



Ministério da  
**Ciência, Tecnologia  
e Inovação**



sid.inpe.br/mtc-m21b/2014/04.14.18.08-PUD

## INTRODUÇÃO AO CLIMATE DATA OPERATORS (CDO)

José Guilherme Martins dos Santos

URL do documento original:

<<http://urlib.net/8JMKD3MGP5W34M/3G5LFGP>>

INPE  
São José dos Campos  
2014

## **PUBLICADO POR:**

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

Gabinete do Diretor (GB)

Serviço de Informação e Documentação (SID)

Caixa Postal 515 - CEP 12.245-970

São José dos Campos - SP - Brasil

Tel.:(012) 3208-6923/6921

Fax: (012) 3208-6919

E-mail: pubtc@sid.inpe.br

## **CONSELHO DE EDITORAÇÃO E PRESERVAÇÃO DA PRODUÇÃO INTELLECTUAL DO INPE (RE/DIR-204):**

### **Presidente:**

Marciana Leite Ribeiro - Serviço de Informação e Documentação (SID)

### **Membros:**

Dr. Antonio Fernando Bertachini de Almeida Prado - Coordenação Engenharia e Tecnologia Espacial (ETE)

Dr<sup>a</sup> Inez Staciarini Batista - Coordenação Ciências Espaciais e Atmosféricas (CEA)

Dr. Gerald Jean Francis Banon - Coordenação Observação da Terra (OBT)

Dr. Germano de Souza Kienbaum - Centro de Tecnologias Especiais (CTE)

Dr. Manoel Alonso Gan - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPT)

Dr<sup>a</sup> Maria do Carmo de Andrade Nono - Conselho de Pós-Graduação

Dr. Plínio Carlos Alvalá - Centro de Ciência do Sistema Terrestre (CST)

### **BIBLIOTECA DIGITAL:**

Dr. Gerald Jean Francis Banon - Coordenação de Observação da Terra (OBT)

### **REVISÃO E NORMALIZAÇÃO DOCUMENTÁRIA:**

Marciana Leite Ribeiro - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Yolanda Ribeiro da Silva Souza - Serviço de Informação e Documentação (SID)

### **EDITORAÇÃO ELETRÔNICA:**

Maria Tereza Smith de Brito - Serviço de Informação e Documentação (SID)

André Luis Dias Fernandes - Serviço de Informação e Documentação (SID)



Ministério da  
**Ciência, Tecnologia  
e Inovação**



sid.inpe.br/mtc-m21b/2014/04.14.18.08-PUD

## INTRODUÇÃO AO CLIMATE DATA OPERATORS (CDO)

José Guilherme Martins dos Santos

URL do documento original:

<<http://urlib.net/8JMKD3MGP5W34M/3G5LFGP>>

INPE  
São José dos Campos  
2014



Esta obra foi licenciada sob uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial 3.0 Não Adaptada.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 3.0 Unported License.

## SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
<b>1 INTRODUÇÃO</b> . . . . .	<b>1</b>
1.1 Instalação da biblioteca NetCDF . . . . .	1
1.2 Instalação do CDO com suporte a NetCDF clássico . . . . .	3
1.3 Instalação do CDO via apt-get install sem suporte a NetCDF . . . . .	4
1.4 Instalação do CDO com suporte a NetCDF4 (HDF5) e GRIB2 . . . . .	4
1.4.1 Instalação da biblioteca zlib . . . . .	5
1.4.2 Instalação da biblioteca szip . . . . .	6
1.4.3 Instalação da biblioteca hdf5 . . . . .	6
1.4.4 Instalação da biblioteca jasper . . . . .	6
1.4.5 Instalação da biblioteca NetCDF4 . . . . .	6
1.4.6 Instalação da biblioteca grib . . . . .	7
1.4.7 Instalação do CDO . . . . .	7
<b>2 OPERADORES</b> . . . . .	<b>9</b>
2.1 Visualizar ajuda com o cdo . . . . .	9
2.2 Encadeamento de operadores . . . . .	9
2.3 Informações sobre o arquivo . . . . .	9
2.4 Manipulação de arquivos . . . . .	11
2.4.1 Operador Copy . . . . .	11
2.4.2 Operador merge . . . . .	12
2.4.3 Operador split . . . . .	12
2.4.4 Operador splityearmon . . . . .	12
2.4.5 Operadores de seleção . . . . .	13
2.4.5.1 Operador select . . . . .	13
2.4.5.2 Operador selname . . . . .	14
2.4.5.3 Operador sellevel . . . . .	14
2.4.5.4 Operadores selday, selmon e selyear . . . . .	14
2.4.5.5 Operador sellonlatbox . . . . .	14
2.5 Operadores de comparação . . . . .	15
2.6 Operadores de modificação de metadados e arquivos . . . . .	16
2.6.1 Operador settaxis . . . . .	16
2.6.2 Operador setcalendar . . . . .	16

2.6.3	Operador chname . . . . .	16
2.6.4	Operador inverlat . . . . .	17
2.6.5	Operador para valores ausentes ou indefinidos . . . . .	17
2.7	Operadores aritméticos . . . . .	17
2.7.1	Operadores matemáticos . . . . .	18
2.7.2	Operações com constantes . . . . .	18
2.7.3	Operações usando dois conjunto de dados . . . . .	19
2.8	Cálculos estatísticos . . . . .	19
2.8.1	Média de vários arquivos (ensemble) . . . . .	20
2.8.2	Campos bidimensionais . . . . .	20
2.8.3	Cálculo estatístico zonal . . . . .	21
2.8.4	Cálculo estatístico meridional . . . . .	21
2.8.5	Cálculo estatístico vertical . . . . .	22
2.8.6	Cálculo estatístico temporal . . . . .	22
2.8.7	Cálculo estatístico com média móvel . . . . .	23
2.8.8	Cálculo estatístico sobre todos os tempos . . . . .	23
2.8.9	Cálculo estatístico diário . . . . .	23
2.8.10	Cálculo estatístico mensal . . . . .	24
2.8.11	Cálculo estatístico anual . . . . .	24
2.8.12	Cálculo estatístico sazonal . . . . .	25
2.8.13	Valor estatístico mensal de vários anos . . . . .	26
2.8.14	Valor estatístico sazonal de vários anos . . . . .	26
2.9	Interpolação . . . . .	27
2.9.1	Operador remapbil . . . . .	27
2.10	Importação e exportação . . . . .	28
2.10.1	Importação de conjunto de dados binários . . . . .	28
2.10.2	Conversão de arquivo texto para NetCDF . . . . .	28
2.10.3	Extrair arquivos ASCII de NetCDF . . . . .	29
2.10.4	Correlação . . . . .	29
2.10.5	Correlação espacial . . . . .	29
2.10.6	Correlação temporal . . . . .	30
<b>3</b>	<b>MÓDULO PRÁTICO . . . . .</b>	<b>31</b>
3.1	Criando climatologia . . . . .	31
3.2	Criando anomalias . . . . .	31
3.3	Calculando a velocidade do vento . . . . .	31
3.3.1	Método 1 . . . . .	31
3.3.2	Método 2 . . . . .	32

3.3.3	Método 3 . . . . .	33
3.4	Anomalia climatológica zonal de altura geopotencial . . . . .	33
3.5	Criando máscara . . . . .	34
3.6	Mascarando regiões . . . . .	34
3.7	Alterando valores do arquivo NetCDF . . . . .	35
3.8	Extraindo apenas a série temporal de um ponto . . . . .	36
3.9	Extraindo a série temporal de um ponto com diversas informações . . . . .	36
3.10	Calculando “pentadas” . . . . .	37
3.11	Mascarando valores de velocidade e vetor do vento . . . . .	38
3.12	Alterando a coordenada vertical . . . . .	39
3.13	Preenchimento de dados ausentes . . . . .	41
<b>4</b>	<b>Links interessantes . . . . .</b>	<b>43</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS . . . . .</b>	<b>45</b>



## 1 INTRODUÇÃO

O Climate Data Operators (CDO) representa um conjunto de comandos estatísticos e aritméticos úteis para processar dados meteorológicos no formato GRIB e NetCDF. A facilidade em usar essa ferramenta está no fato de que os comandos são executados diretamente no terminal do Linux. O usuário, posteriormente pode escrever um script utilizando a linguagem mais apropriada para automatizar suas tarefas utilizando o CDO.

Algumas das características do CDO são:

- Existem mais de 400 operadores que podem ser empregados para manipulação de arquivos;
- Interface amigável para usuários Linux;
- Os dados podem ser processados por mais de um operador;
- Suporte a diferentes tipos de grades;
- Testado em sistemas UNIX/Linux, Cygwin e MacOS;
- Lista de discussão ativa.

