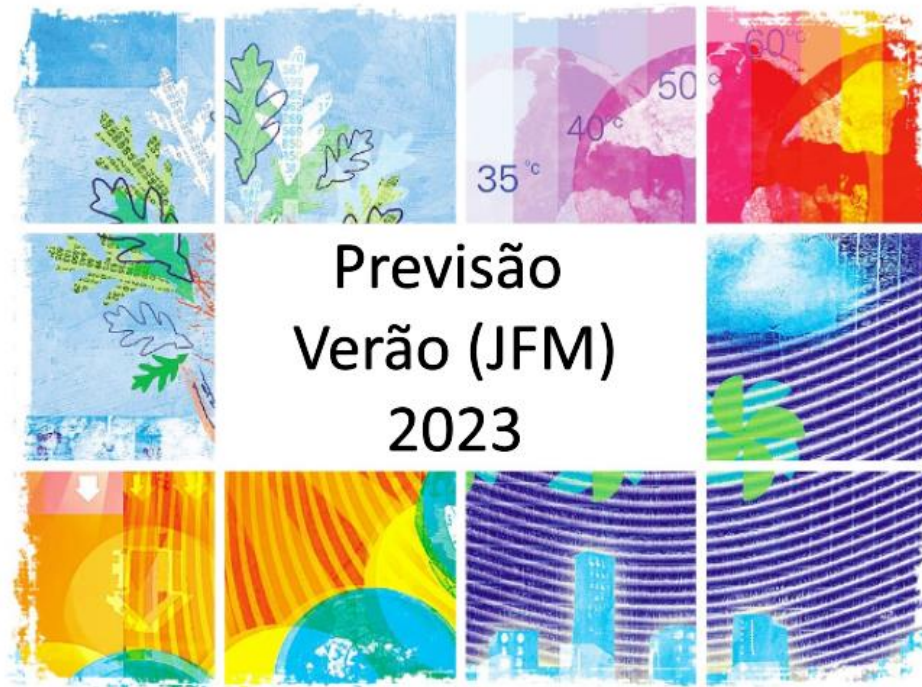


Boletim da Previsão Climática Mensal

Grupo de Meteorologia da UFSM



1. Equipe de Elaboração

Levantamento de dados, apresentação e redação: Dr. Daniel Caetano Santos e Me. Murilo Machado Lopes (Meteorologistas da UFSM); Prof. Dr. Jônatan Dupont Tatsch (Coordenador do Curso de Graduação em Meteorologia da UFSM); Bel. Fabio Henrique Correa (mestrando).

1 Climatologia do Trimestre JFM

A climatologia do trimestre de janeiro-fevereiro-março (JFM) no RS é bastante semelhante à do trimestre anterior (DJF), com um contraste meridional de precipitação entre a metade norte do estado (com volumes de chuva superior a 450mm) e centro-sul do estado que apresentava valores inferiores a 350mm (Figura 1.a). Um destaque neste caso é o setor oeste do estado onde predomina uma faixa intermediária de precipitação com volumes de chuva ao redor dos 400mm. No trimestre DJF a média das temperaturas mínimas fica entorno dos 15°C nas áreas de maior altitude do Nordeste Gaúcho e dos 17°C na região do Pampa gaúcho e norte do RS (Figura 1.b). De modo geral a atuação de massas de ar quente segue sendo predominante neste trimestre. A temperatura mínima média é maior no Noroeste do RS e na faixa central do estado até o litoral norte com valores predominantes entre 19°C e 21°C. O padrão de variação espacial da temperatura máxima média é similar ao da temperatura mínima, com valores em torno de 26°C no sul do RS e dos 24°C nas partes altas da Serra. No oeste do estado e área central do RS a máxima fica entorno dos 31°C e supera os 32°C no noroeste do estado (Figura 1.c).

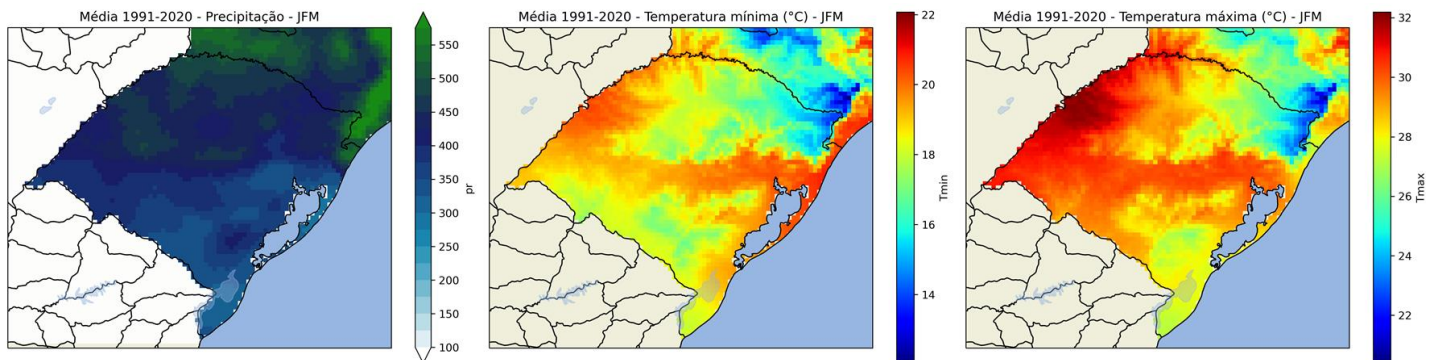


Figura 1. Normal climatológica do período JFM de 1991 a 2020 a partir do conjunto de dados *Brazilian Daily Weather Gridded Data (BR-DWGD)* de Xavier et al. (2022)¹ para precipitação acumulada mensal (a), temperatura mínima (b) e temperatura máxima (c).

2 Dados observados de outubro, novembro e dezembro (OND) de 2022

Apesar da passagem de 4 frentes frias pelo RS no mês de outubro, a precipitação ficou muito abaixo da normal climatológica para o mês, especialmente no setor centro-oeste do estado (anomalias negativas de até 150 mm). A passagem dos sistemas se deu como pouca oferta de umidade e ausência de massas de ar instáveis na dianteira dos mesmos, assim sem a advecção quente as temperaturas ficaram abaixo da normal em todo o estado. Enquanto as anomalias negativas mais intensas na média máxima se localizaram no norte do estado (abaixo de 1,5°C da normal), o setor oeste do RS foi o que apresentou as anomalias mais negativas nas médias mínimas (abaixo de 2°C da normal). Apesar das anomalias negativas nas temperaturas não houve o registro de geada no mês de outubro pelos observadores das estações convencionais do Inmet, contudo dada a mínima absoluta no mês de 2,5°C em São José dos Ausentes é bastante provável que o fenômeno tenha ocorrido em alguns pontos da Serra. O mesmo pode ter ocorrido na região da Campanha, onde Quarai teve mínima de 2,6°C. Quanto a máxima absoluta do mês, esta foi de 35,9°C registrada em Teutônia.

¹ XAVIER, Alexandre C. et al (2022). New Improved Brazilian Daily Weather Gridded Data (1961-2020). International Journal of Climatology.

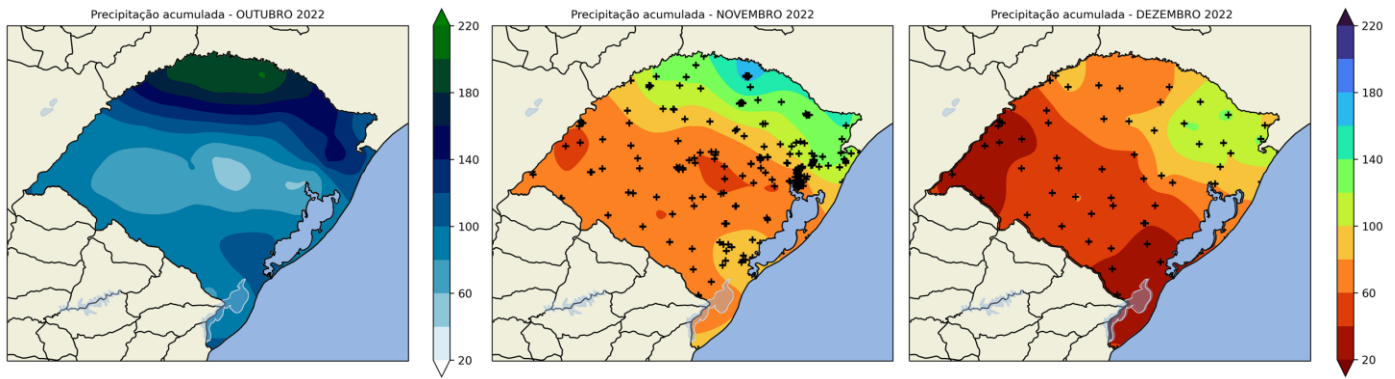


Figura 2. Dados de precipitação combinados para os meses de setembro (a), outubro (b) e novembro © a partir de dados combinados do [INMET](#) e [SIMAGRO](#) e [SEMA-RS](#).

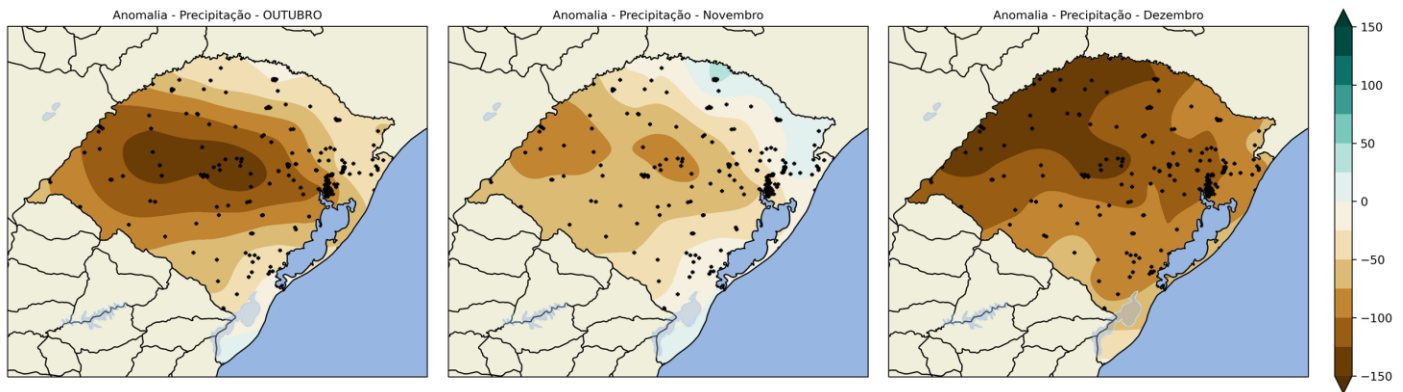


Figura 3. Anomalia de precipitação total mensal em relação à normal climatológica 1991-2020 para os meses de setembro (a), outubro (b) e novembro (c). Os pontos indicam a localização das estações meteorológicas utilizadas.

