



Centro de Ciências Exatas e da Engenharia

**Implementação de um sistema autónomo para a
geração de visualizações 3D de dados ambientais**

Carlos Miguel Barreto Lucas

(Licenciado)

*Tese Submetida à Universidade da Madeira para a
Obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Informática*

Funchal – Portugal

2012

Orientador:

Professor Doutor Paulo Nazareno Maia Sampaio

Professor Titular na Universidade Salvador (UNIFACS), Salvador, Brasil.

Coorientador:

Professor Doutor Rui Miguel Andrade Caldeira

Investigador Auxiliar do Centro Interdisciplinar de Investigação Marinha e Ambiental

ABSTRACT

This work, entitled "Implementation of an autonomous system to generate 3D views of environmental data" was carried out under the M.Sc. Program in Informatics Engineering at University of Madeira.

The 3D visualization is gaining terrain in areas such as entertainment, medicine, architectural design and equipment design, among others. For the 3D environmental Visualization, this is still an underexplored area.

Accordingly, the study and implementation of an autonomous system, capable of 3D images generation and make them available on the web, has been proposed.

This study began with some tests to the tools that can provide 3D visualization of environmental data in order to choose which one is more appropriate to the system to be developed.

After several tests to the different tools, the application IDV (Integrated Data Visualization) has been chosen due its functionalities and ability to execute the visualization automatically.

The system implementation has been done in different steps: data pre-processing; selection of which visualizations should be available on the web; production of a script to control all the process; creation of the web pages to allow the visualization of the images and implementation of all the system in Linux environment.

This system has been developed taking into account the addition of new visualizations, as well as changing the current visualizations. The simplicity of the processes of adding/changing visualization was also taken into account so that further modifications would not be needed in the whole system.

KEYWORDS

3D Visualization

Automation

Environmental Data

IDV

Script

Web availability

RESUMO

Este trabalho foi realizado na Universidade da Madeira, no âmbito do Mestrado em Engenharia Informática, tendo como título “Implementação de um sistema autónomo para a geração de visualizações 3D de dados ambientais”.

A visualização 3D tem vindo a ganhar terreno em áreas como o entretenimento, medicina, arquitetura e desenho de equipamentos, entre outros. Relativamente à visualização de dados ambientais (oceano e atmosfera) em 3D, esta é uma área pouco explorada.

Como tal, foi proposto o estudo e criação de um sistema autónomo capaz de gerar imagens 3D de dados ambientais e disponibilizar as mesmas na web.

O estudo iniciou-se com testes às ferramentas que permitem a visualização 3D de dados ambientais, de forma a escolher a que mais se adequa ao sistema a implementar.

Após diversos testes às várias ferramentas, a que mais se destacou foi o IDV (*Integrated Data Visualization*), pelas suas funcionalidades e capacidade de ser executado de forma automática.

A implementação do sistema foi efetuada ao longo de diversas etapas: pré-processamento dos dados; escolha das visualizações a disponibilizar na web; escrita do *script* responsável pelo processo; criação das páginas web para visualização das imagens e implementação de todo o sistema em ambiente Linux.

Este sistema foi desenvolvido tendo em conta a adição de novas visualizações, assim como a alteração das visualizações existentes. A possibilidade de adicionar/alterar visualizações de forma simples também foi tida em conta, de forma a não ser necessário reestruturar todo o sistema.

PALAVRAS – CHAVE

Dados ambientais

IDV

Script

Automatização

Visualização 3D

Disponibilização na web

"The fluttering of a butterfly's wings can effect climate

Changes on the other side of the planet"

Paul Erlich

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Professor Doutor Paulo Sampaio, pela sua disponibilidade, orientação e revisão de todo o trabalho, apesar da distância.

Ao meu coorientador Professor Doutor Rui Caldeira, pela sua orientação, pela contextualização sobre os dados ambientais, pela sua constante disponibilidade e pelos seus conhecimentos de Linux.

Ao Professor Doutor Xavier Couvelard, pela personalização e disponibilização dos dados de oceanografia.

Ao Ricardo Tomé, pela personalização e disponibilização dos dados atmosféricos, além de todas as ajudas disponibilizadas.

Aos meus colegas da universidade, que contribuiriam de alguma forma para chegar até onde cheguei.

A minha família, pelo apoio dado ao longo da realização de todo este projeto.

Índice

I. Introdução	1
I.1 Motivação	1
I.2 Objetivos	2
I.3 Principais contribuições	3
I.4 Organização da dissertação	4
II. Estado da Arte.....	5
II.1 Introdução.....	5
II.2 Importância da visualização 3D.....	6
II.3 Ferramentas de visualização 3D.....	7
II.3.1 <i>OpenDX</i>	7
II.3.2 <i>Vis5D</i>	9
II.3.3 VAPOR	10
II.3.4 <i>Mayavi</i>	11
II.3.5 IDV.....	13
II.4 Comparação entre ferramentas	15
II.5 Trabalhos prévios	18
II.5.1 Esteiras de Ilhas	18
II.5.2 CIIMAR LAS	19
II.5.3 RAIA – Observatorio Oceanográfico Da Marxe Ibérica	19
II.6 Conclusão.....	21
III. Dados provenientes de modelos meteorológicos e oceanográficos	23
III.1 Introdução.....	23
III.2 Matrizes de dados	24
III.3 Modelos de dados	25
III.3.1 MM5.....	25
III.3.2 WRF	25
III.3.3 ROMS.....	26
III.4 Ferramentas para análise e manipulação de dados.....	27
III.4.1 Ferramentas para análise de dados.....	27
III.4.2 Ferramentas para manipulação de dados.....	28
III.5 Conclusão.....	30

IV. Implementação do trabalho.....	31
IV.1 Introdução.....	31
IV.2 Requisitos.....	32
IV.2.1 Requisitos Funcionais.....	32
IV.2.2 Requisitos Não funcionais.....	32
IV.3 Casos de utilização.....	33
IV.4 Diagramas de atividades.....	34
IV.5 Arquitetura do sistema.....	36
IV.6 Etapas de implementação.....	37
IV.7 Opções tecnológicas.....	42
IV.8 Conclusão.....	43
V. Estudos de Caso.....	45
V.1 Introdução.....	45
V.2 Estudo de Caso Atmosférico.....	46
V.3 Estudo de Caso Oceânico.....	48
V.4 Discussão.....	50
V.5 Conclusão.....	52
VI. Conclusões e perspectivas futuras.....	53
VI.1 Conclusões.....	53
VI.2 Perspetivas futuras.....	54
Referências.....	55
ANEXOS.....	59
Anexo A – <i>Script</i> de pré-processamento dos dados.....	61
Anexo B – Ficheiro isl para imagens de meteorologia.....	65
Anexo C – Ficheiro isl para as imagens de oceanografia.....	69
Anexo D – <i>Script</i> de geração automática das imagens.....	75
Anexo E – Procedimentos.....	79

LISTA DE Figuras

Figura II.1 - Interface gráfica do OpenDX	7
Figura II.2 - Área de personalização.....	8
Figura II.3 - Área de visualização e personalização.....	8
Figura II.4 - Interface gráfica do Vis5D	9
Figura II.5 - Interface gráfica do VAPOR.....	11
Figura II.6 - Interface gráfica do Mayavi.....	12
Figura II.7 - Interface gráfica do IDV	13
Figura II.8 - Página web Esteiras de Ilhas	18
Figura II.9 - Página web CIIMAR LAS	19
Figura II.10 - Página web RAIA.....	20
Figura III.1 - Níveis de coordenadas Sigma.....	25
Figura III.2 - Ncview.....	27
Figura III.3 – Ncbrowse.....	28
Figura III.4 - Visualizações obtidas utilizando a ferramenta VAPOR.....	29
Figura IV.1 - Diagrama de Casos de Utilização	33
Figura IV.2 - Diagrama de Atividades da Verificação Automática	34
Figura IV.3 - Diagrama de Atividades da visualização de imagens	35
Figura IV.4- Arquitetura do sistema.....	36
Figura V.1 - Página web (Atmosfera)	46
Figura V.2 - Visualização ampliada (Atmosfera).....	47
Figura V.3 - Menu de ajuda (atmosfera)	47
Figura V.4 - Página web (Oceano).....	48
Figura V.5 - Visualização ampliada (Oceano)	49
Figura V.6 - Menu de ajuda (oceano).....	49

LI STA DE TABELAS

Tabela II.1 - Comparativo entre ferramentas.....16

ACRÓNIMOS

2D – Duas dimensões

3D – Três dimensões

AGRIF – *Adaptative Grid Refinement in Fortran*

GB – *Giga Bytes*

IBM – *International Business Machine*

IDV – *Integrated Data Viewer*

IRD – *Institut de recherché pour le développement*

MB – *Mega Bytes*

MM5 - *Mesoscale Model – Fifth Generation*

NCAR – *National Center For Atmospheric Research*

netCDF – *network Common Data Form*

OpenDX – *Open Visualization Data Explorer*

PSU – *Pennsylvania State University*

RF – Requisito Funcional

RNF – Requisito Não Funcional

ROMS – *Regional Oceanic Modeling System*

SSEC – *Space Science And Engineering Center*

SSH – *Secure Shell*

UCAR – *University Corporation for Atmospheric Research*

UCLA – *University of California, Los Angeles*

VAPOR – *Visualization and Analysis Platform for Ocean, Atmosphere, and Solar Researchers*

WRF – *Weather Research & Forecast*

Xvfb – *X virtual frame buffer*

Xvnc – *X virtual network computing*

I. Introdução

Este capítulo descreve a motivação e os objetivos para a elaboração deste trabalho, as suas principais contribuições e a organização desta dissertação.

I.1 Motivação

A visualização de previsões atmosféricas é atualmente disponibilizada por diversas páginas web. No entanto na visualização dessas previsões em geral são utilizadas representações 2D (duas dimensões). Este tipo de visualização apresenta algumas desvantagens, como por exemplo a impossibilidade de observar o comportamento dos fluidos atmosféricos sobre a topografia, visto a mesma apenas estar representada como um mapa. Uma outra desvantagem é a dificuldade de visualizar diversas variáveis ambientais em simultâneo, dada a sobreposição das diferentes variáveis.

De forma a melhorar esta visualização de dados ambientais, foi proposta a construção de um sistema que permita analisar as previsões meteorológicas e oceanográficas em 3D (três dimensões), além da disponibilização das imagens obtidas, na web. A visualização 3D destes dados representa um avanço em relação à atual visualização 2D, visto que é possível ter uma perspectiva diferente sobre os dados.

O motivo de escolha deste tema foi o interesse pela visualização 3D e a possibilidade de criar um sistema inovador de visualização de dados ambientais.

A secção seguinte apresenta os objetivos para este projeto.

I.2 Objetivos

São descritos nesta secção os principais objetivos para este projeto.

Os objetivos para este projeto incluem:

- Análise e escolha de uma ferramenta de visualização 3D de dados ambientais;
- Construção de uma plataforma de geração automática das imagens 3D a partir dos ficheiros de dados disponibilizados;
- Disponibilização das imagens geradas, na página *Island Wakes*, e;
- Facilidade de adição ou alteração das visualizações existentes (ângulo de visão, posição, *zoom*, etc.) sem que para tal tenha de ser necessário modificar toda a plataforma;

A secção seguinte apresenta as principais contribuições deste trabalho.

I.3 Principais contribuições

Esta secção descreve quais as principais contribuições deste trabalho.

As principais contribuições incluem:

- Estudo e levantamento das principais ferramentas disponíveis para a visualização 3D de dados ambientais;
- Criação de um sistema de geração e disponibilização de visualizações 3D de dados ambientais, para a página web *Island Wakes*;
- Demonstração das potencialidades de uma ferramenta de visualização 3D, e;
- Possibilidade de estudar casos de interesse científico a partir de novos pontos de vista.

A secção seguinte apresenta a organização desta dissertação.

I.4 Organização da dissertação

Nesta secção é apresentada a organização desta dissertação, assim como uma breve descrição de cada capítulo.

Esta dissertação encontra-se dividida em 5 capítulos, os quais são apresentados de seguida:

- **Estado da Arte**
Neste capítulo são apresentadas as principais ferramentas disponíveis que permitem a visualização 3D de dados ambientais. Com a finalidade de escolher as melhores ferramentas para este projeto, é também apresentado um comparativo entre as ferramentas de visualização 3D. São ainda apresentados nesta secção os trabalhos prévios;
- **Dados provenientes de modelos meteorológicos e oceanográficos**
Este capítulo apresenta uma descrição sobre as matrizes dos dados a serem utilizados e os modelos de dados dessas matrizes. São também apresentadas e descritas algumas ferramentas simples para análise e manipulação desses dados;
- **Implementação do trabalho**
Neste capítulo são apresentados os passos executados durante a implementação do sistema de visualização, apresentando-se os requisitos, os casos de utilização, o diagrama de atividades, a arquitetura do sistema e as opções tecnológicas utilizadas. É também apresentado todo o percurso realizado ao longo da execução deste trabalho;
- **Estudos de caso**
São apresentados neste capítulo os resultados obtidos para um estudo de caso atmosférico e um estudo de caso oceânico. A verificação dos requisitos é também efetuada neste capítulo, e;
- **Conclusões e perspectivas futuras**
Neste capítulo são apresentadas as principais contribuições deste trabalho. São também apresentadas sugestões para a continuação do mesmo.

No capítulo seguinte é apresentado o estado da arte.

II. Estado da Arte

Este capítulo apresenta a importância da visualização 3D, as ferramentas que permitem uma visualização 3D de dados ambientais e os trabalhos relacionados.

II.1 Introdução

Atualmente a visualização 3D está cada vez mais a ser utilizada em diversas áreas. No entanto, nas áreas de meteorologia e oceanografia, esta forma de visualização ainda não tem grandes utilizações. No geral, a visualização 3D permite a observação a partir de novos pontos de vista, sendo também mais apelativa que as visualizações 2D.

Diversas áreas utilizam a visualização 3D, como desenho automóvel, planeamento urbanístico, construção de edifícios ou desenho de novos equipamentos. Estas visualizações permitem simular condições, para verificar o comportamento no mundo real, praticamente sem custos.

Este capítulo serve para apresentar a importância da visualização 3D de dados ambientais, algumas ferramentas que podem ser utilizadas para essa visualização, a comparação entre essas ferramentas e a apresentação de trabalhos prévios.

A secção seguinte apresenta a importância da visualização 3D.

II.2 Importância da visualização 3D

A visualização 3D de dados ambientais adquire importância quando se representam variáveis a diferentes alturas. Considerando a divisão do espaço físico por alturas, a visualização 3D permite observar a variação de valores de uma variável ao longo dessas alturas.

Uma outra vantagem da visualização 3D de dados ambientais, é a possibilidade de adicionar uma visualização do terreno (topografia) e observar o comportamento descrito pelas variáveis sobre essa topografia (por exemplo, verificar os efeitos de montanhas e vales nas componentes horizontal e vertical do vento) [1].

A apresentação de diversas variáveis ao mesmo tempo, de forma a verificar se existe alguma relação, também fica facilitada com a visualização 3D, pois esta permite alterar a perspectiva ou representar as diferentes variáveis a diferentes níveis, sem se sobrepor e tornarem quase impossível a sua observação [1].

Algumas variáveis atmosféricas como o vapor de água (QVAPOR), altura da camada limite (PBLHGT) e linhas de fluxo sobre a topografia (*Streamlines Over Topo*) apresentam visualizações 3D interessantes sendo possível verificar a existência de fenômenos como as esteiras de ilhas [2]. A nível oceânico, algumas variáveis como a vorticidade (*Absolute Vorticity* e *Relative Vorticity*) apresentam uma representação interessante em 3D.

Na secção seguinte serão apresentadas as ferramentas que permitem uma visualização 3D de dados ambientais.

II.3 Ferramentas de visualização 3D

Esta secção e respetivas subsecções descrevem as ferramentas de visualização 3D encontradas para a realização deste trabalho. É apresentada uma descrição sobre a ferramenta, que inclui a empresa/entidade responsável, as suas principais características e as principais vantagens e desvantagens.

II.3.1 OpenDX

O *OpenDX* (*Open Visualization Data Explorer*) é uma ferramenta desenvolvida pela IBM em 1991, que suporta diferentes tipos de dados e visualizações, possuindo uma interface gráfica para manipulação de dados e execução de *scripting* [2] [4].

Esta ferramenta é open-source, e indicada como compatível com os diversos sistemas operativos (Windows, Linux e MacOS) [2]. A sua instalação em ambiente Windows é complexa, sendo necessário recorrer ao Xserver [3] [4].

Quanto à interface, o *OpenDX* utiliza diversas janelas para as diferentes configurações, visualizações e menus. Na Figura II.1 é possível observar a interface gráfica desta ferramenta:

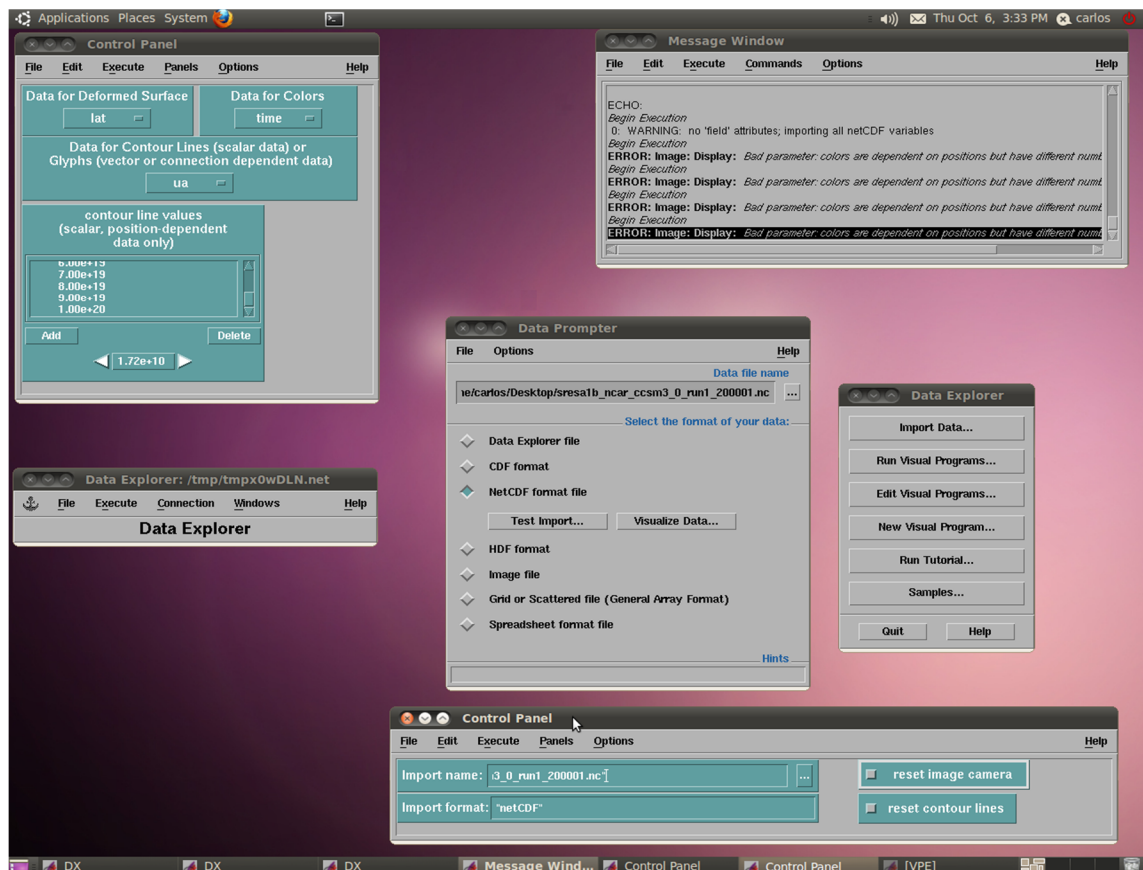


Figura II.1 - Interface gráfica do OpenDX

Relativamente à visualização de dados, o OpenDX recorre a uma outra janela onde permite escolher as ferramentas de personalização da visualização e a forma como se interligam os

diferentes componentes, numa área de desenho. Nesta janela também é possível fazer uma filtragem de dados (por exemplo, mostrar apenas valores superiores a 2 m/s).

