



FCTUC DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

Aproveitamento da Energia das Ondas Marítimas – Estado da Técnica

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil
na Especialidade de Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente

Autor

Francisco José Tenreiro Amado Meirinhos Granjo

Orientador

José Paulo Pereira de Gouveia Lopes de Almeida

Esta dissertação é da exclusiva responsabilidade do seu autor, não tendo sofrido correcções após a defesa em provas públicas. O Departamento de Engenharia Civil da FCTUC declina qualquer responsabilidade pelo uso da informação apresentada

Coimbra, Junho de 2012

AGRADECIMENTOS

À minha família e aos meus amigos, pelo apoio e companhia ao longo de todo o meu percurso académico.

Aos meus pais, pela oportunidade que me deram em poder seguir o meu próprio rumo com total liberdade, contando sempre com a sua ajuda e compreensão. Aos meus irmãos, pelos seus dotes artísticos e linguísticos essenciais na realização deste trabalho, mas também pela paciência ao longo de todos estes anos.

Ao meu orientador, o Prof. Doutor José Paulo Lopes de Almeida, pela disponibilidade e interesse que manifestou ao longo da elaboração deste trabalho, mas também pela grande influência que teve na orientação que dei ao curso, através da paixão e entusiasmo que sempre demonstrou pela Hidráulica e pelos Aproveitamentos Energéticos nas cadeiras que leccionou e nas quais tive o prazer de ser seu aluno.

RESUMO

Nos últimos anos, Portugal tem trabalhado no sentido de estar entre os melhores no campo das energias renováveis. Depois do *boom* da energia eólica, na qual Portugal se destaca, tanto na produção como na potência instalada, é agora a energia das ondas que tenta conquistar o seu espaço no mercado energético. A extensa costa marítima e o elevado potencial energético do mar junto à costa são algumas das características que o nosso país apresenta e que o tornam um potencial alvo de investimento na área da energia das ondas por parte de entidades nacionais e estrangeiras.

Embora esta área esteja em constante evolução, ainda não foram dadas provas capazes de demonstrar a hegemonia de uma tecnologia em relação a todas as outras, o que leva a que sejam muitas as tentativas para conseguir criar um dispositivo que satisfaça todas as exigências, tanto técnicas como económicas. Tendo em conta esse elevado número de invenções, não é fácil ter acesso a informação detalhada sobre todas elas, sendo o método mais rigoroso a consulta dos registos de patentes nas bases de dados dos órgãos responsáveis pela Propriedade Industrial.

Para avaliar o grau de desenvolvimento e interesse desta área em Portugal, vamo-nos propor neste trabalho a coligir, sistematizar e analisar todos os dispositivos de aproveitamento da energia das ondas patenteados em Portugal, recorrendo para o efeito, às bases de dados do Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI) e do Instituto Europeu de Patentes (IEP). No entanto, antes dessa apresentação, será feita uma tentativa de enquadramento do leitor nas principais áreas desenvolvidas neste trabalho, a energia das ondas, as diferentes tecnologias utilizadas para o seu aproveitamento e também o sistema de patenteamento de invenções.

Palavras-chave: aproveitamento da energia das ondas, propriedade industrial, patentes, estado da técnica em Portugal.

ABSTRACT

In the past few years, Portugal has worked to be among the best in terms of renewable energy. After the boom of wind energy, in which Portugal stands out, both in production and installed power, it is now the time for the wave energy to try to win its place in the energy market. The extensive coastline and the high wave power resources along the coast are some of the many features that our country has and that makes it a potential target for investment in the area of wave energy by national and foreign entities.

Although this area is constantly evolving, no evidence has yet been given as to establish the hegemony of one technology over all others, which leads to many attempts to create a device that meets all technical and economic requirements. Given this large number of inventions, it is not easy to access detailed information about all of them, and the more rigorous method consists in analyzing the patents' records in the databases of the Industrial Property relevant bodies.

To assess the degree of development and interest in this area in Portugal, with this paper we propose to compile, organize and analyze all the devices exploiting wave energy in Portugal, using for said purpose, the Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI) and the Instituto Europeu de Patentes (IEP) databases. However, before this presentation, we will provide the reader with a framework of the main areas developed in this work: the wave energy, the different technologies used to convert said energy, and also the system of patenting inventions.

Keywords: wave energy utilization, industrial property, patents, state of the art in Portugal.

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO	ii
ABSTRACT	iii
ÍNDICE.....	iv
SIMBOLOGIA	vi
ACRÓNIMOS	vii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. ONDAS E A SUA ENERGIA.....	5
2.1. Estudo das Ondas.....	5
2.1.1. Tipos de ondas e suas características.....	5
2.1.2. Teoria das ondas	10
2.1.3. Energia das Ondas	12
3. TECNOLOGIAS	17
3.1. Coluna de água oscilante	17
3.2. Corpos oscilantes	18
3.2.1. Flutuadores com movimento linear compostos por um só corpo.....	19
3.2.2. Flutuadores com movimento linear compostos por diversos corpos	20
3.2.3. Flutuadores singulares com movimento de rotação	21
3.2.4. Dispositivos com articulação ancorada no lastro	21
3.2.5. Atenuadores	22
3.3. Dispositivos diferenciais.....	23
3.4. Dispositivos sujeitos a galgamento.....	24
4. PATENTES	25
4.1. História da Patente	25
4.2. Patente e a sua finalidade.....	26
4.3. Tipos de Patente.....	27
4.3.1. Patente Nacional	27
4.3.2. Patente Europeia	28
4.3.3. Patente Internacional	30
5. PESQUISA E DADOS RECOLHIDOS	31
5.1. Pesquisa	31
5.1.1. Pesquisas feitas através do conteúdo do título e do resumo	33
5.2. Apresentação dos dispositivos patenteados em Portugal.....	33
5.2.1. Coluna de água oscilante	34
5.2.2. Corpos oscilantes.....	38

5.2.2.1.	Flutuadores com movimento linear compostos por um só corpo	38
5.2.2.2.	Flutuadores com movimento linear compostos por diversos corpos	50
5.2.2.3.	Flutuadores singulares com movimento de rotação	55
5.2.2.4.	Flutuadores com articulação ancorada no lastro	57
5.2.2.5.	Atenuadores	59
5.2.3.	Dispositivos diferenciais	63
5.2.4.	Dispositivos sujeitos a galgamento	67
5.2.5.	Dispositivos com sistemas mistos	68
6.	ANÁLISE E DISCUSSÃO	71
7.	CONCLUSÕES	76
8.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77

SIMBOLOGIA

Símbolo	Descrição
A	Amplitude de onda
E_c	Energia cinética
E_f	Fluxo total de energia
E_p	Energia potencial
E_{prc}	Energia potencial em repouso
E_{pt}	Energia potencial total
E_t	Energia mecânica total
H	Altura de onda
T	Período
V	Velocidade da onda
c	Celeridade
dS	Superfície elementar
dV	Volume elementar
dz	Comprimento infinitesimal
f	Frequência
g	Aceleração da gravidade
h	Profundidade
k	Número de onda
m	Massa
p	Pressão
t	Tempo
u	Componente da velocidade segundo o eixo xx
v	Componente da velocidade segundo o eixo yy
w	Componente da velocidade segundo o eixo zz
λ	Comprimento de onda
ρ	Massa volúmica da água
ϕ	Potencial da velocidade
ω	Frequência angular
η	Elevação da superfície livre em relação à posição de repouso

ACRÓNIMOS

BIRPI – *Bureaux Internationaux Réunis pour la Protection de la Propriété Industrielle*

CAES – *Compressed Air Energy Storage*

CAO – Coluna de Água Oscilante

CIP – Classificação Internacional de Patentes e Modelos de Utilidade

DAEO – Dispositivos de Aproveitamento da Energia das Ondas

ECLA – *European Classification System*

ENP – Estaleiros Navais de Peniche

ESG – *Electric Spherical Generator*

FES – *Flywheel Energy Storage*

FLOW – *Futures Lives On Waves*

I&D – Investigação e Desenvolvimento

IEA – *International Energy Agency*

IEP – Instituto Europeu de Patentes

INPI – Instituto Nacional da Propriedade Industrial

IST – Instituto Superior Técnico

Mtep – Milhões de toneladas equivalentes de petróleo

OMPI - Organização Mundial da Propriedade Intelectual

PCT - Tratado de Cooperação em Matéria de Patentes

1. INTRODUÇÃO

A economia mundial está hoje excessivamente assente no preço dos combustíveis fósseis, facto justificado pela elevada dependência energética deste tipo de combustíveis, que representam actualmente 80,9% (9835 Mtep) da energia primária mundial, de acordo com o relatório do IEA (2011). Esta dependência não só traz consequências económicas incalculáveis como também acarreta diferentes problemas de cariz ambiental e social. Na verdade, foram estes problemas que desencadearam o aparecimento de inúmeras iniciativas e tratados, como o Protocolo de Quioto, com o objectivo de controlar o nível de poluição praticado por cada país, poluição essa que se deve em grande parte ao uso de combustíveis fósseis. A tentativa de redução da dependência deste tipo de combustíveis levou a que nas últimas décadas a procura e o desenvolvimento de novos dispositivos de aproveitamento de energias renováveis se tenham tornado uma prioridade mundial.

Com efeito, as energias renováveis começaram desde então a ter uma expressão significativa em alguns países, principalmente nos mais desenvolvidos, onde este tipo de energia chega a representar 40% da energia primária consumida (Noruega em 2005), valor muito superior à média mundial (13,1% segundo IEA@ (2012)). Importará, desde já, clarificar que se considera energia primária o conjunto de recursos presentes na natureza disponíveis para serem utilizados na produção de energia, podendo ser renováveis ou não renováveis. Por outro lado, às formas de energia que resultam da transformação da energia primária dá-se o nome de energias secundárias. Os valores da energia primária e da energia secundária vão ser bastante distintos, uma vez que ao longo do processo de transformação ocorrem inúmeras perdas, podendo a segunda chegar aos 35% do valor da primeira.

A energia primária é consumida em vários sectores mas um dos principais destinos é a electricidade (forma de energia secundária), que representa entre 20 e 25% do consumo total de energia. A electricidade assume portanto um papel muito importante na sociedade, embora ainda haja uma grande parte da população que não tenha acesso a esta. De facto, de acordo com estudos actuais, cerca de 1,3 mil milhões de pessoas, ou seja, 20% da população mundial, ainda não terão acesso a electricidade.

A importância da electricidade prende-se com o seu vasto campo de utilização e também com a facilidade e rapidez com que é transportada. Como se tem vindo a observar, vários combustíveis começam nos dias de hoje a ser substituídos por electricidade nos mais distintos campos de utilização, desde os transportes até ao aquecimento/arrefecimento, campos esses

anteriormente totalmente dependentes dos combustíveis fósseis. É então facilmente perceptível a necessidade de grande parte dos dispositivos de aproveitamento de energias renováveis serem munidos de mecanismos preparados para transformar os diferentes tipos de energia em energia eléctrica, sendo esta posteriormente injectada na rede.

Um dos grandes inconvenientes da energia eléctrica é o facto de não existir, até ao momento, nenhuma forma economicamente viável de armazenar essa energia sem que existam perdas consideráveis. No entanto, existem já algumas tecnologias postas em prática, como é o caso do armazenamento de energia sob a forma de hidrogénio posteriormente utilizado em células de combustível, ou o caso dos sistemas FES (*Flywheel Energy Storage*), ou ainda o dos sistemas de armazenamento de energia na forma de ar comprimido (CAES). Todavia, a sua aplicabilidade é ainda de escala reduzida, não tendo a dimensão necessária para conseguir, por exemplo, abastecer uma cidade durante algumas horas.

Contudo, considerando o estado embrionário destas tecnologias, importa agora atentar na dificuldade, ou até mesmo incapacidade que o Homem tem em controlar os factores naturais responsáveis pela geração de energia. Assim, o seu contributo com energia para a rede não é constante, podendo por vezes chegar a ser insuficiente para responder às solicitações totais da rede ou por outro lado, chegar mesmo a ser desnecessário e excessivo. É por este motivo que na base das redes eléctricas da maioria dos países existem centrais de produção de energia não renovável que garantem uma geração constante, adequada ao consumo médio da população em questão, que por sua vez pode ser auxiliada pelas fontes produtoras de energia renovável despachável, como é o caso da hídrica, sempre que houver maiores solicitações à rede.

Este é, de facto, um dos aspectos em que a energia das ondas se distingue dos restantes tipos de energias renováveis porque, ao contrário do vento ou do sol, as ondas do mar, embora cíclicas, são permanentes, ou seja, há ininterruptamente energia disponível para ser aproveitada. É, no entanto, necessário referir que as ondas nem sempre apresentam as mesmas características, chegando mesmo a observar-se em alguns países dias de calma durante os quais a agitação marítima é verdadeiramente improfícua.

O trabalho ora apresentado, tal como o título sugere, está focalizado no aproveitamento da energia das ondas marítimas de origem eólica, sendo estas, tal como o nome indica, provenientes da interacção entre o vento e a superfície do mar. No entanto, existe um outro tipo de onda que também pode ser utilizado como fonte de energia, a onda de maré, embora importe neste momento referir que ao longo do trabalho sempre que nos referirmos a energia das ondas ou energia da agitação marítima estaremos a referir as ondas marítimas de origem eólica. A energia das ondas é uma forma de aproveitamento de energia renovável que tem vindo a ganhar maior notoriedade e inúmeros apoiantes nos últimos anos, embora não seja um

tema inovador, uma vez que a primeira patente de que há conhecimento nesta área remonta ao ano de 1799, em França. Mais tarde, na década de 40 do século passado, o Japonês Yoshio Masuda começava o seu longo trabalho de investigação sobre este tipo de tecnologia, sendo mesmo aclamado por alguns como “o pai da tecnologia de aproveitamento da energia das ondas”. Mas na verdade, só depois da “Crise do Petróleo”, tal como aconteceu com a grande maioria das tecnologias associadas a energias renováveis, é que os sistemas de aproveitamento da energia das ondas começaram a ganhar forma e os países mais desenvolvidos começaram a investir no estudo desta forma de energia, dando origem a grandes centros de investigação que ainda hoje se encontram em funcionamento.

Grande parte dos centros e grupos de investigação que surgiram nessa altura e até ao final do século XX situam-se na Europa em países como o Reino Unido, Irlanda, Noruega e Portugal, onde o Instituto Superior Técnico e o Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação foram pioneiros. O seu aparecimento aumentou exponencialmente na década de 90, isto porque em 1991 a Comissão Europeia passou a integrar a energia das ondas no seu programa I&D (Investigação e Desenvolvimento) de energias renováveis, resultando num aumento considerável do capital investido nesta área (Falcão, 2010). Além dos países europeus aparecem também muitos outros com iniciativas bastante importantes e inovadoras, alguns deles classificados como países em desenvolvimento, como é o caso do Brasil e da China, que embora não sejam países que apresentem um grande potencial energético ao nível das ondas do mar, como se pode ver na Figura 1.1, possuem grandes costas, o que pode resultar numa quantidade de energia produzida considerável. Já os países anteriormente mencionados e também Portugal são alguns dos que usufruem de valores mais elevados da potência disponível neste campo, tendo Portugal cerca de 40 kW/m de frente de onda.

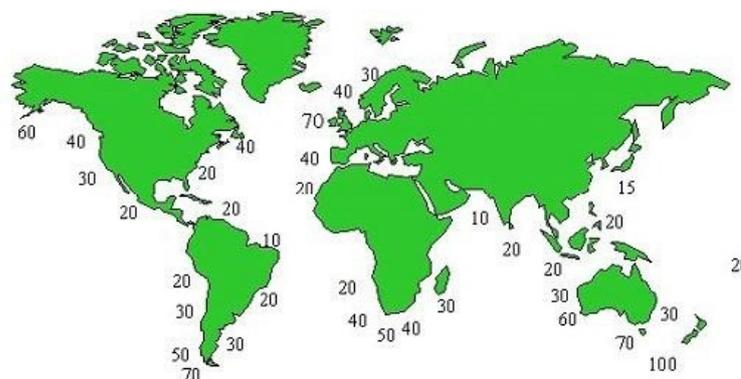


Figura 1.1 – Distribuição mundial do potencial das ondas do mar em kW/m de frente de onda (Extraído de “Potencial e Estratégia de desenvolvimento da energia das ondas em Portugal”, Wavec 2004)

Na verdade, a localização geográfica, a extensa costa marítima, o elevado desenvolvimento socioeconómico junto ao litoral e toda a ligação histórica ao mar são alguns dos aspectos que tornam Portugal num dos países com maior interesse na área da energia das ondas. A costa portuguesa desenvolve-se ao longo de todo o país, perfazendo assim perto de 850 km, embora nem toda esta extensão possa ser utilizada para fins energéticos. Um estudo feito pelo Centro de Energia das Ondas refere, aliás, que a extensão da costa portuguesa disponível e propícia à obtenção da energia das ondas se resume a 250 km (*Wave Energy Centre*, 2004).

Tanto a extensão da costa como os outros aspectos referidos no parágrafo anterior levam a que muitas empresas na vanguarda desta tecnologia queiram testar e instalar os seus protótipos em Portugal, surgindo assim parcerias muito importantes para o desenvolvimento deste tipo de energia e não só, uma vez que essa aposta no nosso país se traduz na entrada de capital, criação de postos de trabalho e numa evolução do *know-how* dos especialistas portugueses.

O crescente desenvolvimento da tecnologia e o aparecimento constante de novos dispositivos levou a que o registo de patentes nesta área tenha aumentado exponencialmente nos últimos anos um pouco por todo o mundo. Portugal é um dos países onde esse aumento se fez sentir com maior notoriedade, uma vez que, conforme referido anteriormente, faz parte do leque de países na vanguarda da tecnologia de aproveitamento da energia das ondas.

Foi o aumento exponencial de diferentes tipos de tecnologia que levou à elaboração deste trabalho, para que fosse possível fazer uma apreciação de todos os dispositivos registados no INPI, a fim de caracterizar com maior clareza e rigor o Estado da Arte do aproveitamento da energia das ondas marítimas. De maneira a atingir este objectivo, recorreremos às bases de dados disponibilizadas *online* pelo INPI e pelo IEP, esta última com o nome de Espacenet, para ter acesso aos documentos de registo de patente de todos os dispositivos de aproveitamento da energia das ondas patenteados em Portugal. Isto porque, será com base nesses documentos que será feita a apreciação e descrição de cada um dos dispositivos.

Para uma mais fácil percepção dos conceitos, começaremos por fazer uma breve abordagem ao estudo das ondas e da energia proveniente destas, passando num segundo momento a apresentar as diferentes tecnologias utilizadas para aproveitar essa mesma energia. Seguidamente será feito um apanhado geral sobre o processo de registo de patentes, explanando alguns conceitos importantes para uma melhor compreensão do trabalho desenvolvido. A listagem e apresentação de todos os dispositivos patenteados em Portugal e cuja patente se encontra activa serão apresentadas no capítulo 5. Por fim será feita uma análise e discussão dos resultados obtidos.

2. ONDAS E A SUA ENERGIA

A massa de água nos oceanos representa 96% deste recurso existente à superfície da Terra. Sabendo-se que a água cobre 71% da superfície terrestre é possível ter uma ideia da sua imensidão. Associada a toda essa massa de água está uma grande quantidade de energia que pode ser dividida em quatro grupos principais e cuja diferença reside na origem dessa mesma energia. É de conhecimento geral que a temperatura e a salinidade não são constantes em toda a massa de água, sendo possível a utilização dessas diferenças para produção de energia, o que talvez não seja tão perceptível é o facto dessas mesmas diferenças a que os oceanos estão sujeitos poderem estar na origem de correntes marítimas chamadas termohalinas que, por sua vez, são aproveitadas como fonte energética. A onda de maré, gerada essencialmente pela atracção entre o Sol, a Lua e a Terra, é também responsável por outra forma de energia a que se dá o nome de energia das marés. Por último vem a energia da agitação marítima, vulgarmente designada por energia das ondas, que é aquela que mais facilmente se identifica, bastando para tal pensar por exemplo nos estragos associados à força das ondas do mar que todos os anos são noticiados em Portugal. É sobre esta forma de energia que vai incidir este estudo e mais particularmente este capítulo, onde se explicará a origem dessa energia e o modo como ela pode ser aproveitada. Será também feita uma introdução teórica ao estudo das ondas que teve por base inúmeras fontes apresentadas nas referências bibliográficas.

2.1. Estudo das Ondas

2.1.1. Tipos de ondas e suas características

É do maior interesse começar por apresentar um esquema com as grandezas mais utilizadas no estudo das ondas e algumas outras que surgem da relação entre estas. A figura 2.1 e as consequentes equações visam então esclarecer e apresentar essas grandezas de forma a facilitar a leitura e compreensão deste capítulo.

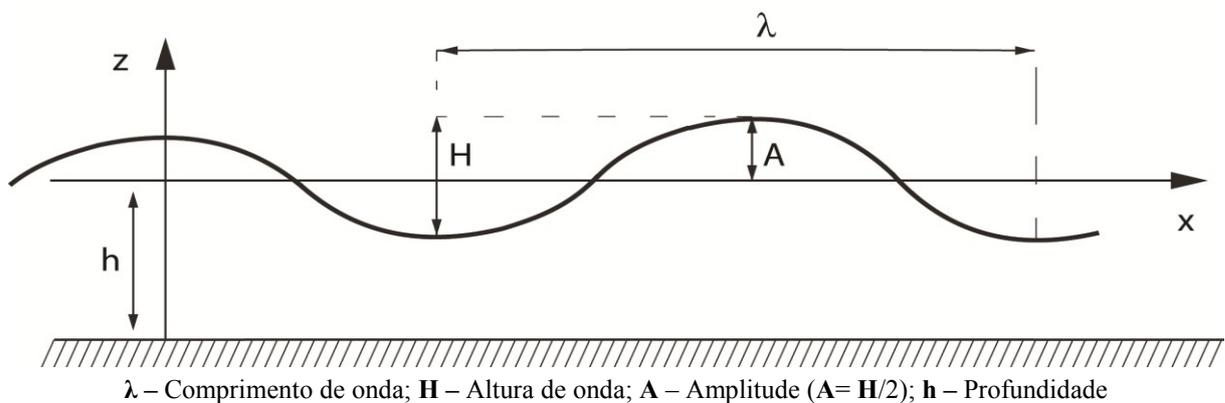


Figura 2.1 – Perfil instantâneo da superfície livre do mar e características principais das ondas

Ao relacionar alguns destes valores podemos ainda obter outras grandezas que permitem uma melhor caracterização da onda, como sejam:

Período, T (s)

Número de onda, $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ (rad/m)

Frequência, $f = \frac{1}{T}$ (1/s)

Celeridade, $c = \frac{\lambda}{T}$ (m/s)

Frequência angular, $\omega = \frac{2\pi}{T}$ (rad/s)

Nos oceanos são considerados normalmente dois tipos de movimentos, o movimento das partículas líquidas e o movimento da forma da onda, a que se dá o nome de propagação. Este segundo movimento pode ser bastante ilusório, uma vez que olhando para a superfície da água se fica com a percepção de que há transporte da massa de água, embora isso nem sempre se verifique. É através destes dois movimentos distintos que se faz a primeira classificação das ondas, podendo estas ser ondas de oscilação e ondas de translação.

Ondas de oscilação são aquelas onde não há transporte de massa líquida, ou seja, as partículas de água descrevem órbitas fechadas que apresentam uma forma aproximadamente circular. A velocidade das partículas e a celeridade da onda, associada ao movimento da forma desta, têm então o mesmo sentido na crista da onda, enquanto que na cava, o sentido é contrário, permitindo que não haja transporte de massa segundo o eixo xx como se pode verificar na Figura 2.2 a).

Já nas ondas de translação há transporte de massa na direcção da propagação da onda chegando mesmo a observar-se numa situação extrema a totalidade das partículas de água a deslocarem-se com o mesmo sentido e direcção da celeridade da onda, como por exemplo numa onda de cheia de um rio tal como está representado na Figura 2.2 b).

Atentando agora no caso real das ondas do mar afastadas da rebentação, com o objectivo de as classificar segundo os parâmetros acima referidos, verifica-se que estas são ondas onde há transporte de massa, embora o movimento das partículas seja bastante semelhante ao observado nas ondas de oscilação. A única diferença reside então no facto das órbitas descritas pelas partículas de água não serem fechadas, mas sim contínuas, como se pode observar no esquema apresentado na Figura 2.2 c), e a que se dá o nome de *drift* da onda. O transporte de massa que se verifica nas ondas do mar é normalmente resultante da acção do vento e é feito no sentido do movimento da forma da onda até uma certa profundidade, em que esse sentido se inverte, caso contrário haveria uma acumulação de água junto à costa.