**IPC: Para usar o CDO com suporte aos arquivos que apresentam a extensão .nc ou NetCDF é recomendável a instalação da biblioteca NetCDF. Os passos a seguir mostrarão como instalar essa biblioteca.**

**Caso não seja instalada a biblioteca NetCDF o CDO terá suporte apenas a dados no formato grib (grb).**

### 1.1 Instalação da biblioteca NetCDF

**A biblioteca NetCDF e o CDO foram instalados no Linux Ubuntu 32 bits.**

A biblioteca NetCDF a ser instalada será a versão 4.3.3.1 sem suporte a NetCDF4 (HDF5) e GRIB2.

Para fazer o download do arquivo, acesse o endereço eletrônico <http://www.unidata.ucar.edu/downloads/netcdf/index.jsp> e vá em *NetCDF-C Releases*, e faça o download da versão mais recente, neste tutorial é utilizada

a versão 4.3.3.1 (Figura 1.1). Ao clicar em *The Latest Stable netCDF-C Release, tar.gz form* (*The netCDF-C 4.3.3.1 release is the latest stable release, netcdf-4.3.3.1.tar.gz.*) o arquivo será salvo no diretório Downloads do seu Linux.

## NetCDF Downloads

NetCDF (network Common Data Form) is a set of software libraries and machine-independent data formats that support the creation, access, and sharing of array-oriented scientific data. Distributions are provided for Java and C/C++/Fortran. See the [netCDF web site](#) and the FAQ answer to [How do I get the netCDF software package?](#) for more information.

### NetCDF-Java Stable Releases/releases

Downloads of stable releases of netCDF-Java.

#### The netCDF-Java library, version 4.

The NetCDF-Java Library is a Java interface to "Common Data Model" files, using the netCDF API.

#### The netCDF-Java library, version 2.2.

Older, more limited version of the NetCDF-Java Library.

### NetCDF-C Releases

Downloads of stable and beta releases of the netCDF C Library.

#### The Latest Stable netCDF-C Release, tar.gz form

The netCDF-C 4.3.3.1 release is the latest stable release, netcdf-4.3.3.1.tar.gz.

#### The Latest Stable netCDF-C Release, .zip form

The netCDF-C 4.3.3.1 release is the latest stable release, netcdf-4.3.3.1.zip.

#### Pre-built Windows Binaries for the latest version of NetCDF-C

We currently provide binary distributions for Windows, only. More information can be found at the link above.

#### All netCDF-C library and utilities source code releases.

All current and historic releases of the netCDF C library source code, including pre-release code.

#### The netCDF-C development source repository

The GitHub repository for the netCDF C source code. Unless you are interested in working with the development version of netCDF-C, you will want to use one of the releases linked above. If you choose work with the development branch, you will need to generate the 'configure' script using 'autoreconf -i'.

Figura 1.1 - Download da biblioteca NetCDF.

Para descompactar o arquivo **netcdf-4.3.3.1.tar.gz**, digite:

```
tar -zxvf netcdf-4.3.3.1.tar.gz
```

Será criado o diretório **netcdf-4.3.3.1**. Entre nesse diretório e digite o comando abaixo. Esse procedimento irá instalar as bibliotecas em **/usr/local/lib** e os executáveis em **/usr/local/bin** que é a instalação padrão.

**Não copie e cole os comandos no seu terminal Linux porque isso vai gerar erro. Digite os comandos.**

```
sudo ./configure --disable-netcdf-4
```

Caso apareça o erro abaixo após digitar o comando acima:

```
configure: error: Cannot find m4 utility. Install m4 and try again.
```

Digite o comando abaixo para instalar o m4:

```
sudo apt-get install m4
```

E depois:

```
sudo make && sudo make install
```

Aparecerá uma mensagem dizendo que o NetCDF foi instalado corretamente.

Digite no seu terminal Linux o comando **ncdump**, caso apareça o erro abaixo, proceda da seguinte forma:

```
gui@zeus: /Downloads/netcdf-4.2.1.1$ ncdump ncdump: error while loading shared libraries: libnetcdf.so.7: cannot open shared object file: No such file or directory
```

Vá para o diretório **HOME** e adicione a linha abaixo no seu **.bashrc**. Para ver esse arquivo, digite **ls -a**, a opção **-a** é para visualizar arquivos ocultos do sistema no diretório corrente.

```
export LD_LIBRARY_PATH=/usr/local/lib:/usr/lib:/lib
```

Não esqueça de atualizar o seu **.bashrc** digitando no seu **HOME**:

```
source .bashrc
```

Em seguida, digite novamente **ncdump**. Se o erro desapareceu significa que o NetCDF foi instalado corretamente.

Dessa forma, a futura instalação do CDO terá suporte para dados NetCDF. Caso o usuário não faça isso, o CDO terá apenas suporte a dados GRIB1.

## **1.2 Instalação do CDO com suporte a NetCDF clássico**

Para instalar o CDO com suporte a biblioteca NetCDF instalada no passo anterior, acesse o site:

<https://code.zmaw.de/projects/cdo/files>

e faça o download da última versão. Há versões para Windows e Linux.

E para quem deseja compilar o código (recomendável) usando o Ubuntu, realizar o

download no site acima da última versão do CDO. Este material utiliza a versão 1.6.8.

Ao clicar no arquivo **cdo-1.6.8.tar.gz**, ele será salvo no diretório Downloads. Vá para esse diretório e descompacte esse arquivo usando o comando

```
tar -zxvf cdo-1.6.8.tar.gz
```

Será criado o diretório **cdo-1.6.8**. Entre nesse diretório, e digite:

```
sudo ./configure --with-netcdf=/usr/local
```

E depois:

```
sudo make && sudo make install
```

Essa opção por padrão instalará o executável do CDO em: **/usr/local/bin**

Com esses passos, o CDO terá suporte a dados NetCDF e GRIB.

### **1.3 Instalação do CDO via apt-get install sem suporte a NetCDF**

Para usuários Ubuntu, basta digitar no seu terminal:

```
sudo apt-get install cdo
```

Será solicitada sua senha, apenas digite-a.

Lembrando que a versão instalada por esse processo não é a versão mais nova do CDO, porém serve para processar seus dados apenas no formato GRIB.

Outra possibilidade de instalação do CDO com suporte a dados NetCDF4 (HDF5) e GRIB2 é apresentada abaixo. Essa instalação é opcional.

### **1.4 Instalação do CDO com suporte a NetCDF4 (HDF5) e GRIB2**

*IPC: Essa instalação é opcional, caso o usuário apenas utilize NetCDF clássico e GRIB1 não há necessidade de instalar essas bibliotecas. Utilize apenas o passo 1.2.*

Algumas fontes de dados meteorológicos estão disponibilizando dados no formato NetCDF4 (HDF5) ou GRIB2 e o CDO tem suporte para essas extensões. Os procedimentos a seguir mostrarão como instalar as bibliotecas necessárias para que o CDO seja capaz de processar os dados com essas extensões.

Por padrão, todas as bibliotecas instaladas ficarão em: `/usr/local/lib` e os executáveis em `/usr/local/bin`.

Download das bibliotecas a serem instaladas. Utilize sempre a versão mais recente:

- CDO: <https://code.zmaw.de/projects/cdo/files>
- NETCDF: <http://www.unidata.ucar.edu/downloads/netcdf/index.jsp>
- GRIB: <https://software.ecmwf.int/wiki/display/GRIB/Releases>
- JASPER: <http://www.ece.uvic.ca/~frodo/jasper/#download>
- HDF5: <ftp://ftp.unidata.ucar.edu/pub/netcdf/netcdf-4>
- SZIP: <ftp://ftp.unidata.ucar.edu/pub/netcdf/netcdf-4>
- ZLIB: <ftp://ftp.unidata.ucar.edu/pub/netcdf/netcdf-4>

Ao realizar o download dos arquivos acima, descompacte-os.

```
gunzip jasper-1.900.1.zip
tar -zxvf netcdf-4.3.3.1.tar.gz
tar -zxvf hdf5-1.8.13.tar.gz
tar -zxvf szip-2.1.tar.gz
tar -zxvf zlib-1.2.8.tar.gz
tar -zxvf grib_api-1.13.0.tar.gz
tar -zxvf cdo-1.6.8.tar.gz
```

Ou clique com o botão direito do mouse sobre o arquivo e selecione a opção *Extrair aqui*.

