Revista Brasileira de Climatologia
ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

PRECIPITAÇÃO SOBRE A AMÉRICA DO SUL E SUAS RELAÇÕES COM A OSCILAÇÃO MULTIDECADAL DO ATLÂNTICO E A OSCILAÇÃO DO ATLÂNTICO NORTE

SANTOS, Nayara Arroxelas Dos – nayararroxelas@gmail.com
Bacharela em Meteorologia pelo Instituto de Ciências Atmosféricas, Universidade Federal de Alagoas

SIQUEIRA, Anderlan Henrique Batista – anderlansiqueira@gmail.com
Mestre em Meteorologia pelo Instituto de Ciências Atmosféricas, Universidade Federal de Alagoas

MELO, Maria Luciene Dias De – ludmelo@gmail.com
Profa. Dra. Do Instituto de Ciências Atmosféricas, Universidade Federal de Alagoas

RESUMO: Este estudo teve como objetivo analisar e avaliar qual o grau de correlação entre a precipitação sobre a América do Sul e as oscilações que ocorrem sobre a região do atlântico norte, Oscilação Multidecadal do Atlântico (OMA), sobre o oceano, e Oscilação do Atlântico Norte (OAN), na atmosfera. Foram coletados os dados dos índices das oscilações e da precipitação que cobrem um períodos de janeiro de 1900 a dezembro de 2012 para os índices e de janeiro de 1900 a dezembro de 2008 para a precipitação. Para tal, fez o uso das técnicas estatísticas Análise Exploratória de Dados e Correlação ordinária de Pearson. Analisaram-se os índices e se observou que existem dois modos preponderantes da OMA, um positivo de 1927 a 1964 e um negativo de 1965 a 1995. Todas as análises foram feitas baseadas nesses dois modos. Observaram-se nas anomalias, levando em consideração os dois modos da OMA, da precipitação um padrão único e oposto entre os modos da OMA, isto é, as regiões que apresentaram aumento da precipitação no modo positivo e apresentaram redução da precipitação no modo negativo e vice-versa. Os coeficientes de correlação entre o índice da OMA e a precipitação sobre o continente apresentou o mesmo padrão em ambos os modos da OMA, mostrando que a maior parte do continente apresentou correlação negativa. Isso mostra uma relação inversa entre a OMA e a precipitação, quando a OMA se apresentou negativa/positiva, a precipitação sobre o continente aumentou/diminuiu. Já em relação a OAN, durante o modo positivo da OMA, observou-se o mesmo padrão da correlação com a OMA. Contudo, no modo negativo da OMA, a correlação da precipitação com OAN mostrou um padrão aleatório. Esse fato pode estar relacionado com as teleconexões com outros fenômenos, por exemplo, El Niño – Oscilação Sul. Notou-se que a interação entre os fenômenos que ocorrem na parte norte do oceano atlântico é evidente.

PALAVRAS-CHAVE: Precipitação, Oscilações Climáticas e América do Sul.

RAINFALL OVER SOUTH AND ITS RELATIONS WITH AMERICA SWING MULTIDECADAL ATLANTIC AND SWING THE NORTH ATLANTIC

ABSTRACT: This study aimed to analyze and evaluate the degree of correlation between precipitation over South America and the oscillations that occur over the region of north atlantic, Atlantic Multidecadal Oscillation (AMO), occurs in the ocean, and the North Atlantic Oscillation (NAO) occurs in the atmosphere. Data indices fluctuations and precipitation covering a period from January 1900 to December 2012 for the indexes and January 1900 to December 2008 were collected for precipitation. To do so, did the use of statistical techniques Exploratory Data Analysis and ordinary Pearson correlation. We analyzed the contents and it was observed that existed two predominant positive from 1927 to 1964 the AMO modes, and a negative from 1965 to 1995. All analyzes were made based on these two modes. We observed the anomalies, taking into account the two modes of AMO, a unique pattern of rainfall and opposite modes of AMO , that is, the regions that showed increased precipitation in positive mode showed reduced precipitation in negative mode and vice versa. The coefficients of correlation between the OMA and the rainfall over the continent showed the same pattern in both modes of AMO, showing that most of the continent showed a negative correlation. This shows an inverse relationship between the AMO and rainfall, when the AMO was found negative/positive, precipitation over land has increased/decreased. Regarding the NAO during the positive mode of AMO, we observed the same pattern of correlation with the AMO. However, in negative mode of AMO, the correlation of precipitation with NAO showed a random pattern. This fact may be related to teleconnections with other phenomena, e.g. , El Niño - Southern Oscillation It was noted that the interaction between the phenomena occurring in the northern part of the Atlantic Ocean is evident.

KEYWORDS: Precipitation, Climate Oscillations and South America.

1. INTRODUÇÃO

A América do Sul é um continente um tanto peculiar, localiza-se entre dois oceanos, o Pacifico e o Atlântico. Sabe-se que sobre esses oceanos atuam duas grandes células meteorológicas

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

de circulação global, são elas célula de Hadley (no Atlântico) e célula de Walker (no Pacífico). Em conjunto, ambas são capazes de modificar a dinâmica do clima em nível global. Molion e Nobre (1986) demostraram bem essa interação ao relacionar os ramos descendentes das duas células e o efeito da seca sobre o Nordeste do Brasil.

Na literatura encontra-se vários autores que estudam a influência do Oceano Pacifico no clima da América do Sul (KAYANO E KOUSKY, 1996; MOLION E BERNADO, 2002; SIQUEIRA E MOLION, 2008) através da interação entre a Oscilação Decadal do Pacifico e os fenômenos El Niño – Oscilação Sul. Recentemente, alguns autores começaram a dar o devido valor a interação entre o oceano Atlântico norte e o clima do Brasil entre eles estão Siqueira e Molion (2008), que observaram uma correlação, entre moderada e forte, com a precipitação sobre o nordeste brasileiro, e Kayano e Capistrano (2013), que observaram as modificações na influência do El Niño – Oscilação Sul a partir da Oscilação Multidecadal do Atlântico (OMA).

