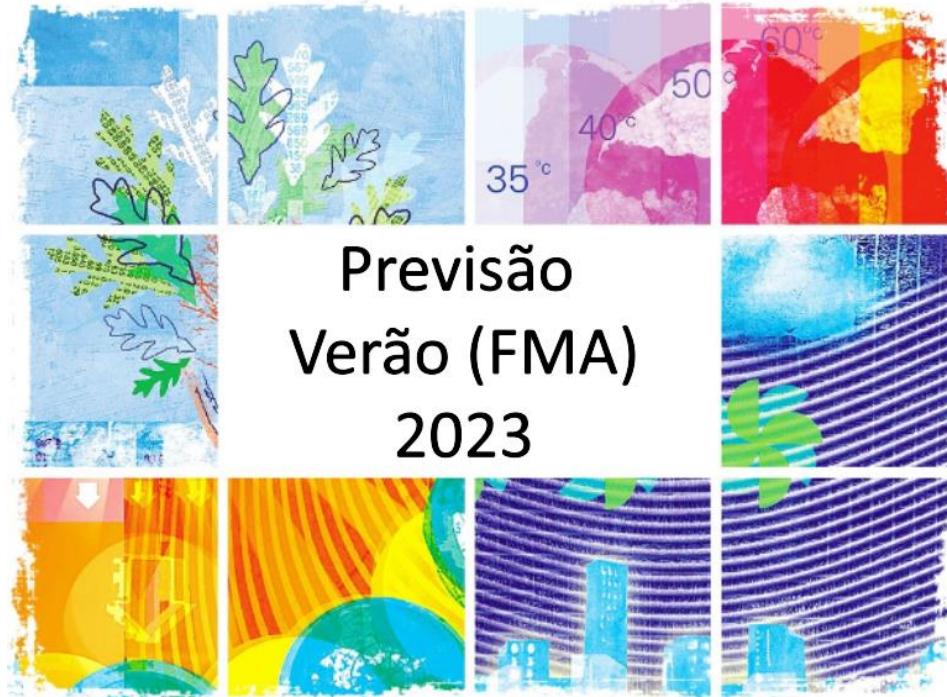


Boletim da Previsão Climática Mensal

Grupo de Meteorologia da UFSM



Previsão
Verão (FMA)
2023



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 FMA

A climatologia do trimestre de fevereiro-março-abril (FMA) no RS apresenta um gradiente meridional menos expressivo que no trimestre anterior (JFM). Neste trimestre os maiores acumulados de precipitação se concentram no setor oeste do estado com valores acima dos 400mm no trimestre, enquanto os valores inferiores a 300mm se localizam no setor leste/sul do estado. No trimestre FMA a média das temperaturas mínimas fica entorno dos 14°C nas áreas de maior altitude do Nordeste Gaúcho e dos 16°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, porém as primeiras massas de ar frio mais intensas tipicamente avançam em abril. A temperatura mínima média é maior no Noroeste do RS e na faixa central do estado até o litoral norte com valores predominantes entre 17°C e 20°C. O padrão de variação espacial da temperatura máxima média é similar ao da temperatura mínima, com valores em torno de 25°C no sul do RS e dos 22°C nas partes altas da Serra. No oeste do estado e área central do RS a máxima fica entorno dos 28°C e supera os 30°C no noroeste do estado (Figura 1.c).

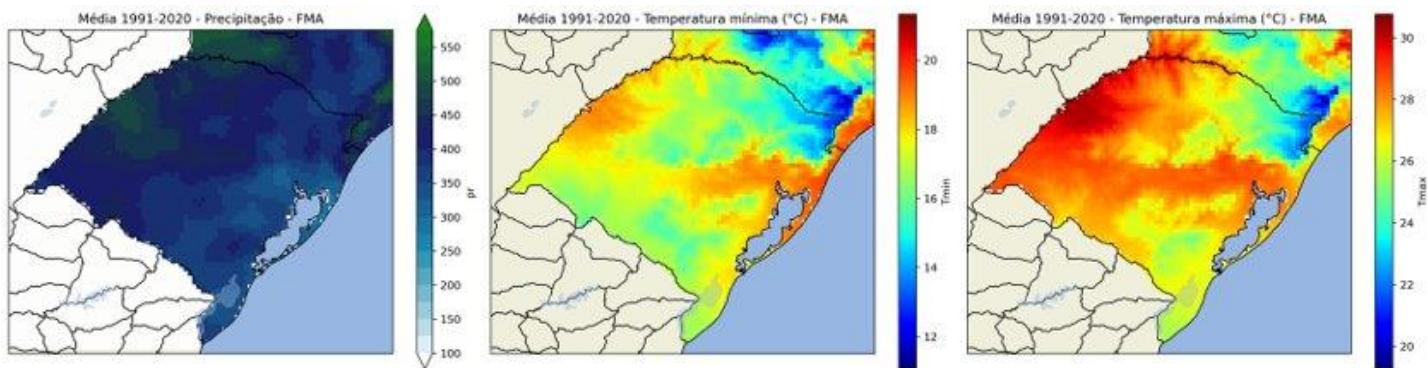


Figura 1. Normal climatológico do período FMA de 1991 a 2020 a partir do conjunto de dados *Brazilian Daily Weather Gridded Data (BR-DWGD)* de Xavier et al. (2022)¹ para precipitação acumulada mensal (a), temperatura mínima (b) e temperatura máxima (c).

2 Dados observados de outubro, novembro e dezembro (NDJ) de 2022/23

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 climatogia 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°C) com provável registro de geada, seguida de Getúlio Vargas (0,4°C). Já as máximas mais elevadas foram 37,6°C e 37,2°C, registradas em Quaraí e Uruguaiana, respectivamente.

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

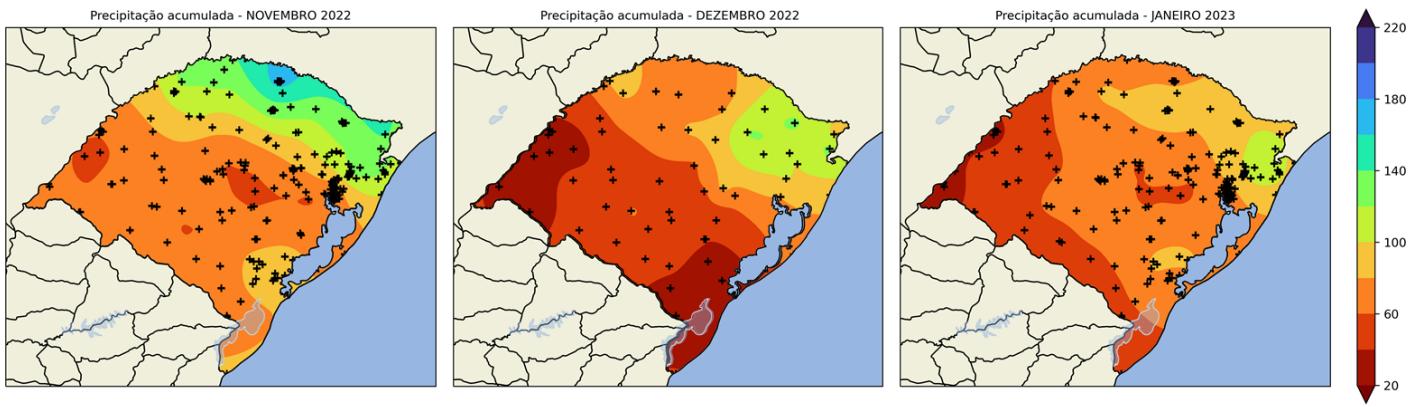


Figura 2. Dados de precipitação combinados para os meses de novembro (a), dezembro (b) e janeiro (c). a partir de dados combinados do [INMET](#) e [SIMAGRO](#) e [SEMA-RS](#).

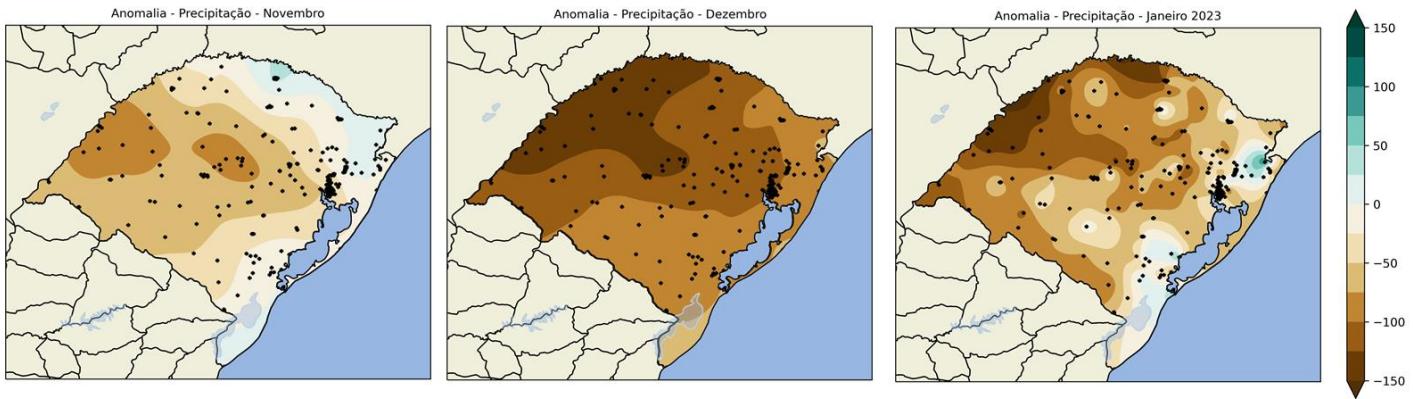


Figura 3. Anomalia de precipitação total mensal em relação à normal climatológica 1991-2020 para os meses de novembro (a), dezembro (b) e janeiro (c). Os pontos indicam a localização das estações meteorológicas utilizadas.

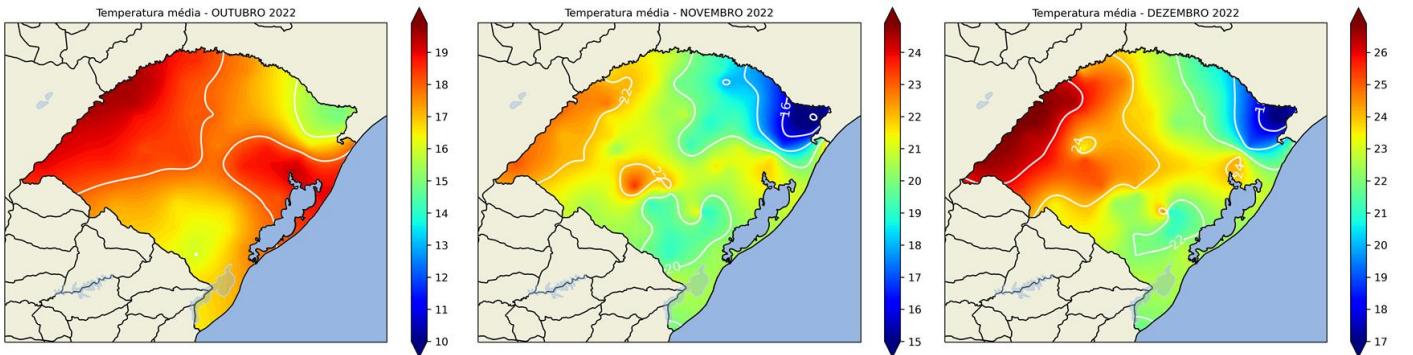


Figura 4. Dados de temperatura média combinados para os meses de novembro (a), dezembro (b) e janeiro (c) a partir de dados combinados das estações meteorológicas do [INMET](#) e [SIMAGRO](#) e [SEMA-RS](#).