**IPC: NÃO COPIE E COLE OS COMANDOS ABAIXO, APENAS DIGITE-OS NO TERMINAL LINUX.**

#### 1.4.1 Instalação da biblioteca zlib

Entre no diretório `zlib-1.2.8` e digite no terminal do Linux:

```
sudo ./configure --prefix=/usr/local
```

E depois,

```
sudo make && sudo make install
```

### 1.4.2 Instalação da biblioteca szip

Entre no diretório szip-2.1 e digite no terminal do Linux:

```
sudo ./configure --prefix=/usr/local
```

E depois,

```
sudo make && sudo make install
```

### 1.4.3 Instalação da biblioteca hdf5

Entre no diretório hdf5-1.8.13 e digite no terminal do Linux:

```
sudo ./configure --with-zlib=/usr/local --with-szlib=/usr/local  
--prefix=/usr/local --enable-shared --enable-fortran --enable-cxx
```

E depois,

```
sudo make && sudo make install
```

### 1.4.4 Instalação da biblioteca jasper

Entre no diretório jasper-1.900.1 e digite no terminal do Linux:

```
sudo ./configure --prefix=/usr/local
```

E depois,

```
sudo make && sudo make install
```

### 1.4.5 Instalação da biblioteca NetCDF4

Entre no diretório netcdf-4.3.3.1 e digite as linhas abaixo no terminal do Linux:

```
export CPPFLAGS=-I/usr/local/include  
export LDFLAGS=-L/usr/local/lib  
export LD_LIBRARY_PATH=/usr/local/lib:$LD_LIBRARY_PATH
```

```
sudo ./configure --enable-netcdf4 --enable-shared  
--prefix=/usr/local
```

E depois,

```
sudo make && sudo make install
```

#### 1.4.6 Instalação da biblioteca grib

Entre no diretório grib\_api-1.13.0 e digite no terminal do Linux:

```
sudo ./configure --prefix=/usr/local --with-netcdf=/usr/local  
--with-jasper=/usr/local
```

E depois,

```
sudo make && sudo make install
```

#### 1.4.7 Instalação do CDO

Entre no diretório cdo-1.6.8 e digite no terminal do Linux:

```
sudo ./configure --with-netcdf=/usr/local --with-  
jasper=/usr/local --with-hdf5=/usr/local --with-grib_api=/usr/local  
--prefix=/usr/local
```

E depois,

```
sudo make && sudo make install
```

Assim que acabar a instalação, digite no terminal Linux **cdo -V**, deverá aparecer as seguintes informações:

```
gui@curupira: /Downloads$ cdo -V  
Climate Data Operators version 1.6.8 (http://mpimet.mpg.de/cdo)  
Compiled: by gui on curupira (i686-pc-linux-gnu) Mar 27 2015 14:32:25  
Compiler: gcc -std=gnu99 -g -O2 -fopenmp  
version: gcc (Ubuntu/Linaro 4.8.1-10ubuntu9) 4.8.1  
Features: PTHREADS OpenMP NC4/HDF5 Z JASPER  
Libraries:  
Filetypes: srv ext ieg grb grb2 nc nc2 nc4 nc4c => CDO com NetCDF4 e GRIB2  
CDI library version : 1.6.8 of Mar 27 2015 14:31:22  
CGRIBEX library version : 1.7.1 of Mar 4 2015 13:33:34  
GRIB_API library version : 1.13.0  
netCDF library version : 4.3.3.1 of Mar 27 2015 13:58:42 $  
HDF5 library version : 1.8.13
```

SERVICE library version : 1.3.2 of Mar 27 2015 14:31:03

EXTRA library version : 1.3.2 of Mar 27 2015 14:30:56

IEG library version : 1.3.3 of Mar 27 2015 14:31:00

FILE library version : 1.8.2 of Mar 27 2015 14:30:56

Com todos esses passos, o CDO terá suporte a NetCDF4 (HDF5) e GRIB2. Como saber o formato do arquivo? Digite no terminal Linux o comando **cdo showformat nome\_do\_arquivo.nc**. O resultado será o tipo de arquivo, isto é, dependerá da extensão a ser utilizada.

A seguir, serão apresentados tópicos sobre a utilização dos operadores. Foram selecionados alguns operadores que considerei mais importantes. Para informações adicionais, por favor, leia o manual do CDO.

## 2 OPERADORES

Convenção utilizada neste tutorial:

**if.nc** representa o dado de entrada e **of.nc** é o arquivo de saída.

### 2.1 Visualizar ajuda com o cdo

Quando necessário o usuário pode digitar o comando `--help` ou `-h` para obter informações sobre algum operador.

Por exemplo:

```
cdo --help fillmiss
```

ou

```
cdo -h fillmiss
```

### 2.2 Encadeamento de operadores

Entende-se por encadeamento de operadores a utilização de vários operadores ao mesmo tempo. Isso reduz o espaço em disco e agiliza o processamento dos dados. Para utilizar essa funcionalidade deve-se utilizar o símbolo “-” antes de cada operador que somente funciona quando o operador tem um número fixo de entrada e saída.

Por exemplo:

```
cdo -selmon,1 -sellevel,1000 -sellonlatbox,-100,-20,-60,20 if.nc of.nc
```

O uso do encadeamento somente foi possível com o uso do símbolo “-”. Os comandos são executados sempre da direita para a esquerda. Nesse caso o primeiro operador realizar um recorte do dado no domínio selecionado, em seguida seleciona o nível vertical de 1000 e por fim, seleciona o mês 1, ou seja, janeiro.

### 2.3 Informações sobre o arquivo

Como exemplo, será utilizado o arquivo mensal de precipitação do GPCP para o ano de 2012 que está disponível em <https://db.tt/kLK41eKI>. O arquivo desse link se chama `gpcp.2012.nc`. Outro arquivo utilizado é o de temperatura do ar em vários níveis verticais do NCEP que está disponível em <https://db.tt/5DHR3foP>.

Os operadores podem ser utilizados com arquivos NetCDF ou GRIB, além de outros

formatos (o link para o manual do CDO encontra-se no final deste tutorial).

- **infor:** informações sobre o conjunto de dados listado pelo nome da variável.

**Exemplo:** cdo infor gpcp.2012.nc

- **sinfor:** informações sobre o conjunto de dados, porém de forma reduzida.

**Exemplo:** cdo sinfor gpcp.2012.nc

- **pardes:** descrição das variáveis do arquivo

**Exemplo:** cdo pardes gpcp.2012.nc

- **nlevel:** número de níveis verticais

**Exemplo:** cdo nlevel temp.ar.2010.nc

- **nyear:** número de anos

**Exemplo:** cdo nyear gpcp.2012.nc

- **nmon:** número de meses

**Exemplo:** cdo nmon gpcp.2012.nc

- **ndate:** número de dias

**Exemplo:** cdo ndate gpcp.2012.nc

- **ntime:** número de *timestep*

**Exemplo:** cdo ntime gpcp.2012.nc

- **showformat:** mostra o formato do dado

**Exemplo:** cdo showformat temp.ar.2010.nc

- **showname:** mostra o nome da variável

**Exemplo:** cdo showname gpcp.2012.nc

- **showlevel:** mostra os níveis verticais

**Exemplo:** cdo showlevel temp.ar.2010.nc

- **showyear:** mostra os anos

**Exemplo:** cdo showyear gpcp.2012.nc

- **griddes:** mostra informações sobre o domínio

**Exemplo:** `cdo griddes gpcp.2012.nc`

- **zaxisdes:** mostra informações sobre a coordenada vertical

**Exemplo:** `cdo zaxisdes temp.ar.2010.nc`

Há outros comandos para obter informações sobre os arquivos. Não deixe de acessar o tutorial do CDO disponível no final deste material.

## 2.4 Manipulação de arquivos

### 2.4.1 Operador Copy

Muda a extensão ou duplica arquivos arquivos. Os arquivos devem possuir iguais em termos de dimensões.

**Exemplo:** Transformar de NetCDF para grib:

```
cdo -f grb copy gpcp.2012.nc gpcp.2012.grb
```

Em que: **gpcp.2012.nc** pode ser qualquer arquivo NetCDF e **gpcp.2012.grb** é o nome que o usuário escolhe para o arquivo de saída. O arquivo NetCDF não será apagado e nem alterado, apenas será criado um novo arquivo no formato grb.

**-f grb:** converte para grib

Para converter em NetCDF:

```
cdo -f nc copy if.grb of.nc
```

**Exemplo** - Juntar arquivos com diferentes tempos: Supondo que você tenha vários arquivos de uma mesma variável, por exemplo, temperatura em três arquivos com as mesmas dimensões, porém com número de tempos distintos. O arquivo1 apresenta 10 tempos, o arquivo2 20 tempos e o arquivo3 5 tempos, para juntar todos em um único arquivo basta fazer:

```
cdo copy y1980.nc y1981.nc y1982.nc temp.1980.1982.nc
```

y1980.nc y1981.nc y1982.nc: são os seus arquivos

temp.1980.1982.nc: arquivo que será gerado

**IPC:** Caso já exista um arquivo e você deseja aumentar o número de tempos, utilize o operador `cat`.

Exemplo: `cdo cat if1.nc if2.nc if3.nc of.nc`

### 2.4.2 Operador `merge`

Junta arquivos com diferentes variáveis. Lembrando que os arquivos devem possuir as mesmas dimensões.

**Exemplo:** Juntar os arquivos de temperatura e altura geopotencial.

Exemplo: `cdo merge tar.nc alt.geo.nc tar.alt.geo.nc`

`tar.nc` e `alt.geo.nc` são os arquivos de entrada e `tar.alt.geo.nc` é o arquivo de saída que conterá as duas variáveis.