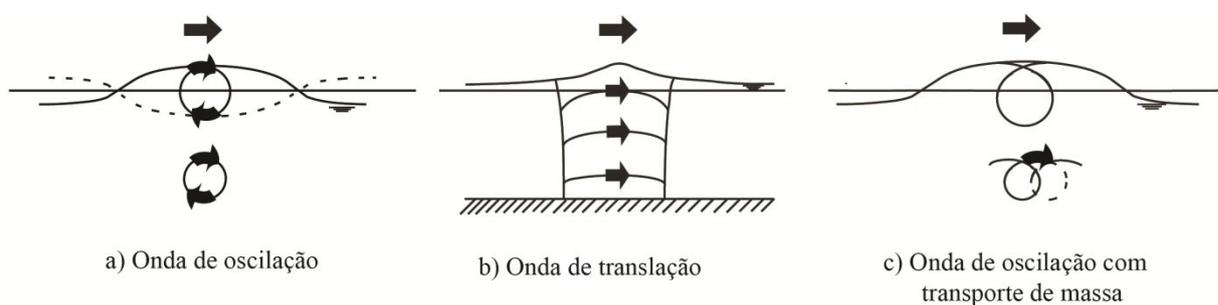


Figura 2.2 – Ondas de oscilação e translação

Após se ter concluído que as ondas do mar, afastadas da rebentação, são ondas em tudo semelhantes às ondas de oscilação, com a particularidade de haver transporte de massa, torna-se necessário apresentar a onda progressiva e a onda estacionária, que são dois tipos distintos de onda de oscilação, cuja diferença reside no sentido do movimento da forma. A onda progressiva é aquela que mais frequentemente se observa nos oceanos, e que se desloca sem que se verifique uma deformação tal como se pode visualizar na Figura 2.3 a). Quanto à onda estacionária, que se verifica em ambientes com fronteiras rígidas e bastante próximas, como é o caso de piscinas, ou até mesmo em zonas portuárias, esta onda não apresenta um sentido aparente ou perceptível ao observador, sendo por vezes considerada como a sobreposição de duas ondas progressivas de igual amplitude e período mas com sentidos opostos. Tal como se pode verificar na Figura 2.3 b), esta onda é caracterizada pela formação de nodos, que correspondem a pontos fixos que representam a intercepção dessas duas ondas progressivas.

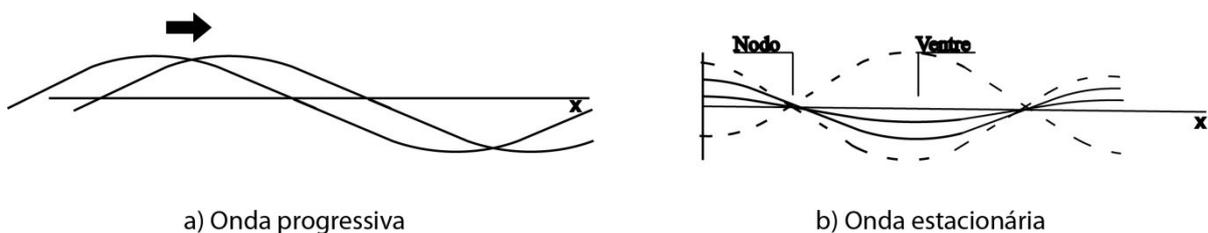


Figura 2.3 – Ondas progressivas e estacionárias

Existe ainda uma outra forma de caracterizar as ondas que se baseia nas forças responsáveis por manter as partículas na sua posição de repouso, ou por reconduzi-las a essa posição quando estas dela se afastem. A estas forças dá-se o nome de forças restabelecedoras do equilíbrio, e são elas a tensão superficial e a força da gravidade, dando origem às ondas capilares e às ondas de gravidade respectivamente.

As ondas capilares ou ríduladas, segundo alguns autores portugueses, são originadas por ventos muito fracos o que faz com que a tensão superficial seja suficiente para repor o equilíbrio quando a acção do vento deixa de se sentir. A sua origem leva a que tenham períodos muito reduzidos e pequenos comprimentos de onda, normalmente inferiores a 2 cm. Assim sendo, o efeito destas ondas não é considerado quando o estudo pretendido está associado a ondas com períodos superiores a 0,5 segundos, logo pode-se concluir que serão irrelevantes para o estudo do aproveitamento da energia das ondas. Quanto à força da gravidade, esta é responsável pelo restabelecimento do equilíbrio das partículas das ondas gravíticas. Embora a força restabelecedora do equilíbrio seja comum a este tipo de ondas, importa referir que a sua origem pode ser variada, levando à formação de ondas com diferentes características, tal como se pode observar no Quadro 2.1. Essas diferenças podem ser bastante acentuadas, como se verifica na gama de valores do período, que pode variar entre os 2 segundos nas ondas de origem eólica, até às 12 horas nas ondas de maré.

Quadro 2.1

Tipo de Onda	Causa	Período
Vaga	Vento	< 12 s
Ondulação		< 25 s
Seicha	Várias	[1,30] min
Vaga Sísmica	Sismo	[5,60] min
Maré	Forças de atracção da Lua e do Sol	≈ 12 horas

De relevo para este trabalho, partindo do quadro acima apresentado, será desenvolver principalmente o estudo relativo às ondas de origem eólica uma vez que são as que apresentam as melhores características para o aproveitamento de energia através dos dispositivos que serão apresentados mais à frente. Não obstante, este facto não invalida que outro tipo de ondas, tal como a onda de maré, possa ser aproveitada para fins energéticos, tal como foi referido no parágrafo introdutório deste capítulo.

As ondas de origem eólica, tal como o nome indica são o resultado da transmissão de energia por parte do vento para a superfície líquida. Essa transmissão de energia, que se verifica devido às diferentes velocidades dos fluídos e ao atrito existente entre eles, não é constante ao longo do espaço nem do tempo, variando principalmente com a distância na qual o vento actua sobre a superfície líquida sem a presença de obstáculos, a que se dá o nome de *fetch*. A uma maior velocidade do vento vai corresponder uma maior altura e um maior período de onda, dependendo estes dois valores também do *fetch*, uma vez que quanto maior este for, mais será a possibilidade de haver trocas de energia entre os dois fluídos. Verifica-se então que ao longo da “vida” de uma onda esta atravessa várias fases, nas quais ocorrem inúmeras alterações das suas características provocadas por diferentes factores que serão brevemente apresentados nos parágrafos seguintes.

A zona de geração é o local de surgimento da onda. Esta zona é uma zona de difícil caracterização, já que as ondas apresentam formas bastante irregulares, com diferentes períodos e alturas, sendo normal recorrer-se a dados estatísticos para as definir. A este tipo de onda, sob influência apenas dos ventos locais, dá-se normalmente o nome de vaga. À medida que a vaga se distancia da zona de geração, e devido à acção mais constante do vento, esta começa a tomar um comportamento mais regular, homogeneizando assim o seu período e a sua altura. Quanto mais afastada estiver da zona de geração mais regular se torna a ondulação, nome dado a este tipo de onda, embora nunca chegue a atingir a total regularidade, que apenas se pode obter em laboratório. Nesta fase de propagação da ondulação, a profundidade da onda não tem qualquer influência na forma ou na velocidade da onda, uma vez que o seu valor quando comparado com o comprimento de onda é muito elevado ($h > \lambda/2$). Assim sendo, a velocidade ou celeridade da onda vai depender apenas do período da onda nesta zona em que a distância ao fundo do mar é classificada como grande profundidade.

Pensando agora no crescente afastamento das ondas da zona de geração é necessário ter especial atenção ao facto da profundidade do mar ir diminuindo gradualmente até este atingir a costa. Com a diminuição da profundidade, começam-se a observar alterações no movimento e forma das ondas, uma vez que a sua celeridade passará a não depender só do período mas também da profundidade. Uma das diferenças que não é facilmente detectada está relacionada com o movimento de rotação das partículas da água que já foi referido anteriormente. Ao diminuir a profundidade, o movimento de rotação que as partículas assumem (*surge*) dá origem a um movimento elíptico, tornando-se mais evidente à medida que nos aproximamos do fundo do mar, este movimento elíptico leva a que a trajectória das partículas se torne praticamente horizontal, alternando o seu sentido consoante se esteja na presença da cava ou da crista da onda. Nesta zona onde a razão entre a profundidade e o comprimento de onda varia entre $h < \lambda/2$ e $h > \lambda/20$, diz-se que se está em águas de profundidade intermédia, sendo que a restante zona até à costa se classifica como pouco profunda.

Outro fenómeno que se verifica devido à diminuição da profundidade é a refração, que consiste no encurvamento dos raios de onda¹, de maneira a que a crista da onda se posicione paralelamente às linhas batimétricas². Este fenómeno é facilmente explicado com a diminuição da celeridade da onda devido à redução da distância ao fundo do mar. Uma vez que a batimetria não é constante vai haver discrepâncias nas distâncias ao fundo do mar entre troços de onda contíguos, levando a que os troços com maior celeridade se encurvem de maneira a que a onda se adapte ao relevo oceânico, levando a que as cristas tendam a ficar paralelas às linhas batimétricas. É por isso facilmente explicável que as ondas tendam a convergir para os promontórios divergindo nas baías.

Por fim, releva ainda referir dois importantes fenómenos que estão relacionados com a diminuição da profundidade e são bastante perceptíveis ao comum observador: o empolamento e a rebentação.

As ondas do mar contêm um fluxo de energia, cuja expressão se encontra apresentada mais à frente (Eq. 2.17) e que depende, entre outros factores, da altura da onda e da sua celeridade. Atentando agora na expressão da celeridade para pequenas zonas de pequena profundidade, $c = \sqrt{gh}$ para $h < \lambda/20$, podemos constatar que esta deixa de depender do período, como acontece em grandes profundidades, e passa a depender unicamente da profundidade, diminuindo à medida que esta também diminui. Assim sendo, e considerando que o fluxo de energia é constante, ou seja, que não existe dissipação de energia ou reflexão da onda, podemos através da análise das expressões 2.9 e 2.17 constatar que associado à diminuição da celeridade tem que haver um aumento da altura de onda. A esse fenómeno dá-se o nome de empolamento. Uma vez que a profundidade diminui até que se atinge a costa, ou seja, que a celeridade também vai diminuindo até à costa, as ondas vão atingir um ponto em que a sua altura e a diferença de velocidade entre a massa de água no cimo da onda e no fundo desta vai ser tão elevada que vai criar uma situação de grande instabilidade, que por sua vez leva à rebentação, dando por concluído o ciclo de uma onda.

2.1.2. Teoria das ondas

Ao longo dos últimos séculos, várias foram as teorias que surgiram na tentativa de definir com todo o rigor o comportamento das ondas. A primeira desse conjunto de teorias data do século XVII e foi apresentada por Isaac Newton, em que este defendia que a frequência das ondas em zonas de grande profundidade era proporcional ao comprimento de onda, estando ciente no entanto que a sua teoria não estava totalmente correcta uma vez que considerava que

¹ Raios de onda são linhas imaginárias perpendiculares às cristas das ondas.

² Linhas batimétricas são linhas de nível que definem o relevo submarino, normalmente designado por batimetria.

as partículas de água se deslocavam para cima e para baixo com uma trajectória linear embora soubesse que a trajectória real era circular. Durante os anos seguintes houve inúmeros cientistas que tentaram aperfeiçoar a teoria de Newton, mas só muito tempo depois é que um cientista nascido na Republica Checa, antiga Boémia, chamado Franz Joseph von Gerstner, conseguiu chegar a uma solução não linear para a teoria das ondas. Embora essa teoria tenha sido propugnada por muitos, nos anos que se seguiram, ela não reflectia a total realidade, uma vez que considerava o escoamento irrotacional (Craik, 2004).

Depois da teoria de von Gerstner muitas outras teorias foram apresentadas, que se distinguiam entre si através das hipóteses simplificativas que cada uma considerava ou através dos métodos de cálculo utilizados para atingir as soluções pretendidas. Embora houvesse diferenças consideráveis entre elas, na realidade, todas elas tinham algo em comum: as soluções que pretendiam atingir, uma vez que o objectivo de qualquer teoria das ondas é obter a elevação da superfície livre em relação à posição de repouso, a distribuição de pressões na massa da onda e por fim a velocidade das partículas que a constituem.

Tendo em consideração o objectivo do presente trabalho, optámos por apresentar apenas a teoria com maior aplicabilidade prática e com maior relevância para o estudo energético das ondas do mar. Essa teoria é normalmente designada por teoria linear embora seja também conhecida por “teoria da onda de pequena amplitude”.

O nome “teoria da onda de pequena amplitude” surge devido a uma das exigências que é necessário considerar para que a aplicação desta teoria seja válida, em oposição às teorias não lineares que, tal como o nome indica, contêm termos não lineares que obrigam a cálculos exaustivos e bastante complexos para a sua resolução. Esta exigência está, de facto, directamente relacionada com o valor do quociente entre a amplitude de onda e o seu comprimento. Esse valor a que se dá o nome de declividade da onda deve ser considerado inferior a 14% para que a aplicação da teoria linear seja fidedigna e, considerando que na natureza os valores observados são regra geral muito inferiores, a rondar os 5%, pode-se então concluir que esta hipótese simplificativa não vai trazer erros relevantes para a caracterização da onda.

Além da imposição *supra* referida importa também realçar duas hipóteses consideradas aquando da formulação da teoria linear. A primeira prende-se com o facto de se desprezar os efeitos da viscosidade, para assim se poder considerar o fluido irrotacional, o que significa que as três incógnitas ($\mathbf{u}, \mathbf{v}, \mathbf{w}$) associadas às três direcções ortogonais ($\mathbf{x}, \mathbf{y}, \mathbf{z}$ respectivamente) da velocidade das partículas (\mathbf{V}), vão poder ser substituídas apenas por ϕ , denominado potencial de velocidade. Embora a componente \mathbf{v} , que diz respeito à velocidade na direcção perpendicular à propagação da onda, seja tida como nula porque o estudo das ondas efectuado

através da teoria linear baseia-se na consideração de uma série de planos verticais consecutivos e paralelos à direcção da onda. É necessário também considerar o fluido incompressível, mas tal hipótese não apresenta grandes dificuldades uma vez que é feita numa área bastante vasta do estudo da mecânica dos fluidos.

Importa garantir que as ondas em estudo estejam suficientemente afastadas da zona de geração e que a distância ao fundo do mar seja superior a $\lambda/20$, de modo a assegurar que todas as considerações feitas anteriormente não resultam em discrepâncias acentuadas em relação aos valores reais. A proximidade à zona de geração e às irregularidades aí observadas, assim como as interacções com o fundo do mar em zonas de pequenas profundidades levam à inaplicabilidade da teoria linear, uma vez que a irregularidade das acções nesses locais é de difícil quantificação e qualificação.

Anteriormente foram enunciadas as principais metas que se pretende alcançar através de uma teoria relacionada com ondas e as restrições da teoria linear. Parece, no entanto, pertinente referir que o procedimento matemático e físico para atingir os dados pretendidos se encontra explanado com grande rigor em alguns dos documentos mencionados nas referências bibliográficas, nomeadamente Oliveira, 1986; Dean e Dalrymple, 1984 e Méhauté, 1976.

2.1.3. Energia das Ondas

O facto de que as ondas contêm energia não é uma surpresa para quem tenha já tido contacto com o mar, o que leva a que grande parte da população de Portugal tenha essa percepção.

A energia de uma onda no uso corrente da expressão diz respeito à energia mecânica que a onda transporta, que por sua vez pode ser decomposta em dois tipos, a energia cinética (E_c), que está associada ao movimento das partículas que esta possui e a energia potencial (E_p), que se deve ao desfasamento da posição das partículas em relação à posição de repouso. Assim sendo, pode escrever-se a seguinte expressão para a energia mecânica total de uma onda (E_t).

$$E_t = E_c + E_p \quad (2.1)$$

A energia potencial de uma massa m a uma distância z de um plano horizontal é calculada através da expressão $E_t = mgz$. No entanto, para determinar a energia potencial associada ao movimento ondulatório, que será a parcela relevante para cálculo da energia mecânica das

ondas, será necessário saber-se o valor da energia potencial total de uma coluna de água unitária (E_{pt}) e da energia potencial em repouso dessa mesma coluna (E_{prc}).

Ao considerar uma coluna líquida de base unitária desde o fundo do mar até à superfície e considerando um volume elementar $dv = 1 \times dz$ sendo dz a altura da coluna unitária e considerando η a distância entre a superfície livre e o fundo do mar (ver representação esquemática na Figura 2.4) obtém-se a seguinte expressão para a energia potencial total,

$$E_{pt} = \int_{-h}^{\eta} g\rho z dz \quad (2.2)$$

Importa referir que a cota do fundo do mar aparece como negativa uma vez que o eixo de referência foi aplicado ao nível da posição de repouso da superfície livre. Resta então apresentar a expressão que permite calcular a energia potencial de repouso, que será semelhante à anterior fazendo variar apenas os limites do integral,

$$E_{prc} = \int_{-h}^0 g\rho z dz \quad (2.3)$$

Para chegar ao valor da energia potencial associada ao movimento ondulatório basta agora subtrair a expressão 2.3 à expressão 2.2. Fazendo essa operação e resolvendo o integral retira-se a expressão pretendida em função de η (2.4).

$$E_p(\eta) = \frac{1}{2} \rho g \eta^2 \quad (2.4)$$

Relembrando agora que se verificam os campos de utilização da teoria linear, é de todo o interesse substituir η pela expressão 2.5 (expressão da superfície livre obtida através da teoria linear), obtendo assim a expressão 2.6. Uma vez que η não é constante ao longo de todo o comprimento de onda, após a substituição referida é necessário integrar a expressão obtida ao longo desse comprimento para assim se obter a energia potencial por unidade de superfície.

$$\eta = \frac{H}{2} \sin(kx - \omega t) \quad (2.5)$$

$$E_p = \frac{1}{4} \rho g A^2 \quad (2.6)$$

As incógnitas t e x presentes na equação 2.5 dizem respeito ao tempo decorrido desde o início do ciclo da onda e à distância horizontal que esta percorreu até esse momento, respectivamente. Todas as outras grandezas foram apresentadas e devidamente identificadas anteriormente.

Considerando agora o mesmo volume elementar $d\mathbf{v}$ de massa $dm = \rho d\mathbf{v}$, a sua energia cinética pode ser apresentada através da seguinte expressão,

$$E_c = \frac{1}{2} \rho \int_{-h}^{\eta} (u^2 + w^2) dz \cong \frac{1}{2} \rho \int_{-h}^0 (u^2 + w^2) dz \quad (2.7)$$

Importa salientar que a aproximação considerada só foi possível por se admitir estar dentro das premissas da teoria linear, sendo neste caso considerado que se trata de uma onda de pequena amplitude. As incógnitas \mathbf{u} e \mathbf{w} já referidas neste capítulo dizem respeito à componente horizontal e vertical da velocidade da onda, respectivamente. Uma vez que o seu valor também varia ao longo do comprimento de onda, vai ser necessário integrar a expressão anterior, tal como foi feito para a energia potencial. Obtendo depois dessa integração a seguinte equação,

$$E_c = \frac{1}{4} \rho g A^2 \quad (2.8)$$

Como se pode observar a energia potencial associada ao movimento das ondas por unidade de superfície é idêntica à energia cinética. Apresenta-se agora a expressão da energia total por unidade de superfície (Eq. 2.9) seguida da expressão da energia total por comprimento de onda (2.10).

$$E_t = E_c + E_p = \frac{1}{2} \rho g A^2 \quad (2.9)$$

$$E_t = E_c + E_p = \frac{1}{2} \rho g A^2 \lambda \quad (2.10)$$

Concluída esta fase torna-se necessário avaliar a quantidade de energia transportada pela onda, ou seja, a potência por esta transmitida, isto porque uma das grandes vantagens da energia associada às ondas do mar é o facto de a sua propagação ser feita ininterruptamente, garantindo assim um fluxo de energia contínuo. Para tal, vai-se recorrer ao auxílio de um plano vertical Ω , normal à direcção de propagação da onda representado na Figura 2.4 por PP' , sobre o qual se define uma superfície $d\mathbf{S}$ com largura unitária e uma altura $d\mathbf{z}$.

Atentando agora na área elementar atrás definida pode constatar-se que através dela passa um determinado volume de fluido, $dV = 1 \times dz \times u dt$ com uma massa de $dm = \rho dV$, num intervalo de tempo dt . Este volume de água, tal como já foi referido, contém energia potencial e energia cinética, de onde se pode concluir então que o fluxo de energia que passa através de $d\mathbf{S}$ resulta do fluxo de massa que transpõe essa mesma superfície e que possui os

dois tipos de energia. O fluxo de energia cinética e o fluxo de energia potencial referidos anteriormente podem ser descritos pelas seguintes expressões:

$$dE_p = \rho g z (u dz dt) \quad (2.11)$$

$$dE_c = \frac{1}{2} \rho (u^2 + w^2) (u dz dt) \quad (2.12)$$

Além destes dois tipos de energia é necessário ainda considerar uma terceira parcela que compõe o fluxo total de energia e que está associada à força de pressão que a massa líquida a montante do plano Ω exerce sobre a massa a jusante dentro dos limites da área elementar. O trabalho realizado por essa força de pressão, ou fluxo de energia da força de pressão será então a última componente do fluxo total de energia e é definido pela expressão 2.13, onde p é a força de pressão definida por $p = \rho dz$.

$$dE_{pr} = p (u dz dt) \quad (2.13)$$

Somando as três últimas equações obtemos assim a expressão do fluxo total de energia que atravessa dS no intervalo de tempo dt .

$$dE_f = dE_p + dE_c + dE_{pr} = [\rho g z + \frac{1}{2} \rho (u^2 + w^2) + p] \times (u dz dt) \quad (2.14)$$

Analisando esta expressão com cuidado e recorrendo à equação de Bernoulli para escoamentos irrotacionais variáveis utilizada na teoria linear (Eq. 2.15) verifica-se imediatamente que ao dividir todas parcelas da equação anterior por ρ se pode apresentar o fluxo de energia através da expressão 2.16.

$$\frac{\partial \phi}{\partial t} + \frac{v^2}{2} + \frac{p}{\rho} + g z = 0 \quad (2.15)$$

$$dE_f = -\rho \frac{\partial \phi}{\partial t} (u dz dt) \quad (2.16)$$

Pensando agora numa perspectiva mais prática é necessário adaptar as expressões associadas ao fluxo energético que passa na área dS aos limites considerados anteriormente para uma onda generalizada. Para tal basta integrar a expressão 2.16 no intervalo de tempo correspondente ao período de uma onda e integrar também entre o fundo do mar e a superfície livre, sendo que nesta última será feita a aproximação já referida para a expressão 2.7, relativa à amplitude da onda. Recorrendo à solução obtida para o potencial da velocidade através da

teoria linear e efectuando as integrações atrás referidas obtém-se a expressão final para o fluxo de energia por unidade de tempo que atravessa uma superfície vertical de largura unitária perpendicular à propagação da onda,

$$E_f = E \times C \times n \quad (2.17)$$

em que C é a celeridade da onda, E é a energia total da onda por unidade de superfície (Eq. 2.9) e n é um factor que varia consoante a profundidade e que toma o valor de 0,5 para grandes profundidades ($h > \lambda/2$) e de 1 em pequenas profundidades ($h < \lambda/20$).

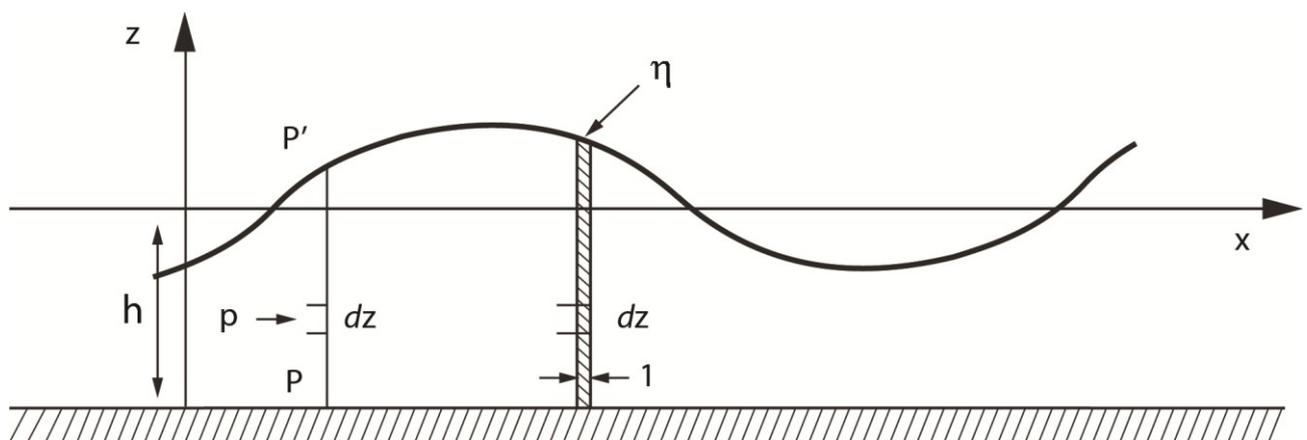


Figura 2.4 – Perfil instantâneo da superfície livre do mar e esquema ilustrativo auxiliar às expressões da determinação da energia da onda.

