

COMPARAÇÃO ENTRE OS EPISÓDIOS DE BLOQUEIOS ATMOSFÉRICOS NO OCEANO ATLÂNTICO NORTE E SUL DURANTE O PERÍODO DE 1960 A 2000

M.C. Damião Mendes, R. M. Trigo, C. C. DaCamara
Faculdade de Ciências, Departamento de Física, Campo Grande, edifício C8
Piso 3, Lisboa, Portugal, CEP 1749-016
mcmendes@fc.ul.pt

RESUMO

Os bloqueios atmosféricos são fenómenos meteorológicos de larga escala que produzem frequentemente uma interrupção na progressão normal dos sistemas transitentes. Esta interrupção decorre da formação e persistência de anticiclones quase-estacionários localizados em torno das bandas latitudinais de 60°N e 60°S, respectivamente nos hemisférios norte e sul. Uma climatologia detalhada dos impactos climáticos nos meses de Inverno dos bloqueios sobre os sectores norte e sul do Oceano Atlântico é apresentada usando uma série de dados de 41 anos (1960-2000) das reanálises do NCEP/NCAR. Os campos das variáveis atmosféricas na média e baixa troposfera são analisados com base em mecanismos físicos de grande escala, tais como o fluxo médio anómalo (caracterizado pelo geopotencial aos 500 hPa e pelo vento à superfície) e na actividade anómala dos vórtices (caracterizada pela vorticidade relativa à superfície ou aos 850 hPa e pela actividade ciclónica). Observa-se que os compósitos dos bloqueios estão tipicamente associados a importantes deslocamentos meridionais na posição média da trajectória dos sistemas migratórios. A influência dos eventos de bloqueios na taxa de precipitação está fortemente relacionada aos campos correspondentes da anomalia de vorticidade na baixa troposfera. Já as anomalias de temperatura à superfície ou baixa troposfera são essencialmente fruto do correspondente campo anómalo do vento.

ABSTRACT

Blocking episodes are meteorological phenomena that can induce large shifts in the usual patterns of storm-tracks, or low-pressure systems. Such meridional circulation favors the formation of strong slow-moving or stationary anticyclones at high (60°N) and low (60°S) latitudes in the northern and southern hemispheres, respectively. These shifts are often accompanied by slow-moving or stationary low-pressure areas towards equatorial latitudes. A detailed multivariable climatology of the climatic impacts of blocking episodes over the sectors North and South of Atlantic is presented here for winter, using a 41 years (1960-2000) consistent dataset from NCEP/NCAR reanalysis. Anomaly fields of the atmospheric variables are then interpreted based on large-scale physical mechanisms, namely, the anomaly mean flow (characterized by the 500 hPa geopotential height and the surface wind) and in the anomalous vorticity activity (characterized by the 850 hPa vorticity and cyclone activity). It is shown that composites of blocking episodes are typically associated to important meridional shifts in the position of maximum activity of the migratory systems. It is shown that the lower troposphere (850hPa) temperature patterns are mainly controlled by the advection of heat by the anomalous mean flow. The influence of the blocking events in the rate of precipitation appears to be essentially controlled by the surface vorticity field and preferred locations of associated cyclones.