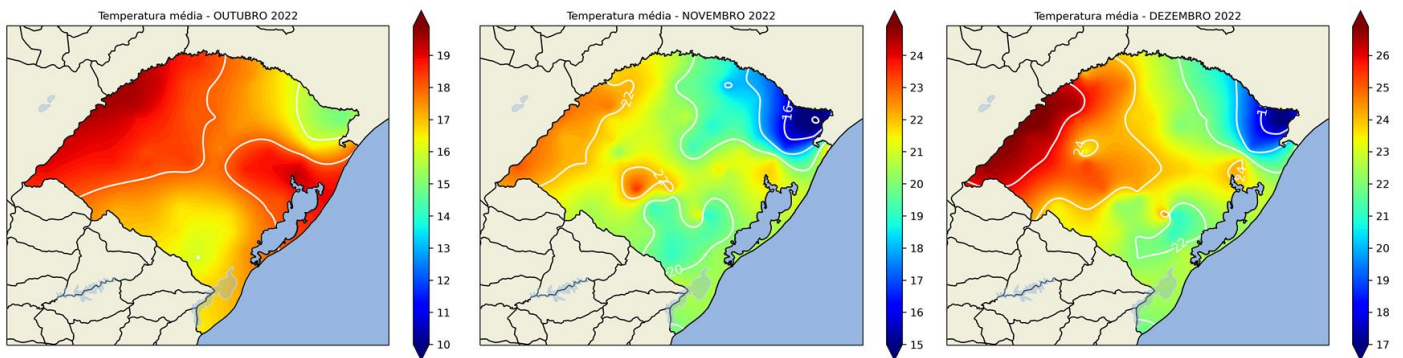


Figura 4. Dados de temperatura média combinados para os meses de setembro (a), outubro (b) e novembro (c) a partir de dados combinados das estações meteorológicas do [INMET](#) e [SIMAGRO](#) e [SEMA-RS](#).

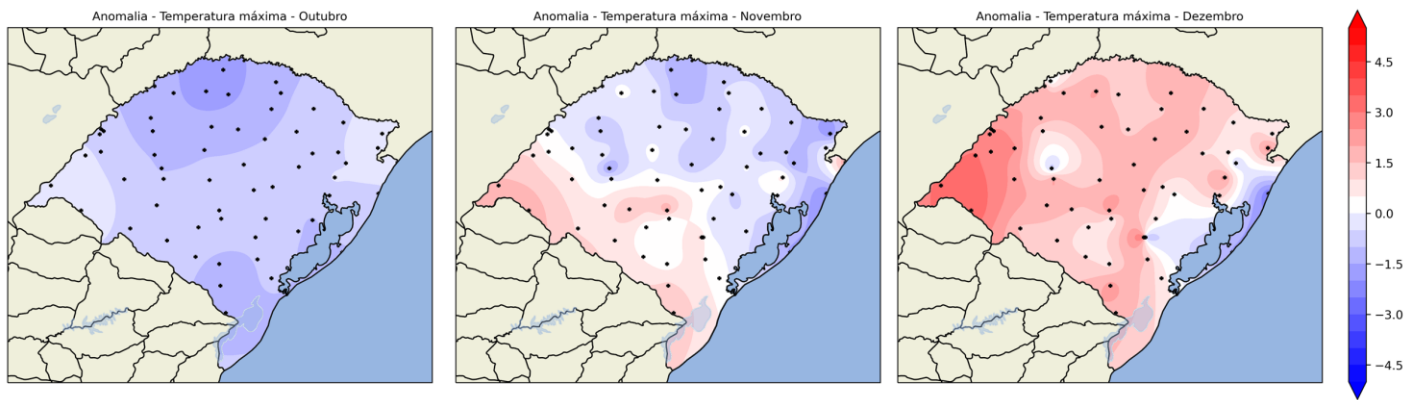


Figura 5. Anomalia de temperatura máxima mensal em relação à normal climatológica 1991-2020 para os meses de setembro (a), outubro (b) e novembro (c).

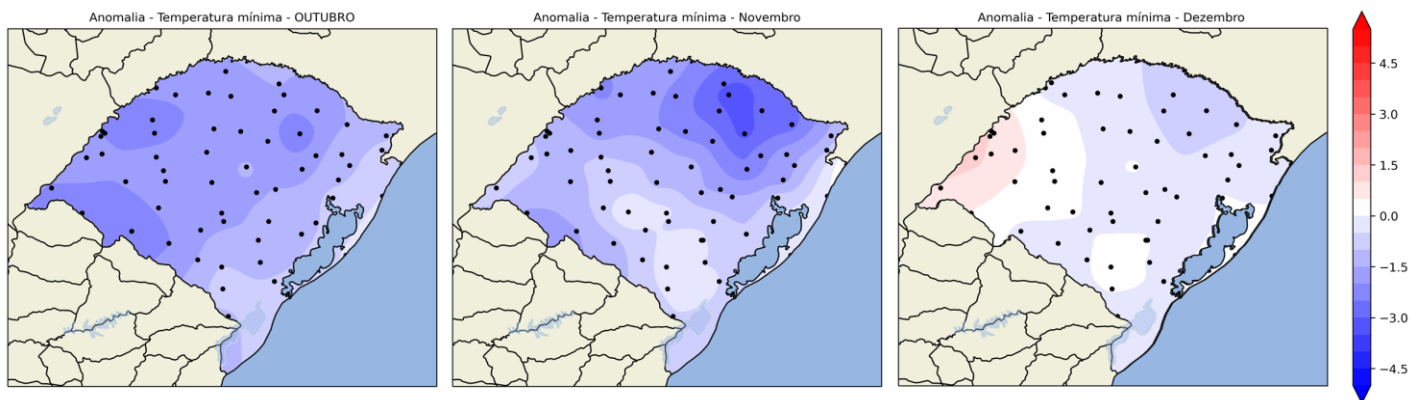


Figura 6. Anomalia de temperatura mínima mensal em relação à normal climatológica 1991-2020 para os meses de setembro (a), outubro (b) e novembro (c).

Em novembro apenas duas frentes frias passaram pelo RS, o que contribuiu para mais um mês com precipitação abaixo da normal climatológica. A convecção produzida com a passagem dos sistemas frontais provocou precipitação irregular e uma parcela significativa do estado registrou acumulados mensais de chuva entre 60mm e 80mm. Assim, especialmente na área central do RS a anomalia de precipitação foi maior que -50mm . Destoando dos meses anteriores a temperatura em média foi que a climatologia em grande parte do RS, com destaque para as máximas cerca de 1.5°C acima da normal da região da Campanha. Já na média das mínimas as anomalias mais expressivas foram registradas no norte do estado (abaixo até 2.5°C da média climatológica). Em relação aos absolutos mensais o registro de mínima se deu em São José dos Ausente ($0,3^{\circ}\text{C}$) com provável registro de geada, seguida de Getúlio Vargas ($0,4^{\circ}\text{C}$). Já as máximas mais elevadas foram $37,6^{\circ}\text{C}$ e $37,2^{\circ}\text{C}$, registradas em Quaraí e Uruguaiiana, respectivamente.

Já em dezembro a precipitação apresentou maior irregularidade com acumulados variando bastante entre os pontos de observação de um mesmo município, no entanto, de modo geral ocorreu muito pouca chuva no oeste e sul do RS (acumulados entre 20 e 40mm). O mês teve a passagem de 4 frentes frias, contudo mais uma vez a limitação no conteúdo de umidade impediu precipitação mais ampla e apenas no nordeste do RS se registraram acumulados acima dos 100mm. Na passagem de um destes sistemas frontais é que um raio foi causador de incêndio na Reserva do Taim, extremo-sul do estado. As máximas absolutas do mês foram de $40,5^{\circ}\text{C}$ em Quaraí e 40°C em Uruguaiiana e São Borja, tendo o setor oeste do estado registrado uma temperatura média cerca de 1.5°C acima da climatologia. Na porção leste do estado a temperatura média ficou até 1°C abaixo da climatologia, tendo a mínima absoluta do mês sido registrada em Vacaria ($7,8^{\circ}\text{C}$). Apesar da variação longitudinal das anomalias de temperatura média, a grande amplitude de temperatura diária favoreceu que a média de temperaturas máximas tivesse anomalia positiva em praticamente do estado, enquanto grande parte do RS registrou também anomalias negativas na média das temperaturas mínimas.

3 Verificação das previsões novembro-dezembro de 2022

Nesta seção apresenta-se a verificação das previsões climáticas dos modelos regionais para os dois últimos meses, com foco especialmente no mês de dezembro de 2022. Os campos de anomalia têm como referência os dados observados e interpolados a partir de estações meteorológicas do Cemaden, [INMET](#), [SIMAGRO](#) e [SEMA-RS](#). Os modelos regionais com previsões para o RS incluem o modelo dinâmico [RegCM4 do SIMAGRO](#) e o estatístico [MoReClima-SUL](#) do Centro Polar e Climático da UFRGS.

Para o mês de novembro de 2022 (Fig 7) as maiores anomalias negativas de precipitação se concentraram na faixa centro-oeste do estado e alguns valores positivos na fronteira norte do estado e extremo sul. O padrão com anomalias mais expressivas se estendendo até o centro do RS foi melhor representado pelo modelo estatístico MoReClima-SUL, que também apresentou uma previsão de valores dentro da média climatológica para o extremo sul. Em relação à previsão de anomalia de temperatura média do ar para novembro, os modelos regionais eram bastante destoantes, com o modelo dinâmico do SIMAGRO prevendo valores negativos de anomalia em todo o estado. Por sua vez, o modelo estatístico apresentava valores de anomalia positiva para praticamente todo o RS, exceto pelo litoral norte, onde apresentou valores dentro da média. Tal previsão do MoReClima-Sul foi a que melhor previu o padrão que foi observado nas temperaturas médias do mês, uma vez que a região nordeste do estado obteve valores negativos de anomalia de temperatura e anomalia positiva foi registrada em praticamente todo o território sul riograndense, com os máximos no extremo oeste.

Já para o mês de dezembro de 2022 (Fig 9), a anomalia de precipitação observada apresentou valores negativos em todo o estado, com valores mais expressivos na fronteira oeste se estendendo até o centro do estado, padrão muito bem previsto pelo modelo estatístico MoReClima-SUL. Para a anomalia de temperatura média do ar, foi observado valores positivos no extremo oeste, a região central dentro da média climatológica e valores negativos de anomalia para a região litorânea e norte do estado. Ambos os modelos tiveram sucesso em apresentar as regiões que obtiveram valores mais expressivos de anomalia tanto positiva quanto negativa, porém, eles apresentavam previsões distintas, onde o dinâmico RegCM4 apresentava valores abaixo da média em praticamente toda a metade leste do estado e o modelo estatístico apresentava valores acima da média em toda a metade oeste do estado.

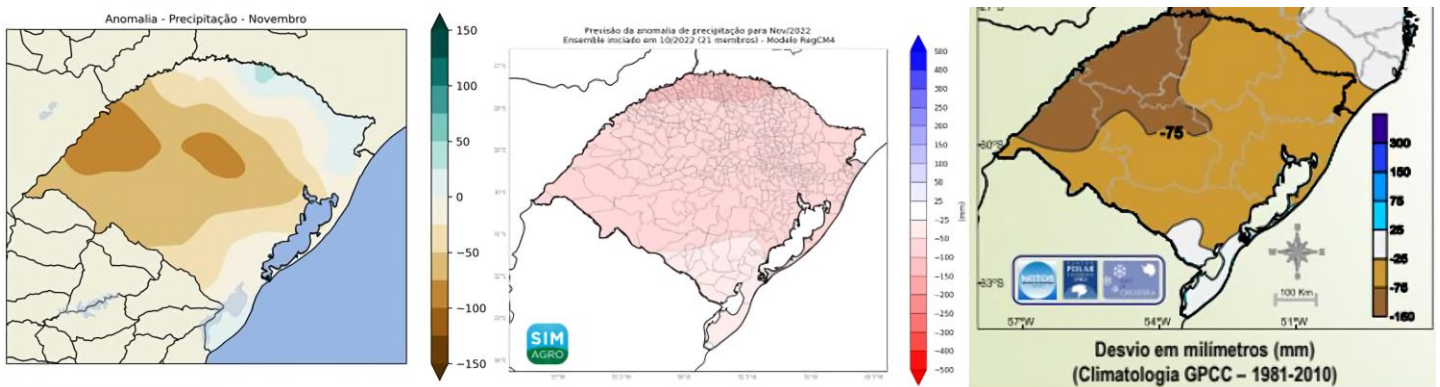


Figura 7. Verificação das anomalias mensais do total de precipitação (mm mês^{-1}). (a) Anomalias de chuva observada no mês de novembro de 2022 com (a) dados interpolados a partir das estações do [INMET](#), [SIMAGRO](#) e [SEMA-RS](#); (b) previsão do modelo RegCM4 do SIMAGRO e (c) do modelo estatístico MoReClima-SUL.

