

Impacto do Modo Anular Sul na América do Sul

RELATÓRIO DO PROJETO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA (PIBIC/CNPq/INPE)

Renan Martins Pizzochero (UFRJ, Bolsista PIBIC/CNPq)

E-mail: renan18martins@gmail.com

Dra. Iracema Fonseca de Albuquerque Cavalcanti (CPTEC/INPE,
Orientadora)

E-mail: iracema.cavalcanti@gmail.com

COLABORADORES

Dra. Fernanda Cerqueira Vasconcellos (IGEO/UFRJ)

E-mail: fecvasconcellos@gmail.com

Julho de 2017

LISTA DE FIGURAS

1 Índice SAM National <i>Weather Service-Climate Prediction Center - NOAA</i>	6
2 Região de concentração do estudo.....	8

LISTA DE TABELAS

1 Total de anos onde há simultaneidade de fases de ENOS e SAM, para o mês de maio.....	10
2 Total de anos onde há simultaneidade de fases de ENOS e SAM, para o mês de junho.....	10
3 Total de anos onde há simultaneidade de fases de ENOS e SAM, para o mês de julho.....	10
4 Total de anos onde há simultaneidade de fases de ENOS e SAM, para o mês de agosto.....	11
5 Total de anos onde há simultaneidade de fases de ENOS e SAM, para o mês de setembro.....	11
6 Tabela de Contingência de geadas fracas para o mês de maio.....	12
7 Tabela de Contingência de geadas moderadas para o mês de maio.....	12
8 Tabela de Contingência de geadas fortes para o mês de maio.....	12
9 Tabela de Contingência de geadas fracas para o mês de junho.....	12
10 Tabela de Contingência de geadas moderadas para o mês de junho.....	13
11 Tabela de Contingência de geadas fortes para o mês de junho.....	13
12 Tabela de Contingência de geadas fracas para o mês de julho.....	13

13 Tabela de Contingência de geadas moderadas para o mês de julho.....	13
14 Tabela de Contingência de geadas fortes para o mês de julho.....	14
15 Tabela de Contingência de geadas fracas para o mês de agosto.....	14
16 Tabela de Contingência de geadas moderadas para o mês de agosto.....	14
17 Tabela de Contingência de geadas fortes para o mês de agosto.....	14
18 Tabela de Contingência de geadas fracas para o mês de setembro.....	14
19 Tabela de Contingência de geadas moderadas para o mês de setembro.....	15
20 Tabela de Contingência de geadas fortes para o mês de setembro.....	15
21 Tabela das frequências de geadas	15

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	4
2. DADOS E METODOLOGIA	6
3. RESULTADOS	9
4. DISCUSSÃO E CONCLUSÃO.....	15
5. ETAPAS FUTURAS.....	16
6. BIBLIOGRAFIA	16

1. INTRODUÇÃO

A América do Sul (AS) é afetada por teleconexões, tanto leste-oeste quanto sul-norte, as quais têm um impacto no clima deste continente (CAVALCANTI ET AL, 2009). A Oscilação Antártica (*Antarctic Oscillation*, SAM) ou Modo Anular do Sul (SAM) é uma importante teleconexão que tem influências na AS (SILVESTRI; VERA, 2003; VASCONCELLOS, 2012). Os Modos Anulares são os principais modos de variabilidade climática da região extratropical, atuando em ambos os hemisférios. No campo de pressão, o Modo Anular é caracterizado por uma “gangorra” Norte - Sul (N-S) de massa atmosférica entre as regiões polares e de latitudes médias. No caso do Hemisfério Norte, este padrão é chamado de Modo Anular Norte ou Oscilação Ártica. Já para o Hemisfério Sul (HS), tem-se o SAM ou SAM (THOMPSON; WALLACE, 2000). A fase positiva do Modo Anular é definida quando se tem pressões inferiores às normais sobre as regiões polares e superiores às normais sobre latitudes médias. Na fase negativa, ocorre o oposto.