Segundo Siqueira (2012) Oscilação Multidecadal do Atlântico (OMA) é caracterizada pela alteração, em um período longo de tempo, da temperatura da superfície do mar (TSM) da região norte do oceano Atlântico, entre a região do Golfo do México e a Baixa da Islândia. Para melhor ser observada foi criado um índice (ENFIELD *et al*, 2001), esse é calculado levando em consideração as anomalias da TSM da região norte do Atlântico e a região do Golfo do México (Figura 1). Após esse cálculo inicial entre 0º e 70º norte, é feita a padronização dos dados usando a climatologia dos dados interpolados em 5º x 5º graus desde 1856 até o presente. Essa oscilação é parecida com a oscilação decadal do pacifico (ODP), pois também é considerada de baixa frequência, possuindo duas fases distintas, uma fria e a outra quente. Seu tempo de duração é muito longo se comparada, por exemplo, com os fenômenos El Niño e La Niña.

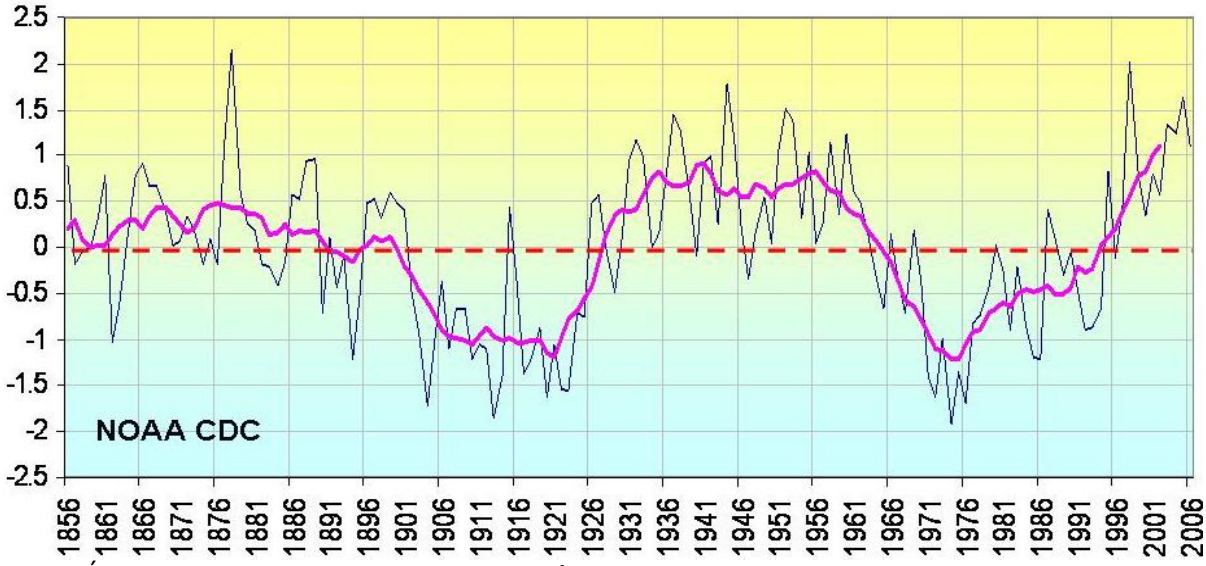


Figura 1: Índice da Oscilação Multidecdal do Atlântico (OMA) em regime anual de 1856 a 2006. Fonte: ESRL/PSD/NOAA

Durante a fase fria (quente) da ODP, as águas do Golfo do México tenderam a ficar mais quentes (frias), o que por sua vez, possivelmente aumentou (diminuiu) a frequência de furacões nessa região, Molion (2005). Segundo o autor, os ventos Alísios mais intensos (fracos) durante a fase fria (quente) transportam águas mais (menos) quente para a região do Golfo do México, esse acumulo de águas quentes favorecem a formação e manutenção de furacões sobre toda a extensão do golfo.

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

Oscilação do Atlântico Norte

A OAN consiste na oscilação de larga escala da anomalia do campo de pressão (Figura 2) ou, segundo Van Loon e Rogers (1978), é uma troca meridional de massa atmosférica em grande escala. Walker (1924) propôs um índice dado pela diferença da PNM entre a Islândia e os Açores. Jones et al (1997) calculam esse índice utilizando a diferença da PNM entre Lisboa e a Islândia, enquanto Osborn et al (1999) usaram a diferença entre Gibraltar e a Islândia.

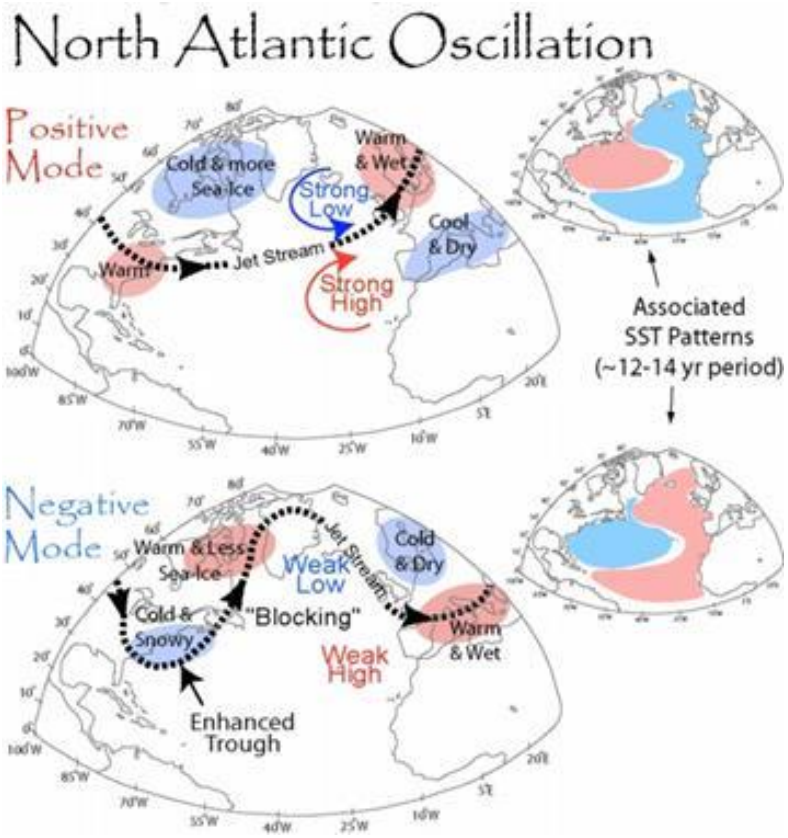


Figura 2: Demonstração do comportamento dos modos da Oscilação do Atlântico Norte (OAN). Fonte: Duke University