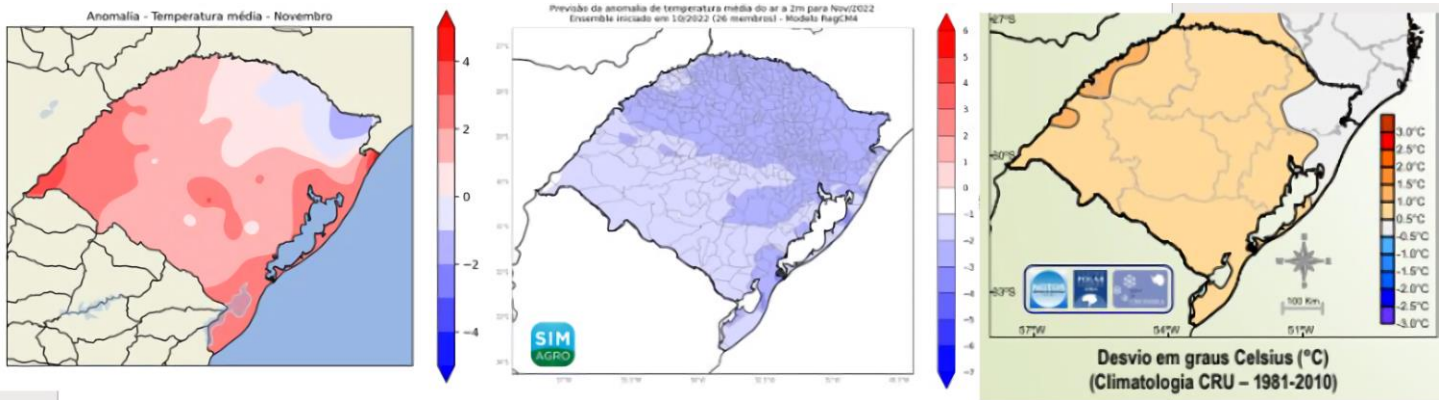


Figura 8. Mesmo que a Figura 7, porém para anomalias de temperatura média do ar.

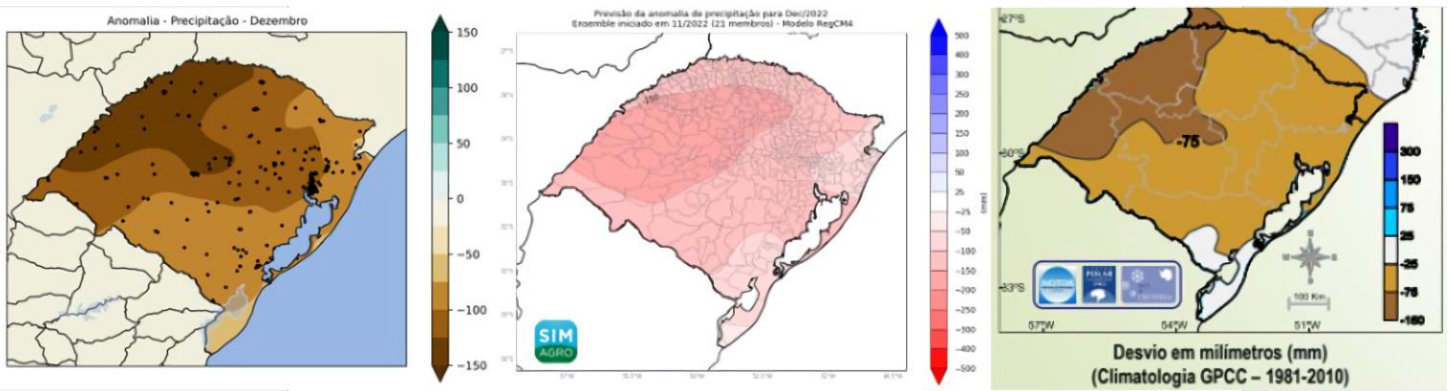


Figura 9. Verificação das anomalias mensais do total de precipitação (mm mês^{-1}). (a) Anomalias de chuva observada no mês de dezembro de 2022 com (a) dados interpolados a partir das estações do [INMET](#), [SIMAGRO](#) e [SEMA-RS](#); (b) previsão do modelo RegCM4 do SIMAGRO e (c) do modelo estatístico MoReClima-SUL.



Figura 10. Mesmo que a Figura 9, porém para anomalias de temperatura média do ar.

4 Condição Oceânica

A condição oceânica superficial observada no oceano Pacífico tropical na semana do dia 25 de dezembro de 2022 (Fig. 11) permanece com anomalias de temperatura da superfície do mar (TSM) negativas. Condição similar ao mês anterior ([boletim anterior](#)) desde a costa oeste do Peru até 130°W ao longo da linha equatorial.

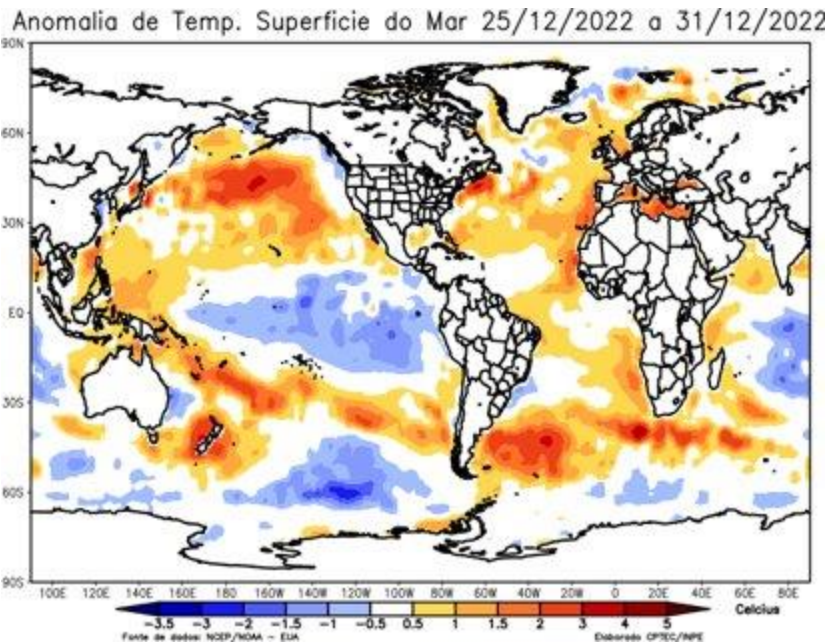


Figura 11. Anomalia da TSM média observada entre os dias 25 e 31 de dezembro de 2022. Fonte: CPTEC/INPE.

De acordo com o principal índice de monitoramento do fenômeno ENOS, o índice Niño 3.4, uma das regiões de monitoramento do ENOS, as anomalias de TSM também permanecem mais frias do que o limiar para a classificação do fenômeno La Niña ($-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$) (Fig. 12). A manutenção da La Niña foi suportada pela contínua intensificação das anomalias negativas de temperatura das águas subsuperficiais do Oceano Pacífico Equatorial ao longo dos meses de agosto a novembro e que, em dezembro, apresenta um enfraquecimento da porção oceânica com anomalias negativas e com a ampliação das áreas com anomalias positivas, em profundidade próxima de 150 metros, desde o oeste do Oceano Pacífico (Fig. 13). Esta condição pode ser um indicativo para a aproximação do final da fase negativa do ENOS.

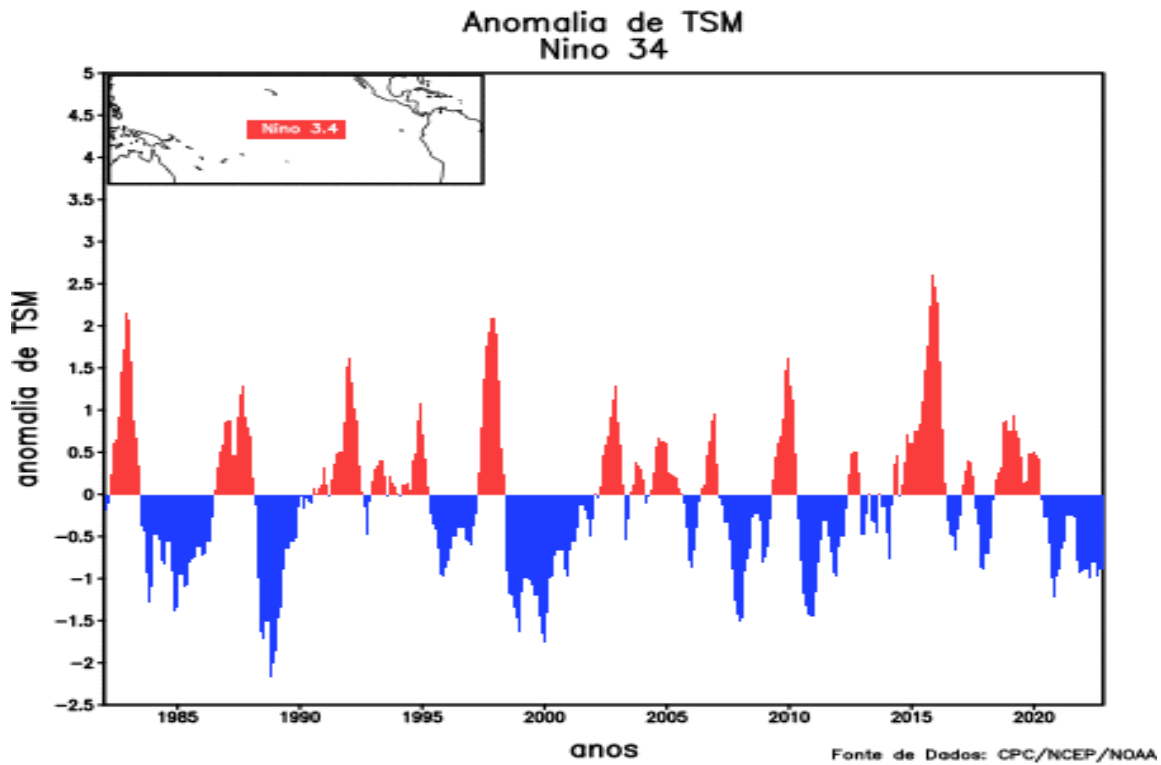


Figura 12- Série temporal da anomalia de TSM observada sobre a região do Niño 3.4 (região indicada no canto superior esquerdo) desde de 1980 até atualmente. Fonte: CPC/NCEP/NOAA.

