



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES  
**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS**

**PIBIC-PIBIT/CNPQ/INPE  
RELATÓRIO TÉCNICO DE  
ATIVIDADES**

[Referente ao período: 00/00/2023 à 00/00/2023]

**Número do Processo Institucional:**

**Número do Processo Individual:**

**Bolsista:** João Antônio Arriada Beskow

**Orientador:** João Gerd de Mattos

**Coorientador:** Fabrício Pereira Harter

**Área:** Meteorologia

**Vigência original da bolsa:** 00/00/2022 à 00/00/2023

**Modalidade da bolsa:** PIBIC

# **RELATÓRIO TÉCNICO**

# **IMPACTO DA ASSIMILAÇÃO DE DADOS NA Pnt GLOBAL E REGIONAL do CICLONE SUBTROPICAL YAKECAN**

## **1 Resumo do Projeto**

Ciclones são centros de baixa pressão atmosférica, com gradiente de pressão no sentido oposto ao seu núcleo. Estas massas de ar giram no seu sentido horário no Hemisfério Sul e anti-horário no Hemisfério Norte, desde a superfície até níveis elevados da atmosfera. A previsão desde a gênese (formação) até a oclusão (fase em que o ciclone diminui de intensidade e desaparece) de ciclones no sul do Brasil é de fundamental importância para a previsão de tempo, pois geralmente estão associadas a frentes frias, ressacas, ventos fortes e precipitação intensa ao longo de sua trajetória (Holton, 2004). Os ciclones são classificados em Extratropical, Tropical e Subtropical.

Os ciclones extratropicais apresentam um núcleo frio em altos níveis e estão associados às frentes frias. A região à leste da cordilheira dos Andes, onde está localizada a região sul do Brasil, é uma região favorável à formação e intensificação de ciclones e apresenta grandes variações (espaciais e temporais) das variáveis meteorológicas, como pressão, temperatura, umidade e ventos. Utilizando 17 anos de dados para todo o Hemisfério sul, (Sinclair, 1995) encontrou algumas regiões ciclogênicas na América do sul (AS). Particularmente, dois centros de máxima ocorrência durante o ano foram encontrados na vizinhança da região sul do Brasil; um próximo ao Uruguai (máximo no inverno) e outro próximo do golfo de San Matias, na Argentina (máximo no verão). No trabalho de (Gan & Rao, 1991) se relaciona o máximo observado sobre o Uruguai à instabilidade baroclínica e efeito da montanha. Enquanto o máximo sobre o golfo de San Matias, foi relacionado, ao processo de instabilidade baroclínica na corrente dos ventos de oeste, intensificados pelo contraste continente-oceano. Quando ocorre o aprofundamento da pressão à superfície de 1 Bergeron, ou seja, 1 mb/hora em um período de 24 horas para a latitude de  $60^{\circ}$ , tem-se um caso especial de ciclogênese, conhecida como explosiva (Sanders & Gyakum, 1980). Ciclones Tropicais apresentam núcleo quente em baixos níveis da atmosfera. Ciclones Subtropicais são sistemas híbridos, ou seja, com núcleo quente em baixos níveis e frio em altos níveis, ocorrendo

com maior frequência sobre o oceano. Estas características podem ser próprias da sua gênese ou ocorrerem durante a transição de extratropical para subtropical ou de tropical para subtropical.

No dia 17 de maio de 2022, formou-se um ciclone subtropical no sul do Brasil batizado de tempestade Yakecan, cuja posição foi mal representada pelos modelo numéricos de previsão de tempo. Portanto, neste trabalho, objetiva-se verificar se o WRF com pacote de assimilação de dados variacional tridimensional (WRF3DVAR) simulou o sistema meteorológico e se a ingestão das radiâncias de satélite corrigiram a posição de propagação do ciclone subtropical.