3. TECNOLOGIAS

A tecnologia de aproveitamento da energia das ondas, tal como tem vindo a ser referido ao longo do trabalho, está em constante evolução e uma das razões principais para que assim seja é o facto de ainda não ter sido alcançada uma técnica que satisfaça todas as exigências que um dispositivo de aproveitamento da energia das ondas deve cumprir. Este facto leva a que se torne necessário fazer uma apresentação das técnicas mais utilizadas, sendo no entanto necessário frisar que o permanente desenvolvimento nesta área não permite afirmar que sejam as únicas, nem mesmo que sejam as que representam o futuro do aproveitamento da energia das ondas.

Existem inúmeras maneiras de agrupar os diferentes dispositivos, sendo uma das mais usuais a distância a que estes se devem encontrar da costa, sendo costume essa classificação ser dividida em três categorias, dispositivos instalados no recorte costeiro (*onshore/shoreline*), dispositivos próximos da costa (*nearshore*) e por último dispositivos afastados da costa (*offshore*). Esta distância não tem uma real utilidade prática, mas está directamente associada à profundidade, que como já foi referido é um factor determinante na caracterização do estado do mar. Além do estado do mar convém ainda realçar outros factores muito importantes relacionados com a distância dos dispositivos à costa, que são as dificuldades e os encargos que existem em excesso no caso dos dispositivos *nearshore* e *offshore*, relativos ao transporte da electricidade até à costa, transporte esse que é feito através de cabos submersos. No entanto neste trabalho optámos por fazer uma outra divisão que considerámos mais adequada ao estado da técnica actual e mais restritiva, de modo a agrupar de uma forma mais intuitiva os dispositivos. Esta divisão tem por base a tecnologia específica utilizada para captação de energia, que pode ser a coluna de água oscilante (CAO), os corpos oscilantes, dispositivos diferenciais e dispositivos sujeitos a galgamento. Para uma melhor compreensão dos diferentes tipos de tecnologias utilizados nesta área, faremos agora uma pequena descrição de cada uma destas tecnologias.

No final do capítulo está uma figura, Figura 3.1, que tenta, de forma esquemática, representar cada um dos tipos de dispositivos que constituem a divisão considerada no presente trabalho.

3.1. Coluna de água oscilante (Figura 3.1 – 8)

Este tipo de tecnologia é normalmente associada a dispositivos instalados *onshore*, embora comecem também a aparecer algumas variantes que utilizam esta mesma técnica mas que são

instalados *nearshore*, embora não haja nenhuma patente deste tipo de dispositivo registada em Portugal, como se poderá ver mais à frente. Este tipo de tecnologia foi uma das primeiras a ter realmente um impacto no consumo de energia uma vez que o primeiro dispositivo de aproveitamento da energia das ondas ligado a uma rede eléctrica baseava-se no sistema de coluna de água oscilante, e por isso mesmo este tipo de engenhos são conhecidos como dispositivos de primeira geração.

Os dispositivos de coluna de água oscilante são instalados aproveitando o recorte da costa e apresentam estruturas bastante simples compostas por uma câmara oca, normalmente em betão, que é aberta na parte inferior, permitindo assim a entrada de água do mar, uma vez que parte dessa câmara se encontra submersa. Além da abertura inferior, esta câmara tem também uma abertura de dimensões bastante mais reduzidas na parte superior, onde se encontra instalada uma turbina de ar com a particularidade de manter constante o sentido da sua rotação qualquer que seja o sentido do fluxo de ar que por ela passa.

O aproveitamento da energia das ondas para a produção de energia eléctrica é feito através da rotação da turbina anteriormente descrita, a qual estará posteriormente associada a um gerador. O fluxo de ar, vai ser criado através da variação de pressão do ar dentro da câmara oca e essa diferença de pressões deve-se à subida e descida do nível da água do mar. Quando a onda atinge o dispositivo o nível da água aumenta, comprimindo o ar que ocupa a restante câmara. Com esse aumento de pressão o ar vai-se deslocar para o exterior da câmara através da turbina, a qual com a passagem do ar entrará em funcionamento. No movimento contrário da onda, o nível da água do mar dentro da câmara vai diminuir havendo uma consequente diminuição da pressão nesse local, a qual é responsável pela entrada de ar na câmara através da turbina. Estas variações de pressão e o consequente fluxo de ar que confere movimento de rotação à turbina são os responsáveis pelo aproveitamento da energia das ondas para produção de energia eléctrica através de dispositivos de coluna de água oscilante.

3.2. Corpos oscilantes

Os corpos oscilantes são usualmente denominados de dispositivos de terceira geração, estando essa classificação associada à sua instalação que é, na grande maioria dos casos, feita *offshore*. A distância a que estes dispositivos são instalados está, como já foi referido e explicado anteriormente com maior detalhe, relacionada com a profundidade do mar necessária para que o seu funcionamento apresente o maior rendimento possível, sendo o valor médio dessa profundidade 50 metros.

Devido à vastidão de tecnologias classificadas como corpos oscilantes é usual dividi-las em várias subclassificações para facilitar a identificação das propriedades singulares de cada uma dessas tecnologias, nunca esquecendo o facto de todas elas serem constituídas por corpos com movimento oscilante, ou seja, corpos que devido à força das ondas assumem movimentos de vaivém caracterizados na sua maioria por passarem sempre pelas mesmas posições. Tal como acontece com as classificações principais dos DAEO, também nesta subclassificação não há um consenso entre os especialistas da área e assim sendo, depois de uma pesquisa feita a classificações de diferentes autores, tais como o Professor António Falcão e o Professor António Sarmiento ou ainda pesquisas feitas em *sites* de centros de investigação como o Centro de Energia das Ondas ou o The European Marine Energy Centre Ltd., optámos por conjugar algumas dessas classificações de maneira a obter a divisão de tecnologias que considerámos mais apropriada e de mais fácil compreensão.

3.2.1. Flutuadores com movimento linear compostos por um só corpo (Figura 3.1 – 1)

A subclasse aqui apresentada é composta principalmente por sistemas denominados por *point absorbers* ou seja, dispositivos que contêm um corpo flutuante com uma geometria axissimétrica cujas dimensões são bastante inferiores ao comprimento de onda e que se encontram instalados *offshore*. Esse corpo está preso por meio de cabos ou ligações rígidas ao fundo do mar onde geralmente também se encontra a cabine com o sistema de transformação de energia que, através do movimento do corpo oscilante que acompanha o movimento das ondas, faz mover um gerador ou outro tipo de sistema que transforme a energia das ondas em energia eléctrica, hidrogénio ou ar comprimido. Nos dispositivos *point absorbers* mais recentes opta-se quase sempre por um sistema de transformação de energia munido de um gerador eléctrico com a particularidade de esse mesmo gerador ser linear ao contrário dos geradores tradicionais que se utilizavam anteriormente. Uma vez que se trata de dispositivos de pequenas dimensões, a sua produção de energia não é elevada, sendo por isso necessário apostar na instalação de vários dispositivos no mesmo local pra que isso se traduza numa produção de energia rentável e que justifique a sua ligação à rede eléctrica nacional.

Além dos dispositivos comumente conhecidos como *point absorbers* e após uma análise às diferentes classificações dos DAEO, considera-se que existem outras tecnologias que podem ser inseridas nesta categoria. Essas tecnologias baseiam-se igualmente num flutuador que se encontra à superfície do mar ou parcialmente submerso e que, através do movimento ascendente e descendente das ondas, vai transformar a energia das ondas nas outras formas de energia enumeradas no parágrafo anterior. A diferença destes dispositivos está associada ao ponto em relação ao qual o flutuador se movimenta e ao seu sistema de amarração.

Ao contrário do que acontece nos *point absorbers*, existem dispositivos que são suportados por estruturas flutuantes ou fixas no fundo do mar, mas que se encontram acima da superfície da água, o que significa que o movimento aproveitado para a transformação de energia será o movimento relativo a um ponto situado a uma cota superior à do próprio flutuador, tal como acontece no dispositivo apresentado mais à frente na patente EP1196690 (B1). Outra forma de sustentação do flutuador consiste num braço metálico horizontal situado acima do flutuador e que na extremidade oposta à do flutuador se encontra fixo numa estrutura própria para o efeito ou então em estruturas costeiras já existentes, como se verifica por exemplo no dispositivo brasileiro registado com a patente EP1713979 (B1).

3.2.2. Flutuadores com movimento linear compostos por diversos corpos (Figura 3.1 – 4)

Ao contrário do que acontece na subclasse anterior, o movimento aproveitado para a transformação de energia neste tipo de dispositivos é o movimento relativo entre dois ou mais corpos, e não o movimento em relação ao fundo do mar ou a uma estrutura estática. Esta tecnologia veio tentar ultrapassar os problemas que se observavam aquando da amarração ou até mesmo da instalação desses dispositivos, relacionados com as grandes profundidades a que eles se encontram.

A estrutura mais usual neste tipo de tecnologia é composta por dois corpos com uma ligação rígida entre si mas que permite o movimento entre eles. Um dos corpos é um flutuador situado à tona da água ou parcialmente submerso que acompanhará o movimento ascendente e descendente das ondas, enquanto que o outro corpo estará totalmente submerso e tem como função principal aumentar a inércia do sistema, garantindo assim uma maior amplitude do movimento entre ambos os corpos. São também dispositivos que devem ser instalados *offshore* para garantir uma maior regularidade nos seus movimentos, embora uma das vantagens inerente a este dispositivo diga respeito à possibilidade de controlar o movimento relativo entre os diferentes corpos, podendo assim adaptar o movimento às características do mar nesse instante. Embora o corpo submerso aumente a inércia do dispositivo não deixa de ser necessário haver um cabo de amarração ao fundo do mar para garantir que este não se afaste significativamente do seu local de instalação. Este tipo de dispositivo já pode atingir dimensões consideráveis e, com isso, valores de produção de energia elevados, podendo chegar a 1MW de potência, como se poderá ver mais à frente na apresentação dos diferentes dispositivos.

3.2.3. Flutuadores singulares com movimento de rotação (Figura 3.1 – 3)

Nesta subclasse inserem-se todos os dispositivos que se encontram instalados à superfície da água ou parcialmente submersos, os quais através do movimento das ondas, assumem um movimento rotacional aproveitado para a conversão de energia. Enquanto os dispositivos flutuantes já referidos nas subclasses anteriores apresentavam um movimento linear vertical em relação a um ponto fixo ou em relação a um outro corpo, no caso em apreço o corpo estará solitário à superfície do mar com recurso apenas a um cabo de ancoragem que não lhe permita afastar-se em demasia do seu local de instalação e que por vezes também pode ter uma função de segurança que permite recolher o dispositivo para o fundo do mar em casos de tempestade.

Existem diferentes tecnologias já utilizadas para aproveitar o movimento rotacional deste tipo de dispositivo, tais como o giroscópio, utilizado no Pato de Salter (DAEO não patenteado em Portugal), os sistemas que recorrem a circuitos hidráulicos, como é o caso da tecnologia apresentada na patente PT104387 B, ou ainda um sistema bastante inovador da autoria de um grupo de alunos portugueses que tem o nome de ESG (Electric Spherical Generator) e que transforma a energia cinética em energia eléctrica, mas aproveitando os movimentos em 3D e não em 2D como até aqui era feito. Em relação a esta subclasse, importa ainda referir que a sua instalação deve ser feita *offshore* para usufruir de uma maior regularidade das características do mar.

3.2.4. Dispositivos com articulação ancorada no lastro (Figura 3.1 – 7)

Os dispositivos pertencentes a esta categoria são normalmente constituídos por um corpo com uma forma rectangular, por vezes conhecido como asa, que se encontra fixo numa estrutura no fundo do mar através de uma articulação do tipo dobradiça. Esse corpo rectangular encontra-se instalado de maneira a que a superfície com maior desenvolvimento se encontre perpendicular à direcção da propagação da onda, para que as ondas, ao seguir o seu curso normal, embatam nessa superfície obrigando-a a oscilar. O movimento oscilatório será, então, aproveitado com recurso a pistões hidráulicos instalados numa estrutura horizontal fixada no fundo do mar.

Dentro deste tipo de tecnologia há dois dispositivos que marcam a diferença e que se destacam dos restantes, sendo eles o *Oyster* (DAEO não patenteado em Portugal), e o *WaveRoller*, que se encontra na lista de patentes apresentadas no capítulo subsequente. Entre estes dois dispositivos existem várias diferenças, embora haja uma que se sobrepõe a todas as outras, estando directamente relacionada com o princípio utilizado para a captação da energia das ondas.

O *Oyster* é um dispositivo que apresenta uma asa com uma altura superior à profundidade a que está instalado (entre 10 e 15 metros), significando isto que quando esta atingir uma posição perpendicular ao fundo do mar, parte dela estará fora de água. Esta disposição estrutural está relacionada com o princípio de funcionamento do dispositivo, uma vez que este utiliza a força das ondas que embatem na estrutura para que esta rode sobre a sua articulação no sentido da propagação da onda, contrariando assim a pressão exercida pelos pistões sobre ela mesma.

Por outro lado, o *WaveRoller* apresenta dimensões bastante reduzidas e inferiores à sua profundidade, uma vez que o objectivo deste dispositivo é aproveitar o movimento das partículas de água junto ao fundo do mar, fenómeno a que se dá o nome de *surge* e que foi anteriormente explanado no Capítulo 2. Uma vez que as partículas nessa zona do oceano assumem uma trajectória elíptica onde a componente horizontal tem supremacia, pode-se facilmente compreender que ao contrário do que acontece com o *Oyster*, neste caso pretende-se aproveitar ambos os movimentos da asa, tanto no sentido da propagação da onda como no sentido oposto. Este fenómeno verifica-se com maior preponderância em profundidades intermédias sendo então conveniente que a instalação deste dispositivo seja feita *nearshore*.

3.2.5. Atenuadores (Figura 3.1 – 2)

A esta subclasse também se pode dar o nome de dispositivos progressivos, uma vez que o seu desenvolvimento estrutural se dá no sentido da propagação da onda e a captação de energia dá-se de forma progressiva ao longo do desenvolvimento da mesma. A estrutura destes dispositivos encontra-se instalada à superfície da água e tem uma forma alongada com uma extensão da ordem de grandeza do comprimento de onda. Um dispositivo deste tipo é composto por dois ou mais corpos semelhantes ligados entre si através de articulações que permitem que haja oscilações entre as duas partes, de maneira a que sejam accionados pistões hidráulicos associados a essas mesmas articulações, sendo esses pistões os responsáveis por activar o sistema de transformação de energia. As juntas flexíveis podem possuir mais que um grau de liberdade, permitindo assim aproveitar os vários movimentos provocados pela onda sobre o dispositivo. Todo o sistema de transformação de energia se encontra instalado no interior dos corpos flutuantes, sendo a energia eléctrica posteriormente transportada para a costa através de cabos submersos. Para garantir que estes dispositivos não se afastem do ponto de instalação, que deve ser *offshore*, são utilizados cabos de ancoragem. O grande pioneiro neste tipo de tecnologia foi um dispositivo denominado *Pelamis* que foi instalado em Portugal e ao qual se fará referência no capítulo 5.

3.3. Dispositivos diferenciais (Figura 3.1 – 6)

Ao falar de dispositivos diferenciais, pretende-se fazer referência aos dispositivos que aproveitam a diferença de pressão sentida abaixo da superfície do mar e que se verifica nas diferentes fases da onda devido ao peso da água sobre um ponto. Embora esta classificação seja bastante restritiva, importa referir que existem vários tipos de tecnologias conhecidas para este tipo de aproveitamento da energia das ondas. Um dos principais aspectos que distingue as várias tecnologias é o modo como é aproveitada a diferença de pressão sentida abaixo do nível do mar, uma vez que pode ser feito recorrendo à sua variação temporal assim como à variação espacial.

Quando nos referimos ao aproveitamento da diferença de pressão a nível temporal pretendemos aludir aos dispositivos que aproveitam a variação de pressão num certo ponto no interior da massa oceânica que se faz sentir com a variação da massa de água sobre esse ponto ao longo do tempo, uma vez que tal como já foi descrito anteriormente neste trabalho, a crista e a cava de uma onda passam no mesmo local com um desfasamento temporal de meio período de onda. Os dispositivos com este tipo de tecnologia aproveitam a variação de pressão através da variação do volume de um gás (normalmente ar) a ela associada, tal como se verifica através da Lei de Boyle-Mariotte. Esta tecnologia consiste normalmente numa câmara oca totalmente hermética, que contém apenas ar, ligada a uma estrutura basculante que consoante a variação do volume do fluido vai ter um movimento ascendente e descendente, semelhante ao de um *point absorber*, sendo esse movimento aproveitado para gerar qualquer um dos tipos de energia referidos aquando da exposição das subclasses anteriores, havendo uma clara hegemonia da energia eléctrica. Importa por fim referir que o comprimento destes dispositivos na direcção da propagação é bastante inferior em relação ao comprimento de onda, para que a gama de valores de pressão a que este está sujeito seja a maior possível.

Os dispositivos que aproveitam a diferença de pressão a nível espacial não o fazem através da variação de volume de um gás, mas sim através do movimento de um fluido resultante das diferenças de pressão entre dois pontos debaixo de água, sendo posteriormente esse movimento aproveitado de diferentes formas. Para que tal movimento exista, é necessário que o dispositivo esteja também sujeito à acção de valores de pressão distintos, isto para que o fluido se movimente da zona sob maior pressão para a zona onde a pressão é mais reduzida. É facilmente perceptível que se se tratar de um dispositivo com apenas duas câmaras ligadas por um canal onde possa circular o fluido, a distância entre elas, na direcção da propagação de onda, deve ser igual a metade do comprimento de onda para que os valores entre a pressão máxima e mínima sejam os mais elevados. Embora esta não seja a única disposição passível de ser utilizada neste tipo de dispositivos, tal como se poderá verificar no capítulo 5 quando forem apresentados os dispositivos diferenciais.

3.4. Dispositivos sujeitos a galgamento (Figura 3.1 – 5)

Por fim, existem também os dispositivos sujeitos a galgamento que, tal como os dispositivos de CAO, começaram por ser instalados na costa (*onshore*), embora posteriormente se tenham desenvolvido tecnologias para que se pudesse utilizar o princípio de galgamento em zonas afastadas da costa (*nearshore* ou até mesmo *offshore*).

Os mencionados dispositivos de galgamento são compostos por rampas ou aberturas que permitem que a água do mar se desloque para reservatórios de superfície livre já pertencentes ao dispositivo. Após a entrada da água para esses reservatórios, esta será conduzida para turbinas hidráulicas que podem ser de acção ou reacção, dependendo da forma como a água atinge, uma vez que essa condução pode ser feita através da força da gravidade ou recorrendo a sistemas mais elaborados, como é o caso do efeito sifão, em que a água se desloca devido a diferenças de pressão entre dois reservatórios, embora este segundo caso apenas se verifique nos dispositivos de galgamento instalados na costa. Após a turbinação da água, esta é devolvida ao mar, uma vez que este tipo de dispositivo funciona em sistema aberto. O movimento da turbina será o responsável pela produção de energia eléctrica, podendo mesmo comparar-se este processo ao que ocorre em algumas centrais hidroeléctricas fluviais.

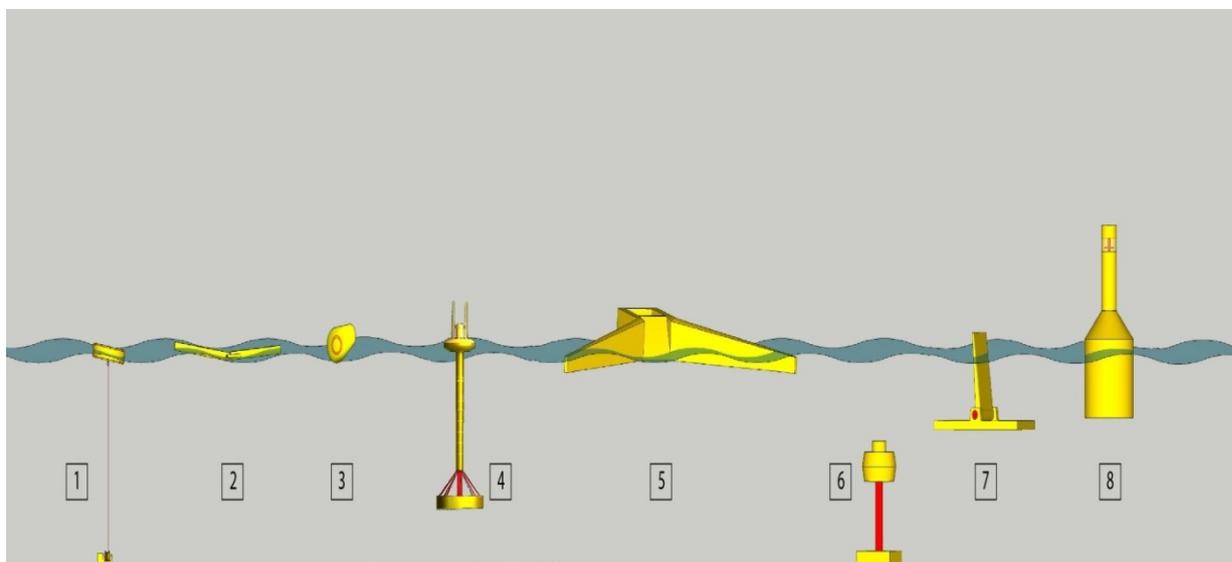


Figura 3.1 – Os diferentes tipos de DAEO (adaptado de Straume, (2010)).

4. PATENTES

No início do trabalho, referimos que os dados recolhidos para avaliar o estado da técnica em Portugal seriam os dados disponíveis nas bases de dados dos institutos de propriedade industrial, Europeu e Nacional. Através desta restrição vamos apenas lidar com os dispositivos patenteados e cuja informação está disponível para qualquer pessoa consultar. Posto isto, torna-se da maior relevância dedicar um capítulo deste trabalho à introdução de alguns conceitos relacionados com a propriedade industrial no geral e com as patentes em particular. É exactamente sobre essa explicação que recai o presente capítulo, começando por fazer uma resenha histórica e passando depois a referir a importância das patentes, apresentando por fim os vários tipos de patentes disponíveis.

4.1. História da Patente

A origem etimológica da palavra patente remonta a uma expressão do latim *pateo*, que significa estar aberto, estar exposto. De facto, pensando no significado da palavra nos dias que correm, facilmente se faz o paralelismo entre a exposição a que os antigos romanos se referiam e ao facto de uma patente hoje em dia ser o modo que um criador tem para dar a conhecer a sua invenção sabendo que estará protegido contra qualquer tentativa de cópia.

A primeira medida semelhante ao registo de patente data da Antiga Grécia, século V a.C., e dizia respeito à invenção de uma receita culinária. O criador da melhor receita original ganharia o concurso e teria direito à exclusividade para a cozinhar durante um ano. Mas o primeiro registo oficial de patente de que há conhecimento foi concedido em Itália a um famoso arquitecto renascentista chamado Filippo Brunelleschi em 1421 e dizia respeito a um dispositivo de carregamento de mármore instalado num barco, facilitando assim o seu transporte (Macleod,1988).

Quanto ao primeiro diploma regulador dos direitos da propriedade industrial este terá surgido no Reino Unido em 1623 através do “Statute of Monopolies” (“Estatutos dos Monopólios”). No entanto, em Portugal o primeiro documento a abordar o tema da protecção de invenções foi o Decreto de 16 de Janeiro de 1837, embora a propriedade industrial só tenha vindo a ser regulada na sua globalidade pela Carta Lei de 21 de Maio de 1896, sendo este o primeiro Código da Propriedade Industrial em Portugal. Esse documento tem vindo, ao longo dos anos,

a sofrer inúmeras alterações que deram lugar a outras versões mais actualizadas, tendo a última alteração sido feita através da Lei nº 16/2008, de 1 de Abril (Jpereinadacruz@,2012).