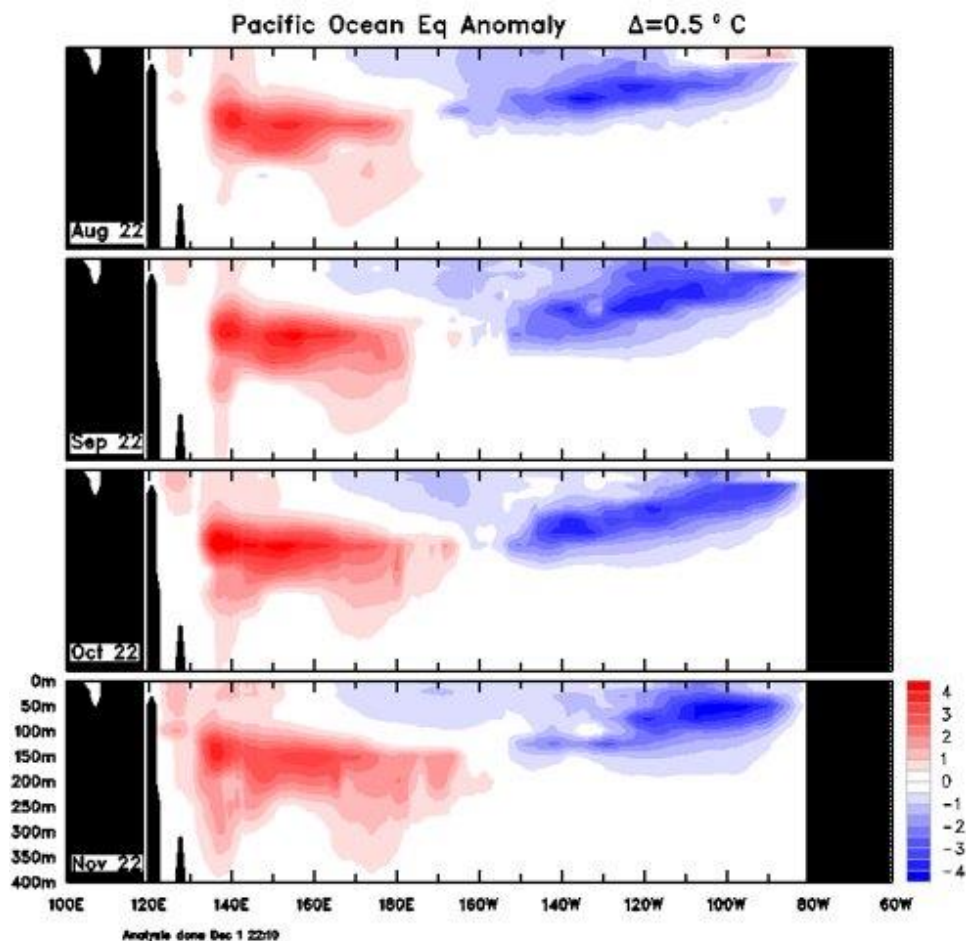
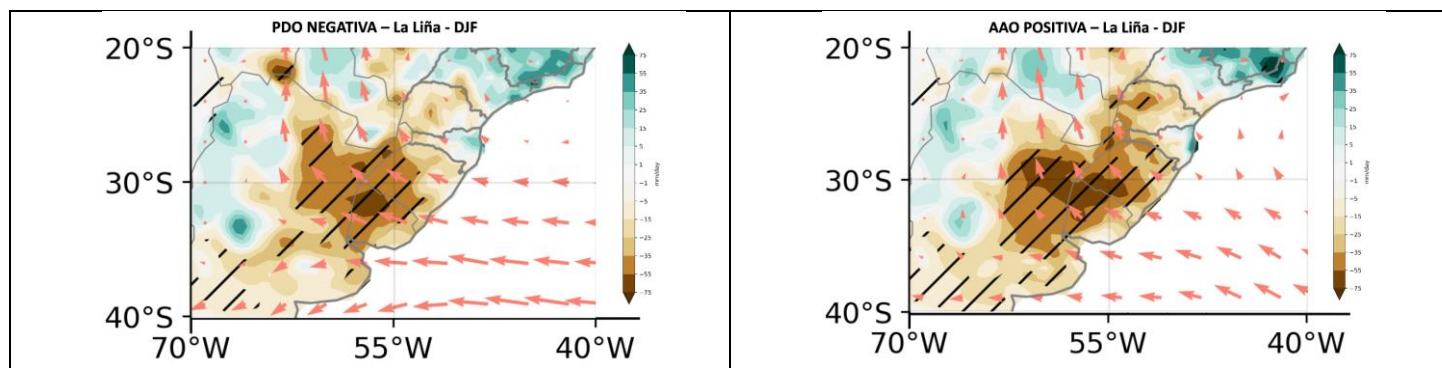


Figura 13- Seção transversal da anomalia da TSM na região do Oceano Pacífico Equatorial dos meses de agosto, setembro, outubro e novembro de 2022. Fonte: BOM² da Austrália.

Além da influência remota do ENOS, outros índices de teleconexão podem impactar o clima do RS (Figura 14). A Oscilação Decenal do Pacífico (PDO, Figuras 14) está na sua fase fria atualmente (Figuras 15), o que favorece a maior ocorrência de La Niñas e, como já dito, a anomalias de negativas de chuva no verão (Figuras 14.a). A combinação das condições atuais de La Niña e da fase positiva da Oscilação Antártica (AAO, Figura 14.b). Estas condições oceânicas mais às condições hídricas do solo devido a secas dos anos anteriores, estão em grande parte associadas às sucessivas quebras de safra registradas nos últimos anos.



² <http://www.bom.gov.au/climate/ocean/outlooks/#region=IOD>

(a)	(b)
<p>Figura 14- Composição das anomalias de chuva nos meses de DJF para eventos durante (a) Fase Negativa da PDO e (b) Fase Positiva da AAO. Fonte: Reboita et al. 2021³. Ciências Atmosféricas - UNIFEI. Áreas hachuradas indicam desvios estatisticamente significativos ao nível de significância de 5%.</p>	

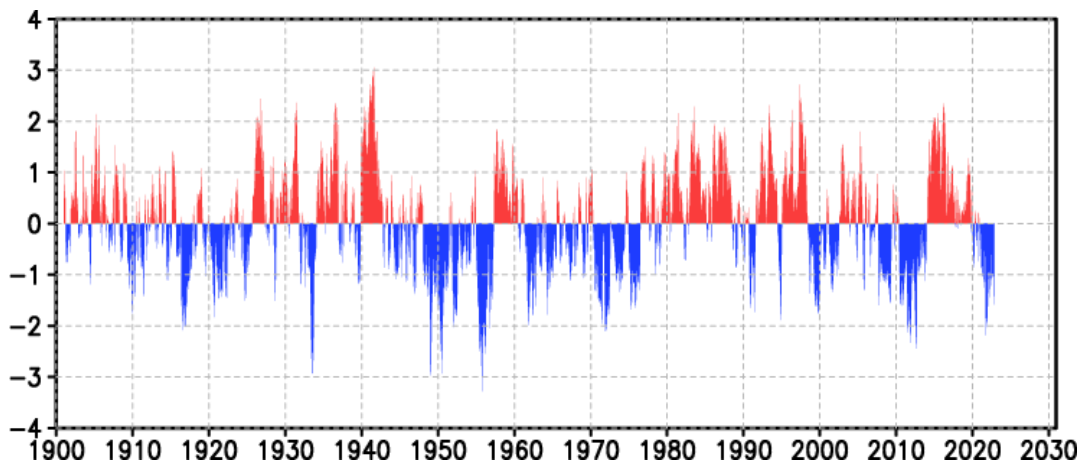


Figura 15 - Série temporal do Oscilação decenal do Pacífico (PDO) desde 1900 até o momento. Fonte: <https://www.jma.go.jp/jma/indexe.html>.

5 Previsões do El Niño Oscilação Sul (ENOS)

A previsão probabilística de ENOS (Figura 16) do IRI integra os modelos dos principais centros de previsões climáticas mundiais. O consenso destes modelos indica menos de 70% de chance de permanência da La Niña para o trimestre DJF. Já no final do primeiro trimestre de 2023, a previsão probabilística aponta para um indicativo de início da neutralidade do fenômeno ENOS que persiste até o trimestre abril-maio-junho (AMJ) de 2023.

³ Reboita, M.S., Ambrizzi, T., Crespo, N.M., Dutra, L.M.M., Ferreira, G.W.d.S., Rehbein, A., Drumond, A., da Rocha, R.P. and Souza, C.A. (2021), Impacts of teleconnection patterns on South America climate. Ann. N.Y. Acad. Sci.. DOI: [10.1111/NYAS.14592](https://doi.org/10.1111/NYAS.14592)

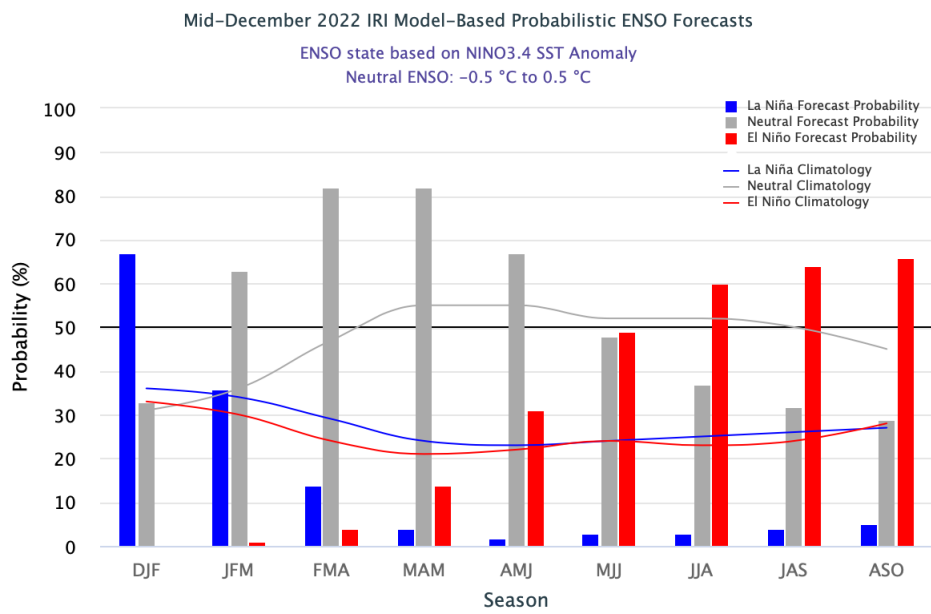


Figura 16. Previsão probabilística do ENOS realizada em dezembro de 2022. Fonte: IRI-Columbia

O índice AAO (Fig. 17) manteve-se em um longo período na fase positiva que está associada a menor frequência da incursão de frentes frias no RS e às anomalias negativas de chuva no oeste do RS (Figura 14.b). A previsão deste índice para a primeira quinzena de janeiro mostra uma concordância entre os membros do modelo GFS, com a predomina da fase positiva.