Assimilação de Dados (AD) consiste na combinação de um campo de *background*, geralmente um modelo numérico, com dados observados (no caso deste trabalho, radiâncias de satélite), levando-se em conta o conhecimento estatístico, tanto dos erros de observação como de modelagem. AD pode ser entendido com um Problema Inverso, dentro de uma teoria mais ampla, a Teoria de Estimação (Harter, Campos Velho, 2008). O método variacional tri-dimensional é especialmente adequado para a previsão de tempo operacional, pois tem custo computacional inferior a outros métodos variacionais, como variacional quadri-dimensional e sequenciais, como Filtros de Kalman (Harter et al., 2015). Neste trabalho utiliza-se a implementação desenvolvida por Barker et al. (2004) e Barker et al. (2012).

## **2 Objetivos**

O objetivo principal deste trabalho é verificar se o sistema de Assimilação 3DVAR reproduz o sistema meteorológico atuante no sul do Brasil no dia 12/06/2018.

Os objetivos específicos são:  
Compara os resultados do modelo com e sem assimilação;  
Treinar o bolsista na área de modelagem numérica e assimilação de dados.

## **3 Atividades Desenvolvidas durante o período da bolsa**

Durante o período de vigência da bolsa foram realizadas pesquisas científicas para que o bolsista compreendesse melhor o problema abordado. Dentre as principais atividades realizadas, destacam-se:

- Treinamento do bolsista em instalação e utilização de modelo WRF;
- Geração as previsões para o período do ciclo de vida do Yakecan;
- Elaboração de verificações e interpretação dos resultados
- Elaboração da apresentação para o CIC/INPE.

#### **4 Resultados Obtidos em função do Plano de Trabalho proposto**

No dia 16 de maio de 2022, a previsão do tempo em 24 horas, para o litoral oeste das províncias do Rio Grande do Sul (RS) e Santa Catarina (SC), veiculada pela mídia, alertou sobre ventos fortes e possibilidade de neve, devido à tempestade subtropical Yakecan. O Instituto Nacional de Meteorologia emitiu alerta vermelho, o mais grave de seu sistema de classificação de risco, para que escolas e universidades da região sul do RS suspendam as aulas presenciais. Na noite do dia 16 de maio, fortes ventos provocaram o naufrágio de uma embarcação no Lago Guaíba, em Porto Alegre, capital do Rio Grande do Sul, causando a perda de uma vida humana. O Yakecan passou de ciclone extratropical para subtropical e chamou atenção especial de meteorologistas e autoridades, pois suas características, como núcleo de aquecimento em baixos níveis da atmosfera e posição geográfica, foram semelhantes ao furacão Catarina, que atingiu Santa Catarina em 2004. O Catarina é considerado o primeiro furacão registrado no Brasil. No entanto, no dia 17 de maio de 2022, o fenômeno se mostrou intenso como previsto, mas com uma posição mais a leste do que os modelos numéricos indicavam. Por isso, provocou ventos fortes em localidades fechadas a oeste do RS e offshore.

Nas Figuras 1 (a)-(d), é representada a posição e propagação do ciclone, através do aprimoramento da imagem do satélite GOES, no canal infravermelho termal. Essas imagens foram escolhidas porque nesses momentos a simulação do modelo mostrava o ciclone no continente. Pode-se observar nas imagens que às 18 horas do dia 17 de maio de 2022, Figura 1(a), que o núcleo de baixa pressão estava sobre o continente, com ventos paralelos à costa, condição favorável para uma ressalva. A imagem do lead time de 21 e 24 horas mostra, Figuras 1(b) e (c), que o sistema já havia se deslocado em direção ao oceano e a imagem de 28 de maio de 2022, mostra o sistema com núcleo sobre o Atlântico Sul .

