



Laboratório Nacional de Energia e Geologia, I.P.

UNIDADE DE ENERGIAS RENOVÁVEIS E INTEGRAÇÃO DE SISTEMAS DE ENERGIA

Manual do utilizador da Plataforma MarinePLAN:

Plataforma de Planeamento Técnico-Económico de sistemas de Aproveitamento de Energias Marinhas

LNEG, Outubro 2019











UNIÃO EUROPEIA Fundo de Coesão

Versão	Data	Autores	Descrição
1.0	Outubro de 2019	João Silva, António Couto, Ana Estanqueiro	Versão inicial do manual MarinePLAN - Plataforma de Planeamento Técnico-Económico de sistemas de Aproveitamento de Energias Marinhas.











Índice

1. 1111/040	ção4
2. Instala	ão e início5
2.1	Pré-requisitos
Esta vers	to da plataforma é apenas compatível com para a versão de 64 bits do Windows
2.2	Instalar o executável5
2.3	Iniciar a ferramenta5
3. Estrutu	ra e utilização6
3.1	Menu inicial e módulos
3.2	Módulo - Análise Económica Espacial7
3.2.	2 Resultados disponíveis9
3.3	Módulo - Análise Económica Pontual 10
3.3.	Instruções de utilização11
3.3.	2 Resultados disponíveis
3.4	Módulo - Hierarquização de Projetos12
3.4.	Instruções de utilização12
3.4.	2 Resultados disponíveis
4. Utilizad	or credenciado
4.1	Objetivo15
4.2	Termos e condições
4.3	Instruções de utilização
4.3 4.3.	Instruções de utilização
4.3 4.3. 4.3.	Instruções de utilização 16 Atualização da informação 16 2 Adição de sistemas de conversão de energia 17
4.3 4.3. 4.3. 4.3.	Instruções de utilização 16 Atualização da informação 16 2 Adição de sistemas de conversão de energia 17 3 Limitações 17
4.3 4.3. 4.3. 4.3. 5. Formul	Instruções de utilização 16 Atualização da informação 16 2 Adição de sistemas de conversão de energia 17 3 Limitações 17 ações e metodologias aplicadas 18
4.3 4.3. 4.3. 5. Formul 5.1	Instruções de utilização16Atualização da informação162Adição de sistemas de conversão de energia173Limitações174Adição s aplicadas18Distâncias percorridas pelas embarcações18
4.3 4.3. 4.3. 5. Formul 5.1 5.1.	Instruções de utilização16Atualização da informação162Adição de sistemas de conversão de energia173Limitações173Adição a plicadas18Distâncias percorridas pelas embarcações18Aplicação na ferramenta18
4.3 4.3. 4.3. 5. Formul 5.1 5.1. 5.1.	Instruções de utilização16Atualização da informação162Adição de sistemas de conversão de energia173Limitações173ações e metodologias aplicadas18Distâncias percorridas pelas embarcações18Aplicação na ferramenta182Metodologia aplicada18
4.3 4.3. 4.3. 5. Formul 5.1 5.1. 5.1. 5.2	Instruções de utilização16Atualização da informação162Adição de sistemas de conversão de energia173Limitações173ações e metodologias aplicadas18Distâncias percorridas pelas embarcações18Aplicação na ferramenta182Metodologia aplicada182Metodologia aplicada18220
4.3 4.3. 4.3. 5. Formul 5.1 5.1. 5.1. 5.2 5.2	Instruções de utilização16Atualização da informação162Adição de sistemas de conversão de energia173Limitações17ações e metodologias aplicadas18Distâncias percorridas pelas embarcações18Aplicação na ferramenta182Metodologia aplicada182Cabos de exportação de energia20Aplicação na ferramenta20Aplicação na ferramenta20
4.3 4.3. 4.3. 5. Formul 5.1 5.1. 5.1. 5.2 5.2. 5.2.	Instruções de utilização16Atualização da informação162Adição de sistemas de conversão de energia173Limitações173Limitações17ações e metodologias aplicadas18Distâncias percorridas pelas embarcações18Aplicação na ferramenta182Metodologia aplicada18Cabos de exportação de energia20Aplicação na ferramenta20Metodologia aplicada20Aplicação na ferramenta2020Metodologia aplicada20
4.3 4.3. 4.3. 5. Formul 5.1 5.1. 5.1. 5.2 5.2 5.2. 5.2. 5.2.	Instruções de utilização16Atualização da informação16Adição de sistemas de conversão de energia17Limitações17ações e metodologias aplicadas18Distâncias percorridas pelas embarcações18Aplicação na ferramenta18Cabos de exportação de energia20Aplicação na ferramenta20Aplicação na f









1. Introdução

O presente manual do utilizador descreve os procedimentos de utilização da ferramenta "Análise Económica de Projetos Renováveis Offshore" desenvolvida pelo Laboratório Nacional de Energia e Geologia, I.P. (LNEG) como parte integrante das atividades de R&D do projeto OFFSHOREPlan.

A ferramenta "Análise Económica de Projetos Renováveis Offshore" foi concebida para permitir o planeamento e a análise económica de projetos de energia renovável no domínio do aproveitamento offshore dos recursos eólico e das ondas. A análise incide sobre os indicadores económicos e energéticos, tipicamente utilizados no setor das energias renováveis. Estes indicadores podem ser obtidos para uma determinada central renovável offshore, de acordo com dois modos de aplicação distintos: *i*) **mapeamento offshore** considerando que a central renovável pode ser colocada em qualquer localização da zona económica exclusiva respeitando as restrições e constrangimentos aplicáveis à tecnologia da central a instalar; *ii*) **ponto isolado** dissociado de qualquer localização geográfica são indicados pelo o utilizador. É ainda possível através da ferramenta disponibilizada analisar a hierarquia dos projetos criados pelo utilizador de acordo com cada indicador económico considerando os resultados espaciais obtidos em *i*).

Quando aplicáveis e disponíveis, os valores sugeridos na ferramenta, devem ser entendidos, exclusivamente, como indicativos e, em caso algum, utilizados como uma referência. A caraterização detalhada destes valores encontra-se descrita em (Garcia, Simões, Santos, Rybchyinska, & Estanqueiro, 2018).