AAO Index: Observed & GEFS Forecasts

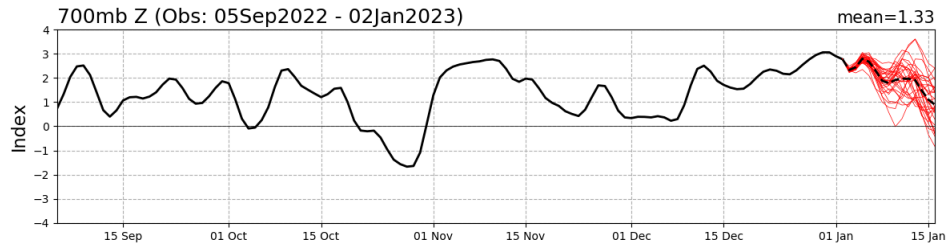
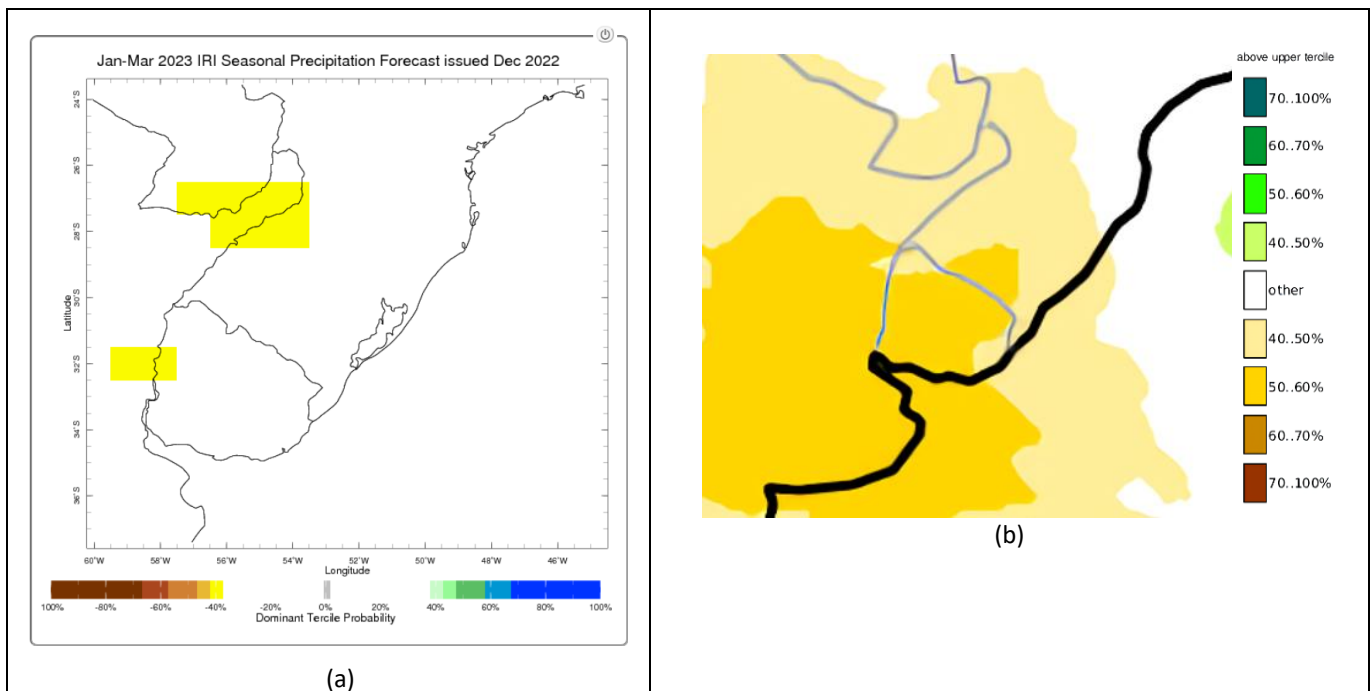


Figura 17- Série temporal do AAO dos últimos 4 meses (linha preta) e a previsão de 15 dias (linhas vermelhas) do índice obtido do modelo GFS. A linha pontilhada é a média dos membros. Fonte: *Climate Prediction Center (CPC/NOAA)*.

6 Previsões sazonais

O conjunto de modelos do IRI e dos centros nacionais (CPTEC/INMET/FUNCEME) indicam um regime de chuvas, para o trimestre JFM, próximo da média climatológica, uma vez que as probabilidades para ocorrência de chuvas acima ou abaixo da média são menores do que 40% (Figura 18.a e 18.c). Já o Multissistema C3S (conjunto de modelos europeus) ainda mantém as chuvas com probabilidade, entre 40% e 50%, de serem abaixo da média em todo o RS (Figura 18.b). E o modelo estatístico regional MoReClima-SUL aponta maior probabilidade de chuvas dentro da normal climatológica (Figura 18.d). **De forma geral, os padrões espaciais das previsões ainda evidenciam um cenário consistente de chuvas abaixo e levemente abaixo da normal (com valores entre 50 e 100mm abaixo da normal) em grande parte do estado (Figura 19.a, 19.b e 19.d), à exceção do modelo MoReClima-SUL .**



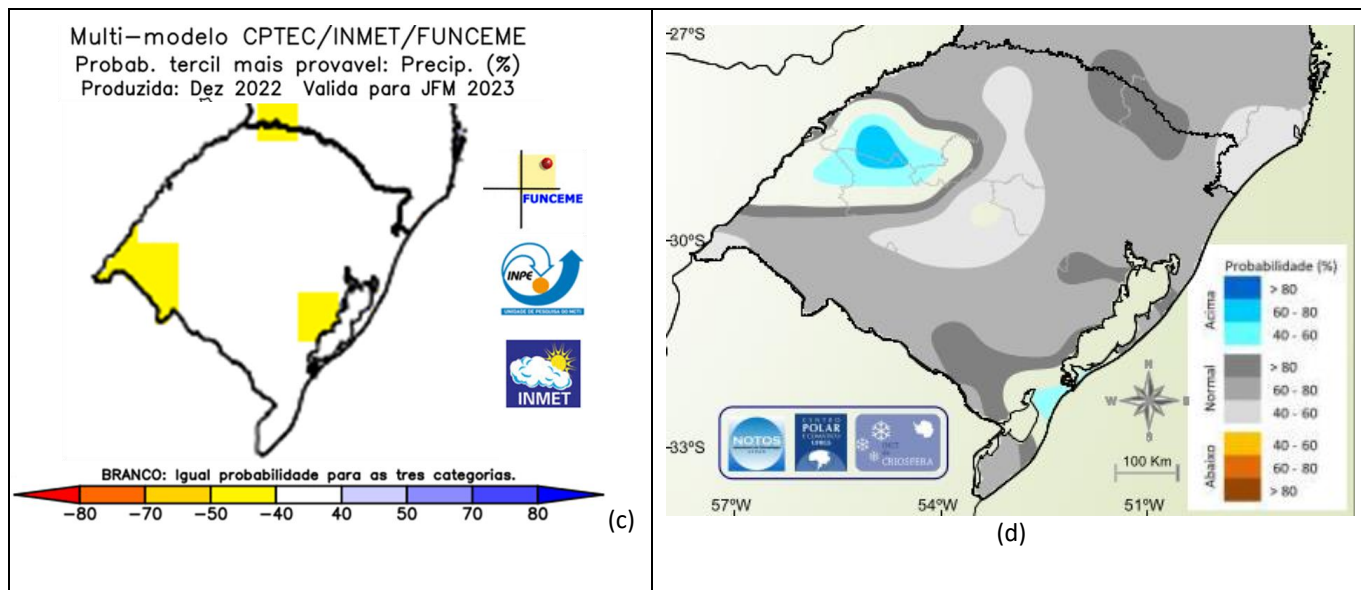
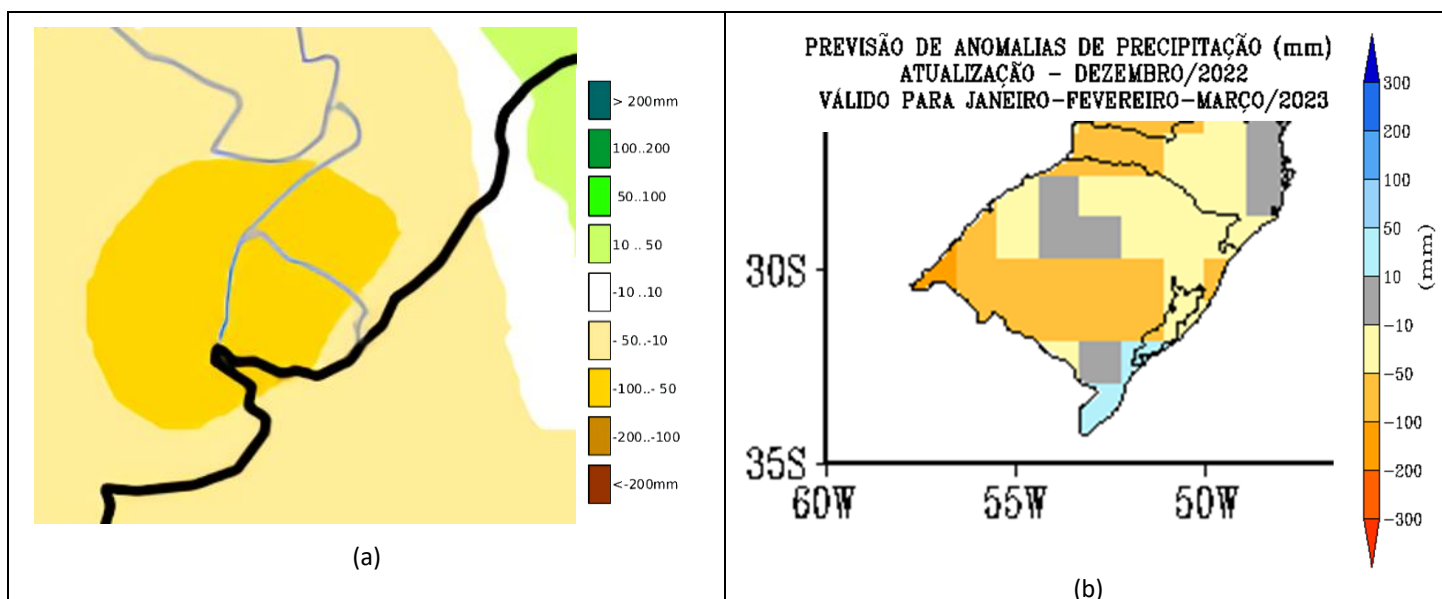


Figura 18- Probabilidade do tercil dominante (%) da previsão climática da chuva média mensal acumulada realizada em dezembro de 2022 para o trimestre JFM, segundo (a) [Mutimodelo IRI](#), (b) [Multissistema C3S](#) (ECMWF) e (c) Multimodelo [CPTEC/INMET/FUNCEME](#) e (d) Modelo Regional de Previsão Climática para o Sul do Brasil (MoReClima-SUL, Centro Polar e Climático da UFRGS).