À medida que as distâncias entre os países se foram encurtando e as fronteiras tornando mais transponíveis, um maior número de trocas de mercadorias, pessoas e conseqüentemente trocas de conhecimentos começaram a ocorrer, levando a que se tornasse necessário iniciar um processo de internacionalização das leis sobre as patentes. Assim, em Março de 1883 foi realizada a primeira Conferência Diplomática sobre este tema, em Paris, onde foi firmada a Convenção Internacional para a Protecção da Propriedade Industrial, que se encontra ainda hoje em vigor e é conhecida como Convenção de Paris. Vários acordos foram posteriormente assinados, de maneira a garantir a constante actualização desse documento, actualizações essas que ficaram a cargo da Organização Mundial da Propriedade Intelectual (OMPI), criada em 1967 e que veio substituir os *Bureaux Internationaux Réunis pour la Protection de la Propriété Industrielle* (BIRPI). O acordo com maior destaque foi o Tratado de Cooperação em Matéria de Patentes (PCT), assinado em Washington a 19 de Junho de 1970, que teve como principal objectivo facilitar a cooperação entre os diferentes Estados em matéria de patentes. A 23 de Setembro de 2011, segundo o *site* do OMPI, eram 144 os Estados contratantes do PCT.

Numa altura em que os Estados europeus se começaram a associar para com isso obterem vantagens económicas, políticas e sociais através de inúmeros tratados e convenções, um grupo de países tomou a iniciativa de criar também uma patente europeia, com o intuito de “reforçar a cooperação entre os Estados europeus no domínio das invenções”, como se pode ler no preâmbulo da Convenção de Munique sobre a Patente Europeia de 5 de Outubro 1973. Esta convenção, que deu origem à Patente Europeia e ao Instituto Europeu de Patentes (IEP), entrou em vigor em 1977, tendo sido assinada apenas por sete países europeus: Alemanha, Bélgica, França, Luxemburgo, Países Baixos, Reino Unido e Suíça. Portugal apenas procedeu à sua ratificação e publicação em Diário da República em 1991 através do Decreto nº52/91 de 30 de Agosto. Neste momento o IEP é constituído por 37 Estados europeus.

Em Portugal, o organismo responsável pela propriedade industrial foi até 1987 uma repartição pertencente à Direcção Geral do Comércio, tendo esta sido posteriormente substituída pelo Instituto Nacional da Propriedade Industrial, que continua a exercer funções nos dias de hoje.

4.2. Patente e a sua finalidade

A patente é uma modalidade de propriedade industrial que está direccionada para a protecção de invenções. Além desta existe também outra opção que é o modelo de utilidade, embora este último seja mais restritivo no que toca ao tipo de invenção e também ao período de

protecção. A protecção conferida pelo Estado garante assim ao titular da patente que não haverá terceiros a reproduzir a sua invenção durante o período de tempo em que a patente esteja activa, sendo o prazo limite igual a 20 anos contabilizados a partir do momento em que é feito o pedido.

Em Portugal o organismo responsável pelos assuntos relacionados com a propriedade industrial é o Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), estando os trâmites legais, pelos quais este se rege, dispostos no Código da Propriedade Industrial. Na verdade, é fundamental a consulta deste diploma legal para saber quais as invenções que podem ser protegidas, quais os requisitos necessários e também quais os prazos a cumprir. Ao longo do presente capítulo vão sendo apresentados os prazos mais relevantes num pedido de patente mas importa por agora referir os requisitos iniciais para que se possa registar uma invenção, sendo eles:

- A necessidade dessa invenção ser uma novidade;
- A obrigatoriedade de ser produto de actividade inventiva;
- E a finalidade desta ser explorada pelo sector industrial.

Importa referir que além da importância que o registo de uma patente tem para o seu inventor através da protecção que esta lhe confere, há também um interesse público de enorme relevância, uma vez que à concessão de uma patente está associada a publicação dos documentos apresentados pelo inventor, tornando pública a tecnologia por trás da invenção. Este último aspecto pode mesmo ser interpretado como um estímulo ao desenvolvimento tecnológico de um país ou até mesmo mundial, uma vez que se torna bastante mais simples o acesso às tecnologias emergentes.

4.3. Tipos de Patente

Há três formas distintas de obter a protecção sobre uma invenção em território Nacional: através do pedido de Patente Nacional, do pedido de Patente Europeia e também através do pedido de Patente Internacional. Far-se-á em seguida um pequeno resumo sobre cada um destes tipos, dando a perceber quais as exigências para a obtenção de cada um, assim como as vantagens que cada um apresenta.

4.3.1. Patente Nacional

Um pedido de Patente Nacional não tem obrigatoriamente de ser feito por alguém residente em Portugal, tem sim que ser feito no INPI e a língua utilizada tem que ser a portuguesa. O

INPI além de ser a entidade responsável pela propriedade industrial funciona também como base de dados, uma vez que através do seu *site* online ou recorrendo a um pedido directamente direccionado à equipa que constitui este instituto, é possível consultar todos os registos de patentes feitos até à data. Este acesso é muito importante para que possa ser feita uma avaliação do estado da arte, ou seja, para que se possa ter uma melhor percepção sobre o estudo que já foi desenvolvido relativo à técnica em questão, que no caso deste trabalho em particular seria o aproveitamento da energia das ondas.

Após uma apreciação sobre o estado da arte e sobre os requisitos necessários, o inventor pode proceder ao pedido de registo de patente perante o INPI. Para tal é necessário anexar a esse pedido um conjunto de documentos sem os quais o pedido não será formalizado. Antes de enumerar os documentos necessários exigidos pelo Código de Propriedade Industrial, convém, todavia, realçar o artigo 62.º-A deste diploma, onde é referido que pode ser feito um pedido provisório de patente, dando assim 12 meses ao inventor para apresentar todos esses documentos. O pedido de patente terá que ser então acompanhado de um formulário que está disponível no *site* do INPI (PatMut1 ou PatMut2), de um resumo da invenção que deverá ter aproximadamente 150 palavras e que contenha os traços gerais da invenção, de uma descrição detalhada sendo necessário, quando aplicável, que essa seja acompanhada de desenhos que melhor ajudem a compreender o conceito apresentado. Por último é necessário que sejam apresentadas as reivindicações de todas as características da invenção consideradas inovadoras. Estes documentos devem ser acompanhados de um pagamento que rondará os 100€ (cem euros) se o pedido for feito via internet e 200€ (duzentos euros) se for feito em papel. Este pagamento inclui já as quatro primeiras anuidades, sendo necessário pagar as restantes 16, com preços que rondam os 50€ (cinquenta euros) no caso da quinta anuidade e 600€ (seiscentos euros) da vigésima. Uma vez regularizada toda a documentação, fica a cargo do INPI a realização do exame para assim conceder ou não a patente nacional. Se o pedido for concedido será posteriormente publicado no Boletim da Propriedade Industrial.

Importa referir que a atribuição de uma Patente Nacional apenas confere ao requerente direito sobre a sua invenção no país onde foi pedida, neste caso Portugal, uma vez que os direitos da propriedade industrial são territoriais. No caso de se pretender expandir a área de protecção, o requerente tem até 12 meses para efectuar o pedido de Patente Europeia e/ou Patente Internacional, gozando durante esse período do direito de prioridade noutra país onde pretenda requerer protecção.

4.3.2. Patente Europeia

O pedido de Patente Europeia é feito através do IEP, embora para um requerente com sede social em Portugal esse pedido possa e deva ser feito no INPI. Esta modalidade, que teve

início em 1973, como já foi referido, veio agilizar o processo de patenteamento, uma vez que para obter protecção numa parte ou na totalidade dos Estados contratantes da Convenção de Munique basta um único pedido. Deve-se atentar no facto de que o inventor não precisa de residir ou ter sede social em nenhum desses países para poder requerer a patente.

O pedido de Patente Europeia consiste no preenchimento do impresso disponibilizado no *site* do IEP para o efeito, com o qual deverão ser entregues os documentos que foram enumerados na secção anterior, sendo que desta feita esses documentos terão que estar redigidos numa das três línguas oficiais do IEP, inglês, francês ou alemão. Caso a Patente Europeia seja solicitada durante os 12 meses posteriores ao pedido nacional então deverá ser reivindicada a prioridade sobre esse mesmo pedido. Como referido anteriormente, a obtenção da Patente Europeia não é necessariamente sinónimo de protecção nos 37 Estados abrangidos pela Convenção de Munique. Essa protecção é apenas alcançada nos Estados em que seja validado o pedido de patente. Para tal é necessário entregar nos órgãos responsáveis pela propriedade industrial de cada país uma tradução dos documentos integrantes do pedido de patente na língua oficial desse país. A título exemplificativo, em Portugal seria necessário apresentar no INPI uma cópia dos documentos do pedido de Patente Europeia traduzidos para português.

O pedido deste tipo de patente é, à partida, um processo mais complexo e moroso que aquele apresentado anteriormente, o que leva a que os custos sejam também mais elevados. Este montante tem inúmeras variáveis, sendo por isso difícil apresentar um valor concreto, embora se possa estimar que os custos associados a um pedido deste tipo rondem os 20.000€³ (vinte mil euros) fora anuidades. Na verdade, essas variáveis são facilmente perceptíveis, basta pensar que o pedido pode ser feito para apenas 1 Estado ou para os 37 membros do IEP. A esta escolha estão associadas as traduções para as diferentes línguas e a necessidade de representação nos Estados onde se pretende adquirir protecção, que são os dois factores com maior peso no valor final. Importa salientar o facto de que este valor seria bastante mais elevado caso fosse necessário proceder ao pedido de Patente Nacional em cada um dos Estados isoladamente, sendo essa diferença de custos uma das grandes vantagens da Patente Europeia.

Foram já apresentados alguns aspectos positivos deste tipo de protecção, embora não queira isso dizer que não existam também algumas debilidades neste processo. A primeira a ser apontada é o facto de não se poder alargar o número de Estados nos quais se pretende obter protecção após ter sido feito o pedido, o que implica um investimento bastante avultado logo

³ Um estudo efectuado pelo IEP em parceria com uma consultora, em 2005, revelou que um pedido de Patente Europeia para 6 países (Alemanha, Reino Unido, França, Itália, Espanha e Suíça), com 18 páginas e com uma protecção de 10 anos, ou seja, com o pagamento das primeiras 10 anuidades, rondaria os 32 000€ (trinta e dois mil euros). (Roland Berger,2004).

à partida. Outro dos problemas encontrados é a questão da obrigatoriedade de apresentação de uma tradução dos documentos na língua oficial de cada um dos países onde se requereu protecção, aumentado mais uma vez o valor da patente. A diferença de custos para outros grandes focos de inovação, como é o caso dos Estados Unidos da América ou o Japão, levam a que as entidades detentoras de centros de I&D prefiram sediar-se nestes países, tendo consequências nocivas para a evolução e economia dos países do continente europeu. São estas e muitas outras contrariedades que levaram à apresentação de uma proposta por parte de alguns Estados membros da União Europeia, no sentido de ser criada uma Patente Comunitária, quebrando assim o carácter territorial até agora imposto na legislação europeia sobre patentes.

4.3.3. Patente Internacional

A protecção obtida por uma Patente Internacional, não pode ser confundida com uma protecção mundial, uma vez que através desta o requerente vai poder apenas salvaguardar a sua invenção em países contratantes do PCT, que como referido anteriormente são apenas cerca de 70% dos países existentes. O registo deste tipo de patente é efectuado perante o OMPI, podendo no entanto ser feito através do IEP ou até mesmo do INPI.

O procedimento a seguir é bastante semelhante ao efectuado para a Patente Europeia, sendo que, até as línguas oficiais da OMPI são as mesmas que as do IEP. O formulário, como era de prever, é distinto e o número de páginas a serem apresentadas sem acréscimo do preço aumenta. A semelhança entre os dois pedidos, à parte da localização geográfica é consolidada através de uma modalidade de patente em que o pedido internacional pode ser expandido à região europeia, ou seja, o pedido de patente passa a ser Via Euro-PCT englobando assim a Patente Internacional e a Patente Europeia. As taxas iniciais para um pedido de Patente Internacional rondam aproximadamente os 2.500€ (dois mil e quinhentos euros), tendo depois de se somar a este valor os custos associados a todos os encargos que este processo acarreta, tal como foi feito no estudo efectuado pelo IEP relativo à Patente Europeia.

Atentando uma vez mais na distribuição do potencial energético no globo terrestre é facilmente compreensível o porquê da importância da Patente Europeia no tema abordado neste trabalho. O elevado potencial apresentado junto à costa europeia é o principal factor para o elevado número de pedidos de patente perante o IEP. Não podendo no entanto desprezar a Patente Internacional que tal como já foi referido apresenta algumas vantagens sobre os outros tipos de patentes. O que leva a uma questão fundamental na escolha do tipo de patente, que é o estudo de viabilidade que deve ser efectuado antes de apresentar o pedido.

5. PESQUISA E DADOS RECOLHIDOS

Atinge-se agora o capítulo mais importante de todo o trabalho e aquele que representa a componente inovadora que este pretende transmitir. Nesta fase da exposição pretendemos fazer uma descrição sumária de todo o trabalho de pesquisa feito sobre os dispositivos de aproveitamento da energia das ondas patenteados em Portugal com recurso ao *site* do INPI, do IEP e às bases de dados disponibilizadas virtualmente por estas duas entidades. Além da descrição, far-se-á também uma exposição e breve explicação de todos os dispositivos, encontrados nessas bases de dados, cujas patentes se encontrem activas em território nacional.

5.1. Pesquisa

A ferramenta principal da investigação foi o serviço de pesquisa de patentes que existe no *site* do INPI, embora haja aí um reencaminhamento para a base de dados do IEP denominada Espacenet, caso se trate de uma patente europeia. Neste serviço *online* há quatro processos diferentes para proceder a uma pesquisa de patentes, sendo que dois deles foram desde logo descartados, uma vez que seria necessário recorrer ao número do processo em questão no caso da consulta directa, ou então fazê-la através do nome do proprietário da patente em causa. Torna-se, então, evidente a razão pela qual não foram utilizados estes dois métodos, uma vez que a pesquisa que se pretendeu fazer tinha como principal objectivo reunir todas as patentes que dissessem respeito a dispositivos de aproveitamento de energia das ondas, e não a um só dispositivo ou um só inventor/titular.

Assim, restam apenas duas alternativas para obter os resultados pretendidos, baseando-se a primeira no título do registo da patente e a outra no conteúdo do resumo. Foi necessário, nesta fase, utilizar algumas palavras-chave que permitissem levar à obtenção de resultados fidedignos. Contudo, antes de se explicar com maior detalhe este processo, importa referir que em ambos os casos, e com vista a filtrar a pesquisa efectuada, seria possível colocar a classificação internacional (CIP)⁴ da patente pretendida. Embora não tenha sido utilizado este filtro, pelas mesmas razões utilizadas anteriormente que se prendem com o facto de a pesquisa ter o objectivo de ser o mais abrangente possível, é de todo o interesse apresentar quais as categorias onde se podem incluir as patentes relacionadas com os dispositivos em causa.

⁴ A classificação internacional para patentes ou modelos de utilidade foi adoptada em 1971 através do Acordo de Estrasburgo. Esta classificação é composta por 8 secções, 20 subsecções, 118 classes e 616 subclasses e a sua atribuição visa o agrupamento dos pedidos por áreas tecnológicas a nível internacional (IEP@, 2012).

Importa referir que para além desta classificação existe ainda uma classificação europeia designada por ECLA que é bastante semelhante, embora contenha algumas diferenças, como é o caso do número de secções, uma vez que esta tem 9 secções enquanto a CIP tem apenas 8. Para tornar mais fácil a exposição de todas as categorias relevantes neste trabalho, serão primeiramente apresentadas as classificações completas e seguidamente serão identificadas separadamente cada uma das categorias e subcategorias.

As classificações adoptadas para patentes deste tipo de dispositivos podem ser divididas em dois grupos, embora haja depois em cada um desses grupos pequenas diferenças relacionadas com diferenças técnicas em grande parte dos casos.

Passaremos, deste modo, a apresentar esses dois grupos e a descrição de cada uma das subcategorias transcritas directamente do *site* do OMPI, sem contudo deixar de referir que a classificação se apresenta em inglês, uma vez que se trata de uma das línguas oficiais do OMPI.

- E02B9/08

E – “Fixed Constructions”

E02 – “Hydraulic Engineering; Foundations; Soil-shifting”

E02B9/00 - “Water-power plants; Layout construction or equipment, methods of, or apparatus for, making same”

E02B9/08 – “Tide or wave power plants”

- F03B13/10-26

F – “Mechanical Engineering, lightning, heating; weapons, blasting engines or pumps”

F03 – “Machines or engines for liquids; wind, spring, or weight motors; producing mechanical power or a reactive propulsive thrust, not otherwise provided for”

F03B – “Machines or engines for liquids”

F03B13/00- “Adaptations of machines or engines for special use; combinations of machines or engines with driving or driven apparatus”

O facto de se tratar de uma tecnologia ainda em desenvolvimento leva a que possam aparecer outras classificações internacionais associadas a dispositivos com o propósito de aproveitar energia das ondas, mas uma vez que representam uma minoria não se justifica fazer referência a elas nesta fase do trabalho. Seguidamente, apresentar-se-á de forma esquemática as pesquisas realizadas através do *site* do INPI para tornar claro todo o processo e os seus resultados.

5.1.1. Pesquisas feitas através do conteúdo do título e do resumo

No quadro seguinte serão apresentadas algumas das pesquisas realizadas através do *site* do INPI, uma vez que foram utilizadas várias combinações de palavras para tentar obter a totalidade de patentes existentes nas bases de dados do INPI relativas ao aproveitamento da energia das ondas. No entanto, as restantes procuras tornaram-se irrelevantes, uma vez que os resultados obtidos não representavam novidade alguma perante aqueles que foram apresentados nas primeiras quatro pesquisas. Pode-se, então, concluir que no dia 27 de Maio de 2012 havia em Portugal 51 patentes atribuídas e 8 em processo de atribuição relacionadas com o aproveitamento da energia das ondas.

Quadro 5.1

Pesquisas Efectuadas					
Conteúdo da Epígrafe			Conteúdo do Resumo		
	Pesquisa nº 1	Pesquisa nº 3		Pesquisa nº 2	Pesquisa nº 4
Título	"Energia Ondas"	"Energia Mar"	Resumo	"Energia Ondas"	"Energia Mar"
Resultados	87 Processos	31 Processos (apenas 9 serão apresentados por serem os únicos que diferem das Pesquisas nº 1 e nº2)	Resultados	64 Processos (apenas 19 serão apresentados por serem os únicos que diferem da Pesquisa nº 1)	29 Processos (apenas 11 serão apresentados por serem os únicos que diferem das Pesquisas nº 1, nº2 e nº3)
Patentes activas fora do âmbito do estudo	2 Resultados	4 Resultados	Patentes activas fora do âmbito do estudo	7 Resultados	6 Resultados
Patentes caducas	34 Resultados	4 Resultados	Patentes caducas	3 Resultados	5 Resultados
Patentes com estudo suspenso	1 Resultado	-	Patentes com estudo suspenso	1 Resultado	-
Patentes com estudo em curso ou a aguardar oposição	7 Resultados	-	Patentes com estudo em curso ou a aguardar oposição	1 Resultado	-
Patentes Europeias com efeito nacional	32 Resultados	1 Resultado	Patentes Europeias com efeito nacional	2 Resultados	-
Patentes Nacionais	11 Resultados	-	Patentes Nacionais	5 Resultados	-

5.2. Apresentação dos dispositivos patenteados em Portugal

A apresentação dessas 51 patentes vai ser feita de acordo com a divisão apresentada no capítulo 3 baseada nos princípios utilizados por cada um dos dispositivos para o aproveitamento da energia fornecida pelas ondas. Uma vez que apenas será feito um resumo de cada um dos documentos de registo de patente encontrados, importa referir que para os consultar na íntegra basta ir ao *site* do INPI e optar por um dos quatro processos de pesquisa anteriormente referidos.

5.2.1. Coluna de água oscilante

- EP0948716 (B1) ⁵

Epígrafe – “*Extracção de Energia das Ondas Oceânicas*”

Data do pedido – 10 de Novembro de 1997

Data da concessão – 11 de Janeiro de 2006

Classificação Internacional – E02B 9/00 (Primeira)

Titular – Energetech Australia (a partir de 2007 passou a adoptar o nome de Oceanlinx)

Através da primeira classificação internacional é possível constatar que se trata de um dispositivo que está instalado na zona costeira. Este mecanismo (Figura 5.1 a)) está assente sobre os princípios do sistema de coluna de água oscilante, embora não seja esse o tema principal das reivindicações desta patente. Mas, ainda quanto à questão estrutural, este dispositivo costeiro difere dos sistemas conhecidos até à data em que foi pedido no facto da câmara oca apresentar uma forma afunilada sendo mais estreita junto à turbina de maneira a obter uma maior velocidade do ar e também no facto de a sua estrutura ser composta por dois braços horizontais com uma forma parabólica de cada um dos lados da face exterior da câmara de maneira a permitir uma melhor captação das ondas, direccionando-as para a zona onde esta se encontra.

O principal foco de atenção é dado então às propriedades da turbina utilizada neste tipo de sistemas, que ao contrário de grande parte dos aproveitamentos de CAO não é a turbina *Wells* mas sim uma turbina desenvolvida pela própria empresa. O desenvolvimento da turbina integrante desta patente visa obter uma maior gama de valores de altura de onda para os quais o seu funcionamento apresente melhores rendimentos do que os da turbina *Wells*, utilizando para isso um sistema de ajuste dos ângulos das pás da turbina, sendo este tipo de turbinas classificado como auto-rectificadoras. Após uma breve análise do trabalho desenvolvido pela empresa, chegamos à conclusão que a turbina a que se refere esta patente é a turbina conhecida hoje como *Dennis-Auld*. Aprofundando esta pesquisa, podemos constatar ainda que, desde o pedido de patente foram já várias as modificações que o trabalho desenvolvido pela *Oceanlinx* sofreu, tendo mesmo optado pelo desenvolvimento de dispositivos de CAO *offshore* em detrimento dos dispositivos costeiros. Importa referir que um dispositivo *offshore*, bastante semelhante ao registado nesta patente, esteve instalado entre 2005 e 2009 ao largo da costa australiana perto de Sidney tendo sido retirado para recolha de informação

⁵ A este código identificativo dá-se o nome de número de publicação da patente, sendo composto pelas duas primeiras letras, que deste reconduzem a uma patente europeia (EP), seguido de um número próprio de cada pedido e por fim tem um código (B1) a que se dá o nome de *kind code* e que permite dar informações suplementares sobre o pedido de patente. Neste caso específico informa que a patente já foi concedida.

necessária ao desenvolvimento de novos dispositivos. No entanto os novos dispositivos desenvolvidos por esta empresa não se encontram ainda protegidos em Portugal, o que leva a que não sejam apresentados nesta fase do trabalho.

- EP1518052 (B1)

Epígrafe – “*Conversor de energia das ondas por coluna de água oscilante incorporado num quebra-mar em caixotões*”

Data do pedido – 22 de Maio de 2003

Data da concessão – 11 de Julho de 2007

Classificação Internacional – F03B 13/14 (Primeira)

Titular – Paolo Boccotti (Itália)

A presente invenção (Figura 5.1 b)) consiste na associação de dois objectivos, produzir energia eléctrica a partir da energia das ondas e diminuir a reflexão das ondas depois destas colidirem com um quebra-mar. Este dispositivo visa o aproveitamento dos caixotões que constituem quebra-mares através da substituição de parte do balastro que lhes confere a resistência necessária por um sistema de CAO. As suas bases científicas são em tudo semelhantes às de um dispositivo de CAO corrente, embora neste caso a sua concepção seja bastante distinta, uma vez que a diferença de cota do nível da água não vai ter origem directa na entrada da onda na câmara.

Na realidade vai haver entrada e saída de água na câmara de ar, mas este movimento vai ser originado pela passagem das ondas sobre o canal vertical que se encontra em contacto com o mar pela sua superfície e em contacto com a câmara pelo fundo, formando uma espécie de conduta em forma de “U” como se pode ver na Figura 5.1 b). Essa passagem das ondas vai fazer com que haja diferenças de pressão levando então ao movimento de entrada e saída da água na câmara. Uma das vantagens deste tipo de dispositivo é o facto de se poder controlar o período das oscilações da massa de água que por aí passa através das dimensões da conduta em “U”, sendo possível, desta forma, calcular durante o projecto as dimensões que melhor se adequam à zona em questão, de modo a garantir que o período próprio seja igual ou aproximado ao período ondulatório que está associado às ondas responsáveis pelo fornecimento da maior quantidade de energia durante um ano. Por último e já fora do âmbito do aproveitamento energético realça-se o facto do movimento de água dentro da câmara funcionar como um amortecedor que absorve cerca de 70% da energia das ondas, significando isso que será reflectida apenas 30% da energia inicial, o que se traduz numa acalmia das águas junto ao quebra-mar.