A SAM influencia diversas componentes do sistema climático em todo o hemisfério, incluindo a AS. Vasconcellos (2012) mostrou que, em novembro, a fase positiva da SAM apresenta um dipolo de anomalia de precipitação sobre a AS, com anomalias negativas sobre o sul do Brasil/Bacia do Prata e anomalias positivas ao norte. Este dipolo inverte de sinal na fase negativa. Silvestri e Vera (2009) estudaram os impactos da SAM na AS utilizando reanálises e medições *in situ*, sendo o índice SAM calculado a partir das medições de pressão média ao nível do mar *in situ*. Nesse estudo, os autores notaram que a fase positiva da SAM é associada a uma circulação anticiclônica anômala desenvolvida no sudoeste subtropical do Atlântico Sul, que intensifica a advecção de umidade e promove um aumento da precipitação sobre o sudeste da AS. Para tanto foi definido, através da média mensal de anomalias de precipitação, um índice de precipitação para sete estações localizadas na região, para a primavera.

Segundo Kousky et al. (1984), El Niño Oscilação Sul (ENOS) é uma oscilação acoplada do oceano-atmosfera, que produz alterações na Temperatura da Superfície do Mar (TSM), na pressão, no vento, e na convecção tropical, principalmente no Oceano

Pacífico tropical, mas com reflexos em muitos lugares do planeta, incluindo Brasil. A fase positiva do ENOS, quando ocorrem anomalias positivas de TSM no Pacífico tropical, é chamada de El Niño (EN). Já a fase negativa, quando se tem anomalias negativas de TSM nesta região, chama-se La Niña (LN). Grimm (2003), por exemplo, demonstrou que as anomalias de precipitação na primavera e no verão no Centro-Leste do Brasil apresentam significativa relação inversa em episódios de ENOS.

Diversos autores sugerem uma relação entre a SAM e o ENOS. L'Heureux e Thompson (2006) mostraram que 25% da variabilidade interanual da SAM é linearmente relacionada com a flutuação do ENOS. Eles também apresentaram que a relação entre os dois padrões ocorre durante o verão austral (novembro-fevereiro). Vasconcellos (2012) mostrou que, em novembro, a fase positiva (negativa) da SAM está relacionada com as características do padrão LN (EN). O trabalho também sugeriu que a relação entre SAM e ENOS ocorre em diversas escalas de tempo.

Apesar de diversos trabalhos mostrarem uma relação entre o modo anular sul e o clima na AS, a análise do SAM ainda é pouco utilizada nas previsões climáticas. Desta forma, conhecer os impactos das duas fases do SAM, em cada mês, no clima da AS pode trazer melhorias nas previsões de tempo e clima.

No primeiro ano desse projeto, mostrou-se que o SAM impacta significativamente o clima da AS e que esse impacto se apresenta de forma diferente mês a mês, não havendo, obrigatoriamente, oposição de fase, ou seja, não ocorre necessariamente, inversão de anomalias de acordo com a mudança de fase do SAM. Como continuação do estudo da relação do SAM com o clima da AS, o segundo ano do projeto teve como objetivo estudar o impacto do SAM na frequência e intensidade das geadas na Região Sul do Brasil. Uma vez que diversos trabalhos sugerem uma relação entre SAM e ENOS, o estudo considerou a atuação do ENOS, juntamente com o SAM no impacto das geadas.

A Figura 1 mostra o modo SAM calculado pelo *National Weather Service-Climate Prediction Center - NOAA*.