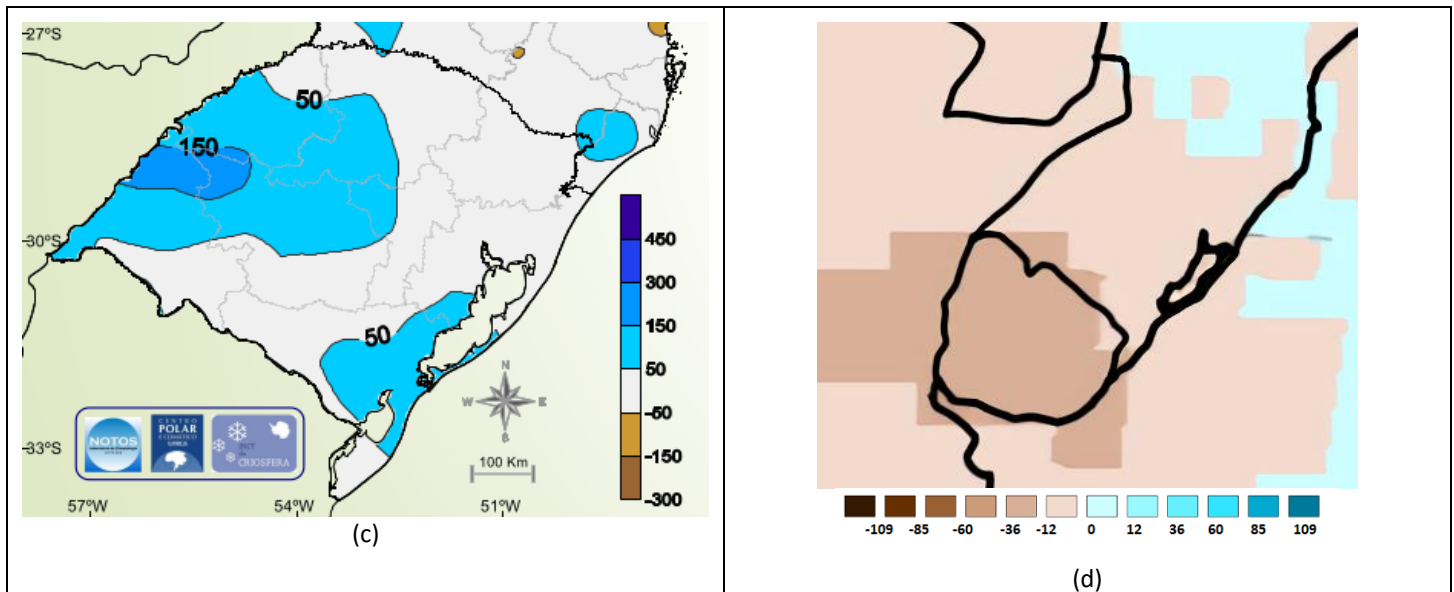
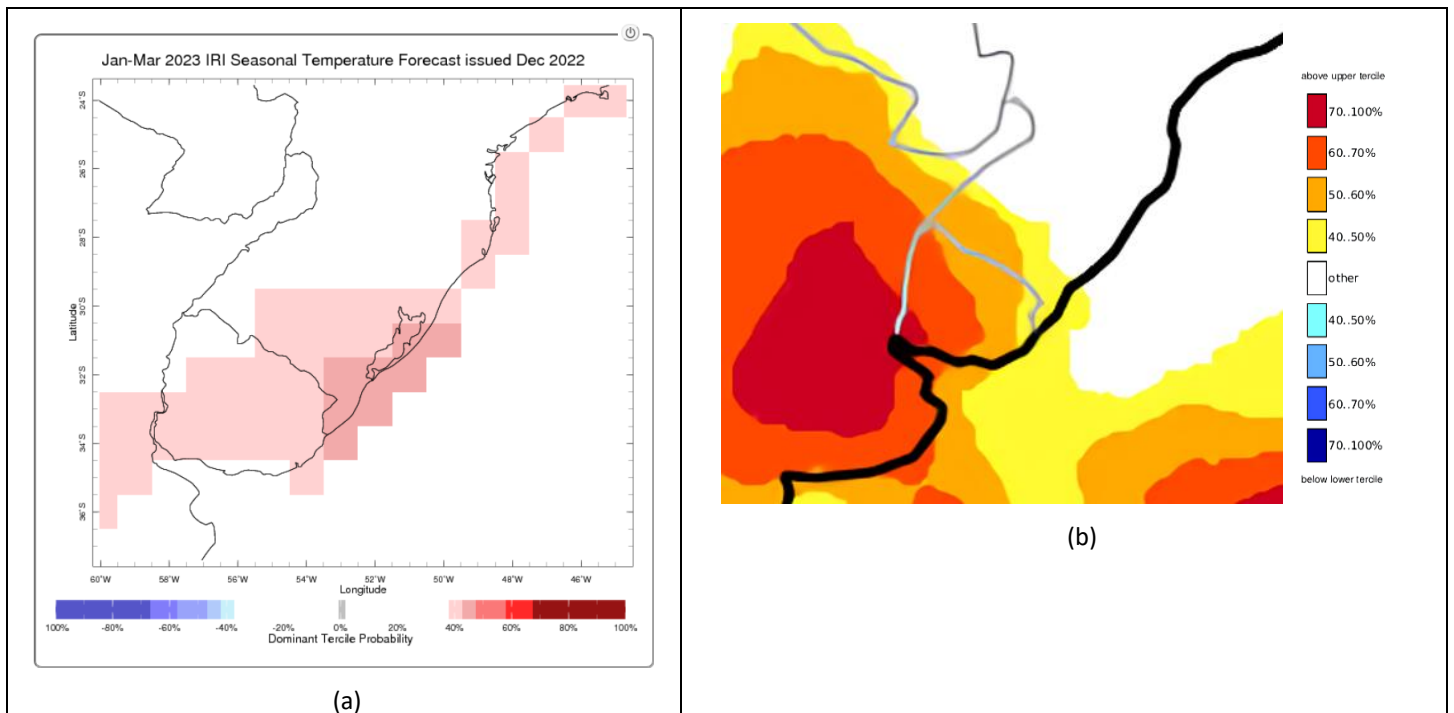


Figura 19- Previsões das anomalias de chuva realizada em dezembro de 2022 para o trimestre JFM, segundo (a) [Multissistema C3S](#), (b) modelo estatístico do INMET, (c) Modelo Regional de Previsão Climática para o Sul do Brasil (MoReClima-SUL, Centro Polar e Climático da UFRGS) e (d) *APEC Climate Center (APCC) South Korea*, em mm/dia.

Para temperatura média mensal do ar, as previsões do multimodelo do IRI (Figura 20.a), Multissistema C3S do ECMWF (Figura 20.b) e APEC Climate Center (Figura 20.d) indicam probabilidade superiores a 40% de chance para temperatura acima do normal, principalmente na região de fronteira com o Uruguai. O modelo MoReClima-SUL (Figura 20.c) prevê temperatura dentro da normal climatológica, em grande parte do estado, e acima no nordeste gaúcho. **Em termos de anomalias, os diferentes cenários previstos divergem, mas de maneira geral a temperatura tende a ficar levemente acima do normal, aproximando-se de 0.5°C no extremo oeste gaúcho (Figura 21a-d).**



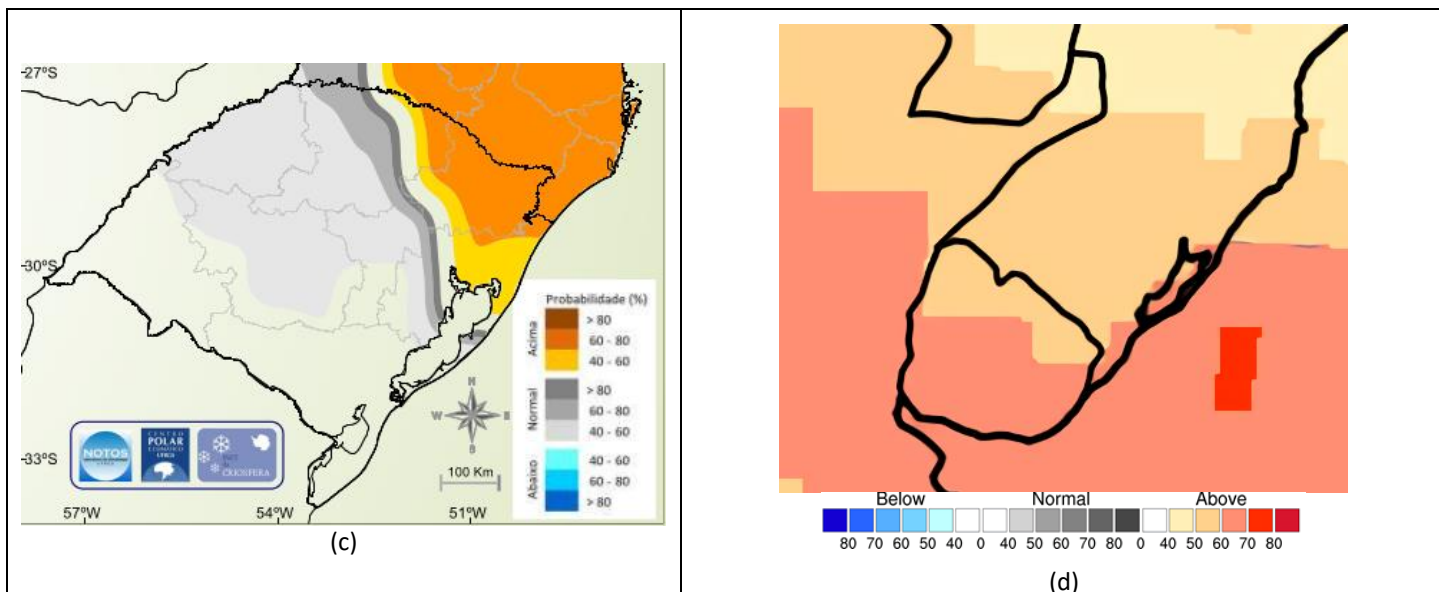
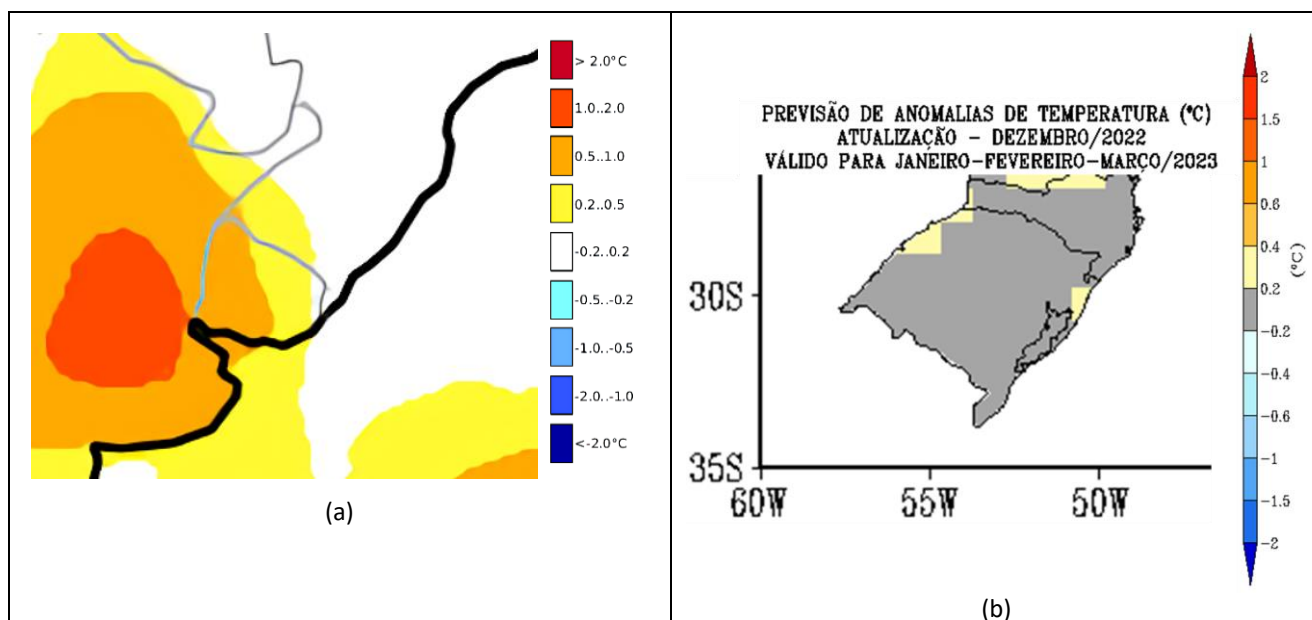


Figura 20- Probabilidade do tercil dominante (%) da previsão climática de temperatura média, realizada em dezembro de 2022 para o trimestre JFM, segundo (a) [Mutimodelo IRI](#) e (b) [Multissistema C3S](#) e (c) Modelo Regional de Previsão Climática para o Sul do Brasil (MoReClima-SUL, Centro Polar e Climático da UFRGS) e (d) Conjunto de modelos globais do Centro Climático da Cooperação Econômica Ásia-Pacífico (APCC).



