

**PRODUTO DE ESTIMATIVA DE PRECIPITAÇÃO POR SATÉLITE (O ALGORITMO
HIDROESTIMADOR)**

DESCRIÇÃO DO PRODUTO CONTEXTUALIZADO PARA A REGIÃO DE ITAJUBÁ-MG

Realizador por:

JEFFERSON MARTINIANO CASSEMIRO

Contato: cassemirojefferson@gmail.com

LORENA BEZERRA DA ROCHA

Contato: lore.bezerra.r@gmail.com

Itajubá - MG

Dezembro de 2019

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO | 3 |
| 1.1 NOME DO PROJETO BÁSICO | 4 |
| 1.2 OBJETIVO | 4 |
| 2. PRODUTO DE ESTIMATIVA DE PRECIPITAÇÃO POR SATÉLITE | 4 |
| 2.1 DESCRIÇÃO DO PRODUTO | 4 |
| 3. ESTRUTURA DOS DIRETÓRIOS DO PRODUTO | 5 |
| 3.1 src | 6 |
| 3.2 input | 11 |
| 3.3 output | 11 |
| 4. PROCEDIMENTO PARA PROCESSAR O PRODUTO | 11 |
| 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS | 12 |
| 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 13 |

1. INTRODUÇÃO

Esse documento pertence ao produto de estimativa de precipitação por satélite (o algoritmo Hidroestimador) contextualizado para a região de Itajubá. Esse trabalho é decorrente da disciplina denominada “Ferramentas de Previsão de Curtíssimo Prazo (nowcasting)” pertencente ao curso de graduação em Ciências Atmosféricas da Universidade Federal de Itajubá (Unifei). O Hidroestimador tem como principal característica estimar precipitação empregando-se da temperatura do canal infravermelho do satélite GOES-16. A operação estará disponível no site do curso Ciências Atmosféricas (<https://meteorologia.unifei.edu.br>), a sua interface possui menus interativos com o objetivo de compor os produtos relacionados ao nowcasting, esperando que seja de grande utilidade para os moradores, Defesa Civil, tomadores de decisão e agricultores locais.

Estimativa de precipitação por satélite é extremamente importante como auxílio na prevenção de desastres naturais, principalmente em áreas de baixa densidade de postos pluviométricos. Ainda que informações regionalizadas sobre a estimativa de precipitação por satélite são escassas, elas podem ser essenciais na contribuição para uma veiculação eficiente de estratégias que antecipem eventos severos de tempo, a fim de minimizar ou até mesmo eliminar os prejuízos causados aos diversos setores da sociedade.

Os arquivos binários do Hidroestimador disponibilizados pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) são utilizados e para cada arquivo é plotada uma imagem para todo o Brasil, imagens setorizadas das 5 regiões do Brasil e uma imagem para o estado de Minas Gerais. Há também a imagem para todo o Brasil da precipitação acumulada diária. A última funcionalidade do produto é uma tabela com os acumulados de precipitação das últimas 6 horas para cada município do sul de Minas Gerais.

Nas seções seguintes deste documento são apresentadas as características do produto de estimativa de precipitação por satélite; como foi desenvolvido cada componente do produto; o procedimento para operacionalização e instalação do produto, exemplo do produto.

1.1 NOME DO PROJETO BÁSICO

Produto de estimativa de precipitação por satélite utilizando o Hidroestimador

1.2 OBJETIVO

O objetivo deste produto de *nowcasting* foi montar e operacionalizar um produto de estimativa de precipitação por satélite (o algoritmo Hidroestimador) contextualizado para a região de Itajubá.

2. PRODUTO DE ESTIMATIVA DE PRECIPITAÇÃO POR SATÉLITE

2.1 DESCRIÇÃO DO PRODUTO

A estimativa de precipitação não é um processo comum, ela envolve várias técnicas físicas e empíricas a fim de relacionar a quantidade de chuva com a radiação medida pelo satélite em diferentes faixas do espectro eletromagnético. O produto desenvolvido mostra em tempo quase-real a estimativa de precipitação, com frequência de 10 minutos, para todo o Brasil, além de todas as 5 regiões do país (Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul) e todo o estado de Minas Gerais. Foram utilizados os arquivos binários do Hidroestimador disponibilizados pelo CPTEC, no site: http://ftp.cptec.inpe.br/goes/goes16/hidroest/est_prec/, com resolução temporal de 10 minutos.