- EP2247850 (B1)

Epígrafe – “***Sistema de energia de ondas e método para o seu funcionamento***”

Data do pedido – 06 de Maio de 2009

Data da concessão – 20 de Julho de 2011

Classificação Internacional – F03B 13/14 (Primeira)

Titular – Voith Patent GMBH (Alemanha)

A empresa titular desta patente é responsável pelo desenvolvimento e comercialização de grande parte das turbinas e geradores utilizados para produzir energia eléctrica a partir da energia hidráulica. Como tal, o registo desta patente diz respeito a aperfeiçoamentos das componentes relacionadas com o sistema de transformação de energia mecânica em energia eléctrica, e não tanto ao sistema de captação da energia das ondas propriamente dito, que se rege pelos princípios anteriormente enunciados relativos a um sistema de CAO e cuja estrutura física nada apresenta de relevante para a presente exposição. Este dispositivo é composto por um armazenador de energia do tipo *flywheel*, energia essa que será utilizada para regular a velocidade de rotação da turbina de modo a obter um maior rendimento. Convém ainda referir que esta mesma empresa foi uma das pioneiras na utilização deste tipo de dispositivos através de um dispositivo desenvolvido por uma subsidiária e instalado na Escócia a que se deu o nome de LIMPET que contém uma potência de 250kW. Esta foi uma das primeiras instalações deste tipo a injectar energia eléctrica directamente numa rede, tendo desde a sua instalação sido feitas algumas alterações com vista a melhorar o seu rendimento. Esse dispositivo é bastante semelhante ao descrito nesta patente embora a sua tecnologia, principalmente ao nível da transformação referida anteriormente, seja bastante menos desenvolvida.

- EP2232058 (B1)

Epígrafe – “***Turbina de ar de uma central de aproveitamento de energia das ondas***”

Data do pedido – 30 de Dezembro de 2008

Data da concessão – 02 de Novembro de 2011

Classificação Internacional – F03B 13/24

Titular – Voith Patent GMBH (Alemanha)

Tal como a patente anterior, esta diz respeito a aperfeiçoamentos e melhoramentos de dispositivos já patenteados. Neste caso, refere-se a uma nova turbina desenvolvida pela empresa de maneira a garantir um melhor aproveitamento do movimento do ar em dispositivos de CAO. Uma vez que o objectivo do trabalho não é a apresentação das particularidades do sistema de transformação mas sim o sistema geral em si, importa apenas

referir que esta nova turbina vai ser composta por dois rotores dispostos linearmente e que no espaço entre eles será instalada uma pá que terá a função de dirigir o ar que sai do rotor a montante até ao rotor a jusante de maneira a diminuir a turbulência aí existente.

- EP1177379 (B1)

Epígrafe – “*Equipamento para extracção de energia das ondas*”

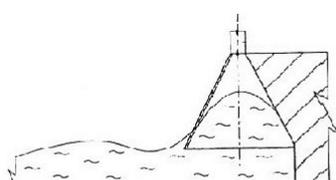
Data do pedido – 28 de Fevereiro de 2001

Data da concessão – 12 de Janeiro de 2005

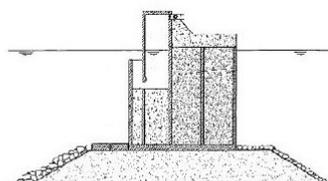
Classificação Internacional – F03B 13/24 (Primeira)

Titular – John Frederick Kemp (Reino Unido)

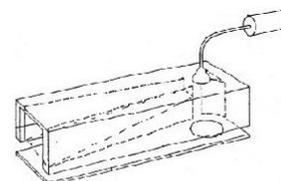
O princípio utilizado por este dispositivo é bastante semelhante ao apresentado anteriormente relativo aos sistemas de coluna de água oscilante, uma vez que também será utilizada a água do mar para comprimir uma massa de ar que por sua vez fará rodar uma turbina ligada a um gerador de energia eléctrica. No entanto o seu funcionamento e composição vão ser bastante diferentes dos anteriores, uma vez que o corpo principal deste dispositivo será em forma de tanque rectangular e terá uma abertura com uma rampa que permite que a água do mar entre neste mesmo tanque, como se pode ver na Figura 5.1 c). Esta câmara para onde entra a água, tem, para além do declive, uma configuração afunilada para que a compressão da massa de ar presente no final desta câmara seja mais eficiente. Após a passagem da onda pelo interior do dispositivo, este apresenta uma abertura no seu interior por onde a água sairá para dar lugar a uma nova onda. Por sua vez, a movimentação do ar é feita pela parte superior do dispositivo, onde uma tubagem dirigirá esse fluxo de ar até à turbina. Este dispositivo será instalado *offshore* e estará ancorado ao fundo do mar, de maneira a que possa aproveitar a maior regularidade das ondas do mar que se verifica em zonas de grande profundidade.



a) EP0948716 (B1)



b) EP1518052 (B1)



c) EP1177279 (B1)

Figura 5.1 Dispositivos CAO (Extraído dos documentos de registo de patente disponibilizados no Espacenet)

5.2.2. Corpos oscilantes

5.2.2.1. Flutuadores com movimento linear compostos por um só corpo

- PT103515 (B)⁶

Epígrafe – “*Sistema conjunto de conversão de energia eólica, solar, ondas e correntes marítimas*”

Data do pedido – 03 de Julho de 2006

Data da concessão – 28 de Março de 2007

Classificação Internacional – B63B 35/44 (Primeira)

Titular – Fernando Carlos Santos Pereira (Portugal)

O dispositivo representado na Figura 5.2 a), tal como o nome indica, pretende não só captar a energia das ondas, como também outras formas de energia, embora essas sejam deixadas de parte nesta descrição uma vez que não fazem parte do âmbito do presente trabalho. A estrutura utilizada para suportar todos os dispositivos é uma espécie de embarcação que tem a particularidade de poder transportar cargas ou até passageiros. O sistema de aproveitamento de energia das ondas é composto por um conjunto de bóias que vai apresentar um movimento ascendente e descendente consoante a passagem de uma crista ou uma cava respectivamente e ao contrário de grande parte deste tipo de dispositivos este vai aproveitar a energia do movimento a partir de uma amplitude de onda de 5 cm. Deste modo, vai garantir uma maior regularidade na obtenção de energia, em vez de obter picos energéticos com menores frequências. Cada uma das bóias, com um peso mínimo de 250 kg, estará parcialmente submersa e presa por um cabo a um contrapeso com 250 kg. Através do movimento da bóia, o cabo faz rodar uma poli de suporte e duas polias de captação dispostas em “S” de maneira a fazer uma desmultiplicação de “-10 vezes o peso em 10 vezes a distância”. Este movimento será transmitido a um receptor unidireccional e posteriormente a um gerador eléctrico linear, a um compressor de ar ou então a um gerador de hidrogénio, uma vez que o inventor deixa em aberto as várias alternativas para a transformação de energia.

- PT104180 (B)

Epígrafe – “*Gerador múltiplo de energia das ondas marítimas*”

Data do pedido – 19 de Julho de 2009

Data da concessão – 30 de Abril de 2010

⁶ No caso das patentes nacionais a primeira parte é composta pelas letras PT, seguida do número próprio de cada pedido e por fim o *kind code* (B) que indica que a patente foi concedida.

Classificação Internacional – E02B/08

Titular – Fernando Carlos Santos Pereira (Portugal)

A presente invenção que como se pode verificar, é da autoria da mesma entidade privada que a anterior, está focada simplesmente no aproveitamento da energia das ondas, embora essa energia possa novamente ser transformada em energia eléctrica, ar comprimido ou hidrogénio. Dado o seu sistema de aproveitamento de energia, pode ser instalada em embarcações ou em estruturas costeiras tais como molhes ou até mesmo em portos. O seu funcionamento é bastante simples e tal como a invenção anteriormente referida, aproveita o movimento ascendente e descendente para fazer com que um peso, que se pode observar no canto inferior esquerdo da Figura 5.2 b) acompanhe esse mesmo movimento e, através de uma roda dentada, seja accionada uma bomba de água. Esta bomba, por sua vez, vai elevar água até um reservatório que, ao atingir um determinado nível pré-definido, vai abrir uma electroválvula que permite o escoamento da água aí presente fazendo girar uma turbina que por sua vez estará ligada a um gerador eléctrico. Uma das grandes vantagens que o inventor apresenta é a de haver apenas um grupo gerador associado a vários conversores como o apresentado na Figura 5.2 b), o que representa uma diminuição das perdas associadas ao gerador.

- EP1282746 (B1)

Epígrafe – “*Gerador de energia por ondas*”

Data do pedido – 08 de Maio de 2001

Data da concessão – 08 de Novembro de 2006

Classificação Internacional – E02B 9/08 (Primeira)

Titular – Wave Star Energy APS (Dinamarca)

O “Gerador de energia por ondas” é formado por um conjunto de flutuadores presos a uma transmissão por meio de um braço metálico associado a cada um. Com o movimento ascendente e descendente dos flutuadores esses braços vão, através de um sistema de rodas dentadas, provocar a rotação da transmissão, que por sua vez está ligada a um gerador eléctrico. Este dispositivo pode ser instalado em estruturas costeiras, embora seja mais vantajosa a sua instalação em estruturas *offshore* específicas para este fim. Importa referir o sistema de segurança que permite que se retirem os flutuadores do mar no caso deste se apresentar excessivamente agitado, através do levantamento dos braços metálicos.

- EP1875070 (B1)

Epígrafe – “*Instalação que compreende um aparelho de exploração de energia de ondas e uma estrutura de suporte para o mesmo*”

Data do pedido – 12 de Abril de 2006

Data da concessão – 04 de Novembro de 2009

Classificação Internacional – F03B 13/18

Titular – Wave Star Energy APS (Dinamarca)

Este dispositivo, apresenta algumas diferenças em relação à invenção anteriormente apresentada pertencente à mesma entidade, em pontos tais como o formato do flutuador ou a sua disposição estrutural. No entanto há uma diferença que convém realçar e que foi a grande alteração em relação à patente subsequente, que é o modo como a energia é transformada. Cada braço deste dispositivo vai ser munido de um pistão hidráulico que vai estar ligado a uma conduta hidráulica geral, que por sua vez estará associada a um gerador comum ou a um conjunto de geradores eléctricos. Este método apresenta várias vantagens em relação ao anterior, sendo uma delas a dupla acção que o pistão pode ter para assim facilitar a transmissão de energia ao braço de modo a que este se possa erguer em caso de tempestade. A Figura 5.2 c) pretende de forma esquemática representar o dispositivo referido. Este dispositivo, normalmente designado por *WaveStar*, apresenta um grau de desenvolvimento bastante avançado, tendo sido instalado em 2009 e ligado à rede eléctrica dinamarquesa um protótipo da versão final de um dispositivo composto por 20 bóias com uma potência de 600 kW, sendo este protótipo apenas constituído por 2 bóias que lhe conferem uma potência de 60 kW, informação esta que foi obtida através de contacto directo com um membro da empresa.

- EP1713979 (B1)

Epígrafe – “*Central de geração de electricidade com energia das ondas*”

Data do pedido – 28 de Janeiro de 2005

Data da concessão – 17 de Novembro de 2010

Classificação Internacional – E02B 9/08 (Primeira)

Titular – COPPE – UFRJ (Brasil)

O sistema apresentado nesta patente é semelhante ao das últimas duas patentes apresentadas, principalmente na parte referente ao flutuador e ao braço metálico a que este se encontra associado. Além de algumas diferenças estruturais, o que este dispositivo tem de inovador é o processo referente à produção de energia. O movimento oscilatório do flutuador será responsável por bombear água do mar ou água já existente nas condutas caso se opte por um circuito fechado, para uma câmara hiperbárica. Essa câmara será a responsável por aumentar a pressão da água que será posteriormente projectada para uma turbina de acção cujo movimento será o responsável, através de um gerador, pela produção de energia eléctrica. Este sistema, representado esquematicamente na Figura 5.2 d), após a passagem da água pela câmara de pressão é bastante semelhante ao utilizado nas centrais hidroeléctricas fluviais de

grandes quedas, uma vez que segundo o inventor a pressão a que a água sai dessa câmara corresponde comparativamente a alturas entre os 350 e 1750 metros, o que leva também a concluir que a turbina indicada será uma turbina Pelton. Encontram-se neste momento instalados dois módulos no porto de Pecém no Estado do Ceará, Brasil.

- EP1466090 (B1)

Epígrafe – “*Unidade de energia nas ondas e instalação para a produção de energia eléctrica e um método para gerar energia eléctrica*”

Data do pedido – 19 de Dezembro de 2002

Data da concessão – 14 de Março de 2007

Classificação Internacional – F03B 13/12 (Primeira)

Titular – Seabased AB (Suécia)

Esta invenção é composta por uma bóia flutuante presa por um cabo ao fundo do mar e que através do seu movimento ascendente e descendente, provocado pela passagem da crista e da cava de uma onda respectivamente, faz girar um dispositivo submerso que por sua vez vai transmitir esse movimento a um gerador eléctrico. Tanto o rotor como o gerador estão instalados dentro de uma câmara no fundo do mar para que possam estar protegidos contra as intempéries e corrosão associada ao contacto com a água do mar.

- EP1474607 (B1)

Epígrafe – “*Unidade de energia das ondas e utilização de uma unidade de energia das ondas para produção de energia eléctrica, método de gerar energia eléctrica e sistema de componentes para fabricar um gerador linear para uma unidade de energia das ondas*”

Data do pedido – 19 de Dezembro de 2002

Data da concessão – 08 de Agosto de 2007

Classificação Internacional – F03B 13/18 (Primeira)

Titular – Seabased AB (Suécia)

Esta patente, tal como se pode observar pelo título, não diz apenas respeito ao dispositivo de aproveitamento, ela também reivindica um método para gerar energia eléctrica e um método de fabrico de um gerador linear. Como se tem vindo a afirmar a componente relacionada com a electrotécnica deste tipo de dispositivos não será abordada neste trabalho, levando a que a atenção seja centrada no mecanismo de absorção da energia mecânica das ondas do mar. Posto isto, relativamente a este dispositivo importa apenas referir que, ao contrário do apresentado na patente anterior, o movimento oscilatório da bóia vai ser aproveitado através de um gerador linear para a produção de energia eléctrica. Estes dispositivos serão instalados

em grandes profundidades (*offshore*) e apenas terão relevância energética quando instalados em quantidades consideráveis devido às pequenas potências que cada um apresenta. Está prevista a instalação de um parque de energia das ondas ao largo da Suécia com 42 dispositivos semelhantes àquele agora enunciado.

Esta mesma empresa registou outras três patentes além das duas *supra* referidas, todas elas relacionadas com um corpo flutuante associado a outro corpo fixo no fundo do mar. Depois de analisar todas estas patentes, poderá especular-se que, para além de algumas alterações que o dispositivo inicial foi sofrendo, tais como a forma da bóia, a já referida alteração de um gerador convencional para um gerador linear e outras alterações relacionadas com a transformação de energia, este elevado número de registos pode ser um método de prevenção utilizado pela empresa para salvaguardar a invenção inicial. Isto porque, uma vez que a invenção não demonstra uma grande complexidade, seria acessível a uma outra entidade fazer pequenas alterações que lhe permitissem registar uma nova patente. Outro motivo que poderá levar a colocar esta hipótese relacionada com a protecção da patente original é o facto de todos estes registos conterem inúmeras reivindicações, o que demonstra um excesso de zelo por parte do titular, uma vez que a partir da décima sexta é necessário pagar uma taxa fixa por cada reivindicação excedentária.

Deste modo, vão-se apresentar apenas os dados sobre as restantes três patentes associadas a este dispositivo e uma imagem comum a todas essas patentes Figura 5.2 e).

- EP1611347 (B1)

Epígrafe – “***Montagem de energia das ondas***”

Data do pedido – 22 de Março de 2004

Data da concessão – 04 de Outubro de 2006

Classificação Internacional – F03B 13/18

- EP1611348 (B1)

Epígrafe – “***Montagem de energia das ondas***”

Data do pedido – 22 de Março de 2004

Data da concessão – 11 de Outubro de 2006

Classificação Internacional – F03B 13/18

- EP1649162 (B1)

Epígrafe – “*Equipamento gerador de energia a partir das ondas dotado meios de amortecimento electromagnético*”

Data do pedido – 13 de Abril de 2004

Data da concessão – 07 de Janeiro de 2009

Classificação Internacional – F03B 13/18

- EP1196690 (B1)

Epígrafe – “*Instalação para conversão da energia de ondas do mar em energia eléctrica*”

Data do pedido – 14 de Julho de 2000

Data da concessão – 18 de Maio de 2005

Classificação Internacional – F03B 13/18 (Primeira)

Titular – Trident Energy Limited (Reino Unido)

Esta invenção consiste num oscilador flutuante de grandes dimensões que está ligado a um gerador linear através de um braço metálico vertical. A principal diferença em relação aos restantes dispositivos compostos por corpos flutuantes com movimento linear, está relacionada com o facto de todo o mecanismo de transformação de energia se encontrar acima do nível do mar, ou seja o braço que prende o flutuador encontra-se por cima deste e está preso a uma estrutura metálica que, essa sim, pode estar fixa no fundo do mar ou apoiada sobre um corpo flutuante ancorado no fundo do mar. A empresa em questão, após esta primeira patente, registou em Portugal mais três, embora todas elas estejam relacionados com o mesmo tipo de dispositivo, apresentando apenas pequenas alterações ao nível da transformação da energia, da estrutura de suporte e também da forma do flutuador, tendo esta última sido optimizada para melhor aproveitar o movimento ondulatório. Os dados principais sobre essas patentes serão apresentadas de seguida, assim como uma imagem representativa da invenção (Figura 5.2 f)). Um dispositivo em tudo semelhante ao descrito nesta patente foi instalado em 2009 ao largo de Inglaterra, recorrendo a uma estrutura flutuante. Mas embora este estivesse munido de um sistema de segurança que levantava os osciladores da água, isso não foi suficiente para garantir a sua estabilidade e o dispositivo acabou por sucumbir às adversidades de uma tempestade.

- EP1196691 (B1)

Epígrafe – “*Aparelho para proteger um conversor de energia de ondas*”

Data do pedido – 13 de Julho de 2000

Data da concessão – 29 de Outubro de 2003

Classificação Internacional – F03B 13/18 (Primeira)

- EP1646785 (B1)

Epígrafe – “*Processo de operação para uma instalação de conversão de energia das ondas com autoprotecção*”

Data do pedido – 16 de Julho de 2004

Data da concessão – 29 de Agosto de 2007

Classificação Internacional – F03B 13/18 (Primeira)

- EP1934469 (B1)

Epígrafe – “*Flutuador para instalação de conversão de energia das ondas do mar*”

Data do pedido – 10 de Outubro de 2006

Data da concessão – 27 de Janeiro de 2010

Classificação Internacional – F03B 13/16

- EP2142790 (B1)

Epígrafe – “*Dispositivo para uma instalação de aproveitamento de energia das ondas operada por um guincho*”

Data do pedido – 29 de Janeiro de 2008

Data da concessão – 17 de Novembro de 2010

Classificação Internacional – F03B 13/18

Titular – Straumekraft AS (Noruega)

O dispositivo aqui apresentado é semelhante a tantos outros já referidos, baseando-se num corpo flutuante situado à superfície do mar, o qual acompanha o movimento ascendente e descendente das ondas, estando depois ligado, através de um cabo que se enrola e desenrola num guincho, consoante o movimento, a um gerador de energia eléctrica.

De facto, a reivindicação principal desta patente está relacionada com o guincho situado no fundo do mar, isto porque, ao contrário de muitos outros dispositivos, este dispõe de um sistema de segurança que confere uma maior durabilidade do dispositivo. Essa segurança é atingida através de uma “embraiagem de escorregamento” que é accionada quando o movimento das ondas é superior ao suportado pelo sistema, permitindo que o cabo enrole e desenrole sem que este transmita movimento ao gerador. A instalação deste dispositivo (Figura 5.2 g)) deve ser feita, segundo o *site* da empresa, a uma distância que varia entre os 30 e os 200 metros da costa, sendo o sistema de segurança fundamental nesta zona, uma vez que

a altura das ondas pode tomar valores bastante elevados e irregulares. Prevê-se que um dispositivo baseado nesta patente seja instalado ao largo da Noruega ainda no decorrer do presente ano.

Por fim, importará salientar que o nome da empresa titular referido no documento de registo não corresponde ao nome actual da empresa, já que esta alterou a denominação social para “Purencó AS”.

- EP2148984 (B1)

Epígrafe – “*Dispositivo de conversão de energia das ondas*”

Data do pedido – 18 de Abril de 2008

Data da concessão – 04 de Maio de 2011

Classificação Internacional – F03B 13/18 (Primeira)

Titular – Technology from ideas Limited (Irlanda)

À semelhança da patente anterior, também esta se foca no sistema de protecção do dispositivo, embora neste caso não seja reivindicado nenhum tipo específico de dispositivo, usando-se antes um dispositivo escolhido apenas a título de exemplo, o que implicará, eventualmente, um pequeno desvio, embora justificado, ao âmbito do trabalho. O dispositivo utilizado para expor o sistema de segurança é simples e já foi apresentado várias vezes. Trata-se de um flutuador linear que está preso ao fundo do mar através de um cabo e que produz energia eléctrica com o auxílio de um gerador linear. O sistema de segurança é composto por uma estrutura de amortecimento que faz a ligação entre o corpo flutuante e o elemento que prende esse corpo ao gerador, podendo esse elemento ser um cabo ou uma estrutura rígida, dependendo do dispositivo em causa. O amortecimento é feito através de molas compostas por um material que apresenta uma “resposta de tensão-extensão reversível não linear”, tal como consta do documento do registo, para que o corpo flutuante e a sua ligação ao elemento de amarração não se danifiquem quando se verificarem ondas com frequências irregulares ou com alturas muito elevadas (Figura 5.2 h)). Será ainda de relevo referir que este dispositivo de amortecimento já se encontra disponível para comercialização.

- PT104885 (B)

Epígrafe – “*Instalação de aproveitamento de energia das ondas*”

Data do pedido – 15 de Dezembro de 2009

Data da concessão – 17 de Fevereiro de 2012

Classificação Internacional – F03B 13/18

Titular – Instituto Superior Técnico (Portugal)

Conforme *supra* referido nos dados da patente, esta pertence ao Instituto Superior Técnico e, como tal, alguns dos conceitos utilizados para o desenvolvimento deste engenho são baseados nas patentes também apresentadas neste trabalho, PT103803 B e PT104177 B, embora o presente sistema seja bastante distinto dos apresentados nessas patentes.

De facto, a principal diferença está, desde logo, no princípio de funcionamento, uma vez que, ao contrário dos outros dispositivos mencionados, este apenas aproveita o movimento ascendente das ondas directamente através de um corpo flutuante e não do movimento relativo entre dois corpos. Este dispositivo é composto por uma bóia situada à superfície da água que sustenta um lastro, preferencialmente de betão, debaixo de água. Por sua vez esse lastro está rodeado por varões metálicos presos ao fundo do mar e presos também a um balão de gás na sua extremidade superior, como se pode observar na Figura 5.2 i). Para produzir energia eléctrica, este dispositivo aproveita o movimento ascendente das ondas, uma vez que o flutuador, ao acompanhar o movimento da onda, arrasta consigo o lastro de maneira a que este se eleve. No entanto, quando o flutuador tem um movimento descendente associado à cava da onda, o lastro vai manter a posição através de um sistema de travões accionado quando tal movimento ocorre, sistema esse que está ligado aos varões metálicos e, uma vez que os cabos que ligam o flutuador ao lastro ficam lassos, estes são enrolados automaticamente num tambor existente no interior do flutuador. Assim sendo, o lastro vai subindo com a passagem das ondas até atingir uma cota máxima em que os travões se soltam e o lastro tem um movimento descendente, desenrolando assim os cabos à volta do tambor e provocando um movimento do tambor que será aproveitado por um gerador para produzir energia eléctrica. Como se pode verificar, este sistema, sozinho, tem o problema da descontinuidade da produção de energia, mas o seu inventor refere, no registo de patente, que deverão ser instalados vários mecanismos como este de forma a tornar possível sincronizá-los para que a produção seja constante.

Importará, por fim, salientar que este engenho é dotado de um sistema de segurança em que todo o sistema é submergível em caso de tempestade, garantindo assim uma maior longevidade do equipamento.

- EP1342916 (B1)

Epígrafe – “ ***Sistema gerador de energia utilizando as ondas do mar***”

Data do pedido – 07 de Dezembro de 2001

Data da concessão – 27 de Setembro de 2006

Classificação Internacional – F03B 13/24

Titular – Arlas Invest S.L. (Espanha)

O engenho reivindicado nesta patente consiste num flutuador instalado *offshore* que se encontra preso ao fundo do mar através de um cabo (Figura 5.2 j)). Na verdade, já foram apresentados outros dispositivos com sistemas semelhantes, importando, portanto, referir as particularidades deste em relação a todos os outros.