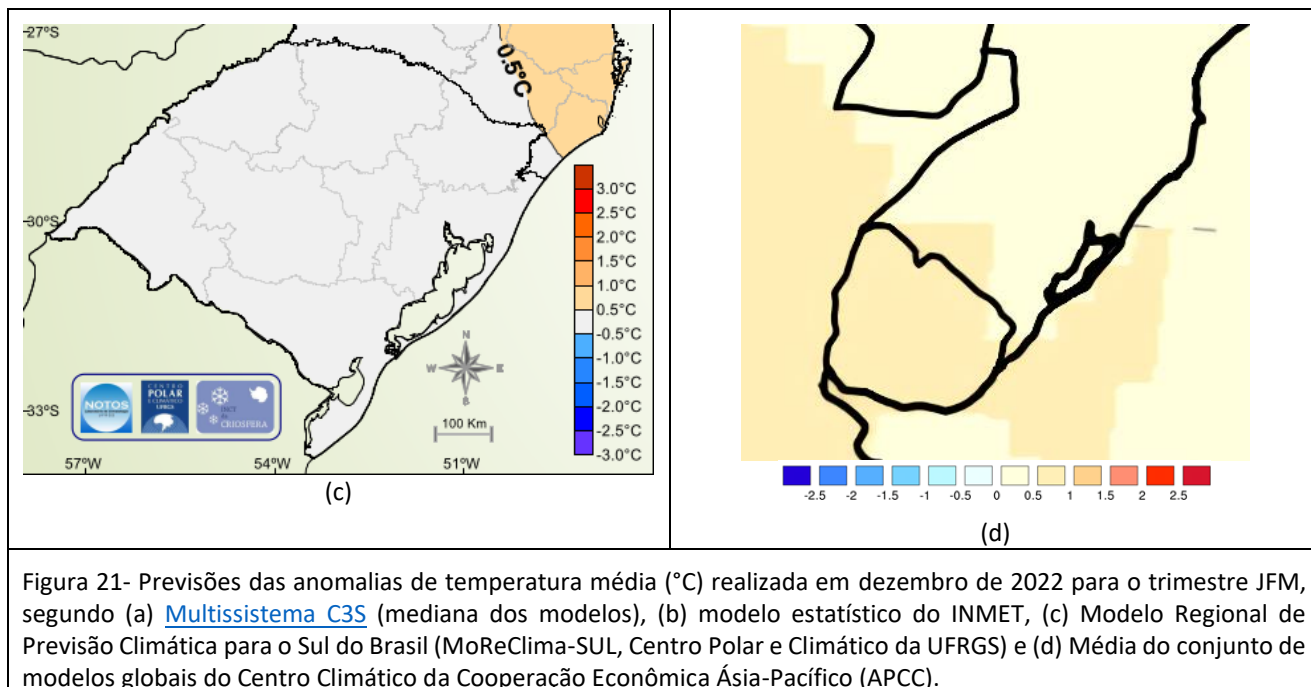
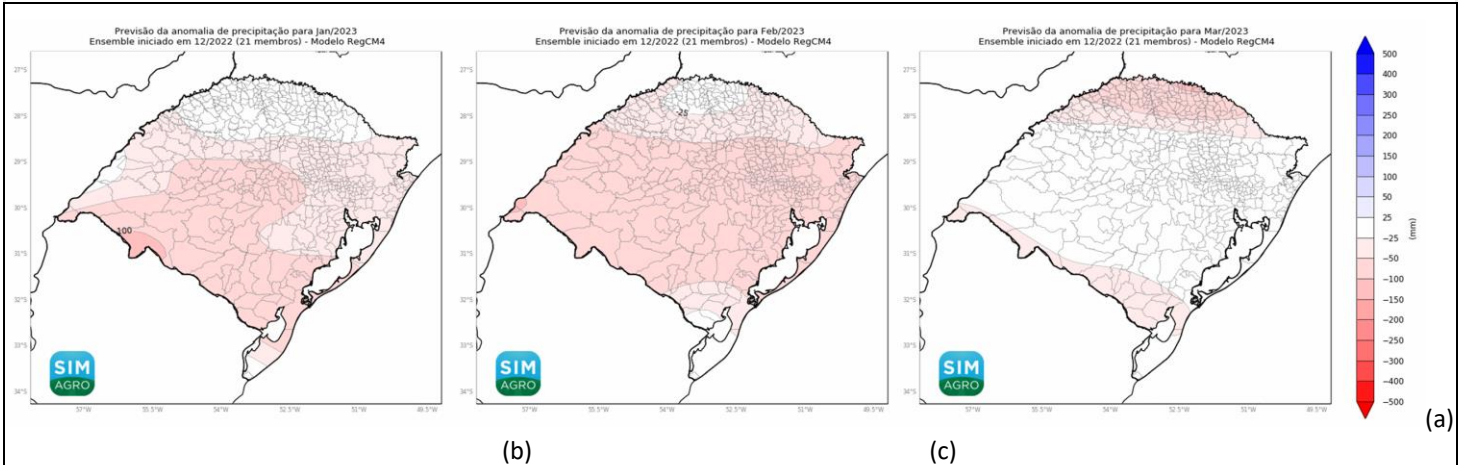


Figura 21- Previsões das anomalias de temperatura média (°C) realizada em dezembro de 2022 para o trimestre JFM, segundo (a) [Multissistema C3S](#) (mediana dos modelos), (b) modelo estatístico do INMET, (c) Modelo Regional de Previsão Climática para o Sul do Brasil (MoReClima-SUL, Centro Polar e Climático da UFRGS) e (d) Média do conjunto de modelos globais do Centro Climático da Cooperação Econômica Ásia-Pacífico (APCC).

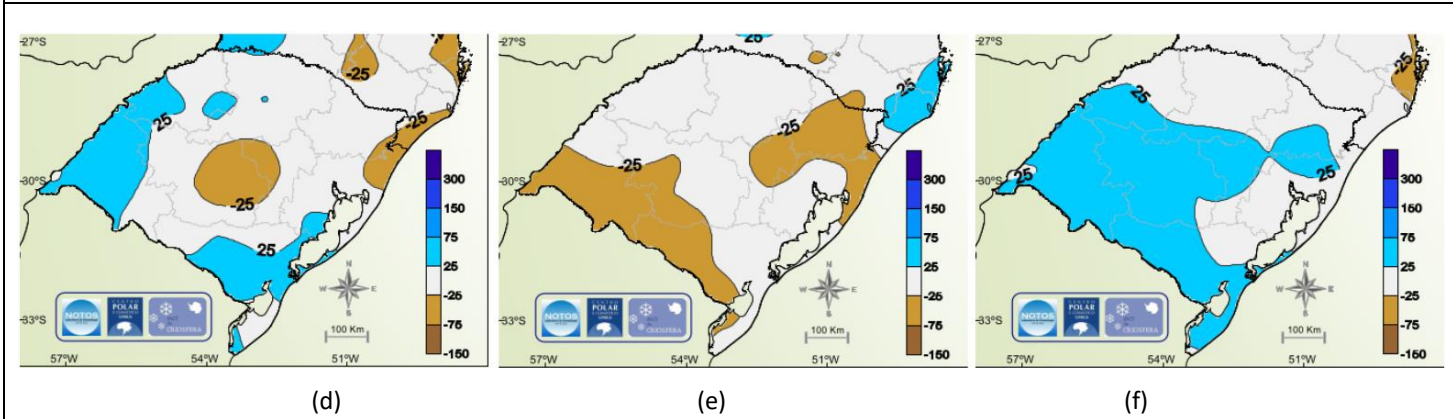
7 Previsões mensais

As previsões mensais realizadas em dezembro de 2022, para as anomalias de chuva acumulada e temperatura média mensal dos meses do trimestre JFM são apresentados nas Figuras 22 e 23, respectivamente. Os cenários mensais previstos diferem-se principalmente nos meses de janeiro e março, enquanto o RegCM4 e a média do conjunto de modelos do APCC apresentam a persistência, mas diferenciando na intensidade, da ocorrência de anomalias negativas das chuvas (Figuras 22.a, 22.c, 22.g e 22.i), o MoReClima-SUL apresenta a predominância de anomalias positivas sobre o território gaúcho (Figura 22.d e 22.f). Para o mês de fevereiro, os três cenários indicam chuvas abaixo da média, de fraca intensidade no MoReClima-SUL e APCC (Figuras 22.e e 22.h) e com valores próximos de 100mm, abaixo da média, no modelo RegCM4 (Figura 22.b).

Modelo dinâmico - RegCM4 do SIMAGRO



Modelo estatístico - MoReClima-SUL



Previsão por conjunto de modelos dinâmicos globais - APCC

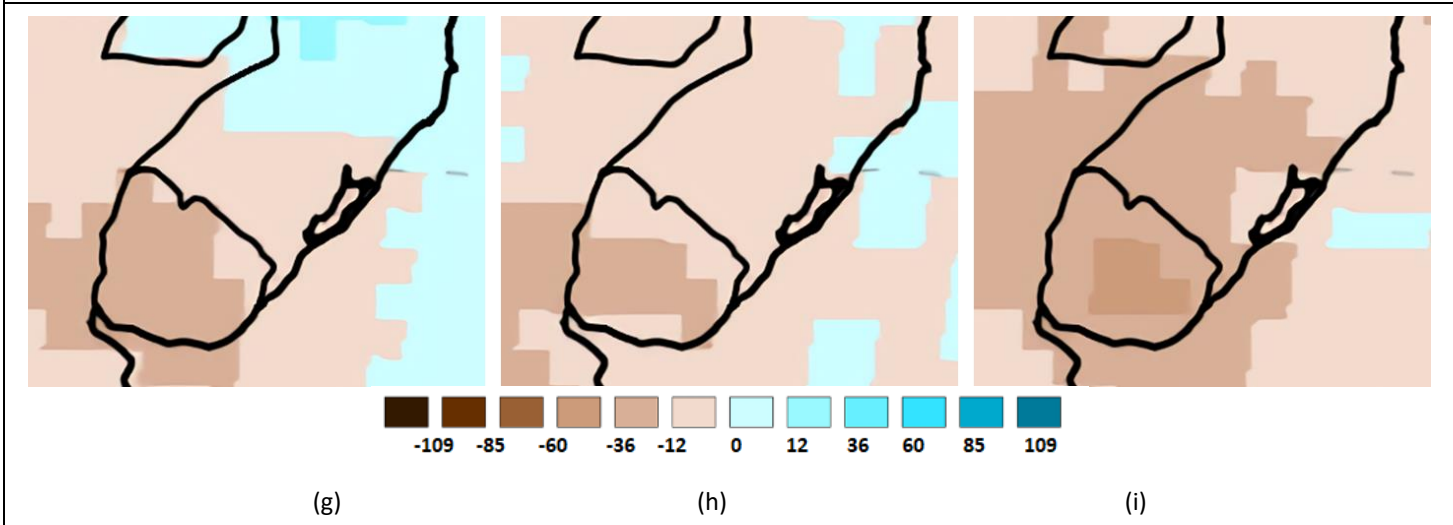
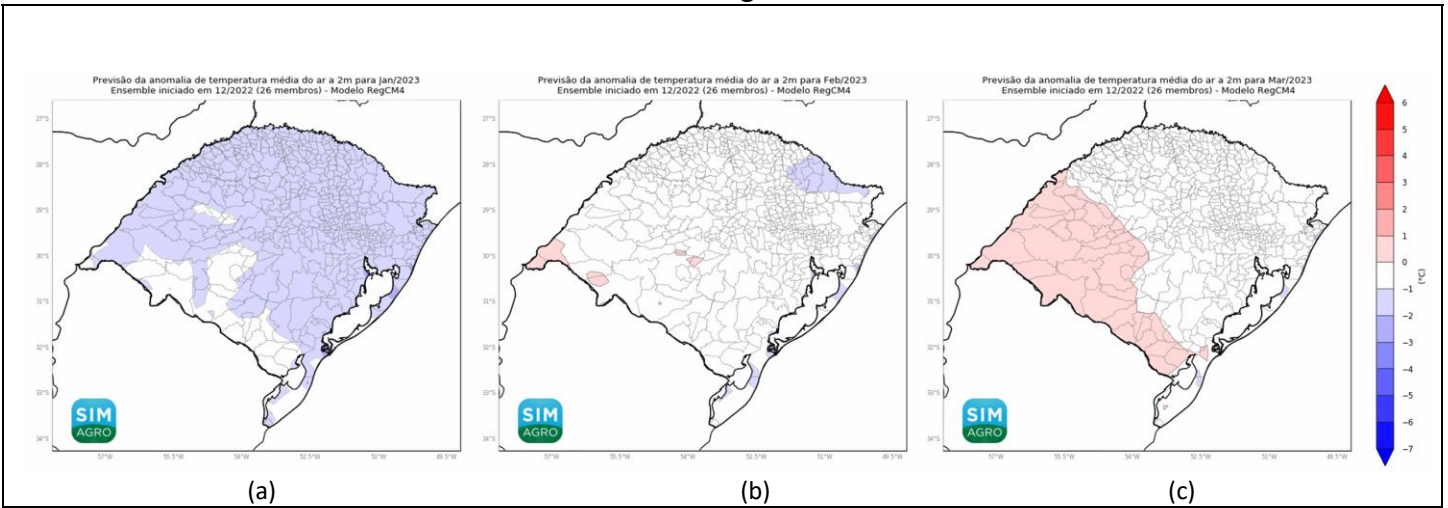