### 2.4.3 Operador `split`

Separa o arquivo em horas, em dias, em meses ou em anos, isso dependerá do operador a ser empregado.

**Operador:** `splitlevel`, `splithour`, `splitday`, `splitmon`, `splitseas` e `splityear`

**Exemplo:** Separar o arquivo em meses:

`cdo splitmon tar.nc mes.`

Onde: `mes.` representa um prefixo qualquer e `tar.nc` é o arquivo de entrada.

Com isso, serão criados 12 arquivos do tipo: `mes.01.nc`, `mes.02.nc`, ..., `mes.12.nc`. Por exemplo, o arquivo `mes.01.nc` contém todos os janeiros do seu arquivo, o mesmo raciocínio é válido para os demais arquivos.

### 2.4.4 Operador `splityearmon`

Separa o arquivo em anos e meses. Faça o download do arquivo que está disponível em <https://db.tt/nEPxD9Uh>. O arquivo tem o nome de `gpcp.as.2000.2001.nc`, é um dado de precipitação sobre a América do Sul para os anos de 2000 e 2001.

**Exemplo:** `cdo splityearmon gpcp.as.2000.2001.nc prec.`

Em que `prec.` é um apenas um prefixo escolhido pelo usuário, ele servirá para nomear

os arquivos que serão gerados.

Serão gerados vários arquivos com os seguintes nomes:

prec.200001.nc, prec.200002.nc, prec.200003.nc, prec.200004.nc, prec.200005.nc,  
prec.200006.nc, prec.200007.nc, prec.200008.nc, prec.200009.nc, prec.200010.nc,  
prec.200011.nc, prec.200012.nc, prec.200101.nc, prec.200102.nc, prec.200103.nc,  
prec.200104.nc, prec.200105.nc, prec.200106.nc, prec.200107.nc, prec.200108.nc,  
prec.200109.nc, prec.200110.nc, prec.200111.nc e prec.200112.nc

Observe que são dois anos (2000 e 2001) separados por meses (01, 02, 03, ..., 12).

## 2.4.5 Operadores de seleção

### 2.4.5.1 Operador select

Seleciona campos do arquivo de entrada. Faça o download do arquivo que está disponível em <https://db.tt/6wBZn6ji>. O arquivo possui o nome de `ur.tar.as.2008.2010.nc`. Nesse arquivo há duas variáveis, isto é, umidade relativa (`rhum`) e temperatura do ar (`air`) em vários níveis verticais para os anos de 2008 a 2010.

Será selecionada apenas a variável `air` para o nível de 1000hpa para os meses de junho (6), julho (7) e agosto (8).

Exemplo: `cdo select,name=air,level=1000,month=6,7,8 ur.tar.as.2008.2010.nc air.1000hpa.jja.nc`

Será gerado o arquivo `air.1000hpa.jja.nc` com todos os meses 6,7,8 para 2008, 6,7,8 para 2009 e 6,7,8 para 2010 apenas para o nível de 1000hpa.

Em vez de utilizar 6,7,8 há possibilidade de utilizar a “/” para expandir os números, por exemplo, 6/7 é o mesmo que 6,7,8. Outro exemplo, 2/6 é o mesmo que 2,3,4,5,6,7,8.

Os campos que podem ser selecionados com este operador são: `name` (string), `param` (string), `code` (integer ou inteiro), `ltype` (integer ou inteiro), `levidx` (integer ou inteiro), `level` (float ou real), `minute` (integer ou inteiro), `hour` (integer ou inteiro), `day` (integer ou inteiro), `month` (integer ou inteiro), `year` (integer ou inteiro), `timestep`, (integer ou inteiro) e `timestep_of_year` (integer ou inteiro).

#### 2.4.5.2 Operador selname

Seleciona variáveis dentro do arquivo e os salva em um novo arquivo.

Exemplo: `cdo selname,air if.nc of.nc`

**air**: é o nome da variável que existe dentro de **if.nc** e **of.nc** é o arquivo de saída que contém o nome da variável **air**.

#### 2.4.5.3 Operador sellevel

O mesmo pode ser feito para selecionar um ou mais níveis verticais de um arquivo, para isso, usa-se o **sellevel**. No exemplo abaixo, foi extraído o nível de 200 hPa do **if.nc**, e posteriormente foi criado o novo arquivo **of.nc**.

Exemplo: `cdo sellevel,200 if.nc of.nc`

#### 2.4.5.4 Operadores selday, selmon e selyear

Para selecionar tempos específicos, usa-se o **selday**, **selmon** e **selyear**. Há outros operadores disponíveis. O usuário deve selecionar o melhor para sua aplicação (veja o link para o manual do CDO no final deste tutorial).

Usando o operador **selday** para seleciona dias específicos dado uma lista de dias.

Exemplo: `cdo selday,1,4,7 if.nc of.nc`

Com o comando acima, foram selecionados os dias 1, 4 e 7. A vírgula separa a lista de dias que deve ser um valor inteiro.

Para selecionar os meses deve-se utilizar o mesmo raciocínio, isto é:

Exemplo: `cdo selmon,2,4 if.nc of.nc`

Foram selecionados apenas os meses 2 e 4 e esses meses foram salvos no arquivo de saída **of.nc**.

#### 2.4.5.5 Operador sellonlatbox

Recorta o dado em uma área selecionada.

Exemplo: `cdo sellonlatbox,-90,-30,-50,10 if.nc of.nc`

**A conveção será sempre:** longitude oeste, longitude leste, latitude sul e latitude norte.

## 2.5 Operadores de comparação

Esses operadores quando utilizados atribuem o valor 1 (um) quando a condição for verdadeira e 0 (zero) quando for falsa.

- eq  $\Rightarrow$  igual
- ne  $\Rightarrow$  diferente
- le  $\Rightarrow$  menor igual
- lt  $\Rightarrow$  menor que
- ge  $\Rightarrow$  maior igual
- gt  $\Rightarrow$  maior que

**Exemplo:** cdo eq if1.nc if2.nc of.nc

Quando a variável do if1.nc for igual a variável do if2.nc receberão o valor 1, caso contrário, receberão o valor 0 e o resultado será gravado no of.nc.

Caso o usuário queira comparar a sua variável com uma constante, utilizam-se os operadores abaixo, a diferença em relação ao operador anterior é o acréscimo da letra **c** ao operador.

- eqc  $\Rightarrow$  igual a contante
- nec  $\Rightarrow$  diferente da constante
- lec  $\Rightarrow$  menor igual a constante
- ltc  $\Rightarrow$  menor que a constante
- gec  $\Rightarrow$  maior igual a constante
- gtc  $\Rightarrow$  maior que a constante

**Exemplo:** cdo eqc,2 if.nc of.nc

Todos os valores da variável if.nc igual a 2 receberá o valor 1, e no caso contrário, receberá 0.

## 2.6 Operadores de modificação de metadados e arquivos

### 2.6.1 Operador settaxis

Fixa uma data de referência para a dimensão tempo.

**Exemplo:** `cdo -r settaxis,2000-01-01,00:00:00,1mon if.nc of.nc`

**-r** = adiciona um eixo de tempo relativo. **2000-01-01** = defina conforme seu arquivo. **00:00:00** = uma hora qualquer, poderia ser 06:00:00, 12:00:00 ou 18:00:00. **1mon** = intervalo de tempo do arquivo (dt). Algumas possibilidades de incremento: hour, day, mon e year

IPC: Sabe aquele arquivo que você tenta abrir no GrADS que mostra o seguinte erro:

```
ga-> sdfopen output.nc Scanning self-describing file: output.nc SDF file
has no discernable time coordinate – using default values. gadsdf: SDF
file does not have any non-coordinate variables.
```

Pois é, seus problemas acabaram! Basta usar esse comando para fixar um eixo de tempo.

### 2.6.2 Operador setcalendar

Este operador é útil quando se deseja definir o calendário para o seu arquivo. O GrADS sempre apresenta problemas de calendário, e esse operador é a solução para resolver isso.

As possibilidades são: **standard**, **proleptic\_gregorian**, **360\_day**, **365\_day** e **366\_day**

Exemplo: `cdo setcalendar,standard if.nc of.nc`

### 2.6.3 Operador chname

Muda o nome da variável do arquivo.

Exemplo: `cdo chname,air,temp if.nc of.nc`

Muda o nome da variável **air** para **temp** e cria um novo arquivo **of.nc**.

#### 2.6.4 Operador inverlat

Inverte a latitude. Se o seu dado está na forma N->S, este operador muda-o de S->N.

Exemplo: `cdo inverlat if.nc of.nc`

#### 2.6.5 Operador para valores ausentes ou indefinidos

**Fixa um novo valor ausente.**

`cdo setmissval,valor_indefinido if.nc of.nc`

Em que `valor_indefinido` é o novo valor escolhido pelo usuário.

Exemplo: `cdo setmissval,-9999 if.nc of.nc`

O novo valor ausente/indefinido é -9999.

