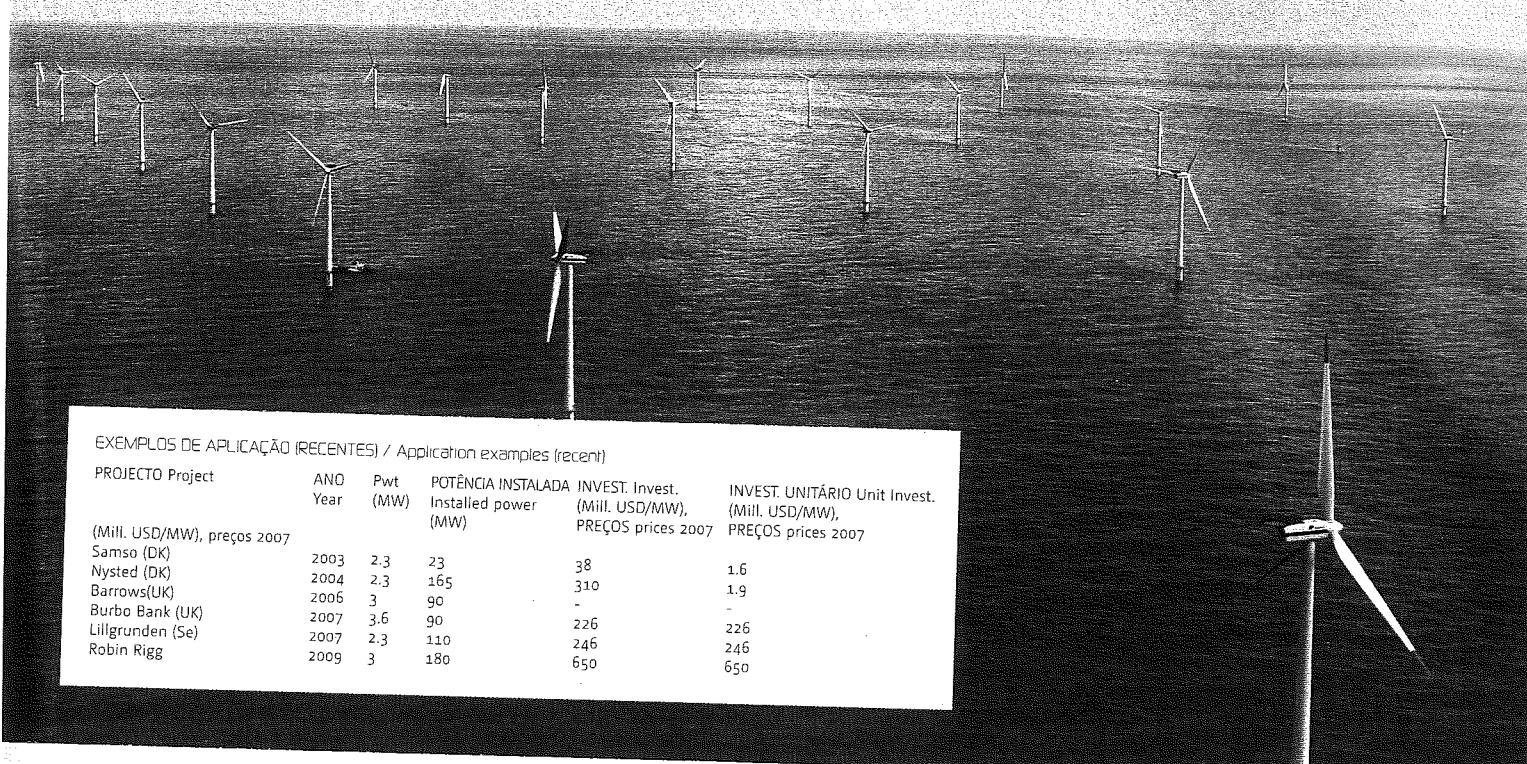
<http://www.owen.eru.rl.ac.uk/>

[ANA ESTANQUEIRO][Prof.]