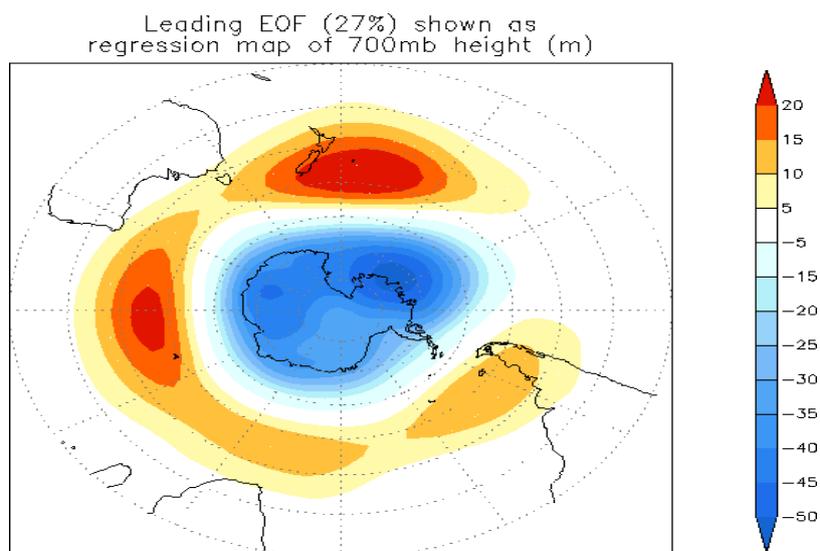


Figura 1: Padrão do SAM (National *Weather Service-Climate Prediction Center* - NOAA)

2. DADOS E METODOLOGIA

Foram utilizadas as saídas diárias de Reanálise ERA-Interim (DEE ET AL., 2011), com resolução de $0,5^\circ \times 0,5^\circ$, da variável de temperatura a 2 metros, para o horário das 06Z e saídas mensais de geopotencial, para o cálculo do índice SAM. O período utilizado para esse estudo foi o de 1981 a 2010.

O índice SAM foi calculado a partir da Função Ortogonal Empírica (*Empirical Orthogonal Function* - EOF), da anomalia de altura geopotencial em 700 hPA, no intervalo de latitude de 30° - 90° S, com a finalidade de capturar o principal modo de variabilidade da região extratropical. Na literatura (e.g. THOMPSON; WALLACE, 2000; BALDWIN; THOMPSON, 2009), o índice SAM é calculado a partir das anomalias de altura geopotencial entre 20° - 90° S. Neste trabalho, a área foi reduzida para 30° - 90° S, de forma a minimizar a influência de fenômenos da região tropical, como por exemplo o ENOS, no cálculo do EOF. O conceito de EOF foi introduzido por Lorenz (1986) como metodologia ao realizar um estudo com a finalidade de encontrar uma maneira eficaz de extrair uma representação simplificada ou compacta de um conjunto de dados. O objetivo era uma representação otimizada do estado da atmosfera, em

função do tempo e do espaço, ou seja, uma sequência temporal de campos meteorológicos. Através do método de EOF, pode-se obter padrões espaciais de variabilidade e a variação temporal de um único campo escalar (BJÖRNSSON; VENEGAS, 1997). A série temporal do índice SAM foi obtida através da Componente Principal (CP) do primeiro EOF. Os valores positivos (negativos) do índice SAM representam anomalias positivas (negativas) de altura geopotencial nas latitudes médias e anomalias negativas (positivas) em altas latitudes, ou seja, a fase positiva (negativa) do SAM.

Os anos de ENOS foram determinados através do índice ENOS 3.4 gerado pelo *Climate Prediction Center - National Centers for Environmental Prediction - National Oceanic and Atmospheric Administration* (CPC/NCEP/NOAA-http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/). Esse índice foi escolhido, pois no primeiro ano desse projeto, foi possível observar forte correlação positiva entre a TSM na região do ENOS 3.4 com a SAM, para os meses de interesse do estudo atual (MARTINS; CAVALCANTI; VASCONCELLOS, 2016).

