

CARACTERIZAÇÃO DO ANTICICLONE SUBTROPICAL DO ATLÂNTICO SUL COM DIFERENTES BASES DE DADOS

Characterization of the South Atlantic Subtropical Anticyclone with different data sources

Caracterización del Anticiclón Subtropical del Atlántico Sur con distintas bases de datos

Rafael César Silva*
Camila Bertoletti Carpenedo**
Francisco Eliseu Aquino***

*Doutorando da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, Brasil – rafael77silva.rs@gmail.com

**Professora Doutora da Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, Brasil – camila.carpenedo@ufpr.br

***Professor Doutor da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, Brasil – francisco.aquino@ufrgs.br

Recebido em 19/09/2023. Aceito para publicação em 07/07/2025.
Versão online publicada em 03/09/2025 (<http://seer.ufrgs.br/paraonde>)

Resumo:

Nas regiões subtropicais do planeta existem sistemas de alta pressão semipermanentes, conhecidos como anticiclones ou altas subtropicais. Sendo um ramo descendente da célula de Hadley, seu deslocamento sazonal é capaz de impactar as condições atmosféricas dos continentes, inibindo a convecção e trazendo estabilidade. Neste estudo utilizamos sete reanálises atmosféricas (ERA5, ERA20, 20th Century Reanalysis, MERRA2, CFSR, JRA-55, NCEP/NCAR Reanalysis 1) para caracterizar o Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) através do posicionamento e intensidade cobrindo um período de 1836 até 2021 com a variável de Pressão atmosférica ao Nível Médio do Mar (PNMM - hPa). Usando a análise de correlação sazonal (entre 1981-2010) e o rastreamento de sua posição central, identificamos um valor de correlação alto na intensidade do centro do ASAS entre todas as reanálises, enquanto a concordância da posição latitudinal apresentou valores moderados de correlação. Ao analisar o posicionamento do ASAS em todo o período, foi observado uma tendência de posicionamento para sul e oeste ao comparar com a climatologia 1981-2010. Como as reanálises possuem diferentes esquemas de assimilação de dados e os resultados são influenciados pelos vieses dos modelos acoplados, a variação observada no resultado era esperada e indica um avanço entre as reanálises de primeira e quinta geração, principalmente na resolução horizontal. As tendências de posicionamento para o presente corroboram com estudos prévios utilizando dados observados e simulações de modelos atmosféricos.

Palavras-chave: Alta subtropical. Reanálise climática. Variabilidade climática.

Abstract:

In the subtropical regions of the planet, there are semi-permanent high-pressure systems, known as anticyclones or subtropical highs. Being a descending branch of the Hadley cell, their seasonal variation can impact on the atmospheric conditions of the continents, inhibiting convection and bringing stability. In this study, we used seven atmospheric reanalyses (ERA5, ERA20, 20th Century Reanalysis, MERRA2, CFSR, JRA-55, NCEP/NCAR Reanalysis 1) to characterize the South Atlantic Subtropical Anticyclone (ASAS) through positioning and coverage covering a period from 1836 to 2021 with the Mean Sea Level Atmospheric Pressure (MSPL - hPa) variable. Using seasonal correlation analysis (between 1981-2010) and tracking of its central position, we identified high correlation values in the intensity of the ASAS center among all reanalyses, while the agreement of the latitudinal position presented moderate correlation values. When analyzing the positioning of the ASAS throughout the period, a positioning trend towards the south and west was observed when comparing it with the 1981-2010 climatology. Since the reanalyses have different data assimilation schemes and the results are influenced by the views of the coupled models, the variation observed in the result was expected and indicates an advance between the first and fifth generation reanalyses, mainly in the horizontal resolution. The positioning trends for the present corroborate previous studies using observed data and atmospheric model simulations.

Keywords: Subtropical high. Climate reanalysis. Climate variability.

Resumen:

En las regiones subtropicales del planeta, existen sistemas de alta presión semipermanentes, conocidos como anticiclones o anticiclones subtropicales. Al ser una rama descendente de la célula de Hadley, su variación estacional puede impactar en las condiciones atmosféricas de los continentes, inhibiendo la convección y aportando estabilidad. En este estudio, utilizamos siete reanálisis atmosféricas (ERA5, ERA20, 20th Century Reanalysis, MERRA2, CFSR, JRA-55, NCEP/NCAR Reanalysis 1) para caracterizar el Anticiclón Subtropical del Atlántico Sur (ASAS) mediante posicionamiento y cobertura que abarca un período de 1836 a 2021 con la variable Presión Atmosférica Media al Nivel del Mar (MSPL - hPa). Mediante análisis de correlación estacional (entre 1981-2010) y seguimiento de su posición central, identificamos altos valores de correlación en la intensidad del centro del ASAS entre todas las reanálisis, mientras que la concordancia de la posición latitudinal presentó valores de correlación moderados. Al analizar la posición del ASAS a lo largo del período, se observó una tendencia hacia el sur y el oeste en comparación con la climatología de 1981-2010. Dado que las reanálisis utilizan diferentes esquemas de asimilación de datos y los resultados se ven influenciados por las perspectivas de los modelos acoplados, la variación observada en el resultado era esperable e indica un avance entre las reanálisis de primera y quinta generación, principalmente en la resolución horizontal. Las tendencias de posicionamiento para el presente período corroboran estudios previos que utilizan datos observados y simulaciones de modelos atmosféricos.

Palabras-clave: Alta subtropical. Reanálisis climática. Variabilidad climática.

1. Introdução

Anticiclones subtropicais são sistemas atmosféricos semipermanentes, caracterizados pela alta pressão em seu centro e o giro anti-horário (horário) de ventos no Hemisfério Sul (norte) (Barry; Chorley, 2003). Esse tipo de sistema é acompanhado pela calmaria na região central, fruto da subsidência em baixos níveis, e pelo aporte de ventos na sua periferia. Existem diversas teorias sobre os mecanismos que mantêm esses sistemas, sendo a mais aceita é que são ramos subsidentes da célula de Hadley (Seager *et al.*, 2003).

Um dos anticiclones subtropicais localizados no Hemisfério Sul é o Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), também conhecido como Alta Subtropical do Atlântico Sul (Cherchi *et al.*, 2018). Esse anticiclone é responsável por uma parte do Sistema de Monção da América do Sul (SMAS), tendo em vista que climatologicamente o ASAS se aproxima do continente Sul-Americano no inverno, inibe a formação de sistemas convectivos e causa tempo firme (Degola, 2013; Pepler; Dowdy; Hope, 2019; Sun; Cook; Vizzy, 2017). Já durante o verão, o ASAS se afasta da América do Sul, intensifica os ventos alísios no Nordeste e traz um aporte de umidade do oceano. Sendo assim, anos de deslocamentos anômalos do anticiclone podem promover alterações na precipitação do continente americano, principalmente na região leste (Carpenedo; Ambrizzi, 2020).

Uma das maneiras de representar padrões climáticos com avançada acurácia são as reanálises, que é um método científico para simular o estado da atmosfera (ou oceano) em um determinado período (Dee *et al.*, 2014). São utilizadas observações meteorológicas de diversas fontes e um modelo numérico acoplado em um esquema de assimilação de dados que a cada rodada produz uma “fotografia” das variáveis climáticas do período representado. Dessa maneira, as reanálises consistem em uma ferramenta valiosa para representar um sistema como o ASAS ao longo de décadas (Reboita *et al.*, 2019).

As reanálises podem ser divididas em gerações, com cada geração apresentando avanços na assimilação de dados e metodologias aplicadas (Auger *et al.*, 2018; Dee *et al.*, 2014). Como cada reanálise é limitada pelos dados observacionais ingeridos e pelo modelo numérico acoplado em seu sistema, um dos cuidados ao se utilizar os resultados fornecidos é levar em conta o viés do modelo ao representar certas regiões do globo (Fujiwara *et al.*, 2017). Uma mesma década pode apresentar resultados diferentes ao se comparar o mesmo sistema em várias reanálises (Long *et al.*, 2017; Thorne; Vose, 2010).

O objetivo desse trabalho é avaliar a representação da variabilidade climática do ASAS ao longo de todos os períodos disponíveis (entre 1836 até o presente) em sete reanálises de gerações diferentes. Além disso, também são apresentadas as variações sazonais de posição e intensidade do ASAS ao longo de cada reanálise utilizada.

2. Desenvolvimento

Materiais e Métodos

As bases de dados selecionadas para este estudo compõem um conjunto de reanálises climáticas de diversas gerações. Utilizando um esquema de assimilação de dados observados (estações meteorológicas, satélites, sensores e afins) e um modelo de previsão do tempo, as reanálises reconstroem o clima do passado de forma uniforme e confiável. Selecionamos sete reanálises para a obtenção da Pressão ao Nível Médio do Mar (PNMM) mensal (Quadro 1).