## EÓLICA OFFSHORE OFFSHORE WIND POWER

No início dos anos 90 do século passado, o atingir-se a maturidade da tecnologia eólica em terra, permitiu a este sector estabelecer objectivos ainda mais elevados, tendo-se iniciado "a conquista dos mares". Esta é desejável por vários factores, sendo os mais relevantes a escassez de terrenos disponíveis, já sentida em muitos países do Norte da Europa, e o facto de os ventos marítimos - fora da influência da orografia e da rugosidade que se faz sentir em terra - apresentarem velocidades médias, consideravelmente superiores às que se verificam no solo. Esta conquista do mar pela tecnologia eólica foi, contudo, mais difícil e lenta do que inicialmente se esperava. As centrais eólicas no mar, normalmente designadas por parques eólicos offshore, só há pouco ultrapassaram 1 GW, sendo a potência instalada, no final de 2007, igual a 1125 MW. À imagem do que se passou com as turbinas em terra, também a instalação de turbinas no mar foi liderada pela Dinamarca, que instalou em 1991 o parque de Vindeby, constituído por 11 turbinas de 450 kW, a uma profundidade média de 5 m. Se bem que o desenvolvimento eólico offshore se tenha iniciado na Dinamarca - e por enquanto se situe somente na Europa - vários países se colocaram na linha da frente desta aplicação, sendo de citar, entre outros, o Reino Unido, que actualmente toma a dianteira, quer na instalação anual de capacidade, quer no desenvolvimento da indústria associada à instalação de parques eólicos offshore. De referir também a Alemanha, que embora tenha iniciado em 2007 a construção do seu primeiro

At the beginning of the 1990s, maturity in wind technology on land was achieved enabling this sector to set even higher goals and having initiated "the conquest of the seas". This is desirable for a number of factors with the most relevant being the scarcity of available land already felt in many countries of Northern Europe and the fact that maritime winds - beyond the influence of the orography and rugosity felt on land - present considerably superior average wind speeds to those observed on land. This conquest of the sea by wind technology has however been slower and initially more difficult than expected. Wind farms at sea, normally referred to as offshore wind farms only recently exceeded 1GW and installed power at the end of 2007 equivalent to 1125 MW. As was the case with land-based turbines, the installation of turbines at sea was also led by Denmark when in 1991 it installed the Vindeby farm comprising 11 450 kW turbines at an average depth of 5m. Although development of offshore wind power began in Denmark - and for the time-being is only situated in Europe - several countries have taken the lead in this application, worth mentioning amongst others the United Kingdom which is currently at the forefront both in terms of annual installed capacity and development of the industry associated with the installation of offshore wind farms. It is also worth mentioning Germany which, though it began construction of its first



EXEMPLOS DE APLICAÇÃO (RECENTES) / Application examples (recent)

PROJECTO Project	ANO Year	Pwt (MW)	POTÊNCIA INSTALADA Installed power (MW)	INVEST. Invest. (Mill. USD/MW), PREÇOS prices 2007	INVEST. UNITÁRIO Unit Invest. (Mill. USD/MW), PREÇOS prices 2007
(Mill. USD/MW), preços 2007					
Samsø (DK)	2003	2.3	23	38	1.6
Nysted (DK)	2004	2.3	165	310	1.9
Barrows(UK)	2006	3	90	-	-
Burbo Bank (UK)	2007	3.6	90	226	226
Lillgrund (Se)	2007	2.3	110	246	246
Robin Rigg	2009	3	180	650	650

Parque eólico de Horns Rev, Dinamarca / Windfarm Horns Rev, Denmark  
 (crédito.credit: DONG Energy A/S)

parque offshore, constituído por turbinas de 5 MW, tem os objectivos mais ambiciosos da União Europeia, que passam por um estruturado programa de investigação, para culminar na instalação de 25 GW, até 2030.

Uma das maiores dificuldades que se coloca aquando da instalação de turbinas eólicas offshore, prende-se com a selecção e projecto das fundações, sendo estes, em primeiro lugar, em função da profundidade do local. A selecção final do tipo de fundação depende, para além da profundidade, das características geológicas do fundo do mar e das correntes e tempestades que podem afectar a região.