No caso do dispositivo em apreço, todo o sistema de transformação de energia se encontra instalado dentro do corpo flutuante para assim garantir uma maior segurança deste contra os efeitos nocivos da água do mar e contra as intempéries que se possam fazer sentir. Outra particularidade diz respeito ao sistema de recuperação, que permite que o cabo regresse à sua posição inicial aquando do movimento descendente da onda, para que se obtenha uma maior amplitude de movimento desse mesmo cabo quando se der o movimento ascendente. O sistema de transformação de energia pode ser feito através de um sistema pneumático ou hidráulico, uma vez que no registo de patente são ambos referenciados como possíveis hipóteses, nunca esquecendo o facto de que qualquer um deles se deve encontrar no interior do corpo flutuante, assim como o sistema de recuperação.

- EP1375912 (B1)

Epígrafe – “*Plataforma marítima para conversão da energia eólica e das ondas*”

Data do pedido – 28 de Junho de 2002

Data da concessão – 04 de Junho de 2008

Classificação Internacional – F03D 9/00 (Primeira)

Titular – Inmobiliaria Mr S.A. (Espanha)

Tal como outros dispositivos apresentados, este não aproveita só a energia das ondas mas também a energia eólica. No entanto, na presente descrição será apenas abordado o sistema de aproveitamento da energia das ondas, já que é o único que nos interessa para o presente trabalho (Figura 5.2 k)).

A plataforma de sustentação do sistema de aproveitamento é um corpo flutuante com uma forma quadrada e deve estar fixa ao fundo do mar através de cabos ou de estacas, sendo a sua instalação feita *offshore*. O aproveitamento da energia das ondas será feito com recurso a 4 cilindros hidráulicos fixos na base da plataforma e através do movimento oscilatório das ondas, cada um dos pistões assumirá um movimento vertical, pressionando a água do mar que entra e sai das câmaras desse mesmo cilindro devido a um sistema de válvulas automáticas. O líquido sobre pressão irá fazer girar uma turbina que, por sua vez, estará ligada a um gerador eléctrico colocado no interior da plataforma.

- EP1007843 (B1)

Epígrafe – “*Aparelho para conversão da energia a partir do movimento vertical da água do mar*”

Data do pedido – 11 de Março de 1998

Data da concessão – 08 de Outubro de 2002

Classificação Internacional – F03B 13/18 (Primeira)

Titular – Zakaria Kalil Doleh, Rany Zakaria Doleh e John Douglas Lock (Emirados Árabes Unidos)

O presente dispositivo (Figura 5.2 1)) deverá ser instalado *offshore*, uma vez que tem o objectivo de aproveitar o movimento ascendente e descendente das ondas através de um flutuador colocado à superfície da água do mar. Esse flutuador estará ligado a uma câmara oca que será instalada no fundo do mar e que conterà no seu interior uma turbina a água. Esta câmara, por sua vez, terá uma campânula com um movimento linear ascendente e descendente, uma vez que este terá que seguir o movimento do flutuador associado ao movimento das ondas. Com a subida desta campânula a área da câmara aumenta e consequentemente haverá entrada de água pela parte inferior desta. No movimento contrário da onda, esta tenderá a voltar à posição inicial expulsando a água em excesso. Este movimento de entrada e saída vai movimentar a turbina, que ligada a um gerador, produzirá energia eléctrica. No registo de patente podem-se encontrar outras disposições para este engenho, embora o princípio seja bastante semelhante, não sendo por isso apresentadas aqui as restantes disposições.

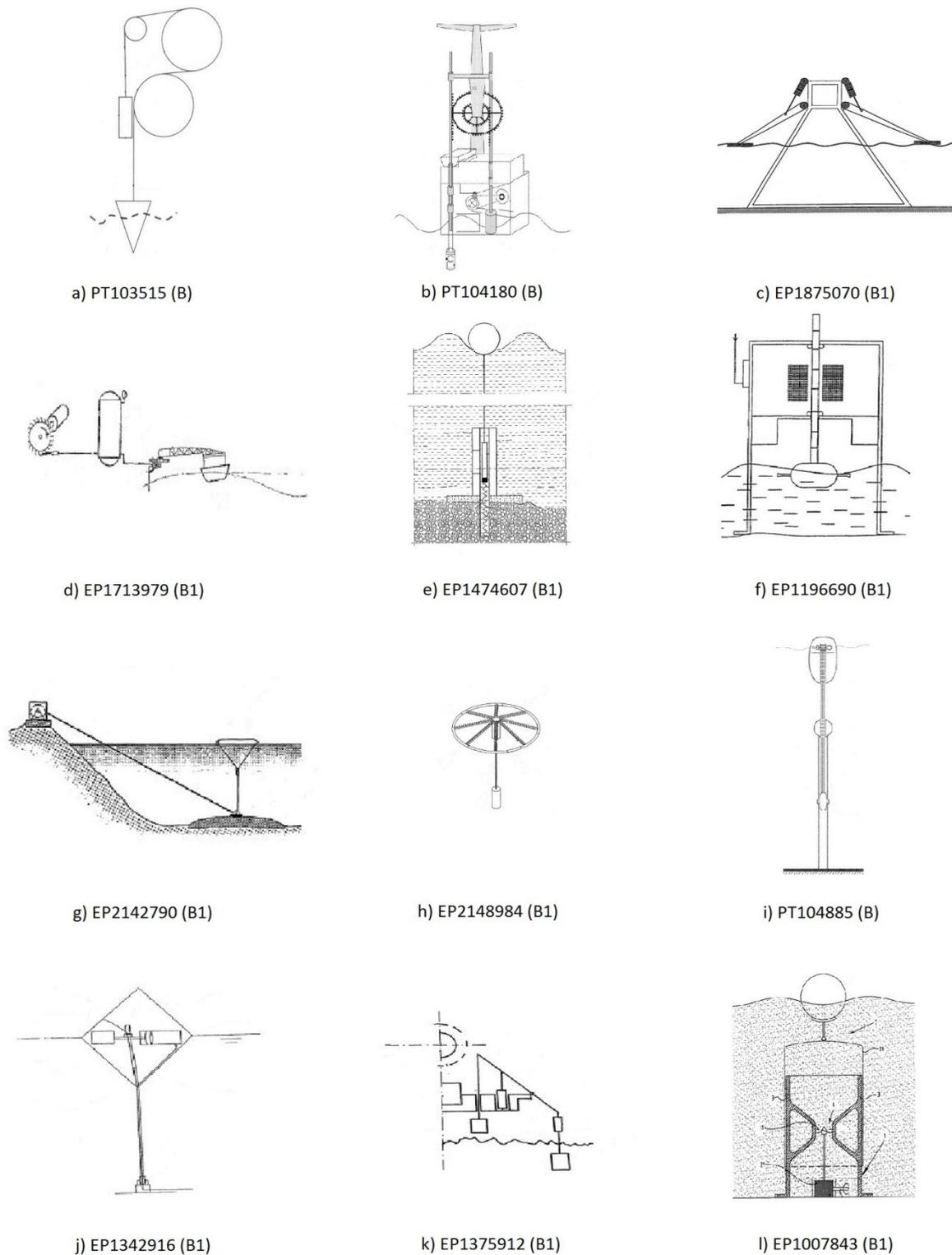


Figura 5.2 – Flutuadores com movimento linear compostos por um só corpo (Extraído dos documentos de registo de patente disponibilizados no Espacenet)

5.2.2.2. Flutuadores com movimento linear compostos por diversos corpos

- EP1425510 (B1)

Epígrafe – “*Aparelho e método para a optimização da transferência de energia produzida por um conversor de energia das ondas*”

Data do pedido – 05 de Agosto de 2002

Data da concessão – 09 de Abril de 2008

Classificação Internacional – F03B 13/12 (Primeira)

Titular – Ocean Power Technologies, Inc. (E.U.A)

O conversor de energia apresentado nesta patente (Figura 5.3 a)), conhecido como *PowerBuoy*, é composto por duas partes, uma delas praticamente imóvel (submersa), e a outra com liberdade para se movimentar aproveitando assim a ondulação (flutuante), e transmitindo esse movimento a um pistão que estará associado a essas duas partes do dispositivo e a um gerador eléctrico. O gerador encontra-se dentro do dispositivo na parte submersa, para assim estar protegido contra as intempéries, uma vez que esta parte submersa, embora não esteja assente no fundo do mar, encontra-se ancorada a este.

Esta tecnologia difere de outros corpos flutuantes apresentados anteriormente exactamente por não estar assente no fundo do mar, conferindo-lhe assim a liberdade para, através do sistema apresentado nesta patente, conseguir controlar o movimento entre a bóia flutuante e a parte submersa, de maneira a otimizar o aproveitamento das ondas consoante o estado do mar. Foram já instalados alguns dispositivos baseados nesta patente, tendo sido o primeiro protótipo instalado no norte de Espanha com uma potência de 40kW e o mais recente na Escócia, em 2011 e já com uma potência de 150kW.

- EP1436847 (B1)

Epígrafe – “*Sensores para sistema de conversão de energia*”

Data do pedido – 15 de Julho de 2002

Data da concessão – 27 de Outubro de 2010

Classificação Internacional – H01L 41/04

Titular – Ocean Power Technologies, Inc. (E.U.A)

A classificação desta patente insere-se na secção associada a elementos eléctricos da classificação internacional. Depois de analisado o documento de registo podemos concluir que este diz respeito apenas a melhoramentos efectuados à patente EP1425510 (B1) relativos à transferência de energia do gerador a uma carga associada, utilizando assim o mesmo

dispositivo para absorção dessa energia, motivo pelo qual não nos vamos alongar na sua descrição.

- PT103803 (B)

Epígrafe – “***Dispositivo para aproveitar o movimento oscilatório relativo de dois corpos, aplicável a sistemas de aproveitamento de energia das ondas***”

Data do pedido – 03 de Agosto de 2007

Data da concessão – 11 de Maio de 2009

Classificação Internacional – F03B 13/20

Titular – Instituto Superior Técnico (Portugal)

O sistema aqui apresentado para o aproveitamento de energia das ondas é composto por dois corpos, um deles situado à superfície da água e outro também flutuante mas totalmente submerso e ancorado ao fundo do mar (Figura 5.3 b)). A bóia à superfície e o corpo cilíndrico submerso vão ter movimentos independentes que serão aproveitados através de um êmbolo associado ao primeiro corpo que se movimentará no interior de um cilindro, por sua vez associado ao corpo submerso. O cilindro estará dividido em duas câmaras, cuja separação é feita pelo êmbolo, de maneira a que tanto o movimento ascendente como o movimento descendente do êmbolo seja aproveitado. Este movimento que está associado às diferentes fases da onda, crista e cava, vai ser aproveitado pelo êmbolo, de maneira que este bombeie um fluido hidráulico cuja pressão será utilizada para produzir energia eléctrica através de turbinas colocados no circuito e que se encontram ligadas a um gerador. Após a breve explicação pode-se concluir que este dispositivo deverá ser instalado *offshore* de maneira a aproveitar de forma mais contínua e regular o movimento das ondas.

- PT104177 (B)

Epígrafe – “***Novo dispositivo para aproveitar o movimento oscilatório relativo de dois corpos, aplicável à extracção de energia das ondas***”

Data do pedido – 19 de Setembro de 2008

Data da concessão – 31 de Julho de 2009

Classificação Internacional – F03B 13/20

Titular – Instituto Superior Técnico (Portugal)

Esta patente, tal como se pode verificar pela data do pedido, é posterior à patente PT1030803 (B) e foi desenvolvida pelo mesmo inventor. Este trabalho é uma alternativa apresentada pelo autor à sua invenção anterior, visando a resolução de alguns problemas, tais como o facto de o circuito hidráulico estar dentro de água e o facto de serem necessárias diferenças de pressão

muito elevadas devido ao tamanho do pistão hidráulico utilizado. Para ultrapassar estes problemas, o autor propõe que, para o aproveitamento do movimento oscilatório entre o corpo à superfície e o corpo submerso, se recorra a um sistema de correias e polis, que auxiliadas por um sistema de tambores e engrenagens multiplicadoras, accionam pequenos pistões hidráulicos situados no interior do flutuador principal (Figura 5.3 c)). Desta maneira não serão necessárias diferenças de pressão tão elevadas e o circuito estará protegido da água do mar, deixando também de haver perigo de derramamentos de óleo. Uma vez mais não nos vamos alongar nesta descrição, já que à parte do sistema descrito anteriormente, este será bastante semelhante ao apresentado na patente anterior.

- PT103869 (B)

Epígrafe – “***Dispositivo de extracção de energia das ondas através do movimento relativo entre dois corpos excitados em oposição de fase***”

Data do pedido – 29 de Outubro de 2007

Data da concessão – 17 de Dezembro de 2008

Classificação Internacional – F03B 13/16 (Primeira)

Titular – Martifer Energia, Equipamentos para Energia S.A. (Portugal)

Tal como indica o título, este dispositivo vai aproveitar a energia das ondas através do movimento relativo entre dois corpos em oposição de fase. Um dos corpos estará parcialmente submerso, ou seja, terá uma parte à superfície da água e outra mergulhada a uma profundidade considerável, unidas por uma ligação cilíndrica rígida (Figura 5.3 d)). A primeira parte será a responsável pelo aproveitamento do movimento oscilante das ondas, enquanto a parte submersa terá a função de conferir inércia ao sistema de maneira a que este adquira a frequência de oscilação pretendida. Quanto ao segundo corpo, este estará totalmente submerso e operará à volta da união cilíndrica entre as duas partes do primeiro corpo. O movimento relativo entre estes dois corpos será então aproveitado para a produção de energia eléctrica, devendo a sua instalação ser feita *offshore*.

- PT103395 (B)

Epígrafe – “***Estruturas flutuantes de recuperação energética***”

Data do pedido – 29 de Novembro de 2005

Data da concessão – 31 de Julho de 2006

Classificação Internacional – F03B 13/14

Titular – Martifer Energia, Equipamentos para Energia S.A. (Portugal)

O sistema ora apresentado é muito semelhante a outros anteriormente explanados, e consiste na instalação de um dispositivo *offshore* composto por uma bóia à superfície da água ligada a um prato de estabilização submerso. O movimento ondulatório, que a bóia acompanhará, é o responsável pelo deslocamento vertical e linear do sistema usado para ligar o prato de estabilização à bóia, que será por sua vez utilizado para produzir energia eléctrica. Através da Figura 5.3 e) pode-se ter uma ideia do movimento do dispositivo consoante as diferentes fases da onda.

A descrição deste dispositivo não será desenvolvida com maior pormenor uma vez que o documento de registo de patente não se encontra na base de dados do IEP, sendo apenas disponibilizado um breve resumo.

- EP1030970 (B1)

Epígrafe – “*Conversor de energia de ondas*”

Data do pedido – 28 de Outubro de 1997

Data da concessão – 18 de Dezembro de 2002

Classificação Internacional – F03B 13/20 (Primeira)

Titular – IPS Interproject Service AB (Suécia)

O dispositivo aqui descrito é uma evolução dum primeiro dispositivo desenvolvido por esta mesma empresa nas décadas de 70 e 80 e que foi um dos primeiros dispositivos *offshore* a ser testado em grande escala, tendo sido instalado ao largo da costa sueca. Nesta patente é descrito um mecanismo de produção de energia que se baseia no movimento relativo entre uma bóia à superfície e um corpo submerso que não passa de um cilindro oco colocado na vertical e com aberturas na parte superior e inferior, a este corpo dá-se o nome de cilindro de aceleração (Figura 5.3 f)). Este cilindro de aceleração quando submergido vai ficar preenchido com água do mar, aumentando assim a sua inércia. A ligação entre estes dois corpos será feita através de um braço metálico preso à bóia e com uma base achatada circular que se movimentará no interior do corpo submerso, criando assim um efeito de pistão. Este sistema deverá ser ajustado às características do mar no local onde é colocado de maneira a que o movimento relativo dos dois corpos tenha uma frequência de ressonância próxima da frequência da onda. O pistão vai estar associado a um circuito hidráulico que por sua vez está ligado a um gerador que será responsável pela produção de energia eléctrica, sistema este que estará instalado no interior do corpo flutuante.

- EP1295031 (B1)

Epígrafe – “*Conversor da energia das ondas*”

Data do pedido – 14 de Junho de 2004

Data da concessão – 01 de Setembro de 2004

Classificação Internacional – F03B 13/20 (Primeira)

Titular – Wavebob Limited (Irlanda)

Importa referir, em primeiro lugar, que embora o titular deste dispositivo seja uma empresa irlandesa, o seu inventor é o mesmo que o da patente apresentada na secção relativa aos dispositivos diferenciais (EP1036274 (B1)), William Dick. Posto isto, cumpre realçar que a invenção aqui apresentada (Figura 5.3 g)) demonstra grandes evoluções relativamente a essa patente.

Este dispositivo é, assim, composto por duas bóias axissimétricas, e o movimento entre elas será responsável pela obtenção de energia que será depois convertida em energia eléctrica da maneira que se revelar mais vantajosa não estando essa definida no registo da patente. Uma das bóias encontra-se à superfície a flutuar enquanto a outra será composta por duas partes, uma flutuante e a outra submersa, sendo a última responsável por garantir a inércia necessária para que a fase das oscilações entre as duas partes seja o mais próxima possível da fase da onda. Essa inércia pode ser regulada, uma vez que o peso varia com a quantidade de água no seu interior, a qual pode ser alterada consoante o estado do mar. Este dispositivo deve ser instalado *offshore* e estar ancorado ao fundo mar por meio de um cabo de segurança.

Por fim, deve ainda referir-se que foi já instalado um dispositivo semelhante ao dispositivo desta patente ao largo da costa irlandesa, embora se trate apenas de um protótipo à escala 1:4. Ao mesmo tempo que foi registada esta patente, foi também registada uma outra cujas diferenças não vão aqui ser apresentadas por estarem fora do âmbito do trabalho, no entanto, serão apresentados os dados principais desse registo *infra*.

- EP1439306 (B1)

Epígrafe – “*Conversor da energia dos ondas*”

Data do pedido – 14 de Junho de 2004

Data da concessão – 30 de Novembro de 2005

Classificação Internacional – F03B 13/20 (Primeira)

Titular – Wavebob Limited (Irlanda)

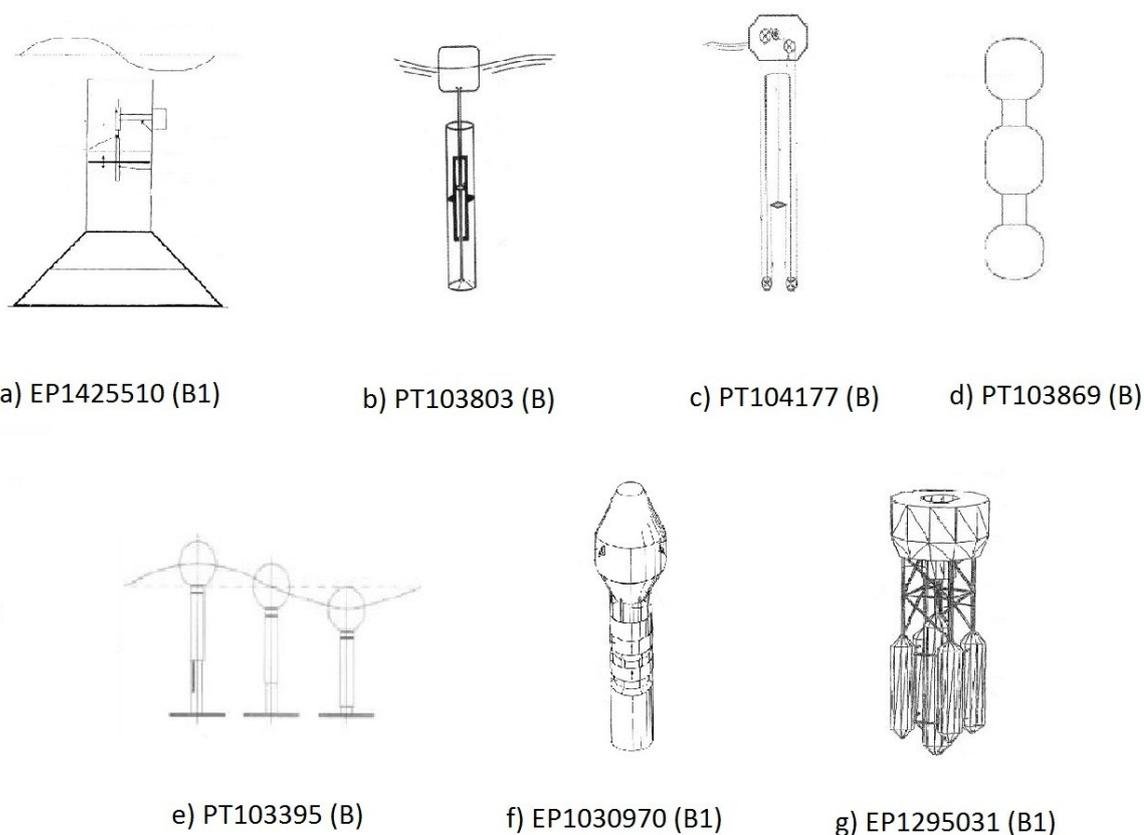


Figura 5.3 – Flutuadores com movimento linear compostos por diversos corpos (Extraído dos documentos de registo de patente disponibilizados no Espacenet)

5.2.2.3. Flutuadores singulares com movimento de rotação

- PT104387 (B)

Epígrafe – “*Esfera de retorno*”

Data do pedido – 16 de Fevereiro de 2009

Data da concessão – 15 de Abril de 2011

Classificação Internacional – F03B 13/14

Titular – João Policarpo Roquette Pinheiro de Melo (Portugal)

O sistema apresentado nesta patente consiste numa esfera de retorno flutuante totalmente isolada que contém uma armação exterior em aço inox com rolamentos, que permite que a esfera se movimente livremente, ao mesmo tempo que garante que esta se encontre fixa ao fundo do mar, tal como se pode verificar na Figura 5.4 a).

O mecanismo de aproveitamento e transformação de energia encontra-se dentro da própria esfera e apenas se tem acesso através de uma abertura no topo desta que é utilizada excepcionalmente em caso de avaria. Para aproveitar a energia das ondas este dispositivo terá no seu interior condutas em alumínio dispostas verticalmente acompanhando a curvatura da esfera, podendo os seus diâmetros variar consoante o tamanho da esfera. Estas condutas terão duas turbinas cada, na extremidade inferior será colocada uma turbina movimentada a água, uma vez que a parte inferior da esfera conterà água doce até um nível que também varia com o tamanho do dispositivo. No entanto, essa água não atinge a turbina situada na extremidade superior da conduta, levando a que a turbina aí instalada funcione a ar. O movimento das ondas levará a que a esfera tenha um movimento oscilatório que tenta contrariar a sua posição de repouso que é garantida por um contrapeso colocado no fundo da esfera. Esse movimento da esfera fará com que o líquido entre e saia das condutas e conseqüentemente entre e saia ar também. É através desta entrada e saída de ambos os fluidos que será aproveitado o movimento das ondas para a produção de energia, não esquecendo o facto de que as turbinas funcionam sempre no mesmo sentido, independentemente do sentido do fluido, para assim maximizar os ganhos energéticos. Todas as turbinas estarão ligadas a um dínamo, também este instalado no interior da esfera, responsável pela transformação da energia mecânica, proveniente das turbinas, em energia eléctrica.

Este dispositivo deverá ser instalado em zonas *offshore* para garantir uma maior regularidade dos movimentos oscilatórios, evitando assim as irregularidades dos movimentos das ondas junto à costa e os possíveis contactos com o fundo do mar que poderiam ser fatais para este tipo de dispositivo. No entanto o seu tamanho e a sua grande exposição às intempéries levam a que a sua durabilidade possa ser posta em causa, uma vez que no registo de patente não é mencionado nenhum sistema de segurança.