2. Instalação e início

HR EXCELLENCE IN RESEARCH

2.1 Pré-requisitos

Esta versão da plataforma é apenas compatível com para a versão de 64 bits do Windows.

2.2 Instalar o executável

Para instalar a ferramenta "MarinePLAN", inicie o aplicativo executável "Plataforma - MarinePlan_V1.exe".

PROGRAMA OPERACIONAL SUSTENTABILIDADE E EFICIÊNCIA NO USO DE RECURSOS

Após iniciado o aplicativo, aparecerá no seu ecrã uma janela similar à Figura 1. Nesta janela pressione o botão "Next >", na janela seguinte, e responda de forma afirmativa à interrogação sobre a criação de um novo diretório no seu computador para efetuar a instalação. A instalação terminará após alguns minutos com a mensagem "*Installation Completed Successfully*", ou em alguns segundos, caso possua já instalada no seu computador a componente da instalação referente à aplicação "*MATLAB Runtime*".

PORTUGAL

20

UNIÃO EUROPEIA

Fundo de Coesão



Figura 1: Janela inicial de instalação decorrente da iniciação da aplicação executável MarinePlan.exe".

2.3 Iniciar a ferramenta

A aplicação encontra-se disponível no menu inicial do Windows e no ambiente de trabalho (se o utilizador acionou esta opção). Para conseguir guardar os resultados processados recomenda-se que execute a plataforma como administrador. Depois de executar aguarde um pouco até surgir o menu inicial apresentado na Figura 2. A ferramenta está pronta a utilizar pressionando qualquer um dos botões apresentados.







Figura 2. Menu inicial da ferramenta "Análise Económica de Projetos Renováveis Offshore".

3. Estrutura e utilização

3.1 Menu inicial e módulos

A ferramenta é composta por três módulos selecionáveis no menu inicial (Figura 2), designados por: "Análise Económica Espacial", "Análise Económica Pontual" e "Hierarquização de Projetos". Os módulos podem ser utilizados de forma independente e simultânea, ou seja, é permitida a manutenção dos três módulos em atividade durante a utilização de qualquer um, exceto durante os períodos de cálculo computacional.

Por serem independentes, os módulos não obedecem a uma sequência de utilização, contudo, enquanto não existem pelo menos dois projetos espaciais criados no módulo "Análise Económica Espacial", as funcionalidades do módulo "Hierarquização de Projetos" encontram-se desabilitadas.

O módulo "Análise Económica Pontual" encontra-se imediatamente disponível desde a primeira utilização da ferramenta. Não obstante, este módulo permite também, de forma facultativa, importar os parâmetros de entrada do módulo "Análise Económica Espacial", de projetos criados.

No diagrama da Figura 3. Apresenta-se a descrição geral das funcionalidades de cada módulo, bem como, as relações entre estes anteriormente referidas.

Parâmetros de entrada	Módulos	Parâmetros de saída	
 Mapas do recurso renovável offshore associados aos sistemas de conversão de energia Custos associados ao projeto Variáveis económico-financeiras Auxiliares (e.g.: portos, pontos de interligação) 	Análise Económica Espacial	 Mapas espaciais offshore para: Indicadores económicos Indicadores energéticos Distância percorrida pelas embarcações Comprimento dos cabos de exportação de energia 	
Facultativo			
 Valor pontual do recurso renovável offshore associado a um sistema de conversão de energia Todos os custos associados ao projeto Variáveis económico-financeiras Inputs do módulo "Análise Económica Espacial" 	Análise Económica Pontual	 Valores pontuais para: Indicadores económicos Indicadores energéticos 	
Imperativo			
 Outputs do módulo "Análise Económica Espacial": Mapas espaciais dos indicadores económicos 	Hierarquização de Projetos	 Mapas espaciais interativos para visualização hierárquica dos projetos por indicador económico Mapas espaciais dos valores máximos/mínimos e identificação dos projetos associados, para cada indicador económico 	

Figura 3. Principais parâmetros de entrada e de saída dos três módulos da ferramenta "MarinePLAN". As linhas, vermelha continua e verde tracejado, indicam a forma como a informação referida transita entre os módulos (linha tracejada – facultativo para a utilização do módulo, linha continua – imperativo para a utilização do módulo).







2020

3.2 Módulo - Análise Económica Espacial

O módulo "Análise Económica Espacial", apresentado na Figura 4, permite obter os mapas espaciais dos indicadores económicos e energéticos calculados para uma determinada central renovável *offshore* selecionada e dimensionada em função do interesse do utilizador, com uma resolução espacial de três quilómetros¹.

O cálculo espacial destes indicadores projetados para a costa *offshore* continental portuguesa recorre à informação seguidamente resumida e detalhada em (Santos, et al., 2017) (Couto, et al., 2018) (Garcia, Simões, Santos, Rybchyinska, & Estanqueiro, 2018):

i) mapas do recurso renovável *offshore* (eólica ou ondas) associados aos sistemas de conversão de energia com todas as restrições e constrangimentos aplicáveis incluídos – informação providenciada e integrada na ferramenta; *ii*) custos associados aos projetos das centrais renováveis *offshore* (custos de investimento, operação e manutenção e de descomissionamento) – valores sugeridos e/ou introduzidos pelo o utilizador;

iii) variáveis económico-financeiras associadas a projetos de energia renovável (remuneração da energia produzida, financiamento do investimento, principais taxas e impostos) - valores sugeridos e/ou introduzidos pelo o utilizador;

iv) informação relativamente à localização dos pontos de interligação à rede elétrica e dos portos de embarcação – informação providenciada e integrada na ferramenta, com opção de seleção pelo utilizador, no caso dos portos de embarcação pretendidos para o transporte do sistema e para as operações de manutenção.



Figura 4. Módulo – "Análise Económica Espacial". Exemplo dos valores sugeridos para uma tecnologia flutuante, neste caso, para o sistema WindFloat – MHIVestas.