Os primeiros parques offshore foram instalados em águas muito pouco profundas (inferiores a 10 m) e recorreram a fundações em betão, depositadas no fundo do mar e que actuam por gravidade. Acima dessa profundidade e até cerca de 30 m, recorre-se, normalmente, a fundações por estacaria mono-pilar cravadas no fundo do mar, semelhantes às utilizadas para as pontes. Em aplicações entre 30 e 50 m, as soluções mais competitivas são de tripé tipo "jacket", oriundas da área petrolífera.

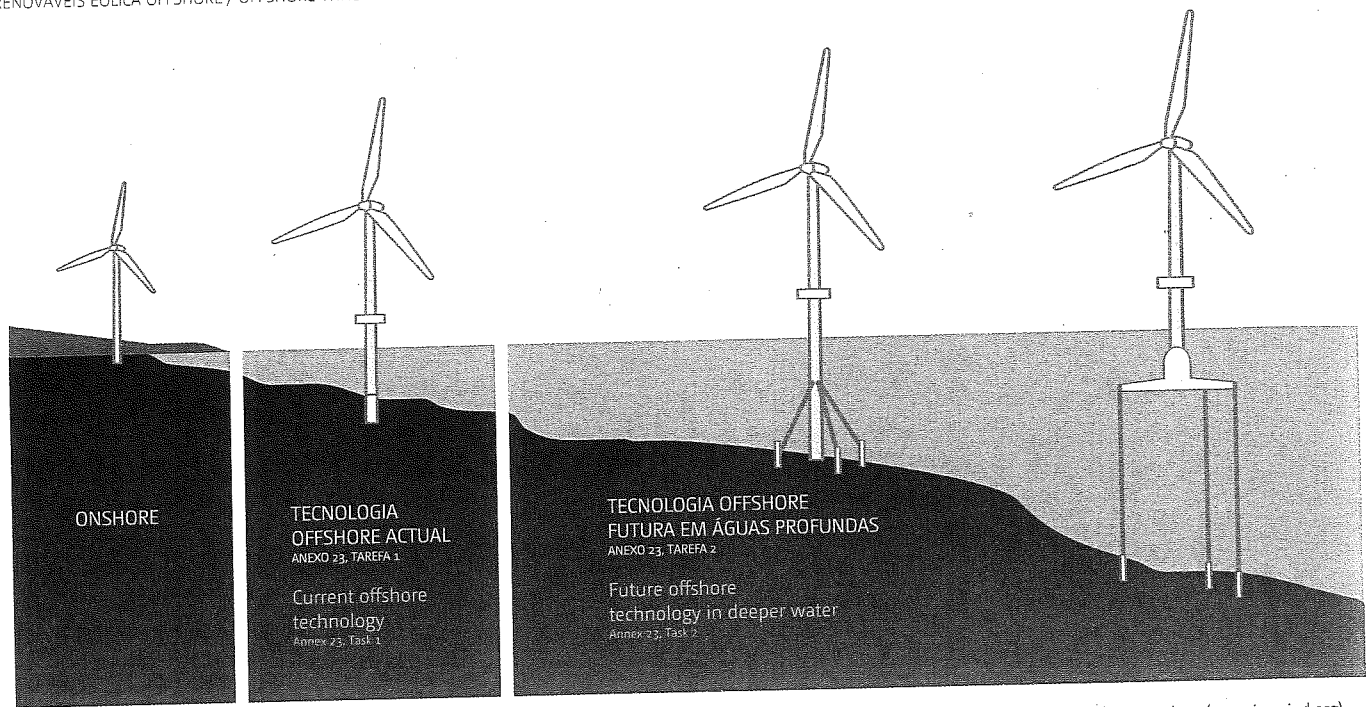
Na figura 1 apresentam-se os tipos de amarrações para sistemas flutuantes em desenvolvimento para aplicações de águas muito profundas (> 50 m), normalmente designadas "deep offshore" e cujo potencial de aplicação em Portugal - em face das características batimétricas e do recurso energético do vento da nossa costa - é muito elevado.

offshore farm in 2007 comprising 5 MW turbines, has the most ambitious plans in the European Union which include a structured investigation programme culminating in the installation of 25 GW by 2030.