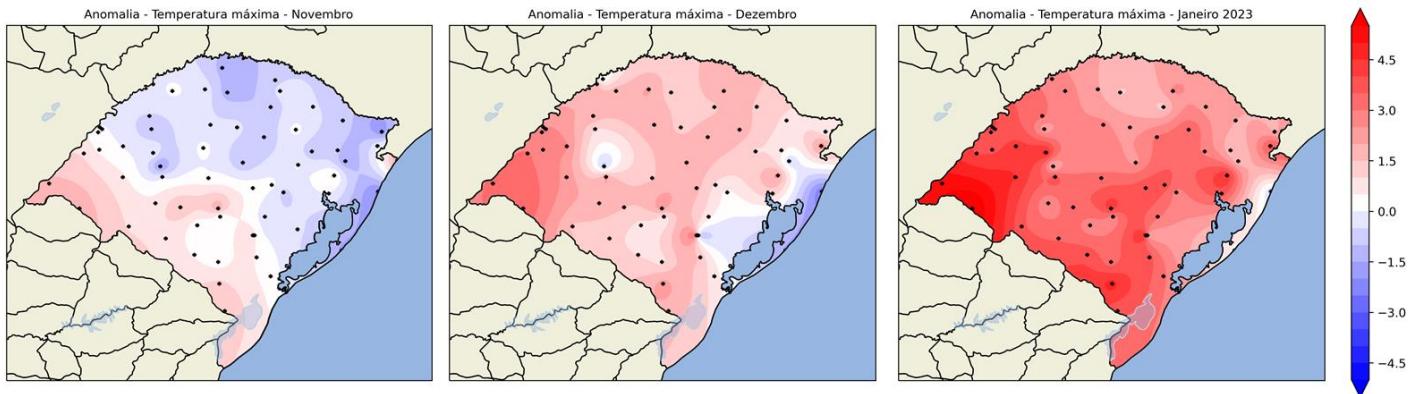


Figura 5. Anomalia de temperatura máxima mensal em relação à normal climatológica 1991-2020 para os meses de novembro (a), dezembro (b) e janeiro (c).

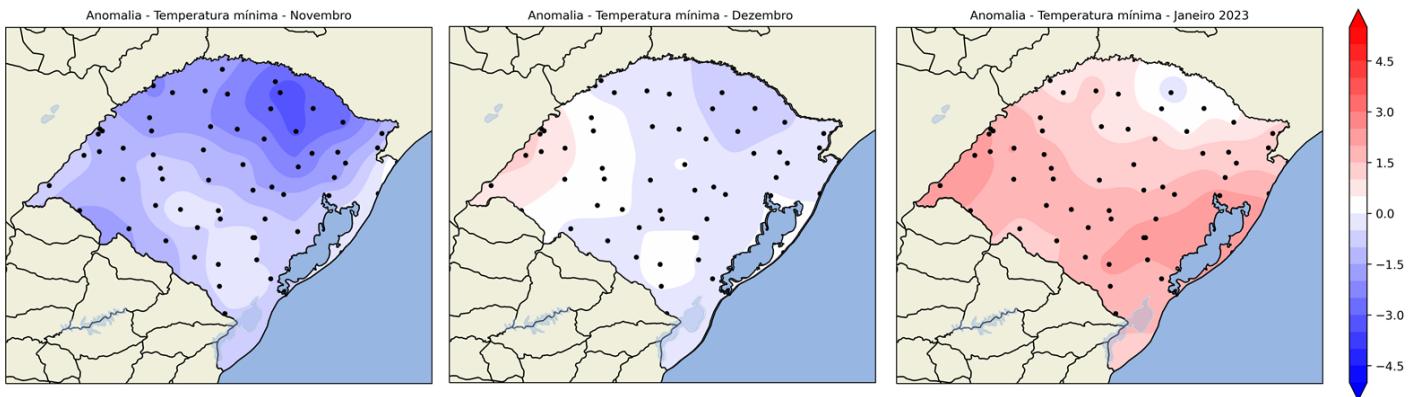


Figura 6. Anomalia de temperatura mínima mensal em relação à normal climatológica 1991-2020 para os meses de novembro (a), dezembro (b) e janeiro (c).

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°C em Quarai e 40°C em Uruguaiana 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°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.

Em janeiro os acumulados de precipitação mais uma vez tiveram grande variabilidade espacial. O maior acumulado em uma estação meteorológica se deu no município de Cambará do Sul (240mm) enquanto na fronteira sudoeste a cidade de Uruguaiana registrou apenas 17mm. Apesar de grande parte do estado ter registrado anomalias negativas de precipitação os valores mais expressivos se localizam na porção noroeste do estado (até 150mm abaixo da climatologia). Em relação as temperaturas, destaca-se a anomalia positiva em todo o RS nas médias máximas, sendo mais expressiva no sudoeste do estado (maior que +3°C). Quaraí teve quatro dias com máximas acima dos 40°C no mês de janeiro, incluindo a máxima do estado no mês (40,9°C dia 01/01). Já em relação à média de temperatura mínima, também se registrou uma anomalia positiva em grande parte do território gaúcho. Neste caso se

destacam o oeste e sudeste do estado com anomalia maior que +1.5°C. Apenas parte do norte do estado apresentou média mínima dentro da climatologia.

3 Condição Oceânica

A condição oceânica superficial observada no oceano Pacífico tropical na semana do dia 29 de janeiro e 04 de fevereiro de 2023 (Fig. 7) permanece com anomalias de temperatura da superfície do mar (TSM) negativas porém de menor intensidade e área em relação à condição do mês anterior ([boletim anterior](#)).

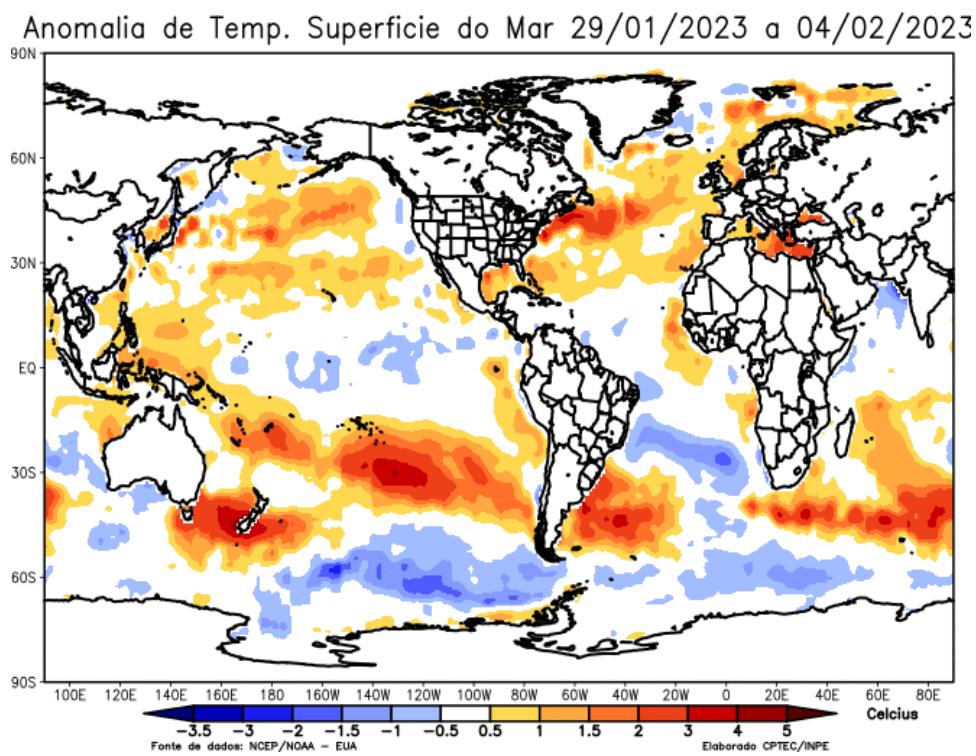


Figura 7 - Anomalia da TSM média observada entre os dias 29 de janeiro e 04 de fevereiro de 2023. Fonte: CPTEC/INPE.

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 permanecem mais frias do que o limiar para a classificação do fenômeno La Niña (-0,5 °C) (Fig. 8). 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 outubro e novembro e que em dezembro, apresentou 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 e está condição foi mantida durante o mês de janeiro de 2023 (Fig. 9). Este pode ser um indicativo para a aproximação do final da fase negativa do ENOS

Anomalia de TSM Niño 34

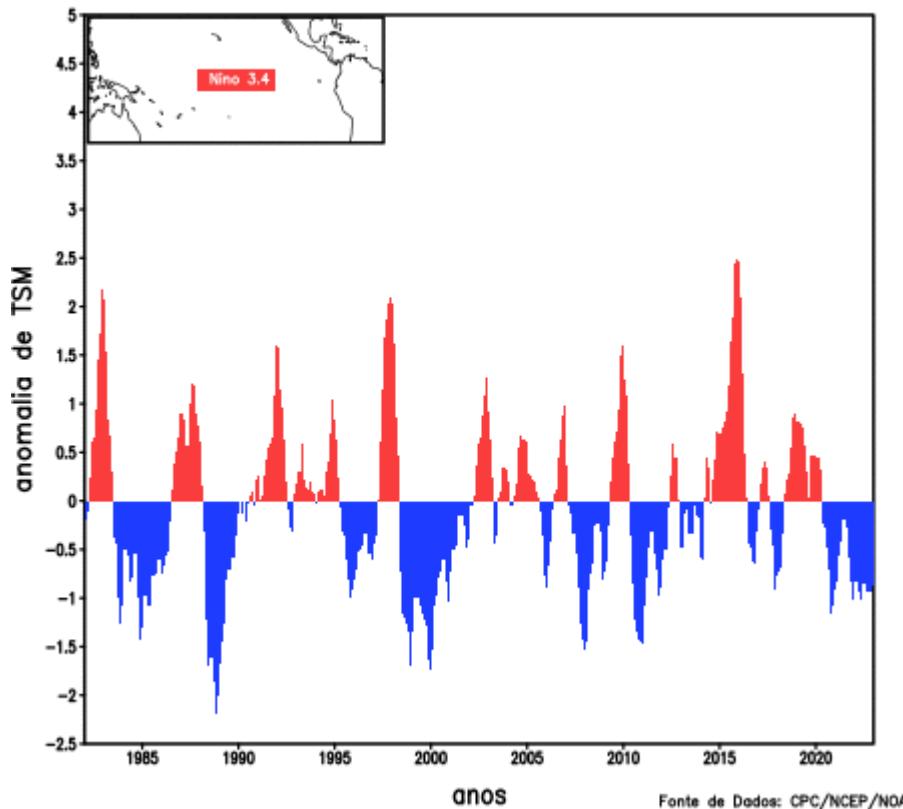


Figura 8 - Série temporal da anomalia de TSM observada sobre a região do Niño 3.4 (região indicada no canto superior esquerdo) desde de 1980 até atualmente. Fonte: CPC/NCEP/NOAA.