A Figura II.2 mostra a área de personalização, em conjunto com as ferramentas disponíveis para o pré-processamento da visualização. Essas ferramentas podem ser arrastadas para a área de desenho, onde passa a ser possível a interligação das diferentes ferramentas.

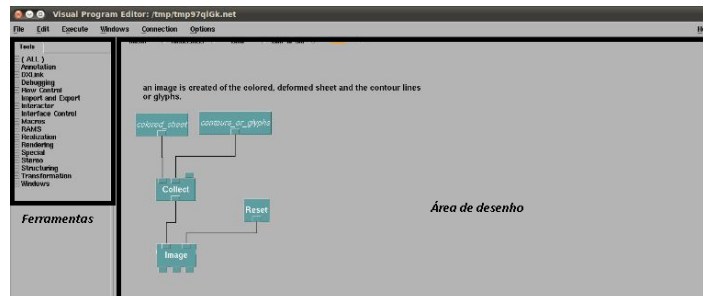


Figura II.2 - Área de personalização

Recorrendo a um simples ficheiro de teste, é possível aceder ao menu de visualização, depois de escolhidas as personalizações pretendidas. Depois de gerada a visualização, é possível realizar algumas alterações (como rotação ou *zoom*), mostradas na Figura II.3.

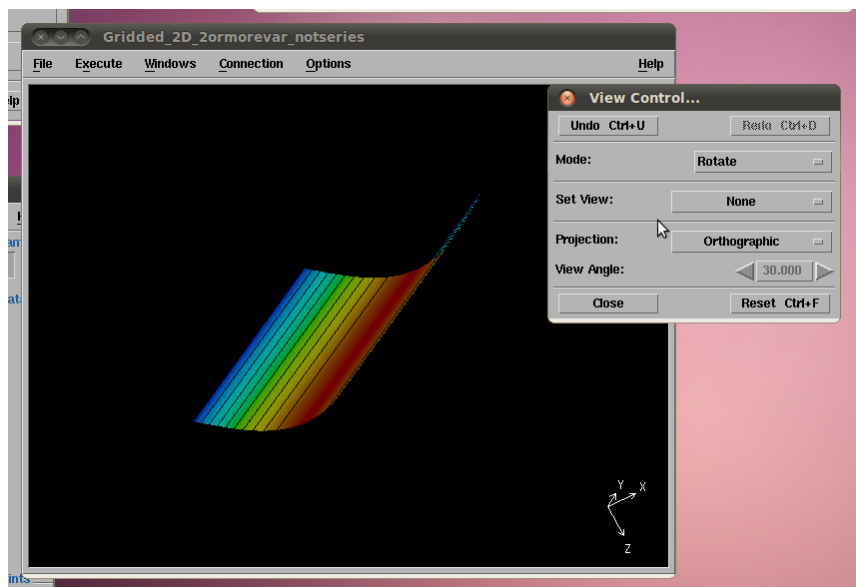


Figura II.3 - Área de visualização e personalização

Relativamente à utilização de *scripts* para estender as funcionalidades do programa, o *OpenDX* funciona numa base de escrita de módulos. Existem alguns exemplos desses módulos no manual que acompanha a ferramenta [5]. No entanto existem problemas conhecidos relativamente à execução de *scripts* em ambiente Linux [6].

Depois de apresentada a ferramenta, são agora descritas as principais vantagens:

- Suporta ficheiros com extensões "*cdf*", e "*hdf*";
- Permite criar filtros de dados;
- Orientado a objetos, e;

- Suporta *scripting*.

Como desvantagens:

- Pouca informação disponível;
- Tutoriais sem imagens e algo incompletos;
- Funcionamento mínimo apenas em Linux, e;
- Utilização excessiva de janelas.

Na secção seguinte será analisada a ferramenta Vis5D.

II.3.2 *Vis5D*

Esta ferramenta foi inicialmente desenvolvida pela SSEC (*Space Science and Engineering Center*), sendo depois descontinuada [7].

Apesar da sua descontinuação, esta foi integrada mais tarde no projeto *CAVE5D*. No entanto, este novo projeto também foi abandonado. A última versão data de Julho de 2001, incluindo a versão 5.2 do *Vis5D* [8].

Esta ferramenta foi desenhada para correr em ambiente Linux. Foram criadas algumas versões para permitir a execução em outros ambientes, mas sem grande sucesso [9]. Inclusivamente, em ambiente Linux é extremamente complicado instalar esta ferramenta, dada a falta de documentação e a complexidade do processo de instalação. Na Figura II.4 é possível observar a interface gráfica da ferramenta.

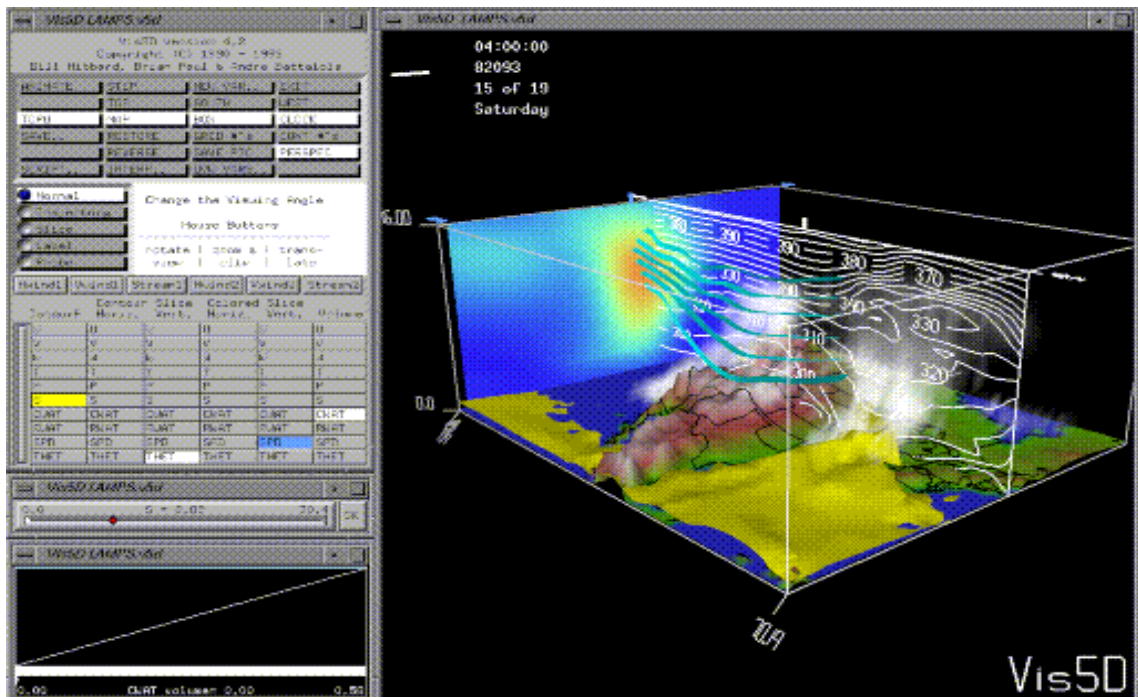


Figura II.4 - Interface gráfica do Vis5D

De acordo com a documentação desta aplicação, é possível a execução de *scripts* [10]. Essa execução pode ser realizada recorrendo a um ficheiro previamente criado com os comandos a executar, ou os comandos podem ser diretamente introduzidos no decorrer do programa. As principais funções e comandos disponíveis para personalizar a visualização estão disponíveis na página web do SSEC [10].

São apresentadas de seguida as principais vantagens desta ferramenta:

- Principais comandos disponíveis na página web do fabricante;
- Permite *scripting* na execução da simulação, e;
- Baixos requisitos de *hardware*.

Como desvantagens:

- Não possui uma versão atualizada;
- Compatível apenas com as versões mais antigas do Windows (até ao NT);
- Pouca ajuda disponível na web, e;
- Elevado tempo de aprendizagem.

A secção seguinte apresenta a ferramenta VAPOR.

II.3.3 VAPOR

Desenvolvida pela NCAR (*National Center for Atmospheric Research*) em parceria com outras entidades, esta ferramenta possui versões atualizadas para as plataformas mais utilizadas (Windows, MacOS e Linux). A sua versão mais recente é a 2.1 [11].

Quanto à documentação, esta está disponível na página web do fabricante, em conjunto com os ficheiros de dados utilizados nos exemplos, que são utilizados nas diferentes versões da ferramenta [12].

A documentação e os instaladores estão disponíveis apenas para utilizadores registados.

Esta ferramenta é simples de utilizar, pelo facto de ter os seus menus organizados em separadores. No entanto, as mensagens de erro não são específicas, referindo apenas que ocorreu um erro, levando por vezes a que o programa termine de forma abrupta, obrigando o utilizador a recomeçar o seu trabalho de início. Esta falta de informação sobre o comportamento leva a que o utilizador tenha de ter sempre presente quais as ações a não realizar para que o programa não exiba erros.

A personalização da visualização é feita recorrendo às opções presentes nos diversos separadores, possuindo um vasto leque de opções que vão desde a combinação das diferentes variáveis, à personalização da paleta de cores.

O ambiente gráfico do VAPOR está presente na Figura II.5, onde é possível observar também uma visualização de um dos exemplos disponíveis pelo fabricante [13].

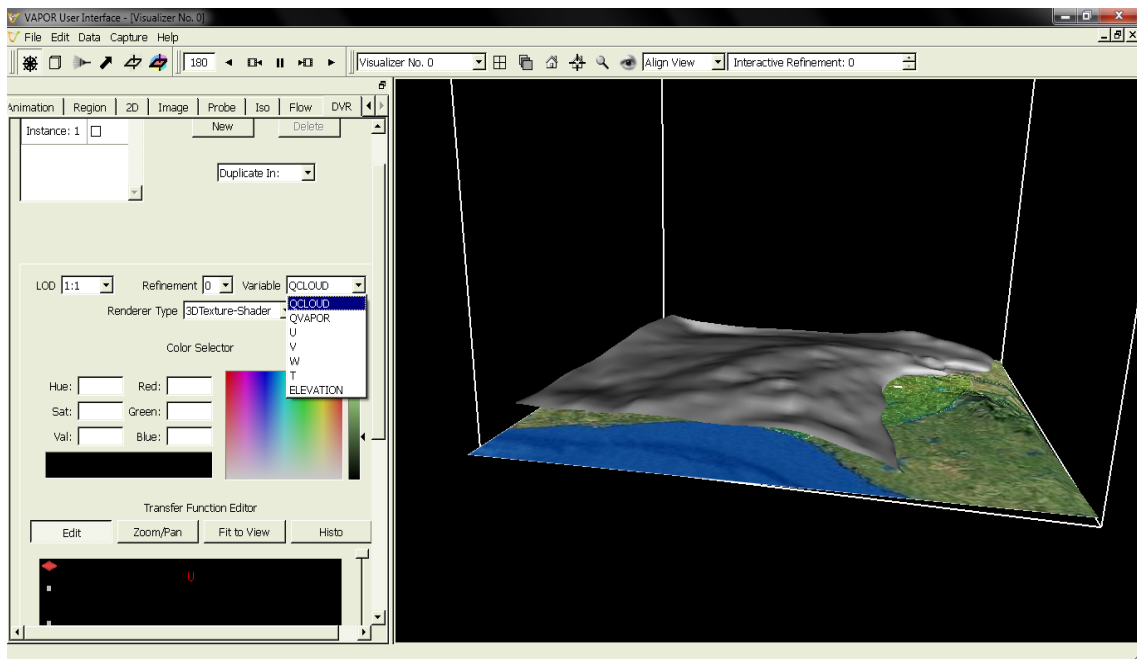


Figura II.5 - Interface gráfica do VAPOR

Relativamente à utilização de *scripting*, esta ferramenta permite que se introduza código *Python*. No entanto esta forma de *scripting* apenas está disponível para a realização de cálculos a efetuar sobre os dados, não permitindo alterar a visualização de forma alguma.

Como principais vantagens do VAPOR:

- Ferramenta completa com múltiplas opções de personalização da visualização;
- Compatível com os principais sistemas operativos (Windows, Linux e MacOS);
- Versões atualizadas;
- Informação disponibilizada pelo fabricante, e;
- Dados para teste disponibilizados pelo fabricante.

Como desvantagens:

- Tutoriais algo desfasados em relação às versões mais recentes, e;
- Animação de grandes quantidades de dados exige elevados requisitos de *hardware*.

Na secção seguinte é apresentada a ferramenta Mayavi.

II.3.4 Mayavi

Esta ferramenta teve a sua versão mais recente lançada em Setembro de 2005, data a partir da qual passou a pertencer à *Enthought*, empresa responsável pelo seu suporte e desenvolvimento atual [14]. A sua versão mais recente é a 4.2.0 de Maio de 2012 [15].

A personalização é feita recorrendo à importação de pacotes, que incluem o suporte para a execução de *scripting* em *Python*. É possível ainda importar pacotes *Python* e *MATLAB* para realizar a visualização e personalização [16].

Relativamente à documentação, esta é escassa, sobretudo para a interface gráfica. No correspondente à informação sobre *scripting*, esta é um pouco mais completa, apesar de os exemplos serem confusos [17]. Uma forma possível para tentar contornar o problema é utilizar a opção de captura de *script*, disponibilizada pelo programa. Esta opção permite que o utilizador personalize a visualização utilizando a interface gráfica e depois salve o *script* gerado, num ficheiro de texto. Este ficheiro armazena todas as informações sobre a visualização, desde o nível de *zoom* às cores e posição de visualização.

A interface gráfica do *Mayavi*, apesar de parecer amigável, é extremamente confusa, visto utilizar nomes de parâmetros de personalização nada intuitivos. A sua estrutura apresenta uma divisão em quatro partes, presente na Figura II.6. Na parte superior esquerda estão presentes as personalizações da visualização, estando a área de visualização à direita. Quanto à parte inferior, à esquerda é possível a personalização da opção escolhida e à direita está presente uma consola de *Python*.

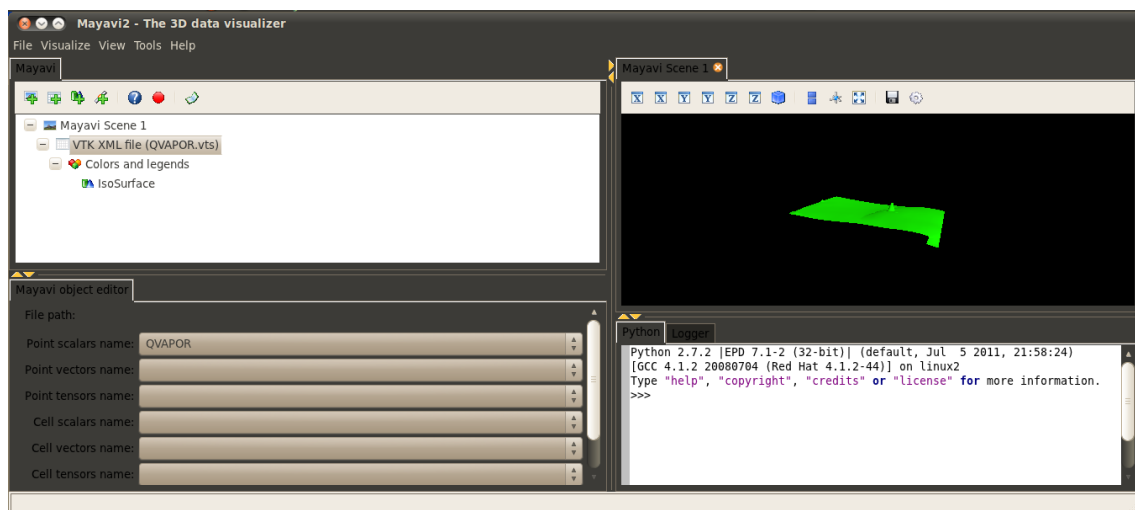


Figura II.6 - Interface gráfica do Mayavi

As principais vantagens desta ferramenta incluem:

- Versões recentes;
- Suporte de *scripting*, e;
- Múltiplas opções de personalização.

Como desvantagens:

- Interface confusa;
- Suporte *online* algo fraco, e;
- Falta de informação sobre a ferramenta.

A secção seguinte apresenta a análise da ferramenta IDV.

II.3.5 IDV

Ferramenta desenvolvida pela NCAR (*National Center for Atmospheric Research*), com a versão mais recente (3.0u2) a datar de Fevereiro de 2012. É também compatível com os principais sistemas operativos (Windows, Linux e MacOS) [18].

Quanto à documentação, está disponível na página web o manual do programa. Apesar de o manual ser algo extenso, com cerca de 500 páginas, as principais funcionalidades estão bem documentadas. O suporte na página do fabricante também está disponível, assim como um endereço eletrónico para o esclarecimento de dúvidas.

O instalador da ferramenta e o manual de utilização apenas estão disponíveis para os utilizadores com registo efetuado. No entanto, é disponibilizada a opção de consulta do manual ao longo de múltiplas páginas web [19]. No entanto é preferível utilizar o documento integral, visto a procura de conteúdo estar mais facilitada.

Esta ferramenta utiliza *plug-ins* para adicionar novas funcionalidades, como suporte de outros tipos de dados, adição de paletes de cores, mapas de território e correção de erros de compatibilidade, entre outros [20].

Relativamente ao *scripting*, o IDV possibilita *scripts* de personalização e automatização. Para auxiliar o utilizador, existe a opção de exportar as definições de visualização para um ficheiro com extensão própria (.xidv) com uma estrutura XML. Uma outra possibilidade de *scripting* é em *Jython* (*Java + Python*), sendo possível combinar todas as formas de script que o programa permite. A linguagem de *scripting* própria do programa é ISL (*IDV Scripting Language*) [21].

Esta ferramenta possui uma interface gráfica mostrada na Figura II.7, dividida em duas janelas, sendo apresentadas as opções de personalização numa janela e a visualização na outra janela.

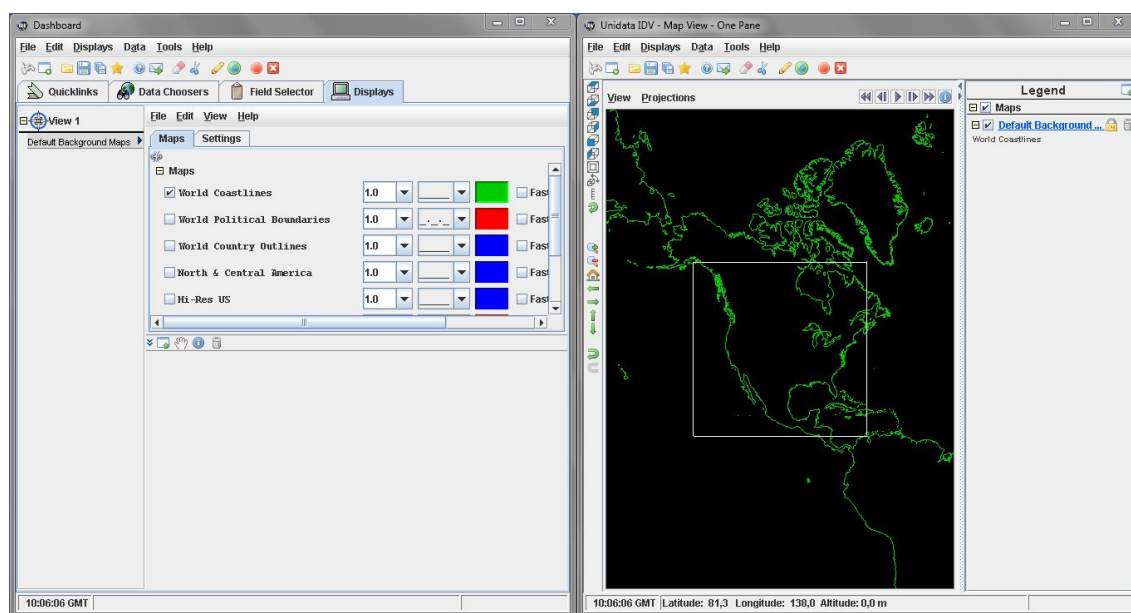


Figura II.7 - Interface gráfica do IDV

As principais vantagens desta ferramenta são:

- Versões atualizadas para Windows, Linux e MacOS;
- Suporte disponível na página web do fabricante;
- Grande quantidade de informação disponível;
- Facilidade de utilização;
- Possibilidade de conjugação das diferentes formas de *scripting*, e;
- Expansibilidade recorrendo a *plug-ins*.