One of the greatest hurdles when installing offshore wind turbines is associated with foundation project and selection with these primarily dependent on the depth of the site. Final selection of the foundation type depends in addition to depth on the geological characteristics of the sea floor as well as currents and storms which may affect the region.

The first offshore farms were installed in very shallow waters (less than 10m) and relied on concrete foundations set on the sea floor and gravity based. Above this depth and up to around 30m normally single-pillar piling foundations are relied on set into the sea floor similar to those used for bridges. In applications between 30 to 50m the most competitive solutions are of the "jacket" tripod type originating in the petroleum industry.

In figure 1 the types of moorings for floating systems under development in very deep waters (>50m) are shown, normally referred to as "deep offshore" and whose potential application in Portugal - in the light of the bathymetry characteristics and energy resources of the wind off our coast - is very substantial.



Fonte (adaptação) / source (adapted): IEA, Task 23 ([www.ieawind.org](http://www.ieawind.org))

[Figura 1] Tipos de fundações para aplicações em águas profundas (em desenvolvimento)  
[Figure 1] Type of foundations for applications in deep waters (under development)

A interligação dos parques offshore à rede eléctrica é efectuada através de uma subestação elevadora de tensão, normalmente instalada sobre uma fundação idêntica à das próprias turbinas, como se pode ver na figura 2.

A transmissão de energia, entre a subestação elevadora no mar e a central de amarração e recepção de energia eléctrica em terra, é normalmente efectuada em corrente alternada, para distâncias curtas, e em corrente contínua para distâncias mais elevadas, nas quais os elevados efeitos capacitivos dos cabos eléctricos submarinos, associado ao consumo de potência reactiva pelas turbinas, pode exigir esta solução.

As aplicações eólicas *offshore* estão, actualmente, numa fase de grande progresso tecnológico, tendo-se concluído, em 2007, o parque eólico de Beatrice, situado ao largo da Escócia. Este parque é inovador e paradigmático em vários aspectos: é constituído por duas turbinas de demonstração com potência nominal de 4.5 MW, é actualmente a instalação eólica offshore em águas mais profundas (45 m), as suas fundações são em estrutura metálica "jacket", típica das plataformas petrolíferas, e as turbinas foram colocadas sobre as fundações completamente montadas, ao contrário do que é normal nestes parques eólicos.