- PT103396 (B)

Epígrafe – “*Piscina Energética*”

Data do pedido – 29 de Novembro de 2005

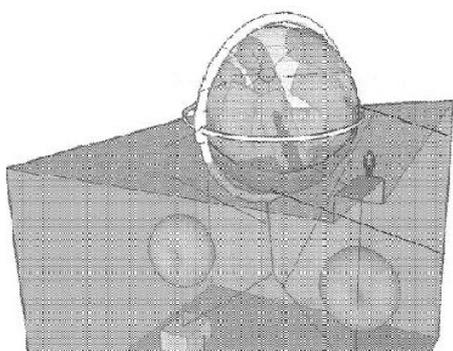
Data da concessão – 31 de Julho de 2006

Classificação Internacional – F03B 13/16

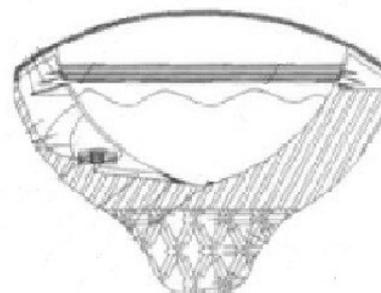
Titular – Martifer Energia, Equipamentos para Energia S.A. (Portugal)

O dispositivo reivindicado nesta patente é composto por um corpo oscilante de grandes dimensões que contém um recipiente principal onde se encontra um líquido não especificado no documento de registo (Figura 5.4 b)). Esta estrutura encontra-se hermeticamente fechada, não havendo assim risco de corrosão por parte da água do mar. Com o movimento oscilatório, o líquido que se encontra dentro do reservatório vai-se movimentar, podendo atingir a sua

superfície e, conseqüentemente, transbordar para canais adjacentes a este mesmo reservatório. Esses canais conduzirão o líquido até turbinas que com a passagem deste serão accionadas, podendo assim transmitir a energia mecânica a um gerador que produzirá energia eléctrica. Uma vez que se trata de um sistema fechado, após o líquido ser turbinado este será conduzido de volta ao recipiente principal. Este dispositivo deverá ser instalado *offshore* sendo portanto necessário que esteja ancorado ao fundo do mar de maneira a que o movimento oscilatório não seja restringido. A sua estrutura deverá garantir que as oscilações não sejam suficientemente elevadas, para que não ocorram movimentos contrários dentro dos canais, embora não seja possível descrever o modo exacto como isso será efectuado uma vez que apenas se teve acesso ao resumo da patente.



a) PT104387 (B)



b) PT103396 (B)

Figura 5.4 – Flutuadores singulares com movimento de rotação (Extraído dos documentos de registo de patente disponibilizados no Espacenet)

5.2.2.4. Flutuadores com articulação ancorada no lastro

- EP1444435 (B1)

Epígrafe – “*Processo para utilização de energia das ondas*”

Data do pedido – 25 de Outubro de 2002

Data da concessão – 05 de Dezembro de 2007

Classificação Internacional – F03B 13/18

Titular – AW – ENERGY OY (Finlândia)

A invenção aqui apresentada diz respeito a uma das tecnologias mais actuais na área da energia das ondas. Um protótipo baseado na tecnologia reivindicada nesta patente, com o nome de *Waveroller* (Fotografia 5.1) foi construído nos Estaleiros Navais de Peniche (ENP) e

instalado ao largo de Peniche, embora a empresa responsável pelo desenvolvimento do dispositivo seja finlandesa. Uma vez que os resultados foram positivos, encontra-se neste momento em fase de montagem um dispositivo à escala real com 300kW de potência, também nos ENP e que será posteriormente instalado ao largo de Peniche a uma distância de aproximadamente 900 metros da costa onde a profundidade do mar é classificada como intermédia.

Esta invenção é, de facto, inovadora, na medida em que aproveita a energia cinética das ondas junto ao fundo do mar, isto porque em profundidades intermédias o movimento das partículas de água vai ser praticamente horizontal junto ao fundo, como já foi referido no segundo e terceiro capítulo deste trabalho. Este movimento apresenta uma variação do seu sentido consoante a fase da onda. Para aproveitar esta energia este dispositivo será munido de uma asa rectangular presa ao fundo do mar apenas por um dos lados. Assim, esta asa terá um movimento vaivém que será aproveitado por um pistão hidráulico instalado junto a si e que servirá para bombear água, óleo ou ar sobre pressão através de condutas subaquática até à costa onde será depois feita a transformação em energia eléctrica através do sistema que se considere mais adequado.

Esta invenção apresenta inúmeras vantagens em relação a muitos outros dispositivos de aproveitamento de energia das ondas, estando a mais expressiva relacionada com o facto de todo o dispositivo estar instalado a uma pequena distância da costa e todo ele submerso, ou seja, protegido das intempéries existentes à superfície.



Fotografia 5.1 – Protótipo do *WaveRoller* nos Estaleiros Navais de Peniche

- EP1045987 (B1)

Epígrafe – “*Instalação 4-em-1 própria para produzir electricidade a partir da energia da chuva, do vento, das ondas e da energia solar*”

Data do pedido – 28 de Setembro de 1998

Data da concessão – 08 de Dezembro de 2004

Classificação Internacional – F03B 13/00 (Primeira)

Titular – Siu Kwong Ha (China)

Conforme mencionado no título, este dispositivo visa o aproveitamento de energia de diferentes origens. Contudo, faremos apenas referência ao aproveitamento da energia das ondas, cerne do presente trabalho.

Esta invenção encontra-se à superfície mas está presa ao fundo do mar através de uma estrutura de suporte. É composta por uma roda paralela ao movimento de propagação das ondas à qual estão presas pás que lhe vão proporcionar um movimento giratório através do impacto das ondas na sua superfície. O movimento giratório da roda vai permitir a obtenção de energia através de um gerador eléctrico. Depois de efectuada a análise do documento da patente é possível verificar-se que esta tecnologia está pouco desenvolvida e não apresenta sinais de que possa vir a ser uma solução viável para o aproveitamento da energia das ondas, sendo um dos grandes problemas a vulnerabilidade que este dispositivo apresenta em relação às condições adversas que o estado do mar muitas vezes apresenta.

5.2.2.5. Atenuadores

- EP1115976 (B1)

Epígrafe – “*Aparelho flutuante e método para extracção de energia a partir de ondas do mar*”

Data do pedido – 24 de Setembro de 1999

Data da concessão – 18 de Fevereiro de 2004

Classificação Internacional – F03B 13/20 (Primeira)

Titular – Ocean Power Delivery Limited (a partir de 2007 passou a adoptar o nome de Pelamis Wave Power) (Reino Unido)

Este dispositivo, conhecido como *Pelamis* (Fotografia 5.2), desenvolvido na Escócia, faz parte de uma subclasse de engenhos bastante recente, tendo sido mesmo o pioneiro dos dispositivos classificados como Atenuadores. A “cobra do mar” como é conhecido em

Portugal, consiste numa estrutura flutuante de forma cilíndrica com vários módulos associados através de juntas flexíveis que lhe conferem liberdade de movimentos, sendo esses movimentos aproveitados por pistões hidráulicos para a produção de energia eléctrica através de sistemas instalados dentro dos próprios módulos que o constituem.

De facto, este dispositivo tem, na direcção da propagação da onda, uma dimensão da ordem de grandeza do comprimento de onda, para que os seus módulos possam movimentar-se entre si conforme se vão adaptando às diferentes fases da onda. Para garantir que o dispositivo não se afasta da sua posição de instalação, este encontra-se ancorado ao fundo do mar através de cabos muito resistentes.

Embora tenha sido desenvolvido na Escócia, a instalação do dispositivo à escala real foi feita ao largo da costa portuguesa em Julho de 2008, junto à Póvoa do Varzim naquele que foi o primeiro parque de energia das ondas do mundo, uma vez que não foi instalado apenas um, mas sim três dispositivos responsáveis pela produção de energia que posteriormente seria encaminhada através de um cabo eléctrico até à costa para ser ligado à rede eléctrica nacional. Cada um desses dispositivos era composto por três módulos perfazendo um total de 120 metros de comprimento e 3.5 metros de diâmetro, com uma potência de 750 kW. Embora a sua instalação tenha sido um passo importante para mais uma vez realçar a posição de excelência, tanto dos estaleiros portugueses como da situação privilegiada para o aproveitamento da energia das ondas que Portugal exhibe, o *Pelamis* permaneceu no mar apenas alguns meses uma vez que algumas falhas técnicas e problemas financeiros da empresa responsável obrigaram à sua remoção.



Fotografia 5.2 – *Pelamis* ao largo da costa portuguesa

- PT103270 (B)

Epígrafe – “*Sistema de Conversão/Inversão de energia*”

Data do pedido – 02 de Maio de 2005

Data da concessão – 27 de Fevereiro de 2006

Classificação Internacional – F03B 13/14

Titular – Martifer Energia, Equipamentos para Energia S.A. (Portugal)

Tal como acontece com outras patentes também apresentadas neste trabalho, esta diz respeito a um processo de conversão/inversão de energia que será utilizado num outro dispositivo desenvolvido por esta mesma empresa e que se encontra descrito na apresentação da patente PT103926 (B). Este sistema destina-se à conversão/inversão do movimento pendular imposto pelas ondas ao dispositivo num movimento unidireccional que será depois mais facilmente e com um maior rendimento transformado em energia eléctrica. A sua estrutura é composta por várias rodas dentadas associadas a um eixo central. De facto, o sistema foi pensado de maneira a que o movimento pendular dos dispositivos de captação do movimento das ondas, que são apresentados na patente PT103394 (B), seja infligido ao eixo central de saída como um movimento rotacional unidireccional.

- PT103394 (B)

Epígrafe – “*Estruturas articuladas de recuperação energética*”

Data do pedido – 29 de Novembro de 2005

Data da concessão – 31 de Outubro de 2006

Classificação Internacional – F03B 13/14

Titular – Martifer Energia, Equipamentos para Energia S.A. (Portugal)

A par com a patente PT103270 (B), esta insere-se num projecto desenvolvido pela empresa titular de ambas as patentes com o objectivo de desenvolver um dispositivo inovador do aproveitamento da energia das ondas. Ao longo desse projecto, com o nome de FLOW (Future Lives On Waves), a empresa foi registando as patentes de diferentes inovações que foram depois postas em prática no dispositivo final que se encontra detalhado na patente PT103926 (B).

Como se pode ler no título, esta patente diz respeito a um dispositivo de recuperação da energia das ondas composto por dois corpos flutuantes articulados através de um sistema de dobradiça que deverão ser instalados *offshore* e ancorados ao fundo do mar. À medida que as ondas passam os corpos vão oscilando, mudando assim a sua posição relativa, sendo essa

variação de posição que vai accionar o sistema de dobradiça associado a um aparelho de transformação de energia que se encontra dentro do próprio corpo flutuante.

Podemos, então, verificar que é esse movimento relativo entre os dois corpos o responsável pela captação da energia das ondas.

- PT103926 (B)

Epígrafe – “**Dispositivo para extracção da energia das ondas**”

Data do pedido – 10 de Janeiro de 2008

Data da concessão – 10 de Fevereiro de 2011

Classificação Internacional – F03B 13/20

Titular – Martifer Energia, Equipamentos para Energia S.A. (Portugal)

O dispositivo reivindicado nesta patente é o resultado de vários anos de trabalho efectuado pelo grupo responsável pelo projecto FLOW da empresa titular. Foram apresentadas anteriormente duas patentes que fazem igualmente parte deste projecto e que dizem respeito a sistemas desenvolvidos para o dispositivo final, que será agora apresentado.

O engenho aqui descrito é composto por dois corpos parcialmente imersos articulados através de um sistema que lhes confere um mesmo eixo de rotação. Como se pode ver através da Figura 5.5, ambos os corpos são compostos por três partes distintas, apresentando diferenças apenas numa dessas partes. É visível que os dois corpos têm na sua extremidade um grande volume submerso que confere o efeito flutuante do dispositivo e que vai ser o responsável pelo acompanhamento do movimento das ondas por parte do dispositivo. A esses flutuadores está associado um braço rígido que irá fazer a ligação entre este e o eixo de rotação do dispositivo global. É nesta zona, de rotação, que se encontra a diferença entre os dois corpos, uma vez que um é composto por um cilindro que contém no seu interior todo o sistema de conversão de energia e também as articulações mecânicas, e o outro é composto por uma estrutura metálica que contém dois braços que envolvem as extremidades do cilindro na zona das articulações. É, efectivamente, através do movimento de rotação destes dois corpos que este dispositivo aproveita o movimento das ondas para produzir energia eléctrica.

A sua instalação deverá ser feita *offshore*, onde o movimento das ondas apresenta uma configuração mais regular, embora seja de realçar que uma das principais vantagens deste dispositivo é a ampla banda de frequências em que tem capacidade de produzir energia eléctrica.

De facto, este dispositivo já se encontra numa fase bastante desenvolvida, já tendo sido testado um protótipo a uma escala 1:25 nos tanques da empresa. Prevê-se que o dispositivo final tenha uma potência nominal de aproximadamente 1,5 MW.

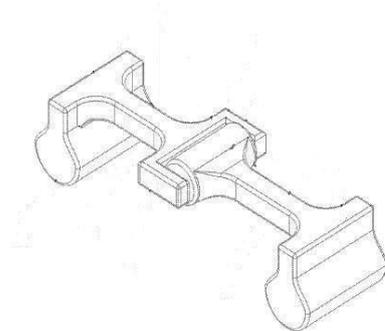


Figura 5.5 – Dispositivo resultante do projecto FLOW (Extraído do documento de registo de patente disponibilizado no site do INPI)

5.2.3. Dispositivos diferenciais

- EP1036274 (B1)

Epígrafe – “*Conversor da energia das ondas*”

Data do pedido – 03 de Dezembro de 1998

Data da concessão – 27 de Agosto de 2003

Classificação Internacional – F03B 13/18 (Primeira)

Titular – William Dick (Irlanda)

Este dispositivo visa o aproveitamento da energia das ondas através da variação de pressão a uma determinada profundidade provocada pelas diferentes fases de uma onda. Esse aproveitamento é feito através de um balão submerso e cheio de ar que está preso a um pistão hidráulico que por sua vez está ancorado ao fundo do mar. O pistão é o responsável por transmitir a energia mecânica a um gerador linear que a irá transformar em energia eléctrica. O material que compõe o balão já referido é elástico, para assim se poder moldar ao volume de ar no seu interior que vai variar consoante a fase da onda (crista ou cava). Esta variação é justificada pela Lei de Boyle-Mariotte que diz que a pressão e o volume de um gás a uma temperatura constante são inversamente proporcionais, e é precisamente através dessa variação de volume que o balão vai adquirir um movimento ascendente quando a pressão diminui e descendente quando a pressão aumenta.

Esta patente reclama ainda outra disposição para o conversor, em que este passa a estar munido de duas bóias em vez de uma, estando uma delas a flutuar à superfície. Com esta nova

disposição e através da colocação do pistão entre as duas bóias ligado a cada uma delas através de um cabo, é possível não só aproveitar o movimento da bóia submersa mas também o movimento que a bóia flutuante tem devido à passagem das ondas, aumentando assim a amplitude do movimento do pistão, o que dá origem a uma maior produção de energia.

- EP0736123 (B1)

Epígrafe – “***Transformador da energia das ondas***”

Data do pedido – 13 de Dezembro de 1994

Data da concessão – 25 de Novembro de 1998

Classificação Internacional – E02B 9/08 (Primeira)

Titular – AWS Ocean Energy Limited (Holanda)

A técnica em que assenta esta patente diz respeito a um dispositivo totalmente submerso e fixo no fundo do mar, o qual aproveita a diferença de pressão que aí se verifica entre a passagem da crista e da cava de uma onda. No fundo do mar são instaladas duas câmaras interligadas por um canal horizontal, como se pode observar na Figura 5.6 a), que terão no seu interior água do mar e ar. Ambas as câmaras estarão ligadas a um pistão instalado dentro de um pilar fixo no fundo do mar e será o movimento desse pistão, que ao acompanhar a subida e descida de cada câmara, irá produzir energia através de um gerador linear. A subida e descida das câmaras vai-se verificar devido à movimentação do gás com a variação de pressão a que ambas as câmaras estão sujeitas, levando esse movimento a que haja a entrada de água na câmara onde a pressão é mais elevada através de um orifício que cada uma terá na sua base.

Será de realçar que, antes da instalação deste tipo de dispositivo deve ser feito um estudo para tentar identificar qual o comprimento de onda que mais se observa no local de instalação, para dessa maneira se poder utilizar esse valor de modo a colocar as câmaras a uma distância de metade do comprimento de onda no sentido da propagação, para desse modo as diferenças de pressão serem as maiores possíveis. O documento de registo de patente fala ainda de outros tipos de organização estrutural, com três câmaras, mas cujo funcionamento é bastante semelhante. Por fim, e devido à dimensão que a empresa em questão atingiu, deve ser referido que esta se formou a partir do grupo de trabalho que estava a desenvolver o projecto baseado nesta patente, projecto esse que tinha o nome de *Archimedes Wave Swing*.

- EP1009933 (B1)

Epígrafe – “***Dispositivo para conversão de energia a partir do movimento das ondas***”

Data do pedido – 04 de Outubro de 1998

Data da concessão – 29 de Maio de 1998

Classificação Internacional – F03B 13/24 (Primeira)

Titular – AWS Ocean Energy Limited (Holanda)

Esta patente pode ser considerada como sendo um melhoramento da anterior, uma vez que pertencem à mesma empresa e que apresentam o mesmo princípio físico, embora este dispositivo seja composto apenas por uma câmara o que faz com que não seja uma variação de pressão espacial que esteja na origem do movimento mas sim uma diferença temporal, conceitos que já foram explicadas num capítulo anterior.

Esta invenção é composta por duas partes, uma delas fixa ao fundo do mar enquanto a outra apresenta um movimento oscilatório ascendente e descendente consoante a pressão dentro da câmara, que contém ar, diminua ou aumente respectivamente. Uma vez que a parte oscilante está associada a um pistão hidráulico este vai ser o responsável pela produção de energia eléctrica através de um gerador linear. A AWS instalou um protótipo de um dispositivo baseado nesta patente ao largo da Póvoa do Varzim em 2004 com 2MW de potência que fornece electricidade à rede eléctrica portuguesa (Fotografia 5.3).



Fotografia 5.3 – *Archimedes Wave Swing* ao largo da costa portuguesa

- PT103425 (B)

Epígrafe – “*Dispositivo para aproveitamento da energia das ondas do mar*”

Data do pedido – 27 de Janeiro de 2006

Data da concessão – 29 de Outubro de 2007

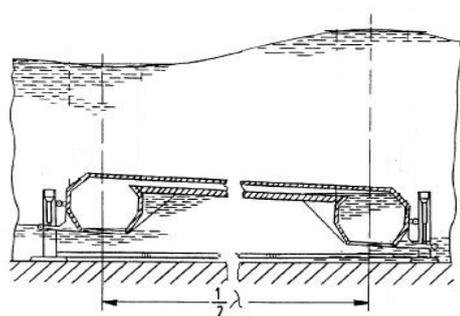
Classificação Internacional – F03B 13/18

Titular – Jaime Lopes Ferro (Portugal)

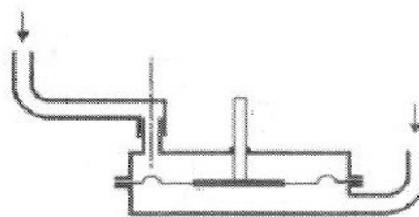
Assim como outros dispositivos já apresentados, este utiliza a diferença de pressão que se faz sentir no fundo do mar devido às diferentes fases das ondas para a obtenção de energia eléctrica. A vantagem apresentada relativamente a esses dispositivos está no facto de este não necessitar da presença de nenhum gás para aproveitar essa diferença de pressão.

Esta invenção consiste, então, num reservatório preferencialmente cilíndrico instalado no fundo do mar com duas câmaras divididas horizontalmente por uma membrana constituída por um material elástico. Ambas as câmaras são munidas de uma conduta, lateral no caso da câmara inferior e situada na parte de cima da câmara superior, que permite a entrada e saída da água do mar. Este movimento da massa de água vai fazer com que a membrana se desloque para cima e para baixo arrastando consigo um pistão ligado a um gerador eléctrico situado num reservatório fechado, instalado por cima do reservatório principal ou numa plataforma à superfície das águas do mar. O movimento de entrada e saída de água dá-se devido à diferença de pressão que se faz sentir à boca de cada uma das condutas, sendo essa diferença justificada pelo facto de, numa situação ideal, estas estarem à distância de meio comprimento de onda no sentido da propagação, o que significa que enquanto uma conduta está sujeita à pressão da água devido à passagem da crista de onda, outra estará sujeita à pressão resultante da passagem da cava. A conduta respeitante à câmara superior terá a particularidade de poder ser regulada consoante as condições do mar, optimizando assim as diferenças de pressões entre as duas câmaras.

Este dispositivo, apresentado na Figura 5.6 b), deverá ser instalado a profundidades entre os 8 e os 20 metros.



a) EP0736123 (B1)



b) PT103425 (B)

Figura 5.6 – Dispositivos diferenciais (Extraído dos documentos de registo de patente disponibilizados no Espacenet)

5.2.4. Dispositivos sujeitos a galgamento

- EP1153217 (B1)

Epígrafe – “*Unidade de aproveitamento da energia das ondas para reconversão em energia eléctrica*”

Data do pedido – 19 de Novembro de 1999

Data da concessão – 18 de Agosto de 2004

Classificação Internacional – F03B 13/12

Titular – Enerwave, Produção de Energia, Lda. (Portugal)

A presente invenção reconduz-se a um dispositivo costeiro que pode ser adaptado a estruturas já existentes, como pontões, molhes, entre outras, e terá uma estrutura semelhante à apresentada na Figura 5.7 a).

A produção de energia eléctrica através deste sistema é feita recorrendo aos princípios básicos da hidrostática e consiste no aproveitamento da diferença de pressões entre dois reservatórios ligados por uma conduta sobre pressão. Um dos tanques estará em contacto com a água do mar e o outro estará abrigado em terra e estarão ligados por uma conduta que funcionará como um sifão para garantir o equilíbrio entre os tanques. O tanque interior estará a uma cota mais baixa que o outro, para garantir que o movimento se faz sempre no sentido pretendido, ou seja, do tanque exterior para o tanque interior. O tanque exterior será de betão e terá uma parede exterior ligeiramente inclinada para permitir uma maior facilidade de galgamento por parte da água do mar quando esta a atingir. Essa entrada de água do mar será a responsável pela subida do nível nesse tanque que por sua vez fará com que se criem diferenças de cota (pressão). Ao verificar-se uma subida do nível da água no tanque exterior haverá um movimento dessa mesma água através da conduta em direcção ao tanque interior onde estará instalada uma turbina de reacção (Turbina Francis por exemplo), que será responsável pela produção de electricidade tal como acontece nos aproveitamentos hidroeléctricos fluviais.

- EP1088161 (B1)

Epígrafe – “*Instalação para utilizar a energia das ondas*”

Data do pedido – 14 de Junho de 1999

Data da concessão – 18 de Agosto de 2004

Classificação Internacional – F03B 13/14 (Primeira)

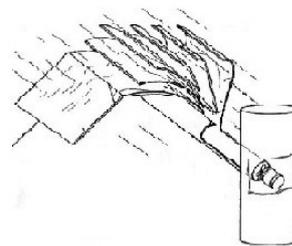
Titular – Waveplane International A/S (Dinamarca)

O dispositivo apresentado nesta patente tem como base de funcionamento a transformação do movimento da água extraída das ondas do mar num movimento rotacional. A sua instalação é feita *offshore* ou *nearshore* com recurso a uma plataforma de sustentação flutuante que estará ancorada ao fundo mar.

O *modus operandi* consiste na entrada de água do mar através de aberturas orientadas no sentido oposto ao do movimento das ondas, para garantir uma fácil captação. A água captada por essas aberturas será depois dirigida a um tubo cilíndrico horizontal que terá uma turbina em cada uma das extremidades. Toda a estrutura do sistema está concebida de maneira a garantir o movimento rotacional do líquido para que este atinja as turbinas, com a velocidade necessária à produção de energia eléctrica. Depois da passagem da água pelas turbinas, que deverão ter bons rendimentos perante fluídos com movimento rotacional, esta é novamente devolvida ao mar. Através da Figura 5.7 b) consegue-se ter uma melhor percepção do dispositivo descrito. Importa por fim referir que um dispositivo semelhante ao descrito no registo foi testado no oceano ao largo da Dinamarca, mas sem a turbina responsável pela produção de energia, tendo sido utilizado apenas para melhorar a oxigenação da água do mar através do movimento de galgamento ao mesmo tempo que a sua resistência era testada.



a) EP1153217 (B1)



b) EP1088161 (B1)

Figura 5.7 – Dispositivos sujeitos a galgamento (Extraído dos documentos de registo de patente disponibilizados no Espacenet)

5.2.5. Dispositivos com sistemas mistos

- EP1581741 (B1)

Epígrafe – “*Sistema para o aproveitamento múltiplo e conversão complementar de energia das ondas do mar*”

Data do pedido – 05 de Janeiro de 2004

Data da concessão – 25 de Outubro de 2006

Classificação Internacional – F03B 13/18 (Primeira)

Titular – Pipo Systems, S.L (Espanha)

O dispositivo aqui descrito é denominado de aproveitamento múltiplo uma vez que este é composto por 5 corpos principais que vão ter movimentos distintos entre si, sendo esses movimentos “múltiplos” responsáveis pela produção de energia. O corpo principal encontra-se à superfície da água a flutuar e está ligado a cada um dos outros 3 corpos flutuantes através de “uma estrutura basculante feita de aço”. O movimento entre cada um desses corpos secundários e o corpo central será aproveitado por meio de um cilindro pneumático instalado no próprio corpo central e que converterá a energia das ondas em ar pressurizado que será depois conduzido para a costa onde será utilizado para a produção de energia eléctrica. Além do movimento produzido pelas diferentes fases de uma onda, este dispositivo, também se propõe a aproveitar a pressão da coluna de água, que também varia com as diferentes fases da onda. Para que tal aconteça será instalado um tanque submerso com uma abertura na sua face inferior por baixo do corpo central e que está ligado a este por um sistema de cabos e roldanas que por sua vez estará ligado a um cilindro pneumático. O movimento deste tanque será contrário ao do corpo central e isso vai-se dever à variação da impulsão de Arquimedes, uma vez que o tanque estará parcialmente preenchido por ar. Todo este sistema, à parte dos corpos flutuantes, estará dentro de uma estrutura metálica cilíndrica instalada no fundo do mar.