Fonte de Dados: CPC/NCEP/NOAA

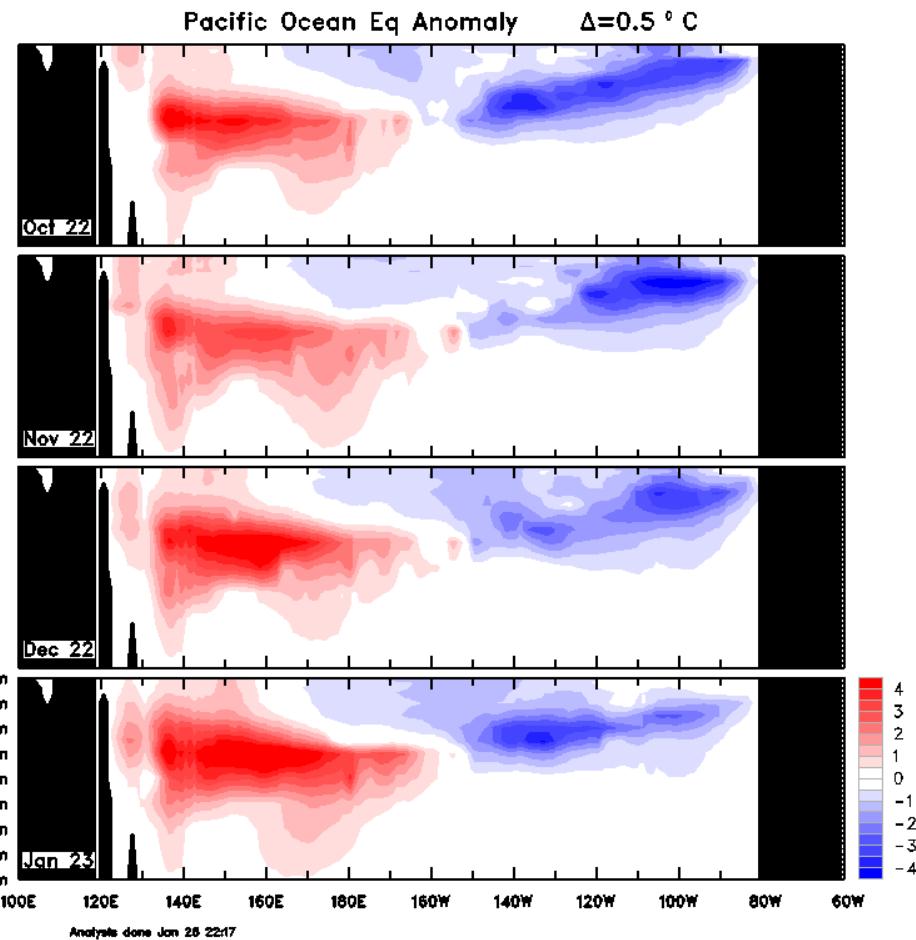
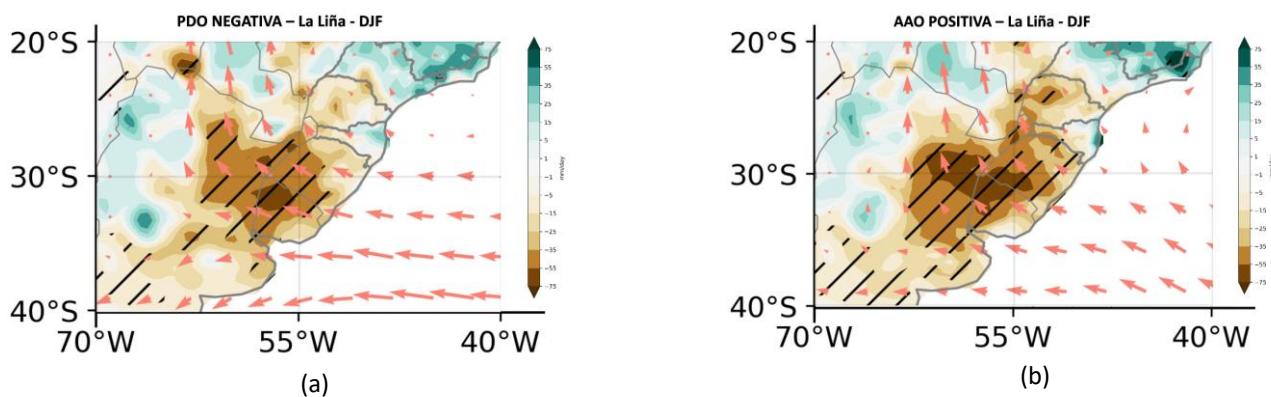


Figura 9 - Seção transversal da anomalia da TSM na região do Oceano Pacífico Equatorial dos meses de outubro, novembro e dezembro de 2022 e janeiro de 2023. Fonte: BOM² da Austrália.

Além da influência remota do ENOS, outros índices de teleconexão podem impactar o clima do RS (Figura 10). A Oscilação Decenal do Pacífico (PDO, Figuras 10) está na sua fase fria atualmente (Figura 11), o que favorece a maior ocorrência de La Niñas e, como já dito, a anomalias de negativas de chuva no verão (Figura 10.a). 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>

Figura 10 - 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%.

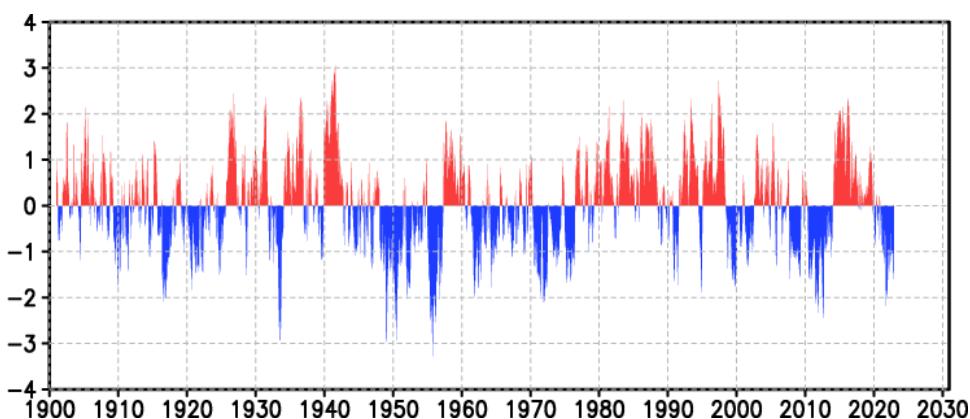


Figura 11 - Série temporal do Oscilação decenal do Pacífico (PDO) desde 1900 até o momento. Fonte: <https://www.jma.go.jp/jma/indexe.html>.

4 Previsões do El Niño Oscilação Sul (ENOS)

A previsão probabilística de ENOS (Figura 12) do IRI integra os modelos dos principais centros de previsões climáticas mundiais. O consenso destes modelos indica menos de 20% de chance de permanência da La Niña para o trimestre FMA. 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 junho-julho-agosto (JJA) 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)

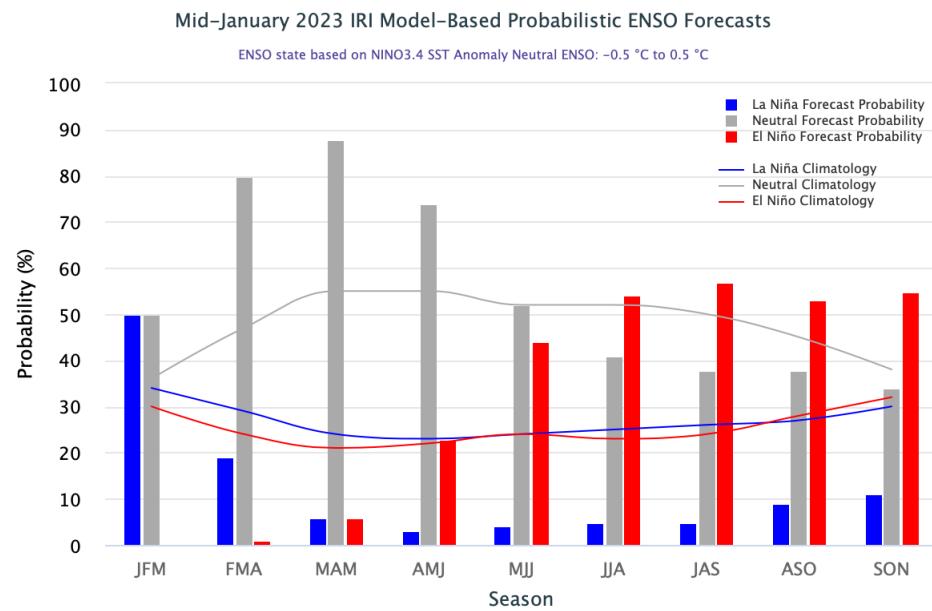


Figura 12 - Previsão probabilística do ENOS realizada em janeiro de 2023. Fonte: IRI-Columbia

O índice AAO (Fig. 13) 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 10.b). A previsão deste índice para o início da segunda quinzena de fevereiro mostra uma discordância entre as diferentes integrações do modelo GFS o que na média leva a uma neutralidade do índice, ficando próximo de zero (linha tracejada na Figura 13).