A estimativa é feita por meio de imagens de satélites através do reconhecimento das características físicas das nuvens e da associação dessas características a taxa de precipitação, registrando a temperatura das nuvens de acordo com sua altura e espessura. O Hidroestimador utiliza dados de imagem de satélite no infravermelho e a saída de parâmetros meteorológicos do modelo de previsão de tempo ETA (VICENTE et al., 1998). Ele utiliza a temperatura de brilho (Tb) do canal 10,7 µm do satélite GOES-16 e as converte a partir de uma relação de potência para taxa de precipitação estimada por radar.

Além disso, a taxa de precipitação é ajustada para diferentes regimes de umidade e crescimento das células convectivas. Porém, existem algumas exceções como por exemplo a nuvem Cirrus (Ci) é fria, mas tem baixa taxa de precipitação, já as nuvens Nimbostratus (Ns) são quentes, mas podem ter uma alta taxa de precipitação. A relação utilizada entre a precipitação medida com radar (mm/h) e a temperatura de brilho do topo da nuvem tende a superestimar a precipitação em ambientes úmidos e subestimar a precipitação em ambientes secos. Para fazer esta correção o

algoritmo Hidroestimador utiliza dados de água precipitável entre superfície e 250 mb e umidade relativa média entre superfície e 500 mb, ambas do modelo ETA.

A partir destes cálculos, o CPTEC processa estes dados, armazena-os em arquivos formato binário e os disponibilizam em seu site para utilização. Estes arquivos são os dados de entrada deste produto, que a partir do download, são transformados de arquivo formato binário para arquivo formato netcdf, utilizando o software Climate Data Operators (CDO). A geração das imagens de precipitação instantânea e precipitação acumulada é realizada utilizando o software Grid Analysis and Display System (GrADS). Já a tabela com os valores acumulados de precipitação das últimas 6 horas para cada município do sul de Minas Gerais é gerada via programa na linguagem Python. Para automatizar as tarefas do produto utiliza-se a programação Shell Script (sistema Linux) e disponível no site do curso Ciências Atmosféricas (<https://meteorologia.unifei.edu.br>) com uma interface com menus interativos, compondo os produtos relacionados ao *nowcasting*, esperando que seja de grande utilidade para os estudantes, moradores, Defesa Civil, tomadores de decisão e agricultores locais.

3. ESTRUTURA DOS DIRETÓRIOS DO PRODUTO

A estrutura do produto de estimativa de precipitação por satélite é dividida em três diretórios:

- 1) src;
- 2) input;
- 3) output.

A Figura 1 mostra o diagrama de execução do produto de *nowcasting*, no diretório **src** existem todos os *script-shell* para a execução do produto, no **input** estão os dados de entrada, arquivos binários disponibilizados pelo CPTEC com resolução temporal de 10 minutos e no diretório **output** estão os dados de saída como as imagens de precipitação instantânea, acumulado diário e tabela do acumulado de precipitação das últimas 6 horas.