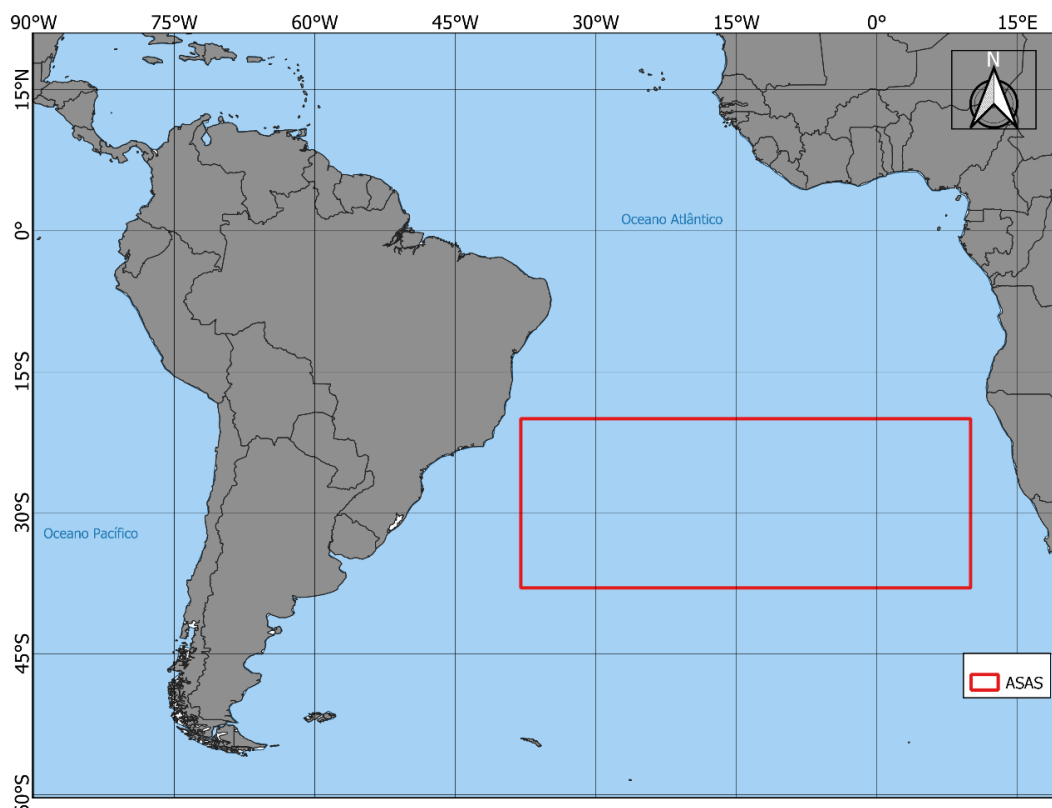
Quadro 1 - Reanálises climáticas utilizadas neste estudo, com os respectivos períodos, resolução espacial e fonte.

Nome	Sigla adotada	Período	Resolução Espacial	Fonte	Variável
ERA5	ERA5	1950-2021	31 km x 31 km	Hersbach <i>et al.</i> , 2020	Pressão ao nível médio do mar (hPa)
ERA20	ERA20	1900-2010	125 km x 125 km	Poli <i>et al.</i> , 2016	Pressão ao nível médio do mar (hPa)
20th Century Reanalysis	20CR	1836-2015	1,0° x 1,0°	Slivinski <i>et al.</i> , 2019	Pressão ao nível médio do mar (hPa)
MERRA2	MERRA	1980-2021	0,5° x 0,5°	Gelaro <i>et al.</i> , 2017	Pressão ao nível médio do mar (hPa)
CFSR	CFSR	1979-2010	0,5° x 0,5°	Saha <i>et al.</i> , 2014	Pressão ao nível médio do mar (hPa)
JRA-55	JRA55	1958-2021	60 km x 60 km	Kobayashi <i>et al.</i> , 2015	Pressão ao nível médio do mar (hPa)
NCEP/NCAR Reanalysis 1	NCEP	1948-2021	2,5° x 2,5°	Kalnay <i>et al.</i> , 1996	Pressão ao nível médio do mar (hPa)

Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

Utilizamos a PNMM das diferentes reanálises com a respectiva resolução espacial original, a qual foi analisada por estação do ano: verão (dezembro a fevereiro - DJF), outono (março a maio - MAM), inverno (junho a agosto - JJA) e primavera (setembro a novembro - SON). Para fins de comparação entre as diferentes bases, selecionamos o período comum de 1981 a 2010 para realização de testes e comparativos, enquanto para construção das séries temporais foram utilizados todo período disponível. Para a identificação e rastreamento do ASAS, utilizamos como região de referência a área entre 38°S-20°S/38°W-10°E (Figura 1), conforme Degola (2013). Dentro desta área, o ponto de grade com maior PNMM mensal foi definido como a posição central (latitude e longitude) e a intensidade (hPa) do ASAS adaptado de Sun, Cook e Vizy (2017) para cada reanálise avaliada.

Figura 1 - Região de referência do ASAS utilizada neste estudo, compreendendo a área entre 38°S-20°S/38°W-10°E (retângulo vermelho).



Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

A posição do ASAS também foi avaliada a partir da isóbara de 1018 hPa (Reboita *et al.*, 2019). A comparação das características do ASAS entre as diferentes reanálises também foi feita através do posicionamento da isóbara de 1018 hPa entre as diferentes estações do ano. As características do ASAS foram comparadas entre as diferentes bases em relação à posição central (latitude e longitude) e intensidade nas quatro estações do ano. Também foi feito um comparativo abarcando todo o período disponível de cada uma das reanálises (Quadro 1) através das séries históricas da posição e intensidade.

Como forma de comparar a semelhança entre as reanálises, foi realizada a correlação de Spearman sazonal entre a climatologia de 1981-2010 (Equação 1), um período comum disponível para todas as reanálises. As variáveis utilizadas também foram a intensidade, latitude e longitude da posição central. A significância da correlação foi dada pelo teste t de Student (Equação 2), o qual foi calculado para uma significância de 95%.

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum d_i^2}{n(n^2-1)} \quad (1)$$

$$t = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} \quad (2)$$

Sendo n o número de pares de dados, d_i a diferença entre os postos das duas variáveis para o i -ésimo par, r o coeficiente de correlação de Spearman e t o valor da estatística t usado para obter o p -valor.

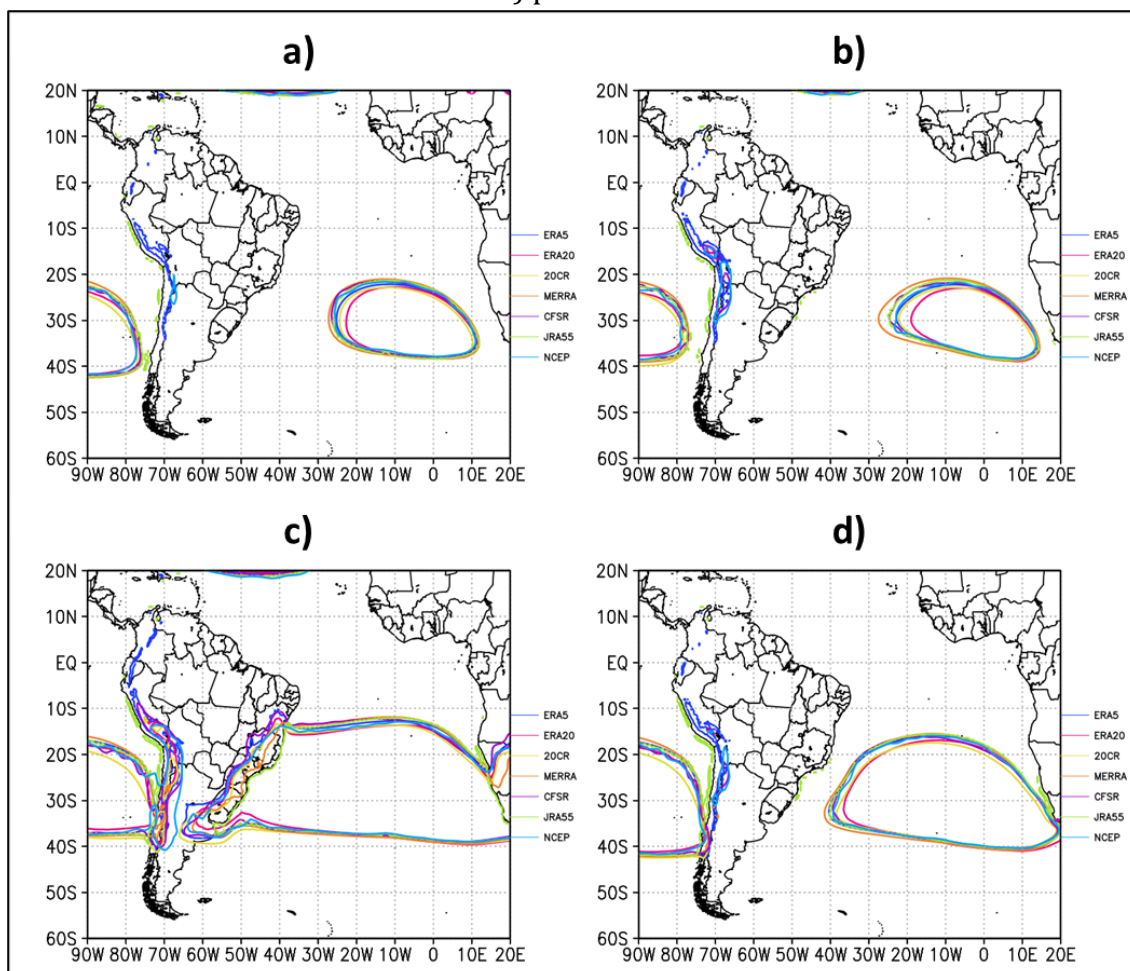
As figuras e análises estatísticas foram geradas no software *GrADS – Grid Analysis System* (Doty; Kinter, 1993), com o pacote *ggplot* na Linguagem R (R Core Team, 2021) e o software QGIS (QGIS.org, 2022).