Segundo Siqueira (2010), a OAN possui dois modos definidos, modo positivo e o modo negativo, cujo índice apresenta valores positivos da anomalia da PNM e valores do índice negativos, respectivamente. O modo positivo tem, como característica principal, o aumento e intensificação da pressão sobre o centro da Alta Subtropical (Açores), que fica posicionado mais próximo da linha do Equador e afastado mais a oeste do Continente Africano, enquanto a baixa pressão da Islândia se posiciona mais próxima à ilha (Islândia) e tende a ficar mais intensa que o habitual. Já no modo negativo ocorre o oposto.

Análise Exploratória de Dados (AED)

Em meteorologia e climatologia, a quantidade de informação das variáveis meteorológicas que se têm à disposição é, geralmente, reduzida para avaliar a fenomenologia nas diversas escalas espaciais e temporais. Tukey (1977) descreveu a AED como um método que tem por objetivo observar e analisar o comportamento dos dados através da criação de gráficos e outras formas de análise estatística, como por exemplo, desvios padrões, anomalias, etc, facilitando o entendimento pela parte dos seres humanos, pois, algumas vezes, a quantidade e o volume de dados é muito grande para os limites da percepção humana.

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

Antigamente, esse método era aplicado manualmente através de desenhos que, muitas vezes, não representavam bem o que queria se expor. Nos dias atuais, com o advento dos computadores, a facilidade na sua aplicação fez com que essa técnica passasse a ser utilizada amplamente pelos meteorologistas e em outras áreas. Programas computacionais facilitam essa disposição e ajudam no entendimentos das series temporais.

Coeficiente de Correlação Ordinária (ou de Pearson)

O coeficiente de correlação de Pearson é uma medida do grau de relação linear entre duas variáveis quantitativas. Esse coeficiente varia entre os valores -1 e 1. O valor 0 (zero) significa que não há relação linear entre as duas varáveis correlacionadas; o valor 1 indica uma relação linear perfeita e o valor -1 também indica uma relação linear perfeita mas inversa, ou seja, quando uma das variáveis aumenta a outra diminui. Quanto mais próximo estiver de 1 ou -1, mais forte é a associação linear entre as duas variáveis. Porém, os coeficientes de correlação só apontam o grau de relação existente entre duas variáveis e não podem ser utilizados para indicar uma relação causa-efeito.

O coeficiente de correlação de Pearson é normalmente representado pela letra r e a sua fórmula de cálculo é:

$$r = \frac{\Sigma(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{(\Sigma(x_i - \bar{x})^2)(\Sigma(y_i - \bar{y})^2)}}$$

onde x_i e y_i são os valores das variáveis dependentes e independentes e $\bar{x}$ e $\bar{y}$ são seus respectivos valores médios. A Tabela 1, com os valores e interpretação dos coeficientes de correlação, que ajuda no entendimento e classificação do grau de correlação entre as variáveis.

Tabela 1: Valores e interpretação dos coeficientes de correlação adotados.

Valores da Correlação (+ ou -)	Interpretação
0,00 a 0,19	**Muito Fraca**
0,20 a 0,39	**Fraca**
0,40 a 0,59	**Moderada**
0,60 a 0,89	**Forte**
0,90 a 1,00	**Muito Forte**

Fonte: Autor, 2013

Logo, através da observação da Tabela 1, notou-se que o coeficiente de correlação foi divido em 5 categorias, indo desde a interpretação de muito fraca a de muito forte. Vale lembrar que a correlação nos mostra apenas o comportamento do relacionamento entre a variável independente a variável dependente.

Então, o objetivo desse estudo é analisar e observar a influência da Oscilação Multidecadal do Atlântico (OMA) e da Oscilação do Atlântico Norte (OAN) no clima da América do Sul, focando no Brasil e no Nordeste Brasileiro (NEB). Especificamente, estudar a interação entre a parte norte do oceano Atlântico e sua influência na célula de Hadley e o regime de precipitação, através da análise dos coeficientes de correlação entre os índices da OMA e da OAN e a

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

precipitação sobre o continente. Tal estudo é importante, pois ajudará na questão da previsibilidade climática do comportamento da precipitação sobre a América do Sul.

2. MATERIAS E MÉTODOS

Dados

Foram utilizados os índices da OMA para representar a componente oceânica e da OAN para representar a componente atmosférica. Os dois índices estão dispostos em regime mensal e cobrem o período de janeiro de 1900 a dezembro de 2012, 112 anos. O índice da OMA foi coletado do site do *Physical Science Division / Earth System Research Laboratory / National Oceanic and Atmosferic Administration* (PSD/ESRL/NOAA). Já o da OAN foi coletado no site da *National Center for Atmospheric Research / University Corporation for Atmospheric Research* (NCAR/UCAR).

Os dados de precipitação utilizados foram os compilados pela University of Delaware (UDEL), esses dados estão dispostos em regime mensal e em ponto de grade de 0,5° x 0,5°, isto é, de aproximadamente 50 km x 50 km, e cobrem o período de 1900 a 2008. Os dados estão disponíveis no site do Joint *Institute for the Study of the Atmosphere and Ocean* (JISAO), 108 anos.