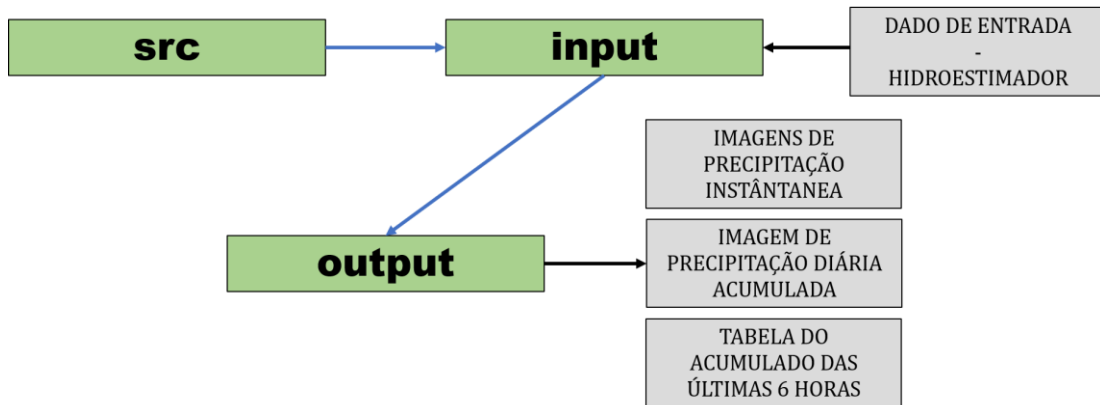


Figura 1 – Diagrama da execução do produto.

3.1 src

No diretório **src** há subdiretórios que contém dados necessários para a execução do produto:

- 1) grads: contém as sub-rotinas, que serão utilizadas para o *plot* das imagens;
- 2) shapefile: contém os contornos em *.shp*;
- 3) sub: nesse subdiretório estão as sub-rotinas em *script-shell* para a conversão do dado binário em NetCDF para melhor manuseio e *plot* das imagens.

Na Figura 2 é mostrado como o diretório está organizado. Com três subdiretórios e quatro arquivos *script-shell* para o processamento.

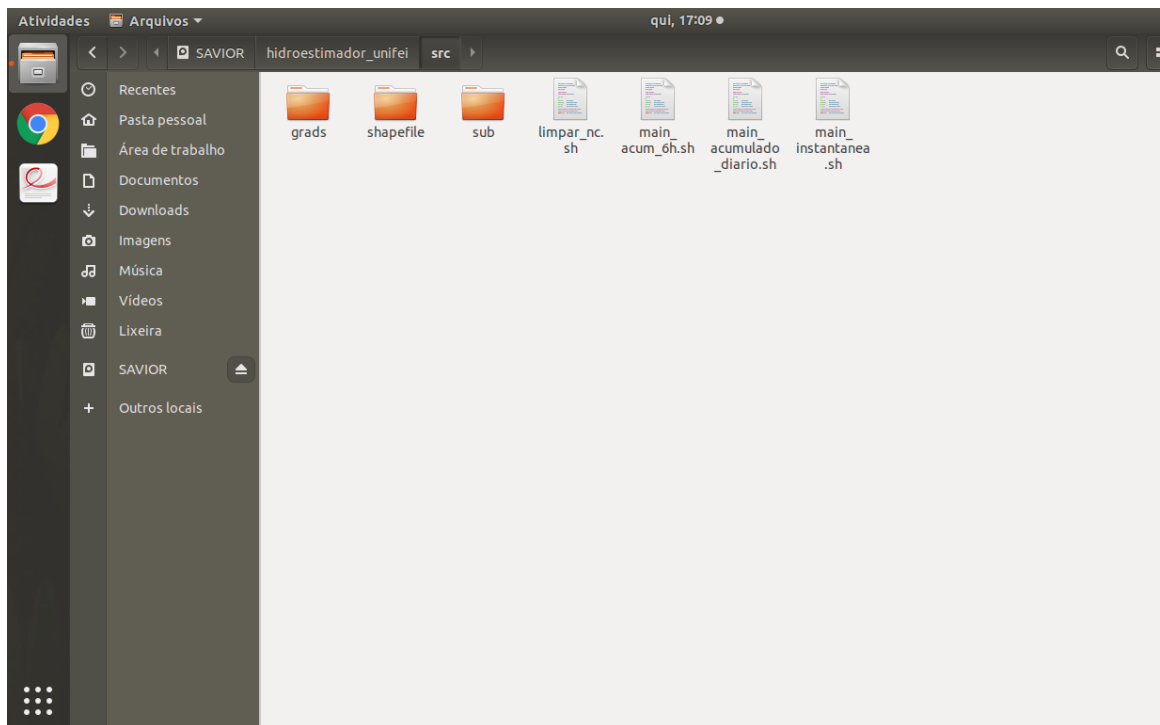


Figura 2 – Organização do diretório **src**.