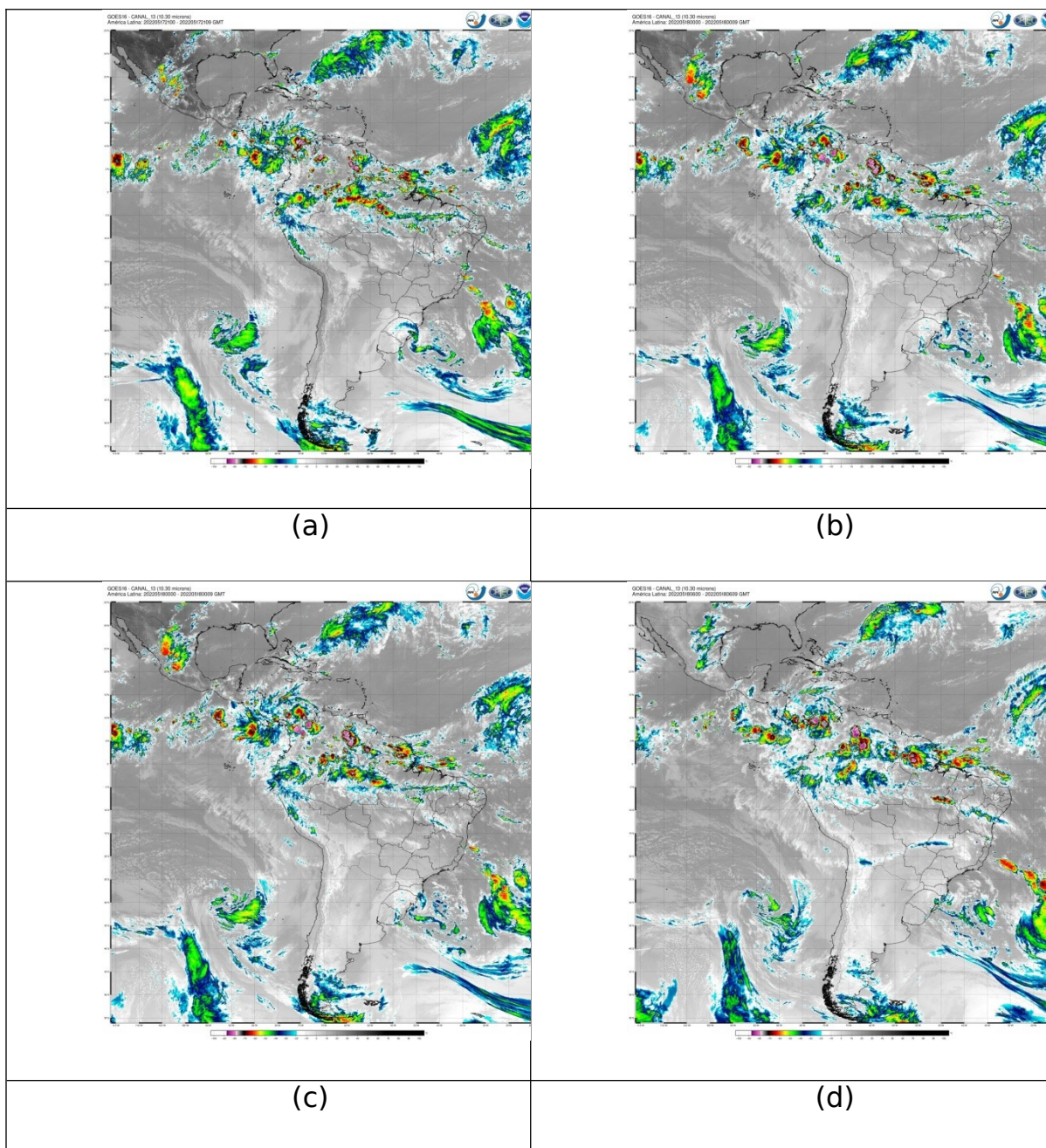