Métodos e recursos computacionais

Este estudo foi dividido em dois pontos. No primeiro momento foi feita a análise dos índices das oscilações para ver qual o comportamento durante todo o período do intervalo de compreensão dos dados do índice. Essa análise foi realizada para definir qual o comportamento da série temporal dos índices durante os anos e definir quais foram os anos de estudo. Em seguida, escolheu-se os anos de estudo e efetuou-se os cálculos relativos aos coeficientes de correlação entre os índices (OMA e OAN), separadamente, e os dados de precipitação compilados pela Universidade de Delaware.

Para a confecção dos gráficos dos índices utilizou-se o a ferramenta livre *LibreOffice* (antigo *OpenOffice*). Para os cálculos dos coeficientes de correlação e a geração dos mapas de correlação utilizou-se o programa meteorológico *Grid Analysis and Display System* (GrADS), Doty (1992).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Análise dos índices da Oscilação Multidecadal do Atlântico (OMA) e da Oscilação do Atlântico Norte (OAN)

Nas Figuras 3 e 4 são mostrados os índices da OMA, componente de relação oceânica, e da OAN, componente de relação atmosférica, respectivamente. Ambos os índices estão dispostos em regime mensal e cobrem um período de 112 anos, começando em janeiro de 1900 a dezembro de 2012.

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

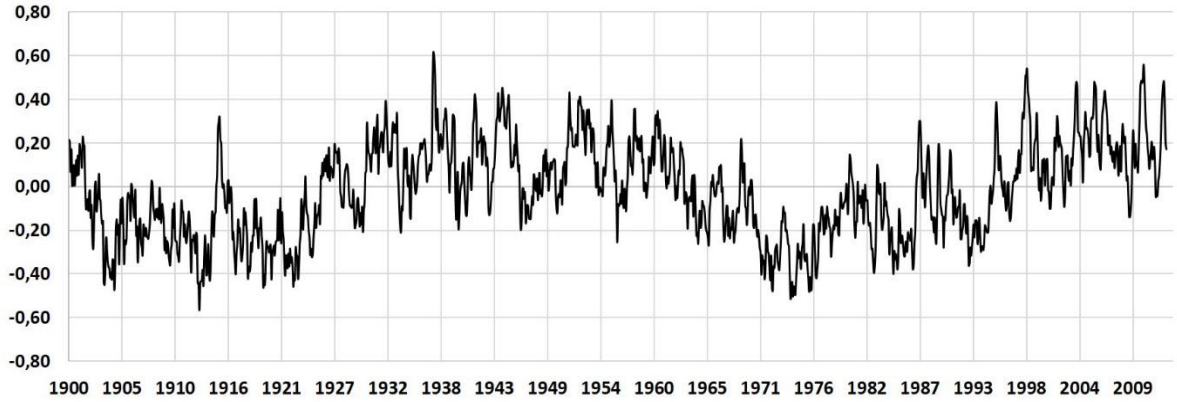


Figura 3: Configuração do índice da OMA de janeiro de 1900 à dezembro de 2012. Fonte: ESRL/PSD/NOAA

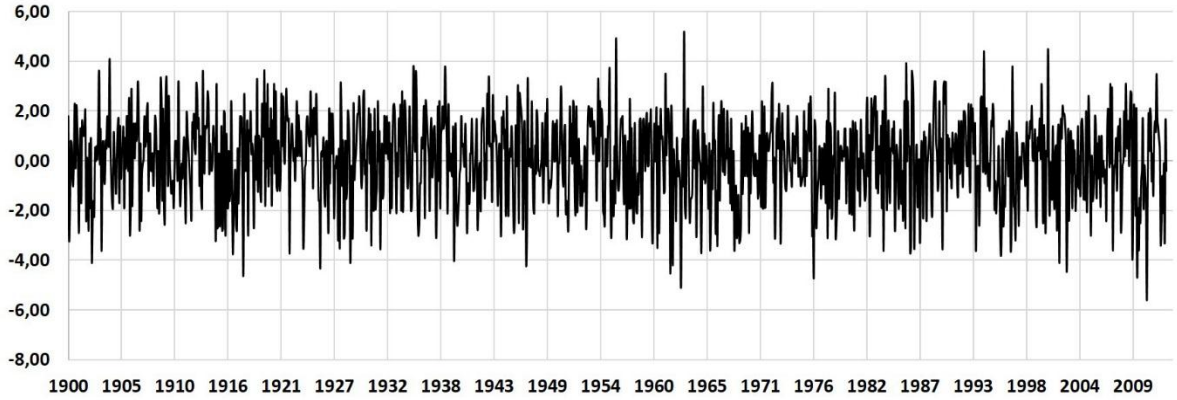


Figura 4: Configuração do índice da OAN de janeiro de 1900 à dezembro de 2012. Fonte: NCAR/UCAR

Na Figura 3 observou-se que a série das tendências dos índices da OMA possui dois modos distintos. O primeiro modo (positivo) de 1927 a 1964, aproximadamente de 36 anos. Já o segundo modo (negativo), entre 1964 a 1995, cerca de 32 anos. Essas fases compõem a oscilação de baixa frequência e concorda com os resultados de Siqueira, (2012), cujo ciclo é em torno de 70 anos. O modo positivo foi 4 anos maior que o negativo. Aparentemente, essa oscilação modula as oscilações de menor período e com amplitudes distintas.

Durante o modo positivo da OMA, aparentemente, houve um aumento de frequência (5 oscilações) e redução na amplitude das oscilações interanuais, se comparado com o modo negativo (3 oscilações) da OMA, em que a oscilação de maior amplitude coincide com o período de 1976. Vários autores (MOLION, 2010; SIQUEIRA, 2012; KAYANO E CAPISTRANO,2013) defendem que esse fato deve ter relação com o período de transição da Oscilação Decadal do Pacifico (ODP).