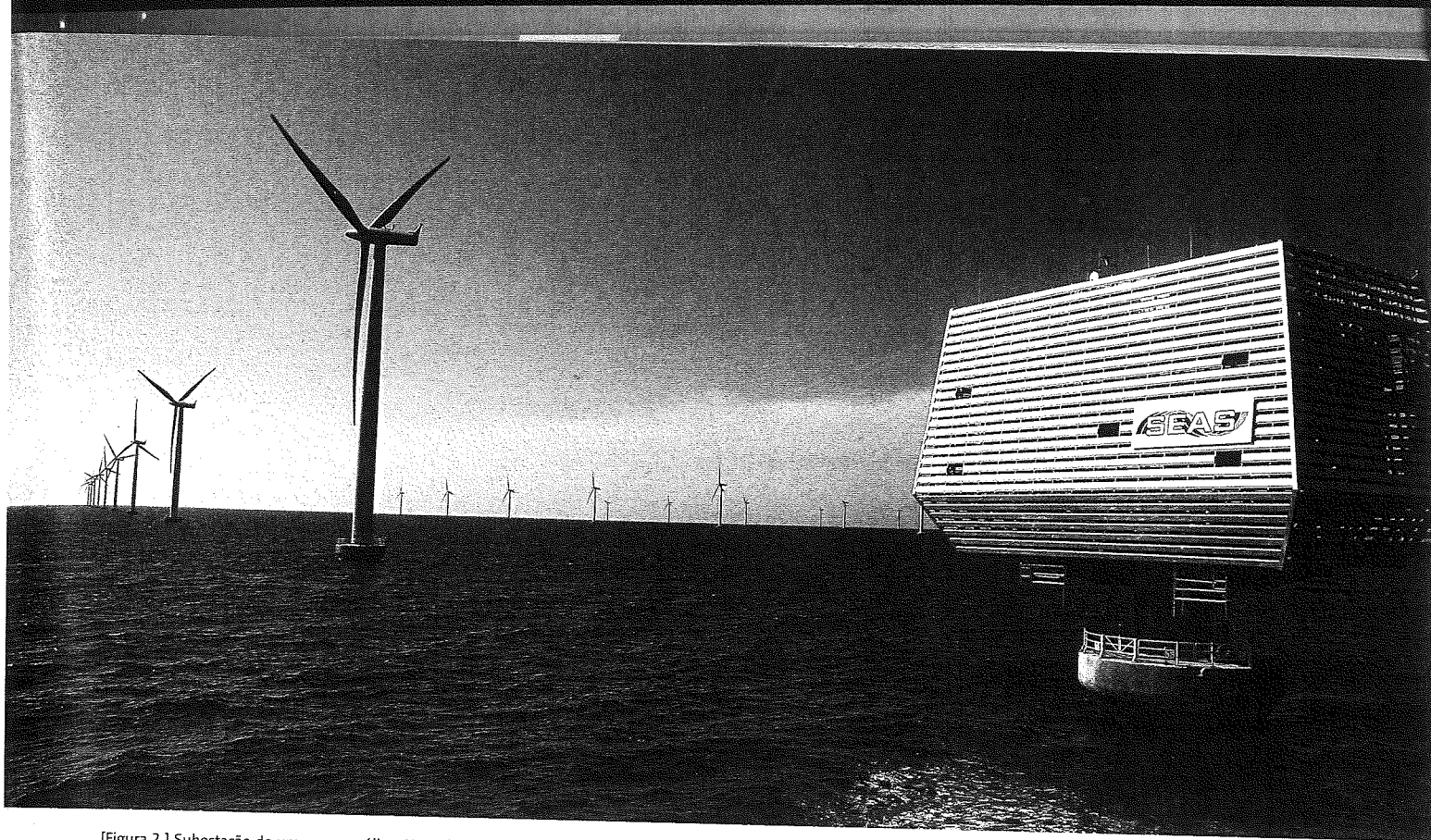
Por oposição aos seus congéneres em terra, os parques eólicos offshore estão numa fase pré-comercial, considerada em muitos países ainda de demonstração.

The interconnection of offshore farms with the electricity grid is achieved via a voltage elevation substation normally installed on foundations identical to those of the turbines themselves as can be seen in figure 2.

Energy transmission between the elevation substation at sea and the energy mooring and reception centre on land is normally achieved using alternating current and continuous current for longer distances in which high capacitive effects of the undersea electric cables associated with the consumption of the reactive power of the turbines may require solution.

Offshore wind applications are currently undergoing a phase of major technological progress with the completion in 2007 of the Beatrice wind farm located in a Scottish lake. This is an innovative and paradigmatic farm in a number of aspects: it is comprised of two demonstration turbines with a nominal power of 4.5 MW and is currently the offshore wind farm in the deepest waters (45m) with foundations of a metallic "jacket" structure typical of petroleum industry platforms and turbines installed on top of completely assembled foundations, contrary to the norm for these wind farms.