O *script-shell* principal é o *main_instantanea.sh*, pode ser esquematizado pela Figura 3, esse código tem o objetivo de:

- baixar os arquivos binário do Hidroestimador;
- transformar o arquivo binário em NetCDF (*/sub/cria_ctl.sh* e */sub/cria_nc.sh*);
- plotar imagens de precipitação instantânea para Brasil, Região Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste, Sul e para o estado de Minas Gerais utilizando subrotinas (*/sub/criar_imagem_brasil.sh*, */sub/criar_imagem_CO.sh*, */sub/criar_imagem_N.sh*, */sub/criar_imagem_NE.sh*, */sub/criar_imagem_S.sh*, */sub/criar_imagem_SE.sh*, */sub/criar_imagem_CO.sh* e */sub/criar_imagem_MG.sh*);
- upar o dado baixado e imagens feitas a cada 10 min para o ftp do site do curso Ciências Atmosféricas, para que o usuário possa visualizar essa estimativa de precipitação.

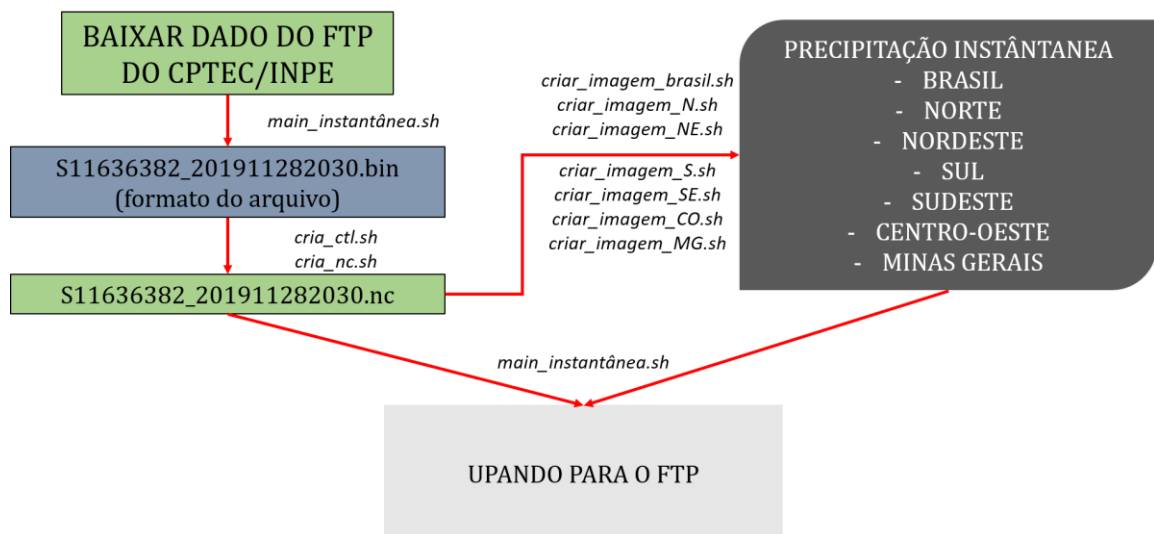


Figura 3 – Esquematização do *script-shell* nominado *main_instantanea.sh*.

A cada rodada, o *main_instantanea.sh* cria um arquivo *lista.txt* com os últimos três arquivos do ftp do CPTEC/INPE e o último arquivo é baixado. Após isso, esse arquivo é transformado em arquivo com extensão NetCDF através do *software* CDO, 7 imagens de precipitação instantânea são geradas pelo GrADS, e para finalizar esses arquivos são upados no ftp do site *meteorologia.unifei.edu.br*; no total, são criados 8 arquivos (Tabela 1), apenas o arquivo do Hidroestimador é mantido no diretório **output**, as imagens são apagadas.

Tabela 1 – Descrição dos arquivos gerados e respectivos tamanhos para *main_instantanea.sh*.

| NOME DO ARQUIVO | TAMANHO (Kb) | TAMANHO TOTAL (Mb) |
|---------------------------|--------------|--------------------|
| S11636382_201911280000.nc | 4263 | 5,62 |
| ultima_img_brasil.png | 245 | |
| ultima_img_CO.png | 179 | |
| ultima_img_MG.png | 477 | |
| ultima_img_N.png | 253 | |
| ultima_img_N.png | 151 | |
| ultima_img_S.png | 11 | |
| ultima_img_SE.png | 173 | |

O segundo *script-shell* a ser executado é o *main_acum_6h.sh*, esquematizado pela Figura 4, e tem por objetivo:

- juntar os arquivos das últimas 6 horas em um único;
- calcular o acumulado dessas 6 horas, visando o passo temporal dos arquivos, ou seja, é necessário multiplicar os dados por $\Delta t = \frac{10}{60}$;
- georreferenciar os pontos de grade do Hidroestimador com as coordenadas geográficas dos municípios do Sul de Minas Gerais.

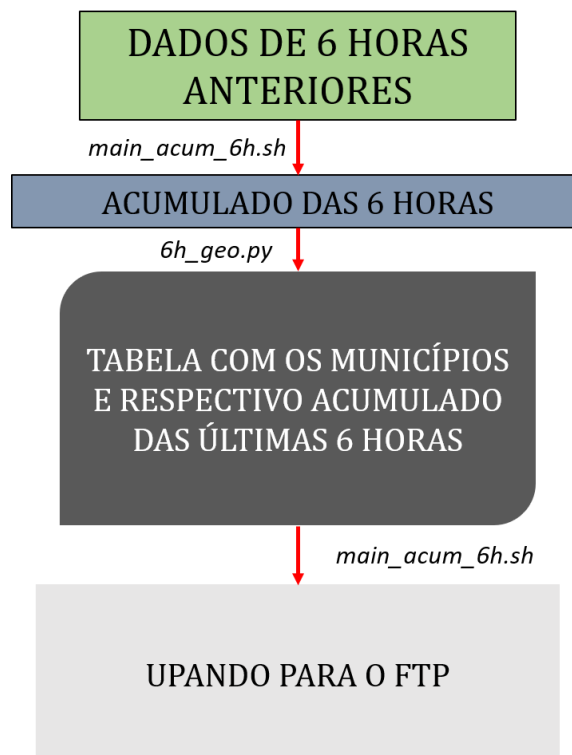


Figura 4 – Esquematização do *script-shell* nominado *main_acum_6h.sh*.

A cada rodada, o *main_acum_6h.sh* utiliza o subdiretório 6horas no diretório **output** para os cálculos. É criado um arquivo com as últimas 6 horas (*ultimas_6h.txt*), que resgata os respectivos arquivos do Hidroestimador, após isso é realizado o cálculo do acumulado de precipitação nesse período (*acum_6h.nc*) através do CDO. O próximo passo é georreferenciar os pontos de grade do *acum_6h.nc* com o *shapefile* do Sul de Minas Gerais pela linguagem *Python*, e assim é gerada uma tabela (*media_municipios.txt*) com todos os municípios da região e o acumulado de precipitação das últimas 6 horas. Após isso, todos os arquivos são apagados, exceto o arquivo *media_municipios.txt*, no qual é upado para o ftp.

Tabela 2 – Descrição dos arquivos gerados e respectivos tamanhos para *main_acum_6h.sh*.

| NOME DO ARQUIVO | TAMANHO (Kb) | TAMANHO TOTAL (Mb) |
|----------------------|--------------|--------------------|
| acum_6h.nc | 4506 | 130,81 |
| acum_6h_.nc | 4506 | |
| acum_horario_dia.nc | 22323 | |
| hidro_horario_dia.nc | 80282 | |
| nc_acum.nc | 22323 | |
| ultimas_6h.txt | 0,07 | |
| 6h_geo.py | 2 | |
| media_municipios.txt | 3 | |

O terceiro *script-shell* utilizado é o *main_acumulado_diario.sh*, esquematizado pela Figura 5. Esse código visa:

- juntar todos os arquivos de 00Z do dia em questão até 2350Z;
- acumular a precipitação em um único arquivo;
- criar imagem do acumulado diário de precipitação para o Brasil.

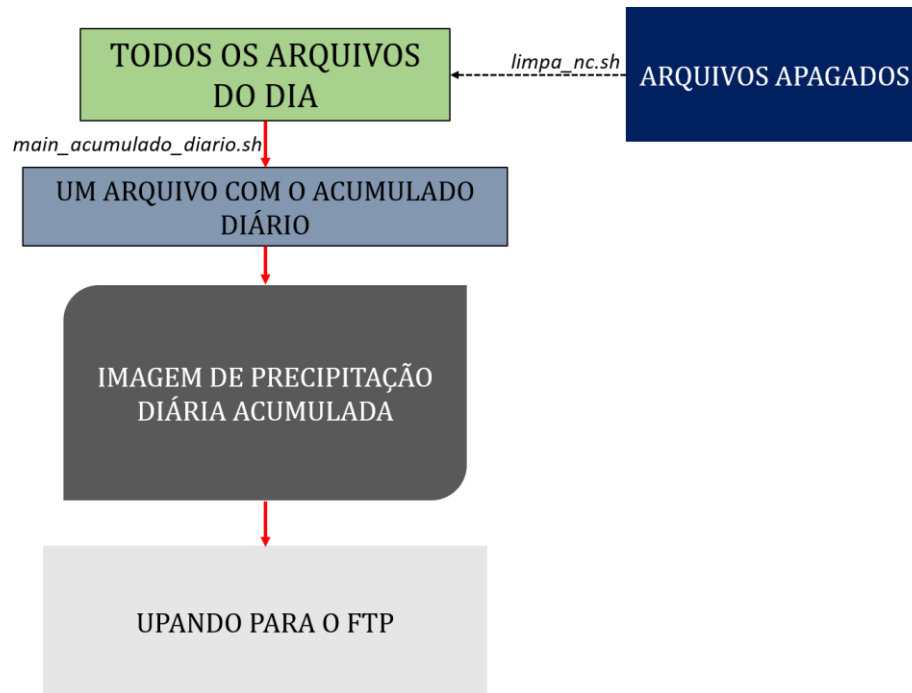


Figura 5 – Esquemática do *script-shell* nominado *main_acumulado_diario.sh*

Esse código possui rodada diária, então só precisa ser utilizado uma vez ao dia. Ao rodar, o *main_acumulado_diario.sh* gera um arquivo com todos os arquivos a cada 10 min do dia (*hidroestimador_dia.nc*), assim é possível acumular diariamente a precipitação pelo CDO. Após isso, é gerada a imagem do acumulado diário de precipitação para o Brasil com o GrADS, todos os arquivos criados para esse cálculo são apagados, e somente a imagem é upada no ftp.

Tabela 3 – Descrição dos arquivos gerados e respectivos tamanhos para *main_acumulado_diario.sh*.

| NOME DO ARQUIVO | TAMANHO (Kb) | TAMANHO TOTAL (Mb) |
|-------------------------------|--------------|--------------------|
| hidroestimador_dia.nc | 463463 | 489,05 |
| hidroestimador_dia_.nc | 17818 | |
| hidroestimador_dia_acum.nc | 17818 | |
| hidroestimador_brasil_acum.gs | 824 | |
| gera_acum.gs | 216 | |
| hidroestimador_dia.ctl | 327 | |
| precip_diaria_hidro_dia.png | 318 | |

O último código *limpa_nc.sh* serve para limpar o diretório **output** toda vez que o acumulado diário é calculado, e assim não é mais necessário o uso dos arquivos do dia anterior.

3.2 input

O diretório **input** armazena o último dado baixado no ftp do CPTEC/INPE e também é o local em que ocorre a conversão do arquivo binário (.bin) para o NetCDF, e logo após isso o arquivo .bin é apagado. Além disso, o *software* GrADS realiza todo o processamento das imagens nessa pasta, gerando os seus arquivos no **output**.

3.3 output

O diretório **output** possui um subdiretório 6horas para cálculo do acumulado das últimas 6 horas de precipitação do *main_acum_6h.sh*, em que fica armazenada a tabela dos municípios. No diretório, os arquivos do Hidroestimador em NetCDF fica armazenado durante todo o dia (UTC), após isso, há a limpeza desse diretório para os novos dados do dia seguinte. As imagens geradas também ficam no **output**, porém a cada rodada, são apagadas.

