

Oceanografia Física

Exercício Prático de Modelagem Numérica

Parte I: Instalação, compilação e simulação de um caso-teste.

Ueslei Adriano Sutil
ueslei.sutil@inpe.br

Luciano Ponzi Pezzi
luciano.pezzi@inpe.br

June 25, 2020

Sumário

1	Introdução	1
2	Pré-instalação	1
2.1	Sistema operacional	1
2.2	Pasta do Exercício Prático	2
2.3	Bibliotecas auxiliares	2
3	Configurando o COAWST	6
3.1	Exportar ambientes no <i>.bashrc</i>	6
3.2	Compilar o Model Coupling Toolkit (MCT)	7
3.3	Configurar o compilador	8
3.4	Compilar o COAWST	9
3.5	Compilar o caso-teste Sandy	9
3.6	Simular o caso-teste Sandy	10
4	Visualizar a simulação do projeto Sandy	10

1 Introdução

O objetivo do exercício é ensinar, de forma simples e objetiva, a utilizar o sistema de modelagem numérica regional acoplada COAWST. Serão descritos como compilar, simular um caso teste e processar os dados simulados.



A instalação do COAWST não é trivial. O domínio dele está diretamente aplicado ao esforço realizado, portanto, dedicação e paciência são requisitos iniciais para ele

2 Pré-instalação

2.1 Sistema operacional

O exercício será baseado inteiramente no Linux, pois grande parte do processo será realizado via Terminal (similar ao prompt de comando do Windows).

Sugiro utilizar o Linux Ubuntu 19.10, não é a versão mais recente, porém é estável. Ele está disponível em <https://releases.ubuntu.com/19.10/>.



Procure-me, ainda essa semana, caso não possua Linux e não saiba como proceder com a instalação.

2.2 Pasta do Exercício Prático

Após a instalação do sistema operacional, baixe a pasta do treinamento do COAWST no *Github*. Instale o *Git* com o seguinte comando no Terminal.

```
1 sudo apt-get install git
```

Baixe o conteúdo do exercício através do *Git*.



Atenção: Substitua **user**, no comando abaixo, pelo usuário do seu computador.

```
1 cd /home/*user*/  
2 git clone https://github.com/uesleisutil/COAWST_training.git
```

Disponibilizei, para leitura, diversos artigos que tratam sobre modelagem numérica. Eles estão dentro da pasta *Bibliografia*. Nesta pasta também está o *Oficial COAWST User Manual.doc* e o manual que escrevi em Português para o COZWST (*Guia_COAWST_2ed.pdf*), porém este último voltado para a utilização do COAWST em um cluster com arquitetura paralela.

2.3 Bibliotecas auxiliares



Aparecerão mensagens no Terminal durante a instalação das bibliotecas. Sugiro que leia com atenção, pois é através delas que serão solucionados os erros que possam surgir.

Instale as bibliotecas que o COAWST utiliza dentro da pasta *COAWST_Training/Biblioteca*. Primeiro instale, através do comando *apt-get*, os seguintes programas:

```
1 cd /home/*user*/COAWST_training/Biblioteca  
2 sudo apt-get install gfortran  
3 sudo apt-get install g++  
4 sudo apt-get install make  
5 sudo apt-get install m4  
6 sudo apt-get install perl  
7 sudo apt-get install wget  
8 sudo apt-get install cmake  
9 sudo apt-get install csh  
10 sudo apt-get install libcurl4-openssl-dev libcurl4
```

Digite no Terminal as seguintes linhas para instalar o *OpenMPI*:

```

1 wget https://download.open-mpi.org/release/open-mpi/v4.0/openmpi-4.0.4.
  tar.gz
2 tar -xvzf openmpi-4.0.4.tar.gz
3 cd openmpi-4.0.4
4
5 export F77=gfortran
6 export FC=gfortran
7 export CC=gcc
8 export CXX=g++
9 export FFLAGS="-m64 -fdefault-integer-8"
10 export FCFLAGS="-m64 -fdefault-integer-8"
11 export CFLAGS=-m64
12 export CXXFLAGS=-m64
13
14 ./configure --prefix=/usr/local
15 make
16 sudo make install

```



Atenção: Substitua **user**, no comando abaixo, pelo usuário do seu computador.