Resultados

A Figura 2 apresenta a comparação sazonal climatológica (1981-2010) da isóbara de 1018 hPa do ASAS entre as diferentes bases de dados. No verão (Figura 2a) a ASAS se contrai, diminuindo sua área total e se posicionando em direção ao leste do Atlântico Sul. Dentro deste padrão de comportamento, a reanálise ERA20 é a base que apresenta o maior deslocamento do ASAS para leste, enquanto as reanálises CFSR e MERRA são as que apresentam o maior deslocamento para oeste.

O outono (Figura 2b) é a estação do ano em que a ASAS está mais afastada da costa leste da América do Sul, ou seja, a isóbara de 1018 hPa está deslocada para leste em relação às demais estações. Os resultados da climatologia indicam que as reanálises MERRA, JRA55 e CFSR posicionam o ramo sudoeste do ASAS mais a oeste, enquanto a reanálise ERA20 é a que posiciona mais a leste. No ramo sudeste, a reanálise ERA20 também posiciona a ASAS para leste.

Figura 2 - Isóbara sazonal de 1018 hPa (climatologia 1981-2010) para as reanálises climáticas ERA5, ERA20, 20CR, MERRA, CFSR, JRA55 e NCEP no a) verão, b) outono, c) inverno e d) primavera



Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

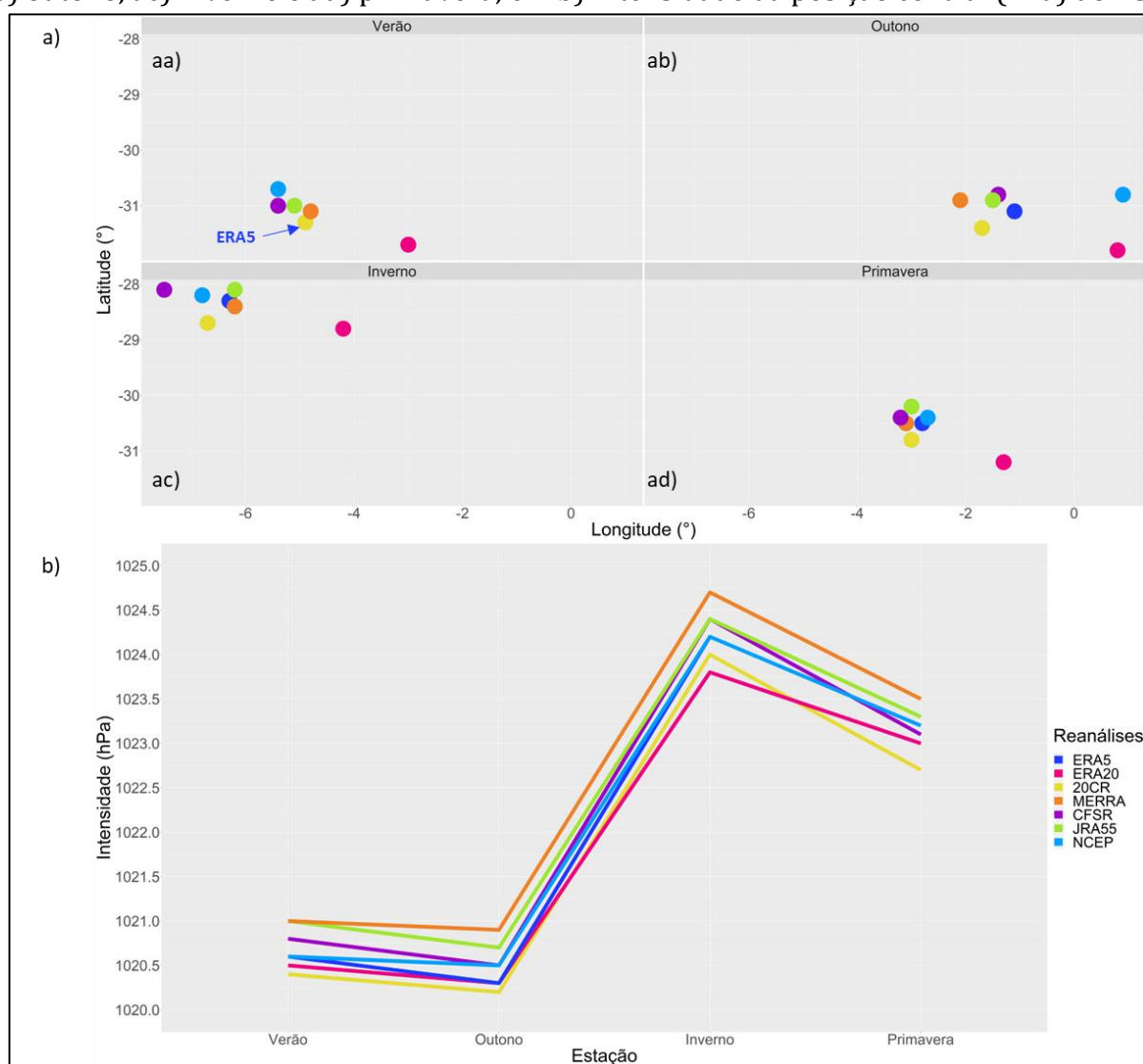
No inverno (Figura 2c), a ASAS expande latitudinal e longitudinalmente, posicionada sobre os continentes sul-americano e africano. Nesta época é comum o aumento da PNMM sobre a América do Sul devido ao aumento da intensidade do ASAS. As reanálises CFSR, ERA5, NCEP e 20CR posicionam a isóbara de 1018 hPa até o interior da América do Sul, enquanto as demais reanálises (JRA55 e MERRA) posicionam mais próximo à costa leste do continente. Assim, as reanálises JRA55 e MERRA indicam um posicionamento mais a leste do ramo oeste do ASAS em comparação com as outras bases de dados.

Na primavera (Figura 2d), o ramo oeste do ASAS se desloca para leste em relação ao inverno (Figura 2c), ocorrendo uma contração latitudinal e longitudinal em comparação com o inverno (Figura 2c). Os resultados mostraram que as reanálises 20CR e ERA20 apresentam o

posicionamento mais a leste do ramo oeste do ASAS nesta estação. Já as reanálises CFSR, MERRA, NCEP e JRA55 posicionam a isóbara mais próxima do América do Sul.

A Figura 3 apresenta o comparativo da posição central e intensidade do ASAS, de 1981 a 2010, entre as diferentes reanálises. Podemos observar que no verão o centro do ASAS está posicionado para sudeste em relação às demais estações do ano, deslocando para sudoeste no outono. No inverno a ASAS está deslocada para noroeste, próximo à América do Sul, e com maior intensidade dentre as estações do ano. A intensidade se mantém até a primavera, com um deslocamento do centro do ASAS para sudeste.

Figura 3 - Posição central (latitude x longitude) em a) do ASAS, no período entre 1981 e 2010, para as reanálises climáticas ERA5, ERA20, 20CR, MERRA, CFSR, JRA55 e NCEP no aa) verão, ab) outono, ac) inverno e ad) primavera; em b) intensidade da posição central (hPa) do ASAS



Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

Avaliando a posição central do ASAS nas diferentes reanálises (Figura 3a), na reanálise ERA20 a ASAS está deslocada para sudeste em relação às demais fontes de dados, em todas as estações do ano. No verão as reanálises NCEP e CFSR são as que apresentam a posição do ASAS mais a oeste. No outono, a reanálise NCEP apresenta a posição central do ASAS mais a leste, enquanto a reanálise MERRA apresenta mais para oeste dentre as fontes avaliadas. No inverno o posicionamento do ASAS na reanálise CFSR está mais para oeste. Na primavera a reanálise JRA55 representa a posição mais a norte do ASAS. Desta forma, fica evidente que a primavera (outono) apresenta a maior (menor) concordância entre as reanálises quanto à posição do ASAS.

Em termos de intensidade (Figura 3b), no geral todas as reanálises apresentam valores semelhantes. A reanálise 20CR é a que apresenta a menor intensidade do ASAS no verão, outono e primavera. Já a reanálise MERRA apresenta o comportamento inverso, com os maiores valores de intensidade registrados em todas as estações. A estação que apresenta a maior variação entre os valores de intensidade é o inverno (Figura 3b), enquanto o verão e o outono são as estações com os valores mais próximos entre as diferentes reanálises.

Os resultados encontrados corroboraram com estudos prévios (Machel; Kapala; Flohn, 1998; Degola, 2013; Salcedo-Castro *et al.*, 2015; Sun *et al.*, 2017), evidenciando que as sete reanálises utilizadas refletem um posicionamento do ASAS para sudeste (verão e outono), expansão (inverno) e posicionamento para oeste (primavera). Na Tabela 1 podemos observar os resultados comparativos sazonais entre os trabalhos. O padrão sazonal de intensidade do ASAS também está de acordo com estudos prévios, caracterizado por uma intensificação entre o inverno e a primavera e um enfraquecimento entre o verão e o outono.