Notou-se que o período de transição para o modo positivo, entre 1917 e 1926, outra transição da ODP, também apresentou um ciclo semelhante em amplitude e período. Após 1995, a OMA voltou para seu modo positivo aparentemente com oscilações semelhantes ao modo positivo anterior. Observou-se também no modo positivo que ocorreu uma oscilação a cada 7 anos (5 oscilações em 36 anos) e no modo negativo ocorreu oscilação a cada 11 anos (3 oscilações em 32 anos), aproximadamente, indicando que o Atlântico Norte "vibrou" mais no modo positivo, concordando com as análises de Siqueira (2012) e Siqueira e Molion (2012).

O índice da OAN, Figura 4, não apresentou nitidez em ciclos com amplitude alta como foi observado no índice OMA (Figura 3), o que concorda com Jones et al (1997) e Siqueira (2012) que notaram que, ao se observar o índice por completo, não se verifica variação significativa.

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

Porém, ao se observar apenas os meses de inverno, os ciclos (com relação à escala decadal) são mais evidentes.

Siqueira e Molion (2008) também notaram que, apesar da pequena variação da pressão no Atlântico Norte relacionada com a OAN, quando o índice da OAN era positivo, a ZCIT localizava-se mais próximo do Continente Sul-americano. Por outro lado, quando o valor do índice era negativo, ocorria o contrário. Observou-se, também, que a OAN parece ter mais relação com a variabilidade intrasazonal e interanual do que com a dinâmica interdecadal (JONES ET AL, 1997).

Com a análise do índice da OMA e a divisão dos períodos em que ocorre os modos positivo e negativo, criaram-se os mapas das anomalias da precipitação, para toda a América do Sul, dos dados compilados pela UDEL para o período onde ocorreram os modo positivo (1927 a 1964) e modo negativo (1965 a 1995) em relação ao período que compreende os dois modos.

Análise das anomalias da precipitação em relação aos modos da Oscilação Multidecadal do Atlântico (OMA)

Na Figura 5 ilustram-se os mapas das anomalias da precipitação (mm/mês) compilada pela UDEL em relação ao período de atuação da OMA que compreende os seus dois modos, período de 1927 a 1995, em (a) a anomalia para o modo positivo (1927 a 1964) e em (b) a anomalia para o modo negativo (1965 a 1995).

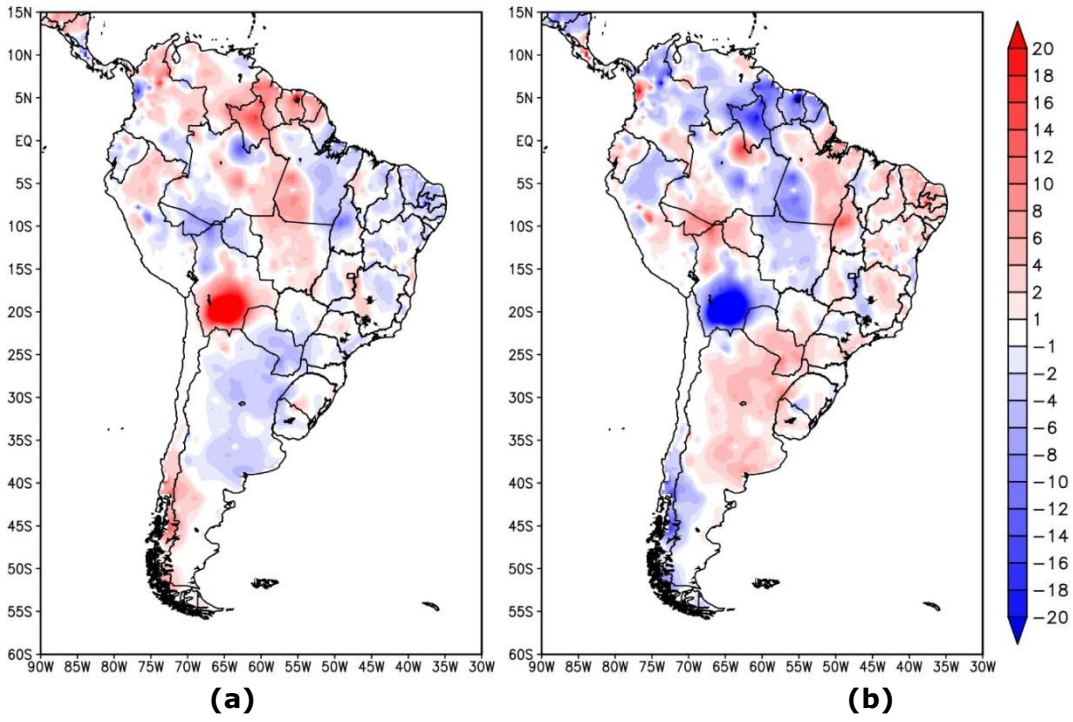


Figura 5: Anomalia da precipitação (mm/mês) compilada pela UDEL em relação ao período de atuação da OMA que compreende os dois modos (1927 a 1995), em (a) anomalia para o modo positivo (1927 a 1964) e em (b) anomalia para o modo negativo (1965 a 1995). Fonte: PSD/ESRL/NOAA

Notou-se que existe uma relação de inversão da anomalia da precipitação entre os períodos dos modos da OMA. Quando uma região apresenta anomalia positiva/negativa durante o modo positivo da OMA, na configuração do modo negativo da OMA a mesma região apresenta anomalia negativa/positiva. Ao que parece, os modos da OMA tendem a interferir no regime de precipitação sobre a América do Sul. Esse padrão na anomalia da precipitação assemelha-se ao observado na ODP, descrito por outros autores (MANTUA ET AL, 1997; MOLION, 2005).

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

Observou-se, também, sobre a região da Bolívia um núcleo um de anomalia positiva (no modo positivo da OMA), acima de 12 mm/mês (144 mm/ano) e anomalia negativa (no modo negativo da OMA), abaixo de 12 mm/mês (144 mm/ano). Essa região demostra ter uma grande variabilidade no regime pluviométrico influenciada pelos modos da OMA. Esse fato se deve a uma possível interação entre a OMA (relacionada à Temperatura da Superfície do Mar no Atlântico Norte) e a Alta da Bolívia (Baixa do Chaco), através da interação com a célula de Hadley.