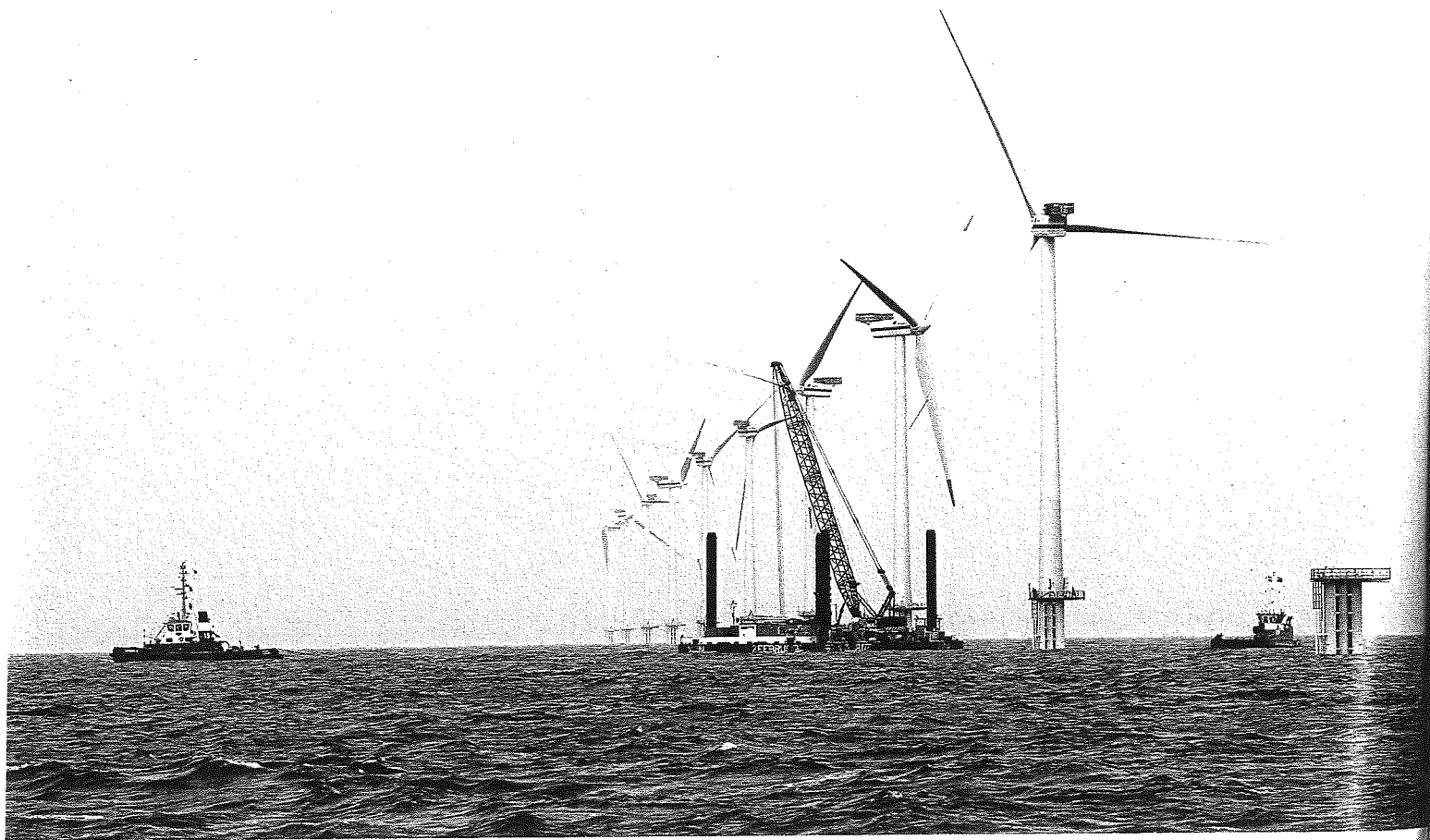
Contrary to their cousins on land, offshore wind farms are in a pre-commercial phase and considered in many countries still at a demonstration stage.



[Figura 2] Subestação de um parque eólico, Nysted, Dinamarca / [Figure 2] Substation of a wind farm, Nysted, Denmark  
[crédito.credit: DONG Energy A/S]