**Fixa um intervalo de valores da variável para valores ausentes.**

`cdo setrtomiss,rmin,rmax if.nc of.nc`

Não serão plotados os valores entre `rmin` e `rmax` porque eles são definidos como valores ausentes.

Exemplo: `cdo setrtomiss,0,5 if.nc of.nc`

O intervalo entre 0 e 5 não será plotado.

**Fixa um intervalo de valores válido.**

`cdo setvrange,rmin,rmax if.nc of.nc`

Esse operador apenas plota valores entre `rmin` e `rmax`.

Exemplo: `cdo setvrange,2,5 if.nc of.nc`

Apenas os valores entre 2 e 5 serão visualizados, os valores abaixo e acima desses limiares são indefinidos.

### 2.7 Operadores aritméticos

Avaliando expressões com o operador `expr`.

Esse operador é útil quando se deseja realizar algum cálculo, por exemplo, converter a temperatura de Kelvin para Celsius.

Exemplo: `cdo expr,'tc=air-273.15;' if.nc of.nc`

Em que `tc` (nome qualquer) é o nome da variável do arquivo que será criado (`of.nc`) e `air` é a variável do arquivo `if.nc`.

### 2.7.1 Operadores matemáticos

- `abs` (valor absoluto)
- `int` (apenas o valor inteiro)
- `nint` (inteiro mais próximo, faz arredondamento do valor)
- `pow` (potência, `cdo pow,2 if.nc of.nc`)
- `sqr` (eleva ao quadrado)
- `sqrt` (raiz quadrada)
- `exp` (exponencial)
- `ln` (log natural)
- `log10` (log na base 10)
- `sin` (seno)
- `cos` (cosseno)
- `tan` (tangente)
- `asin` (arco seno)
- `acos` (arco cosseno)

Exemplo: `cdo nint if.nc of.nc`

### 2.7.2 Operações com constantes

- `addc` (soma a uma constante)
- `subc` (subtraí de uma constante)

- mulc (multiplica por uma constante)
- divc (divide por uma constante).

Exemplo: Converter a temperatura em Kelvin para Celsius.

```
cdo addc,-273.15 if.nc of.nc
```

ou

```
cdo subc,273.15 if.nc of.nc
```

### 2.7.3 Operações usando dois conjunto de dados

Esses operadores realizam cálculos utilizando dados espaciais com as mesmas dimensões.

- add (soma dois campos)
- sub (subtrai dois campos)
- mul (multiplica dois campos)
- div (divide dois campos)
- min (mínimo de dois campos)
- max (máximo de dois campos)

Exemplo: `cdo add if1.nc if2.nc of.nc`

Soma os dois campos e guarda o resultado em of.nc

## 2.8 Cálculos estatísticos

**IPC1: Caso seu arquivo possua dados indefinidos é melhor usar o mean (fldmean, timmean, dentre outros), caso contrário, use avg (fldavg, timavg, dentre outros). Se o dado não tem indefinido, a função mean é igual ao avg.**

**IPC2: Exemplo: Vamos usar os valores 2, 8, -999 e 4. Lembrando que -999 é um valor indefinido. Ao fazer a média usando o mean, o resultado será de 4,7, porque ele não considera o valor -999, o cálculo é feito apenas**

com  $(2+8+4)/3 = 4,7$ . Ao usar a `avg`, o resultado será `-999`, aqui será considerado o indefinido ( $2 + 8 + (-999) + 4 = -999$ ). O que isso significa? Caso a sua série de dados possua dados indefinidos, a sua série resultante terá valores indefinidos, por isso é importante ter informações sobre o dado para usar a função corretamente sem perda de informações.

**IPC3:** Como eu sei se o dado possui valores indefinidos? Basta usar o operador `infn` (`cdo infn if.nc`) e verificar a coluna onde tem `Miss` (quinta coluna do comando). O valor zero quer dizer que não há dados indefinidos.

### 2.8.1 Média de vários arquivos (ensemble)

Esse operador é útil quando se deseja realizar a média de vários arquivos ou ensemble.

Exemplo: `cdo ensmean if1.nc if2.nc if3.nc if4.nc if5.nc if6.nc of.nc`

ou

Exemplo: `cdo ensmean if[1-6].nc of.nc`

O CDO permite o uso de metacaracteres, por exemplo, `*`, `?` e `[ ]` dentre outros.

### 2.8.2 Campos bidimensionais

- `fldmin` (retorna o valor mínimo do domínio)
- `fldmax` (retorna o valor máximo do domínio)
- `fldsum` (retorna a soma do domínio)
- `fldmean` (retorna o valor médio do domínio)
- `fldavg` (retorna o valor médio do domínio)
- `fldvar` (retorna o valor da variância do domínio)
- `fldstd` (retorna o valor do desvio padrão do domínio).

Exemplo: `cdo fldmean if.nc of.nc`

Esse exemplo realiza a média espacial ou média na área do arquivo `if.nc`.

### 2.8.3 Cálculo estatístico zonal

- zonmin (para cada latitude o mínimo sobre todas as longitudes é calculado)
- zonmax (para cada latitude o máximo sobre todas as longitudes é calculado)
- zonsum (para cada latitude a soma sobre todas as longitudes é calculada)
- zonmean (para cada latitude a média sobre todas as longitudes é calculada)
- zonavg (para cada latitude a média sobre todas as longitudes é calculada)
- zonvar (para cada latitude a variância sobre todas as longitudes é calculada)
- zonstd (para cada latitude o desvio padrão sobre todas as longitudes é calculado)

Exemplo: `cdo zonmean if.nc of.nc`

### 2.8.4 Cálculo estatístico meridional

- mermin (para cada longitude o mínimo sobre todas as latitudes é calculado)
- mermax (para cada longitude o máximo sobre todas as latitudes é calculado)
- mersum (para cada longitude a soma sobre todas as latitudes é calculada)
- mermean (para cada longitude a média sobre todas as latitudes é calculada)
- meravg (para cada longitude a média sobre todas as latitudes é calculada)
- mervar (para cada longitude a variância sobre todas as latitudes é calculada)
- merstd (para cada longitude o desvio padrão sobre todas as latitudes é calculado)

Exemplo: `cdo mermean if.nc of.nc`

### 2.8.5 Cálculo estatístico vertical

- `vertmin` (extraí o valor mínimo de todos os níveis verticais)
- `vertmax` (extraí o valor máximo de todos os níveis verticais)
- `vertsum` (soma o valor de todos os níveis verticais)
- `vertmean` (média de todos os níveis verticais)
- `vertavg` (média de todos os níveis verticais)
- `vertvar` (variância de todos os níveis verticais)
- `vertstd` (desvio padrão de todos os níveis verticais)

Exemplo: `cdo vertmean if.nc of.nc`

### 2.8.6 Cálculo estatístico temporal

- `tinselmin` (mínimo temporal)
- `tinselmax` (máximo temporal)
- `tinselsum` (soma temporal)
- `tinselmean` (média temporal)
- `tinselavg` (média temporal)
- `tinselvar` (variância temporal)
- `tinselstd` (desvio padrão temporal)

Supondo que seu arquivo apresenta resolução temporal de meses com vários anos, para realizar uma média sazonal (MMA, JJA, SON e DJF), basta fazer de acordo com o comando abaixo. O número 3 significa fazer a média a cada três meses e o número 2 diz para pular apenas no início do sua série, ou seja, os meses de janeiro e fevereiro caso eles existam. Como esse comando, o resultado será uma média espacial ou temporal sazonal.

Exemplo: `cdo tinselmean,3,2 if.nc of.nc`

### 2.8.7 Cálculo estatístico com média móvel

- runmin (média móvel mínima)
- runmax (média móvel máxima)
- runsum (média móvel soma)
- runmean (média móvel média)
- runavg (média móvel média)
- runvar (média móvel variância)
- runstd (média móvel desvio padrão)

Exemplo: `cdo runmean,9 if.nc of.nc`

### 2.8.8 Cálculo estatístico sobre todos os tempos

- timmin (valor mínimo)
- timmax (valor máximo)
- timsun (soma)
- timmean (média)
- timavg (média)
- timvar (variância)
- timstd (desvio padrão)

Exemplo: `cdo timmean if.nc of.nc`

Esse operador realiza a média temporal do arquivo if.nc, o resultado será apenas um tempo.

### 2.8.9 Cálculo estatístico diário

Converte dados para a resolução temporal diária.

- daymin (mínimo diário)

- `daymax` (máximo diário)
- `daysum` (soma diária)
- `daymean` (média diária)
- `dayavg` (média diária)
- `dayvar` (variância diária)
- `daystd` (desvio padrão diário)

Exemplo: `cdo daymean if.nc of.nc`

### 2.8.10 Cálculo estatístico mensal

Converte dados para a resolução temporal mensal.