Siquera e Molion (2010) mostraram que existe e é evidente uma relação que se dá entre os fenômenos que ocorrem na região do Oceano Pacifico (Oscilação Decadal do Pacifico, componente oceânica na escala interdecadal, e Fenômeno El Niño – Oscilação Sul, componente atmosférica na escala interanual) e a Alta da Bolívia através de teleconexões pela atmosfera relacionadas a célula de Walker.

O mesmo fenômeno pode ocorrer com a OMA e a Alta da Bolívia, uma vez que a OMA interfere no posicionamento do ramo ascendente da Célula de Hadley (conhecida como Zona de Convergência Intertropical – ZCIT) perto da região norte da América do Sul. Essa interação pode intensificar ou inibir a circulação na Alta da Bolívia, como também pode interferir no seu ciclo de deslocamento intrasazonal sobre a América do Sul.

Notou-se, ainda (Figura 5), que as configurações das anomalias da precipitação mostram um padrão bem definido entre as regiões norte e nordeste do Brasil em ambos os modos da OMA. Outro padrão observado é a relação existente entre as partes norte e sul da América do Sul. Nesses dois padrões, observou-se que quando a precipitação aumenta em uma determinada região, na outra região ocorre exatamente o contrário, ou seja, há a diminuição dos totais pluviométricos e vice-versa. Esse tipo de relação foi estudada e observada, anteriormente, apenas nas relações existentes entre os fenômenos El Niño e La Niña (fenômenos que ocorrem no oceano Pacifico) e a climatologia do regime da precipitação sobre o continente (SIQUERA E MOLION, 2010).

Salienta-se que na escala anual a variabilidade nas anomalias da precipitação torna-se significativa, principalmente, em locais onde a escassez de recursos hídricos atua na maior parte do tempo, por exemplo, a anomalia negativa sobre a maior parte do sertão da região Nordeste do Brasil que apresentou variabilidade entre 6 e 10 mm/mês (72 mm/ano e 120 mm/ano) tanto para a diminuição da precipitação durante o modo positivo da OMA como para o aumento da precipitação durante o modo negativo da OMA.

Análise dos coeficientes de correlação simultânea entre os índices da OMA e OAN e a precipitação compilada pela UDEL

Na Figura 6 são mostrados os Mapas dos coeficientes de correlação simultânea mensal entre a precipitação UDEL e o índice da OMA, em (a) período do modo positivo (1927 a 1964) e em (b) período do modo negativo (1965 a 1995) da OMA.

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

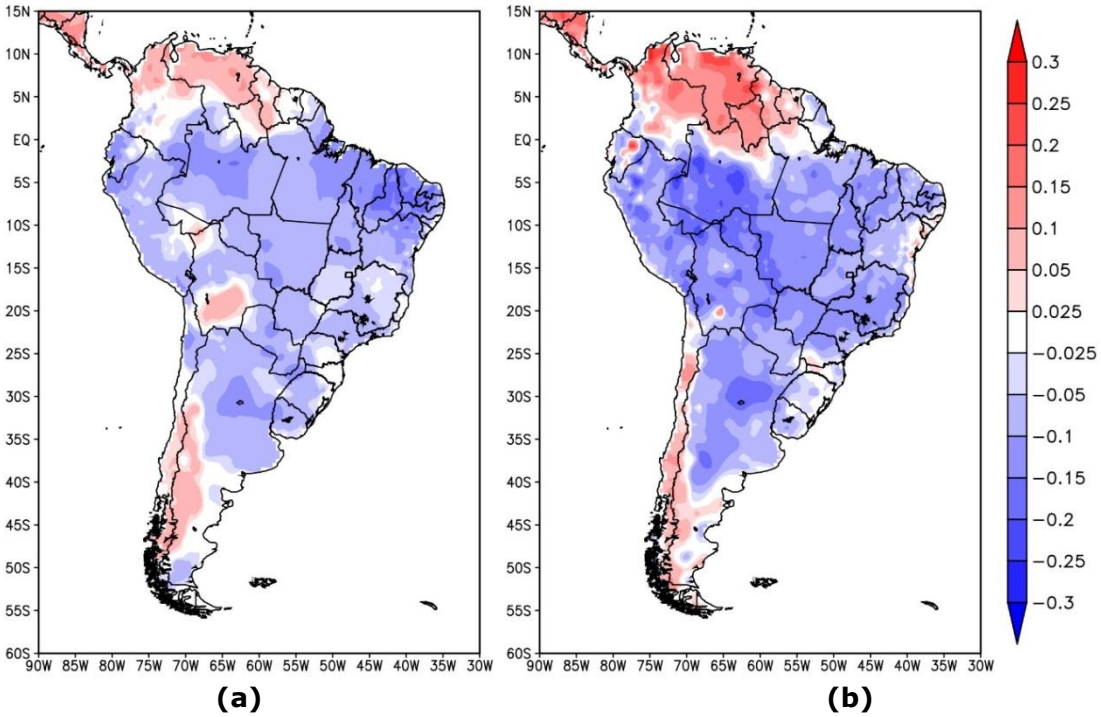


Figura 6: Coeficientes de correlação simultânea mensal entre a precipitação UDEL e o índice da OMA, em (a) período do modo positivo (1927 a 1964) e em (b) período do modo negativo (1965 a 1995). Fonte: PSD/ESRL/NOAA e UDEL.

Observaram-se nos mapas de correlação do índice da OMA com a precipitação uma única configuração entre os modos positivo e negativo da OMA. Notou-se que a maior parte da América do Sul teve como resultado coeficientes de correlação negativa. Esse fato nos mostra que durante o modo positivo a precipitação diminuiu (-2 a -6 mm/mês) sobre essas regiões, já durante o modo negativo a precipitação aumenta (4 a 10 mm/mês). Isso se dá, porque como o valor da correlação é negativa a associação entre as variáveis dependentes e independente dá-se através de uma relação inversa, isto é, quando o valor de uma aumenta o da outra diminui e vice-versa. Apesar dos valores dos coeficientes de correlação serem baixos (entre -0,05 e -0,25), grau de relacionamento considerado muito fraco a fraco (Tabela 1), a correlação é significativa uma vez que em ambos os modos a quantidade de dados é consideravelmente grande, pois na fase negativa houve um total de 456 meses e na fase positiva houve um total de 372 meses.