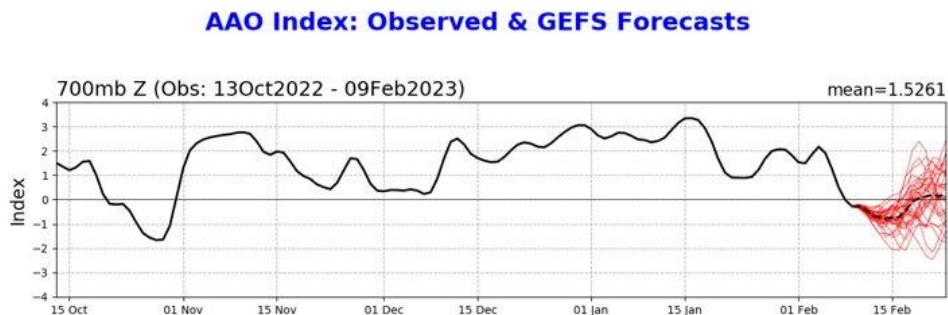
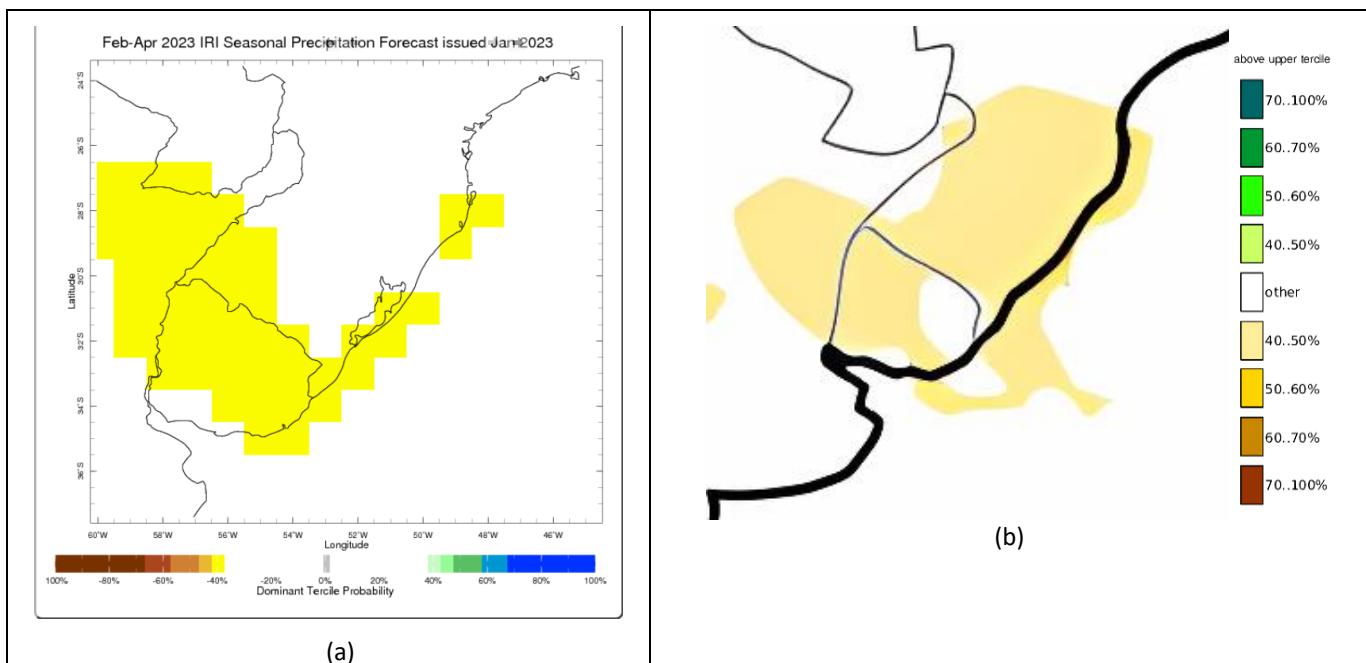


Figura 13 - Série temporal do AAO dos últimos 4 meses (linha preta) e a previsão de 15 dias (linhas vermelhas) do índice obtido do modelo GFS. A linha pontilhada é a média dos membros. Fonte: *Climate Prediction Center (CPC/NOAA)*.

5 Previsões sazonais

O conjunto de modelos do IRI e dos centros nacionais (CPTEC/INMET/FUNCEME) indicam um regime de chuvas, para o trimestre FMA, próximo da média climatológica em grande parte da região, uma vez que as probabilidades para ocorrência de chuvas acima ou abaixo da média são menores do que 40% (Figura 14.a e 14.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 14.b). E o modelo estatístico regional MoReClima-SUL aponta maior probabilidade de chuvas dentro da normal climatológica (Figura 14.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 15.a, 15.b e 15.d), à exceção do modelo MoReClima-SUL.**



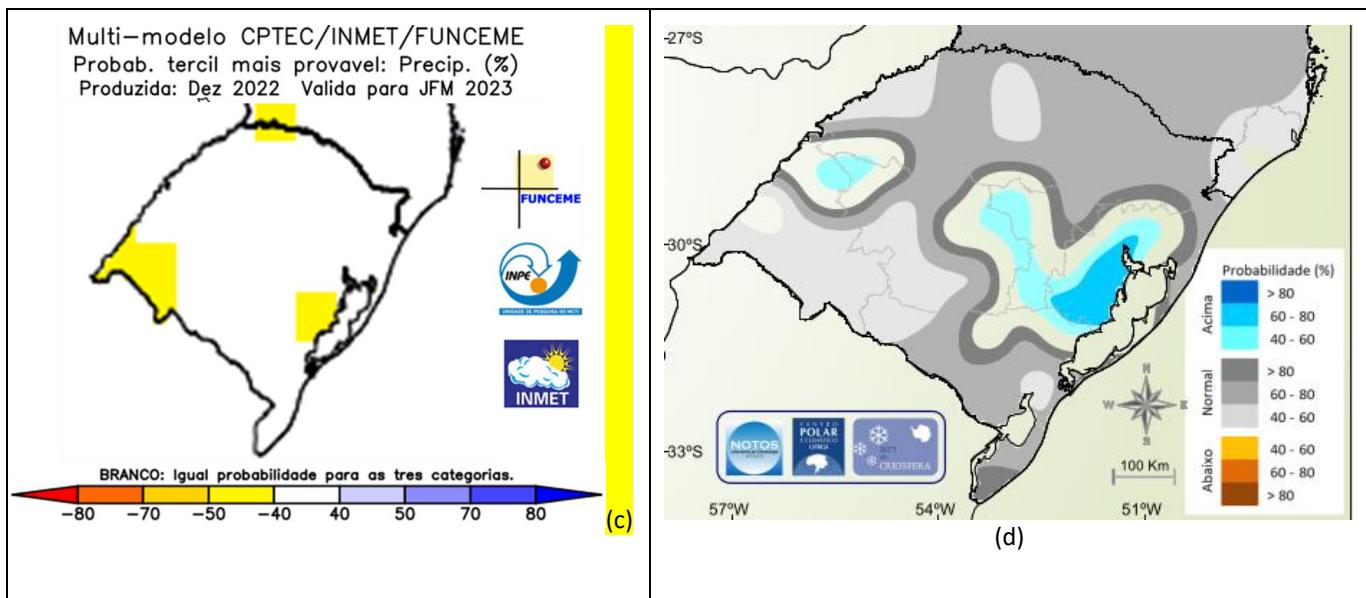
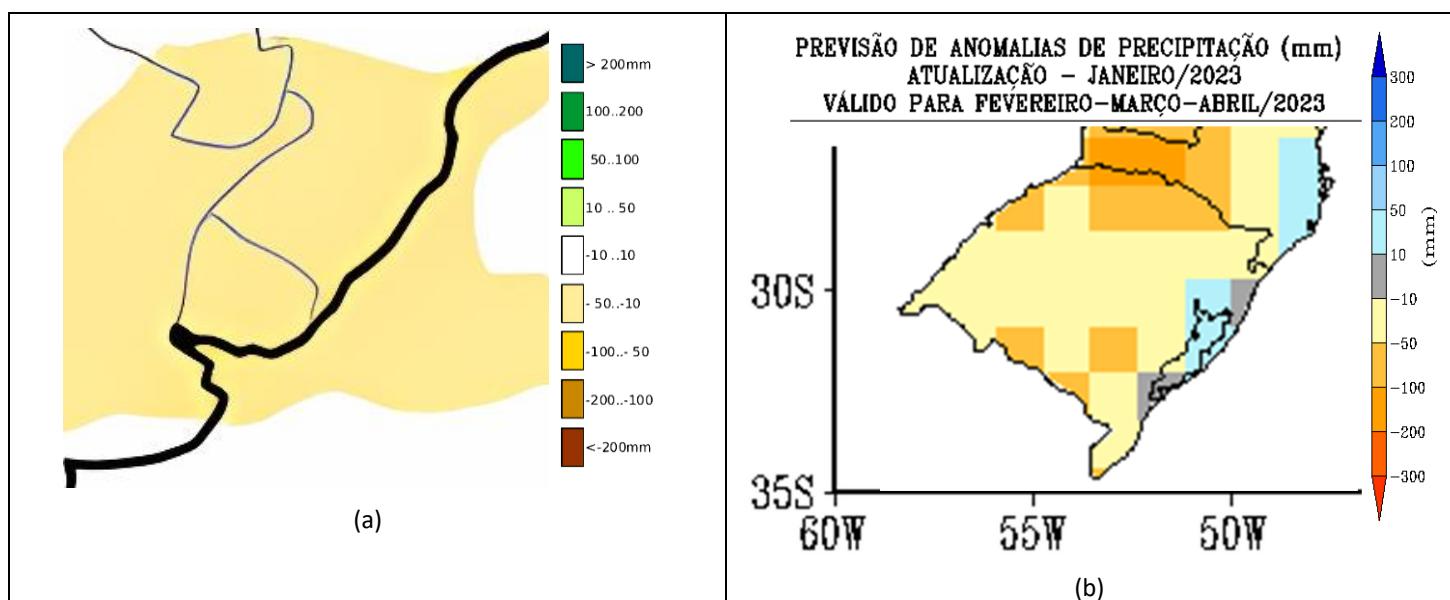


Figura 14 - Probabilidade do tercil dominante (%) da previsão climática da chuva média mensal acumulada realizada em janeiro de 2023 para o trimestre FMA, segundo (a) [Mutimodelo IRI](#), (b) [Multissistema C3S](#) (ECMWF) e (c) Multimodelo [CPTEC/INMET/FUNCeme](#) e (d) Modelo Regional de Previsão Climática para o Sul do Brasil (MoReClima-SUL, Centro Polar e Climático da UFRGS).



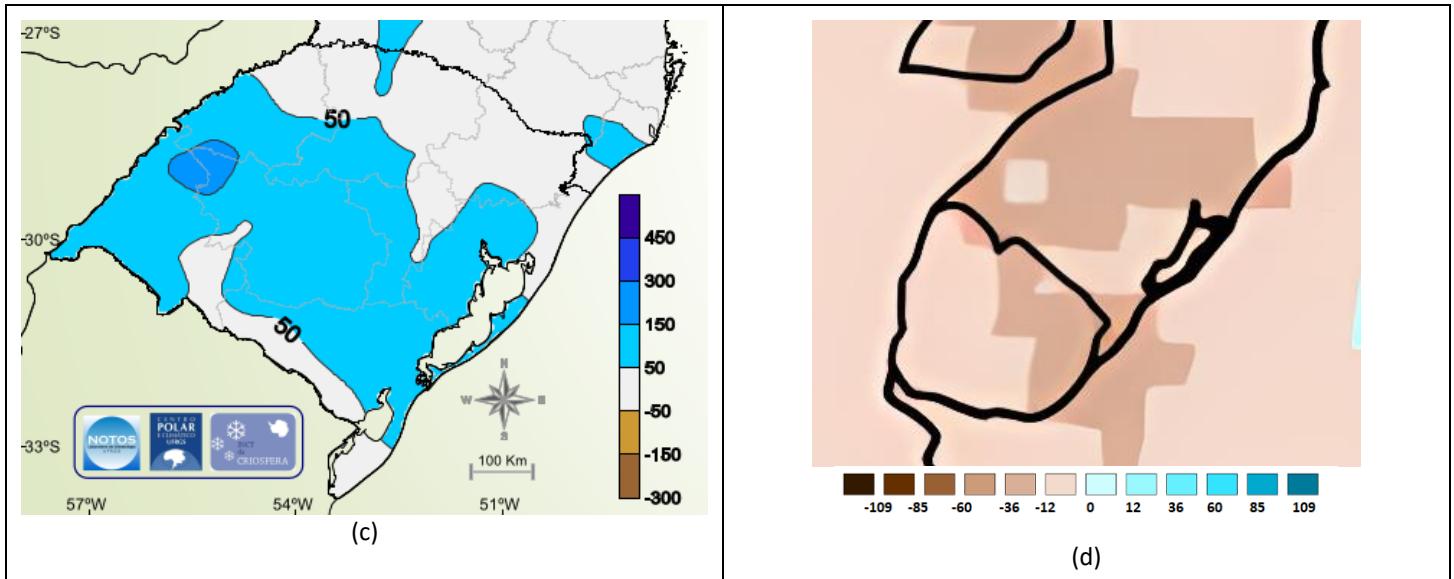
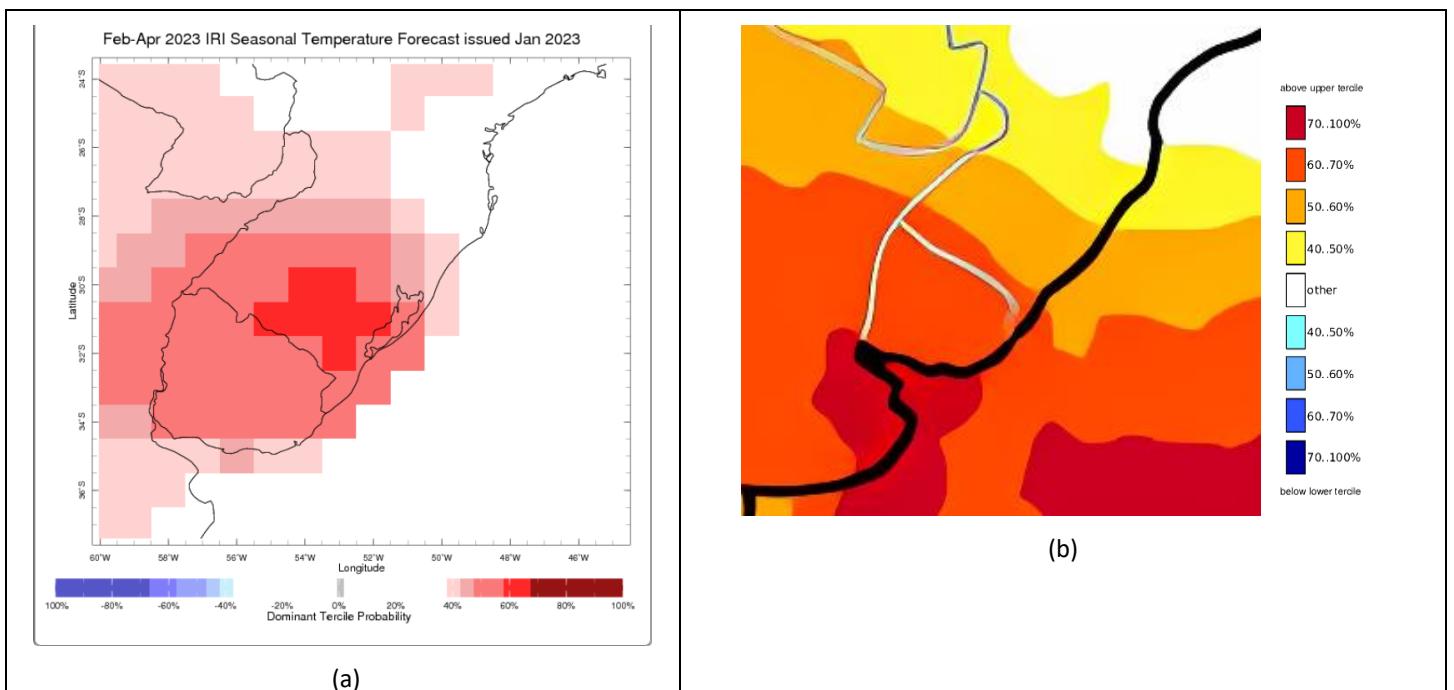
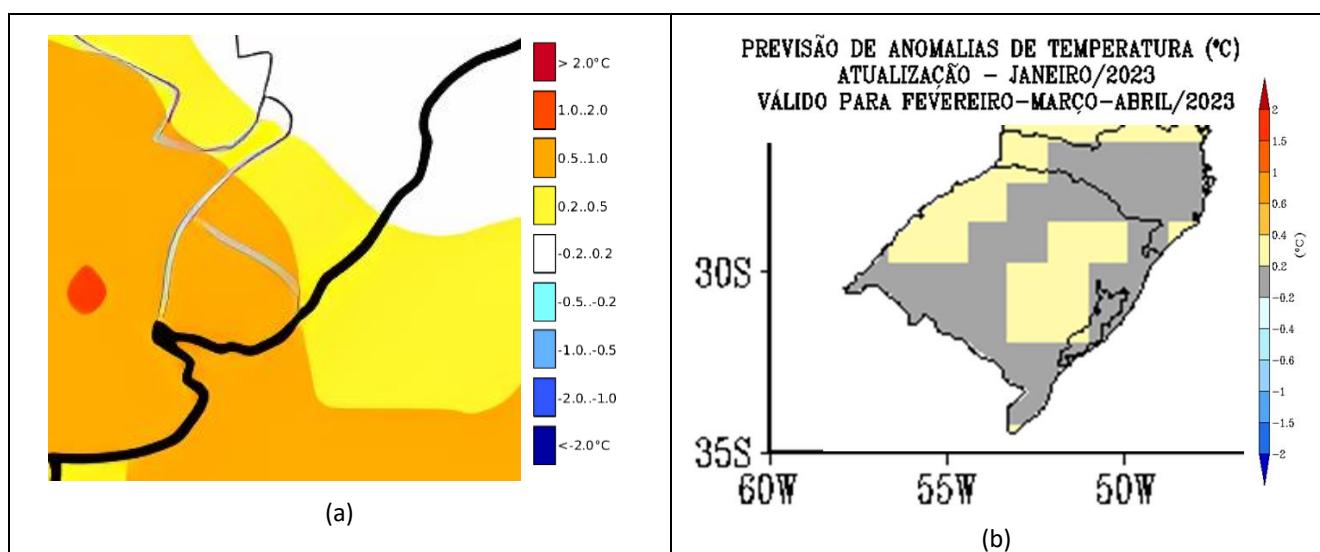
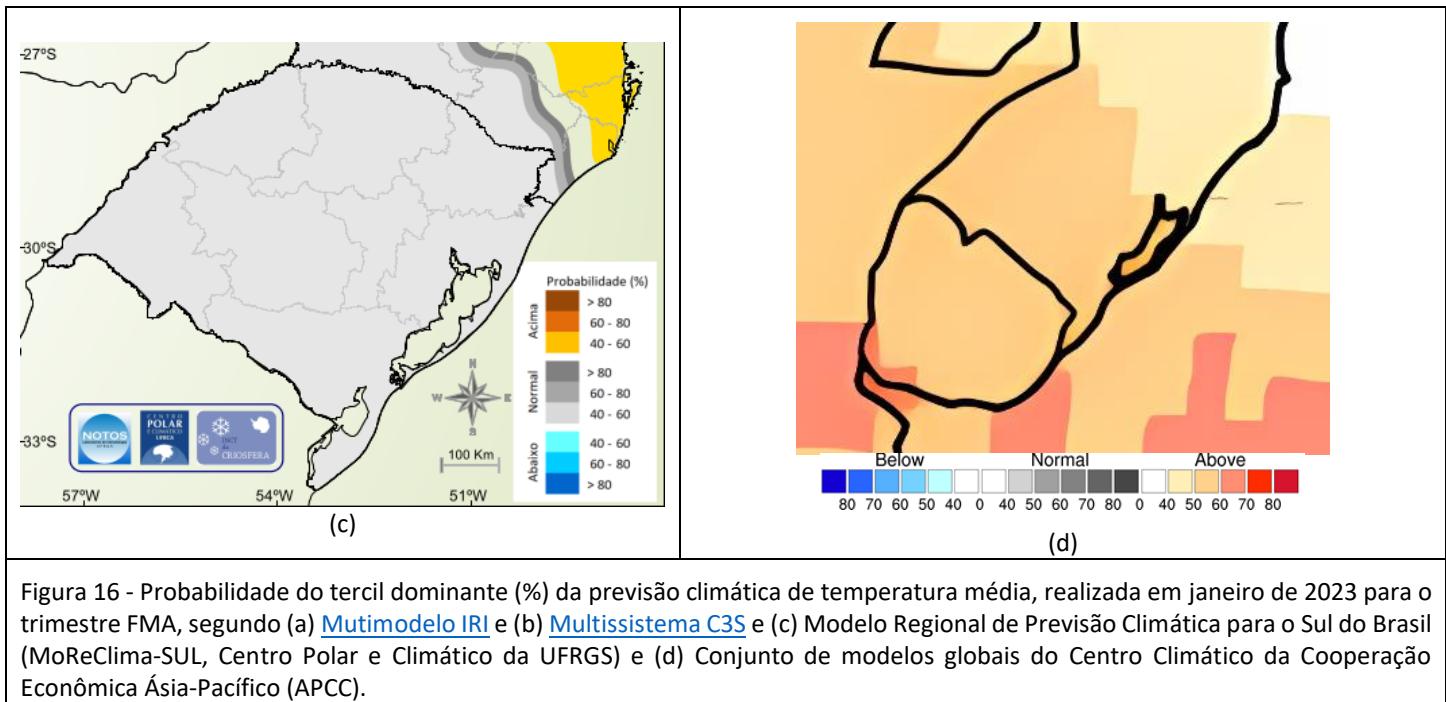


Figura 15 - Previsões das anomalias de chuva realizada em janeiro de 2023 para o trimestre FMA, segundo (a) [Multissistema C3S](#), (b) modelo estatístico do INMET, (c) Modelo Regional de Previsão Climática para o Sul do Brasil (MoReClima-SUL, Centro Polar e Climático da UFRGS) e (d) [APEC Climate Center](#) (APCC) South Korea, em mm/dia.