Utilizando o editor de texto *Gedit*, abra o arquivo */home/*user*/.bashrc* e, nas linhas finais do arquivo, exporte os caminhos indicados abaixo:

```

1 cd /home/*user*
2 gedit .bashrc
3
4 export PATH=/usr/local/bin:$PATH
5 export LD_LIBRARY_PATH=/usr/local/lib:$LD_LIBRARY_PATH
6 export PATH=/usr/local/include:$PATH

```

Atualize a aba do terminal com as modificações realizadas no arquivo anterior:

```

1 source .bashrc

```

Instale o *szip*:

```

1 cd /home/*user*/COAWST_training/Biblioteca
2 wget https://support.hdfgroup.org/ftp/lib-external/szip/2.1.1/src/
  szip-2.1.1.tar.gz
3 tar -xvzf szip-2.1.1.tar.gz
4 cd szip-2.1.1
5
6 export F77=gfortran
7 export FC=gfortran
8 export CC=gcc
9 export CXX=g++
10 export FFLAGS="-m64 -fdefault-integer-8"
11 export FCFLAGS="-m64 -fdefault-integer-8"
12 export CFLAGS=-m64
13 export CXXFLAGS=-m64
14
15 ./configure --prefix=/usr/local
16 make
17 sudo make install

```

Instale o *zlib*:

```

1  cd ..
2  wget https://zlib.net/zlib-1.2.11.tar.gz
3  tar -xvzf zlib-1.2.11.tar.gz
4  cd zlib-1.2.11/
5
6  export F77=gfortran
7  export FC=gfortran
8  export CC=gcc
9  export CXX=g++
10 export FFLAGS="-m64 -fdefault-integer-8"
11 export FCFLAGS="-m64 -fdefault-integer-8"
12 export CFLAGS=-m64
13 export CXXFLAGS=-m64
14
15 ./configure --prefix=/usr/local
16 make
17 sudo make install

```

Instale o *Curl*:

```

1  cd ..
2  wget https://curl.haxx.se/download/curl-7.70.0.tar.gz
3  tar -xvzf curl-7.70.0.tar.gz
4  cd curl-7.70.0
5
6  export F77=gfortran
7  export FC=gfortran
8  export CC=gcc
9  export CXX=g++
10 export FFLAGS="-m64 -fdefault-integer-8"
11 export FCFLAGS="-m64 -fdefault-integer-8"
12 export CFLAGS=-m64
13 export CXXFLAGS=-m64
14
15 ./configure --enable-versioned-symbols --prefix=/usr/local
16 make
17 sudo make install
18
19 sudo cp /usr/lib/x86_64-linux-gnu/libcurl.so.4 /usr/local/lib/libcurl
    .so.4

```

Instale o *HDF5*:



Atenção para comando *make check*! Utilize-o para buscar possíveis erros na compilação.

```

1  cd ..
2  wget https://support.hdfgroup.org/ftp/HDF5/releases/hdf5-1.12/hdf5
    -1.12.0/src/hdf5-1.12.0.tar.gz
3  tar -xvzf hdf5-1.12.0.tar.gz
4  cd hdf5-1.12.0
5

```

```

6 export FC=gfortran
7 export CC=gcc
8 export CXX=g++
9 export LDFLAGS=-L/usr/local/lib
10 export CPPFLAGS=-I/usr/local/include
11
12 ./configure --enable-fortran=yes --with-zlib --with-szlib --enable-
    fortran2003=yes --enable-cxx=yes --with-szlib=/usr/local --with-zlib
    =/usr/local --enable-hl --enable-shared --prefix=/usr/local
13 make
14 make check
15 sudo make install

```

Instale o NetCDF-C:

```

1 cd ..
2 wget ftp://ftp.unidata.ucar.edu/pub/netcdf/netcdf-c-4.7.4.tar.gz
3 tar -xvzf netcdf-c-4.7.4.tar.gz
4 cd netcdf-c-4.7.4
5
6 export FC=gfortran
7 export CC=gcc
8 export CXX=g++
9 export LDFLAGS=-L/usr/local/lib
10 export CPPFLAGS=-I/usr/local/include
11
12 ./configure --prefix=/usr/local --with-zlib --with-szlib --enable-
    parallel --enable-netcdf4 --with-hdf5=/usr/local --enable-shared --
    enable-dap
13
14 make
15 make check
16 sudo make install

```

Instale o NetCDF-Fortran:

```

1 cd ..
2 wget ftp://ftp.unidata.ucar.edu/pub/netcdf/netcdf-fortran-4.5.3.tar.
    gz
3 tar -xvzf netcdf-fortran-4.5.3.tar.gz
4 cd netcdf-fortran-4.5.3
5
6 export FC=gfortran
7 export F77=gfortran
8 export CC=gcc
9 export CXX=g++
10 export LDFLAGS=-L/usr/local/lib
11 export CPPFLAGS=-I/usr/local/include
12 export LIBS='-lnetcdf -lhdf5 -lhdf5_hl -lz'
13
14 ./configure --prefix=/usr/local --enable-netcdf4 --with-hdf5=/usr/
    local --enable-shared --enable-dap
15
16 make
17 make check
18 sudo make install