Esta aplicação eólica caracteriza-se por investimentos entre 50% e 100% superiores aos dos seus equivalentes em terra e por custos de projecto, operação e manutenção muito mais elevados do que esses. A fórmula encontrada, em países como o Reino Unido, Alemanha e Holanda, para incentivar este sector e criar uma conjuntura económica favorável à disseminação desta aplicação eólica – com uma filosofia semelhante às aplicações renováveis em fases equiparáveis de penetração no mercado (e.g. fotovoltaicas ou energia dos oceanos) - é assegurada por tarifas incentivadoras com incorporação de subsídios ao desenvolvimento, normalmente 50% a 80% superiores às tarifas praticadas para a geração eólica em terra e financiamento da estrutura de interligação à rede eléctrica (ex. Reino Unido, Dinamarca e Alemanha). Ao subsidiarem este sector, os países referidos apostam no grande desenvolvimento futuro destas aplicações e aproveitam os parques de demonstração, já instalados ou em fase de instalação, para o desenvolvimento da indústria de apoio infra-estrutural aos parques eólicos offshore, desde navios de transporte, operação e manutenção, a gruas, barcaças, fundações e amarrações. O sector de suporte à instalação de parques eólicos offshore tem experimentado um crescimento de tal forma acelerado, que o factor limitado à instalação de novos parques no mar, não é a escassez de turbinas, à imagem do que se passa em terra, mas sim a inexistência de navios e gruas em número suficiente.

This wind application is characterised by investments of between 50% and 100% higher than their equivalent on land, as well as much higher project, operation and maintenance costs than these. A formula encountered in countries such as the United Kingdom, Germany and Holland is to encourage this sector to create an economic scenario favourable to the dissemination of this wind application - with a philosophy similar to the renewable applications in comparable phases of market penetration (e.g. photovoltaic or ocean wave-energy) - backed by incentive tariffs and the incorporation of development subsidies, normally 50% to 80% higher than the tariffs employed for wind generation on land and the financing of the interconnection structure to the electricity grid (e.g. United Kingdom, Denmark and Germany). By subsidising this sector the countries referred to are investing in the future development of these applications and making use of demonstration farms already installed or undergoing installation, in order to develop the industry for the infra-structural support of offshore wind farms, ranging from transport vessels, operating and maintenance to cranes, barges, foundations and moorings. The support sector for the installation of offshore wind farms has witnessed growth in an accelerated manner that the limiting factor to the installation of new farms at sea is not the scarcity of turbines as is the image seen on land but the lack of vessels and cranes in sufficient number.



Parque eólico de Horns Rev, Dinamarca / Windfarm Horns Rev, Denmark  
[crédito.credit: DONG Energy]

Não existem barreiras de monta à exploração do potencial eólico no mar, sobretudo incluindo o desenvolvimento de soluções de amarração flutuantes para grandes profundidades, já iniciado em países como a Noruega e os Estados Unidos. Contudo, somente a valorização económica de todo o cluster industrial, associado à produção e instalação de turbinas no mar, permite justificar as elevadas tarifas requeridas para o desenvolvimento destas aplicações.