3.2.1 Instruções de utilização

Na sequência da iniciação deste módulo, encontram-se pré-preenchidos (a cor azul) os campos dos parâmetros de projeto com valores estabelecidos como comuns a todos os tipos de centrais renováveis *offshore*, nomeadamente: os campos da secção "Definir Parâmetros Económicos", os campos da subsecção "Perdas de Energia" e o parâmetro "Período de vida útil do projeto". Estes valores foram os considerados pelo o LNEG no decorrer do projeto, sendo os restantes parâmetros, específicos de cada central renovável, automaticamente preenchidos após a seleção de um dos



¹ Para acesso a informação com mais resolução entre em contato com o LNEG através do seguinte endereço: geral.eólica@lneg.pt







12

sistemas de conversão de energia disponíveis na secção "Projetar Central Renovável Offshore" em "Seleção da Tecnologia e Sistema".





De notar que nesta ferramenta, entende-se por sistema de conversão de energia (*e.g.:* WindFloat – MHIVestas), um sistema composto por uma estrutura (*e.g.:* estrutura flutuante WindFloat) e um dispositivo de conversão de energia (*e.g.:* turbina eólica MHIVestas).

IMA OPERACIONAL ITABILIDADE E EFICIÊNCIA NO USO DE RECURSOS

O número de sistemas disponibilizados para seleção neste módulo, encontra-se limitado à quantidade de mapas de recurso disponíveis inseridos pelo utilizador credenciado (consultar mais detalhes no capítulo 4).

A seleção de um sistema deverá ser a primeira ação a efetuar, uma vez que qualquer valor inserido nos campos ainda vazios, será automaticamente substituído pelos valores de sugestão associados ao sistema selecionado.

Após selecionado o sistema, a manutenção ou alteração dos valores dos campos sugeridos não obedece a qualquer sequência. Os valores alterados e/ou inseridos pelo utilizador serão identificados a negrito e cor preto.

Durante a alteração dos campos, caso o utilizador coloque inadvertidamente caracteres não numéricos ou valores extremos/anómalos são exibidas mensagens de alerta que advertem para essas situações. Nessa circunstância, são também fornecidas indicações que auxiliam o preenchimento de forma adequada, sendo ainda efetuada a reposição automática dos valores sugeridos inicialmente (a cor azul).

Após preenchidos todos os campos e selecionadas as opções pretendidas, atribua uma designação para guardar os resultados do projeto (campo "Designação do projeto espacial"), tomando em consideração que esta será utilizada como referência para posterior identificação e importação nos módulos "Análise Económica Pontual" e "Hierarquização de Projetos".

Por fim, pressione o botão "Calcular e guardar resultados" para iniciar o cálculo. Durante a operação de cálculo computacional, receberá mensagens informativas com indicação das ações em curso. Neste período todas as funcionalidades encontram-se inativas, sendo reativadas apenas sob ordem do utilizador através do botão "Iniciar novo projeto" que apenas é possível premir após finalizado o cálculo computacional.

Terminada a operação do cálculo computacional, receberá uma mensagem informativa com essa indicação e com a localização dos seus resultados.

3.2.2 Resultados disponíveis

Os resultados de cada projeto económico espacial encontram-se disponíveis em quatro pastas distintas com designação associada à tipologia dos ficheiros guardados. Estas pastas, ilustradas na Figura 5, situam-se no interior da pasta "Utilizador_ProjetosEspaciais".



Figura 5: Localização das pastas dos resultados guardados no módulo "Análise Económica Espacial".

Neste módulo, são disponibilizados, por pré definição, os mapas espaciais relativamente aos indicadores económicos e energéticos e, opcionalmente, os mapas espaciais relativos aos parâmetros que visam refletir a dependência da distância à costa na determinação dos custos, nomeadamente: *i*) a distância percorrida pelas embarcações e a respetiva identificação dos portos de embarcação (mais próximos ou selecionados) para o transporte do sistema e para as operações de manutenção, *ii*) o comprimento dos cabos de exportação de energia e a respetiva identificação dos portos de interligação otimizados pelo menor comprimento dos cabos.





A totalidade dos parâmetros disponibilizados neste módulo encontra-se enumerada na Tabela 1, onde se indicam também as terminologias atribuídas aos respetivos ficheiros dos mapas espaciais, permitindo a sua identificação no interior das pasta automaticamente criada e designada pelo nome de cada projeto, esta última situada dentro das duas pastas "Ficheiros_GrelhaGRD" e "Ficheiros_FigurasPNG". Por exemplo, para um projeto designado "Projeto_WindFloat, o mapa espacial guardado nos formatos *ascii* e *png* para o indicador Taxa Interna de Rentabilidade recebe o nome de "Projeto_WindFloat_TIR.grd" e de "Projeto_WindFloat_TIR.png", respetivamente.

PORTIIGAT

Adicionalmente, no caso de ativada a opção de extração dos mapas espaciais indicados na Tabela 1, será guardado um ficheiro *Excel* designado pelo nome do projeto e sufixo "IdCorrespondencia" (*e.g.:*

"Projeto_WindFloat_IdCorrespondencia.xlsx") contendo a informação que permite efetuar a correspondência entre os valores numéricos identificados nos mapas espaciais e a designação, quer dos portos de embarcação, quer dos pontos de interligação.

Extração do mapa	Designação dos parâmetros associados aos mapas de resultados	Terminologia dos ficheiros
Pré definição	Taxa Interna de Rentabilidade	TIR
	Valor Atual Liquido	VAL
	Período de Retorno do Investimento	ROI
	Custo Nivelado da Energia	LCOE
	Energia Anual Produzida Bruta	AEPBruta
	Energia Anual Produzida Líquida	AEPLiquida
Opcional	Distância percorrida pelas embarcações e identificação dos respetivos Portos para Transporte do Sistema	DistTransporte IdPortoTransporte
	Distância percorrida pelas embarcações e identificação dos respetivos Portos para Operação e Manutenção	DistOeM IdPortoOeM
	Comprimento do cabo elétrico de exportação de energia e identificação dos pontos de interligação	ComprCaboExport IdPontoInterl

Tabela 1: Mapas espaciais dos resultados disponibilizados no módulo "Análise Económica Espacial" e terminologia dos respetivos ficheiros guardados na subpasta de cada projeto dentro das pastas "Ficheiros_GrelhaGRD" e "Ficheiros_FigurasPNG".