Durante o modo positivo da OMA (Figura 6a, período de 1927 a 1964), a precipitação correlacionou-se de modo direto com o índice da OMA sobre a região do extremo norte da América do Sul, especificamente, sobre a região da Venezuela e Colômbia, mostrando que sobre essa região a precipitação acumulada mensal ficou acima da normal climática que compreende os dois modos da OMA (1927 a 1995). Tal fator pode ser observado mais claramente na figura 5a. O mesmo foi observado na região que compreende os Andes e o Chile para o mesmo período. As outras regiões da América do Sul apresentaram valores negativos dos coeficientes de correlação mostrando que durante o modo positivo da OMA houve a redução da precipitação nessas regiões (Figura 6a).

Durante o modo negativo da OMA (Figura 6b, período de 1965 a 1995) observou-se a mesma configuração espacial dos coeficientes de correlação sobre a América do Sul. Contudo isso indica que em relação com a precipitação houve uma inversão do observado para as regiões, isto é, sobre a região da Venezuela e Colômbia a precipitação acumulada mensal ficou abaixo da normal climática para o período de 1927 a 1995 e as outras regiões da América do Sul apresentaram um aumento na precipitação.

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

Na Figura 7 são mostrados os mapas dos coeficientes de correlação simultânea mensal entre a precipitação UDEL e o índice da OAN, em (a) período do modo positivo (1927 a 1964) e em (b) período do modo negativo (1965 a 1995) da OMA.

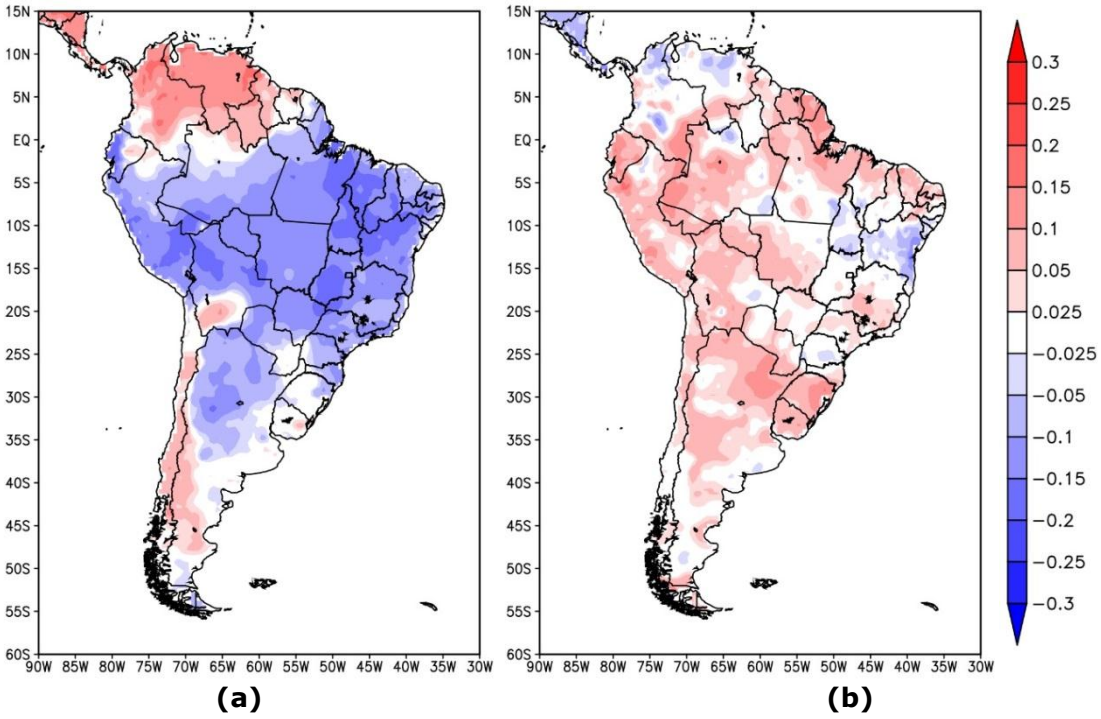


Figura 7: Coeficientes de correlação simultânea mensal entre a precipitação UDEL e o índice da OAN, em (a) período do modo positivo (1927 a 1964) e em (b) período do modo negativo (1965 a 1995). Fonte: NCAR/UCAR e UDEL.

Observou-se que para o período do modo positivo da OMA, de 1927 a 1964, os coeficientes de correlação entre a precipitação e o índice da Oscilação do Atlântico Norte (OAN), Figura 7a, apresentaram-se de forma semelhante as configurações vistas nas correlações da precipitação com o índice da OMA, Figuras 6a e 6b. Portanto, as análises anteriores podem ser comparadas por analogia e expandidas para as observações e estudos da correlação entre a precipitação e o índice da OAN durante o mesmo período de 1927 a 1964.

Na Figura 7b, período do modo negativo da OMA (de 1965 a 1995), ficou evidente que a OAN mudou o padrão de comportamento da precipitação sobre todo o continente da América do Sul. A maior parte do continente apresentou coeficientes de correlação positivo mudando, assim, toda a forma de análise referenciada nas Figuras 6a, 6b e 7a. Nessa nova forma de configuração observou-se que a OAN (componente atmosférica) pode ter influenciado na redução da precipitação (cerca de -2 a -8 mm/mês) sobre a maior parte do continente, uma vez que os coeficientes foram positivos, isso implica uma relação direta com a precipitação, e o índice da OAN ficou mais abaixo do padrão normal.