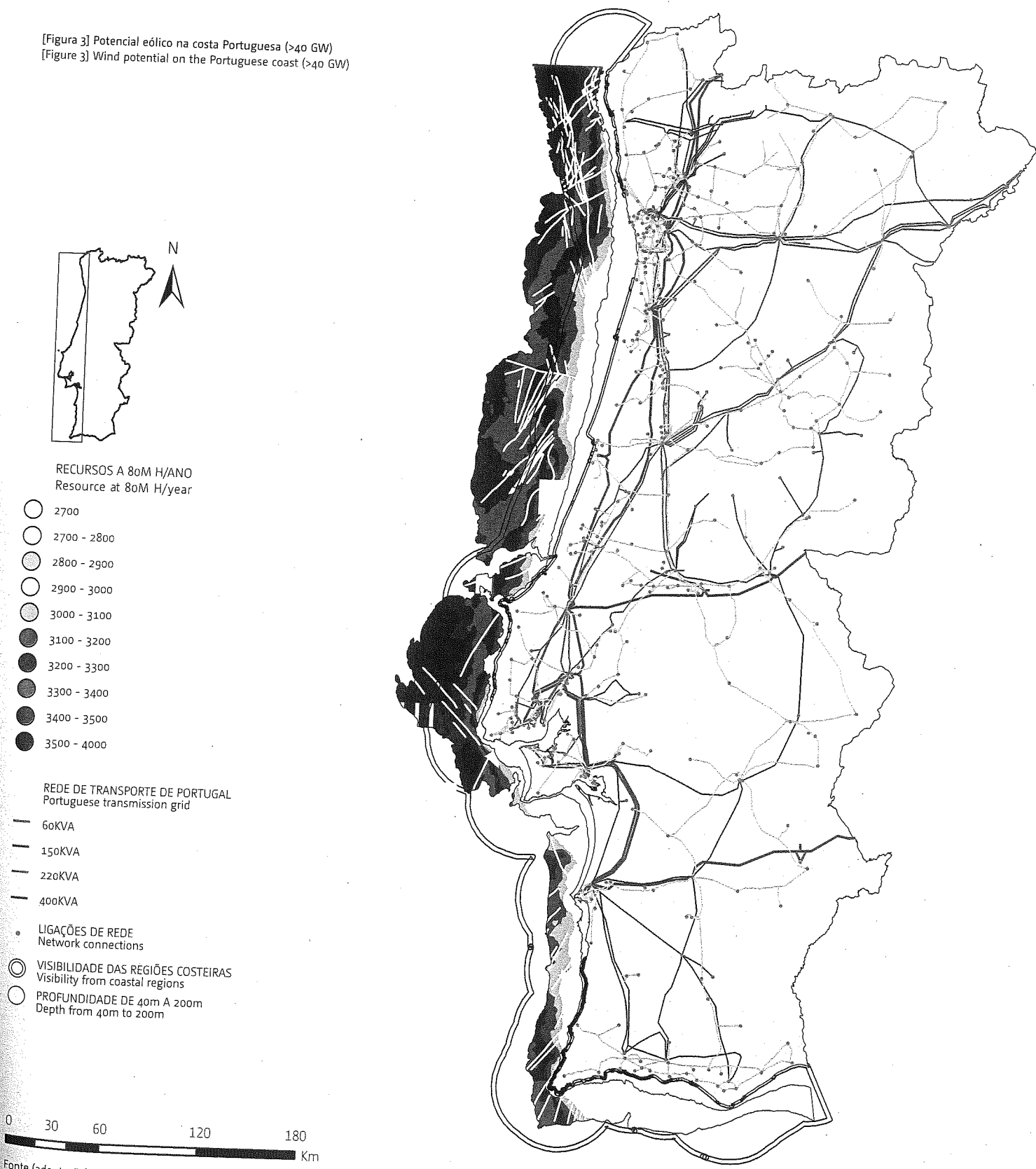
No âmbito da energia eólica offshore, a conjuntura é muito favorável a Portugal: à escala do nosso sistema electroprodutor, temos um elevado recurso na Costa, como evidencia a Figura 3, e as nossas tradições marítimas sempre nos convidaram a avançar para o mar. De referir que o mais importante é o reforço da capacidade industrial eólica nacional. Mesmo que ainda na sua fase incipiente, permite ambicionar para o nosso país, o desenvolvimento de tecnologias de flutuação e amarração de turbinas eólicas para sistemas de águas profundas e o reforço dos clusters industriais eólicos já existentes, com previsíveis impactos positivos na indústria naval e metalomecânica nacional.

There are no barriers to mounting the exploitation of wind potential at sea, above all including the development of solutions in floating moorings for great depths already underway in countries such as Norway and the United States. However, only the economic valorisation of the entire industrial cluster associated with the production and installation of turbines at sea will enable the high tariffs required to develop these applications to be justified.

Within the scope of offshore wind energy, the scenario for Portugal is a very favourable one: on the scale of our electricity-producing system, we have substantial coastal resources as is shown in Figure 3 and our maritime traditions always encouraged us to venture out to sea. It is worth noting that the most important factor is to reinforce national wind industrial capacity.

Even in its initial stage it enables us to envisage for our country the development of floating and mooring wind turbine technologies for deep water systems and the reinforcement of pre-existing wind industry clusters with the predictable positive impacts on the national naval and metal-mechanical industries.

[Figura 3] Potencial eólico na costa Portuguesa (>40 GW)  
 [Figure 3] Wind potential on the Portuguese coast (>40 GW)



Fonte (adaptação) / source (adapted): INETI