Como desvantagens:

- O processamento de grandes quantidades de dados exige elevados requisitos de *hardware*, e;
- A personalização da visualização para um grande volume de dados é lenta.

A secção seguinte apresenta um comparativo entre as ferramentas apresentadas.

II.4 Comparação entre ferramentas

Depois de apresentadas as ferramentas descobertas que permitem visualização de dados atmosféricos e oceânicos em 3D, as mesmas irão ser comparadas, de forma a proporcionar bases para a escolha da ferramenta a utilizar.

Para uma melhor base comparativa, foram instaladas e testadas todas as ferramentas, com exceção do Vis5D, dada a sua complexidade e falta de versões atualizadas.

A Tabela II.1 reúne as informações apresentadas anteriormente na secção II.3.

Tabela II.1 - Comparativo entre ferramentas

	<i>OpenDX</i>	<i>VIS5D</i>	<i>VAPOR</i>	<i>Mayavi</i>	<i>IDV</i>
Empresa responsável	IBM	SSEC	NCAR/UCAR	<i>Enthought</i>	NCAR/UCAR
Sistema Operativo	Multiplataforma	Multiplataforma	Multiplataforma	Multiplataforma	Multiplataforma
Facilidade de instalação	Simples, Repositórios Ubuntu	Complicada, código fonte	Executável simples	Simples, Repositórios Ubuntu	Executável simples
Versão mais recente	V4.4 / Outubro de 2007	V5.2 / Abril de 2001	V2.1 / Janeiro de 2012	V4.2.0/ Maio de 2012	V3.0u2 / Fevereiro de 2012
Linguagem de scripting	C/C++	TCL – <i>ToolCommandLanguage</i>	<i>Python</i>	<i>Python</i>	<i>Jython</i> , ISL – <i>IDV Scripting Language</i>
Script para automatização	Não testado	Não testado	Não	Sim	Sim
Exemplos de dados online	Não	Não	Sim	Não	Sim
Ferramenta open-source	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Interface gráfica	Confusa - janelas	Não testado	Simples - separadores	Confusa - Menus	Simples - janelas
Licença de utilização	Gratuita	Gratuita para investigação	Gratuita	Gratuita para investigação	Gratuita
Suporte	<i>Help-desk</i> , Fórum	Correio eletrónico	Fórum	Fórum	Correio eletrónico, Fórum, FAQ's

Tendo por base as ferramentas encontradas, apresentadas anteriormente, e analisando o comparativo presente na Tabela II.1, os motivos que levaram à não utilização das ferramentas OpenDX e Vis5D foram a falta de atualizações e versões atuais. Ambas as ferramentas apresentam também uma grande falta de informação sobre o seu funcionamento.

A ferramenta Mayavi também apresenta problemas associados à documentação, sendo esta escassa. Um outro aspeto negativo foi o facto de a ferramenta necessitar de realizar a importação de um grande volume de pacotes sempre que é pretendido um novo tipo de visualização, tornando o processo lento. Um outro aspeto negativo foi a impossibilidade de a ferramenta apresentar certos tipos de visualizações de dados, como linhas de fluxo e vetores.

No que concerne à ferramenta VAPOR, apesar de esta permitir obter imagens de elevada qualidade, possuindo documentação e versões atualizadas, a mesma não possibilita a execução de *scripts* de automatização.

Por fim, a ferramenta IDV, é a que permite personalizar a visualização de forma simples, e mais importante, permite automatizar todo o processo, desde a importação dos dados. Como tal, foi a ferramenta escolhida para a realização deste trabalho.

A secção seguinte apresenta os trabalhos prévios.

II.5 Trabalhos prévios

Infelizmente não foram encontradas fontes bibliográficas relacionadas à visualização 3D de dados ambientais utilizando a ferramenta IDV, em conjunto com a disponibilização na web das visualizações obtidas.

Quanto à disponibilização na web de previsões atmosféricas em 2D utilizando outras ferramentas de visualização, foram encontrados os projetos Esteiras de Ilhas, CIIMAR LAS e RAIA, descritos nas secções seguintes.

II.5.1 Esteiras de Ilhas

A página web do projeto “Esteiras de Ilhas” apresenta um conjunto de visualizações 2D de previsões meteorológicas (oceano e atmosfera). Este projeto tem como principal objetivo estudar a relação entre as esteiras oceânicas e atmosféricas, assim como o estudo do ciclo de vida dessas esteiras. O foco de estudo do projeto “Esteiras de Ilhas” são os efeitos provocados pelas ilhas da Madeira e Porto Santo, nos fluxos atmosféricos e oceânicos [22].

Relativamente à meteorologia, está disponível um conjunto de personalizações, como as variáveis, o domínio da visualização, o dia e até o local. Estas previsões incidem sobre a ilha da Madeira. Quanto às previsões marítimas, estas apresentam um nível de personalização inferior às previsões meteorológicas, visto estar disponível apenas a escolha das variáveis e do domínio. A incidência desta visualização é também sobre a ilha da Madeira. A Figura II.8 mostra a página “Esteiras de Ilhas” com uma visualização 2D do vento e temperatura.

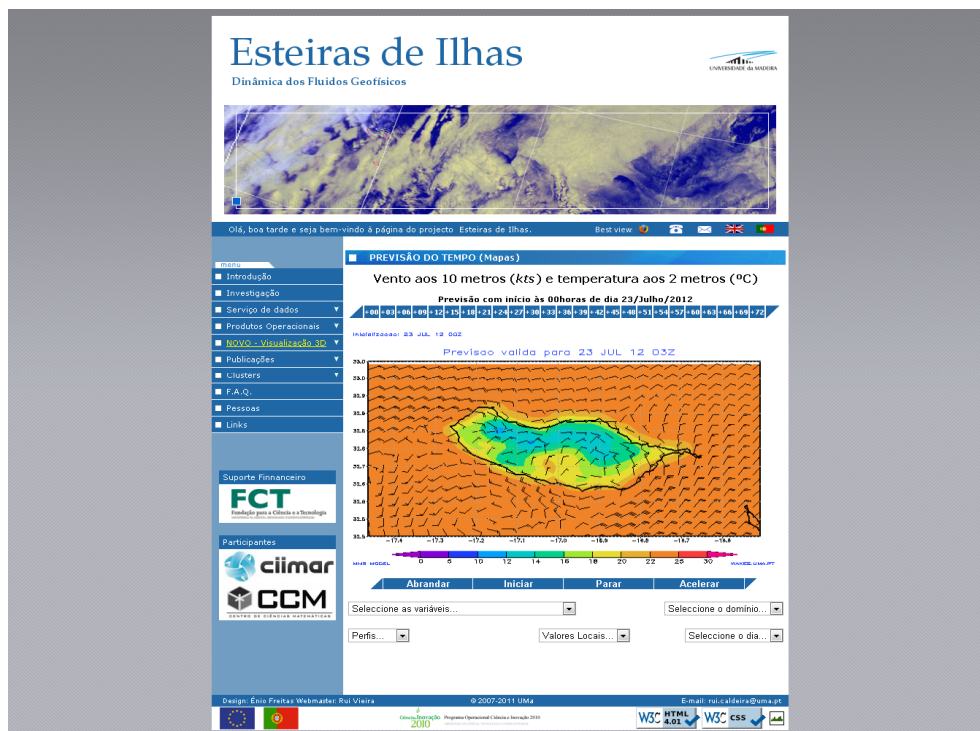


Figura II.8 - Página web Esteiras de Ilhas

Na secção seguinte é apresentada a página web do projeto CIIMAR LAS.

II.5.2 CIIMAR LAS

A página web CIIMAR LAS permite uma visualização separada por categorias: Modelos atmosféricos, Climatologia, Previsões oceanográficas e Dados de satélite [23].

Algumas das visualizações podem ser personalizadas com parâmetros como profundidade ou intervalo temporal. A animação temporal da visualização está também disponível.

Existem também um conjunto de opções como imprimir a visualização, realizar comparações de visualizações em diferentes datas, exportar a visualização para visualização no *Google Earth*, entre outras opções.

A Figura II.9 mostra a visualização 2D da vorticidade, na página CIIMAR LAS.

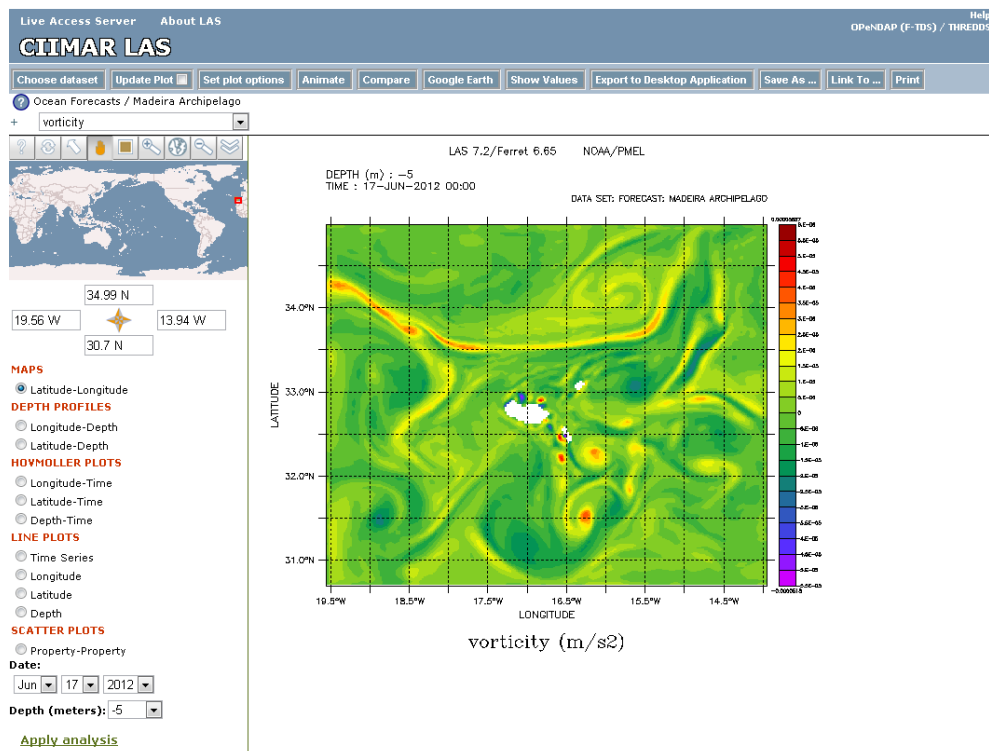


Figura II.9 - Página web CIIMAR LAS

A secção seguinte apresenta a página web do projeto RAIA

II.5.3 RAIA – Observatorio Oceanográfico Da Marxe Ibérica

A página web RAIA apresenta visualizações oceanográficas da Península Ibérica [24]. A visualização permitida por esta página consiste na aplicação de uma visualização 2D da variável escolhida sobre o mapa, podendo ser ajustada a opacidade da visualização.

Estão disponíveis as visualizações de variáveis dos modelos WRF (*Weather Research and Forecasting*) [25], WW3 (*Wave Watch III*) [26], SWAN [27] e MOHID [28], recursos pesqueiros e posições de boias marítimas, entre outros.

A Figura II.10 apresenta uma visualização 2D da humidade relativa, mostrada na página RAIA.

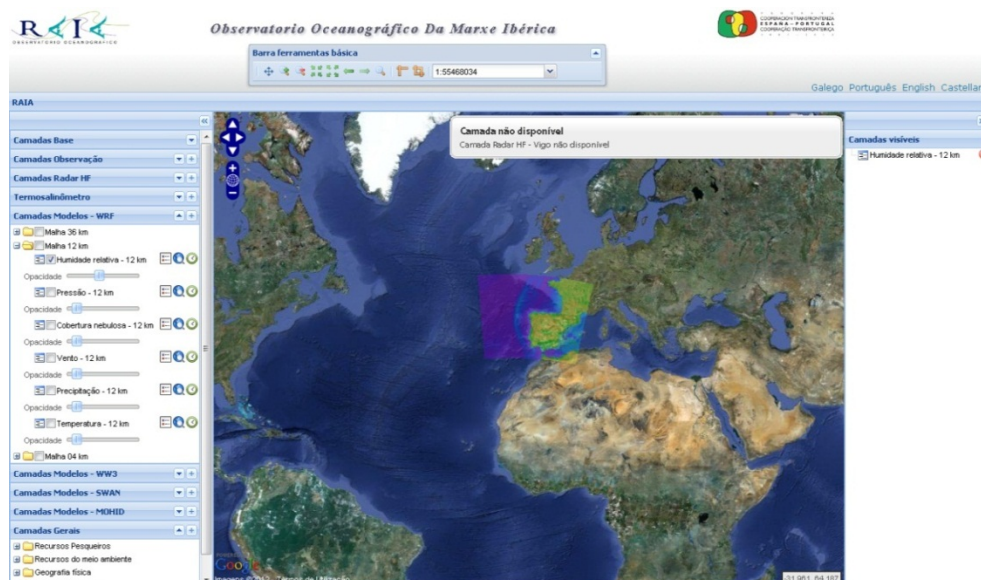


Figura II.10 - Página web RAIA

Depois de apresentados os trabalhos prévios, a secção seguinte apresenta a conclusão do capítulo Estado da Arte.

II.6 Conclusão

Este capítulo apresentou o estado da arte das ferramentas de visualização 3D, que foram tidas em conta para a execução deste trabalho. Foram também apresentados os trabalhos prévios existentes.

As ferramentas de visualização 3D foram também exploradas e comparadas, e foi verificado que a melhor ferramenta para a execução deste trabalho é o IDV.

Os trabalhos prévios foram também apresentados neste capítulo. Com base na pesquisa efetuada, o sistema a construir, para visualização de dados ambientais 3D e respetiva disponibilização na web, é um sistema inovador, visto não ter sido encontrado nada do género.

No capítulo seguinte será feita uma breve contextualização dos modelos de dados utilizados para a geração dos ficheiros de dados. Serão também apresentadas algumas ferramentas para análise 2D e manipulação de dados.

III. Dados provenientes de modelos meteorológicos e oceanográficos

Este capítulo faz uma breve contextualização sobre os dados meteorológicos utilizados, as matrizes de dados e algumas ferramentas simples, que permitem uma análise e manipulação das matrizes de dados.

III.1 Introdução

Atualmente existem modelos de dados que devem ser seguidos, de forma a garantir uma uniformização dos dados. Os modelos meteorológicos abordados neste trabalho são os modelos WRF (*Weather Research & Forecasting Model*) [25] MM5 (*Mesoscale Model Fifth Generation*) [29], e ROMS (*Regional Oceanic Modeling System*) [30]. O objetivo deste capítulo é apresentar resumidamente esses modelos, além de explorar também algumas ferramentas simples de visualização e manipulação dos dados, provenientes desses modelos.

Na secção seguinte são apresentadas as matrizes de dados.

III.2 Matrizes de dados

Os dados meteorológicos a utilizar na visualização 3D de dados ambientais consistem em matrizes de dados de formato *netCDF*.

O formato *netCDF* é baseado em *arrays*, permitindo uma abstração dos dados armazenados no seu interior. Para tal, este formato recorre a uma livraria que implementa uma interface de suporte à abstração. Uma outra vantagem do formato *netCDF* é o facto de ser utilizado em larga escala. Tal leva a que os dados armazenados neste tipo de ficheiros possam ser lidos por qualquer leitor de ficheiros *netCDF* [29].

Os constituintes de um ficheiro *netCDF* são o modelo de dados (a forma como os dados são interpretados), as dimensões (como latitude ou longitude), as variáveis (os dados em si) e os atributos (armazenam informação sobre a informação) [30].

Este formato de dados divide-se em 3 formatos base: *classic*, *64bitoffset* e *netCDF-4*. A especificação deste formato é feita no momento da criação do ficheiro. Por norma, o formato *classic* é o recomendado para que os ficheiros de dados possam ser lidos sem problemas de compatibilidade [31]. O formato *classic* permite criar ficheiros até 2 GB e a versão *64bit* permite criar ficheiros até 4GB. A versão *netCDF-4* não apresenta restrições de tamanho [32].

Um dos objetivos do formato *netCDF* é permitir o acesso a conjuntos de dados mais pequenos, partindo de um conjunto maior. De forma a suportar este objetivo, o acesso aos dados é direto, em vez de sequencial, permitindo que a leitura dos dados seja feita por outra ordem que não a ordem de escrita [33].

Depois desta breve apresentação sobre as matrizes de dados, os modelos utilizados na sua construção são abordados na secção seguinte.

III.3 Modelos de dados

Para este trabalho existem dados *netCDF* para a meteorologia e para a oceanografia, cada um respeitando os seus modelos. Apesar de os ficheiros de dados obtidos serem ambos de extensão *netCDF*, a forma como esses ficheiros são construídos obedece aos respetivos modelos. As seguintes secções apresentam muito resumidamente os tipos de modelos de dados utilizados.

III.3.1 MM5

O modelo dos dados de atmosfera é o PSU/NCAR, conhecido como MM5 (*Mesoscale Model Fifth Generation*) [34]. Este modelo é mantido pela *Pennsylvania State University* (PSU) e pelo *National Center for Atmospheric Research* (NCAR) [35].

Utiliza-se o modelo MM5 para prever ou simular, essencialmente em níveis regionais, a circulação atmosférica. Esta circulação corresponde aos valores das diferentes variáveis, calculadas ou obtidas (como por exemplo componente vertical do vento ou altura da camada limite) [35].

Este modelo utiliza níveis de coordenadas sigma, que seguem o terreno, em vez de utilizar níveis de pressão, para identificar a altitude. Esta opção leva a que os níveis mais próximos do solo apresentem uma aproximação bastante real do terreno, enquanto os níveis mais altos tendem a se distanciar da realidade [35]. A Figura III.1 mostra os níveis sigma mais altos a se distanciarem da realidade do terreno e os níveis mais baixos a apresentarem uma representação mais real.

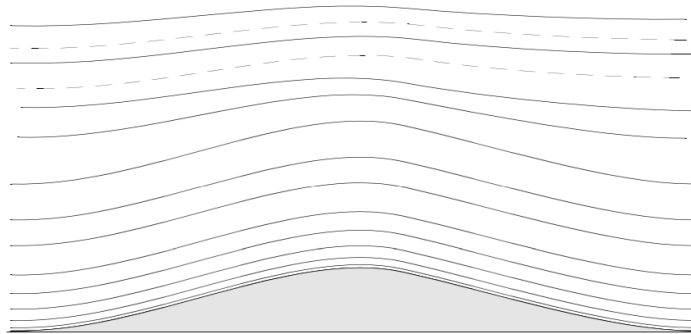


Figura III.1 - Níveis de coordenadas Sigma

A secção seguinte apresenta o modelo de dados WRF (*Weather Research & Forecasting Model*).

III.3.2 WRF

O modelo de dados WRF (*Weather Research & Forecasting Model*) foi desenvolvido por diversas entidades, entre as quais se destacam o NCAR (*National Center for Atmospheric*

Research), a FAA (*Federal Aviation Administration*) e o FSL (*Forecast Systems Laboratory*) [25] [38] [39].

As principais áreas de utilização deste modelo incluem pesquisa e previsão de tempestades, modelos de qualidade do ar, simulação de fogos florestais, previsão de furacões e tempestades tropicais [37].

Comparado com o modelo MM5, este modelo apresenta uma melhor exatidão, assim como um maior nível de detalhe, relacionado com a forma como são feitos os cálculos [38].

Apesar dos dados a utilizar para a realização deste trabalho obedecerem aos modelos MM5 (secção III.3.1) e ROMS (secção III.3.3), foram animados alguns casos interessantes, essencialmente como forma de teste, cujos dados estão de acordo com o modelo WRF. Na secção III.4.2, Figura III.4 é possível observar algumas das visualizações obtidas.