Tabela 1 - Comparativo entre o rastreamento sazonal da posição central realizado por este estudo e trabalhos prévios.

Autor	Base de dados	Estação	Longitude	Latitude	Intensidade
Este estudo	ERA5	DJF	-4.9	-31.3	1020.6
	ERA20	DJF	-3.0	-31.7	1020.5
	20CR	DJF	-4.9	-31.3	1020.4
	MERRA	DJF	-4.8	-31.1	1021.0
	CFSR	DJF	-5.4	-31.0	1020.8
	JRA55	DJF	-5.1	-31.0	1021.0
	NCEP	DJF	-5.4	-30.7	1020.6
	ERA5	MAM	-1.1	-31.1	1020.3
	ERA20	MAM	0.8	-31.8	1020.3
	20CR	MAM	-1.7	-31.4	1020.2
	MERRA	MAM	-2.1	-30.9	1020.9
	CFSR	MAM	-1.4	-30.8	1020.5
	JRA55	MAM	-1.5	-30.9	1020.7
	NCEP	MAM	0.9	-30.8	1020.5
	ERA5	JJA	-6.3	-28.3	1024.2
	ERA20	JJA	-4.2	-28.8	1023.8
	20CR	JJA	-6.7	-28.7	1024.0
	MERRA	JJA	-6.2	-28.4	1024.7
	CFSR	JJA	-7.5	-28.1	1024.4
	JRA55	JJA	-6.2	-28.1	1024.4
	NCEP	JJA	-6.8	-28.3	1024.2
	ERA5	SON	-2.8	-30.5	1023.2
	ERA20	SON	-1.3	-31.2	1023.0
	20CR	SON	-3.0	-30.8	1022.7
	MERRA	SON	-3.1	-30.5	1023.5
	CFSR	SON	-3.2	-30.5	1023.2
	JRA55	SON	-3.0	-30.2	1023.3
	NCEP	SON	-2.7	-30.4	1023.2
Machel, Kapala e Flohn 1998	COADS	DJFM	-9.2	-31.3	1021.5
	COADS	JJAS	-10.8	-28.8	1025.2
Degola 2013	ERA5	DJF	-9	-31	x
	ERA5	MAM	-2.5	-31	x
	ERA5	JJA	-11	-28	x
	ERA5	SON	-6	-30	x

Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

Na reanálise ERA20, a isóbara de 1018 hPa (Figura 2) e a posição central do ASAS (Figura 3aa) estão deslocadas para leste e sul em relação às demais reanálises, em todas as estações do ano. Isso evidencia uma limitação da reanálise ERA20 em representar adequadamente as características do ASAS, com a diminuição na PNMM entre as latitudes de 60° e 90°S que é

relatada pelos autores (Poli *et al.*, 2016) e o deslocamento para sul (Stickler *et al.*, 2015). O mesmo ocorre com a posição central do ASAS na reanálise NCEP na primavera, o que pode ser devido à resolução espacial da reanálise e o fato do seu modelo de assimilação ser de primeira geração (Kalnay *et al.*, 1996).

As reanálises JRA55 também são utilizadas por Sun, Cook e Vizzy (2017) para caracterizar a ASAS, mas ao invés da PNMM os autores utilizaram a altura geopotencial em 850 hPa no período de 1979-2015. Os resultados mostram a ASAS posicionada mais a oeste nos meses de junho a agosto, enquanto está mais a leste nos meses de março e abril, assim como no presente estudo (Figura 2).

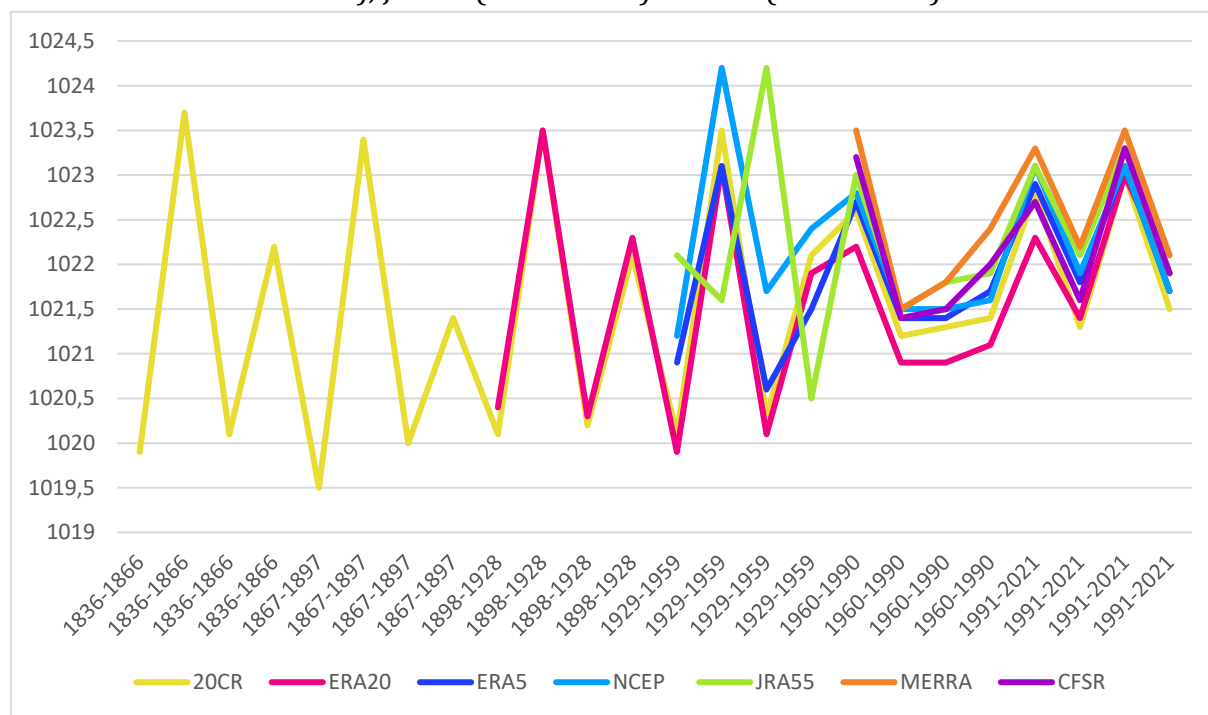
Também é constatado que no outono a ASAS está mais distante da América do Sul do que no verão como diz Degola (2013); a reanálise utilizada no estudo (ERA-Interim) não é a mesma que as utilizadas neste trabalho (Tabela 1), porém os resultados indicam um posicionamento próximo com a reanálise MERRA sendo a que mais se aproxima do posicionamento encontrado previamente.

Mesmo que no outono o centro do ASAS esteja na sua posição mais a leste, o ramo oeste do ASAS inicia a expansão latitudinal e longitudinal, que é máxima no inverno (Figura 2). Esse comportamento está de acordo com estudos anteriores (Degola, 2013; Mächel; Kapala; Flohn, 1998; Sun; Cook; Vizzy, 2017) e é contrário ao padrão na primavera, no qual o ramo oeste do ASAS se contrai para a posição do verão. Já o trabalho de Gilliland e Keim (2018), ainda que tenha utilizado um algoritmo diferente para detecção da posição e intensidade do ASAS, além de utilizar médias diárias para identificar o centro de alta pressão, também mostra uma maior variação longitudinal do ASAS entre o outono e o inverno. Destaca-se que as três reanálises (NCEP, Reanalysis 2 e ERA-Interim) comparadas apresentaram baixa variação latitudinal sazonal na posição do ASAS, ao contrário da reanálise ERA20 avaliada no presente trabalho.

A Figura 4 apresenta as séries temporais da intensidade sazonal do ASAS para as diferentes bases de dados em períodos de 30 anos; apenas as reanálises 20CR e ERA20 cobrem o período de 1836 a 1928, com as demais reanálises se iniciando entre 1940 e 1960. Podemos identificar o comportamento típico do ASAS conforme a climatologia: diminuição da intensidade nas estações de verão/outono e aumento no inverno/primavera. Entre o período de 1836 a 1928, as reanálises 20CR e ERA20 apresentaram um fortalecimento do ASAS em todas as estações, exceto no outono.

Entre 1929 e 2021, podemos ter três períodos de reanálise para comparar os diferentes resultados, exceto para as reanálises MERRA e CFSR que só possuem dados de 1979 em diante. O padrão observado em todas as reanálises é do aumento da intensidade do ASAS no período do verão e do inverno, com a única exceção para a reanálise JRA55 que registra um valor maior de intensidade no período de 1929-1959. Já no período do outono, as reanálises indicam um enfraquecimento do ASAS na década de 1960-1990, com um leve aumento registrado no período de 1991-2021. Na primavera os resultados são mistos, com algumas reanálises indicando um fortalecimento maior do período de 1929-1959 (JRA55), enquanto outras reanálises indicam um enfraquecimento no período de 1960-1990 (ERA20 e 20CR).