- `monmin` (mínimo mensal)
- `monmax` (máximo mensal)
- `monsum` (soma mensal)
- `monmean` (média mensal)
- `monavg` (média mensal)
- `monvar` (variância mensal)
- `monstd` (desvio padrão mensal)

Exemplo: `cdo monmean if.nc of.nc`

### 2.8.11 Cálculo estatístico anual

Converte dados para a resolução temporal anual.

- `yearmin` (mínimo anual)
- `yearmax` (máximo anual)
- `yearsum` (soma anual)
- `yearmean` (média anual)

- yearavg (média anual)
- yearvar (variância anual)
- yearstd (desvio padrão anual)

Exemplo: **cdo yearmean if.nc of.nc**

### 2.8.12 Cálculo estatístico sazonal

Cálcula os valores sazonais do arquivo de entrada.

- seasmin (mínimo sazonal)
- seasmax (máximo sazonal)
- seassum (soma sazonal)
- seasmean (média sazonal)
- seasavg (média sazonal)
- seasvar (variância sazonal)
- seasstd (desvio padrão sazonal)

Baixe o arquivo que está disponível em <https://db.tt/nEPxD9Uh> e digite o comando abaixo:

Exemplo: **cdo seasmean gpcp.as.2000.2001.nc sazonal.nc**

Ao utilizar este operador considerando que o seu arquivo gpcp.as.2000.2001.nc possua todos os meses (jan, ..., dez) aparecerão as seguintes mensagens de aviso, não precisa de preocupar porque o cálculo foi feito corretamente:

```
cdo seasmean (Warning): Season 1 ( 2000-01-01) has only 2 input time steps!
cdo seasmean (Warning): Season 9 ( 2001-12-01) has only 1 input time step!
```

Faz todo o sentido porque ele tenta fazer a média do mês de dezembro de 1999 (que não existe), janeiro e fevereiro de 2000, por isso ele diz que a primeira estação tem apenas dois tempos (média de janeiro e fevereiro de 2000). Para a última estação, o raciocínio é o mesmo, ou seja, somente há o mês de dezembro, logo não é possível realizar a média, por isso, esse valor é repetido.

### 2.8.13 Valor estatístico mensal de vários anos

Este módulo cria climatologia. O arquivo de saída contém 12 tempos (jan, fev, ..., dez). Válido para dados horários, diários e mensais. Aqui está sendo mostrado apenas o mensal. Para os demais casos, consulte o link para o manual do CDO no final deste tutorial.

- ymonmin (mínimo mensal)
- ymonmax (máximo mensal)
- ymonsum (soma mensal)
- ymonmean (média mensal)
- ymonavg (média mensal)
- ymonvar (variância mensal)
- ymonstd (desvio padrão mensal)

Exemplo: `cdo ymonmean if.nc of.nc`

### 2.8.14 Valor estatístico sazonal de vários anos

Este módulo cria climatologia sazonal. O arquivo de saída contém 4 tempos (DJF, MAM, JJA e SON). O primeiro tempo corresponde ao verão (DJF), o segundo ao outono (MAM), o terceiro ao inverno (JJA) e o quarto a primavera (SON).

- yseasmin (mínimo sazonal)
- yseasmax (máximo sazonal)
- yseassum (soma sazonal)
- yseasmean (média sazonal)
- yseasavg (média sazonal)
- yseasvar (variância sazonal)
- yseasstd (desvio padrão sazonal)

Exemplo: `cdo yseasmean if.nc of.nc`

## 2.9 Interpolação

### 2.9.1 Operador remapbil

Realiza interpolação bilinear. Há outros operadores, não deixe de consultar o link para o manual do CDO no final deste tutorial.

Para descobrir o número exato de pontos em x e y, basta realizar o cálculo abaixo:

Para longitude  $\Rightarrow nx = 360/\Delta x$

Em que  $nx$  representa o número de pontos de longitude e  $\Delta x$  é o espaçamento em graus do seu dado.

Para latitude  $\Rightarrow ny = 180/\Delta y$

Em que  $ny$  representa o número de pontos de latitude e  $\Delta y$  é o espaçamento em graus do seu dado.

Para descobrir o  $nx$  e o  $ny$  do **NCEP**, procedemos da seguinte forma: O NCEP apresenta resolução de  $2.5^\circ \times 2.5^\circ$  (*latxlon*):

Para longitude  $\Rightarrow nx = 360/2.5 = 144$

Para latitude  $\Rightarrow ny = 180/2.5 = 72$

No caso do **ERA-INTERIM (ERA-INTERIM)** que apresenta resolução de  $1.5^\circ \times 1.5^\circ$  (*latxlon*):

Para longitude  $\Rightarrow nx = 360/1.5 = 240$

Para latitude  $\Rightarrow ny = 180/1.5 = 120$

Exemplo: **Interpolar para resolução do NCEP ( $2.5^\circ \times 2.5^\circ$ ).**

**cdo remapbil,r144x72 if.nc of.nc**

**r** = grade regular

**144** = número de pontos em x

**72** = número de pontos em y

Caso seu dado seja regional, com esse operador será criado um arquivo global (144x72). Use o operador **sellonlatbox** para cortar o dado na sua área original.

Exemplo: **Interpolar para resolução do ERA-INTERIM (1.5°x1.5°).**

```
cdo remapbil,r240x120 if.nc of.nc
```

**r** = grade regular

**240** = número de pontos em x

**120** = número de pontos em y

## **2.10 Importação e exportação**

### **2.10.1 Importação de conjunto de dados binários**

Converte um arquivo binário para NetCDF dado o arquivo descritor (.ctl) do binário.

Exemplo: **cdo -f nc import\_binary if.ctl of.nc**

**-f nc** = converte para NetCDF

**if.ctl** = arquivo descritor do arquivo binário

### **2.10.2 Conversão de arquivo texto para NetCDF**

Converte um arquivo ASCII em NetCDF.

```
cdo -f nc input,r1x1 of.nc < arquivo.txt
```

**r1x1** = o arquivo **arquivo.txt** contém 12 linhas, isto é, 12 meses para um dado pontual (NX x NY). Esse arquivo poderia ser horário, diário, mensal ou anual.

**of.nc** = nome do arquivo de saída

Ao gerar o arquivo **of.nc** abra-o no GrADS.

```
ga-> sdfopen of.nc Scanning self-describing file: of.nc SDF file has no discernable  
time coordinate - using default values. gadsdf: SDF file does not have any non-  
coordinate variables.
```

O GrADS dirá que o dado não tem coordenada de tempo associada ao arquivo, e para resolver isso, basta fazer:

```
cdo -r settaxis,2000-01-01,12:00:00,1mon if.nc of1.nc
```

**-r** = adiciona um eixo de tempo relativo.

**2000-01-01,12:00:00** = data que você escolhe com base no seu arquivo  
**1mon** = o dado é mensal, isso corresponde ao intervalo de tempo (dt)

### 2.10.3 Extrair arquivos ASCII de NetCDF

a) Exemplo a): Saída bruta, sem formatação

```
cdo output if.nc > output.txt
```

b) Exemplo b): Saída processada, com formatação

```
cdo outputf,%6.2f,10 if.nc > output.txt
```

**%6.2f** = 6 elementos, incluindo ponto e sinal (+ ou -) com duas casas decimais

**10** = número de elementos por linha

### 2.10.4 Correlação

O CDO possui dois operadores para calcular a correlação, são eles: fldcor (correlação espacial) e o timcor (correlação temporal). Os arquivos tem que possuir as mesmas dimensões para utilizar esses operadores.

### 2.10.5 Correlação espacial

O operador fldcor correlaciona todos os pontos de grade para cada tempo das duas variáveis. O resultado é uma série temporal da correlação entre elas.

Exemplo prático deste operador:

Será feita a correlação entre a precipitação e a temperatura do ar em 1000hPa. Os dados mensais correspondem ao período de 2005 a 2007 sobre América do Sul.

Dado de precipitação: <https://db.tt/ljsos1gw>

Dado de temperatura do ar em 1000hPa: <https://db.tt/dvX5dfDg>

E finalmente, basta digitar o comando abaixo:

```
cdo fldcor prec.2005.2007.nc tar.1000hpa.2005.2007.nc corr.prec.temp.nc
```

A variável do arquivo corr.prec.temp.nc se chama precip porque o CDO guarda a informação do nome da variável do arquivo prec.2005.2007.nc.

Para mudar esse nome, basta utilizar o operador `chname`.

```
cdo chname,precip,corr corr.prec.temp.nc correlacao.nc
```

Agora, o arquivo `correlacao.nc` tem como nome a variável `corr` segundo o operador `chname`.

### **2.10.6 Correlação temporal**

Diferente do operador `fldcor`, o `timcor` realiza a correlação em cada ponto de grade para todos os tempos das duas variáveis. O resultado é um arquivo espacial da correlação com apenas um tempo.