Oliveira (1997), analisando diversas estações meteorológicas do Rio Grande do Sul, encontrou que a maior frequência, de geadas, encontra-se quando a temperatura mínima no abrigo meteorológico (1,5m) e a temperatura na relva (0,05m) estão entre 2,1 e 4°C; com ponto médio de aproximadamente 3°C. Baseado nessa relação temperatura do ar com temperatura da relva apresentado por Oliveira (1997), decidiu-se utilizar a saída de temperatura do ar a 2m da Reanálise Era-Interim para contabilizar a ocorrência de geadas. Foram determinados os seguintes limiares para classificar as geadas, de acordo com a sua intensidade: pontos de grade com temperatura do ar a 2 m entre 0°C a 2°C, inclusive, geada fraca; de -2°C a 0°C (exclusive), geada moderada; abaixo de -2°C geada forte. Optou-se por contabilizar somente os meses de maio-setembro, uma vez que esse é o período de maior ocorrência de geadas (CAVALCANTI et al., 2009). Visando destacar a Região Sul do Brasil, foi determinada uma região de estudo compreendida em 40°W-63°W/21°S-40°S.

O estudo da frequência e intensidade das geadas em diferentes configurações de ENOS e SAM foi realizado através de tabelas de contingência. Primeiramente, foram identificados, para cada um dos meses de foco desse estudo, os anos onde observou-se

episódios de fases positivas e negativas de SAM com e sem a ocorrência simultânea do ENOS. Por exemplo, foi identificado, para cada mês do estudo, os anos em que ocorreram fase SAM positiva juntamente com EN; anos que ocorreram a fase positiva da SAM simultaneamente com anos de LN; anos em que ocorreram fase positiva da SAM, porém sem ocorrência de ENOS (ENOS neutro), etc. Em seguida, contabilizou-se, para cada intensidade e cada mês, o total de geadas em cada classificação de ocorrência de SAM e ENOS descrita anteriormente. A frequência de geadas em cada classificação foi obtida dividindo o total de geadas pelo total de anos da respectiva classificação.

A Figura 2 representa a área em que esse estudo foi concentrado.



Figura 2: Região de concentração do estudo.

Na próxima Seção, serão apresentados os resultados obtidos.

3. RESULTADOS

Para contabilizar a frequência e intensidade de geadas em anos com diferentes configurações de ENOS e SAM, foram confeccionadas tabelas de contingência. Essas tabelas foram criadas contabilizando o total de geada em cada classe de SAM e ENOS, normalizando pelo número total de anos incluídos nessa categoria. Desta forma, foi possível avaliar, mês a mês, se há alguma relação entre o SAM, bem como uma influência conjunta do SAM com o ENOS, na frequência e intensidade das geadas na região de interesse. As Tabelas 1-5 mostram o total de anos para cada categoria durante os meses de maio a setembro, respectivamente.

Tabela 1: Anos classificados em cada fase do SAM, com e sem ocorrência de ENOS: maio.

Maio				
	E.N	L.N	N	Tot.
AAO+	4	3	8	15
AAO-	3	3	9	15
Tot	7	6	17	30

Tabela 2: Anos classificados em cada fase do SAM, com e sem ocorrência de ENOS: junho.

Junho				
	E.N	L.N	N	Tot.
AAO+	3	0	12	15
AAO-	4	4	7	15
Tot	7	4	19	30

Tabela 3: Anos classificados em cada fase do SAM, com e sem ocorrência de ENOS: julho.

Julho				
	E.N	L.N	N	Tot.
AAO+	2	4	9	15
AAO-	4	0	11	15
Tot	6	4	20	30

Tabela 4: Anos classificados em cada fase do SAM, com e sem ocorrência de ENOS: agosto.

Agosto				
	E.N	L.N	N	Tot.
AAO+	6	2	11	19
AAO-	0	2	9	11
Tot	6	4	20	30

Tabela 5: Anos classificados em cada fase do SAM, com e sem ocorrência de ENOS: setembro.