Os mapas espaciais são guardados *i*) no formato *ascii* (".grd") - para utilização nos programas *Surfer*, *ArcGIS* ou equivalente, e *ii*) opcionalmente, como figura ("*.png") permitindo uma rápida pré-visualização dos resultados sem necessidade de recorrer a um dos programas referidos para o efeito.

3.3 Módulo - Análise Económica Pontual

O módulo "Análise Económica Pontual", apresentado na Figura 6 pretende providenciar uma visualização rápida dos indicadores económicos e energéticos obtidos para uma determinada central renovável *offshore* definida arbitrariamente e dissociada de qualquer localização espacial. Em contrapartida, são solicitadas ao utilizador informações equivalentes que pretendem traduzir uma localização espacial arbitrária, nomeadamente: *i*) o valor de NEPs e da potência nominal do sistema, no caso da central eólica ou, as caraterísticas do conversor de potência e do recurso, no caso da central de ondas, *ii*) a distância percorrida pelas embarcações no transporte do sistema e nas operações de manutenção, *iiii*) o comprimento estimado para o cabo elétrico de exportação de energia.









Figura 6. Módulo – "Análise Económica Pontual". Exemplo preenchido com os valores importados (a cor azul) do projeto designado de "Pojeto_WindFloat" guardado no módulo "Análise Económica Espacial" (exemplificado na Figura 4), e introduzidos pelo utilizador (cor preto).

3.3.1 Instruções de utilização

Após abertura deste módulo, todos os campos são apresentados sem informação, uma vez que este foi concebido para proporcionar uma utilização livre e arbitrária, disponibilizando ao utilizador resultados imediatos que visam a realização de análises de sensibilidade aplicada aos valores introduzidos.

Não obstante, se existirem nesse momento, projetos espaciais criados no módulo "Análise Económica Espacial", é possível importar e utilizar essa informação no corrente módulo através da ativação da caixa "Importar informação de um projeto espacial guardado". Após ativação desta caixa, é apresentada a lista de projetos espaciais existentes, e o utilizador poderá selecionar o projeto pretendido. A maioria dos campos será automaticamente preenchida (a cor azul) com a respetiva informação, à exceção dos campos inativos da subsecção "Aproveitamento do Recurso e Tecnologia" e dos campos relativos às subsecções "Distância percorrida pelas embarcações" e "Cabo elétrico de exportação de energia". Esta opção substituí qualquer valor que tenha sido previamente introduzido nos restantes campos. Em qualquer momento é possível alterar o projeto importado, sendo que a informação atual será substituída pela informação associada ao novo projeto.

Durante a alteração e/ou preenchimento dos campos, caso o utilizador coloque inadvertidamente caracteres não numéricos ou valores extremos/anómalos, receberá mensagens de alerta que advertem para essas situações juntamente com indicações que auxiliam o preenchimento de forma adequada. Simultaneamente, no caso de ter sido importada informação de um projeto espacial, é efetuada a reposição automática dos valores desse projeto (a cor azul), caso contrário, o campo será automaticamente limpo.

De modo a permitir uma visualização imediata dos resultados, os campos deste módulo nunca são desativados, permanecendo sempre disponíveis para edição em qualquer momento sendo o resultado imediatamente obtido premindo o botão "Calcular e visualizar".

Se em qualquer momento o utilizador desejar limpar toda a informação presentada nos campos, deverá pressionar o botão "Iniciar novo cálculo".



3.3.2 Resultados disponíveis

HR EXCELLENCE IN RESEARCI

Neste módulo, os resultados são obtidos instantaneamente e apresentados na secção "Calcular e Guardar Resultado Pontual" do próprio módulo. Para além dos indicadores económicos e energéticos apresentados, também é disponibilizada a informação gráfica da distribuição dos custos introduzidos nos parâmetros da seção "Definir Custos do Projeto", os quais possuem correspondência com os termos abreviados na legenda da figura.

PORTIIGAT

Os resultados visualizados podem ser exportados, em qualquer momento, para um ficheiro *Excel* pressionando o botão "Exportar Resultados". Nesta situação, é solicitada uma designação a atribuir a este ficheiro que ficará disponível na pasta "Utilizador_ProjetosPontuais".

3.4 Módulo - Hierarquização de Projetos

O módulo, "Hierarquização de Projetos" apresentado na Figura 7, permite comparar um conjunto de projetos espaciais *offshore* através da hierarquização disponibilizada para cada indicador económico calculado. Estes projetos são provenientes do módulo "Análise Económica Espacial" e encontram-se disponíveis para utilização no corrente módulo.



Figura 7. Módulo – "Hierarquização de Projetos". Exemplo de aplicação relativamente à hierarquização do Custo Nivelado da Energia (LCOE) aplicada a dois projetos espaciais selecionados a partir dos mapas espaciais criados no módulo "Análise Económica Espacial".

3.4.1 Instruções de utilização

No corrente módulo, na subsecção "Projetos económicos espaciais disponíveis" é apresentada a lista de projetos espaciais existentes, os quais encontram-se enumerados de acordo com a designação atribuída pelo utilizador a cada projeto criado no módulo "Análise Económica Espacial", sendo também apresentada a respetiva potência de projeto associada à central renovável offshore.

O utilizador deverá selecionar pelo menos dois projetos para prosseguir. Caso ainda não se encontrem disponíveis pelo menos dois projetos na lista, é imperativo criá-los no módulo "Análise Económica Espacial" e, reiniciar de seguida o módulo atual para que a lista seja atualizada.



Na subsecção seguinte, encontram-se os indicadores económicos para os quais pode ser efetuada a hierarquização. Selecione um ou mais indicadores e pressione o botão "Calcular mapas" para iniciar o cálculo da hierarquização.

Durante o período de cálculo computacional serão apresentadas mensagens informativas relativamente ao cálculo que está a decorrer. Após receber a mensagem de processamento concluído, a subsecção "Visualizar mapas de resultados" fica disponível. Selecione o indicador económico que deseja, e visualize nos mapas à direita os valores máximos/mínimos obtidos, bem como, os projetos correspondentes a esses valores.

Para visualizar a hierarquia dos projetos num determinado ponto no mapa, clique sobre o mapa. Após clicar no mapa, poderá mover o cursor utilizando também as setas do teclado do seu computador. Na caixa de texto com informação associada ao ponto do mapa onde se encontra o cursor, poderá visualizar a hierarquia dos projetos selecionados (valores e designação do projeto), ordenada favoravelmente no sentido ascendente.