Para temperatura média mensal do ar, as previsões do multimodelo do IRI (Figura 16.a), Multissistema C3S do ECMWF (Figura 16.b) e APEC Climate Center (Figura 16.d) indicam probabilidade superiores a 40% de chance para temperatura acima do normal, principalmente na região de fronteira com o Uruguai e pampa gaúcho. O modelo MoReClima-SUL (Figura 16.c) prevê temperatura dentro da normal climatológica, em todo o estado. **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 1°C no extremo oeste gaúcho (Figura 17a-d).**





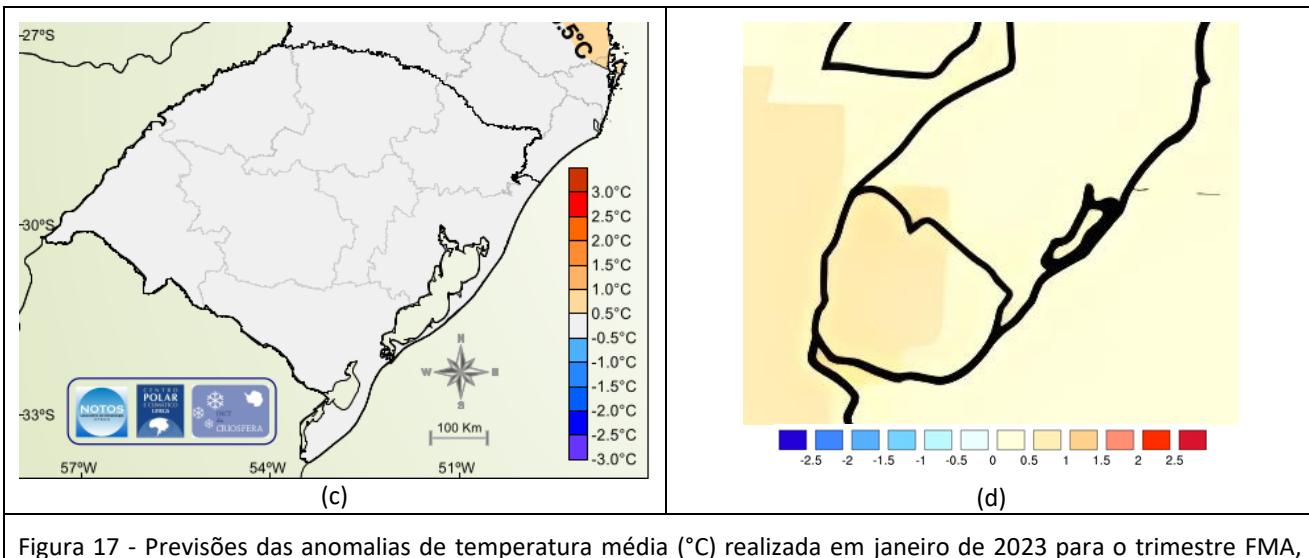
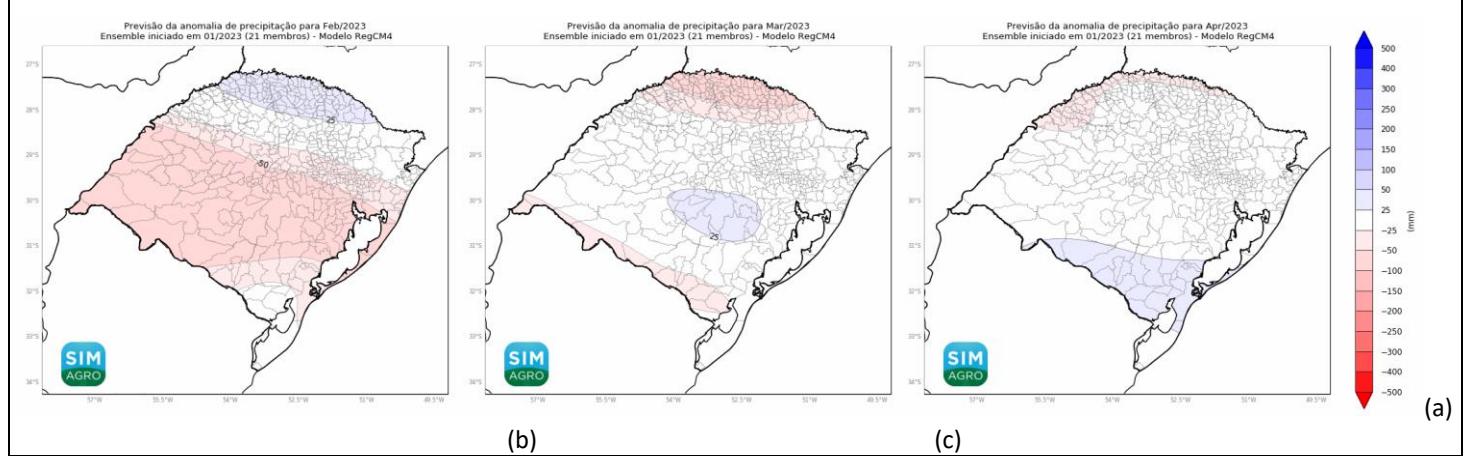


Figura 17 - Previsões das anomalias de temperatura média ($^{\circ}\text{C}$) realizada em janeiro de 2023 para o trimestre FMA, segundo (a) [Multissistema C3S](#) (mediana dos modelos), (b) modelo estatístico do INMET, (c) Modelo Regional de Previsão Climática para o Sul do Brasil (MoReClima-SUL, Centro Polar e Climático da UFRGS) e (d) Média do conjunto de modelos globais do Centro Climático da Cooperação Econômica Ásia-Pacífico (APCC).

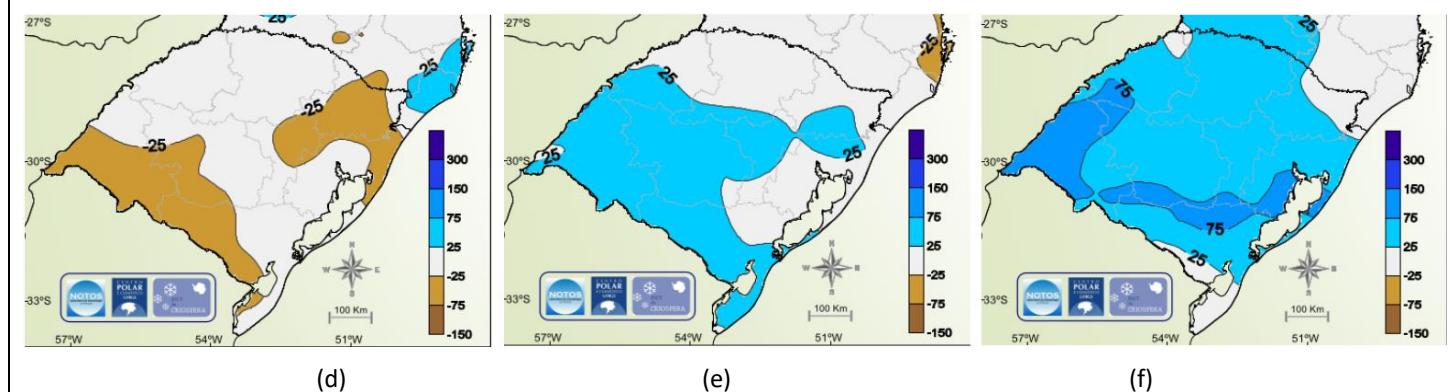
6 Previsões mensais

As previsões mensais realizadas em janeiro de 2023, para as anomalias de chuva acumulada e temperatura média mensal dos meses do trimestre FMA são apresentados nas Figuras 18 e 19, respectivamente. Para a chuva, os modelos regionais dinâmico e estatístico (Figura 18.a-f) apresentam uma evolução progressiva das chuvas, passado de anomalias negativas no mês de fevereiro (Figura 18.a e 18.d) para uma condição dentro da normalidade e até acima da média, em abril (Figura 18.c e 18.f). Já os modelos do Centro Climático da Cooperação Econômica Ásia-Pacífico (APCC) apresenta um cenário inverso, com as anomalias mais negativas no mês de abril (Figura 18.i).