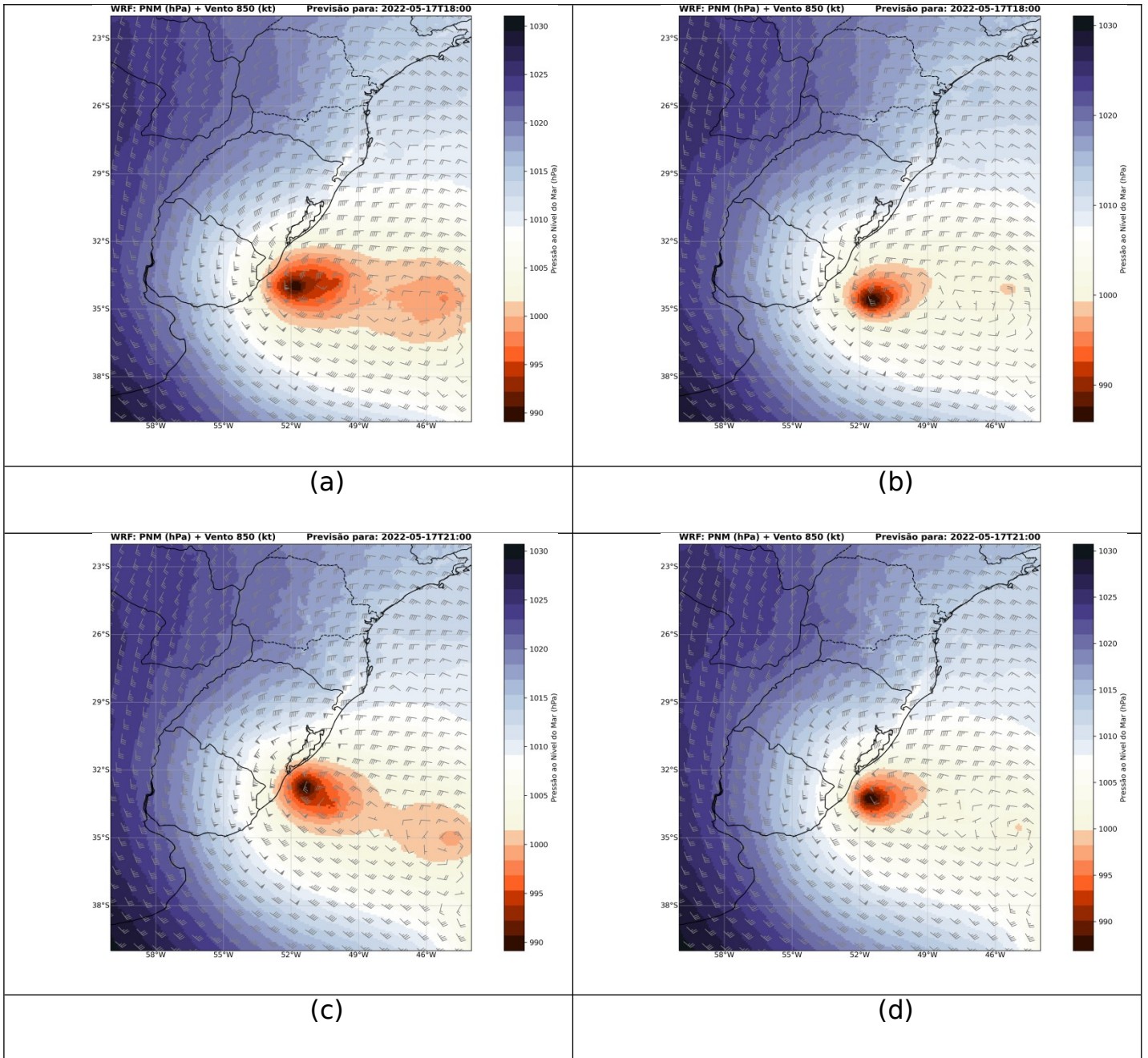