Nos pontos do mapa para os quais na caixa de texto associada ao cursor apenas é apresentada a informação das coordenadas do ponto, significa que, devido às restrições e constrangimentos geográficos aplicados à instalação das centrais renováveis *offshore* selecionadas, não é possível a instalação de nenhuma central nesse local.

Nas situações em que na caixa de texto é apresentada a sigla "N.D." para o(s) valore(s) do indicador económico de uma ou mais centrais, significa que, não é possível instalar apenas essa ou essas centrais nesse local devido às restrições e constrangimentos aplicados.

3.4.2 Resultados disponíveis

Os resultados visualizados nos mapas espaciais apresentados neste módulo podem ser exportados no formato *ascii* (".grd") para utilização nos programas *Surfer, ArcGIS* ou equivalente, encontrando-se disponíveis na pasta automaticamente criada e designada pelo nome atribuído à hierarquização realizada, a qual se situa no interior da pasta "Utilizador_Hierarquizacoes".

Tendo em conta a caraterística tridimensional da hierarquização visualizada com auxilio do cursor (aplicado sobre os mapas integrados neste módulo), apenas é possível a exportação dos mapas espaciais bidimensionais visualizados, isto é, os mapas dos valores máximos/mínimos obtidos para cada indicador económico, bem como, os mapas de identificação dos respetivos projetos associados a esses valores.

Em função dos indicadores económicos selecionados pelo o utilizador para obter a hierarquização, os mapas exportados totalizam no máximo a lista enumerada na Tabela 2.

Designação dos indicadores económicos	Conteúdo dos ficheiros com os mapas espaciais	Terminologia dos ficheiros
Taxa Interna de Rentabilidade	Valores máximos Identificação dos projetos	TIR_valores TIR_id
Valor Atual Liquido	Valores máximos Identificação dos projetos	VAL_valores VAL_id
Período de Retorno do Investimento	Valores mínimos Identificação dos projetos	ROI_valores ROI_id
Custo Nivelado da Energia - <i>LCOE</i>	Valores mínimos Identificação dos projetos	LCOE_valores LCOE_id

Tabela 2: Mapas espaciais dos resultados disponibilizados no módulo "Hierarquização de Projetos" e terminologia dos respetivos ficheiros guardados na pasta designada pelo nome da hierarquização que se encontra no interior da pasta "Utilizador_Hierarquizacoes".

No interior das pastas anteriormente referidas e juntamente com os ficheiros dos mapas guardados (enumerados na Tabela 2) encontra-se também um ficheiro *Excel* com a informação relativa à correspondência entre os valores









numéricos dos mapas de identificação espacial dos projetos (*e.g.*: "*TIR_id.grd") e a respetiva designação desses projetos.







PORTIIGAT

4. Utilizador credenciado

4.1 Objetivo

Este modo de utilização, limitado à edição por um utilizador credenciado, pretende tornar a ferramenta expansível e de base atualizável. Ou seja, permitir que a informação disponibilizada no módulo "Análise Económica Espacial" apresente, por um lado, maior quantidade e diversidade de sistemas de conversão de energia disponíveis para seleção por parte do utilizador e, por outro, a atualização contínua dos valores sugeridos.

4.2 Termos e condições

O conteúdo da pasta "UilizadorCredenciado_AcessoRestrito" é indispensável ao funcionamento da ferramenta sendo que, a eliminação, alteração ou edição indevida dos ficheiros e informação contida poderá causar disfuncionalidades ou impedir o funcionamento da mesma.

Apenas um utilizador credenciado e experiente deve alterar o conteúdo desta pasta, assegurando em qualquer caso, a integridade das denominações atribuídas a todos os ficheiros contidos e, a manutenção dos seus conteúdos de acordo com as características seguidamente descritas.

No interior da pasta "UilizadorCredenciado_AcessoRestrito", encontra-se a pasta "Auxiliares", na qual os ficheiros contidos possuem as seguintes características:

- "LAA_DLX.mat" ficheiro contendo a informação do trajeto de três corredores de navegação definido por pontos espaçados de 100 metros utilizando coordenadas retangulares Datum Lisboa. Esta informação é utilizada no cálculo das distâncias percorridas pelas embarcações (consultar mais detalhes no capítulo 5.1).
- "LinhaCosta_DLX_500m.txt" ficheiro com informação da linha da orla costeira de Portugal Continental definida por pontos espaçados de 500 metros utilizando coordenadas retangulares Datum Lisboa. Esta informação é utilizada como restrição na metodologia de cálculo do comprimento dos cabos de exportação de energia (consultar mais detalhes no capítulo 5.2).
- "LinhaPortugal_DLX.txt" ficheiro com informação das fronteiras de Portugal Continental utilizando coordenadas retangulares Datum Lisboa. Esta informação é utilizada na representação dos mapas de resultados guardados no formato ".png" e nos mapas visualizados no módulo "Hierarquização de Projetos".
- "FiguraLogos.png" e "FiguraOndaTopo.png" figuras associadas ao projeto OFFSHOREPlan que surgem na parte inferior dos módulos.

No interior da pasta "UilizadorCredenciado_AcessoRestrito", encontra-se também a pasta "Mapas_NEPSouMAR" contendo os mapas de recurso *offshore* associados a cada sistema de conversão de energia, os quais devem respeitar as seguintes caraterísticas:

- Todos os mapas de recurso devem possuir a mesma resolução espacial no formato de ascii (".grd") utilizando coordenadas retangulares no sistema Hayford-Gauss Datum Lisboa, podendo no entanto, possuir dimensões distintas.
- A colocação de mapas com resoluções espaciais diferentes condiciona o funcionamento do módulo "Hierarquização de Projetos", isto é, apenas é possível obter os resultados disponibilizados neste módulo se o utilizador selecionar somente entre os mapas existentes, aqueles que detenham igual resolução espacial. No caso dos restantes módulos, a existência de mapas com resolução espacial distinta não condiciona a utilização e/ou funcionalidades destes.
- Os mapas de recurso associados ao recurso eólico traduzem valores (em horas) de NEP's (Número de horas Equivalentes à Potência nominal) obtidos para um dado sistema (estrutura com turbina eólica).
- Os mapas de recurso associados ao recurso das ondas traduzem valores (em kW/m) de MAR (*Mean Wave Resource*) associado a um determinado sistema de conversão da energia das ondas.