```

Instale o LIBPNG:

```

1  cd ..
2  wget https://downloads.sourceforge.net/project/libpng/libpng16
   /1.6.37/libpng-1.6.37.tar.xz
3  tar -xJf libpng-1.6.37.tar.xz
4  cd libpng-1.6.37
5
6  export FC=gfortran
7  export F77=gfortran
8  export CC=gcc
9  export CXX=g++
10 export LDFLAGS=-L/usr/local/lib
11 export CPPFLAGS=-I/usr/local/include
12 export LIBS='-lz'
13
14 ./configure --with-zlib-prefix=/usr/local --prefix=/usr/local
15
16 make
17 make check
18 sudo make install

```

Instale o Jasper:

```

1  cd ..
2  wget http://www.ece.uvic.ca/~frodo/jasper/software/jasper-2.0.14.tar.
   gz
3  tar -xvzf jasper-2.0.14.tar.gz
4  cd jasper-2.0.14
5
6  cmake -DCMAKE_INSTALL_PREFIX=/usr/local -DCMAKE_BUILD_TYPE=Release -
   DALLOW_IN_SOURCE_BUILD=True -DCMAKE_SKIP_INSTALL_RPATH=YES -
   DJAS_ENABLE_DOC=NO -DCMAKE_INSTALL_DOCDIR=/usr/share/doc/jasper
   -2.0.14
7
8  make
9  sudo make install

```

Pronto! As bibliotecas estão instaladas!

3 Configurando o COAWST

3.1 Exportar ambientes no *.bashrc*

Agora vamos configurar o COAWST. É necessário abrir novamente o arquivo */home/*user*/.bashrc* e exportar as variáveis, conforme escrito abaixo:



Atenção: Substitua **user**, no comando abaixo, pelo usuário do seu computador.

```

1  export MCT_INCDIR=/home/*user*/COAWST_training/COAWST/Lib/MCT/include
2  export MCT_LIBDIR=/home/*user*/COAWST_training/COAWST/Lib/MCT/lib
3  export NETCDF_INCDIR=/usr/local/include

```

```

4 export NETCDF_LIBDIR=/usr/local/lib
5 export PATH=$PATH:/usr/local/bin
6 export NETCDF=/usr/local
7 export JASPERLIB=/usr/local/lib
8 export JASPERINC=/usr/local/include
9 export PHDF5=/usr/local
10 export LD_LIBRARY_PATH="/usr/local/lib:/usr/local/lib:${LD_LIBRARY_PATH}"
11 export INCLUDE="/usr/local/include:/usr/local/include:${INCLUDE}"

```

Atualize o Terminal com o seguinte comando:

```
1 source .bashrc
```

3.2 Compilar o Model Coupling Toolkit (MCT)

O MCT é um conjunto de ferramentas de software de código aberto para a criação de modelos numéricos acoplados. Para compilar, vá até o diretório `COAWST_training/COAWST/Lib/MCT` e digite:

```
1 ./configure
```

Procure a linha 7 e altere:

```
1 FC = mpif90
```

Para:

```
1 FC = gfortran
```

Procure a linha 10 e altere:

```
1 FCFLAGS =
```

Para:

```
1 FCFLAGS = -m64 -fdefault-integer-8
```

Procure a linha 26 e altere:

```
1 INCPATH =
```

Para:



Atenção: Substitua **user**, no comando abaixo, pelo usuário do seu computador.

```
1 INCPATH = -I/usr/local/include -I/home/*user*/COAWST_training/COAWST/
  Lib/MCT/mpeu
```

Procure a linha 29 e altere:

```
1 MPILIBS =
```

Para:

```
1 MPILIBS = /usr/local/lib
```

Procure a linha 43 e altere:

```
1 FPPFLAGS = -P -C -N -traditional
```

Para:

```
1 FPPFLAGS = -P -C -N -traditional -I/usr/local/include
```

Compile com os comandos a seguir:

```
1 make
2 sudo make install
```

Crie uma pasta chamada *mct* no diretório */usr/local* e Copie os arquivos que estão dentro das pastas */COAWST/Lib/MCT/include* e */COAWST/Lib/MCT/lib*:

```
1 sudo mkdir /usr/local/mct
2 sudo cp -r ./include ./lib /usr/local/mct
```

3.3 Configurar o compilador

Use o *gfortran* para compilar o COAWST. Entre na pasta */COAWST_Training/COAWST/Compilers* e abra, com o editor de texto, o arquivo *Linux-gfortran.mk*.