Setembro				
	E.N	L.N	N	Tot.
AAO+	3	2	7	12
AAO-	5	4	9	18
Tot	8	6	16	30

Sendo N, sigla para anos ENOS Neutro, SAM+, é a fase positiva da SAM e consequentemente SAM-, fase negativa da SAM. Onde não há valores, significa que não possui anos classificados na respectiva categoria.

Seguindo o desenvolvimento do trabalho, para cada mês de interesse, em cada classificação apresentada nas Tabelas 1-5, foram contabilizados o total normalizado de geadas fracas, moderadas e fortes (vide Seção 2 - Metodologia).

As Tabelas 1-5 mostram que, em anos N, há maior frequência de SAM negativa para os meses de estudo, com exceção dos meses de junho e agosto. Em maio e agosto, para anos de LN, há igualdade de ocorrência de SAM positiva e negativa, enquanto em

junho não ocorrem simultaneidade entre LN e SAM positiva. Em julho, para anos de LN, ocorre o oposto de junho, não há ocorrência de SAM negativa. Em anos de EN, nota-se uma maior frequência de SAM negativa, exceto nos meses de maio e agosto, onde observa-se maior frequência de SAM positiva.

As tabelas de 6-20 mostram a frequência de ocorrência de geadas em cada simultaneidade de fase de ENOS e SAM. O total representa a soma de dos casos para cada fase dos sistemas, sendo casos de E.N, L.N e N, para cada fase do SAM . Esta frequência fora calculada para os meses determinados de estudo, para o intervalo de tempo de 1981 a 2010.

A relação da ocorrência e intensidade da geada com o SAM e ENOS mostrou-se bastante dependente do mês analisado. Observou-se que durante o mês de maio, para geadas moderadas (Tabela 7), e durante os meses de junho e setembro, para geadas fracas e moderadas (Tabelas 9-10 e 18-19), houve maior frequência de geadas em anos com atuação conjunta de SAM negativo e EN. As geadas fracas durante o mês de maio (Tabela 6) também tiveram maior ocorrência em anos de SAM negativo, porém com ocorrência conjunta com a LN, embora apresente quantidade similar a anos de SAM negativo com EN. Não houve registro de geadas fortes em maio e setembro (Tabelas 8 e 20, respectivamente), enquanto, em junho, observou-se uma maior frequência de geadas fortes nos anos de SAM negativo com ENOS neutro (Tabela 11). Julho é o mês em que se observou maior frequência de geadas de todas as intensidades, com destaque para anos com simultaneidade de SAM negativo e N (Tabelas 12-14). Em agosto, é notória a diminuição de ocorrência de geadas em relação ao mês anterior e a relação com ENOS e SAM apresentou resultados distintos dos meses anteriores: para geadas fracas (Tabela 15), a maior frequência ocorre em anos de SAM positivo com LN e para geadas moderadas e fortes (Tabelas 16 e 17, respectivamente), SAM positivo com EN.

Tabela 6: Tabela de Contingência de geadas fracas para o mês de maio.

Geadas fracas Maio				
	E.N	L.N	N	Total
AAO+	24,25	7,67	8,75	40,67
AAO-	76,00	84,00	36,67	196,67
Total	100,25	91,67	45,42	237,33

Tabela 7: Tabela de Contingência de geadas moderadas para o mês de maio.

Geadas Moderadas Maio				
	E.N	L.N	N	Total
AAO+	0,50	0,00	0,00	0,50
AAO-	6,33	3,67	4,78	14,78
Total	6,83	3,67	4,78	15,28

Tabela 8: Tabela de Contingência de geadas fortes para o mês de maio.

Geadas Fortes Maio				
	E.N	L.N	N	Total
AAO+	0	0	0	0
AAO-	0	0	0	0
Total	0	0	0	0

Tabela 9: Tabela de Contingência de geadas fracas para o mês de junho.