 Todos mapas devem possuir incorporadas as respetivas restrições e constrangimentos aplicáveis à instalação de cada central renovável offshore de modo a facultar ao utilizador somente as áreas disponíveis para a exploração e aproveitamento do recurso existente.

PORTUGAL

UNIÃO EUROPEIA Fundo de Coesão

A pasta "UilizadorCredenciado_AcessoRestrito" contém ainda o ficheiro "ParametrosEntrada.xlsx" interdito a alterações estruturais e limitado à edição dos campos identificados nos separadores do ficheiro, os quais permitem a atualização da informação e adição de novos sistemas de conversão de energia.

4.3 Instruções de utilização

4.3.1 Atualização da informação

Para atualizar os valores sugeridos no módulo "Análise Económica Espacial" o utilizador deverá dirigir-se à pasta "UilizadorCredenciado_AcessoRestrito", abrir e editar os separadores do ficheiro "ParametrosEntrada.xlsx" introduzindo as credenciais fornecidas. Os separadores deste ficheiro possuem as seguintes características e permissões:

- No separador "ParametrosGeraisProjeto" encontram-se os parâmetros estabelecidos como comuns a todos os sistemas de conversão de energia (centrais renováveis *offshore*), os quais se referem à secção "Definir Parâmetros Económicos" e, às subsecções "Dimensionamento do Projeto" e "Perdas de Energia" do módulo "Análise Económica Espacial". Todos os parâmetros deste separador identificados a cor azul podem ser editados respeitando as recomendações indicadas nas notas do separador.
- No separador "ParametrosDasCentrais" encontram-se os parâmetros associados à: *i*) identificação e caraterísticas das centrais (linhas 2 a 18) aplicadas nos cálculos da energia anual produzida e na componente espacial dos custos, *ii*) definição dos custos detalhados (investimento, operação e manutenção e de descomissionamento) para cada central renovável referente à seção "Definir Custos do Projeto" do módulo "Análise Económica Espacial". Todos os parâmetros identificados a cor azul podem ser editados respeitando as recomendações indicadas nas notas do separador.
- No separador "InfoAuxiliar" encontram-se as informações auxiliares respeitantes aos seguintes parâmetros: *i*) divisão regional para aplicação da potência nominal dos respetivos sistemas de conversão da energia das ondas; *ii*) parâmetros relativos aos corredores de navegação do ficheiro "LAA_DLX.mat" (pertencente à pasta "Auxiliares"), nomeadamente a profundidade mínima de cada corredor e o comprimento de cada troço (distância entre dois pontos no corredor); *iii*) definição da localização dos portos disponíveis e tipologia de aplicação, esta última refere-se à utilização para o desembarque da estrutura do sistema de conversão de energia e para as ações de operação e manutenção das centrais renováveis; *iv*) localização dos pontos de interligação situados *onshore* junto à costa, respetivo valor de deslocamento (*offset*) de localização e pontos auxiliares de trajeto, estes dois últimos, utilizados para conduzir o cabo de exportação de energia até ao ponto de interligação evitando a interceção com a linha da orla costeira (consultar mais detalhes no capítulo 5.2). Neste separador, à exceção dos campos referentes à localização dos portos disponíveis (linhas 13 a 17 identificadas a cor azul), nenhum outro campo deve ser editado ou modificado deliberadamente, salvo por um utilizador experiente e devidamente instruído da metodologia aplicada (consultar mais detalhes no capítulo 5.).

Após efetuadas as atualizações pretendidas, o utilizador credenciado deverá guardar o ficheiro e reiniciar o módulo "Análise Económica Espacial" para que estas entrem imediatamente em vigor, não sendo necessário reiniciar a ferramenta.





PORTIIGAT



4.3.2 Adição de sistemas de conversão de energia

O utilizador credenciado pode adicionar novos sistemas de conversão de energia, remover ou substituir os existentes sempre que desejar, através da edição do separador "ParametrosDasCentrais" do ficheiro "ParametrosEntrada.xlsx" e dos respetivos mapas de recurso contidos nos ficheiros existentes na pasta "Mapas_NEPSouMAR".

Para adicionar novas centrais devem ser seguidos os seguintes procedimentos:

i) No separador "ParametrosDasCentrais", selecionar o tipo de central em "Tipo de Central Renovável Offshore" (linha 2) e preencher obrigatoriamente todos os campos subsequentes na respetiva coluna;

ii) Colocar o respetivo mapa de recurso associado ao sistema de conversão de energia (NEPs no caso da tecnologia eólica ou MAR no caso da tecnologia das ondas) na pasta "Mapas_NEPSouMAR" e verificar se a designação deste está corretamente identificada no passo i) no parâmetro para o efeito "Nome do Ficheiro com o Mapa de Recurso" (linha 3).

Para remover uma central, não é necessário eliminar todos os valores de uma coluna, sendo apenas necessário eliminar a tipologia da central no parâmetro "Tipo de Central Renovável Offshore" (linha 2), deixando este campo em branco.

Efetuadas as alterações pretendidas, estas começam a vigorar após guardado o ficheiro e reiniciado o módulo "Análise Económica Espacial" dispensando o reinício da ferramenta.

4.3.3 Limitações

A ferramenta apenas permite a utilização de um único sistema de coordenadas para os mapas de recurso introduzidos, tendo sido concebida para operar sobre coordenadas retangulares no sistema Hayford-Gauss Datum Lisboa. A utilização de mapas com um sistema de coordenadas diferentes deste, pode causar disfuncionalidades ou produzir resultados incorretos.

No entanto, é possível definir a ferramenta para operar com outro sistema de coordenadas retangulares diferente, nomeadamente, através da substituição do atual sistema de coordenadas utilizado nas informações auxiliares, pelo novo sistema de coordenadas pretendido. Esta operação implica a respetiva modificação cuidada dos valores contidos nos seguintes ficheiros: "ParametrosEntrada.xlsx" (separadores "InfoAuxiliar", "LinhaCosta" e "LinhaPortugal"), "LAA_DLX.mat", "LinhaCosta_DLX_500m.txt" e "LinhaPortugal_DLX.txt".