Procure as linhas 226 e 227 e substitua:

```
1 MCT_INCDIR ?= /usr/local/mct/include
2 MCT_LIBDIR ?= /usr/local/mct/lib
```

Para:



Atenção: Substitua **user**, no comando abaixo, pelo usuário do seu computador.

```
1 MCT_INCDIR ?= /home/*user*/COAWST_training/COAWST/Lib/MCT/include
2 MCT_LIBDIR ?= /home/*user*/COAWST_training/COAWST/Lib/MCT/lib
```


3.4 Compilar o COAWST

Para compilar o COAWST, vá até `/COAWST_training/COAWST`, abra o arquivo `coawst.bash`, procure pela linha 132 e modifique:

```
1 export MY_ROOT_DIR=/cygdrive/e/data/models/COAWST
```

Por:



Atenção: Substitua `*user*`, no comando abaixo, pelo usuário do seu computador.

```
1 export MY_ROOT_DIR=/home/*user*/COAWST_training/COAWST
```

Vá até a linha 460 e 461 altere:

```
1 #export SCRATCH_DIR=${MY_PROJECT_DIR}/Build
2 export SCRATCH_DIR=./Build
```

Para:

```
1 export SCRATCH_DIR=${MY_PROJECT_DIR}/Build
2 #export SCRATCH_DIR=./Build
```

3.5 Compilar o caso-teste Sandy

O COAWST possui diversos casos que podem ser utilizados como testes dentro da pasta `/COAWST_Training/COAWST/Projects`. Um destes é o Projeto Sandy, um curto experimento sobre o Furacão Sandy, que ocorreu no Atlântico Norte em 2012.

Para compilar o Projeto Sandy, procure a linha 124 do arquivo `coawst.bash` e altere:

```
1 export COAWST_APPLICATION=INLET_TEST
```

Por:

```
1 export COAWST_APPLICATION=Sandy
```

No mesmo arquivo, procure pelas linhas 456 e 457 e substitua:

```
1 export MY_HEADER_DIR=${MY_PROJECT_DIR}/Projects/Inlet_test/Coupled
2 export MY_ANALYTICAL_DIR=${MY_PROJECT_DIR}/Projects/Inlet_test/Coupled
```

Por:

```
1 export MY_HEADER_DIR=${MY_PROJECT_DIR}/Projects/Sandy
2 export MY_ANALYTICAL_DIR=${MY_PROJECT_DIR}/Projects/Sandy
```

Para compilar o experimento, digite:

```
1 ./coawst.bash
```

Selecione as opções 34 (*dmpar*, GNU (*gfortran/gcc*)) e 1 (*basic*) quando forem solicitadas.

Aguarde o final da compilação e verifique se o arquivo *coawstM* foi gerado no diretório raiz do modelo, em */COAWST_training/COAWST*.

3.6 Simular o caso-teste Sandy

Para simular o caso, o *mpirun* será utilizado para executar o *coawstM*. Copie o arquivo *coawstM* para a pasta *COAWST/Work/Sandy*:

```
1 cp coawstM ./Work/Sandy
```

Copie os arquivos do Projeto Sandy para a pasta *Work*.

```
1 cp ./Projects/Sandy/* ./Work/Sandy/
```

Vá até a o diretório *./Work/Sandy* e execute o comando a seguir para começar a simulação:

```
1 mpirun -np 2 ./coawstM ./coupling_sandy.in &> log.out &
```

Caso queira verificar o andamento da simulação, abra o arquivo *log.txt*.

4 Visualizar a simulação do projeto Sandy

Eu criei um script em Python para visualizar a simulação do projeto Sandy. Caso queira utilizá-lo, entre na pasta */COAWST_training/Figuras/Sandy* e abra o arquivo *horizontal_wrf_roms.py*.

Este script utiliza diversas bibliotecas do Python. Para instalar, basta digitar os seguintes comandos do Anaconda:

```
1 conda install -c anaconda basemap
2 conda install -c conda-forge basemap-data-hires
3 conda install -c anaconda netcdf4
4 conda install -c conda-forge wrf-python
5 conda install -c anaconda numpy
6 conda install -c anaconda pandas
7 conda install -c conda-forge progress
```

Caso queira criar um arquivo mp4 com as figuras geradas, instale o FFMPEG com o comando:

```
1 sudo apt-get install ffmpeg
```

Altere nas linhas 48 e 49 e modifique os diretórios do WRF e ROMS correspondentes aos da sua máquina.

Caso queira visualizar os vetores de correntes oceânicas em superfície, altere, na linha 54, o *plot_currents* para **True**.

Para não visualizar os vetores de vento em superfície, altere, na linha 55, o *plot_wind* para **False**.

Para não gerar um arquivo mp4 ao final do processamento, altere, na linha 56, o *create_video*, para **False**.

Execute o comando para iniciar o script:

```
1 ipython horizontal_wrf_roms.py
```

Digite **1** para gerar figuras com a Temperatura da Superfície do Mar ou **2** para os Fluxos de Calor Latente e Sensível.

Acompanhe a evolução do processamento e ao final, digite **1** caso queira deletar os arquivos gerados ou **2** para mantê-los.

O resultado será semelhante ao abaixo:

