

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ**

**FABIANA TEIXEIRA DE SOUZA  
IVANA RIÊRA PEREIRA BASTOS  
RAQUEL GONÇALVES PEREIRA  
THAÍS APARECIDA CORTEZ PINTO**

**DESCRIÇÃO DO PRODUTO PARA PLOTAGEM DO DIAGRAMA SKEW-T LOG-P  
MEDIANTE DADOS DO MODELO GLOBAL FORECAST SYSTEM (GFS)**

**ITAJUBÁ  
2020**

# SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. DESCRIÇÃO DO PRODUTO	2
3. ORGANIZAÇÃO DA ESTRUTURA COMPUTACIONAL DO PRODUTO	3
3.1. MÓDULO 1	3
3.2. MÓDULO 2	4
3.3. MÓDULO 3	5
3.4. MÓDULO 4	6
3.5. MÓDULO 5	7
3.6. MÓDULO 6	7
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	8
5. AGRADECIMENTOS	8

## 1. INTRODUÇÃO

Este manual foi desenvolvido como parte da disciplina Ferramentas de Previsão de Curtíssimo Prazo (*nowcasting*), ministrada pelo professor Dr. Enrique Vieira Mattos no curso de Ciências Atmosféricas, na Universidade Federal de Itajubá.

No que diz respeito à Previsão de Curtíssimo Prazo, os produtos de operação são importantes pois, através da análise que os meteorologistas fazem de seus resultados, são emitidos alertas de eventos severos, que podem causar danos e prejuízos à sociedade como um todo.

Sendo assim, o objetivo da disciplina foi não só aprender a teoria envolvida na realização do *nowcasting*, mas, também, desenvolver um produto gratuito que auxiliasse nesta previsão. A previsão é realizada a partir de etapas e, na primeira etapa, a Pré-Convectiva, é necessário um estudo detalhado das condições atmosféricas para entender se há ou não possibilidade de formação de nuvens convectivas.

As alunas ficaram responsáveis por desenvolver e implementar um produto que realizasse a plotagem do diagrama Skew-T log-P e índices de instabilidade, a partir de dados de saída de modelo, para Itajubá, cidade em que se localiza a Universidade, para algumas cidades do estado de Minas Gerais, visando abranger todas as regiões do estado, para a capital do Brasil, e também, para as capitais de todos estados brasileiros.

O produto foi desenvolvido e disponibilizado em modo operacional no site de meteorologia da Universidade Federal de Itajubá (<https://meteorologia.unifei.edu.br>) com a finalidade de monitorar o perfil vertical atmosférico nesta região, uma vez que este dado é disponibilizado, geralmente, apenas em aeroportos, pois necessita da radiossondagem para a verificação deste perfil vertical das variáveis meteorológicas.

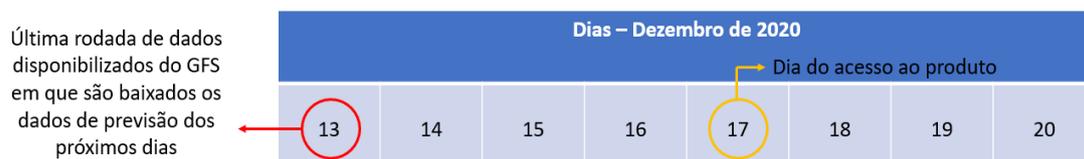
Tendo em vista o alto custo de aquisição e manutenção de uma radiossondagem, bem como a ausência da mesma na região, optou-se por operacionalizar o produto com dados de saída do modelo Global Forecast System (GFS), que são disponibilizados, gratuitamente, com 3 dias de atraso (em relação ao dia atual do calendário), porém, com previsão para 384 horas a partir do momento da rodada. Além disso, como o GFS fornece dados acerca do tempo futuro (dados de previsão), é possível plotar o diagrama e estimar os índices não só para o tempo presente, mas também, para o futuro, de modo que o produto auxilia não só na etapa pré-convectiva, mas, seja, também, uma ferramenta para previsão do tempo.

Serão explicitadas nos próximos tópicos as características do produto de plotagem do diagrama Skew-T log-P e índices de instabilidade, desenvolvimento de

cada rotina computacional, o procedimento necessário para o processamento dos dados de saída do modelo GFS, e, também, exemplos de saídas e formas de validação.

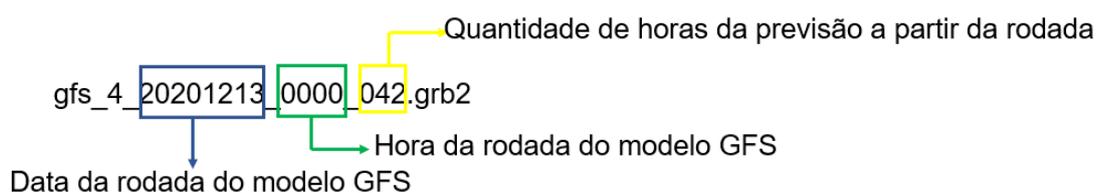
## 2. DESCRIÇÃO DO PRODUTO

São utilizados dados de saída do modelo GFS. Estes dados são disponibilizados diariamente, entretanto, com um atraso de 4 dias. A cada rodada do modelo é disponibilizada, também, a previsão para as próximas 384 horas, isto é, 16 dias. Entretanto, devido a confiabilidade da previsão, o produto utilizará apenas as 186 horas de previsão, a partir das 24 horas, para diversas cidades do Brasil, com ênfase nas cidades do estado de Minas Gerais e as capitais brasileiras. Como o produto é rodado automaticamente a partir de 3 horas da manhã de cada dia, são pegos dados de 4 dias anteriores à data atual para que não haja problemas com dados faltantes conforme esquema na figura 1.



**Figura 1.** Exemplo do download dos dados com base no calendário e acesso ao produto dia 17/12/2020.

São baixados 4 dados por dia, em que ambos possuem a mesma denominação classificada no exemplo (figura 2), apenas variando as horas de previsão.



**Figura 2.** Descrição da nomenclatura de um dado baixado do ftp do GFS, utilizado no produto.

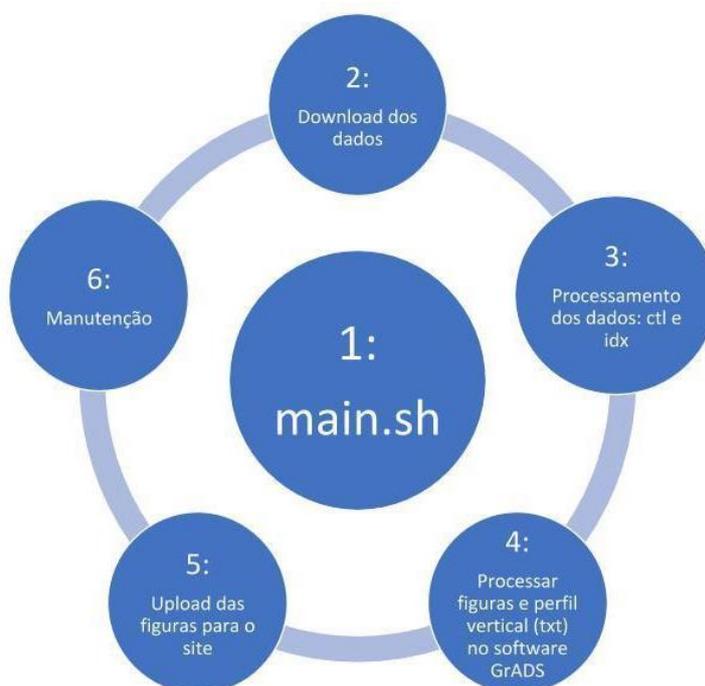
Um exemplo dos dados baixados para a rodada do produto no dia 17/12/2020 encontra-se na tabela abaixo:

Dia 13	Dia 14	Dia 15	Dia 16	Dia 17	Dia 18	Dia 19	Dia 20
gfs_4_20201213_0000_000.grb2	gfs_4_20201213_0000_024.grb2	gfs_4_20201213_0000_048.grb2	gfs_4_20201213_0000_072.grb2	gfs_4_20201213_0000_096.grb2	gfs_4_20201213_0000_120.grb2	gfs_4_20201213_0000_144.grb2	gfs_4_20201213_0000_168.grb2
gfs_4_20201213_0600_000.grb2	gfs_4_20201213_0000_030.grb2	gfs_4_20201213_0000_054.grb2	gfs_4_20201213_0000_078.grb2	gfs_4_20201213_0000_102.grb2	gfs_4_20201213_0000_126.grb2	gfs_4_20201213_0000_150.grb2	gfs_4_20201213_0000_174.grb2
gfs_4_20201213_1200_000.grb2	gfs_4_20201213_0000_036.grb2	gfs_4_20201213_0000_060.grb2	gfs_4_20201213_0000_084.grb2	gfs_4_20201213_0000_108.grb2	gfs_4_20201213_0000_132.grb2	gfs_4_20201213_0000_156.grb2	gfs_4_20201213_0000_180.grb2
gfs_4_20201213_1800_000.grb2	gfs_4_20201213_0000_042.grb2	gfs_4_20201213_0000_066.grb2	gfs_4_20201213_0000_090.grb2	gfs_4_20201213_0000_114.grb2	gfs_4_20201213_0000_138.grb2	gfs_4_20201213_0000_162.grb2	gfs_4_20201213_0000_186.grb2

As linguagens utilizadas para a realização de todas as rotinas computacionais envolvidas foram: *Shell Script* e GrADS. De forma geral, o GrADS é responsável pela extração dos dados no formato *grib2* e na elaboração do diagrama Skew-T log P, perfil vertical e cálculos dos índices de instabilidade e o *Shell Script* comanda todas as rotinas.

### 3. ORGANIZAÇÃO DA ESTRUTURA COMPUTACIONAL DO PRODUTO

As rotinas para o produto de plotagem do Diagrama Skew-T Log-P são divididas em 6 módulos, que englobam desde o download dos dados até a plotagem do diagrama e índices, que são processados da seguinte forma:



**Figura 3.** Etapas de processamento do produto.

#### 3.1. MÓDULO 1

O primeiro módulo do produto é definido pelo programa “main.sh”, uma rotina da linguagem de programação *Shell Script*. Esta rotina é responsável por controlar e executar os próximos módulos do produto, bem como definir a data de partida para execução dos demais passos. A partir da definição desta data, com base na disponibilidade dos dados do GFS, os próximos módulos são executados para os quatro horários sinóticos deste dia (00, 06, 12 e 18Z) bem como para 186 horas de previsão, com dados de 6 em 6 horas a partir da rodada de 00Z do modelo na data definida neste

primeiro módulo. Na figura 4, encontra-se um print do programa, que define a data de execução e comanda os próximos módulos.

```

dir="/home/reboita/Documentos/Produtos/skewt_indices"
dia=date('d', '-3 days')
mes=date('m', '-3 days')
ano=date('Y', '-3 days')
hora="00"
prev="186"

#executa o download
sh ${dir}/download.sh $dir $dia $mes $ano $hora $prev

#Cria os ctls e idx
sh ${dir}/ctl.sh $dir $dia $mes $ano $hora $prev

#Gera Figuras
sh ${dir}/figuras.sh $dir $dia $mes $ano $hora $prev

#faz upload para o site
sh ${dir}/upload.sh $dir

#apaga os dados baixados, figuras geradas e arq temporarios.
sh ${dir}/manutencao.sh $dir

```

**Figura 4.** Print do programa “main.sh”, que define a data e comanda os próximos módulos do programa.

### 3.2. MÓDULO 2

O segundo módulo do produto está relacionado com o download dos dados. Para baixar de forma automática os dados da previsão e os dados de análise do GFS, foi criada uma rotina em linguagem de programação Shell Script “download.sh”. Esse script utiliza o diretório, dia, mês, ano, hora e a previsão indicadas no programa “main.sh” e através do comando wget baixa os dados de forma automática. Vale ressaltar que os dados são horários, disponibilizados com um atraso de 4 dias, portanto, o download dos dados ocorre com base nesta premissa. Para contornar este problema, para cada dia de dados baixados, são baixados, também, 28 dados horários de previsão, disponibilizando, assim, o acervo de dados de análise dos 4 dias posteriores à rodada das 00Z do último dia disponível e, também, de previsão para o dia do acesso ao produto e para os 4 horários sinóticos (00, 06, 12, 18Z) dos próximos 4 dias. Os dados com extensão .grib2 possuem 86 mb cada, e, como são baixados 28 dados (4 dados horários por dia), totalizam 2.408 mb de dados brutos por rodada do produto.

### 3.3. MÓDULO 3

A função deste módulo é tornar os dados baixados, de extensão .grib2, apropriados para a leitura e processamento no software GrADS, através da criação dos arquivos .ctl e .idx para cada dado baixado.

O .ctl é criado a partir de um script disponibilizado no site da *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA), que, através do comando *perl*, criará o .ctl e o .idx, para que o dado possa ser manipulado no software.

Este processo é feito tanto para os dados de análise quanto para os da previsão e, no final, será criada uma pasta que conterá todos estes arquivos, com denominações, para um arquivo exemplo:

```
gfs_4_20200802_0000_000.grb2
gfs_4_20200802_0000_000.grb2.ctl
gfs_4_20200802_0000_000.grb2.idx
```

em que: **gfs\_4** são informações do modelo, **20200802** a data referente ao dado baixado (02 de agosto de 2020), **0000** o horário do dado e **000** as informações acerca do horário da previsão. Um arquivo .ctl ocupa 12 kb de memória e o .idx 5 kb, totalizando 476 kb.

Ao abrir no software GrADS (comando *open*) este dado de exemplo, citado anteriormente, obtemos as seguintes informações - através do comando *query file* (*q file*) (figura 5):

```
ga-> open gfs_4_20200802_0000_000.grb2.ctl
Scanning description file: gfs_4_20200802_0000_000.grb2.ctl
Data file /home/ivana/Downloads/teste_txt/gfs_4_20200802_0000_000.grb2 is open
as file 1
LON set to 0 360
LAT set to -90 90
LEV set to 1000 1000
Time values set: 2020:8:2:0 2020:8:2:0
E set to 1 1
ga-> q file
File 1 : /home/ivana/Downloads/teste_txt/gfs_4_20200802_0000_000.grb2
Descriptor: gfs_4_20200802_0000_000.grb2.ctl
Binary: /home/ivana/Downloads/teste_txt/gfs_4_20200802_0000_000.grb2
Type = Gridded
Xsize = 720 Ysize = 361 Zsize = 34 Tsize = 1 Esize = 1
Number of Variables = 149
```

**Figura 5.** Informações do dado “gfs\_4\_20200802\_0000\_000.grb2.ctl”, obtidas através do comando *query file* (*q file*) no software GrADS.

Na primeira e segunda linha encontram-se informações acerca da longitude e latitude, que variam de 0 a 360° e -90 a 90°, respectivamente. Em sequência, o nível de pressão de referência (1000 mb) e, também, o dia e horário do dado que está sendo analisado (00Z do dia 02/08/2020).

O comando *q file* fornece outras informações deste dado, tais como: 720 pontos de grade em X, 361 pontos em Y (resolução de 0,5°, isto é, 50 km), 34 níveis de pressão (perfil vertical), 1 tempo (00 Z, já citado anteriormente) e, também, 149 variáveis.

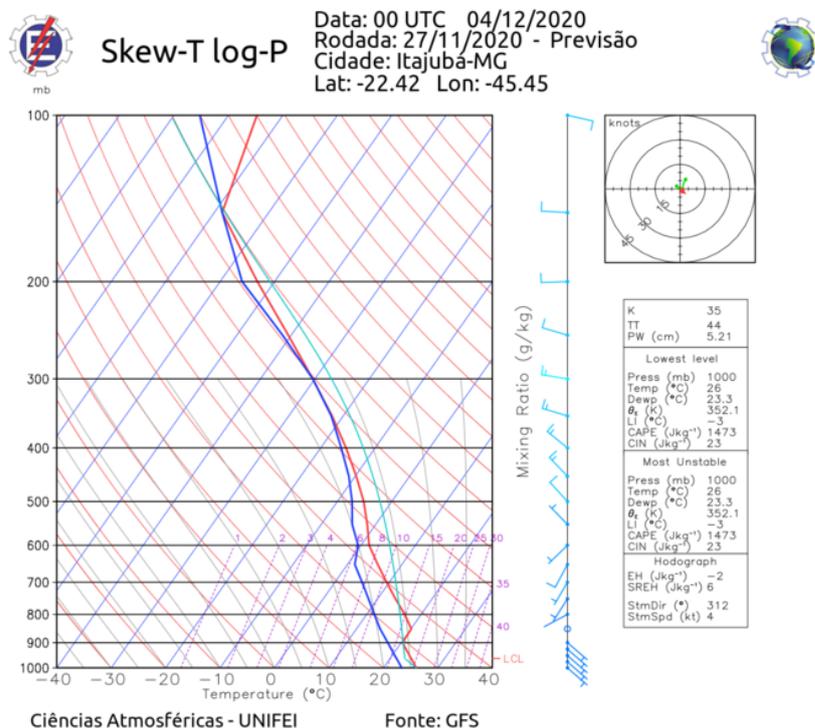
### 3.4. MÓDULO 4

Neste módulo serão geradas as figuras do diagrama Skew-T, a partir dos dados já processados.

A partir das datas pré-estabelecidas no main.sh, o programa faz um looping para que todas as latitudes e longitudes determinadas previamente, em um arquivo .txt, sejam lidas. Foram selecionadas 89 cidades em todo território brasileiro, englobando as 27 capitais das unidades federativas e outras 62 cidades localizadas no estado de Minas Gerais.

Após armazenar as informações de cada cidade em uma nova variável, o comando no programa é para que essas informações sejam inseridas em um script “temporário” (de extensão .gs) que, posteriormente, será utilizado para gerar o diagrama Skew T log P no software GrADS, porém, ainda sem a configuração e design final. As variáveis utilizadas para plotar o diagrama são: temperatura do ar, umidade relativa, vento zonal e vento meridional.

Posterior a execução deste arquivo temporário, que gera o diagrama, são inseridas máscaras para que o diagrama fique padronizado e individualizado, caracterizando o produto e o modo como o qual foi realizado (figura 6). Como são rodadas 32 figuras para cada uma das 89 cidades, totalizam 2.848 arquivos .png por rodada do produto.



**Figura 6.** Exemplo da figura do diagrama Skew-T plotado no site.

Além disso, é criado também um arquivo de extensão .txt, com o perfil vertical das variáveis que variam com os níveis de pressão (figura 7), que são: temperatura do ar (°C), temperatura do ponto de orvalho (°C), umidade relativa (%), vento zonal (m/s), vento meridional (m/s) e razão de mistura de chuva (kg/kg), em que as variáveis estão dispostas em colunas, separadas por “;” e cada linha representa um nível de pressão. Além disso, na primeira linha, em cada coluna, encontra-se o nome e a unidade da variável, separadas por “\_”. Como são rodados 32 arquivos para cada uma das 89 cidades, totalizam 2.848 arquivos .txt por rodada do produto.

```

2020120400_1 - Bloco de Notas
Arquivo Editar Formatar Exibir Ajuda
Pressao_hPa;Temp_C;Td_C;UR_;VentoU_ms;VentoV_ms;TaxaMisturadeChuva_KgKg
1000;22.15 ;13.85 ;58.5 ;-1.5816 ;0.381299 ;0
975;20.75 ;12.45 ;58.5 ;-1.57334 ;0.383782 ;0
950;19.35 ;11.05 ;58.5 ;-1.57807 ;0.383179 ;0
925;17.8162 ;9.55619 ;58.7 ;-1.55969 ;0.369978 ;0
900;18.75 ;8.82999 ;50.4 ;-2.50568 ;0.462668 ;0
850;15.0162 ;5.5562 ;52.7 ;-2.62265 ;0.933232 ;0
800;10.35 ;2.94997 ;63 ;-1.93844 ;0.704131 ;0
750;5.31622 ;0.796217 ;77.4 ;-0.343569 ;2.05312 ;0
700;3.5162 ;-11.0038 ;27.4 ;-0.701501 ;5.2796 ;0
650;5.31622 ;-14.1438 ;2.7 ;0.242107 ;7.97045 ;0
600;0.557397 ;-18.7426 ;3.5 ;2.93844 ;9.23668 ;0
550;-4.57703 ;-23.997 ;2.9 ;7.11621 ;10.9551 ;0
500;-10.55 ;-29.73 ;4.1 ;10.6954 ;11.2763 ;0
450;-16.65 ;-35.01 ;8.2 ;16.0274 ;10.6434 ;0
400;-22.15 ;-40.87 ;6.4 ;24.6366 ;10.3374 ;0
350;-27.55 ;-46.69 ;4.3 ;32.9 ;5.73487 ;1e-08
300;-36.6502 ;-54.6702 ;9.9 ;35.6678 ;5.8 ;6.25247e-09
250;-45.55 ;-62.75 ;14 ;33.9406 ;9.46964 ;5.8632e-09
200;-53.3907 ;-70.9707 ;12.1 ;35.8863 ;3.40275 ;5.62305e-09
150;-62.65 ;-79.71 ;14.7 ;33.476 ;5.36131 ;4.7e-09
100;-68.9268 ;-85.0468 ;19.4 ;13.8106 ;5.84068 ;3.47e-09
70;-68.35 ;-85.79 ;12.8 ;3.43296 ;3.15903 ;-9.99e+08
50;-63.62 ;-82.46 ;5.8 ;-4.72553 ;-1.16471 ;5.2e-10
40;-61.4523 ;-9.99e+08 ;-9.99e+08 ;-9.99e+08 ;-9.99e+08 ;-9.99e+08
30;-56.05 ;-75.85 ;1 ;-8.9836 ;1.79752 ;-9.99e+08
20;-49.55 ;-69.51 ;0.2 ;-9.25825 ;-0.827529 ;-9.99e+08
15;-48.35 ;-9.99e+08 ;-9.99e+08 ;-9.99e+08 ;-9.99e+08 ;-9.99e+08
10;-49.25 ;-69.21 ;0.2 ;-13.1668 ;9.21635 ;-9.99e+08
7;-42.35 ;-62.33 ;0.1 ;-7.58883 ;9.91224 ;-9.99e+08
5;-30.1554 ;-50.1554 ;0 ;-13.6907 ;10.3384 ;-9.99e+08
3;-29.5697 ;-49.5697 ;0 ;-15.8409 ;4.55795 ;-9.99e+08
2;-21.6358 ;-41.6358 ;0 ;-16.1999 ;3.49991 ;-9.99e+08
1;-12.411 ;-32.411 ;0 ;-12.4308 ;-1.52724 ;-9.99e+08
0.4;-26.1608 ;-9.99e+08 ;-9.99e+08 ;-9.99e+08 ;-9.99e+08 ;-9.99e+08

```

**Figura 7.** Exemplo do perfil vertical das variáveis gerado no site.

### 3.5. MÓDULO 5

Neste módulo é realizado o upload das imagens finais e do txt (que contém o perfil vertical das variáveis) gerados no módulo anterior para o site. Através do programa “lftp”, executado em Shell Script, as imagens são enviadas para o servidor do site (<https://meteorologia.unifei.edu.br/produtos/skewt/>). Somando o espaço ocupado pelos 2.848 arquivos .png e 2.848 arquivos .txt, a ocupação de memória por rodada do produto é de, aproximadamente, 0,6 gb.

### 3.6. MÓDULO 6

Por fim, no módulo de manutenção, através do programa manutencao.sh, apaga as pastas “dados”, “saída” e o arquivo temporário utilizado para gerar o diagrama no GrADS, a fim de não sobrecarregar o computador.

#### **4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Este arquivo visa apresentar o produto de plotagem do Diagrama Skew T log P desenvolvido durante a disciplina de Nowcasting. Este produto gera o diagrama Skew T log P e os índices de instabilidade ou estabilidade atmosférica às 00, 06, 12 e 18 Z. O produto visa auxiliar o nowcasting de todo território brasileiro, visto que o diagrama Skew T é utilizado na etapa Pré-Convectiva para determinar o perfil da atmosfera, e, também, ser ferramenta para pesquisas nesta temática, com enfoque no estado de Minas Gerais. Além disso, como o modelo GFS fornece dados de previsão, o produto é útil para a previsão do tempo, um diferencial ao plotar o diagrama com dados de modelo, visto que o lançamento de radiossondagens não apresenta informações sobre o tempo futuro, apenas acerca do momento em que a radiossondagem é lançada, limitando o estudo da atmosfera. A documentação expõe a ideia principal de cada rotina executada nas linguagens Shell Script, e GrADS. O produto encontra-se em operação e pode ser acessado no site de meteorologia da UNIFEI (<https://meteorologia.unifei.edu.br/produtos/skewt>).

#### **5. AGRADECIMENTOS**

As alunas agradecem o colega Christie André de Souza pela disposição e prontidão ao tirar todas as dúvidas e auxiliar durante o processo de criação e implementação do produto.