PORTIIGAT

5. Formulações e metodologias aplicadas

5.1 Distâncias percorridas pelas embarcações

5.1.1 Aplicação na ferramenta

Uma das opções disponíveis no módulo "Análise Económica Espacial" na seção "Definir Custos do Projeto", permite considerar no cálculo dos custos de investimento e também de operação e manutenção, a componente relativa à distância percorrida pelas embarcações, designadamente: *i*) a distância necessária para o transporte do sistema de conversão de energia na sua instalação – refletida no campo "Termo variável" do parâmetro "Transporte do sistema" da subsecção "Custos de Investimento"; *ii*) a distância necessária para efetuar as deslocações relativas às operações de manutenção - refletida no campo "Termo variável" da opção "Potência e distância" da subsecção "Custo anual de Operação e Manutenção".

A determinação das distâncias referidas nos dois parâmetros descritos em *i*) e *ii*) encontra-se ainda diretamente relacionada com as opções selecionadas pelo utilizador na secção "Definir Operações de Logística", nomeadamente, o Porto de embarcação pretendido para cada um desses casos.

A distância percorrida pelas embarcações nestas duas aplicações para cada ponto do mapa espacial, será assim, determinada pela localização do Porto de embarcação selecionado pelo utilizador com base na metodologia aplicada para obter o trajeto percorrido entre os dois pontos (origem/destino), que seguidamente se descreve no capítulo 5.1.2. Por origem/destino, entende-se, o ponto de localização do Porto de embarcação e cada ponto do mapa associado à localização possível para a central renovável *offshore*.

5.1.2 Metodologia aplicada

Devido às restrições físicas associadas à profundidade mínima necessária para o transporte das estruturas dos diferentes sistemas de conversão de energia, aos constrangimentos e à segurança da navegação e considerando a localização dos portos de embarcação identificados ao longo da costa continental portuguesa, estabeleceu-se uma metodologia baseada na utilização de corredores de navegação pré-definidos (Garcia, Simões, Santos, Rybchyinska, & Estanqueiro, 2018).

Tendo em conta as diferentes profundidades mínimas requeridas para o transporte das estruturas e para as embarcações utilizadas nas operações de manutenção das centrais, foram criados três corredores de navegação definidos pelo valor de profundidade mínima (5, 50 e 100 metros) mínimo imposto ao longo do trajeto que, simultaneamente, permitisse percorrer a menor distância.

O trajeto definido para os três corredores de navegação, bem como, os portos de embarcação identificados encontramse representados na Figura 8. Estes trajetos visam servir essencialmente as seguintes aplicações de navegação:

- **Profundidade de 5 metros** deslocações associadas às operações de manutenção das centrais renováveis e, transporte e instalação de estruturas de tecnologia fixa ao fundo do mar (*e.g.*, estruturas *Monopile* e *Jacket*);
- **Profundidade de 50 metros** transporte e instalação de algumas estruturas de tecnologia flutuante (*e.g., WindFloat* e *Floating Oscillation Water Column*);
- **Profundidade de 100 metros** transporte e instalação de algumas estruturas de tecnologia flutuante (*e.g.*, *Hywind* e *Floating two-Body Heaving Converter*).













Figura 8: Trajeto dos três corredores de navegação e identificação dos portos de embarcação disponíveis. Fonte: (Garcia, Simões, Santos, Rybchyinska, & Estanqueiro, 2018).

Não obstante das aplicações referidas para os corredores, a metodologia aplicada permite manter a flexibilidade de utilização de qualquer corredor para qualquer um dos tipos de aplicação referidos anteriormente, procurando sempre, o corredor que minimiza o comprimento do percurso percorrido entre o local da central e o Porto de embarcação, respeitando a profundidade mínima necessária. Ou seja, as possíveis aplicações *supra* referidas para os três corredores não possuem à partida qualquer corredor pré-definido.

Os corredores disponíveis para cada aplicação (transporte da estrutura ou operações de manutenção) de cada sistema de conversão de energia (*e.g.*, sistema *WindFloat – MHIVestas*) são definidos de acordo com a profundidade mínima requerida para cada sistema e respetiva aplicação. Esta definição de base é efetuada pelo utilizador credenciado no ficheiro "ParametrosEntrada.xlsx" no separador "ParametrosDasCentrais" (linhas 17 e 18) sempre que adiciona ou atualiza as caraterísticas de um determinado sistema de conversão de energia (consultar o capítulo 4.).

Com base na informação referida, que na prática se traduz numa restrição ao número de corredores navegáveis, a distância percorrida entre a localização da central e a localização de cada Porto de embarcação disponível é calculada para todos os corredores disponíveis. Ou seja, o número de percursos possíveis para cada ponto do mapa associado a uma localização possível da central renovável, deriva do número de combinações possíveis de realizar (corredores com portos), podendo variar entre 1 e 15, mediante a disponibilidade de corredores e portos. Assim, relativamente ao número de possibilidades máximo e mínimo, apresentam-se dois exemplos genéricos da sua ocorrência: *i*) deslocações para operação e manutenção de uma central renovável que requer a utilização de embarcações com uma necessidade de profundidade marítima inferior a 5 metros e possa desembarcar de qualquer Porto - 15 percursos possíveis; *ii*) transporte e instalação de uma estrutura que requer uma profundidade marítima mínima de 100 metros e desembarque de um Porto especificado pelo utilizador – 1 único percurso possível.

O comprimento total de cada percurso entre a localização da central e um determinado Porto passando por um determinado corredor de navegação, é obtido pela soma de três parcelas determinadas do seguinte modo e sequência:

- Determinação da localização do ponto do corredor que permite obter o trajeto mais curto até à localização da central renovável (ponto no mapa);
- Determinação da localização do ponto do corredor que permite obter o trajeto mais curto até à localização do Porto de embarcação;
- 3) Cálculo do comprimento do trajeto do próprio corredor entre a localização dos dois pontos obtidos em 1) e 2).