Geadas fracas Junho				
	E.N	L.N	N	Total
AAO+	211,33		133,58	344,92
AAO-	259,75	246,25	136,86	642,86
Total	471,08	246,25	270,44	987,77

Tabela 10: Tabela de Contingência de geadas moderadas para o mês de junho.

Geadas Moderadas Junho				
	E.N	L.N	N	Total
AAO+	13,33		36,08	49,42
AAO-	88,00	45,00	23,00	156,00
Total	101,33	45,00	59,08	205,42

Tabela 11: Tabela de Contingência de geadas fortes para o mês de junho.

Geadas Fortes Junho				
	E.N	L.N	N	Total
AAO+	0,00		8,17	8,17
AAO-	4,50	1,00	2,43	7,93
Total	4,50	1,00	10,60	16,10

Tabela 12: Tabela de Contingência de geadas fracas para o mês de julho.

Geadas fracas Julho				
	E.N	L.N	N	Total
AAO+	184,00	263,25	193,44	640,69
AAO-	115,75		388,55	504,30
Total	299,75	263,25	581,99	1144,99

Tabela 13: Tabela de Contingência de geadas moderadas para o mês de julho.

Geadas Moderadas Julho				
	E.N	L.N	N	Total
AAO+	29,00	102,25	45,22	176,47
AAO-	47,75		116,91	164,66
Total	76,75	102,25	162,13	341,13

Tabela 14: Tabela de Contingência de geadas fortes para o mês de julho.

Geadas Fortes Julho				
	E.N	L.N	N	Total
AAO+	0,00	8,75	1,00	9,75
AAO-	10,75		15,36	26,11
Total	10,75	8,75	16,36	35,86

Tabela 15: Tabela de Contingência de geadas fracas para o mês de agosto.

Geadas fracas Agosto				
	E.N	L.N	N	Total
AAO+	60,00	136,00	30,27	226,27
AAO-		98,50	121,67	220,17
Total	60,00	234,50	151,94	446,44

Tabela 16: Tabela de Contingência de geadas moderadas para o mês de agosto.

Geadas Moderadas Agosto				
	E.N	L.N	N	Total
AAO+	35,67	2,00	5,73	43,39
AAO-		23,50	17,56	41,06
Total	35,67	25,50	23,28	84,45

Tabela 17: Tabela de Contingência de geadas fortes para o mês de agosto.

Geadas fortes Agosto				
	E.N	L.N	N	Total
AAO+	8,17	0,00	0,18	8,35
AAO-		0,00	0,44	0,44
Total	8,17	0,00	0,63	8,79

Tabela 18: Tabela de Contingência de geadas fracas para o mês de setembro.

Geadas fracas Setembro				
	E.N	L.N	N	Total
AAO+	4,33	1,50	26,29	32,12
AAO-	51,20	30,75	17,78	99,73
Total	55,53	32,25	44,06	131,85

Tabela 19: Tabela de Contingência de geadas moderadas para o mês de setembro.

Geadas Moderadas Setembro				
	E.N	L.N	N	Total
AAO+	0,00	0,00	5,14	5,14
AAO-	6,20	4,50	0,22	10,92
Total	6,20	4,50	5,37	16,07

Tabela 20: Tabela de Contingência de geadas fortes para o mês de setembro.

Geadas Fortes Setembro				
	E.N	L.N	N	Total
AAO+	0	0	0	0
AAO-	0	0	0	0
Total	0	0	0	0

Tabela 21: Total das frequências de geadas.