Figure 1 - Imagens do satélite GOES no canal infravermelho realçado, para o dia 17 de maio de 2018 às (a) 18:00, (b) 21:00, (c) 24:00 e (d) 18 de maio de 2018 às 03:00 (horário local). Fonte: CPTEC/INPE

Na Figura 2, são mostrados os campos vetoriais de vento e pressão ao nível do mar, resultantes das simulações WRF (modelo sem assimilação de dados) e WRF3DVAR (modelo com assimilação de radiação) para os mesmos tempos mostrados nas imagens GOES. Observa-se que tanto o WRF (lado esquerdo, Figuras (a), (c), (e) e (g)) quanto o WRF3DVAR (lado direito, Figuras (b), (d), (f) e (h)) mostram um atraso no deslocamento do sistema, o que significa que o modelo subestimou a advecção de vortacidade. Entretanto, a área de maior amplitude foi maior nos campos WRF do que nos campos WRF3DVAR, ou seja, o

WRF superestimou a advecção de temperatura. Essas diferenças são mais bem percebidas nos campos das 18 horas por estarem menos distantes no tempo da análise.



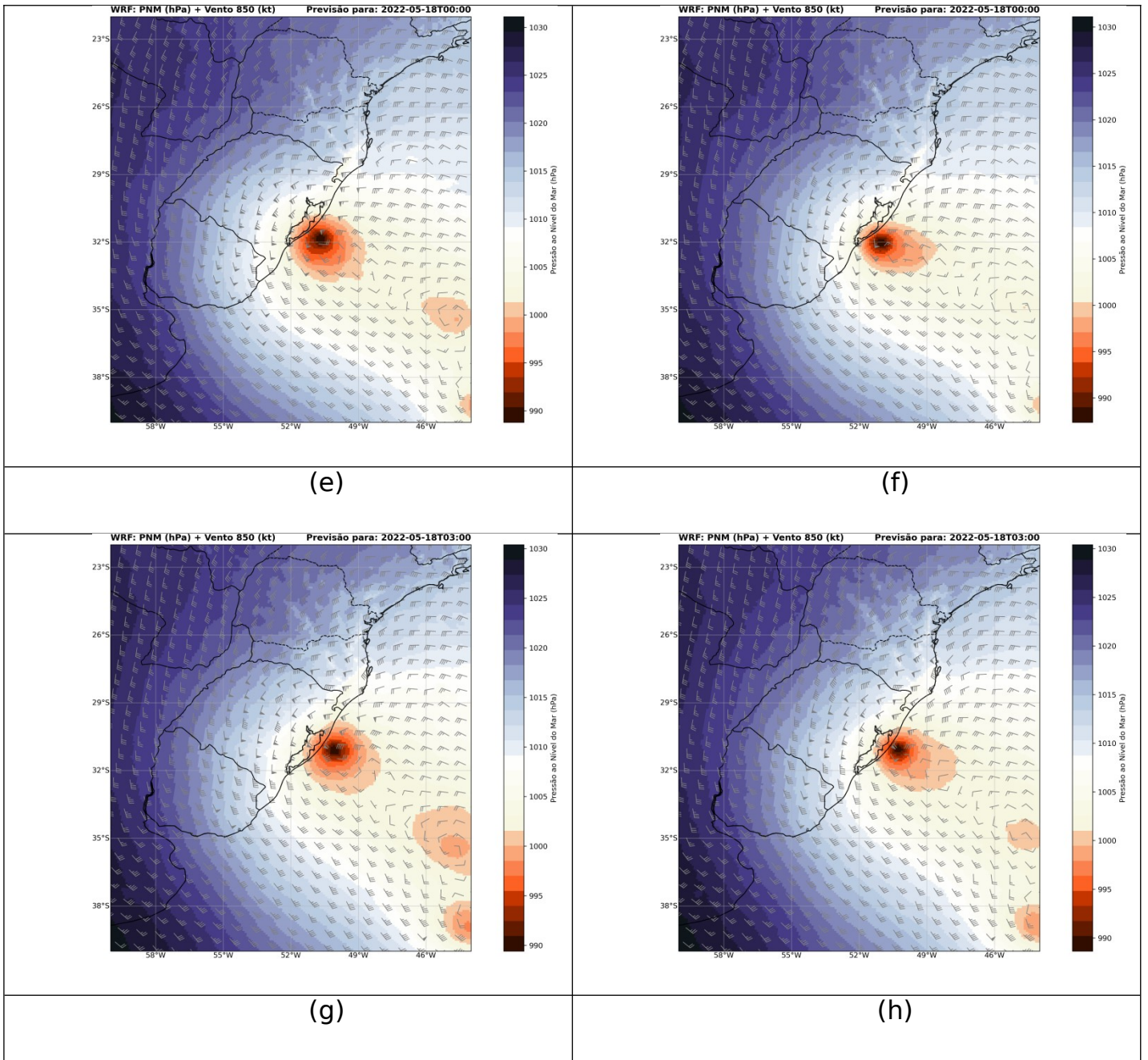


Figure 2 - Campos de Pressão ao Nível do Mar e Vetor Vento gerados pelo WRF (esquerda), Figures (a), (c), (e) e (g) e WRF3DVAR (direita), Figures (b), (d), (f) e (h).

## 5 Conclusões Gerais

As técnicas de assimilação de dados, que consistem na combinação de modelos numéricos de previsão curtos com dados coletados, são imperativas na previsão numérica moderna do tempo. As técnicas variacionais tridimensionais são particularmente importantes porque requerem menos custo computacional do que as técnicas quadridimensionais. Portanto, neste trabalho, o WRF3DVAR foi utilizado para simular o Ciclone Subtropical Yakecan, com o objetivo de



verificar se a assimilação das radiâncias AMSU-A é capaz de gerar uma condição inicial que reproduza o ciclone Yakecan em uma posição mais realista do que a prevista por modelo WRF.