Modelo dinâmico - RegCM4 do SIMAGRO



Modelo estatístico - MoReClima-SUL



Previsão por conjunto de modelos dinâmicos globais - APCC

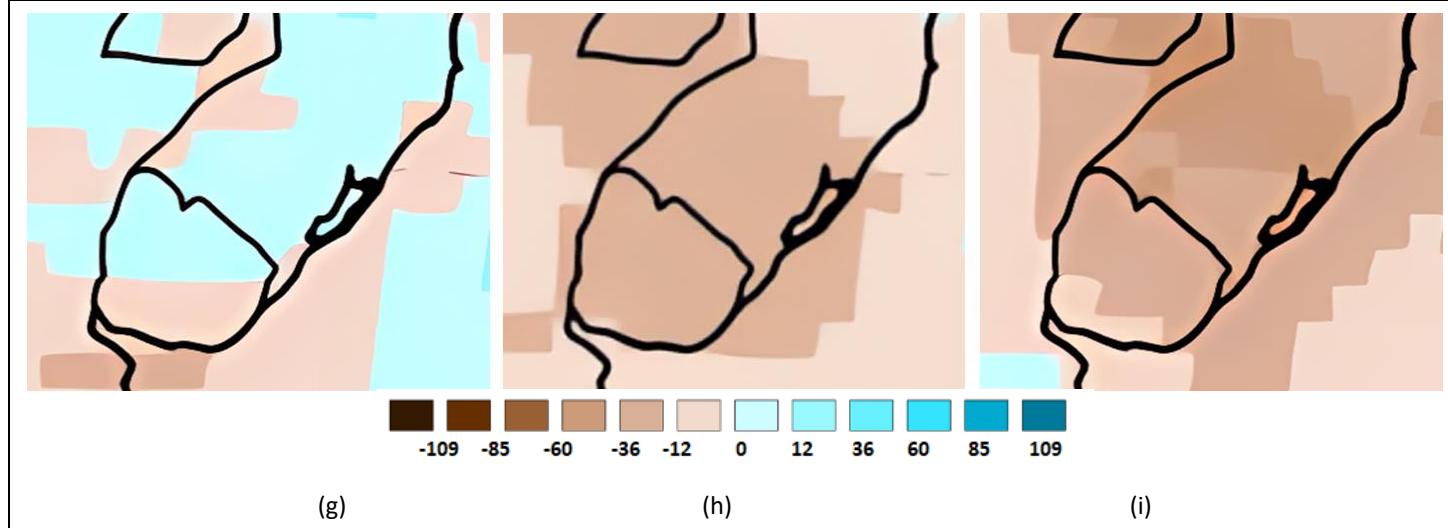
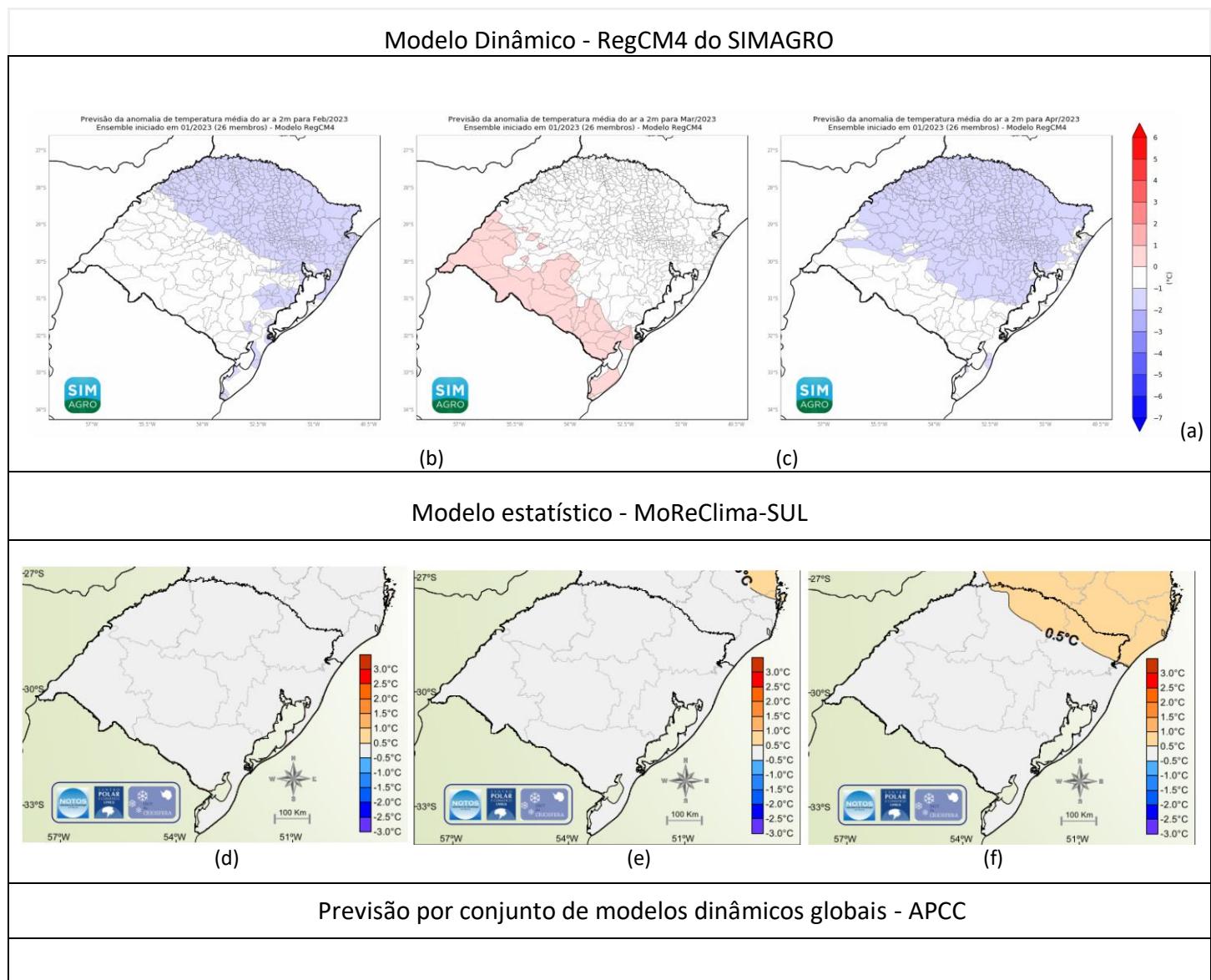


Figura 18 - Previsões das anomalias de precipitação mensal, em mm, do modelo dinâmico REGCM-4 do SIMAGRO (a-c), do Modelo Regional de Previsão Climática para o Sul do Brasil (MoReClima-SUL, Centro Polar e Climático da UFRGS) (d-f) e (d) Média do conjunto de modelos globais do Centro Climático da Cooperação Econômica Ásia-Pacífico (APCC). As previsões foram realizadas em janeiro de 2023 para os meses de fevereiro (1^a coluna), março (2^a coluna) e abril (3^a coluna) de 2023.

Para a temperatura há uma maior discordância entre os modelos, o modelo estatístico regional MoReClima-SUL (Figura 19.d-f) mostra o estado com temperatura dentro da normalidade ao longo de todo o trimestre. Diferentemente do modelo dinâmico RegCM4 que apresenta temperatura abaixo na média no norte gaúcho, nos meses de fevereiro e abril (Figura 19.a e 19.c), e temperatura acima da média na região de fronteira com o Uruguai no mês de março (Figura 19.b). E a média dos modelos da APCC (Figura 19.g-i) mantém a temperatura acima da média ao longo de todo o trimestre, chegando a 1° positivo em abril (Figura 19.i).



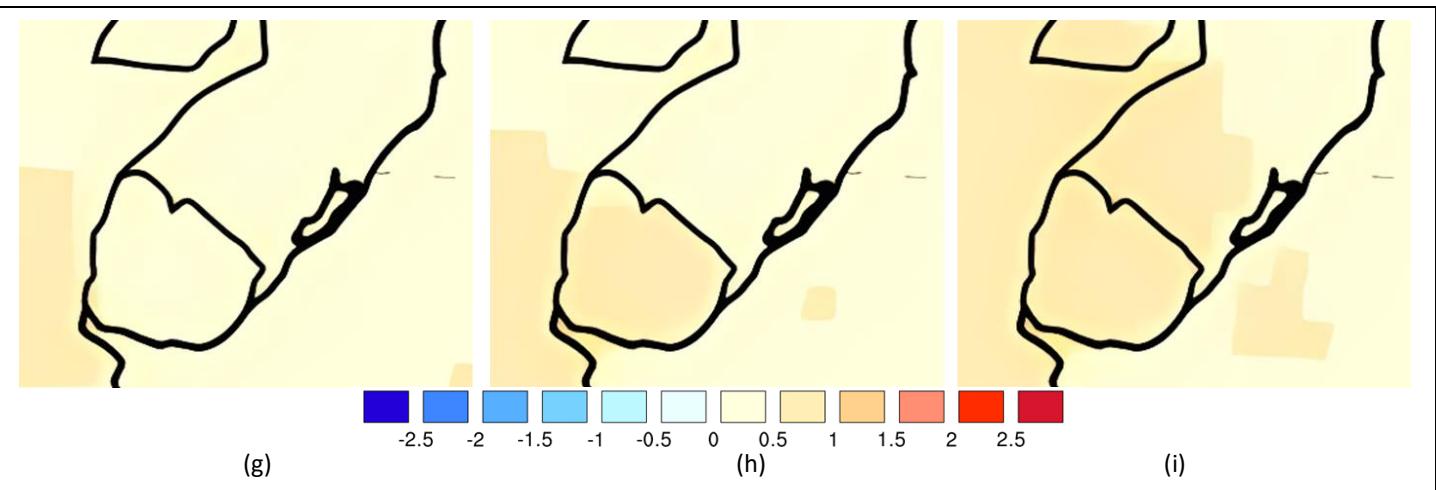


Figura 19- Previsões das anomalias de temperatura média mensal do modelo dinâmico REGCM-4 do SIMAGRO (a-c) e do Modelo estatístico Regional de Previsão Climática para o Sul do Brasil (MoReClima-SUL, Centro Polar e Climático da UFRGS) (d-f) e (d) Média do conjunto de modelos globais do Centro Climático da Cooperação Econômica Ásia-Pacífico (APCC). As previsões foram realizadas em janeiro de 2023 para os meses de fevereiro (1^a coluna), março (2^a coluna) e abril (3^a coluna) de 2023.

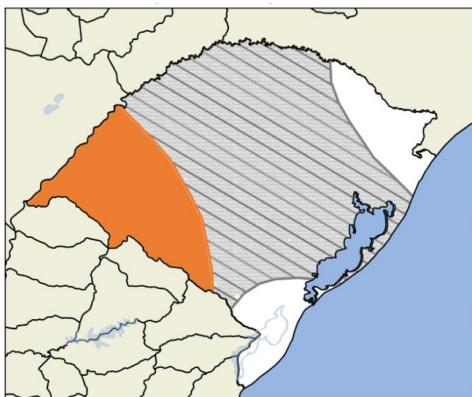
7 Previsão por consenso

Com base na análise das previsões de permanência e enfraquecimento da La Niña durante o início do trimestre FMA; 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 FMA no RS é de:

- Chuvas abaixo da normal climatológica no oeste e parte da fronteira com o Uruguai e dentro da normal climatológica no litoral norte e sul gaúcho, em toda a região central e norte há um grau de incerteza sobre as condições (Figura 20.a).

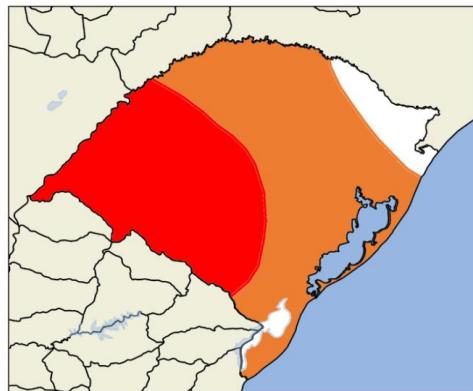
- Temperaturas com probabilidade alta de ocorrência acima da normal climatológica (maior que +1°C, Figura 20.b) no extremo oeste do RS e extremo nordeste, é o único setor que a temperatura deve ficar ao redor da climatologia. Nas demais regiões a temperatura deve ficar levemente acima da média climatológica.

Precipitação (FMA/2023)



(a)

Temperatura (FMA/2023)



(b)

Figura 20 - Previsão climática sazonal por consenso para (a) chuva e (b) temperatura média do trimestre FMA de 2023. Em (a) Laranja indica alta probabilidade de chuva levemente abaixo da normal enquanto o branco indica precipitações dentro da normalidade. Para a área hachurada existe uma grande incerteza na previsão. Em (b) laranja indica temperatura levemente acima da normal climatológica e vermelho indica temperatura bastante acima da normal climatológica.