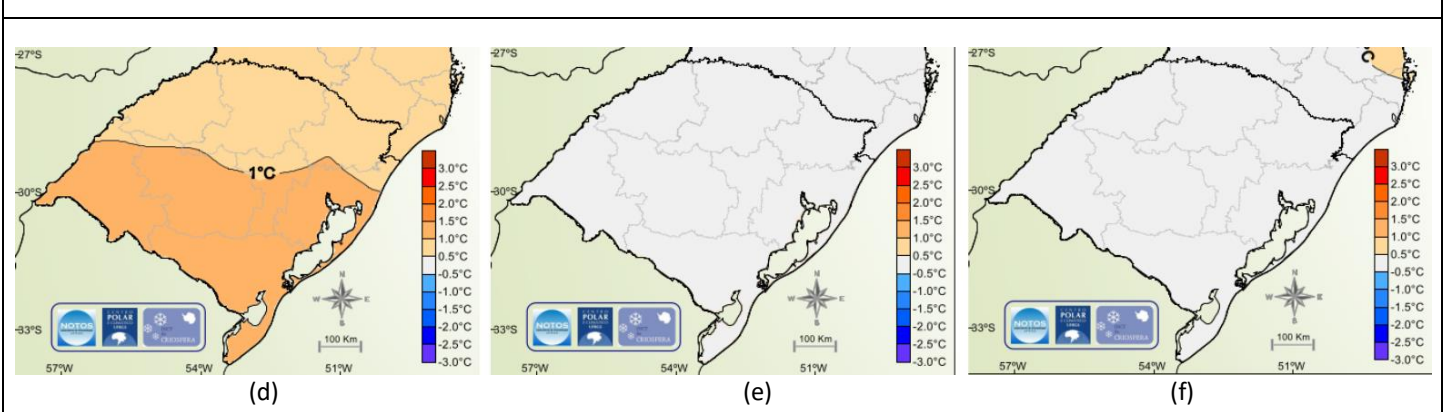
Figura 22- Previsões das anomalias de precipitação mensal, em mm, do modelo dinâmico REGCM-4 do SIMAGRO (a-c), do Modelo Regional de Previsão Climática para o Sul do Brasil (MoReClima-SUL, Centro Polar e Climático da UFRGS) (d-f) e (d) Média do conjunto de modelos globais do Centro Climático da Cooperação Econômica Ásia-Pacífico (APCC). As previsões foram realizadas em dezembro de 2022 para os meses de janeiro (1ª coluna), fevereiro (2ª coluna) e março (3ª coluna) de 2023.

Para a temperatura, os modelos apresentam condições similares, para os meses de fevereiro e março, com temperatura entre a média e levemente acima da normal climatológica, no extremo oeste do RS (Figuras 23.b, 23.c, 23.e, 23.f, 23.h e 23.i). No mês de janeiro, os modelos estatístico regional (MoReClima-SUL) e dinâmico global APCC (Figuras 23.d e 23.g) apontam um início de ano com temperatura acima da normal climatológica, em todo o estado, de até 1°C. Enquanto que o modelo dinâmico regional (RegCM4, Figura 23.a) coloca grande parte do território gaúcho com temperatura de até 1°C abaixo da média.

Modelo Dinâmico - RegCM4 do SIMAGRO



Modelo estatístico - MoReClima-SUL



Previsão por conjunto de modelos dinâmicos globais - APCC

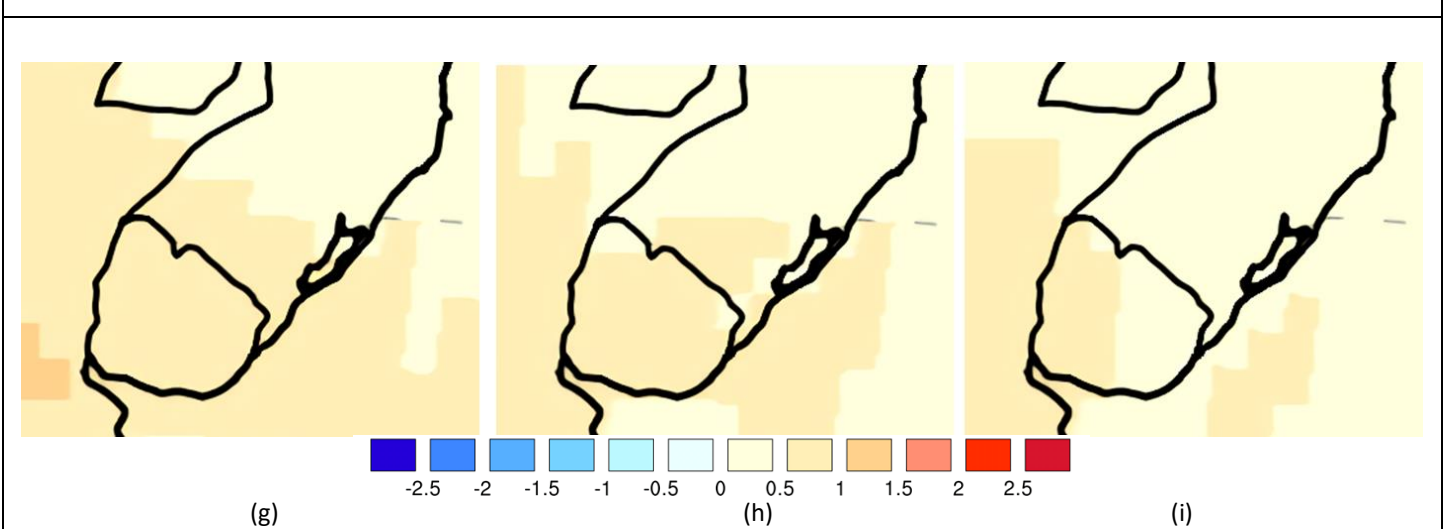


Figura 23- Previsões das anomalias de temperatura média mensal do modelo dinâmico REGCM-4 do SIMAGRO (a-c) e do Modelo estatístico Regional de Previsão Climática para o Sul do Brasil (MoReClima-SUL, Centro Polar e Climático da UFRGS) (d-f) e (d) Média

do conjunto de modelos globais do Centro Climático da Cooperação Econômica Ásia-Pacífico (APCC). As previsões foram realizadas em dezembro de 2022 para os meses de janeiro (1ª coluna), fevereiro (2ª coluna) e março (3ª coluna) de 2023.

8 Previsão por consenso

Com base na análise das previsões de permanência da La Niña durante o início do trimestre JFM; na avaliação de impactos esperados na chuva no RS associados aos indicadores de teleconexões; na sucessão de condições hídricas desfavoráveis à recuperação do armazenamento de água no solo devido às secas anteriores; nas previsões do conjunto de modelos climáticos dinâmicos e estatísticos; e na opinião consensual do grupo de Meteorologia da UFSM. A previsão climática sazonal para JFM no RS é de:

- Chuvas dentro da normal climatológica do centro-leste, norte e sul gaúcho; do centro ao oeste do estado estão previstas, ainda que com menor probabilidade, da ocorrência de chuvas com baixo volume (acumulados entre 50 e 100mm abaixo da normal climatológica). No extremo nordeste e litoral norte do estado as chuvas ficam dentro do normal à levemente acima da climatologia (aproximadamente 50mm) (Figura 24.a).

- Temperaturas com probabilidade de ocorrência levemente acima da normal climatológica (de até +1°C, Figura 24.b) no extremo oeste do RS e, no extremo nordeste, a temperatura pode ficar levemente abaixo da climatologia. Nas demais regiões a temperatura fica no entorno da média climatológica.

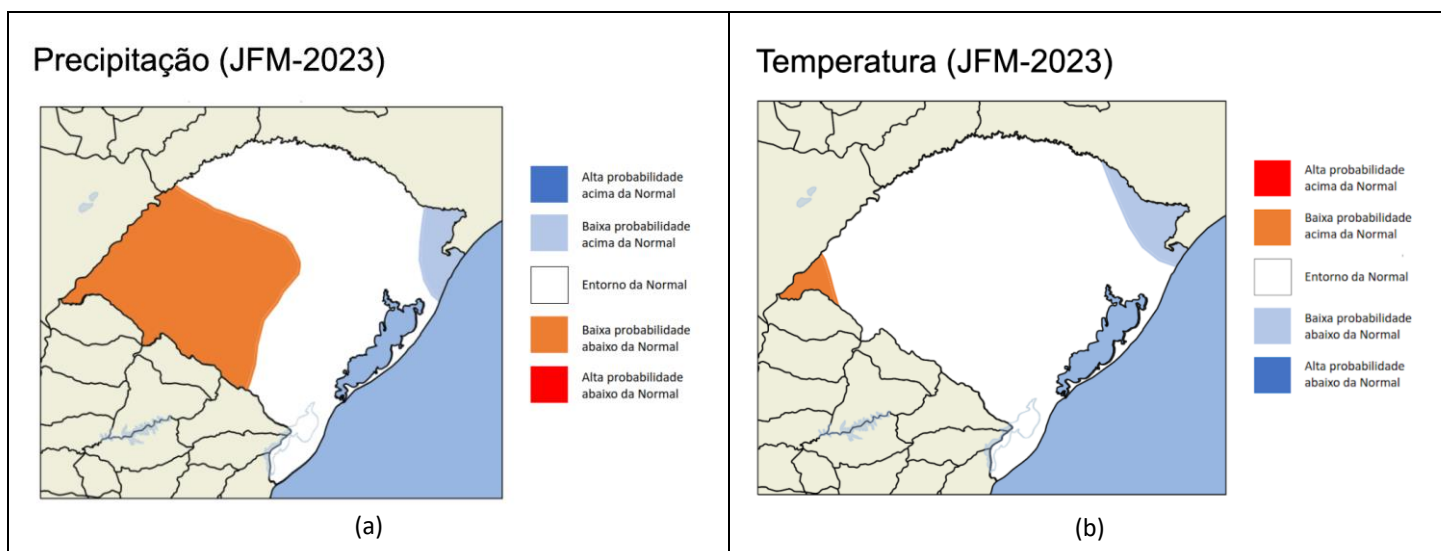


Figura 24- Previsão climática sazonal por consenso para (a) chuva e (b) temperatura média do trimestre JFM de 2023. Em (a) Vermelho indica alta probabilidade de chuva abaixo da normal, laranja indica chuva levemente abaixo da normal. Em (b) laranja indica temperatura levemente acima da normal climatológica e branco indica temperatura dentro da normal climatológica.