O WRFV3DVAR reproduz a posição do sistema longe da costa, com uma área menor de ventos mais fortes e conseqüentemente mais próximo do fundo do solo em relação ao WRF.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CHOU, S.; SILVA, M. Justi da. Objective evaluation of eta model precipitation forecasts over south america. In: **Climanalise**. [S.l.]: CPTEC/INPE, 1999. v. 1, p. 1-17. 4

HOLTON, J. (2004), "An Introduction to Dynamic Meteorology", 4<sup>o</sup> ed., Elsevier Science, San Diego.

SINCLAIR, M.R.A, Climatology of cyclogenesis for the Southern Hemisphere. **Monthly Weather Review**, 1995., 123, 1601-1619.

GAN, M.A.; RAO, V.B., Surface cyclogenesis over South America. **Monthly Weather Review**, 1991, 119, 1293-1302.

SANDERS, F.; GYAKUM Jr., Synoptic-dynamic climatology of the "Bomb". **Monthly Weather Review**, 1980. 108, 1589-1606.

HARTER, F.P.; CAMPOS VELHO, H.F., New Approach to Applying Neural Network in Nonlinear Dynamic Model. **Applied Mathematical Modeling**, 2008. 12, 1-25.

HARTER, F.P.; YAMASAKI, Y.; BECK, V.C., Variational Data Assimilation in Chaotic Regime by Lorenz Model. **Anuário IGEO**, 2015. 38, 73-80.

BARKER, D.M.; HUANG, W.; GUO, Y.R.; XIAO, Q.N., A Three-Dimensional (3DVAR) Data Assimilation System for Use with MM5: Implementation and Initial Results. **Monthly Weather Review**, 2004. 132, 897-914.

BARKER, D.; HUANG, X.-Y.; LIU, Z.; AULIGNÉ, T.; ZHANG, X.; RUGGS, S.; AJAJI, R.; BOURGEOIS, A.; BRAY, J.; CHEN, Y.; DEMIRTAS, M.; GUO, Y.-R.; HENDERSON, T.; HUANG, W.; LIN, H.-C.; MICHALAKES, J.; RIZVI, S.; ZHANG, X. The Weather Research and Forecasting Model's Community Variational/Ensemble Data Assimilation System: WRFDA. **Bulletin American Meteorological Society**, 2012. 93, 831-843.

São José dos Campos, 18 de Julho de  
2023

---

**Bolsista:** João Antônio Arriada Beskow

---

**Orientador:** João Gerd Zell e Mattos