8 Verificação das previsões dezembro de 2022 e janeiro de 2023

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 dezembro de 2022 (Fig 21) 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 (Fig. 22), 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.

Para o mês de janeiro de 2023 (Fig. 23) foi observado valores de anomalia negativa de precipitação em grande parte do estado com os maiores valores negativos na fronteira centro-oeste e noroeste do estado, alguns valores dentro da média na região de Pelotas e se estendendo até o extremo sul, em relação à valores positivos de anomalia de precipitação, foi encontrado em uma pequena região no nordeste do estado, acima da serra. O modelo dinâmico RegCM4 estava prevendo valores negativos para todo o estado, com os valores mais expressivos próximos à Santana do Livramento, na fronteira sul e uma faixa de valores com anomalia de até 50mm se estendendo da região sul até central do estado. O modelo estatístico MoReClima-SUL teve uma previsão bastante equivocada, colocando valores positivos de anomalia de precipitação na fronteira sudoeste e da região de Bagé até o litoral/Lagoa dos Patos e os valores negativos com pequena magnitude e concentrado no centro do estado e litoral norte. Já o modelo do Centro

Climático da Cooperação Econômica Ásia-Pacífico (APCC) estava prevendo valores negativos de anomalia em praticamente todo o estado com exceção da fronteira norte.

Em relação à anomalia de temperatura em janeiro de 2023 (Fig. 24), foi observado valores positivos no extremo oeste do estado e com menor magnitude pela região da campanha, já os valores positivos foram na fronteira norte e litoral. Esse padrão foi melhor previsto pelo modelo APCC, onde tinha a previsão de valores positivos de anomalia de temperatura no centro-sul do estado e valores dentro da média no restante. Já o modelo RegCM4 estava prevendo valores negativos em praticamente todo o estado e o modelo estatístico MoReClima-SUL previa desde todo o estado acima da média com a maior parte contendo valores acima de 1°C de temperatura .

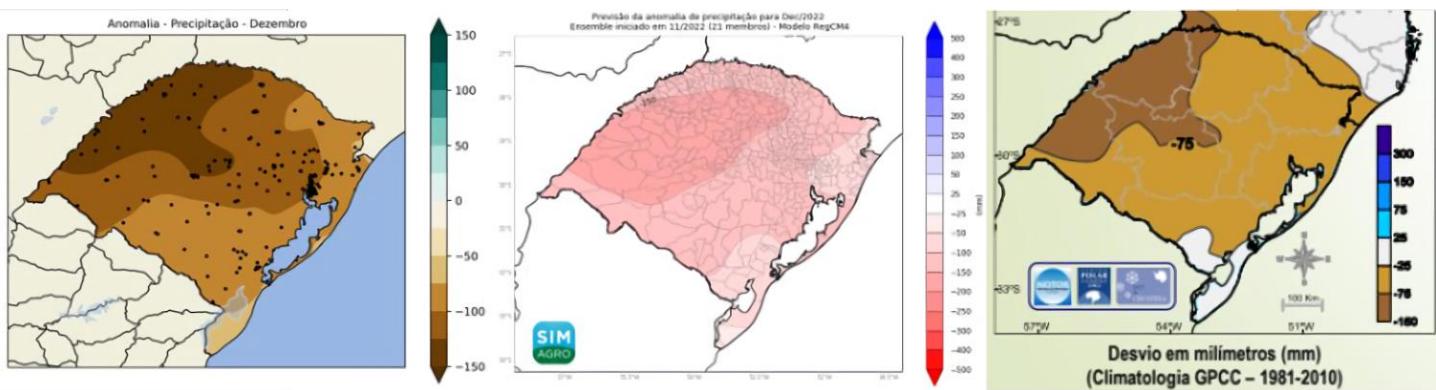


Figura 21. Verificação das anomalias mensais do total de precipitação (mm mês^{-1}). (a) Anomalias de chuva observada no mês de dezembro de 2022 com (a) dados interpolados a partir das estações do [INMET](#), [SIMAGRO](#) e [SEMA-RS](#); (b) previsão do modelo RegCM4 do SIMAGRO e (c) do modelo estatístico MoReClima-SUL.



Figura 22 - Mesmo que a Figura 21, porém para anomalias de temperatura média do ar.

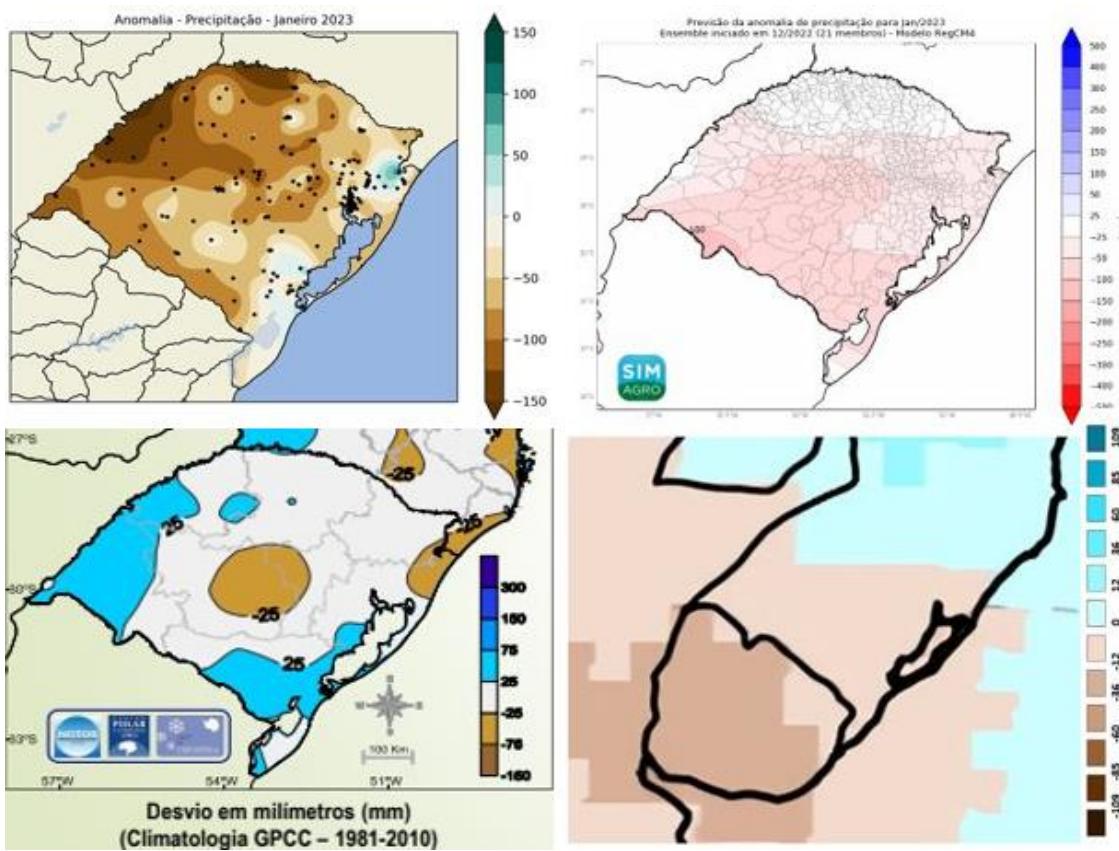


Figura 23. Verificação das anomalias mensais do total de precipitação (mm mês^{-1}). (a) Anomalias de chuva observada no mês de janeiro de 2023 com (a) dados interpolados a partir das estações do [INMET](#), [SIMAGRO](#) e [SEMA-RS](#); (b) previsão do modelo RegCM4 do SIMAGRO, (c) do modelo estatístico MoReClima-SUL e (d) Média do conjunto de modelos globais do Centro Climático da Cooperação Econômica Ásia-Pacífico (APCC)

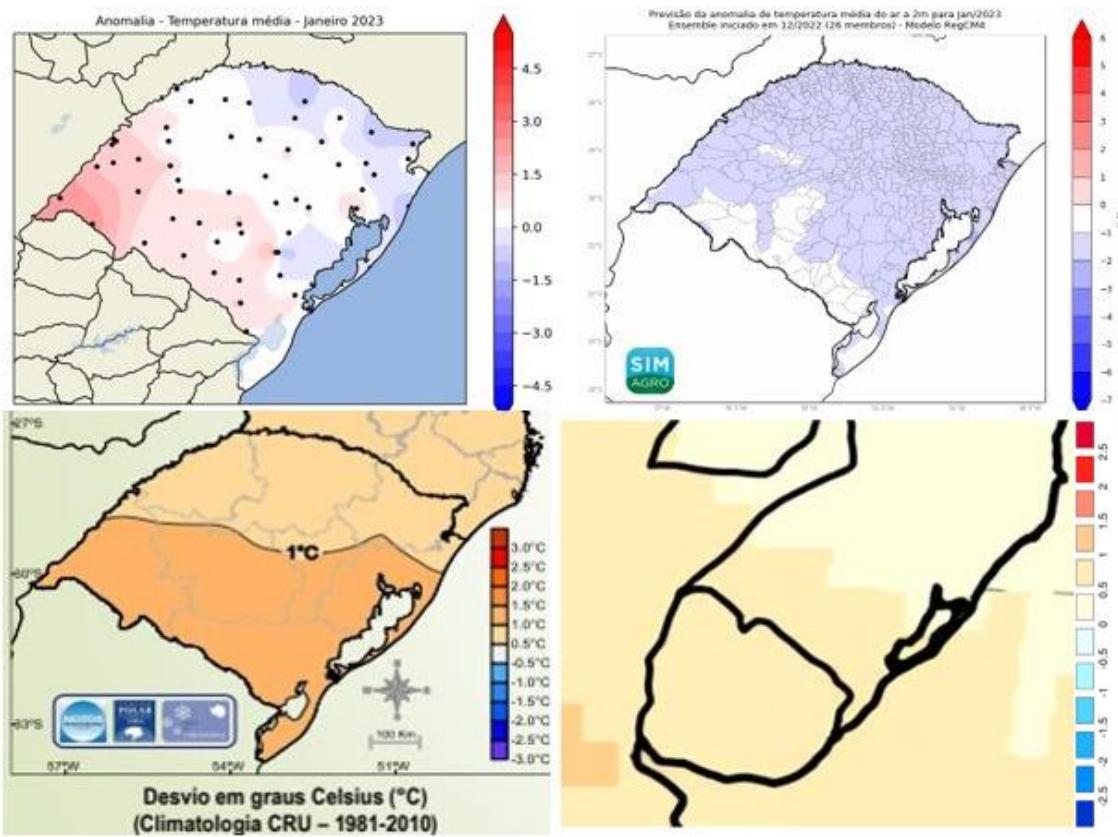


Figura 24 - Mesmo que a Figura 23, porém para anomalias de temperatura média do ar.