A secção seguinte apresenta o modelo de dados ROMS (*Regional Oceanic Modeling System*).

III.3.3 ROMS

Quanto aos dados de oceanografia, estes estão de acordo com o modelo ROMS - AGRIF (*Regional Oceanic Modeling System – Adaptive Grid Refinement in Fortran*), desenvolvido pela UCLA (*University of California, Los Angeles*), *Rutgers University* e IRD (*Institut de Recherche pour le Développement*) [38].

Este é um modelo numérico em 3D para simular o movimento do oceano. A versão IRD (AGRIF) é uma versão mais aperfeiçoada do modelo normal ROMS, e vem acompanhada de um conjunto de ferramentas (ROMSTOOLS) [38].

Depois de apresentados de forma resumida os modelos de dados, na secção seguinte são apresentadas algumas ferramentas que permitem uma visualização e manipulação dos ficheiros de dados.

III.4 Ferramentas para análise e manipulação de dados

De forma a permitir análises e manipulações dos dados utilizados, existem diversas ferramentas disponíveis. São apresentadas de seguida algumas das ferramentas utilizadas na execução deste projeto.

III.4.1 Ferramentas para análise de dados

Além das ferramentas de visualização 3D apresentadas na secção II.3, existem, entre outras, duas ferramentas de visualização, que apesar de serem 2D, servem para dar uma rápida ideia do conteúdo dos dados.

A primeira ferramenta é o *Ncview* [39]. Esta ferramenta é composta por duas janelas, apresentadas na Figura III.2.

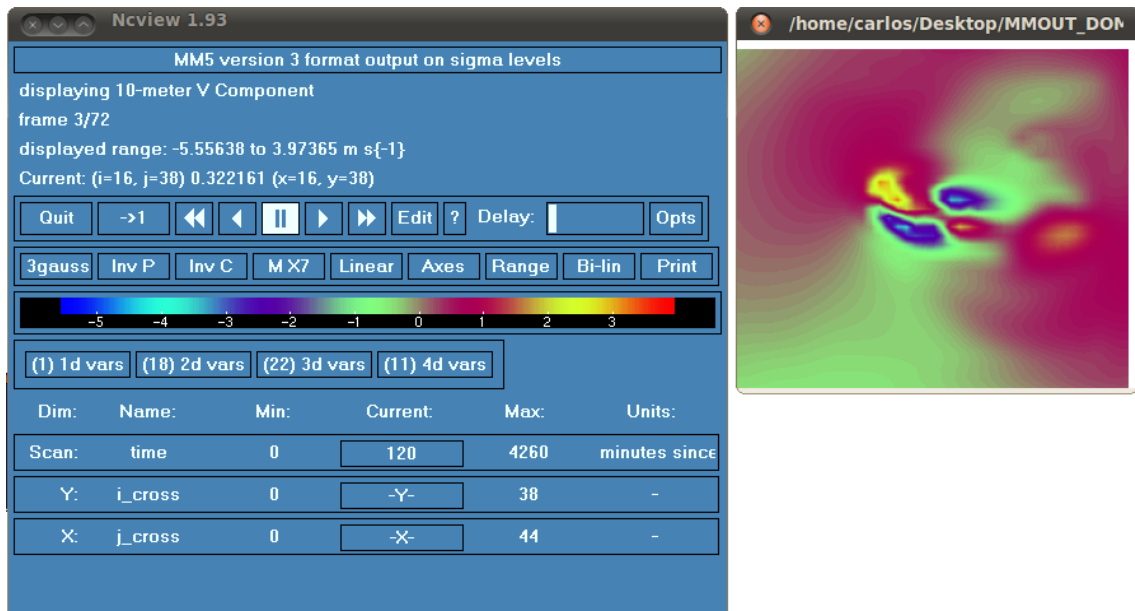


Figura III.2 - Ncview

A janela à esquerda apresenta as opções disponíveis consoante os dados em análise (variáveis disponíveis, intervalos de valores das variáveis, entre outros). Também é possível colorir os dados, utilizando as paletes de cores disponíveis. Existe também um controlo de animação (caso os dados possuam uma dimensão temporal). Todas as alterações são refletidas na janela à direita, responsável pela apresentação gráfica dos dados.

A outra ferramenta de visualização 2D é o *Ncbrowse*. Tal como o *Ncview*, esta ferramenta apresenta as opções disponíveis de acordo com os dados em análise e uma janela exclusiva para apresentar a representação gráfica, de acordo com as opções escolhidas [40].

Na Figura III.3 está representado o ambiente gráfico do *Ncbrowse*.

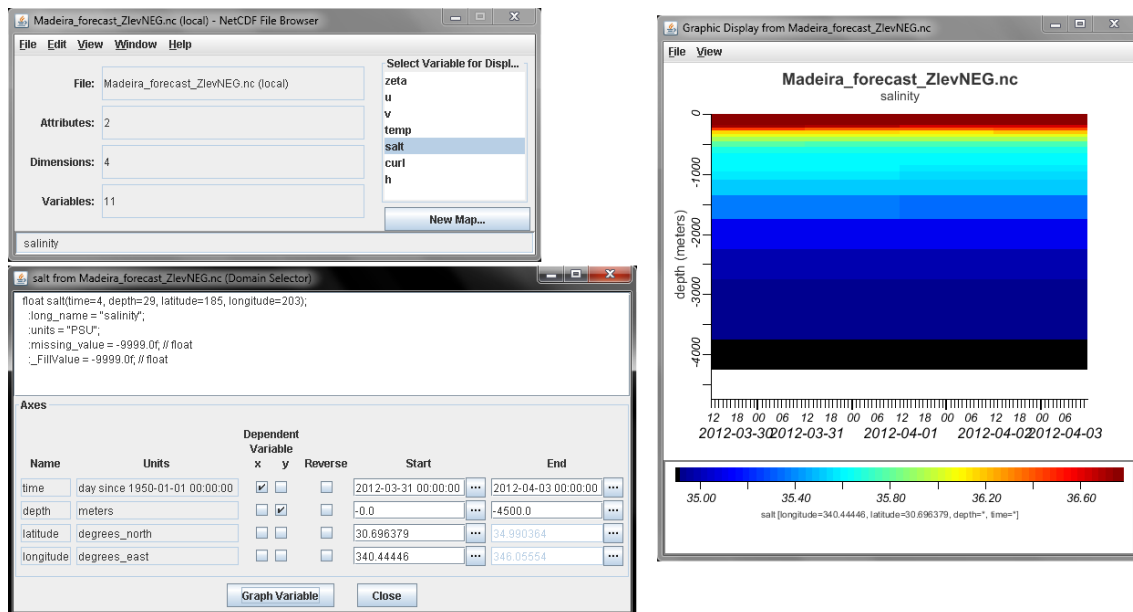


Figura III.3 – Ncbrowse

Depois de apresentadas as duas ferramentas de visualização 2D, são apresentadas na secção seguinte algumas ferramentas para a manipulação dos ficheiros de dados.

III.4.2 Ferramentas para manipulação de dados

Relativamente às ferramentas de manipulação de dados, existe um conjunto de operadores, agrupados no pacote NCO [41], que incluem, entre outros:

- Processador aritmético: "*ncap2*" (*netCDF ArithmeticProcessor, NextGeneration*)
- Editor de atributos: "*ncatted*" (*netCDF Attribute Editor*)
- Operadores binários: "*ncbo*" (*netCDF BinaryOperator*)
- Corte de dados: "*ncks*" (*netCDF KitchenSink*)
- Alterar nomes: "*ncrename*" (*netCDF Rename*)
- Extrator de dados dos ficheiros: "*ncdump*" (*netCDF File to textform*)

Na realização deste trabalho, os operadores que apresentaram uma maior utilidade foram o *ncdump* e o *ncks*.

O *ncdump* permitiu obter os cabeçalhos e valores dos ficheiros *netCDF*, para esclarecer algumas dúvidas sobre os valores dos mesmos (como por exemplo os ficheiros de dados de oceano representarem o terreno com valores positivos, levando a representações invulgares em ambiente 3D).

Relativamente ao *ncks*, este operador foi utilizado para extrair ficheiros de dados de menor tamanho (menos variáveis e variáveis com menos valores). A utilização deste operador permitiu reduzir o tamanho de cada um dos ficheiros de dados de cerca de 71 MB para aproximadamente 17 MB. Esta redução de tamanho permitiu animar alguns casos de estudo

na ferramenta VAPOR, obtendo assim visualizações de elevada qualidade gráfica. Estão representadas algumas dessas visualizações na Figura III.4.

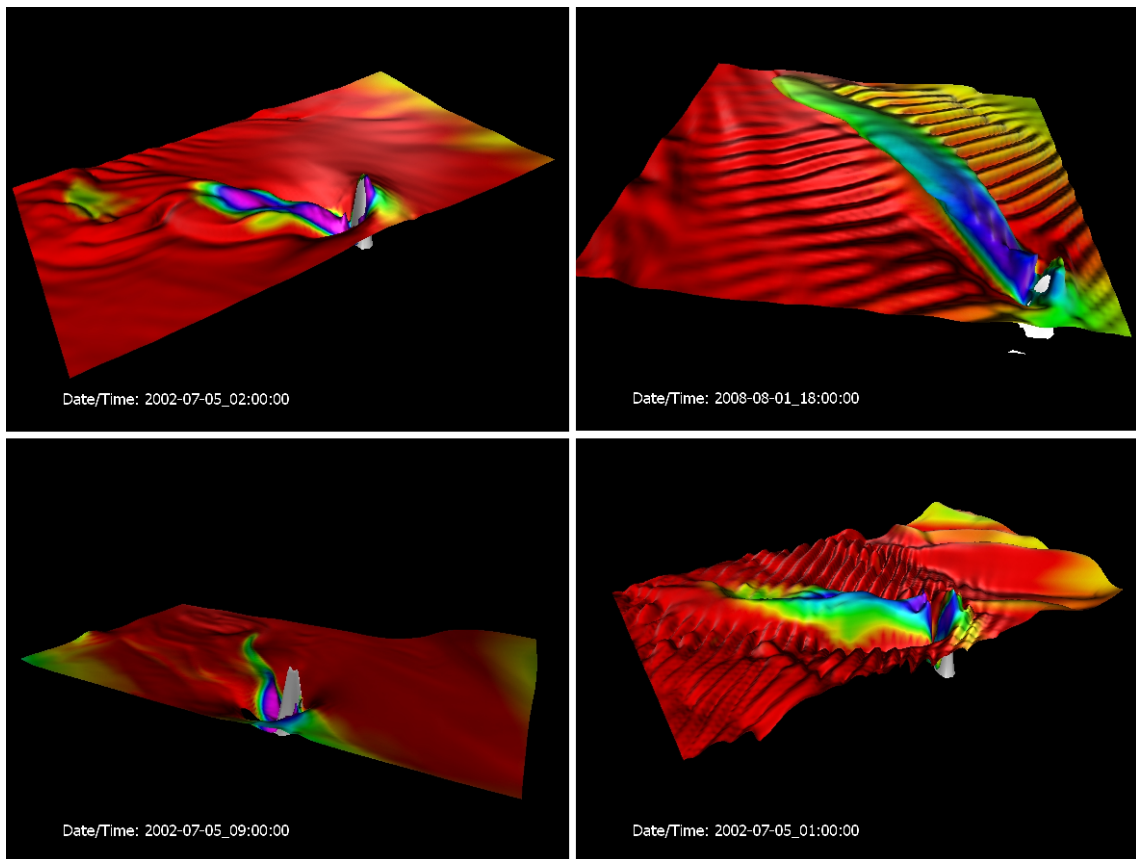


Figura III.4 - Visualizações obtidas utilizando a ferramenta VAPOR

Importa referir que todos estes operadores de manipulação podem ser associados e colocados em funcionamento utilizando *scripting*, para, por exemplo, sempre que exista um novo ficheiro de dados, seja feita a extração de um ficheiro mais pequeno, tudo de forma automática. No Anexo A – *Script* de pré-processamento dos dados, está presente o *script* utilizado para realizar o pré-processamento dos dados que permitiu a animação e extração, entre outras, das visualizações presentes na Figura III.4.

Depois de apresentados os modelos de dados e as ferramentas de análise e manipulação de dados, são apresentadas de seguida as conclusões deste capítulo.

III.5 Conclusão

Este capítulo apresentou de forma resumida os modelos utilizados na geração dos ficheiros de dados, utilizados para realizar a visualização 3D de dados ambientais. Foram também apresentadas duas ferramentas simples de visualização 2D, assim como alguns operadores de manipulação das matrizes de dados. Foi possível concluir que as ferramentas apresentadas apresentam grande utilidade quando se pretende apenas ter uma breve ideia dos dados dos ficheiros.

O capítulo seguinte apresenta os aspetos relevantes relacionados com a implementação deste trabalho, como os requisitos, casos de utilização e arquitetura do sistema, entre outros.

IV. Implementação do trabalho

Este capítulo descreve todo o processo de implementação deste trabalho. São identificados os requisitos, os casos de utilização, o diagrama de atividades, a arquitetura do sistema e quais as opções tecnológicas disponíveis que foram utilizadas. Todo o processo de implementação, assim como as respetivas dificuldades são também apresentados neste capítulo.

IV.1 Introdução

Antes de ser iniciada a implementação de um trabalho, deve ser realizado um estudo prévio de forma a descrever o que deve ser feito e como deve ser feito. Neste capítulo são apresentados os requisitos (funcionais e não-funcionais) do sistema a implementar, o diagrama de atividades, a arquitetura do sistema, o processo de desenvolvimento e implementação e as opções tecnológicas utilizadas.

A secção seguinte apresenta os requisitos do sistema.

IV.2 Requisitos

As especificações dos requisitos permitem definir quais os aspetos/funcionalidades que o sistema deve possuir [42]. São apresentados na secção seguinte os requisitos funcionais.

IV.2.1 Requisitos Funcionais

Os requisitos funcionais indicam as funcionalidades que o sistema deve disponibilizar [42]. Foram identificados os seguintes requisitos funcionais:

RF1 – O sistema deve suportar a geração de imagens de forma automática;

RF2 – A disponibilização das imagens na web deve ser feita de forma automática;

RF3 – A ferramenta escolhida para incorporar no sistema deve permitir a automatização recorrendo a *scripting*;

RF4 – O sistema deve permitir alterações às visualizações atuais;

RF5 – O sistema deve permitir adicionar novas visualizações, e;

RF6 – O sistema deve ser capaz de ser executado em ambiente Linux.

Os requisitos não funcionais são abordados na secção seguinte.

IV.2.2 Requisitos Não funcionais

Os requisitos não funcionais estão relacionados com aspetos como segurança, fiabilidade e desempenho, entre outros [42]. Os requisitos não funcionais identificados são:

Requisitos Não Funcionais de Fiabilidade:

RNF1 – O sistema deve ser capaz de lidar com falhas no sistema de previsão;

Requisitos Não Funcionais de Desempenho

RNF2 – A alteração das visualizações atuais deve ser realizada em menos de 5 minutos, e;

RNF3 – A adição de novas visualizações deve ser realizada em menos de 5 minutos.

Depois da especificação dos requisitos, são apresentados na secção seguinte os casos de utilização.

IV.3 Casos de utilização

Os casos de utilização correspondem às tarefas desempenhadas pelo utilizador e pelo sistema [42]. A Figura IV.1 apresenta o Diagrama dos Casos de Utilização.

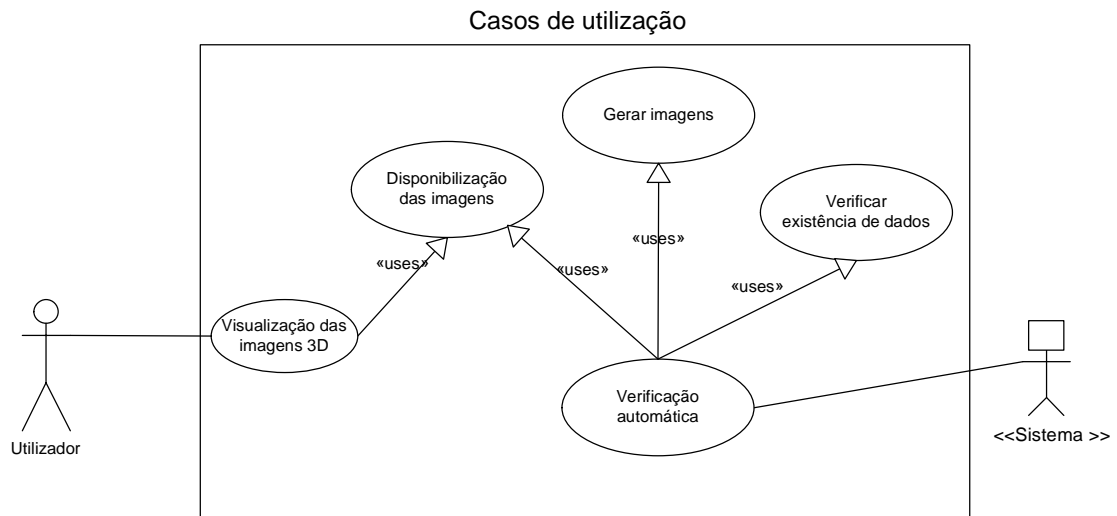


Figura IV.1 - Diagrama de Casos de Utilização

Relativamente ao utilizador, este apenas pode visualizar as imagens produzidas automaticamente pelo sistema, através das páginas web.

Quanto ao sistema, este executa uma verificação automática que verifica se existem dados para o dia em questão. Em caso afirmativo, as imagens são geradas e disponibilizadas no servidor, para permitir a visualização por parte do utilizador.

A secção seguinte apresenta o Diagrama de Atividades.

IV.4 Diagramas de atividades

De acordo com os casos de utilização especificados na secção IV.3, são apresentados nesta secção os respetivos diagramas de atividades.

Caso de utilização: Verificação Automática:

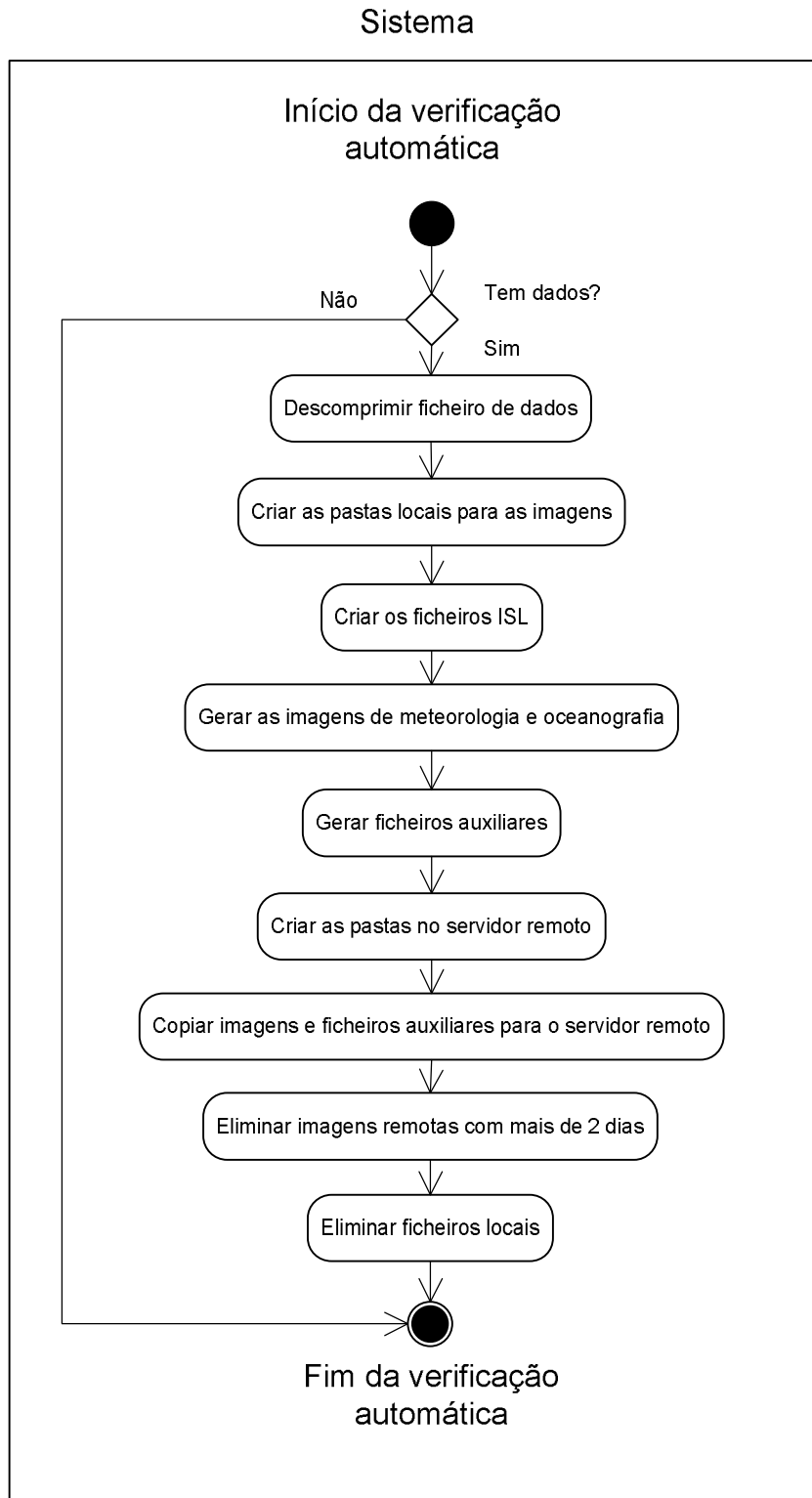


Figura IV.2 - Diagrama de Atividades da Verificação Automática

O Diagrama de Atividades apresentado na Figura IV.2 ilustra como é realizada a verificação automática do sistema. De forma resumida, desde que existam dados, o sistema procede à criação das pastas e ficheiros necessários (ficheiros de extensão “*isl*” com informações sobre as imagens a gerar), gera as imagens e os ficheiros com as datas das previsões e copia esses ficheiros para o servidor. Com o objetivo de poupar espaço, a verificação automática elimina também as imagens existentes no servidor remoto com mais de dois dias, assim como todos os ficheiros auxiliares e imagens geradas no servidor local. Esta verificação automática é executada uma vez por dia.