4. PROCEDIMENTO PARA PROCESSAR O PRODUTO

Para a utilização do produto, é necessário ter pré-instalado os seguintes recursos, além de acesso à *Internet*:

- a. *software* CDO;
- b. *software* GrADS;
- c. Linguagem Python3;
- d. Módulos: geopandas, xarray, pandas.

Para a instalação do produto, seguir o procedimento:

- 1) Entrar no diretório "**src/**" e "**src/sub/**" e mudar as informações do caminho, em que a pasta "hidroestimador_unifei" está localizada, nos *scripts-shell*. A informação do caminho deverá ser colocada na variável "**PATH_name**" no começo de todos os arquivos com extensão *.sh*.
- 2) Após isso, é necessário montar um **cron** para automatizar o processo dos quatro códigos. Acesse o terminal, e utilize o comando "**crontab -e**", esse comando serve para criar um novo arquivo **cron**.

- Escreva no arquivo aberto pelo terminal:

```
*/5 * * * * /bin/bash
```

```
/caminho/da/pasta/hidroestimador_unifei/src/main_instantanea.sh
```

Como no ftp do CPTEC/INPE, os dados são upados a cada 10 minutos, configura-se o cron para fazer a verificação de novos arquivos a cada 5 minutos.

```
13 * * * * /bin/bash
```

```
/caminho/da/pasta/hidroestimador_unifei/src/main_acum_6h.sh
```

O último arquivo de cada hora (50 min) é upado no ftp do CPTEC/INPE depois dos primeiros 7 minutos de cada hora, portanto, é necessário um intervalo seguro para ter todos os arquivos de uma hora completa.

```
12 21 * * * * /bin/bash
```

```
/caminho/da/pasta/hidroestimador_unifei/src/main_acumulado_diario.sh
```

O último arquivo do dia é upado no ftp do CPTEC/INPE depois de 21:06 (BRT), portanto, é necessário um intervalo seguro para ter todos os arquivos do dia no diretório para realizar o acumulado diário.

```
52 03 * * * * /bin/bash /caminho/da/pasta/hidroestimador_unifei/src/limpa_nc.sh
```

Esse cron serve para limpar todos os arquivos .nc do dia anterior (UTC) e assim, só pode ser utilizado quando os arquivos não forem mais úteis tanto para o acumulado diário quanto para o acumulado das últimas 6 horas.

Obs.: O formato cron é dado como:

*min hora dia mês ano ; caminho da função utilizada para rodar o programa ;
caminho do programa que roda/programa que roda.*

- No terminal, digitar “**sudo service cron start**”, para iniciar a automatização do produto.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este documento apresentou o produto de estimativa de precipitação por satélite (o algoritmo Hidroestimador) contextualizado para a região de Itajubá. Este produto estima a precipitação empregando-se da temperatura do canal infravermelho do satélite GOES-16.

A grande importância deste produto reside no fato que são escassas informações regionalizadas sobre a estimativa de precipitação por satélite e essas informações podem ser essenciais na contribuição para uma veiculação eficiente de estratégias que antecipem eventos severos de tempo, a fim de minimizar ou até mesmo eliminar os prejuízos causados aos diversos setores da sociedade, podendo ser beneficiadas com tal produto.

O produto foi estruturado em três diretórios, sendo cada um responsável por uma etapa do processamento do funcionamento do produto. Neste documento foi mostrado como foi desenvolvido cada processo.

Espera-se que este produto auxilie o monitoramento da precipitação pelos meteorologistas e que combinado com outras ferramentas de previsão de curtíssimo prazo possa melhorar a detecção e previsibilidade de sistemas precipitantes intensos. Este produto pode auxiliar na emissão de alertas e avisos meteorológicos para a antecipação de ocorrência de tempestades intensas. Além disso, o produto desenvolvido pode ser utilizado por pesquisadores. Este produto e seus códigos são de acesso livre, o que permite a qualquer usuário ou pesquisador implementar mudanças e melhorias conforme suas necessidades locais.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

VICENTE, G. A.; SCOFIELD, R. A.; MENZEL, W. P. The operational GOES infrared rainfall estimation technique. **Bull. Amer. Meteor. Soc.**, 79, 1883-1898, 1998.