Utilizando os arquivos de precipitação e temperatura do ar, será calculada a correlação no tempo da seguinte maneira:

```
cdo timcor prec.2005.2007.nc tar.1000hpa.2005.2007.nc corr.nc
```

A variável do arquivo `corr.prec.temp.nc` se chama `precip`, para alterar o nome da variável caso seja necessário, utilize o operador `chname`.

```
cdo chname,precip,corr corr.nc correlacao.tempo.nc
```

Com esse operador será gerado um mapa espacial da correlação entre as duas variáveis.

## 3 MÓDULO PRÁTICO

### 3.1 Criando climatologia

Vamos usar o operador `ymonmean`.

```
cdo ymonmean air.mon.mean.1986.2005.nc climatologia.nc
```

Com isso, será gerado o arquivo `climatologia.nc` com 12 tempos (use o `ntime` para ver o total de tempos desse arquivo).

### 3.2 Criando anomalias

Para o cálculo de anomalia, utilize o comando abaixo:

```
cdo -ymonsub if.nc -ymonmean if.nc of.nc
```

**Exemplo:** Anomalia mensal de Temperatura da Superfície do Mar (TSM). Proceda da seguinte forma:

```
cdo -ymonsub sst.nc -ymonmean sst.nc anom.sst.nc
```

Com o comando acima, será criado o arquivo de anomalia mensal `anom.sst.nc`.

### 3.3 Calculando a velocidade do vento

A velocidade a partir das componentes do vento é calculada da seguinte maneira:

$$velocidade = \sqrt{u^2 + v^2}$$

#### 3.3.1 Método 1

Elevando a componente zonal (u) ao quadrado

```
cdo sqr uwnd.1000hpa.2010.nc u2.nc
```

Elevando a componente meridional (v) ao quadrado

```
cdo sqr vwnd.1000hpa.2010.nc v2.nc
```

Somando as componentes:

```
cdo add u2.nc v2.nc soma.nc
```

Calculando a raiz quadrada da soma

```
cdo sqrt soma.nc velocidade.nc
```

Foi gerado o arquivo **velocidade.nc**.

### 3.3.2 Método 2

Outra forma de realizar essa tarefa é usando o *piping* para fazer tudo de uma vez só:

```
cdo -s -O -sqrt -add -sqr uwnd.1000hpa.2010.nc -sqr  
vwnd.1000hpa.2010.nc velocidade.nc
```

Caso você deseje alterar o nome da variável do arquivo **velocidade.nc**, faça da seguinte forma:

```
cdo cname,uwnd,vel velocidade.nc nova.velocidade.nc
```

**cname** altera o nome **uwnd** para **vel**.

A opção **-s** não mostra as mensagens de processamento e **-O** sobrescreve o arquivo caso o mesmo já exista.

Primeiro é resolvido:

```
-sqr vwnd.1000hpa.2010.nc
```

Depois

```
-sqr uwnd.1000hpa.2010.nc
```

e

```
-add
```

E finalmente,

```
-sqrt
```

Com isso, será gerado o arquivo **velocidade.nc**

### 3.3.3 Método 3

Outra forma mais fácil de realizar esse cálculo é utilizando o operador **expr**.

```
cdo -setunit,'m/s' -expr,'vel=sqrt(u*u+v*v)' if.nc of.nc
```

Em que:

**setunit** cria a unidade (m/s)

**vel** é o nome da nova variável que será criada dentro do arquivo de saída **of.nc**.

**u** e **v** são as componentes zonal e meridional do vento do seu arquivo de entrada **if.nc**.

As variáveis **u** e **v** precisam estar no mesmo arquivo, não podem estar em arquivos separados. Caso isso ocorra, utilize o operador **merge** para juntá-los.

### 3.4 Anomalia climatológica zonal de altura geopotencial

Para quem quiser saber o que isso representa, veja o artigo (Figuras 8 e 9) de Cavalcanti et al. (2002).

Removendo a média zonal do dado:

```
cdo zonmean hgt.200hpa.1991.2005.nc tmp.01.nc
```

Foi gerado o arquivo **tmp.01.nc**.

Deixando o dado de média zonal compatível (operador **enlarge**) com o dado espacial de altura geopotencial:

```
cdo enlarge,hgt.200hpa.1991.2005.nc tmp.01.nc tmp.02.nc
```

O arquivo **tmp.01.nc** será “expandido” para ter as mesmas dimensões de **hgt.200hpa.1991.2005.nc**, e finalmente será gerado o arquivo **tmp.02.nc**.

Calculando a anomalia zonal de altura geopotencial. A saída será mensal.

```
cdo sub hgt.200hpa.1991.2005.nc tmp.02.nc tmp.03.nc
```

Calculando a média sazonal caso queira a saída por estações do ano:

```
cdo yseasmean tmp.03.nc anomalia.zonal.sazonal.ncep.nc
```

### 3.5 Criando máscara

Será criado o arquivo **of.nc** e a variável desse arquivo chama-se **topo**. O operador **remapnn** converte em valores positivos e negativos. O operador **gtc** atribui o valor 1 quando maior que zero, e no caso contrário, atribui 0.

```
cdo -f nc -remapnn,if.nc -gtc,0 -topo of.nc
```

Adicionando um eixo de tempo ao arquivo. Caso isso não seja feito, o GrADS não abrirá seu arquivo. Fixou-se o ano de 1990 porque nesse exemplo foi usado um arquivo mensal (1mon) para esse ano em particular. Mude conforme a data do seu arquivo.

```
cdo -r -settaxis,1990-01-01,00:00:00,1mon of.nc mascara.nc
```

Visualizando o arquivo no GrADS:

Primeiro abre o arquivo de máscara e posteriormente, o arquivo da sua variável.

Para mascarar o oceano:

```
d maskout(shum.2(z=1),topo.1(t=1)-1)
```

Para mascarar o continente:

```
d maskout(shum.2(z=1),-topo.1(t=1)+0.1)
```

O  $z=1$  diz para fixar o primeiro nível da variável **shum** (umidade específica neste caso). O  $t=1$  diz para fixar o primeiro tempo da máscara. A máscara não varia com o tempo, mas a variável do seu arquivo sim. Caso o tempo não seja fixado, isso ocasionará problemas no GrADS.

### 3.6 Mascarando regiões

Pode-se mascarar regiões usando operador **maskregion**, como no exemplo abaixo:

Primeiro, deve-se criar um arquivo texto com o domínio a ser mascarado. Por exemplo, vamos mascarar o domínio entre as longitude -80 e -40 e latitude entre -10 e +10. O arquivo texto deverá conter as seguintes informações:

```
-80 10
-80 -10
-40 -10
-40 10
```

Salve o arquivo com o nome de **mask** com as informações acima.

Em seguida, use o comando abaixo:

```
cdo maskregion,mask seu.arquivo.nc saida.nc
```

Em que:

**seu.arquivo.nc** é o arquivo da entrada e **saida.nc** é o arquivo de saída com a região mascarada.

Ou simplesmente,

Use o comando:

```
cdo masklonlatbox,-80,-40,10,-10 seu.arquivo.nc saida.nc
```

### **3.7 Alterando valores do arquivo NetCDF**

Supondo que o usuário tenha um mapa de vegetação com diversas classes, e o mesmo deseja alterar algumas dessas classes. Isso pode ser feito com o comando abaixo:

```
cdo setvals,1,6 vegetacao.nc vegetacao.alterado.nc
```

Em que **1** é a classe antiga e **6** é a classe nova. Todos os **pontos de grade do arquivo** com a classe 1 serão substituídos pelo valor 6.

**vegetacao.nc** é o arquivo de entrada e **vegetacao.alterado.nc** é o arquivo de saída.

Caso seja necessário alterar mais de uma classe, continue com o mesmo raciocínio da linha acima:

```
cdo setvals,1,6,3,7,8,12 vegetacao.nc vegetacao.alterado.nc
```

Nessa caso em particular, **1** será trocado pelo valor **6**, **3** será trocado pelo **7** e **8** pelo **12**.

**Para alterar um intervalo de valores para um único valor:**

Por exemplo, fixar o intervalo de valores entre 16 e 18 para 20. Proceda da seguinte forma:

```
cdo setrtoc,16,18,20 if.nc of.nc
```

Entendendo o comando, **16** e **18** é o intervalo que será substituído pelo valor **20**. Isso dependerá da variável utilizada. Altere de acordo com suas necessidades.

**if.nc** é o arquivo de entrada e **of.nc** é o arquivo de saída.

### **3.8 Extraindo apenas a série temporal de um ponto**

```
cdo -output -remapnn,lon=-60_lat=-10 if.nc > serie.txt
```

**lon=-60** e **lat=-10** representam a longitude e latitude de interesse, respectivamente.

**if.nc** é o arquivo de entrada.

**serie.txt** é o arquivo com a série temporal.

### **3.9 Extraindo a série temporal de um ponto com diversas informações**

```
cdo -outputtab,date,lat,lon,value -remapnn,lon=270_lat=-2 seu.arquivo.nc > serie.txt
```

Em que:

**date,lat,lon,value** referem-se as colunas de data, valor da latitude, valor da longitude, valor da variável nesse ponto de latitude e longitude.