Caso de utilização: Visualização das imagens 3D:

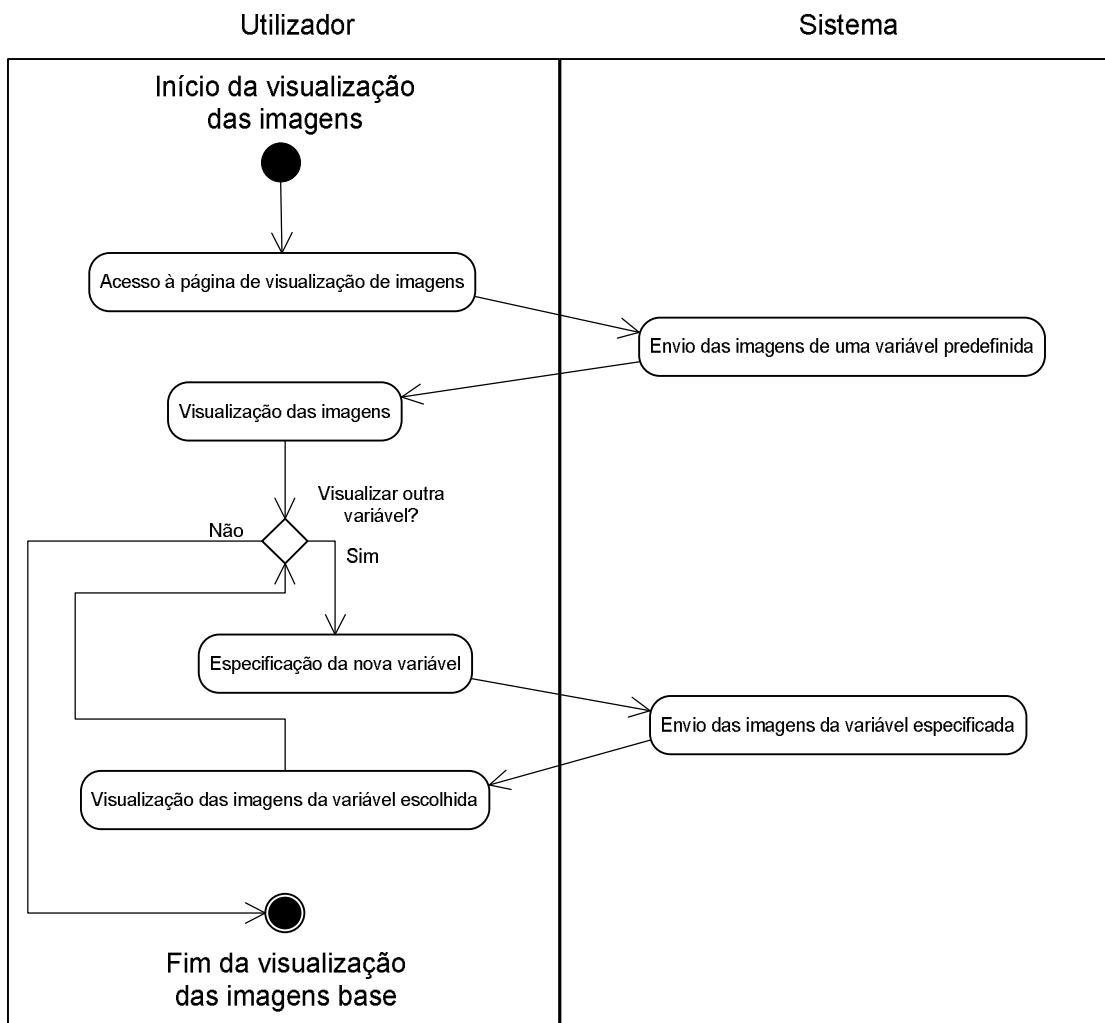


Figura IV.3 - Diagrama de Atividades da visualização de imagens

A Figura IV.3 apresenta o Diagrama de Atividades para quando o utilizador pretende visualizar as imagens. Ao aceder à página, o sistema envia as imagens da variável predefinida. Caso o utilizador pretenda visualizar outras variáveis, faz a especificação da variável pretendida e o sistema envia as respetivas imagens.

A secção seguinte apresenta a Arquitetura do Sistema e os módulos implementados.

IV.5 Arquitetura do sistema

A Figura IV.4 apresenta a arquitetura do sistema e os módulos implementados.

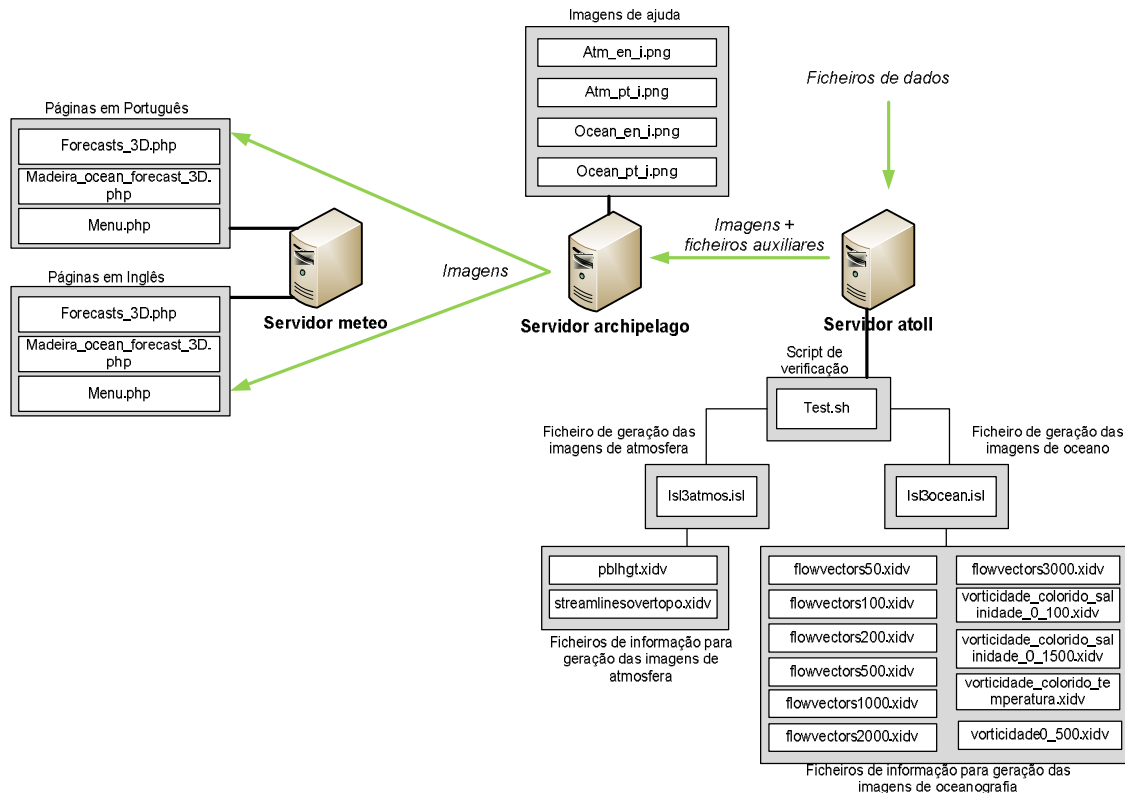


Figura IV.4- Arquitetura do sistema

A utilização de dois servidores para geração e armazenamento das imagens deve-se ao facto do servidor *archipelago* não possuir as capacidades de processamento gráfico necessárias para a geração das imagens.

O servidor *atoll* recebe ambos os ficheiros de dados de forma automática, sendo depois feita a geração das imagens e ficheiros auxiliares, e respetiva cópia para o servidor *archipelago*.

As páginas web estão armazenadas no servidor *meteo*, juntamente com as restantes páginas da página web “Esteiras de Ilhas”. Foram criadas páginas para Português e Inglês, semelhantes, variado apenas o texto a apresentar. Esta decisão foi tomada de forma a manter a uniformidade com a restante implementação da página web. A alternativa seria a utilização de um ficheiro de linguagem, contendo o texto em Português e Inglês. Estas páginas apresentam as imagens armazenadas no servidor *archipelago*.

De forma resumida, o servidor *atoll* serve para gerar as imagens, enquanto o servidor *archipelago* fica responsável pelo armazenamento e disponibilização dessas imagens, para as páginas armazenadas no servidor *meteo*.

A secção seguinte apresenta as etapas de implementação deste trabalho, sendo descritas as opções tomadas e as dificuldades encontradas, entre outros aspetos.

IV.6 Etapas de implementação

Todo o processo realizado desde o início deste trabalho até à sua implementação final é descrito nesta secção. Da mesma forma, também são abordadas as dificuldades encontradas ao longo da realização deste trabalho.

As etapas realizadas no desenvolvimento deste trabalho foram:

- Análise das ferramentas OpenDX, Vis5D e VAPOR;
- Pesquisa sobre a forma de mostrar a topografia em conjunto com as representações;
- Estudo das formas de automatização utilizando o VAPOR;
- Estudo e utilização da ferramenta Mayavi;
- Estudo e utilização da ferramenta IDV;
- Modificação das páginas web *Island Wakes*;
- Produção do *script* de automatização;
- Inclusão do *script* de automatização no agendador de tarefas do Linux (*crontab*);
- Transferência automática dos dados de meteorologia e oceanografia para o servidor de geração de imagens, e;
- Refinamento das visualizações e respetiva disponibilização na web.

Estas etapas são discutidas nos próximos parágrafos.

A **análise das ferramentas *OpenDX*, *Vis5D* e *VAPOR*** visou verificar qual a ferramenta que melhor se adaptava à realização deste trabalho.

A análise destas ferramentas fez surgir a primeira dificuldade, que foi a utilização do sistema operativo Linux. Apesar da adaptação à interface gráfica ter sido rápida, questões relacionadas com configurações mais específicas do sistema foram sempre uma constante ao longo da execução deste trabalho, sendo mais evidentes na fase final. A implementação deste trabalho recorreu ao computador com o Linux Ubuntu instalado, disponibilizado desde início.

Relativamente à ferramenta *OpenDX*, esta foi instalada facilmente, dado estar disponível nos repositórios do Ubuntu. Depois de instalada, a mesma foi explorada de forma a verificar, numa primeira fase, se estava disponível a opção de realização de *scripts* de automatização. Depois de pesquisas efetuadas na web, a conclusão foi que a execução de *scripting* é possível, apesar de a mesma falhar com alguma frequência. Numa segunda fase foi verificado se a ferramenta suportava os ficheiros de dados a utilizar. Apesar de a ferramenta suportar ficheiros de extensão *.nc* (a mesma extensão dos dados finais a utilizar) a ferramenta apresentava erros e os ficheiros não eram abertos. Uma outra dificuldade encontrada foi a interface extremamente confusa da ferramenta, que utiliza múltiplas janelas. Como tal, a ferramenta *OpenDX* foi colocada de parte e foi realizada a análise da ferramenta *Vis5D*.

Apesar de as imagens encontradas sobre o *Vis5D* mostrarem uma ferramenta prometedora, a mesma mostrou-se impossível de instalar. Foram realizadas diversas tentativas ao longo de vários dias, com diferentes pacotes de instalação, mas a mesma nunca foi concluída com sucesso, levando à análise da ferramenta seguinte, o VAPOR.

Referida como uma boa ferramenta para visualização 3D, o VAPOR mostrou-se simples de instalar e utilizar em ambiente Windows. Relativamente à sua instalação em ambiente Linux, apesar de existir um manual de instalação, a mesma não se demonstrou tão simples como em Windows (com a utilização de um ficheiro executável), mas realizou-se com sucesso. Após a instalação em Linux, foi verificado que a interface gráfica apresentava uma completa distorção, estando as opções todas sobrepostas. Em ambiente Windows a ferramenta apresentava-se com uma interface correta, pelo que a mesma foi analisada no Windows.

Depois de vários dias de habituação à ferramenta, e como a mesma possuía suporte para os ficheiros de dados a utilizar, foram realizadas algumas animações de casos de estudo relativamente à ilha da Madeira e à sua interferência nos fluídos atmosféricos (ventos e vapor de água, entre outros). Após algum tempo com as múltiplas personalizações e paletes de cores, foram obtidas imagens de elevada qualidade (exemplos em Figura III.4) para os casos em questão.

Um aspeto importante nesta fase foram as ferramentas de pré-processamento de dados entre as quais a ferramenta *ncks* (descrita na secção III.4.2). O uso desta ferramenta permitiu reduzir o tamanho dos ficheiros de dados que foram animados. Este corte foi feito descartando variáveis sem interesse para o estudo dos casos em questão e realizando um “corte” em altitude, mantendo-se apenas os dados de 0 a 5.000 metros e descartando dos 5.000 aos 10.000 metros. Estas alterações, considerando um dos casos animados, permitiram reduzir o tamanho dos ficheiros de 11,6 GB para 2,8 GB. Foi através deste pré-processamento que foi possível animar os casos na ferramenta VAPOR.

Foi também iniciada uma **pesquisa sobre a forma de mostrar a topografia em conjunto com as representações**. Foram encontradas ferramentas que permitiram a extração de imagens com referências geográficas (latitude, longitude e altura do terreno), mas nenhuma se mostrou minimamente próxima do real, representando a ilha da Madeira como um único pico, extremamente exagerado na vertical.

Esta ideia foi entretanto abandonada visto ter sido notado que os ficheiros de dados já dispunham de dados sobre a topografia. Apesar de esses dados serem básicos, é possível distinguir de forma clara o perfil da ilha, sendo identificados os principais marcadores terrestres como o planalto do Paul da Serra e o Maciço Montanhoso Central.

Depois da análise da ferramenta VAPOR e da procura de forma de representação da orografia, foi iniciado o estudo de **formas de automatização utilizando o VAPOR**. Foram analisadas as diversas opções de *scripting* permitido (entre as quais uma interface *Python*) mas não foi encontrada nenhuma forma de automatização, nem do processo de carregamento dos dados, nem da geração das imagens correspondentes. Após contacto via correio eletrónico com o suporte técnico da ferramenta, foi verificado que os tipos de automatização disponível estão relacionados com a conversão de dados para um formato próprio do VAPOR, estando a consola de *Python* reservada apenas para realizar cálculos sobre os dados. Isto levou a que se iniciasse uma nova pesquisa por outra ferramenta, capaz de representar dados ambientais em 3D.

A **nova ferramenta**, encontrada, foi o **Mayavi** [14]. Esta ferramenta é disponibilizada apenas para Linux e possui uma instalação complexa, dado necessitar de componentes previamente instalados, como bibliotecas *netCDF*. Durante a pesquisa sobre a instalação destas bibliotecas, foi encontrado um pacote fornecido pela empresa *Enthought* que engloba todas as bibliotecas necessárias. A instalação deste pacote foi muito mais simples, podendo ser iniciada a análise da ferramenta.

A primeira dificuldade encontrada foi o facto de não existir suporte direto para os dados a utilizar, sendo necessário um conversor (*WRF2Mayavi*), cujo código surgiu após alguma pesquisa. No entanto, este conversor apresentou-se capaz de extrair apenas uma variável para um novo ficheiro. Foram feitas algumas alterações ao código, de forma a suportar mais variáveis e foram realizadas algumas conversões, para iniciar os testes com a ferramenta.

A forma de funcionamento da ferramenta e as designações genéricas utilizadas para as visualizações foram problemáticas. O funcionamento, por ser confuso e as opções não estarem organizadas de uma forma intuitiva. Quanto às designações, as mesmas são genéricas, tornando quase impossível saber qual a visualização a obter quando se escolhe determinada opção.

Outro aspeto foi o facto de esta ferramenta não ter sido desenhada especificamente para representar dados ambientais, mas sim como uma ferramenta genérica, capaz de ser personalizada, para visualizar dados científicos (de qualquer tipo) em 3D. Como tal a representação de visualizações como vetores e linhas de fluxo não é suportada diretamente pelo programa. A pesquisa sobre a forma de realizar esta visualização revelou que o pacote MATLAB devia ser importado, além de um grande conjunto de outros pacotes. A importação destes pacotes foi um processo lento (com necessidade de repetição sempre que o programa era iniciado) e não produziu nenhum dos resultados esperados.

Depois de diversas tentativas, a ferramenta continuou a não mostrar as visualizações pretendidas. Entretanto foi verificado que a ferramenta permite extrair um ficheiro, possível de utilizar mais tarde, com os dados da visualização atual. No entanto, após mais algum esforço de pesquisa, foi concluído que a ferramenta não possuía os aspetos necessários, sendo iniciada nova procura de outra ferramenta.

As diversas pesquisas levaram à proposta da **ferramenta IDV** [18], desenvolvida pela UCAR.

Esta ferramenta mostrou-se fácil de instalar nos ambientes Windows e Linux, por recorrer a um simples executável. Depois de instalada, iniciaram-se os testes, de forma a verificar se esta ferramenta seria utilizada para a realização deste trabalho.

O ambiente gráfico, composto por duas janelas (uma para aspetos como importação de dados e personalização da visualização, e outra para a visualização), mostrou-se simples e intuitivo.

A importação dos dados a utilizar necessitou da instalação de um *plug-in*, que vem já com a aplicação. No entanto só após algum tempo de pesquisa é que tal foi notado.

Depois do processo de importação dos dados e respetiva visualização, iniciou-se a verificação do *script* de automatização. Uma vantagem desta ferramenta, tal como no *Mayavi* é a

possibilidade de exportar, para um ficheiro de texto, as definições da visualização atual (variáveis, cores, posição de visualização e *zoom*, entre outros). Esta exportação permite executar esse ficheiro a partir do *script* de automatização, ao invés de inserir manualmente todas as opções.

A personalização das visualizações foi algo lenta, de forma a criar visualizações interessantes e mais elaboradas, para disponibilizar na web, ao invés de utilizar visualizações simples e com pouco interesse. Este processo de procura foi sendo realizado de forma distribuída, ao longo de toda a utilização da ferramenta IDV, até à fase final da sua implementação.

No entanto, um problema que surgiu foi a utilização, nos ficheiros de dados atmosféricos, de coordenadas sigma (descritas em mais pormenor na secção III.3.1). Esta utilização levou a que algumas visualizações possivelmente interessantes não tenham sido realizadas. A tentativa de conversão para coordenadas Z (altitude em metros) levou alguns dias mas não foi possível de realizar, dada a complexidade dos cálculos e *scripts* correspondentes. Os dados oceanográficos também necessitaram de uma adaptação, pelo facto de o IDV representar o ponto mais baixo da batimetria (ponto mais profundo do oceano) como sendo o ponto de altitude zero. Outro aspeto que levou a nova personalização dos dados foi a necessidade da colocação dos valores da profundidade com valores negativos (novamente pelo facto de a ferramenta representar todos os dados como sendo acima do nível da água). Estas adaptações foram realizadas nos *scripts* previamente implementados, que geram os ficheiros de dados, sendo agora produzido o ficheiro normal (já anteriormente produzido para as visualizações 2D) e um ficheiro personalizado para o IDV, para a geração das visualizações 3D. Estas alterações foram realizadas pelo Professor Doutor Xavier Couvelard, responsável pelos dados oceanográficos, que também implementou a funcionalidade de **disponibilização dos dados oceanográficos, de forma automática**, no servidor a utilizar para realizar a geração das imagens 3D.

De seguida foram copiadas e **modificadas duas das páginas existentes da página web *Island Wakes***, de forma a apresentar as imagens 3D. A sua alteração foi realizada de forma a possibilitar ao utilizador a ampliação da visualização atual. Esta opção deveu-se ao facto das imagens apresentadas serem pequenas para permitir uma boa análise e exploração da visualização 3D. Para testar o seu funcionamento, foram criadas algumas imagens, que demonstraram que as páginas web funcionavam como esperado.

Foi iniciada de seguida a **escrita do *script* de automatização**, realizada com o auxílio do manual que acompanha o programa. Foram também realizadas pesquisas na web de forma a personalizar o *script* para obter as imagens finais pretendidas. A sua escrita necessitou de alguns cuidados, de forma a garantir que os nomes das imagens (que incluem em alguns casos, nome da variável, esquema de cores, profundidade mínima, profundidade máxima e número de ordem de geração) correspondiam às designações utilizadas nas páginas web. Como exemplo de um dos nomes das imagens, "vort_c_sal_0_1500_9.png", identifica a vorticidade (vort) colorida (c) com a salinidade (sal), com altura máxima 0, altura mínima -1500 e número de geração 9.

Após a escrita do ***script* de automatização**, foi realizada a tentativa de **inclusão no agendador de tarefas do Linux (*crontab*)**. Tal tarefa não se realizou de imediato, dado que o IDV necessita de uma janela "ativa" para realizar a geração de imagens. Foram feitas pesquisas na web para

tentar solucionar este problema, sugerindo a utilização do *Xserver*, *Xvnc* e *Xvfb*. O apoio técnico do IDV também foi contactado, apesar de o problema não ter sido selecionado. A alternativa encontrada consistiu em deixar apenas bloqueada a conta utilizada no servidor de geração de imagens. O facto de deixar a conta apenas bloqueada permitiu que o IDV funcionasse corretamente. Foi testada a possibilidade de trocar de utilizador, mantendo a conta utilizada como “*logged in*” mas, neste caso, a geração das imagens não foi efetuada.

Nesta fase surgiu a possibilidade de os **dados de meteorologia serem também transferidos automaticamente para o servidor responsável pela geração das imagens**. Associada a esta transferência automática, foi também implementado um corte nos dados (semelhante ao descrito na secção III.4.2) através da modificação do *script* previamente utilizado. Depois de especificadas as variáveis pretendidas, a alteração ao *script* previamente existente foi realizada pelo Mestre Ricardo Tomé (estudante de doutoramento do Centro de Geofísica da Universidade de Lisboa), visto este conhecer o *script* em questão.

A ideia de dar ao utilizador a opção de personalizar a visualização (alterar o ponto de vista e o nível de *zoom*, numa fase inicial) foi estudada, mas devido às dificuldades de execução automática do *script*, foi abandonada. No entanto, o sistema implementado, em conjunto com a ferramenta escolhida, permitem que tal seja realizado, assim que seja possível executar o *script* recorrendo ao *Xserver*, *Xvnc* ou *Xvfb*, em vez de utilizar o sistema atual, que consiste em deixar a sessão bloqueada, restringindo o acesso físico ao computador (a utilização remota não apresenta problemas), enquanto o *script* está em execução.

Relativamente à cópia das imagens do servidor atoll para o servidor archipélago, foi necessário realizar uma troca de chaves públicas entre ambos os servidores, de forma a permitir a cópia das imagens em segurança, via SSH (*Secure Shell*). Esta troca de chaves também permitiu a execução segura de alguns comandos no servidor archipelago, iniciados pelo servidor atoll, como a criação de pastas e a remoção de ficheiros.

A etapa final deste trabalho passou por um **refinamento das visualizações a disponibilizar na web**, assim como pequenas alterações às páginas web, de forma a corrigir pequenos detalhes.

A secção seguinte apresenta as opções tecnológicas utilizadas para a implementação deste trabalho.

IV.7 Opções tecnológicas

Nesta secção são apresentadas as opções tecnológicas utilizadas para a realização deste trabalho.

Apesar de apenas ter sido utilizada uma das ferramentas de visualização, apresentadas na secção II.3, as restantes são também apresentadas, visto que serviram para chegar até à ferramenta utilizada, o IDV.

As opções tecnológicas para este trabalho incluem:

- **Gedit**: pela sua simplicidade para a alteração de ficheiros de *script*, que consistem apenas em algumas linhas de código;
- **Adobe Dreamweaver**: para a alteração das páginas de visualização em PHP, por permitir uma pré-visualização do aspeto final, além das ajudas na programação como o *Auto complete*;
- **Notepad++**: utilizado para realizar pequenas alterações aos ficheiros PHP;
- **Integrated Data Visualization (IDV)**: para a geração das imagens 3D a disponibilizar na web, e extração dos ficheiros de configuração utilizados;
- **Filezilla**: para realizar a transferência de ficheiros (imagens e ficheiros PHP) para o servidor, nas fases de teste;
- **OpenDX**: utilizado para verificar a sua viabilidade na implementação deste trabalho;
- **Vis5D**: utilizado para verificar a sua viabilidade na implementação deste trabalho;
- **VAPOR**: utilizada para animar alguns casos de estudo e verificar a sua viabilidade na implementação deste trabalho, e;
- **Mayavi**: utilizado para verificar se seria viável a sua utilização na implementação deste trabalho.

Na secção seguinte são apresentadas as conclusões sobre toda a implementação deste trabalho.

IV.8 Conclusão

Neste capítulo foram apresentados os aspetos relacionados com a implementação deste trabalho. Além da descrição dos requisitos funcionais e não funcionais, foram também apresentados os casos de utilização, o diagrama de atividades e a arquitetura do sistema.

Foram também apresentadas as opções tecnológicas para a elaboração deste trabalho.

Quanto aos desafios encontrados ao longo da realização deste trabalho, importa referir as diversas tentativas de mostrar o terreno (topografia) em conjunto com as visualizações dos dados ambientais. A solução encontrada foi a utilização dos dados presentes nos próprios ficheiros de dados utilizados.

Quanto ao pré-processamento dos dados de forma a reduzir o tamanho dos ficheiros, a solução passou por utilizar dados previamente processados, reduzindo assim as tarefas a executar pelo *script* de automatização.

Relativamente à falta de suporte dos tipos de dados pela ferramenta IDV, a instalação de um *plug-in* específico resolveu o problema.

O facto de os dados atmosféricos utilizarem coordenadas sigma impediu a realização de possíveis visualizações. Apesar de não ter sido encontrada uma solução, as restantes visualizações foram personalizadas com mais atenção ao detalhe, de forma a colmatar este problema.

A automatização de todo o processo foi o maior problema encontrado, visto que as pesquisas efetuadas não permitiram encontrar uma solução para a execução completa em *background*. Como tal, a solução encontrada foi manter a sessão apenas bloqueada, permitindo assim que o *script* seja executado e as visualizações sejam obtidas e disponibilizadas na web.

A cópia das visualizações de um servidor para outro, de forma automática também apresentou alguns problemas, relacionados com políticas de segurança. A solução passou por trocar as chaves públicas entre ambos os servidores, resolvendo assim o problema.

O capítulo seguinte apresenta os resultados obtidos com a implementação deste trabalho, assim como a sua discussão.

V. Estudos de Caso

Este capítulo apresenta os resultados obtidos e a sua discussão sobre o sistema de visualização e disponibilização na web de dados ambientais em 3D, através da apresentação de dois estudos de caso.

V.1 Introdução

Depois de implementado o sistema, é necessário extrair e discutir os resultados obtidos pela sua utilização. Desta forma, este capítulo apresenta um caso de estudo atmosférico e um caso de estudo oceânico, de forma a verificar se os requisitos especificados na secção IV.2 são cumpridos.

As próximas duas secções apresentam o Estudo de Caso Atmosférico e o Estudo de Caso Oceânico.

V.2 Estudo de Caso Atmosférico

Depois de implementado o sistema, foi realizado um estudo de caso sobre a visualização de dados atmosféricos em 3D, disponibilizados na web. A página web possui o aspeto apresentado na Figura V.1.

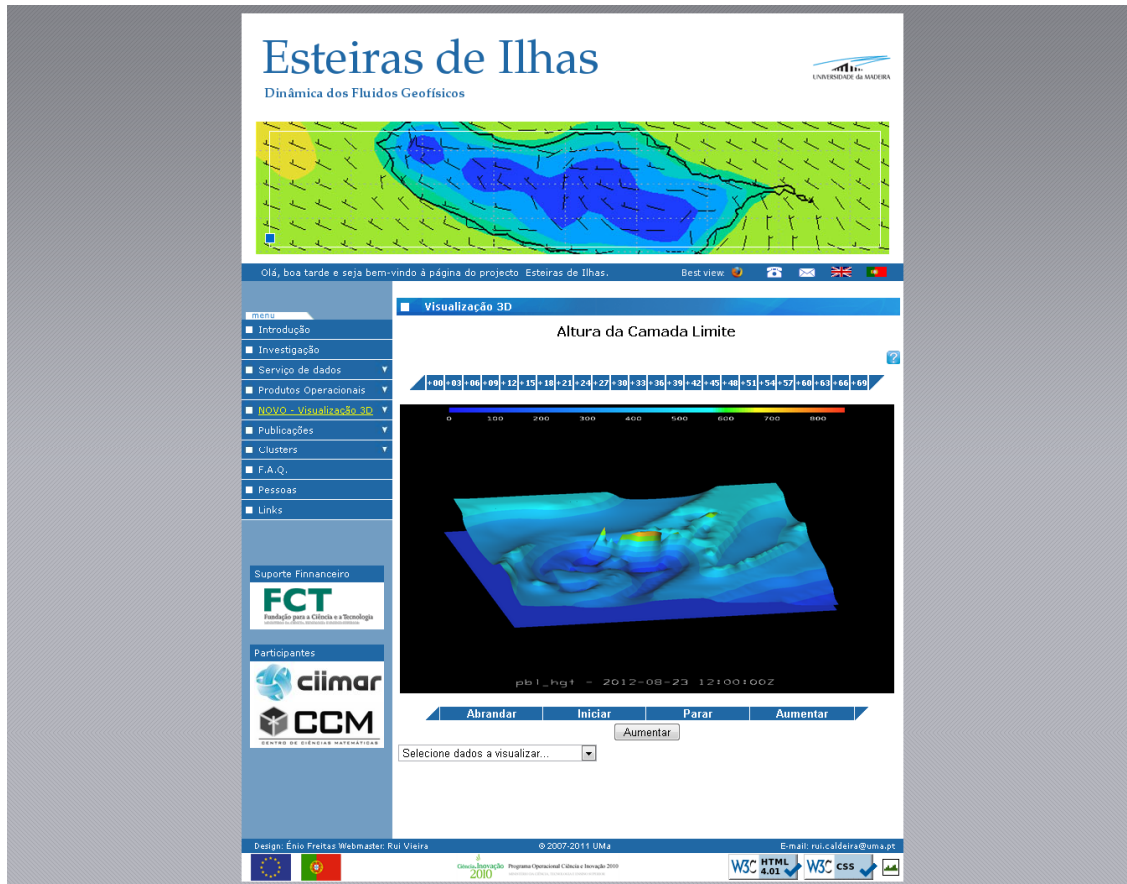


Figura V.1 - Página web (Atmosfera)

Esta página pode ser acessada através do endereço seguinte:

<http://wakes.uma.pt/forecasts3D.php>.

Nesta página o utilizador tem a possibilidade de controlar a animação (utilizando as opções "Slower", "Start", "Stop" e "Faster") à semelhança das restantes visualizações 2D presentes no website. O utilizador pode optar por ver as imagens uma a uma, utilizando a linha temporal disponibilizada sobre a imagem. Está presente também a opção de troca de variável, utilizando um simples menu *drop-down*.

De forma a permitir uma melhor visualização, foi também implementada a possibilidade de o utilizador ampliar a visualização atual, possuindo as mesmas opções de controlo de animação e linha temporal. A Figura V.2 apresenta a visualização ampliada.

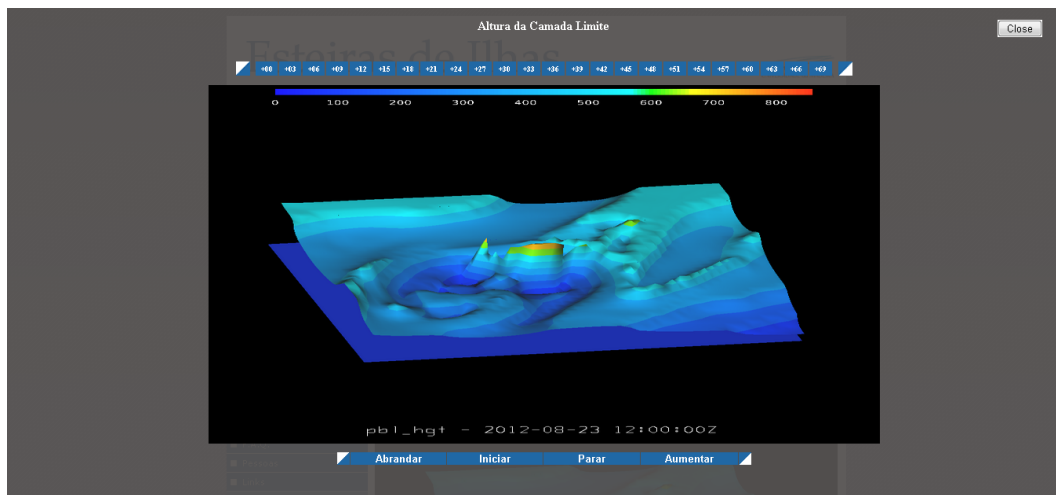


Figura V.2 - Visualização ampliada (Atmosfera)

De forma a auxiliar o utilizador, foi também criada uma imagem com instruções sobre o funcionamento da página. A imagem é apresentada na Figura V.3, sendo apresentada quando o utilizador pressiona o botão com o sinal de interrogação existente acima da linha temporal.

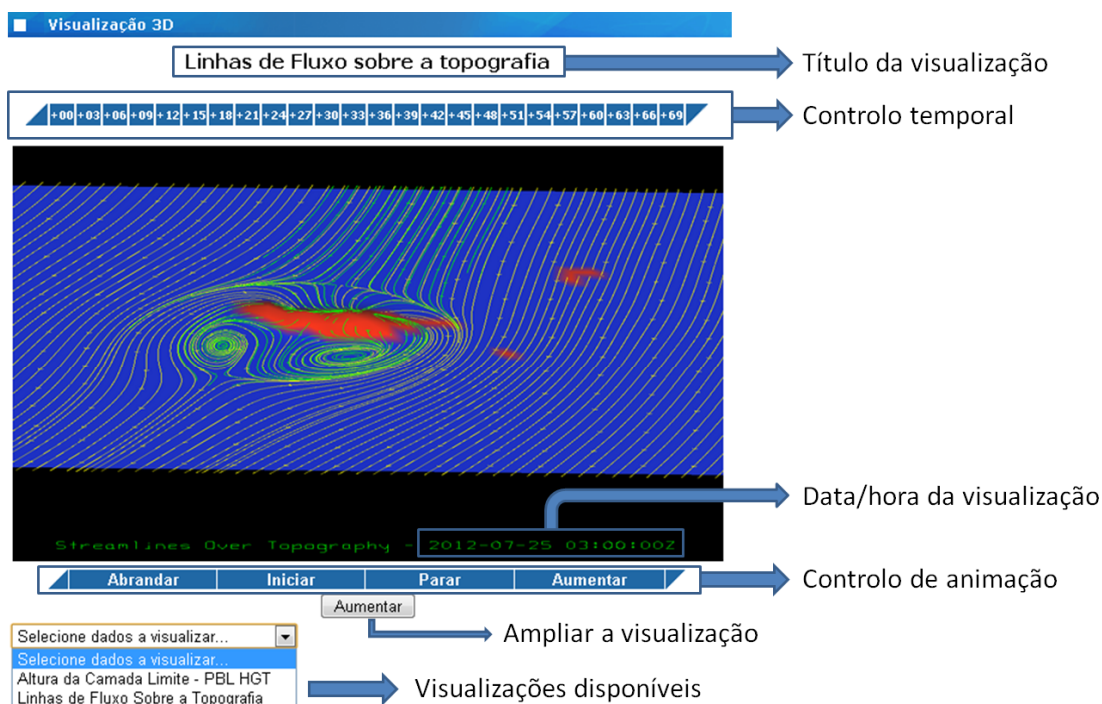


Figura V.3 - Menu de ajuda (atmosfera)

A secção seguinte apresenta o Estudo de Caso Oceânico.

V.3 Estudo de Caso Oceânico

Relativamente ao Estudo de Caso Oceânico, a página web possui o aspeto mostrado na Figura V.4. À semelhança da página web do Estudo de Caso Atmosférico (secção V.2), existem os controlos de animação, uma linha temporal (apesar de mais pequena, visto os ficheiros de dados atmosféricos apresentarem uma dimensão temporal inferior), um menu *drop-down* para alterar a variável a visualizar e a opção de aumentar a visualização.

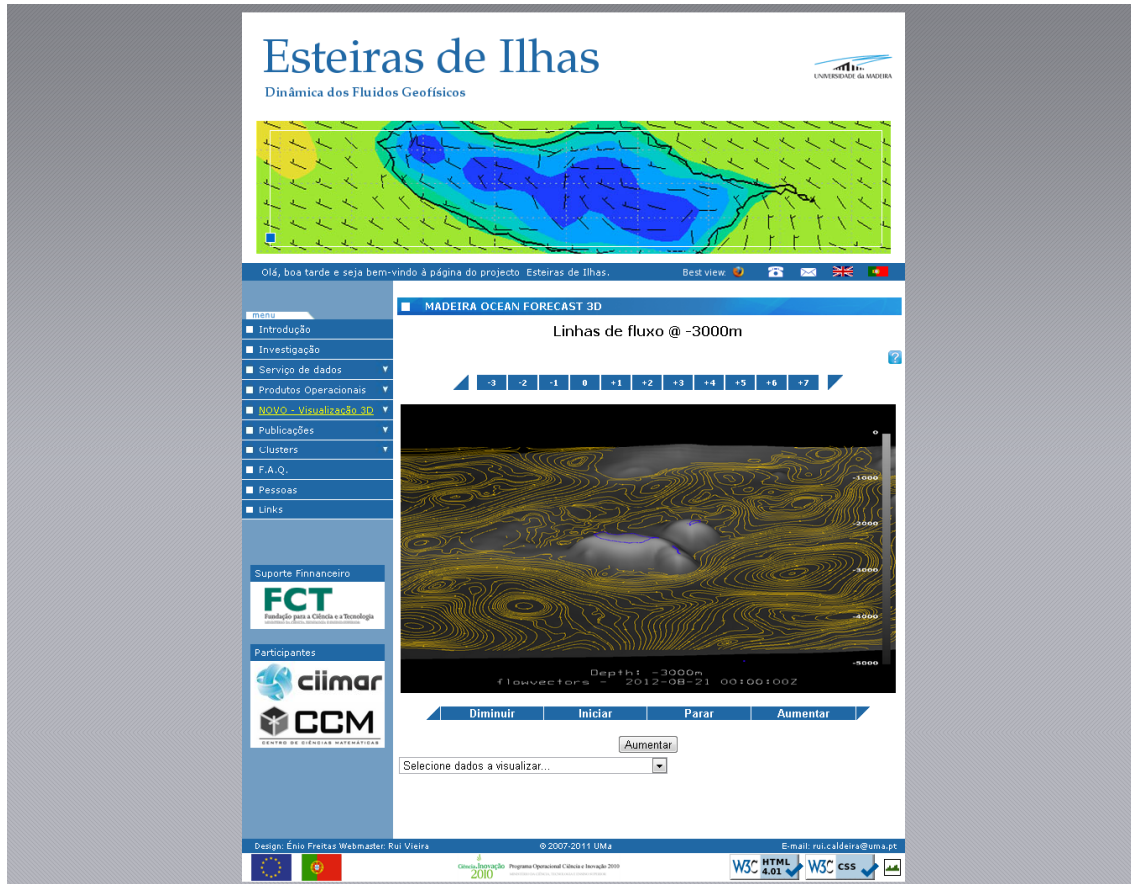


Figura V.4 - Página web (Oceano)

Esta página pode ser acedida através do endereço seguinte:

http://wakes.uma.pt/madeira_ocean_forecasts_3D.php

Relativamente à visualização ampliada, a mesma está presente na Figura V.5.