Figura 4 - Série temporal da intensidade (hPa) do ASAS para as reanálises climáticas ERA5 (1950-2021), ERA20 (1900-2010), 20CR (1836-2015), MERRA (1980-2021), CFSR (1979-2010), JRA55 (1958-2021) e NCEP (1948-2021).



Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

Analisando a posição latitudinal do ASAS entre 1836 e 1928 com as reanálises ERA20 e 20CR (Tabela 2), constata-se um deslocamento para norte do anticiclone no verão (+0,4°), outono (+0,3°), inverno (+0,3°) e primavera (+0,4°); além disso a reanálise ERA20 projeta o ASAS mais ao norte em todas as estações do período de 1898-1928. No período de 1929-1959, a reanálise JRA55 posiciona o ASAS mais ao norte e a reanálise ERA20 mais ao sul no verão, enquanto no outono a mesma projeta o ASAS mais ao sul e as reanálises NCEP e ERA5 mais ao

norte. No inverno desse período as reanálises JRA55 e NCEP projetam o ASAS em seus extremos norte e sul, respectivamente; já na primavera a reanálise JRA55 indica o ASAS mais ao sul e a reanálise ERA5 ao norte.

Os períodos de 1960-1990 e 1991-2021 indicam que todas as reanálises possuem uma tendência de posicionamento para norte do ASAS em comparação com os períodos anteriores no verão e inverno (Tabela 2). No outono e na primavera todas as reanálises projetam o ASAS mais a sul do que os períodos anteriores.

Entre 1960-1990, a reanálise que posiciona o anticiclone mais ao norte no verão e primavera é NCEP, no outono e inverno a JRA55. No verão do período 1991-2021, a reanálise que projeta o ASAS mais ao norte é a CFSR e mais a sul são as reanálises centenárias ERA20 e 20CR, padrão que se repete na primavera.

Tabela 2 - Série temporal da latitude (°) do ASAS para as reanálises climáticas ERA5 (1950-2021), ERA20 (1900-2010), 20CR (1836-2015), MERRA (1980-2021), CFSR (1979-2010), JRA55 (1958-2021) e NCEP (1948-2021)

Latitude	1836-1866	Reanálise	Verão	Outono	Inverno	Primavera
		20CR	-32.1	-29.4	-32.3	-31.5
1867-1897						
		20CR	-32.0	-29.3	-32.0	-31.0
1898-1928						
		20CR	-31.7	-29.1	-32.0	-31.1
		ERA20	-31.1	-27.3	-31.4	-29.8
1929-1959						
		20CR	-31.7	-29.5	-31.7	-31.1
		ERA20	-31.9	-29.0	-31.6	-30.7
		ERA5	-31.0	-28.5	-31.7	-29.5
		NCEP	-31.7	-28.5	-32.5	-30.2
		JRA55	-28.4	-30.6	-28.9	-32.3
1960-1990						
		20CR	-29.2	-31.1	-30.0	-31.8
		ERA20	-29.1	-31.4	-30.3	-31.9
		ERA5	-28.5	-31.0	-29.9	-31.6
		NCEP	-28.1	-30.2	-29.2	-30.8
		JRA55	-27.8	-30.1	-29.1	-31.6
		MERRA	-28.4	-30.5	-29.5	-31.1
		CFSR	-28.7	-30.6	-29.3	-31.3
1991-2021						
		20CR	-29.1	-31.2	-30.4	-32.4
		ERA20	-29.1	-31.7	-30.7	-32.9
		ERA5	-28.8	-31.3	-30.0	-32.2
		NCEP	-28.5	-31.1	-29.5	-32.1
		JRA55	-28.3	-31.0	-29.8	-32.3
		MERRA	-28.7	-31.1	-30.0	-32.1
		CFSR	-28.2	-31.1	-29.7	-31.8

Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

Em relação às séries temporais da posição longitudinal do ASAS (Tabela 3), entre 1836 e 2021 existe uma tendência de posicionamento mais para oeste do anticiclone em todas as reanálises no verão; no outono a tendência é de posicionamento mais para leste. Na primavera todas as reanálises indicam uma tendência de posicionamento mais a leste, excetuando-se JRA55 de 1929-1959. O inverno apresenta uma tendência mista, com um período de posicionamento mais a oeste entre 1929-1959 em quase todas as reanálises, exceto por JRA55. Um destes fatores se deve ao fato de a reanálise ter apenas um ano de dado neste período.

A reanálise 20CR, a única que cobre o período de 1836 a 1928, indica um ASAS cada vez mais distante da América do Sul no verão. No inverno a tendência é de aproximação ($-2,3^{\circ}$), enquanto no inverno e primavera existe um afastamento. A reanálise ERA20, por sua vez, indica uma tendência de afastamento no verão e outono entre 1898-1959, enquanto existe uma tendência de aproximação da América do Sul no inverno e primavera dos mesmos dois períodos.

Entre 1960-2021, analisando dois períodos de todas as reanálises, podemos registrar uma aproximação no verão do ASAS da América do Sul em três reanálises, ERA5, MERRA e CFSR; as demais indicam um afastamento entre os dois períodos. Na primavera as reanálises que se aproximam da América do Sul são ERA20, ERA5 e CFSR; no inverno ERA5, NCEP e MERRA; na primavera todas as reanálises se aproximam do continente americano, exceto JRA55.

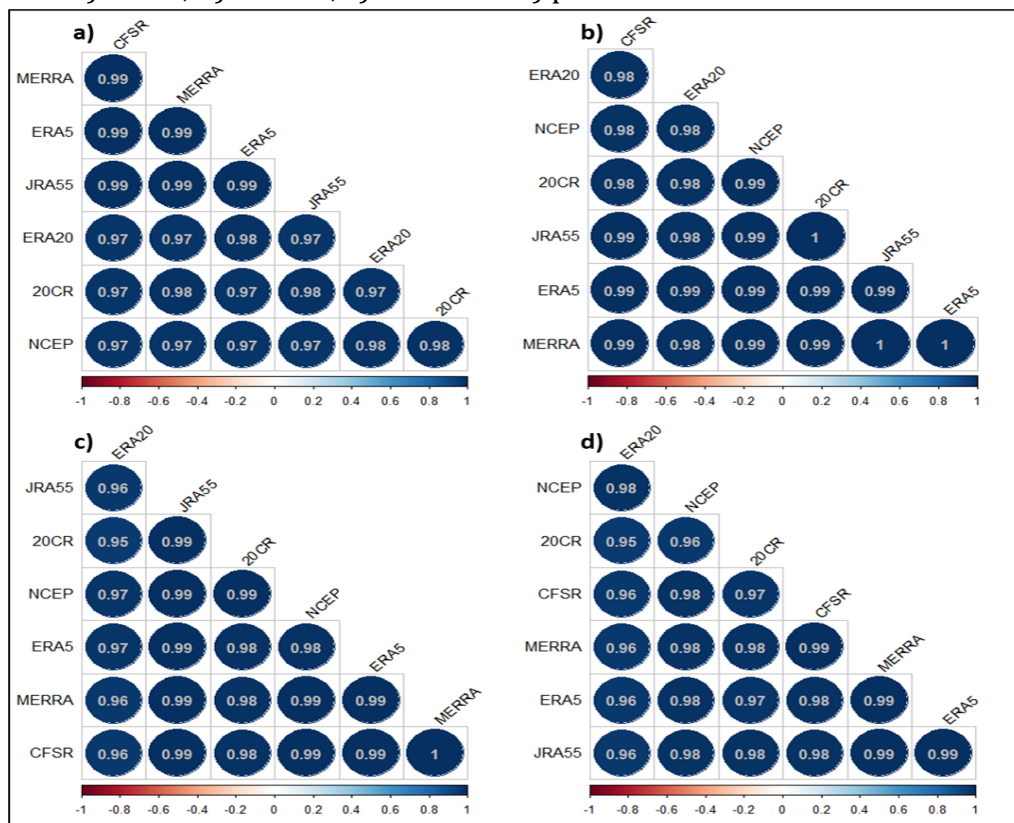
Tabela 3 - Série temporal da longitude (°) do ASAS para as reanálises climáticas ERA5 (1950-2021), ERA20 (1900-2010), 20CR (1836-2015), MERRA (1980-2021), CFSR (1979-2010), JRA55 (1958-2021) e NCEP (1948-2021)

Longitude	1836-1866	Reanálise	Verão	Outono	Inverno	Setembro
		20CR	-5.0	-8.8	-2.9	-3.6
1867-1897						
		20CR	-3.9	-10.2	-2.6	-2.8
1898-1928						
		20CR	-5.6	-11.1	-1.8	-2.6
		ERA20	-3.1	-10.5	-0.6	-2.2
1929-1959						
		20CR	-3.0	-7.2	-2.0	-1.9
		ERA20	-0.5	-6.0	-3.1	-2.3
		ERA5	-3.1	-12.2	-8.8	-2.5
		NCEP	-6.7	-10.6	-6.3	-5.8
		JRA55	-5.6	-3.1	-12.7	-18.8
1960-1990						
		20CR	-6.1	-3.5	-6.0	-1.7
		ERA20	-4.1	-1.0	-2.7	0.1
		ERA5	-5.8	-2.5	-5.0	-1.8
		NCEP	-7.6	-3.4	-5.8	-2.3
		JRA55	-7.7	-4.7	-6.5	-3.0
		MERRA	-4.3	-4.0	-5.2	-1.3
		CFSR	-4.2	-2.6	-6.5	-0.8
1991-2021						
		20CR	-5.9	-3.3	-4.5	-3.8
		ERA20	-4.1	-1.4	-2.6	-1.0
		ERA5	-6.4	-2.8	-5.8	-2.2
		NCEP	-6.0	-3.1	-6.2	-2.9
		JRA55	-6.9	-3.1	-6.1	-1.7
		MERRA	-6.7	-3.7	-5.6	-2.0
		CFSR	-7.2	-3.6	-5.5	-2.5

Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

A correlação entre a intensidade da posição central do ASAS (Figura 5) entre as diferentes reanálises indica uma similaridade entre os dados, com valores superiores a 0.9 em todas as estações. Os maiores valores são observados no outono (>0.98) e os menores valores são observados na primavera.

Figura 5 - Correlação de Spearman dos valores de intensidade do ASAS (hPa) nos períodos do a) verão, b) outono, c) inverno e d) primavera entre 1981 e 2010*

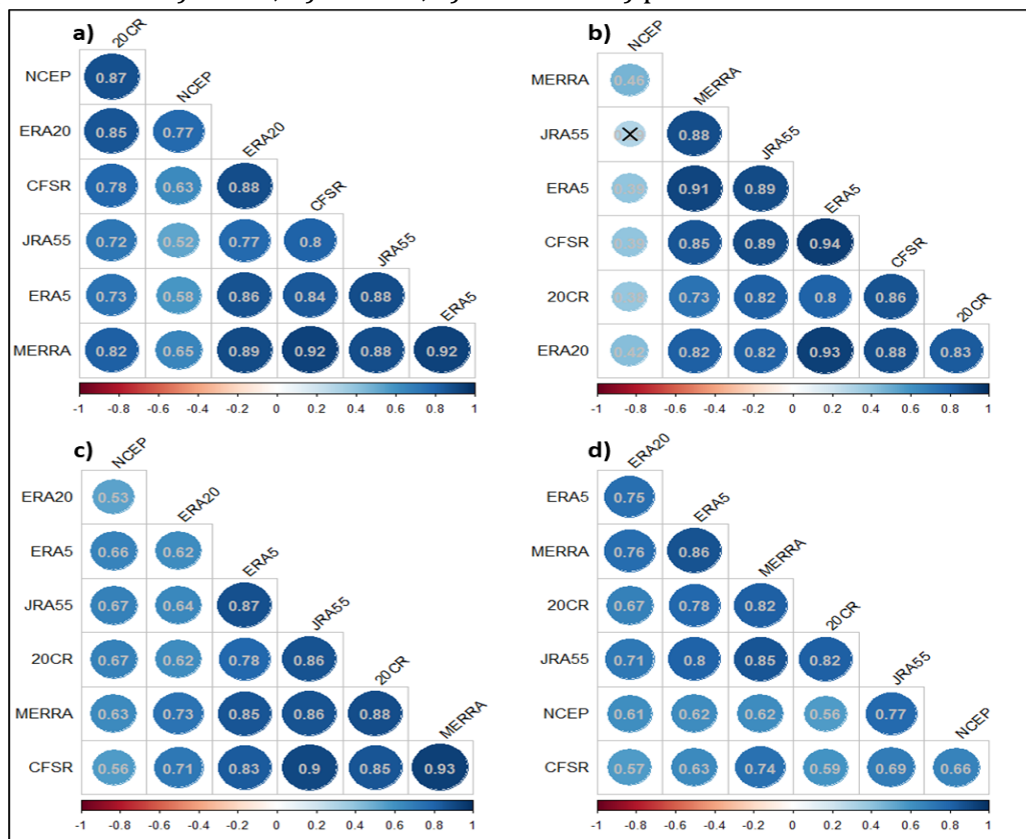


*Valores de correlação com X indicam correlações sem significância estatística (ao nível de confiança de 95%). As cores indicam a intensidade da correlação.

Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

Na análise de correlação da latitude da posição central (Figura 6), a reanálise NCEP apresenta menor correlação com as demais, com os valores de correlação (0.3) não sendo estatisticamente significantes com a reanálise JRA55 no outono (Figura 6b). A reanálise ERA5 é a que apresenta os maiores valores de correlação em todos os períodos com as demais reanálises. Entre as reanálises centenárias, a reanálise ERA20 apresenta maior correlação com as demais no verão e outono, enquanto a reanálise 20CR apresenta maior correlação no inverno e primavera.

Figura 6 - Correlação de Spearman dos valores da posição latitudinal do ASAS (°) nos períodos do a) verão, b) outono, c) inverno e d) primavera entre 1981 e 2010*

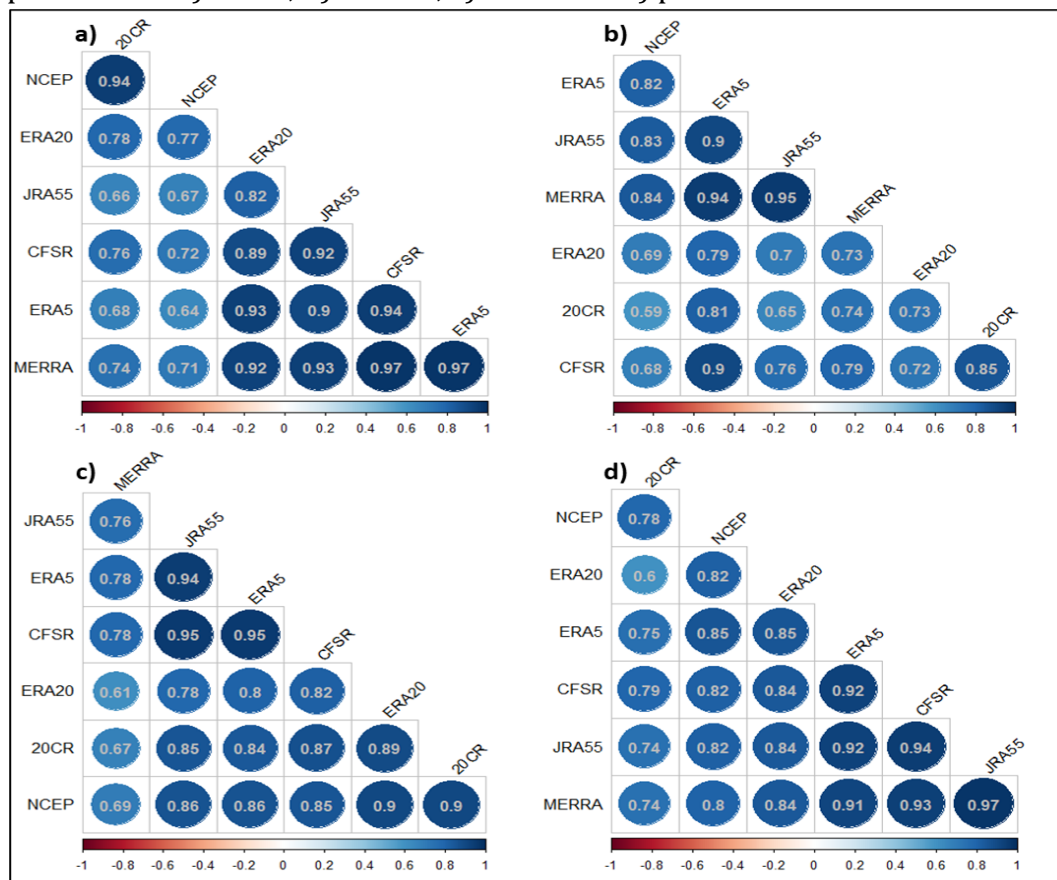


*Valores de correlação com X indicam correlações sem significância estatística (ao nível de confiança de 95%). As cores indicam a intensidade da correlação.

Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

A análise da correlação entre as reanálises na longitude da posição central do ASAS (figura 7) apresentou valores superiores a correlação observada na latitude, com os maiores valores sendo observados na primavera e os menores no outono; não existem valores inferiores a 0.6 em nenhuma das estações. Novamente a reanálise NCEP apresentou os menores valores no verão enquanto as reanálises 20CR e MERRA apresentaram os menores valores no outono/primavera e inverno, respectivamente.

Figura 7 - Correlação de Spearman dos valores da posição longitudinal do ASAS (°) nos períodos do a) verão, b) outono, c) inverno e d) primavera entre 1981 e 2010*



* Valores de correlação com X indicam correlações sem significância estatística (ao nível de confiança de 95%).
As cores indicam a intensidade da correlação.
Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Discussão

Estudos que utilizam reanálises geralmente indicam duas principais diferenças que são notadas em seus resultados: a qualidade das observações disponíveis no período e os vieses introduzidos pelos modelos utilizados para assimilar os dados (Fujiwara *et al.*, 2017; Long *et al.*, 2017). No primeiro caso, áreas que possuem poucos dados observados na região tendem a apresentar maior diferença entre si (Auger *et al.*, 2018). Nesta questão também pesa a disponibilidade dos dados, tendo em vista que dados de satélite só começaram a ficar disponíveis em grande quantidade após 1979 (Fujiwara *et al.*, 2017) logo as reanálises que simulam períodos anteriores (ERA20 e 20CR) tendem a depender mais das observações superficiais.