5. CONCLUSÕES

Ao que parece a Oscilação Multidecadal do Atlântico (OMA) e a Oscilação do Atlântico Norte (OAN) influenciam de forma significativa o regime de precipitação mensal sobre a América do Sul. A correlação entre o índice da OMA e a precipitação apresentou um padrão único de distribuição espacial dos coeficientes de correlação nos dois modos da OMA, modo positivo (de 1927 a 1964) e modo negativo (de 1965 a 1995). Já a correlação entre o índice da OAN e a precipitação mostrou o mesmo padrão da correlação da precipitação com o índice da OMA

durante o modo positivo da OMA. Durante o modo negativo da OMA, as correlações da precipitação com o índice da OAN demostrou um padrão diferente mostrando que pode haver um outro fenômeno que ao interagir com a OAN pode afetar diferentemente a precipitação sobre a América do Sul.

Ficou claro que a forma de interação entre componente oceânica e a componente atmosférica da interação oceano atmosfera da região do Atlântico Norte e o regime de precipitação sobre a América do Sul durante os modos da OMA diferem no modo negativo da OMA. Ambas componentes agem de forma significativa sobre a região, apesar dos coeficientes serem considerados fracos em sua maioria de distribuição. Porém, como a quantidade de dados é grande (na fase negativa um total de 456 meses e na fase positiva um total de 372 meses) isso nos diz essas correlações são extremamente significativas.

6. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

DOTY, B.E. **Using the Grid Analysis Display System**. Center of Ocean-Land Atmosphere Interactions, COLA, University of Maryland, Maryland, USA, 1992.

ENFIELD, D.B., A. M. MESTAS-NUNEZ AND P.J. TRIMBLE, 2001: The Atlantic multidecadal oscillation and it's relation to rainfall and river flows in the continental **U.S.. Geophysical Research Letters,** Vol. 28, 2077-2080.

JONES, P.D., JÓNSSON, T.; WHEELER, D. 1997: Extension to the North Atlantic Oscillation Using Early Instrumental Pressure Observations from Gibraltar and South-West Iceland. **Int. J. Climatol.** 17, 1433-1450.

KAYANO, M. T. and CAPISTRANO, V. B. (2013), How the Atlantic multidecadal oscillation (AMO) modifies the ENSO influence on the South American rainfall. **Int. J. Climatol**.. doi: 10.1002/joc.3674

KAYANO, M.T.; KOUSKY, V.E.: Tropical Circulation Variability with Emphasis on Interannual and Intraseasonal Time Scales. **Rev. Bras. Meteor.**, n.11, v. 1/2, 6-17 f., 1996.

MANTUA, N.J.; HARE, S.R.; ZHANG Y.; WALLACE, J.M.; FRANCIS R.C. A Pacific Interdecadal Climate Oscillation with Impacts on Salmon Production. **Bull. Amer. Meteor**. Soc., v. 78, p. 1069-1079, 1997.

MOLION, L. C. B.; BERNARDO, S. O de. Uma Revisão da Dinâmica das Chuvas no Nordeste Brasileiro. **Revista Brasileira de Meteorologia,** Brasília-DF, v. 17, n.1, 2002, p. 1-10.

MOLION, L.C.B. Aquecimento global, El Niños, Manchas Solares, Vulcões e Oscilação Decadal do Pacífico, **Climanalise**, agosto, CPTEC/INPE, 2005. Disponível em: <http://www.cptec.inpe.br/products/climanalise/artigos/molion0805.pdf>. Acessado em 10 de dezembro de 2012.

NOBRE, C. A. E MOLION, L. C. B. 1986: ***Climanálise Especial***. Edição Comemorativa de 10 anos.

OSBORN, T. J.; K. R. BRIFFA, S. F. TETT, P. D. JONES & R. M. TRIGO (1999). Evaluation of the North Atlantic Oscillation as simulated by a climate model. **Climate Dyn**., n. 15, 685-702 f.

SIQUEIRA, A. H. B. VARIABILIDADE DO CLIMA DA AMÉRICA DO SUL E SUA RELAÇÃO COM OS ÍNDICES OCEÂNICOS E ATMOSFÉRICOS. **Dissertação** (Mestrado em Meteorologia) – Instituto de Ciências Atmosféricas, Universidade Federal de Alagoas. 77 f. Maceió, 2012. Orientador: Luiz Carlos Baldicero Molion, PhD.

SIQUEIRA, A. H. B.; MOLION, L. C. B. El Niño-Oscilação Sul e a Oscilação Decadal do Pacífico. IX Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 2008, Salvador. **Anais** – IX Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 2008.

SIQUEIRA, A. H. B.; MOLION, L. C. B. **O Atlântico Norte e os Climas Brasileiros**. Congresso Acadêmico da UFAL, 2008.

SIQUEIRA, A. H. B.; MOLION, L. C. B. UTILIZAÇÃO DO FILTRO HODRICK-PRESCOTT NAS

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

ANÁLISES DE DADOS CLIMÁTICOS**. Revista Brasileira de Climatologia**, [S.l.], v. 11, ago. 2013. ISSN 2237-8642.
Disponível em: <http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/revistaabclima/article/view/29224>. Acesso em: 20 Set. 2013.

SIQUEIRA, Anderlan H. B. CLIMA DA AMÉRICA DO SUL E SUA RELAÇÃO COM OS OCEANOS ADJACENTES. **Trabalho de Conclusão de Curso em Meteorologia**. Instituto de Ciências Atmosféricas, Universidade Federal de Alagoas. 101 f. – Maceió, 2010. Orientador: Luiz Carlos Baldicero Molion, PhD.

TUKEY, J. W. **Exploratory Data AnalysisAddison**-Wesley, Reading, MA (1977).

VAN LOON, H. and ROGERS, J. 1978. The Seesaw in Winter Temperature Between Greenland and Northern Europe. Part I: General description, **Man. Wea. Rev**. , 106, 296-310.

WALKER, G. T., 1924. Correlations in Seasonal Variations of Weather IX, **Mem. Ind. Meteorol. Dept.**, 24, 275-332.

Texto submetido à RBClima em 27/04/2014