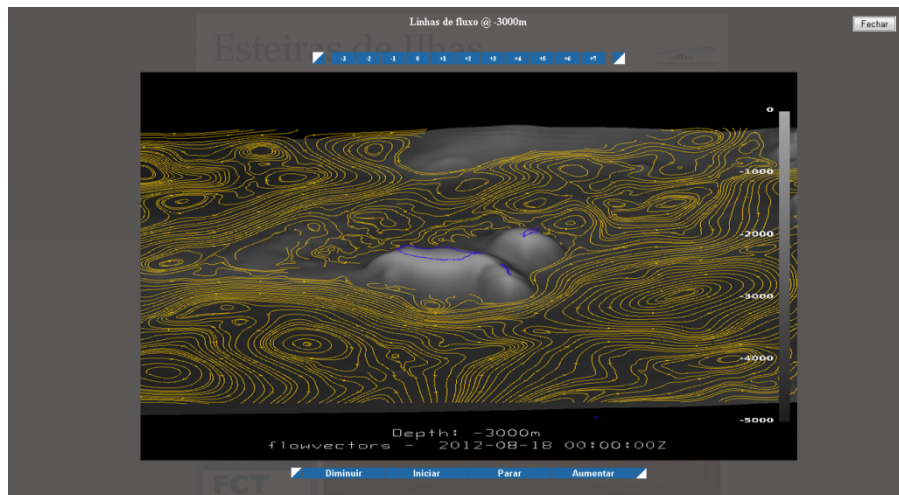


Figura V.5 - Visualização ampliada (Oceano)

Tal como na visualização atmosférica, foi implementado um menu de ajuda para a visualização oceanográfica, presente na Figura V.6, utilizando o sinal de interrogação, presente acima da linha temporal.

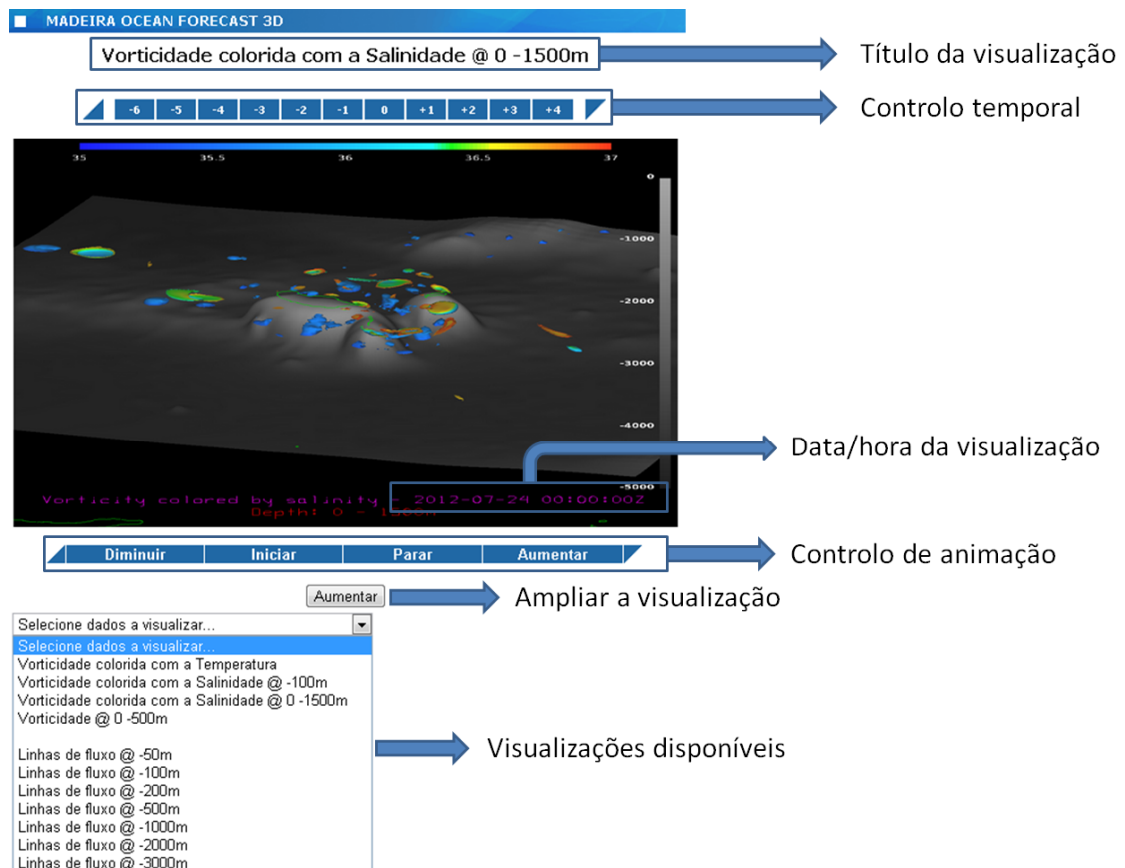


Figura V.6 - Menu de ajuda (oceano)

Depois de apresentadas as visualizações disponibilizadas na web, será apresentada na secção seguinte a discussão dos resultados obtidos.

V.4 Discussão

Da análise da visualização do estudo de caso atmosférico e oceânico (secções V.2 e V.3 respetivamente), é possível concluir que a visualização 3D de dados ambientais e respetiva disponibilização na web foi realizada com sucesso.

Os requisitos apresentados na secção IV.2 são novamente apresentados de forma a realizar a sua validação.

Requisitos Funcionais:

RF1 – O sistema deve suportar a geração de imagens de forma automática;

RF2 – A disponibilização das imagens na web deve ser feita de forma automática;

RF3 – A ferramenta escolhida para incorporar no sistema deve permitir a automatização recorrendo a *scripting*;

RF4 – O sistema deve permitir alterações às visualizações atuais;

RF5 – O sistema deve permitir adicionar novas visualizações, e;

RF6 – O sistema deve ser capaz de ser executado em ambiente Linux.

Os requisitos funcionais foram todos implementados, visto que o sistema está implementado em ambiente Linux, sendo capaz de gerar e disponibilizar na web as visualizações 3D de forma automática. O sistema também permite também alterações às visualizações, bastando para tal alterar o ficheiro com a informação sobre a visualização. A adição de novas visualizações também é possível, bastando adicionar ou modificar os ficheiros necessários. Relativamente à ferramenta escolhida, esta permite a automatização via *scripting*.

Requisitos Não Funcionais:

RNF1 – O sistema deve ser capaz de lidar com falhas no sistema de previsão;

RNF2 – A alteração das visualizações atuais deve ser realizada em menos de 5 minutos, e;

RNF3 – A adição de novas visualizações deve ser realizada em menos de 5 minutos.

Apesar de a validação deste tipo de requisitos ser mais difícil de realizar, foi verificado que o sistema permite a adição de novas visualizações. Para tal basta adicionar o novo ficheiro (previamente criado) com as personalizações pretendidas, adicionar o caminho desse ficheiro ao *script* de geração de imagens e por fim, copiar e modificar as variáveis necessárias nos ficheiros PHP. A verificação do tempo necessário para tal alteração não foi realizada, visto estar dependente dos conhecimentos do utilizador sobre o sistema em questão.

A possibilidade de automatizar a adição de novas visualizações (de forma a facilitar a gestão do website) poderia ser realizada via *scripting*. No entanto, seria necessário o utilizador digitar todas as designações necessárias numa linha de comandos, tal como teria de fazer nos ficheiros a serem modificados. A única vantagem associada a esta automatização é que o utilizador não necessita ter conhecimentos de programação. Como tal, optou-se por adicionar

as instruções nos próprios ficheiros, a indicar os passos necessários para adicionar novas visualizações, para que qualquer pessoa, com ou sem conhecimentos de programação, seja capaz de adicionar novas visualizações. As instruções estão também disponíveis no Anexo E – Procedimentos.

Relativamente às falhas do sistema de previsão nos ficheiros de dados, o sistema extrai as imagens possíveis de extrair e caso não consiga extrair o número total de imagens, a sua execução não é interrompida. Este requisito foi verificado quando um dos ficheiros de oceanografia apresentou menos dois dias de dados (por falhas no sistema de previsão) e, no entanto, todas as imagens restantes foram produzidas e disponibilizadas na página web.

A secção seguinte apresenta a conclusão sobre os Estudos de Caso presentes neste capítulo.

V.5 Conclusão

Neste capítulo foram apresentados os resultados da implementação do sistema de visualização 3D de dados ambientais e respetiva disponibilização na web, assim como a verificação dos requisitos.

Os requisitos funcionais e os requisitos não funcionais foram cumpridos, estando o sistema em funcionamento e a disponibilização na web também está funcional. Como tal, a implementação foi realizada com sucesso.

O capítulo seguinte apresenta as conclusões finais sobre a implementação deste sistema, assim como um conjunto de sugestões para a continuação do desenvolvimento do mesmo.

VI. Conclusões e perspectivas futuras

Este capítulo apresenta as conclusões finais deste trabalho além de apresentar também algumas sugestões para trabalhos futuros.

VI.1 Conclusões

De uma forma geral, todos os objetivos inicialmente definidos para este trabalho foram cumpridos. A visualização 3D de dados ambientais foi efetuada, estudaram-se algumas ferramentas que permitem a visualização 3D, e a disponibilização das visualizações na web, de forma automática, também foi efetuada. O cumprimento dos requisitos foi efetuado, apesar de ainda ser possível melhorar a implementação de alguns desses requisitos como a geração automática. A inclusão de novas variáveis ou visualizações a combinarem diferentes variáveis ou visualizações é vista como uma forma de aumentar o valor da página.

O problema proposto incidia sobre a visualização 3D de dados ambientais. Os seus principais objetivos incluíram o estudo das ferramentas disponíveis capazes de gerar visualizações 3D de dados ambientais, para disponibilizar na web e a implementação de um sistema (utilizando a ferramenta escolhida), capaz de gerar e disponibilizar as visualizações na web, de forma automática. Do estudo das ferramentas, concluiu-se que a melhor seria o IDV [18].

Os principais desafios encontrados ao longo deste trabalho foram: visualização da topografia em conjunto com as visualizações, optando-se por utilizar os dados presentes nos próprios ficheiros; o pré-processamento de dados, realizado atualmente na criação dos ficheiros de dados, dispensando novo processamento; suporte dos tipos de dados pela ferramenta, solucionado após instalação de um *plug-in*; utilização de coordenadas sigma nos dados atmosféricos, cuja conversão não foi possível, optando-se por melhorar as restantes visualizações possíveis; execução automática de todo o processo em *background*, optando-se por deixar a sessão apenas bloqueada (não terminada) para permitir a execução automática; e a questão das políticas de segurança na cópia das visualizações para o servidor, resolvida com a troca de chaves públicas entre os servidores.

Como principais contribuições deste trabalho, pode-se referir a implementação de um sistema inovador de disponibilização de visualizações 3D na web. A possibilidade de adaptação do sistema implementado, de forma a gerar imagens (sem disponibilização na web) para futuros estudos, também é tida como uma contribuição deste trabalho. Tal deve-se à possibilidade de submeter uma grande quantidade de dados e extrair as imagens desejadas, sempre de forma automática.

Na secção seguinte são apresentadas as perspectivas futuras para a continuação deste trabalho.

VI.2 Perspetivas futuras

De forma a dar continuidade a este trabalho, são dadas algumas sugestões capazes de tornar a interatividade mais interessante do ponto de vista do utilizador, assim como modificar a forma de geração automática das imagens.

As perspetivas futuras passam pela:

- Modificação da forma de geração das imagens, passando pela implementação de uma forma que não limite temporariamente o acesso físico ao computador;
- Criação de uma página web onde se possa observar casos interessantes do ponto de vista científico, em 3D, e;
- Adição às páginas atuais (ou criação de novas páginas) que permitam ao utilizador personalizar a visualização:
 - Visualização de outras variáveis disponíveis;
 - Rotação da visualização e *zoom*;
 - Escolha das formas de representação (linhas de fluxo, vetores, ISO, ...);
 - Personalização do esquema de cores, e;
 - Visualização de dados mais antigos.

Referências

- [1] Skotnes, H., Hartvigsen, G. e Johansen, D. (1994) "3D visualization of weather forecasts and topography". Relatório Técnico. Department of Computer Science, University of Tromsø, Noruega
- [2] "Esteiras de Ilhas - Previsão do Tempo," [Online]. Available: <http://wakes.uma.pt/pt/forecasts.php>. [Acedido em 23 Julho 2012].
- [3] "OpenDX The Open Source Software Project Based on IBM's Visualization Data Explorer," [Online]. Available: <http://www.opendx.org/about.html>. [Acedido em 28 Setembro 2011].
- [4] Blaz, R., Domingues, M.O., Mendes Jr, O. (2003). "INTRODUÇÃO À ENTRADA DE DADOS NO OPENDX: FORMATOS ".DX", ".GENERAL" E ".GRB"". Relatório Técnico. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE-9558-NTC/351.
- [5] "OpenDX," 4 Agosto 2007. [Online]. Available: <http://www.opendx.org/cgi-bin/forum/YaBB.pl?num=1176042404/10>. [Acedido em 29 Setembro 2011].
- [6] "OpenDX," 30 Janeiro 2006. [Online]. Available: <http://www.opendx.org/cgi-bin/forum/YaBB.pl?num=1138679996>. [Acedido em 3 Novembro 2011].
- [7] IBM, "IBM Visualization Data Explorer," Maio 1997. [Online]. Available: <http://opendx.informatics.jax.org/docs/pdf/programguide.pdf>. [Acedido em 28 Setembro 2011].
- [8] "OpenDX Forum," 4 Agosto 2007. [Online]. Available: <http://www.opendx.org/cgi-bin/forum/YaBB.pl?num=1176042404/10>. [Acedido em 12 Setembro 2011].
- [9] Johnson, S. e Edwards, J., "Vis5d+," [Online]. Available: <http://vis5d.sourceforge.net/>. [Acedido em 3 Outubro 2011].
- [10] "Cave5D README," Março 2001. [Online]. Available: <ftp://ftp.mcs.anl.gov/pub/People/mickelso/CAVE5D/README.pdf>. [Acedido em 3 Outubro 2011].
- [11] "Vis5D Documentation," [Online]. Available: <http://vis5d.sourceforge.net/doc/>. [Acedido em 4 Outubro 2011].
- [12] Hibbard, B., "Vis5d Scripting," 23 Março 1999. [Online]. Available: <http://www.ssec.wisc.edu/~billh/script52.html>. [Acedido em 3 Outubro 2011].
- [13] "Vapor - Welcome," NCAR, [Online]. Available: <http://www.vapor.ucar.edu/>. [Acedido em 18 Janeiro 2012].

- [14] "Vapor Documentation," NCAR, [Online]. Available: <http://www.vapor.ucar.edu/docs>. [Acedido em 5 Outubro 2011].
- [15] "VAPOR Downloads," NCAR, [Online]. Available: <https://www.vapor.ucar.edu/page/vapor-download#Example>. [Acedido em 6 Outubro 2011].
- [16] "Mayavi," [Online]. Available: <http://mayavi.sourceforge.net/>. [Acedido em 25 Novembro 2011].
- [17] "Mayavi Project," Enthought, [Online]. Available: <http://code.enthought.com/projects/mayavi/>. [Acedido em 26 Novembro 2011].
- [18] Ramachandran, P. e Varoquaux,G. "mlab: Python scripting for 3D plotting," [Online]. Available: <http://docs.enthought.com/mayavi/mayavi/mlab.html>. [Acedido em 26 Novembro 2011].
- [19] Ramachandran, P. e Varoquaux,G. "Using the Mayavi application," [Online]. Available: <http://docs.enthought.com/mayavi/mayavi/application.html>. [Acedido em 28 Novembro 2011].
- [20] "Integrated Data Viewer (IDV)," UCAR, [Online]. Available: <http://www.unidata.ucar.edu/software/idv/index.html>. [Acedido em 10 Fevereiro 2012].
- [21] "Unidata's Integrated Data Viewer," UCAR, [Online]. Available: <http://www.unidata.ucar.edu/software/idv/docs/userguide/frames.html>. [Acedido em 20 Fevereiro 2012].
- [22] "7.4.1 Plugins," UCAR, [Online]. Available: <http://www.unidata.ucar.edu/software/idv/docs/userguide/misc/Plugins.html>. [Acedido em 3 Março 2012].
- [23] "7.1 IDV Scripting," UCAR, [Online]. Available: <http://www.unidata.ucar.edu/software/idv/docs/userguide/isl/index.html>. [Acedido em 15 Março 2012].
- [24] "CIIMAR LAS," [Online]. Available: <http://cod.ciimar.up.pt/las/getUI.do>. [Acedido em 23 Julho 2012].
- [25] "RAIA - Observatorio Oceanográfico Da Marxe Ibérica," [Online]. Available: http://www.observatorioraia.org/mg-web-raia/visor/raia/html/visorRAIA.html?request_locale=gl. [Acedido em 23 Julho 2012].
- [26] "About the Weather Research & Forecasting Model," [Online]. Available: <http://www.wrf-model.org/index.php>. [Acedido em 10 Junho 2012].