PORTIIGAT

Obtidas as distâncias percorridas para todas as possibilidades existentes, é automaticamente selecionada a solução que detém o menor valor. Não obstante, esta solução, aparentemente otimizada, não aufere dessa caraterística nos locais próximos do Porto de embarcação, nomeadamente, nas localizações situadas dentro do raio correspondente à distância mínima entre o corredor de navegação e o Porto. Nestas situações, procede-se do seguinte modo:

DE E EFICIÊNCIA NO USO DE RECURS

- a) Cálculo da distância mínima obtida diretamente entre a localização da central e o Porto de embarcação;
- b) Se a distância calculada em a) apresentar um valor superior ao valor da distância obtida em 2), permanece válida e em vigor a distância obtida na solução inicial, caso contrário, é substituída pela distância obtida em a).

5.2 Cabos de exportação de energia

5.2.1 Aplicação na ferramenta

Um dos principais custos associados à instalação de centrais renováveis *offshore* é atribuído ao transporte da energia elétrica, nomeadamente, aos principais meios necessários, os cabos elétricos de exportação de energia e as respetivas subestações. No caso do custo subjacente à componente do cabo elétrico, para uma determinada central renovável passível de instalação num dado local em região *offshore*, este valor é essencialmente determinado pelo comprimento do cabo necessário.

No módulo "Análise Económica Espacial" na seção "Definir Custos do Projeto", uma das opções disponíveis, permite incluir no cálculo dos custos de investimento, o custo associado ao cabo de exportação de energia como função do seu comprimento. O respetivo valor normalizado (€/km/MW) deve ser inserido no campo "Cabo elétrico de exportação" do parâmetro "Total da rede elétrica de exportação" da subsecção "Custos de Investimento".

5.2.2 Metodologia aplicada

Considerando que, o objetivo do módulo "Análise Económica Espacial" consiste no mapeamento dos indicadores económicos e energéticos estimados para uma central renovável passível de instalação ao longo da costa *offshore* continental portuguesa, a metodologia aplicada para o cálculo do comprimento dos cabos de exportação de energia, pressupõe as seguintes condições:

- a) A totalidade do custo normalizado para o cabo de exportação de energia introduzida pelo utilizador conforme indicado do capítulo 5.2.1, refere-se única e exclusivamente à central renovável *offshore* dimensionada pelo utilizador.
- b) O comprimento do cabo exportação de energia é determinado pela distância em linha reta entre cada ponto do mapa passível de instalação da central renovável *offshore* e o ponto de interligação localizado *onshore* junto à costa, sendo que esta formulação, aplica-se sempre que esta linha reta não interceta a linha da orla costeira.
- c) Nos casos em que não é possível aplicar o método de cálculo descrito em b), o cabo de exportação de energia é forçado a contornar a orla costeira seguindo o trajeto pré-definido pelos pontos auxiliares criados para o efeito, os quais definem uma semirreta que estabelece a continuidade do cabo até ao ponto de interligação.

A definição da localização dos pontos de interligação estabelecida ao longo da costa *onshore* considerou a proximidade da localização das subestações da Rede Nacional de Transporte (RNT) e as respetivas condicionantes técnicas, bem como, as restrições físicas e ambientais associadas à sua implementação e ao trajeto da linha elétrica necessária (Garcia, Simões, Santos, Rybchyinska, & Estanqueiro, 2018).

Na Figura 9 apresentam-se os pontos de interligação definidos e os pontos auxiliares de trajeto criados para conduzir o cabo de exportação de energia até ao ponto de interligação nas situações descritas em c). Um exemplo de aplicação da situação descrita em c) é apresentado na imagem ampliada da Figura 9, nomeadamente, com a indicação dos trajetos do cabo de exportação de energia definidos para duas localizações possíveis de uma central renovável *offshore*.





500000

450000

400000

350000

300000 E [Datum Lx,

250000

200000

150000

100000

50000

0

50000

Sagre

100000

150000

M [Datum Lx, m]

~









Figura 9: Localização dos pontos de interligação (a preto), localização dos pontos auxiliares de trajeto (a azul), exemplo de dois pontos de localização para a central renovável offshore (a verde) e respetivo trajeto do cabo de exportação de energia.

250000

Faro

200000

A localização dos pontos de interligação, assim como, dos pontos auxiliares de trajeto criados, apenas pode ser modificada por um utilizador credenciado através da edição dos campos indicados no separador "InfoAuxiliar" do ficheiro "ParametrosEntrada.xlsx" (consultar capítulo 4).

Os pontos auxiliares de trajeto offshore criados (Figura 9) foram definidos após identificação das regiões nas quais a localização possível para as centrais renováveis implicaria que, o cabo de exportação de energia intercetasse a linha de orla costeira aquando da ligação em linha reta ao ponto de interligação. Nestas situações, estes pontos auxiliares constituem o ponto de início do trajeto alternativo que permite contornar a linha de orla costeira por meio de uma semirreta até ao ponto de interligação, passando ainda por um ponto de offset próximo e associado a este último. Este último ponto de offset foi criado para todos os pontos de interligação, única e exclusivamente, com o propósito de colocar artificialmente os pontos de interligação numa zona offshore, permitindo a aplicação prática do passo da metodologia que permite detetar a interceção com a linha de orla costeira.

Contactos

Para acesso a informação com mais resolução, dúvidas ou problemas detetados entre em contato com o LNEG através do seguinte endereço: geral.eólica@lneg.pt









Bibliografia

- Couto, A., Costa, P., Silva, J., Santos, D., Simões, T., & Estanqueiro, A. (2018). *Planeamento das energias renováveis offshore em Portugal. D2.2 Validação do potencial energático offshore.* Lisboa: LNEG.
- Garcia, G., Simões, T., Santos, D., Rybchyinska, H., & Estanqueiro, A. (2018). OffshorePlan Planeamento do Aproveitamento das Energias Renováveis Offshore em Portugal". Definição e implementação das metodologias de identificação de áreas de interesse. Lisboa: LNEG.
- Santos, D., Costa, P., Justino, P., Silva, J., Simões, T., & Estanqueiro, A. (2017). OFFSHOREPlan: D2.1 Methodologies to assess the renewable offshore resources. Lisboa: LNEG.