Ainda que possuam distinção entre si, as reanálises utilizadas entre si podem ser divididas em diferentes “gerações”, cada qual com seu avanço a anterior (Auger *et al.*, 2018). Neste estudo, a reanálise NCEP é considerada de primeira geração (Kalnay *et al.*, 1996), enquanto as demais CFSR (Saha *et al.*, 2014), JRA-55 (Kobayashi *et al.*, 2015) e MERRA (Gelaro *et al.*, 2017) são consideradas de terceira geração, com esquemas de assimilação de dados diferentes. A reanálise mais recente é a ERA5, considerada de quinta geração pelo ECMWF (Hersbach *et al.*, 2020), com a maior resolução horizontal e disponibilidade de dados. Reanálises como ERA20 e 20CR estão em categorias diferentes, pois são reanálises que recebem apenas dados de superfície e visam estender as observações até o século XX (Poli *et al.*, 2016; Slivinski *et al.*, 2019).

Ao comparar o período de 1981-2010, nos resultados divergem quanto a posição longitudinal do ASAS com estudos prévios (Degola, 2013; Mächel; Kapala; Flohn, 1998), posicionando o anticiclone deslocado para leste e com menor intensidade em DJF. Estudos prévios que utilizaram as reanálises JRA-55 (Sun; Cook; Vizzy, 2017) e ERA20 (Reboita *et al.*, 2019) indicam um ASAS posicionado a oeste e norte do que o apresentado pelos nossos resultados no período de 1981-2010.

O posicionamento do ASAS no período de JJA nos resultados aqui encontrados indicam um anticiclone deslocado para leste e mais enfraquecido que os estudos prévios (Degola, 2013; Mächel; Kapala; Flohn, 1998), enquanto a latitude dos estudos prévios é próxima ao valor aqui reportado, 28° S. Resultados encontrados com a reanálise JRA55 (Sun; Cook; Vizzy, 2017) demonstram um ASAS muito mais a oeste e norte que o reportado pelos achados desse estudo, diferença que se deve ao período analisado e ao fato do campo utilizado ser o de 850 hPa, em contraste com a análise de pressão ao nível médio do mar em superfície deste estudo.

Em relação à correlação de intensidade, todas as reanálises apresentam de correlação positiva (95% de significância estatística) nas quatro estações selecionadas. Como o período de análise é o mesmo (1981-2010), período em que todas possuem dados coletados, é de se esperar que todas as fontes sejam condizentes sobre o maior valor registrado de pressão em superfície (Fujiwara *et al.*, 2017). A média mensal utilizada também atua para reduzir as variações neste campo.

Já o campo de latitude possui valores de correlações menores em algumas reanálises, principalmente NCEP, a qual possui a menor resolução horizontal (Kalnay *et al.*, 1996) das reanálises utilizadas neste estudo. As reanálises históricas 20CR e ERA20 (Poli *et al.*, 2016; Slivinski *et al.*, 2019), que também incorporam apenas dados de superfície, apresentam resoluções horizontais menores e possuem uma correlação moderada com as demais.

O efeito observado anteriormente é reduzido na observação da longitude, que possui correlações maiores para o centro do ASAS nas reanálises NCEP, 20CR e ERA20. As reanálises de terceira geração em diante costumam apresentar altos valores de correlação em ambos, com exceção da reanálise CFSR. Esses resultados menores não podem se dever completamente à diferença de resolução oriental e sim ao seu sistema que acopla atmosfera, oceano e gelo marinho (Saha *et al.*, 2014), diferente das demais.

As tendências de posicionamento do ASAS reportadas neste estudo podem ser comparadas com os trabalhos que rastrearam o anticiclone com outras fontes de dados. O trabalho de Degola (2013) compara os dados de simulação de cenários do IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) utilizando as saídas do modelo ECHAM5/MPI para identificar a posição do ASAS até o final do século; entre o período de 2010 a 2030 o ASAS se encontra enfraquecido e deslocado para sul e oeste, o que condiz com nossos resultados para os meses de outono, primavera e verão.

O estudo de Gilliland e Keim (2018), os quais conduziram análise de tendência sazonal correspondentes ao período de 1980 a 2014 com a reanálise NCEP. Todos os resultados se confirmam, exceto para a estação de JJA na qual nosso período de análise não indica uma tendência tão positiva de deslocamento longitudinal. Já no trabalho de Reboita *et al.* (2019), as reanálises ERA20 e ERA-Interim indicam um posicionamento mais para sul do ASAS no período entre 1979 e 2005, o que também está condizente com nosso estudo.

Cabe destacar que diferentes esquemas de rastreamento (Degola, 2013; Gilliland; Keim, 2018; Reboita *et al.*, 2019) podem gerar resultados diferentes, tendo em vista que cada autor seleciona um nível e variáveis diferentes para organizar o estudo. Neste estudo, o nível utilizado foi o de superfície com o ponto máximo médio de pressão (hPa), buscando evitar a incorporação de sistemas transientes (Degola, 2013).

3. Considerações Finais

Este estudo analisou sete reanálises climáticas diferentes para criar uma climatologia do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul. Utilizando a climatologia de 1981-2010, foram observadas diferenças substanciais no posicionamento e intensidade do ASAS entre as diferentes fontes de dados, principalmente na variação longitudinal. Esse fator se deve principalmente a diferença de resolução horizontal entre as reanálises e aos vieses dos modelos utilizados na assimilação.

A análise de posicionamento do ASAS no período disponível de todas as reanálises permitiu a visualização da posição central do Anticiclone até o século XX. Foi constatado que a maioria das reanálises indica um posicionamento deslocado para sul e oeste até o presente, com um aumento expressivo da intensidade. Diferenças entre as bases de dados são reflexos dos dados observados disponíveis e esquemas de assimilação em diferentes níveis da atmosfera para representar os fenômenos.

A análise de correlação entre as bases de dados indicou grande concordância para a intensidade do ASAS, enquanto para o posicionamento latitudinal os valores de correlação foram menores. Essas diferenças são sensíveis principalmente pela diferença de resolução horizontal. Apesar disso, concluímos que houve um avanço entre as reanálises de primeira geração e as recentes no que diz a representação do ASAS, capturando bem sua sazonalidade e corroborando com tendências de posicionamento indicadas pelos estudos com dados de outras fontes.

4. Agradecimentos

Rafael C. Silva e Francisco E. Aquino agradecem ao INCT da Criosfera, Centro Polar e Climático e o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro (Processo 385905/2024-6). Camila B. Carpenedo agradece ao CNPq pelo apoio financeiro (Processo 440861/2023-3).

5. Referências

- AUGER, J.D.; BIRKEL, S.D.; MAASCH, K.A.; MAYEWSKI, P.A.; SCHUENEMANN, K.C. An ensemble mean and evaluation of third generation global climate reanalysis models. **Atmosphere**, [s. l.], v. 9, n. 6, 2018.
- BARRY, Roger Graham; CHORLEY, Richard J. **Atmosphere, weather and climate**. [S. l.: s. n.], 2003-. ISSN 00219169.
- CARPENEDO, Camila Bertoletti; AMBRIZZI, Tércio. South atlantic subtropical anticyclone associated with the southern annular mode and climate impacts in Brazil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, [s. l.], v. 35, n. 4, p. 605–613, 2020.
- CHERCHI, A.; AMBRIZZI, T.; SWADHIN, B.; FREITAS, A. C. V.; MORIOKA, Y.; ZHOU, T. The Response of Subtropical Highs to Climate Change. **Current Climate Change Reports**, [s. l.], p. 1–12, 2018. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s40641-018-0114-1>.
- DEE, D. P.; BALMASEDA, M.; BALSAMO, G.; ENGELEN, R.; SIMMONS, A. J.; THÉPAUT, J. N. Toward a consistent reanalysis of the climate system. **Bulletin of the American Meteorological Society**, [s. l.], v. 95, n. 8, p. 1235–1248, 2014.
- DEGOLA, Thiago Souza Dias. **Impactos e variabilidade do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul sobre o Brasil no clima presente e em cenários futuros**. 2013. - University of São Paulo, [s. l.], 2013.
- DOTY, B.; KINTER, J. I. The Grid Analysis and Display System (GrADS): a desktop tool for earth science visualization. In: **American Geophysical Union 1993 Fall Meeting**. 1993. p. 6-10.
- FUJIWARA, M.; WRIGHT, J. S.; MANNEY, G. L.; GRAY, L. J.; ANSTEY, J.; BIRNER, T.; DAVIS, S.; GERBER, E. P.; HARVEY, V. L.; HEGGLIN, M. I.; HOMEYER, C. R.; KNOX, J. A.; KRÜGER, K.; LAMBERT, A.; LONG, C. S.; MARTINEAU, P.; MOLOD, A.; MONGE-SANZ, B. M.; SANTEE, M. L.; TEGTMEIER, S.; CHABRILLAT, S.; TAN, D. G. H.; JACKSON, D. R.; POLAVARAPU, S.; COMPO, G. P.; DRAGANI, R.; EBISUZAKI, W.; HARADA, Y.; KOBAYASHI, C.; MCCARTY, W.; ONOGI, K.; PAWSON, S.; SIMMONS, A.; WARGAN, K.; WHITAKER, J. S.; ZOU, C. Z. Introduction to the SPARC Reanalysis Intercomparison Project (S-RIP) and overview of the reanalysis systems. **Atmospheric Chemistry and Physics**, [s. l.], v. 17, n. 2, p. 1417–1452, 2017.
- GELARO, R.; MCCARTY, W.; SUÁREZ, M. J.; TODLING, R.; MOLOD, A.; TAKACS, L.; RANGLES, C. A.; DARMENOV, A.; BOSILOVICH, M. G.; REICHLE, R.; WARGAN, K.; COY, L.; CULLATHER, R.; DRAPER, C.; AKELLA, S.; BUCHARD, V.; CONATY, A.; DA SILVA, A. M.; GU, W.; KIM, G.; KOSTER, R.; LUCCHESI, R.; MERKOVA, D.; NIELSEN, J. E.; PARTYKA, G.; PAWSON, S.; PUTMAN, W.; RIENECKER, M.; SCHUBERT, S. D.; SIENKIEWICZ, M.; ZHAO, B. The modern-era retrospective analysis for research and applications, version 2 (MERRA-2). **Journal of Climate**, [s. l.], v. 30, n. 14, p. 5419–5454, 2017.