- [27] "WAVEWATCH III® Model," [Online]. Available: <http://polar.ncep.noaa.gov/waves/wavewatch/>. [Acedido em 10 Junho 2012].
- [28] "The official SWAN Home Page," [Online]. Available: <http://www.swan.tudelft.nl/>. [Acedido em 10 Junho 2012].
- [29] "What is MOHID," [Online]. Available: http://www.mohid.com/what_is_mohid.htm. [Acedido em 10 Junho 2012].
- [30] "MM5 Modeling System Overview," [Online]. Available: <http://www.mmm.ucar.edu/mm5/overview.html>. [Acedido em 23 Julho 2012].
- [31] "ROMS_AGRIF," [Online]. Available: <http://www.romsagrif.org/>. [Acedido em 23 Julho 2012].
- [32] "What Is netCDF?," [Online]. Available: <http://www.unidata.ucar.edu/software/netcdf/docs/faq.html#whatisit>. [Acedido em 15 Fevereiro 2012].
- [33] "2 Components of a NetCDF Dataset," [Online]. Available: <http://www.unidata.ucar.edu/software/netcdf/docs/netcdf.html#Dataset-Components>. [Acedido em 23 Julho 2012].
- [34] "Appendix C File Format Specification," [Online]. Available: <http://www.unidata.ucar.edu/software/netcdf/docs/netcdf.html#File-Format>. [Acedido em 23 Julho 2012].
- [35] "4.4 Large File Support," [Online]. Available: <http://www.unidata.ucar.edu/software/netcdf/docs/netcdf.html#Large-File-Support>. [Acedido em 23 Julho 2012].
- [36] "What about Performance?," [Online]. Available: http://www.unidata.ucar.edu/software/netcdf/old_docs/really_old/guide_3.html#SEC7. [Acedido em 23 Julho 2012].
- [37] "MM5 Tutorial," [Online]. Available: <http://www.mmm.ucar.edu/mm5/documents/tutorial-v3-notes-pdf/intro.pdf>. [Acedido em 23 Julho 2012].
- [38] Skamarock, W. *et al.* (2001) "PROROTYPES FOR THE WRF (WEATHER RESEARCH AND FORECASTING MODEL)". NCAR. 18th Conference on Weather Analysis and Forecasting and the 14th Conference on Numerical Weather Prediction. Fort Lauderdale., Estados Unidos da América.
- [39] Zwiefelhofer, W. "Developments in Tercomputing". Proceedings of the Ninth ECMWF Workshop on the Use of High Performance Computing in Meteorology. World Scientific,

p.270. ISBN 981-02-4761-3

- [40] Michalakes, J. *et al.* (2004). "THE WEATHER RESEARCH AND FORECAST MODEL: SOFTWARE ARCHITECTURE AND PERFORMANCE". 11th ECMWF Workshop on The Use Of High Performance Computing in Meteorology. Shinfield Park, Reino Unido.
- [41] Kusaka, H. *et al.* (2005) "Comparison of the WRF and MM5 Models for Simulation of Heavy Rainfall along the Baiu Front". SOLA, Vol.1, p-197-200.
- [42] "Ncview: a netCDF visual browser," [Online]. Available: http://meteora.ucsd.edu/~pierce/ncview_home_page.html. [Acedido em 15 Novembro 2011].
- [43] "ncBrowse A Graphical netCDF File Browser," [Online]. Available: <http://www.epic.noaa.gov/java/ncBrowse/>. [Acedido em 15 Novembro 2012].
- [44] NCO, "die.net," [Online]. Available: <http://linux.die.net/man/1/ncks>. [Acedido em 10 Outubro 2011].
- [45] J. Leite, "4. Análise e Especificação de Requisitos," [Online]. Available: <http://www2.dem.inpe.br/ijar/EngSofAnalEspc.html>. [Acedido em 20 Agosto 2012].

ANEXOS

Anexo A – *Script* de pré-processamento dos dados

O seguinte *script* foi utilizado para realizar um pré-processamento dos dados, de forma a permitir a animação na ferramenta VAPOR.

```
#!/bin/bash

clear

cd Desktop/Dados-vapor/Control/d03

ls *.nc>files.txt

x=$(wc -l files.txt) # contar o número de linhas

y=$(echo $x | tr -d "files.txt") # retirar o files.txt do conteúdo

for ((i=1; i<=$y;i++))

do

    a=$(head -$i files.txt | tail -1)

    b=new_$a

    ncks          -h          -d          bottom_top,0,30          -v
Times,QVAPOR,SST,LANDMASK,XLAND,U,V,W,XLAT_V,XLONG_U,XLONG_V,CLAT,XLONG,PH,PH
B,HGT "$a" "$b" # ferramenta de corte – especificar variáveis que ficam

    echo "$i de $y"

done

rm files.txt

echo "Complete"
```

Anexo B – Ficheiro isl para imagens de meteorologia

O seguinte código corresponde ao ficheiro isl utilizado na geração das imagens de meteorologia.

```
<isl>

  <propertyname="folder" value="FOLDERNAME"/>

  <propertyname="dados" value="/media/DATA/MM53D/MMOUT_DOMAIN3.nc"/>
  <bundle file="/opt/IDV30u2/visualizacoes/streamlinesovertopo3.xidv">

    <setfilesdatasource=".*" file="{file}"/>

  </bundle>

  <pause/>

  <propertyname="variable1" value="streamlinesovertopo"/>

  <movie          file="//var/www/html/imagens3d/{folder}/{variable1}.gif"
  imagedir="/var/www/html/imagens3d/{folder}"
  imagetemplate="T%count%_3D_{variable1}_%time%.png"/>

  <pause/>

  <!-- _____PBL_HGT_____ -->

  <bundle file="/opt/IDV30u2/visualizacoes/pblhgt3.xidv">

    <setfilesdatasource=".*" file="{file}"/>

  </bundle>

  <pause/>

  <propertyname="variable2" value="pblhgt"/>

  <movie          file="//var/www/html/imagens3d/{folder}/{variable2}.gif"
  imagedir="/var/www/html/imagens3d/{folder}"
  imagetemplate="T%count%_3D_{variable2}_%time%.png"/>

  <pause/>

  <stop/>

</isl>
```

Anexo C – Ficheiro isl para as imagens de oceanografia

O seguinte código corresponde ao ficheiro isl utilizado na geração automática das imagens de meteorologia.

```
<isl>

  <propertyname="folder" value="FOLDERNAME.ocean"/>

  <propertyname="dados" value="/home/carlos/Desktop/Madeira_forecast_Zlev.nc"/>

  <!-- _____Flowvectors50_____ -->

  <bundle file="/home/carlos/Desktop/flowvectors50.xidv">

    <setfilesdatasource="*" file="{dados}"/>

  </bundle>

  <pause/>

  <propertyname="variable1" value="flowvectors50"/>

  <movie
    file="//home/carlos/Desktop/{folder}/{variable1}.gif"
    imagedir="/home/carlos/Desktop/{folder}" imagetemplate="{variable1}_%count%.png"/>

  <pause/>

  <!-- _____Flowvectors100_____ -->

  <bundle file="/home/carlos/Desktop/flowvectors100.xidv">

    <setfilesdatasource="*" file="{dados}"/>

  </bundle>

  <pause/>

  <propertyname="variable2" value="flowvectors100"/>

  <movie
    file="/home/carlos/Desktop/{folder}/{variable2}.gif"
    imagedir="/home/carlos/Desktop/{folder}" imagetemplate="{variable2}_%count%.png"/>

  <pause/>

  <!-- _____Flowvectors200_____ -->

  <bundle file="/home/carlos/Desktop/flowvectors200.xidv">

    <setfilesdatasource="*" file="{dados}"/>

  </bundle>

  <pause/>
```

```

<propertyname="variable3" value="flowvectors200"/>

<movie
          file="/home/carlos/Desktop/${folder}/${variable3}.gif"
imagedir="/home/carlos/Desktop/${folder}" imagetemplate="${variable3}_%count%.png"/>

<pause/>

<!-- _____Flowvectors500_____ -->

<bundle file="/home/carlos/Desktop/flowvectors500.xidv">
    <setfilesdatasource=".*" file="${dados}"/>
</bundle>

<pause/>

<propertyname="variable4" value="flowvectors500"/>

<movie
          file="/home/carlos/Desktop/${folder}/${variable4}.gif"
imagedir="/home/carlos/Desktop/${folder}" imagetemplate="${variable4}_%count%.png"/>

<pause/>

<!-- _____Flowvectors1000_____ -->

<bundle file="/home/carlos/Desktop/flowvectors1000.xidv">
    <setfilesdatasource=".*" file="${dados}"/>
</bundle>

<pause/>

<propertyname="variable5" value="flowvectors1000"/>

<movie
          file="/home/carlos/Desktop/${folder}/${variable5}.gif"
imagedir="/home/carlos/Desktop/${folder}" imagetemplate="${variable5}_%count%.png"/>

<pause/>

<!-- _____Flowvectors2000_____ -->

<bundle file="/home/carlos/Desktop/flowvectors2000.xidv">
    <setfilesdatasource=".*" file="${dados}"/>
</bundle>

<pause/>

<propertyname="variable6" value="flowvectors2000"/>

```

```

        <movie                file="/home/carlos/Desktop/${folder}/${variable6}.gif"
imagedir="/home/carlos/Desktop/${folder}" imagetemplate="${variable6}_%count%.png"/>

        <pause/>

        <!-- _____Flowvectors3000_____ -->

        <bundle file="/home/carlos/Desktop/flowvectors3000.xidv">
                <setfilesdatasource=".*" file="${dados}"/>

        </bundle>

        <pause/>

        <propertyname="variable7" value="flowvectors3000"/>

        <movie                file="/home/carlos/Desktop/${folder}/${variable7}.gif"
imagedir="/home/carlos/Desktop/${folder}" imagetemplate="${variable7}_%count%.png"/>

        <pause/>

        <!-- _____VorticidadeColoridoSalinidade_0_100_____ -->

        <bundle file="/home/carlos/Desktop/vorticidade_colorido_salinidade_0_100.xidv">
                <setfilesdatasource=".*" file="${dados}"/>

        </bundle>

        <pause/>

        <propertyname="variable8" value="vort_c_sal_0_100"/>

        <movie                file="/home/carlos/Desktop/${folder}/${variable8}.gif"
imagedir="/home/carlos/Desktop/${folder}" imagetemplate="${variable8}_%count%.png"/>

        <pause/>

        <!-- _____VorticidadeColoridoSalinidade_0_1500_____ -->

        <bundle file="/home/carlos/Desktop/vorticidade_colorido_salinidade_0_1500.xidv">
                <setfilesdatasource=".*" file="${dados}"/>

        </bundle>

        <pause/>

        <propertyname="variable9" value="vort_c_sal_0_1500"/>

```

```
<movie file="/home/carlos/Desktop/${folder}/${variable9}.gif"
imagedir="/home/carlos/Desktop/${folder}" imagetemplate="${variable9}_%count%.png"/>
<pause/>
```

```
<!-- _____VorticidadeColoridoTemperatura_____ -->
```

```
<bundle file="/home/carlos/Desktop/vorticidade_colorido_temperatura.xidv">
```

```
<setfilesdatasource=".*" file="${dados}"/>
```

```
</bundle>
```

```
<pause/>
```

```
<propertyname="variable10" value="vort_col_temp"/>
```

```
<movie file="/home/carlos/Desktop/${folder}/${variable10}.gif"
imagedir="/home/carlos/Desktop/${folder}" imagetemplate="${variable10}_%count%.png"/>
```

```
<pause/>
```

```
<!-- _____Vorticidade_0_500_____ -->
```

```
<bundle file="/home/wakes/Desktop/XIDV/vorticidade0_500.xidv">
```

```
<setfilesdatasource=".*" file="${dados}"/>
```

```
</bundle>
```

```
<pause/>
```

```
<propertyname="variable11" value="vort_0_500"/>
```

```
<movie file="/home/wakes/Desktop/${folder}/${variable11}.gif"
imagedir="/home/wakes/Desktop/${folder}" imagetemplate="${variable11}_%count%.png"/>
```

```
<pause/>
```

```
<stop/>
```

```
</isl>
```

Anexo D – *Script* de geração automática das imagens

O seguinte código é utilizado para realizar a verificação de novos dados, gerar as imagens 3D, criar os ficheiros de texto auxiliares (com a data das previsões), copiar os ficheiros para o servidor remoto, eliminar todos os ficheiros criados localmente e imagens com mais de dois dias, no servidor remoto.

```
#!/bin/bash

data=$(date +%Y%m%d)

if [ -f /media/DATA/MM53D/$data.nc.gz ]; then

    # Descompressão e renomeação do ficheiro de dados

    gzip -d /media/DATA/MM53D/$data.nc.gz

    mv /media/DATA/MM53D/$data.nc /media/DATA/MM53D/MMOUT_DOMAIN3.nc

    # Criação das pastas para armazenar as imagens

    mkdir /home/wakes/Desktop/$data

    mkdir /home/wakes/Desktop/$data.ocean

    # Criação dos ficheiros isl auxiliares

    cp /home/wakes/Desktop/isl3atmos.isl /home/wakes/Desktop/isl3atmos_new.isl

    mv /home/wakes/Desktop/isl3atmos_new.isl
/home/wakes/Desktop/isl3atmos_new.txt

    new_string="$data"

    sed -i "s/FOLDERNAME/$new_string/g" /home/wakes/Desktop/isl3atmos_new.txt

    mv /home/wakes/Desktop/isl3atmos_new.txt
/home/wakes/Desktop/isl3atmos_new.isl

    cp /home/wakes/Desktop/isl3ocean.isl /home/wakes/Desktop/isl3ocean_new.isl

    mv /home/wakes/Desktop/isl3ocean_new.isl
/home/wakes/Desktop/isl3ocean_new.txt

    sed -i "s/FOLDERNAME/$new_string/g" /home/wakes/Desktop/isl3ocean_new.txt

    mv /home/wakes/Desktop/isl3ocean_new.txt
/home/wakes/Desktop/isl3ocean_new.isl

    # Geração das imagens de meteorologia e respetivo ficheiro auxiliar

    export DISPLAY=:0 && /home/wakes/IDV_3.0u2/runIDV
/home/wakes/Desktop/isl3atmos_new.isl >> /dev/null 2>&1
```

```

echo $data > /home/wakes/Desktop/last3d.txt

# Geração das imagens de oceanografia e respetivo ficheiro auxiliar

export DISPLAY=:0 && /home/wakes/IDV_3.0u2/runIDV
/home/wakes/Desktop/isl3ocean_new.isl >> /dev/null 2>&1

echo $data > /home/wakes/Desktop/last3docean.txt

# Criação das pastas para as novas imagens no servidor remoto

ssh wakes@archipelago.uma.pt mkdir /var/www/html/imagens3d/imagens/$data

ssh wakes@archipelago.uma.pt mkdir
/var/www/html/imagens3d/imagens/$data.ocean

# Cópia das imagens (ficheiros .png) e ficheiros auxiliares para o servidor remoto

scp -r -S /usr/bin/ssh /home/wakes/Desktop/$data/*.png
wakes@archipelago.uma.pt:/var/www/html/imagens3d/imagens/$data >> /dev/null

scp -r -S /usr/bin/ssh /home/wakes/Desktop/$data.ocean/*.png
wakes@archipelago.uma.pt:/var/www/html/imagens3d/imagens/$data.ocean

scp -S /usr/bin/ssh /home/wakes/Desktop/last3d.txt
wakes@archipelago.uma.pt:/var/www/html/imagens3d

scp -S /usr/bin/ssh /home/wakes/Desktop/last3docean.txt
wakes@archipelago.uma.pt:/var/www/html/imagens3d

# Remoção de ficheiros antigos do servidor remoto

ssh wakes@archipelago.uma.pt find /var/www/html/imagens3d/imagens/* -type d -
mtime +2 -execrm -r {} \;

# Remoção dos ficheiros gerados, no servidor local

rm -r /home/wakes/Desktop/isl3atmos_new.isl

rm -r /home/wakes/Desktop/isl3ocean_new.isl

rm -r /home/wakes/Desktop/$data

rm -r /home/wakes/Desktop/$data.ocean

rm -r /home/wakes/Desktop/last3d.txt

rm -r /home/wakes/Desktop/last3docean.txt

fi

exit

```

Anexo E – Procedimientos

Este anexo serve como um manual para replicar todo o trabalho realizado.

Nota: Dado que as ferramentas podem receber atualizações, os endereços das páginas web podem ser alterados.

- Realizar o *download* da versão 3.0u2 do IDV:
 - Realizar o registo de utilizador em <http://www.unidata.ucar.edu>;
 - Efetuar login, e;
 - Fazer o *download* em http://www.unidata.ucar.edu/downloads/idv/3_0u2.

- Instalar e configurar o IDV para aceitar ficheiros de dados MM5
 - Executar o instalador obtido no passo anterior;
 - Instalar com as opções predefinidas;
 - Depois de instalado, iniciar o programa;
 - Em qualquer uma das janelas do programa: "Tools" -> "PluginManager" -> "DataSources" -> "MMOUT NetCDF Files" e instalar o *plug-in*;
 - Aceitar a sugestão para reiniciar o programa e reiniciar o mesmo, e;
 - Depois de reiniciar, o IDV já está preparado para ler ficheiros *netCDF* MM5.

- Extrair os ficheiros de configuração das visualizações
 - Importar o ficheiro de dados, utilizando o separador "Data Choosers";
 - Escolher as variáveis a representar no separador "Field Selector" e o tipo de "Displays" para cada variável e depois pressionar o botão "Create Display" (ou então depois de escolhida a variável, utilizar duplo-clique no tipo de *display* pretendido);
 - Realizar as personalizações pretendidas (*zoom*, rotação, alteração das cores de representação, legendas, ...);
 - Para guardar a visualização, "File" -> "Save as" -> IDV Bundles (*.xidv), e;
 - Guardar um ficheiro .xidv para cada visualização pretendida.

- Juntar os ficheiros .xidv utilizando um ficheiro .isl
 - Criar um ficheiro de texto com extensão .isl para cada tipo de imagens (um para oceanografia e outro para meteorologia), utilizando por exemplo a estrutura presente no Anexo B – Ficheiro isl para imagens de meteorologia e;
 - Para adicionar um novo ficheiro .xidv, utilizar a seguinte estrutura, como exemplo:

```
<bundle file="/caminho/para/ficheiro.xidv">
    <setfilesdatasource=".*" file="/<caminho>/ficheiro.nc"/>
</bundle>
<pause/>
<propertyname="variable1" value="nome_da_variável"/>
<movie file="/<caminho>/<para>/<gravar>/ficheiro.gif"
imagedir="/<caminho>/<para>/<pasta>/<imagens">imagetemplate="<nome_base>.png"/>
<pause/>
```

Nota: o IDV fornece um conjunto de opções que podem ser utilizadas no nome do ficheiro. Essas opções são delimitadas por %. Como exemplo pode-se considerar " %time% " para a data/hora dos dados a que corresponde a imagem, ou " %count% " para o número de ordem da imagem. Podem ser utilizadas várias destas opções no mesmo nome de imagem. Importa referir que deve ser utilizada sempre uma das opções, de forma a evitar a substituição das imagens.

- Testar o *script* para verificar se as imagens estão a ser geradas corretamente
 - Através da linha de comandos, executar:
bash /<caminho>/IDV3.0u2/runIDV -isfile /<caminho>/isfile.isl;
 - Poderão ser apresentados alguns erros referentes ao Java3D e ao OpenGL, mas normalmente o *script* é executado e as imagens são produzidas normalmente, e;
 - Em caso de erros relacionados com o Java3D e OpenGL, que impossibilitem a geração das imagens, recomenda-se a atualização do *software* da placa gráfica.

- Adicionar a geração automática ao crontab
 - A forma mais simples e flexível consiste na utilização de um ficheiro de extensão *.sh* semelhante ao que está presente no Anexo D – *Script* de geração automática das imagens;
 - Depois de alterado o ficheiro, basta adicionar a sua execução ao *crontab* do Linux, utilizando o comando "crontab -e" e adicionar a linha para executar o *script*. Por exemplo, executar todos os dias às 9 horas e 50 minutos: 50 9 * * *
bash /<caminho>/ficheiro.sh.

- A adição das novas visualizações às páginas deve ser feita nos seguintes locais dos ficheiros PHP:
 - Menu *drop-down*:

```
<select name="variavel" onChange="MM_jumpMenu('self',this,0)">
  <option>Selecione dados a visualizar...</option>
  <option value="forecasts3D.php?variavel=pblhgt">Altura da Camada Limite - PBL HGT</option>
  <option value="forecasts3D.php?variavel=streamlinesovertopo">Linhas de Fluxo Sobre a Topografia</option>
</select>
```

Adicionar um novo "option value", especificar qual a nova variável e qual a designação que deve aparecer.

- Título da imagem:

```
<? if($variavel == "pblhgt"): ?>
  Altura da Camada Limite
```

```
<? elseif ($variavel == "streamlinesovertopo"): ?>  
    Linhas de Fluxo sobre a topografia  
<? endif ?>
```

Adicionar um novo "*elseif*" com o nome da nova variável (o mesmo que foi escolhido no menu *drop-down*) e qual o título a apresentar.

Estes passos são semelhantes para ambos os ficheiros de visualização 3D (oceanografia e meteorologia).

Nota: A especificação dos nomes das variáveis, tanto nos ficheiros *isl* como nos ficheiros *php* deve ser feita com atenção, de forma a ficarem exatamente iguais, à exceção dos parâmetros variáveis (como data ou número de geração). As alterações devem ser efetuadas nos ficheiros para Português e para Inglês, de forma a manter a consistência com o resto do site.