- EP2009278 (B1)

Epígrafe – “*Sistema para o aproveitamento múltiplo e a conversão complementar de energia das ondas do mar*”

Data do pedido – 12 de Abril de 2007

Data da concessão – 02 de Dezembro de 2009

Classificação Internacional – F03B 13/18

Titular – Pipo Systems, S.L (Espanha)

Como se pode verificar, esta patente pertence à empresa Pipo Systems, S.L., tal como a anterior, utilizando os mesmos princípios para o aproveitamento de energia do mar, ou seja, o movimento oscilatório de um flutuador situado à superfície e que acompanha o movimento ondulatório e o movimento de um corpo submerso devido à variação da pressão da coluna de água sobre ele.

Contudo, nesta segunda patente, podem observar-se pequenas diferenças estruturais, tais como a abolição dos corpos flutuantes secundários e a utilização de mais um corpo submerso, prevalecendo assim a interacção entre o corpo central flutuante e os corpos oscilatórios submersos que continuam a estar ligados entre si através de um sistema de cabos e roldanas (Figura 5.8 a)). A empresa responsável por estas duas patentes apresentou já um protótipo baseado neste último dispositivo embora a única informação veiculada refira que este foi apenas experimentado em laboratório. A empresa prevê que cada dispositivo tenha

uma potência de 1,25MW e que sejam instalados em grupos de 8 ou 16, perfazendo assim um total de 10 ou 20 MW.

- PT103810 (B)

Epígrafe – “*Sistema de aproveitamento da Energia das Ondas*”

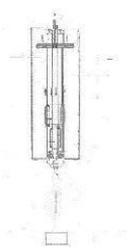
Data do pedido – 17 de Agosto de 2007

Data da concessão – 13 de Janeiro de 2010

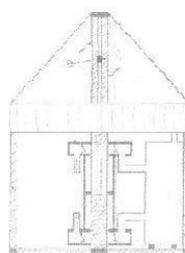
Classificação Internacional – F03B 13/14 (Primeira)

Titular – Protenerg, Lda. (Portugal)

Esta invenção pretende aproveitar o movimento ascendente e descendente das ondas, com recurso a uma bóia submersa ligada a um pistão, para produzir energia eléctrica (Figura 5.8 b). O movimento ascendente e descendente desta bóia vai ser provocado pelas forças de impulsão e forças da gravidade respectivamente, isto porque a bóia terá um dispositivo de controlo que fecha uma “janela” quando a crista da onda está alinhada com esta, e que abre essa “janela” quando se tratar da cava a estar no seu alinhamento. Este processo vai permitir uma saída e entrada de água que permite que a bóia suba e desça consoante a fase da onda. A bóia em questão está ligada a um pistão, que se encontra numa câmara de betão instalada no fundo do mar e que servirá para bombear água para um reservatório sob pressão que por sua vez encaminhará a água para uma turbina cujo movimento será responsável pela produção de energia eléctrica. A grande inovação relativa a esta invenção é o facto de que, tanto o movimento ascendente como descendente do pistão, vão permitir o bombeamento de água para o reservatório. Outra vantagem deste dispositivo é o facto de se poderem ligar a um mesmo reservatório vários sistemas de bombeamento, permitindo obter uma produção de energia mais constante.



a) EP2009278 (B1)



b) PT103810 (B)

Figura 5.8 – Dispositivos com sistemas mistos (Extraído dos documentos de registo de patente disponibilizados no Espacenet)

6. ANÁLISE E DISCUSSÃO

No presente trabalho, propusemo-nos realizar uma descrição detalhada sobre o estado da técnica dos dispositivos de aproveitamento da energia das ondas e, após a conclusão deste estudo, podemos verificar que praticamente todo o trabalho realizado nesta área com interesse real se encontra aqui descrito. Contudo, não podemos deixar de ressaltar que existem invenções que não se encontram registadas no Instituto Nacional de Propriedade Industrial.

O resultado final desta pesquisa foi de 51 patentes activas no território português, sendo que apenas 14 dessas patentes são Patentes Nacionais, tratando-se as restantes 37 de Patentes Europeias. Através do registo de cada uma das patentes podem-se tirar algumas conclusões sobre o interesse de alguns países neste tipo de tecnologia. As patentes europeias com vigência em Portugal têm diferentes proveniências, sendo que alguns países requerentes nem pertencem ao grupo de 37 países que constituem o IEP. Mas como se pode ver no Gráfico 6.1, os principais países a pretender proteger as suas invenções em Portugal são o Reino Unido e a Suécia. À frente desses dois países só mesmo Portugal, embora se verifique que dos 15 pedidos provenientes de entidades portuguesas apenas um é europeu, podendo-se então concluir que todos os pedidos de Patente Nacional foram feitos por entidades portuguesas.

Número de patentes por país requerente

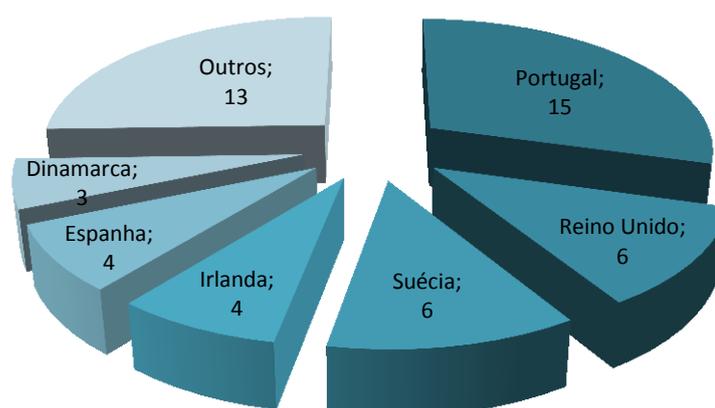


Gráfico 6.1

De maneira a perceber qual a importância que este tipo de dispositivos representa importa identificar quais os tipos de requerentes que mais se observam, uma vez que a capacidade que um privado tem para desenvolver determinada tecnologia dificilmente se pode comparar à de

uma empresa ou de um estabelecimento de ensino. Quanto a este último tipo importa ainda salientar que no caso de haver patentes por eles requeridas isso demonstra que existe não só um interesse em desenvolver as tecnologias já existentes, como também procurar novas soluções para os problemas em questão, isto porque normalmente os gabinetes de investigação dos estabelecimentos de ensino são bastante conceituados nas mais variadas áreas. No que diz respeito aos registos analisados neste trabalho podemos ver a sua divisão por tipo de requerente no Gráfico 6.2, embora seja importante salientar que algumas das 38 empresas trabalham ou trabalharam no início das suas investigações com estabelecimentos de ensinos, tendo a titularidade da patente sido assumida pela empresa, como é o caso da empresa sueca Seabased que trabalhou em parceria com a Universidade de Uppsala.

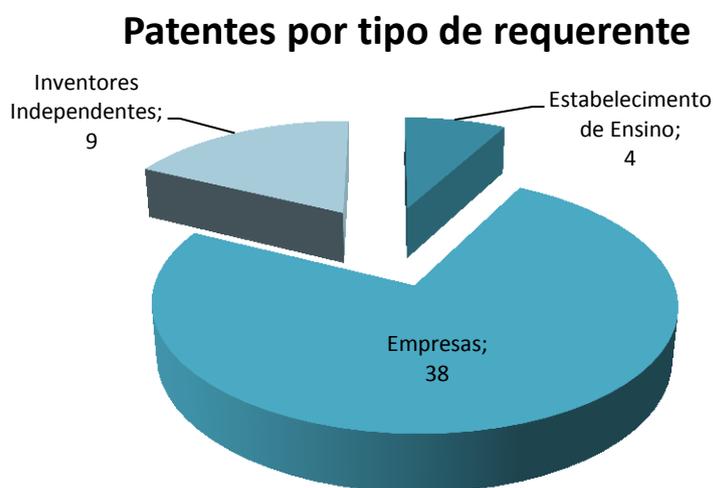


Gráfico 6.2

Embora toda a apresentação das patentes seja feita com recurso à divisão dos dispositivos por tipo de tecnologia utilizado, é essencial realçar, nesta fase final do trabalho, através do Gráfico 6.3, que os “flutuadores com movimento linear composto por um só corpo” são aqueles que apresentam uma maior gama de invenções, podendo mesmo concluir-se que esta tecnologia é aquela que apresenta um maior interesse por parte dos investigadores que procuram a solução ideal para o aproveitamento da energia das ondas. Este interesse deve-se ao facto de ser uma tecnologia já bastante desenvolvida e cuja concepção dos dispositivos é bastante simples, podendo mesmo fazer-se com recurso a materiais de baixo custo, o que torna estes dispositivos ainda mais apetecíveis pelas empresas desta área. Além das mais-valias económicas é necessário também considerar outros aspectos, tais como o impacto ambiental e visual, que no caso dos *point absorbers* se revela uma vantagem, uma vez que as dimensões destes dispositivos impossibilitam quase por completo a sua visualização a partir da costa, e quanto ao ambiente marinho também não apresentam problemas de maior, isto

porque normalmente todo o mecanismo de geração está acoplado numa pequena estrutura situada no fundo do mar ou dentro do próprio dispositivo.

É preciso no entanto referir alguns aspectos negativos, tais como a dificuldade de transporte de energia até à costa no caso dos *point absorbers*, uma vez que estes são instalados a alguns quilómetros da costa. Esse transporte é feito através de cabos de alta tensão instalados no fundo do mar mas que representam uma grande percentagem do volume total dos custos de instalação e manutenção destes dispositivos. Para além do transporte, importa também referir o facto de que todos estes dispositivos se encontram constantemente sujeitos às intempéries, assim como à acção corrosiva da água do mar. Embora alguns estejam munidos de sistemas de segurança, muitas vezes isso não acontece, e mesmo quando acontece pode não ser suficiente para impedir a destruição total ou parcial do mecanismo. Por fim importa referir um aspecto negativo, que está associado principalmente aos *point absorbers* e que está relacionado com a baixa potência instalada relativa a cada dispositivo e que leva a que seja necessária a instalação de uma grande quantidade de dispositivos para que a produção de energia seja rentável e significativa dentro dos consumos médios da rede nacional.

Número de patentes por tipo de tecnologia

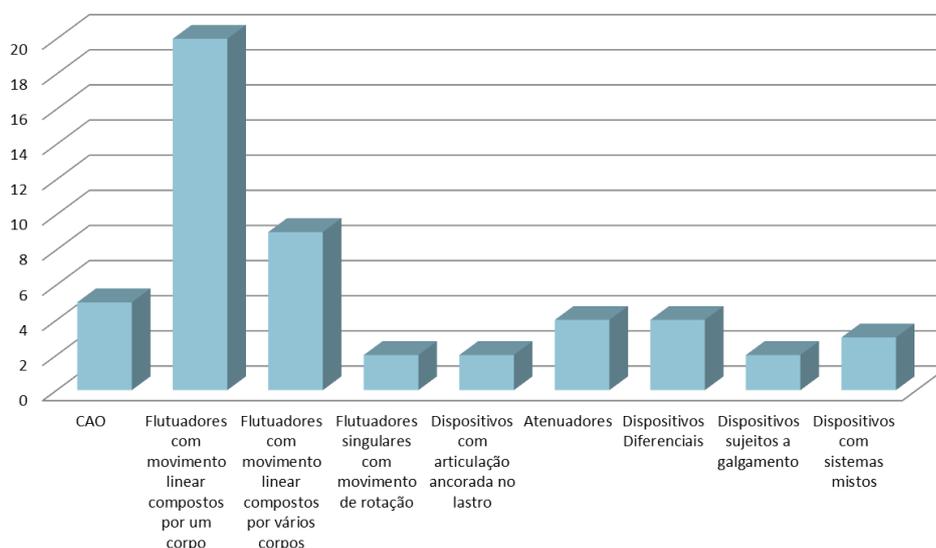


Gráfico 6.3

Toda esta pesquisa e procura pela tecnologia ou pelo dispositivo mais adequado para o aproveitamento da energia das ondas é um processo que, tal como foi referido no início do trabalho, já dura há várias décadas, tendo-se acentuado no último quarto do século passado.

De facto, através da análise do gráfico *infra*, Gráfico 6.4, é possível constatar que o número de patentes tem vindo a aumentar, embora se possa observar que houve em 2003, uma quebra

dos registos, não sendo esse dado relevante para a análise da evolução temporal do número de patentes. Importará ainda voltar a referir a vigência de 20 anos que uma patente tem, sendo por conseguinte natural que só haja patentes activas que datem de há aproximadamente 20 anos atrás, sendo também relevante referir o prazo médio de 21 meses que uma patente demora a ser concedida e regularizada, o que justifica o facto de só se ter informações de patentes até 2009.

Evolução Temporal

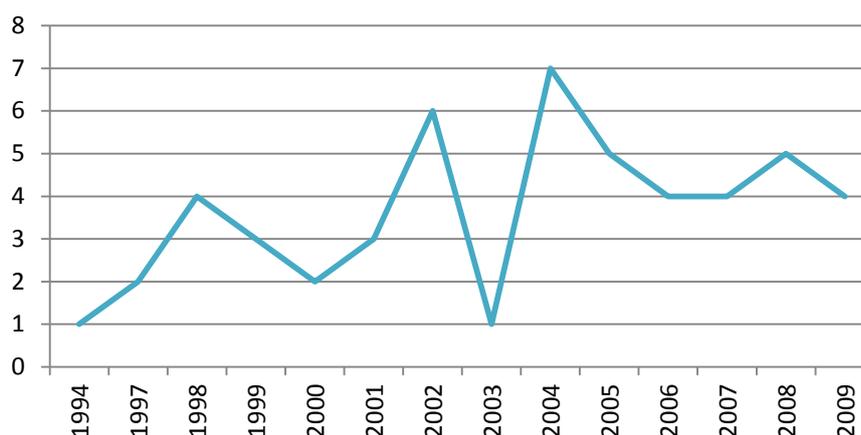


Gráfico 6.4

Tal como foi referido ao longo do trabalho, os dispositivos apresentados apenas dizem respeito àqueles que se encontram patenteados em Portugal, no entanto, como forma de complemento ao trabalho, considerámos importante fazer uma pesquisa para obter uma noção do panorama internacional dos DAEO. Esta pesquisa baseou-se principalmente em informação recolhida da internet, embora apenas a informação considerada relevante e fidedigna tenha sido aproveitada. A informação recolhida encontra-se apresentada num documento com o nome “Lista de Dispositivos de Aproveitamento da Energia das Ondas Marítimas” disponibilizado no “Material de Apoio” do *site* da cadeira de Aproveitamentos Energéticos do ano lectivo 2011/2012, da Área de Especialização em Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente do Mestrado Integrado em Engenharia Civil do Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, tal como se pode verificar nas Referências Bibliográficas. Esta listagem conta com 102 dispositivos, todos eles diferentes dos apresentados anteriormente. Além do nome dos dispositivos é também disponibilizado o *link* para o *site* de onde foram retiradas as informações sobre cada um, o país de origem do dispositivo, a classificação deste tendo em conta a distância à costa e ainda o estado actual do projecto.

Importa ainda realçar três dispositivos portugueses, a Central de Ondas da Foz do Douro cujo projecto se encontra neste momento suspenso, o SPIDER RP05 cujo protótipo já foi testado

no oceano e por último a CAO do Pico que se encontra em funcionamento desde 2005, sendo uma infra-estrutura de testes de grande relevância na área da energia das ondas.

Nesta fase do trabalho deve ser feita uma pequena apreciação sobre o sistema nacional de patentes e sobre o próprio INPI.

Como já foi referido, todos os assuntos relativos à Propriedade Industrial têm que passar pelo INPI, mais particularmente o registo de uma patente. Assim, torna-se de extrema importância que esta entidade funcione de forma organizada para que não haja atrasos na concessão de patentes, uma vez que todo o processo em si é lento (no mínimo 21 meses), e que atrasos de maior poderiam causar transtornos às entidades titulares. Importa agora referir que na grande generalidade dos *offices* de Propriedade Industrial há atrasos na análise dos documentos enviados pelos requerentes, aos quais se dá o nome de *backlog*. Um exemplo disso é o *office* espanhol que tem um *backlog* de aproximadamente dois anos, enquanto o INPI ao contrário de todos esses *offices* não apresenta qualquer *backlog*, tendo apenas atrasos pontuais relacionados com problemas específicos que nada têm a ver com o normal funcionamento do instituto. Esta “pontualidade” do INPI não só é importante para incentivar ao registo de patentes por parte de entidades nacionais, como também se torna bastante importante para cativar entidades estrangeiras a utilizar o *office* português como *office* receptor quando estas pretenderem proceder ao pedido de Patente Europeia ou Internacional, traduzindo-se esta opção num maior encaixe financeiro por parte do INPI, ou seja por parte do Estado Português.

Outro aspecto que deve ser abordado nesta fase é o facto de apenas uma patente das 15 pertencentes a entidades nacionais ser uma Patente Europeia. Este número pode ter várias interpretações, estando a mais evidente relacionada com os encargos financeiros que uma Patente Europeia ou Internacional acarreta. Embora se compreenda com alguma facilidade que entidades particulares não registem as suas patentes, ou por falta de recursos ou por apresentarem dispositivos com baixo grau de desenvolvimento, o mesmo não acontece com grandes grupos empresariais ou instituições de educação, como é o caso da Martifer e do IST. O facto de estas entidades não registarem as suas patentes como europeias ou internacionais, leva-nos a considerar que deveria ser dado um maior apoio por parte do Estado para que isso pudesse vir a acontecer. Ainda que o momento, a nível económico, que Portugal e o Mundo atravessam seja de “Crise”, é também este o momento em que a inovação é mais recompensadora, principalmente numa área fulcral de qualquer Economia, como é o caso da Energia. O facto de um dispositivo proveniente de uma dessas patentes estar apenas registado como Patente Nacional, pode levar a que qualquer outra entidade possa fazer uma réplica e comercializá-lo sem qualquer obstrução noutra país, o que pode significar a perda de quantias inestimáveis que entrariam directamente nos cofres da entidade titular e indirectamente nos cofres do Estado Português.

7. CONCLUSÕES

Concluída a pesquisa e a apresentação dos dispositivos, poderá agora ter-se uma melhor percepção de qual o Estado da Técnica dos DAEO em Portugal, podendo até afirmar que praticamente todos os dispositivos desenvolvidos em Portugal ou com o intuito de serem instalados em Portugal se encontram aqui descritos. O elevado número de patentes registadas em Portugal relativas a DAEO é um dos indicadores de que o nosso país tem as condições necessárias para se distinguir no que toca ao aproveitamento da energia das ondas. Outro indicador é o número de patentes associadas a dispositivos já instalados ou em vias de serem instalados, sendo 17 o número de patentes. Quando comparado com as 51 patentes encontradas, este número revela e reforça o real interesse que as entidades titulares têm em desenvolver um dispositivo capaz de singrar no aproveitamento da energia das ondas, sendo mesmo algumas dessas entidades empresas conceituadas na área da energia.

Quanto ao panorama internacional, embora a pesquisa tenha sido apenas baseada em informação recolhida na internet e sem utilizar qualquer base de dados oficial, foi possível encontrar 102 dispositivos e fazer uma breve apreciação dos dados. Os dispositivos encontrados, como é compreensível, não são todos os existentes mas, tendo em conta os dias de hoje, poder-se-á afirmar que são possivelmente aqueles que representam uma maior aposta por parte dos seus titulares, uma vez que a visibilidade é elevada. Importará por fim, referir que da listagem apresentada, são aproximadamente 20 aqueles que se encontram instalados ou em fases bastante avançadas do projecto, ou seja, cujos protótipos já estão ou estiveram durante algum tempo a ser testados ou até mesmo utilizados no oceano.

Após a conclusão deste trabalho parece-nos que será também interessante, num trabalho futuro, aprofundar a pesquisa internacional aqui elaborada, recorrendo ao Espacenet como base de dados principal, para assim fazer uma recolha de informação mais alargada, em que constem todas as patentes mundiais de DAEO cujo registo se encontre na base de dados do IEP, tentando extrair desse trabalho uma noção do estado da técnica dos DAEO a nível mundial.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APRH@ (2012), <http://www.aprh.pt>. Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos (página internet oficial), Lisboa.
- CRAIK, A.D.D. (2004). “The Origins of Water Wave Theory”. *Annual Review of Fluid Mechanics*, Vol. 36, Issue 1, pp. 1-28.
- CRUZ, J.M.B. (2008), “Ocean Wave Energy – Current Status and Future Prepectives”. Springer, Bristol.
- CRUZ, J.M.B. e SARMENTO, A.J.N.A., (2004). “Energia das Ondas: Introdução aos Aspectos Tecnológicos, Económicos e Ambientais”. Instituto do Ambiente, Alfragide.
- CUNHA, J.F. e ONOFREI, R. (2011), “Energia Oceânica”, Departamento de Patentes e Modelos de Utilidade, Direcção de Marcas e Patentes, INPI.
- DEAN, Robert e DALRYMPLE, Robert, (1984). “Water Wave Mechanics for Engineers and Scientists”. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.
- EMEC@ (2012). <http://www.emec.org.uk/>. The European Marine Energy Centre Ltd (página internet oficial), Orkney.
- FALCÃO, A.F. de O. (2010). “Wave energy utilization: A review of the technologies”. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 14, Issue 3, pp. 899-918.
- FALCÃO, A.F. de O. (1986), “Dinâmica dos sistemas de Extracção de Energia das Ondas”, *Técnica*, No. ¾, pp. 3-17.
- IEA@ (2012). <http://www.iea.org/>. International Energy Agency (página internet oficial), França.
- IEP@ (2012). <http://www.epo.org/>. European Patent Office (página internet oficial),Munich.
- INPI@ (2012). <http://www.marcaspatentes.pt/>. Instituto Nacional da Propriedade Industrial (página internet oficial), Lisboa.
-

INPI (2008), Código da Propriedade Industrial. 2ª edição. INPI, Lisboa.

JPereiradaCruz@ (2012). <http://www.jpereiradacruz.pt>. J. Pereira da Cruz (página internet oficial), Lisboa.

“Lista de Dispositivos de Aproveitamento da Energia das Ondas Marítimas” (2012). <https://inforestudante.uc.pt/nonio/cursos/listagemMateriaisApoio.do?method=listarMateriais>. Material de Apoio da Cadeira de Aproveitamentos Energéticos do ano lectivo 2011/2012, da Área de Especialização em Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente do Mestrado Integrado em Engenharia Civil do Departamento de Engenharia Civil da FCTUC (site internet oficial), Coimbra.

MACLEOD, Christine, (1988). “Inventing the Industrial Revolution: The English Patent System, 1660-1800”. Cambridge University Press, Cambridge.

MÉHAUTÉ, Bernard Le, (1976). “An Introduction to Hydrodynamics and Water Waves”. Springer-Verlag, New York.

OLIVEIRA, I.M. (1986), Apontamentos da Cadeira de Hidráulica Marítima, Instituto Superior Técnico, Lisboa.

OMPI@ (2012). <http://www.wipo.int>. World Intellectual Property Organization (página internet oficial), Genebra.

Roland Berger (2004). “The cost of a sample European patent – new estimates”. Protocolo de Cooperação IEP/Roland Berger Market Research, Munique.

Sistema de Gestão da Qualidade do Instituto Nacional da Propriedade Industrial (2009), “Manual de Aplicação do Código da Propriedade Industrial”, INPI.

STRAUME, Ingvald (2010). “Straumekraft AS: Durable and profitable wave power”. *3rd International Conference on Ocean Energy*, 6 de Outubro, Bilbao, Espanha.

Wave Energy Centre – Centro de Energia das Ondas (WEC), (2004). “Potencial e Estratégia de desenvolvimento da energia das ondas em Portugal”, WEC.

WaveEC@ (2012). <http://pt.wavec.org/>. Centro de Energia das Ondas (página internet oficial), Lisboa.