GILLILAND, Joshua M.; KEIM, Barry D. Position of the South Atlantic anticyclone and its impact on surface conditions across Brazil. **Journal of Applied Meteorology and Climatology**, [s. l.], v. 57, n. 3, p. 535–553, 2018.

HERSBACH, H.; BELL, B.; BERRISFORD, P.; HIRAHARA, S.; HORÁNYI, A.; MUÑOZ-SABATER, J.; NICOLAS, J.; PEUBEY, C.; RADU, R.; SCHEPERS, D.; SIMMONS, A.; SOCI, C.; ABDALLA, S.; ABELLAN, X.; BALSAMO, G.; BECHTOLD, P.; BIAVATI, G.; BIDLOT, J.; BONAVITA, M.; CHIARA, G.; DAHLGREN, P.; DEE, D.; DIAMANTAKIS, M.; DRAGANI, R.; FLEMMING, J.; FORBES, R.; FUENTES, M.; GEER, A.; HAIMBERGER, L.; HEALY, S.; HOGAN, R. J.; HÓLM, E.; JANISKOVÁ, M.; KEELEY, S.; LALOYAUX, P.; Lopez, P.; LUPU, C.; RADNOTI, G.; DE ROSNAY, P.; ROZUM, I.; VAMBORG, F.; Villaume, S.; Thépaut, J. The ERA5 global reanalysis. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, [s. l.], v. 146, n. 730, p. 1999–2049, 2020.

KALNAY, E., KANAMITSU, M., KISTLER, R., COLLINS, W., DEAVEN, D., GANDIN, L., IREDELL, M., SAHA, S., WHITE, G., WOOLLEN, J., ZHU, Y., CHELLIAH, M., EBISUZAKI, W., HIGGINS, W., JANOWIAK, J., MO, K. C., ROPELEWSKI, C., WANG, J., LEETMAA, A., REYNOLDS, R., JENNE, R., & JOSEPH, D. KALNAY, E *et al.* The NCEP/NCAR 40-Year Reanalysis Project. **Bulletin of the American Meteorological Society**, [s. l.], v. 77, n. 3, p. 437–471, 1996.

KOBAYASHI, S.; OTA, Y.; HARADA, Y.; EBITA, A.; MORIYA, M.; ONODA, H.; ONOGI, K.; KAMAHORI, H.; KOBAYASHI, C.; ENDO, H.; MIYAOKA, K.; TAKAHASHI, K. The JRA-55 reanalysis: General specifications and basic characteristics. **Journal of the Meteorological Society of Japan**, [s. l.], v. 93, n. 1, p. 5–48, 2015.

LONG, C. S. ; FUJOWARA, M. ; DAVIS, S. ; MITCHELL, D. M. ; WRIGHT, C. J. Climatology and interannual variability of dynamic variables in multiple reanalyses evaluated by the SPARC Reanalysis Intercomparison Project (S-RIP). **Atmospheric Chemistry and Physics**, [s. l.], v. 17, n. 23, p. 14593–14629, 2017.

MÄCHEL, H.; KAPALA, A.; FLOHN, H. Behaviour of the centres of action above the atlantic since 1881. Part I: characteristics of seasonal and interannual variability. **International Journal of Climatology**, [s. l.], v. 18, n. 1, p. 1–22, 1998.

PEPLER, Acacia; DOWDY, Andrew; HOPE, Pandora. A global climatology of surface anticyclones, their variability, associated drivers and long-term trends. **Climate Dynamics**, [s. l.], v. 52, n. 9–10, p. 5397–5412, 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s00382-018-4451-5>.

QGIS.org, 2022. QGIS Geographic Information System. QGIS Association. <http://www.qgis.org>

POLI, P. ; HERBACH, H. ; DEE, D. P. ; BERRISFORD, P. ; SIMMONS, A. J. ; VITART, F. ; LALOYAUX, P. ; TAN, D. G. H. ; PEUBEY, C. ; THEPAUT, J. ; TREMOLET, Y. ; HOLM, E. V. ; BONAVITA, M. ; ISAKSEN, L. ; FISHER, M. ERA-20C: An atmospheric reanalysis of the twentieth century. **Journal of Climate**, [s. l.], v. 29, n. 11, p. 4083–4097, 2016.

R Core Team, 2021. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>

REBOITA, M. S. ; AMBRIZZI, T. ; SILVA, B. A. ; PINHEIRO, R. F. ; DA ROCHA, R. P. The south atlantic subtropical anticyclone: Present and future climate. **Frontiers in Earth Science**, [s. l.], v. 7, n. February, p. 1–15, 2019.

SAHA, S.; MOORTHY, S.; WU, X.; WANG, J.; NADIGA, S.; TRIPP, P.; BEHRINGER, D.; HOU, Y.; CHUANG, H.; IREDELL, M.; EK, M.; MENG, J.; YANG, R.; MENDEZ, M. P.; VAN DEN DOOL, H.; ZHANG, Q.; WANG, W.; CHEN, M.; BECKER, E. The NCEP climate forecast system version 2. **Journal of Climate**, [s. l.], v. 27, n. 6, p. 2185–2208, 2014.

SALCEDO-CASTRO, Julio et al. Using the mean pressure gradient and NCEP/NCAR reanalysis to estimate the strength of the South Atlantic Anticyclone. *Dynamics of Atmospheres and Oceans*, v. 71, p. 83–90, 2015.

SEAGER, R. MURTUGUDDE, R.; NAIK, N.; CLEMENT, A.; GORDON, N.; MILLER, J. *et al.* Air-sea interaction and the seasonal cycle of the subtropical anticyclones. **Journal of Climate**, [s. l.], v. 16, n. 12, p. 1948–1966, 2003.

SLIVINSKI, L. C.; COMPO, G. P.; WHITAKER, J. S.; SARDESHMUKH, P. D.; GIESE, B. S.; MCCOLL, C.; ALLAN, R.; Yin, X.; Vose, R.; Titchner, H.; Kennedy, J.; Spencer, L. J.; Ashcroft, L.; BRÖNNIMANN, S.; BRUNET, M.; Camuffo, D.; Cornes, R.; Cram, T. A.; Crouthamel, R.; DOMÍNGUEZ-CASTRO, F.; FREEMAN, J. E.; GERGIS, J.; HAWKINS, E.; JONES, P. D.; JOURDAIN, S.; KAPLAN, A.; KUBOTA, H.; LE BLANCQ, F.; LEE, T.; LORREY, A.; LUTERBACHER, J.; MAUGERI, M.; MOCK, C. J.; MOORE, G. W. K.; PRZYBYLAK, R.; PUDMENZKY, C.; REASON, C.; SLONOSKY, V. C.; SMITH, C. A.; TINZ, B.; TREWIN, B.; VALENTE, M.; WANG, X.; WILKINSON, C.; WOOD, K.; WYSZYŃSKI, P. Towards a more reliable historical reanalysis: Improvements for version 3 of the Twentieth Century Reanalysis system. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, [s. l.], v. 145, n. 724, p. 2876–2908, 2019.

STICKLER, A.; STORZ, S.; WARTENBURGER, R.; HERBACH, H.; COMPO, G. P.; POLI, P.; DEE, D.; BRÖNNIMANN, S. Upper-Air observations from the German atlantic expedition (1925-27) and comparison with the twentieth century and ERA-20C reanalyses. **Meteorologische Zeitschrift**, [s. l.], v. 24, n. 5, p. 525–544, 2015.

SUN, Xiaoming; COOK, Kerry H.; VIZY, Edward K. The South Atlantic Subtropical High: Climatology and Interannual Variability. **Journal of Climate**, [s. l.], p. 3279–3296, 2017.

THORNE, P. W.; VOSE, R. S. Reanalyses suitable for characterizing long-term trends. **Bulletin of the American Meteorological Society**, [s. l.], v. 91, n. 3, p. 353–361, 2010.