O valor **270** (longitude) e **-2** (latitude) são as coordenadas desejadas para extrair a série.

O **seu.arquivo.nc** corresponde ao arquivo de entrada e **serie.txt** é o arquivo texto que armazenará os valores.

O resultado de um exemplo está logo abaixo:

```
cdo -outputtab,date,lat,lon,value -remapnn,lon=270_lat=-2 ps.nc > psfc.txt
```

```

1979-01-15 -2 270 1010.48
1979-02-13 -2 270 1010.12
1979-03-16 -2 270 1009.87

```

Em que a coluna 1 = data, coluna 2 = latitude, coluna 3 = longitude e coluna 4 = valor no ponto -2 (lat) e 270 (lon).

### 3.10 Calculando “pentadas”

Agradecimentos ao Rômulo Oliveira ([rom.aug9@gmail.com](mailto:rom.aug9@gmail.com)) pela versão original do script. A ideia original é dele, apenas fiz algumas adaptações.

Para calcular pentadas, utilize o script abaixo. Para torná-lo executável, utilize o comando **chmod +x script.sh**. E para executar, basta digitar **./script.sh**.

Esse script a partir de uma determinada data calcula a pentada, somente isso.

O arquivo `prec.sa.2010.nc` pode ser baixado em: <https://db.tt/BOQGSvCx>.

```

#!/bin/bash

dt=4 # comprimento da “pentada”.

fin="prec.sa.2010.nc" # nome do arquivo de entrada

lon="-55" # longitude

lat="-5" # latitude

rm -f pentada.txt # remove o arquivo de saída caso ele exista

for i in "2010-10-01" "2010-12-10" ; do # datas para calcular a pentada

diai=$(date --date="$i - $dt days" +%Y-%m-%d) # dia inicial

diaf=$i # dia final

fout="lixo.$diai.$diaf.txt" # nome do arquivo de saída

echo $diai $diaf

cdo -s -O -outputcenter -remapnn,lon="$lon" _lat="$lat" -timsum -seldate,$diai"T00:00:00,"$diaf"T00:00:00" $fin
> $fout

```

```

sed -i '13!d' $fout

echo $diai $diaf > tmp1.txt

paste tmp1.txt $fout >> tmp2.txt

cat tmp2.txt | sed 's/[t]/ /g' | tr -s ' ' | sed 's/ /;/g' > pentada.txt

rm -f $fout tmp1.txt tmp2.txt

done

# Fim do script

```

O arquivo de saída **pentada.txt** tem o formato abaixo que corresponde a data inicial e final, longitude, latitude e precipitação. O separador utilizado é o ponto e vírgula.

```

2010-09-27;2010-10-01;-55;-5;9.06667
2010-12-06;2010-12-10;-55;-5;45.52

```

Outra forma de calcular pentadas pode ser feita com o operador `tinselmean`. O comando abaixo gera um arquivo com 73 tempos (01 janeiro a 31 de dezembro =  $365 \text{ dias} / 5 = 73 \text{ pentadas ou tempos}$ ).

Fazer o download do arquivo que está disponível em <https://db.tt/PweEoFMn>. Ele se chama `prec.2009.nc`.

Exemplo: **`cdo tinselmean,5 prec.2009.nc pentada.nc`**

A diferença entre o script que foi feito e o operador `tinselmean` é que no script é passado um dia qualquer e assim é feita a média. Por outro lado, o operador `tinselmean` calcula a pentada a cada 5 dias (neste exemplo) independente do dia selecionado.

### 3.11 Mascarando valores de velocidade e vetor do vento

A sugestão foi proposta pelo Cristiano Prestelo (<http://prestelocristiano.blogspot.com.br>).

Fazer o download dos arquivos abaixo que estão disponíveis em:

componente zonal: <https://db.tt/Z8dBk92i>

componente meridional: <https://db.tt/Q8gf26Jo>

Supondo que as variáveis da componente zonal (u) e meridional (v) estão em arquivos separados. Inicialmente, vamos juntá-las em um único arquivo para calcular a velocidade do vento.

```
cdo merge uwnd.nc vwnd.nc uv.nc
```

O próximo passo é calcular a velocidade do vento. Será gerado um novo arquivo em que a variável se chamará **vel**.

```
cdo expr,'vel=sqrt(uwnd*uwnd+vwnd*vwnd);' uv.nc vel.nc
```

Agora, será criada a máscara de velocidade. Basta definir o intervalo da velocidade para o seu interesse, aqui vamos usar o limiar entre 0 e 4 m s<sup>-1</sup>. Em seguida, utilizaremos o operador **setrtomiss** que defini valores ausentes ou indefinidos para um dado intervalo de valores, neste caso, entre 0 e 4.

```
cdo setrtomiss,0,4 vel.nc mascara.nc
```

Com o arquivo de máscara criado, ele será aplicado aos arquivos da componente zonal (u) e meridional (v) do vento. Será utilizado o operador **ifthen**.

```
cdo ifthen mascara.nc uwnd.nc vento.u.nc ⇒ mascarando valores da componente zonal
```

```
cdo ifthen mascara.nc vwnd.nc vento.v.nc ⇒ mascarando valores da componente meridional
```

E finalmente, basta visualizar a velocidade e o vetor do vento (arquivos vento.u.nc e vento.v.nc) que eles apresentarão somente valores acima de 4 m s<sup>-1</sup>.

### 3.12 Alterando a coordenada vertical

**A dica abaixo serve para qualquer situação em que a coordenada vertical do dado esteja em Pa.**

Os níveis verticais dos modelos do CMIP5 estão em Pa, e normalmente utilizamos em hPa. Vamos utilizar o operador **setzaxis** para realizar essa alteração de Pa para hPa.

Faça o download do arquivo que está disponível em <https://db.tt/NCRYDgqI>. O

arquivo se chama **exemplo.nc**.

Digite o comando abaixo no seu terminal Linux para ver a descrição da coordenada vertical do arquivo exemplo.nc.

**cdo zaxisdes exemplo.nc**

O resultado será:

```
#  
# zaxisID 1  
#  
zaxistype = pressure  
size = 8 ⇒ o arquivo possui 8 níveis verticais  
name = plev  
longname = pressure  
units = Pa ⇒ a unidade do nível vertical está em Pa  
levels = 100000 85000 70000 50000 25000 10000 5000 1000 ⇒ os níveis verticais em  
Pa, são 8 no total  
bounds = 107500-92500 92500-77500 77500-60000 60000-37500 37500-17500 17500-  
7500 7500-3000 3000-1000
```

Segue a dica:

**Crie um arquivo texto chamado nivel**, e adicione as 6 linhas abaixo. Esse arquivo será lido pelo operador setzaxis. A unidade e a coordenada vertical está em hPa.

```
zaxistype = pressure  
size = 8  
name = lev  
longname = pressure  
units = hPa  
levels = 1000 850 700 500 250 100 50 10
```

Utilize o comando abaixo:

**cdo setzaxis,nivel exemplo.nc saida.nc**

Esse comando **altera a estrutura** do arquivo exemplo.nc e salva as alterações em saida.nc.

Ao digitar o comando

```
cdo zaxisdes saida.nc
```

As novas alterações são visualizadas logo abaixo. Agora, o arquivo `saida.nc` apresenta a unidade e a coordenada vertical em hPa.

```
#  
# zaxisID 1  
#  
zaxistype = pressure  
size = 8  
name = lev  
longname = pressure  
units = hPa  
levels = 1000 850 700 500 250 100 50 10
```

### 3.13 Preenchimento de dados ausentes

Essa dica foi proposta pelo Augusto Veiga (<https://scientificmet.wordpress.com>).

Fazer o download do dado que está disponível em <https://db.tt/Fajw2LMj>. O arquivo se chama `zg_hadgem2_200501.nc`

Será utilizado o operador `fillmiss`. Com ele é possível realizar uma interpolação bilinear dos vizinhos mais próximos e assim fazer o preenchimento dos dados indefinidos.

```
cdo fillmiss zg_hadgem2_200501.nc geo.nc
```

Os dados que antes eram ausentes, agora foram preenchidos com esse operador.



#### 4 Links interessantes

- Página que contém esse tutorial: <https://sites.google.com/site/jgmsantos/tutoriais/cdo>
- Página oficial do CDO: <https://code.zmaw.de/projects/cdo>
- Manual do CDO: <https://code.zmaw.de/projects/cdo/wiki/Cdo#Documentation>
- Lista de discussão: <https://code.zmaw.de/projects/cdo/boards>



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MAX-PLANCK-INSTITUT FÜR METEOROLOGIE. **Climate Data Operators**.  
Disponível em: <<https://code.zmaw.de/projects/cdo/wiki/Cdo#Documentation>>.  
Acesso em: 02 de abr. 2014.