Total de Frequência de Geadas					
	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro
Fraca	237,33	987,77	1144,99	446,44	131,85
Moderada	15,28	205,42	341,13	84,45	16,07
Forte	0,00	16,1	35,86	8,79	0,00

4. Conclusão

Os resultados em geral mostraram que, há maior frequência de SAM negativa em anos de EN, ratificando resultados de trabalhos prévios (e.g. L'HEUREUX; THOMPSON, 2006; VASCONCELLOS, 2012). Entretanto, a relação oposta não ocorre em anos de LN. Os resultados também mostraram que a SAM possui relação com a frequência e com a ocorrência de geadas na Região Sul do país, entretanto, seu impacto é diferente de acordo com cada mês de estudo, e com a fase do ENOS e SAM que estejam em vigor. Torna-se necessário, portanto, que seja feita uma análise mais profunda, com a finalidade de entender como vigora essa influência.

5. Etapas Futuras

Para dar continuidade a este trabalho de iniciação científica estão planejadas análises mais profundas do impacto do SAM nas geadas na Região Sul do Brasil, no período de maio a setembro e confecção de um artigo com os resultados totais.

6. Bibliografia

- BALDWIN, M. P.; THOMPSON, D. A critical comparison of stratosphere-troposphere coupling indices. *Quarterly Journal Of The Royal Meteorological Society*, v. 135, n. 644, p. 1661–1672, Oct. Part A 2009.
- BJÖRNSSON, H.; VENEGAS, S. A. *A manual for EOF and SVD analysis of climatic data*. Montreal: McGill University, 1997. 247 p.
- CAVALCANTI, I. F. A. *Tempo e Clima no Brasil*. São Paulo, SP, Brasil: Oficina de Textos, 2009. ISBN978-85-86238-92-5
- DEE, D. P. ET AL. The ERA-Interim reanalysis: configuration and performance of the data assimilation system. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*. Soc., v. 137, p. 553–597, 2011.
- GRIMM, A. M. The El Niño impact on the summer monsoon in Brazil: regional processes versus remote influences. *Journal of Climate*, v. 16, p. 263-280, 2003.
- KOUSKY, V. E. ET AL. A review of the Southern Oscillation: oceanic-atmospheric circulation changes and related rainfall anomalies. *Tellus.*, v. 36A, p. 490–504, 1984.
- L'HEUREUX, M. L.; THOMPSON, D. W. J. Observed relationships between the el niño-southern oscillation and the extratropical zonal-mean circulation. *Journal of Climate*, v. 19, n. 2, p. 276–287, Jan. 2006.
- LORENZ, E. N. Rotation of principal components. *International Journal of Climatology*, v. 6, n. 3, p. 293–335, 1986. Article review of: Empirical orthogonal functions and statistical weather prediction. Science Report 1, Statistical Forecast Project. Depto. of Meteorology. Mass: Institute of Technology, 1956.

MARTINS, R. P.; CAVALCANTI, I. F. A.; VASCONCELLOS, F. C. Impacto do Modo Anular Sul na América do Sul. 2016. 28 p. Relatório Final (Iniciação Científica) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 2016.

OLIVEIRA, H.T. Climatologia das temperaturas mínimas e probabilidade de ocorrência de geada no Estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: UFRGS, 1997. 81f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia, Área de Concentração em Agrometeorologia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

SILVESTRI, G. E.; VERA, C. S. Antarctic Oscillation signal on precipitation anomalies over southeastern South America. *Geophysical Research Letters*, v. 30, n. 21, p. 2115–2118, Nov. 2003.

SILVESTRI, G. E.; VERA, C. S. Nonstationary Impacts of the Southern Annular Mode on Southern Hemisphere Climate. *Journal of Climate*, v. 22, n. 7, p. 6142–6148, May. 2009.

THOMPSON, D.W.; WALLACE, J.M. Annular modes in the extratropical circulation. Part I: month-to-month variability. *Journal of Climate*, v. 13, p. 1000–1016, 2000.

VASCONCELLOS, F. C. *A oscilação Antártica-mecanismos físicos e a relação com características atmosféricas sobre a América do Sul/oceanos adjacentes*. 2012. 192 p. (sid.inpe.br/mtc-m19/2012/10.09.19.33-TDI). Tese (Doutorado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 2012.