Palavras chave: bloqueios, Atlântico e sistemas migratórios

Keys word: blocking, Atlantic and migratory systems

1. INTRODUÇÃO

As latitudes médias são caracterizadas pelo fluxo predominantemente zonal e de oeste que por sua vez favorece o deslocamento e manutenção de sistemas migratórios, tais como os ciclones e storm tracks. Em contrapartida, os bloqueios atmosféricos são fenómenos meteorológicos causadores de uma interrupção brusca na progressão desses sistemas migratórios, onde esses sistemas tendem deslocar-se ao redor de um anticiclone quase-estacionário (anticiclone de bloqueio) localizado em torno de 60° lat. O deslocamento dos sistemas migratórios é favorecido também pela bifurcação dos ventos de oeste. O conhecimento da situação de bloqueio para os meteorologistas é de fundamental importância, pois esse permite obter uma melhor qualidade da previsão numérica de curto e médio prazo. O início de um bloqueio atmosférico é um problema difícil de ser previsto pelos modelos, decorrente dos erros existentes nas condições iniciais. Até a actualidade, ainda não existe uma definição universal e rigorosa do que seja o bloqueio e de como esse se origina, porém, as definições mais usadas seguem critérios subjectivos estabelecidos inicialmente por Rex (1950 a,b) e critérios objectivos definidos, entre outros, por Dole (1978). Vários autores, para os mais diversos estudos de diagnóstico de bloqueios realizados para ambos os Hemisférios, adaptaram os critérios acima citados obtendo resultados consistentes como é o caso de: Lejenäs e Øakland (1983); Trenberth et al. (1983); Lejenas (1984); Tibaldi e Molteni (1990); Tibaldi et al. (1994); Marques (1996); Marques e Rao (1999/2000) e Trigo et al. (2003). Nas últimas décadas, os estudos sobre os bloqueios atmosféricos deram um grande salto no que diz respeito aos mecanismos associados à formação e manutenção desses fenómenos, recorrendo a um leque interessante de mecanismos dinâmicos, que vai desde a mudança brusca, mas provisória, do fluxo meridional (Trield et al., 1981) e a instabilidade barotrópica (Simmons et al., 1983) ou baroclínica (Frederiksen, 1982) até a ampliação das ondas de Rossby (Tung e Lindzen, 1979) e de ondas planetárias (DaCamara et al, 1991). Entretanto, na década de 90, a análise dos episódios de bloqueios estendeu-se até os modelos gerais da circulação de previsão de curto e médio prazo (Tibaldi e Molteni, 1990 e Tibaldi et al., 1994) e de longo prazo (Tibaldi et al., 1997 e D.Andrea et al., 1998). O interesse de estender o estudo dos bloqueios aos modelos numéricos está associado ao fato do bloqueio ter um papel importante na variabilidade atmosférica de baixa frequência (períodos maiores de uma semana), o que se tornou um problema de grande importância para a previsão de médio prazo (período de 5 a 10 dias) e longo prazo (períodos superiores a 10 dias).

2.DADOS E METODOLOGIA

Para a determinação dos eventos de bloqueios utilizaram-se dados extraídos das reanálises do NCEP/NCAR relativos à altura geopotencial aos 500 hPa para o período de 41 anos compreendido entre 1960 e 2000. Os dados das reanálises do NCEP/NCAR foram obtidos através de uma assimilação via modelagem numérica idêntica àquela que é usada no sistema operacional de previsão do NCEP (Kalnay et al., 1996). Outros comentários a respeito da qualidade, vantagens e desvantagens do uso das reanálises do NCEP/NCAR podem ser verificados em Reid et al. (2001), Trigo et al. (2003) e Wiedenmann et al. (2003). Dados de reanálises das 00:00 TMG da altura geopotencial aos 500 hPa, da componente zonal e meridional do vento nos níveis de 850, 500 e 200 hPa e da água precipitável foram utilizados nas análises das modulações causadas pela presença dos bloqueios atmosféricos sobre a circulação em grande escala. Dados diários extraídos das reanálises do NCEP da pressão ao nível médio do mar, temperatura aos 850 hPa e do total de cobertura de nuvens (em percentagem) foram também utilizados nas análises das modulações causadas pela actuação dos bloqueios. As análises obtidas nesse trabalho foram extraídas dos compósitos (para 41 anos) das variáveis atmosféricas, o que permitiu filtrar consideravelmente os

possíveis problemas de interpolação e assimilação ainda existentes nas reanálises do NCEP/NCAR (sobretudo aquelas associadas à precipitação) em todos os nossos resultados. Dados diários da razão da precipitação à superfície e das temperaturas máxima e mínima extraídos das reanálises do NCEP/NCAR foram utilizados para obter os compósitos da precipitação acumulada, anomalias da precipitação observada e das anomalias das temperaturas máxima e mínima para as estações de Inverno e Verão. O intuito deste estudo foi o de se verificar quais as áreas sobre a América do Sul que mais sofreram condições adversas devido à presença dos eventos de bloqueios. Para avaliar a magnitude do impacto dos bloqueios nas variáveis climáticas foi aplicado ainda um teste estatístico apropriado (teste-t), onde foi analisado os resultados mais significantes ao nível de confiança de 95%.

a) Diagnóstico dos bloqueios

Nas duas últimas décadas, com o advento da utilização dos computadores, surgiram definições objectivas directamente ligadas à existência de anomalias temporais e espaciais na altura geopotencial na média troposfera (e.g. Lejenäs e Øakland, 1983; Dole 1986; Tibaldi e Molteni, 1990). A duração típica dos episódios de bloqueios varia entre 5 e 30 dias (Treidl et al., 1981; Tibaldi e Molteni, 1990). Contudo, tal como para a definição de bloqueio, não existe um valor mínimo de duração para que os bloqueios sejam considerados. De fato, o mínimo umbral em literatura varia entre três (Elliot e Forjador, 1949) e dez dias (Rex, 1950a), enquanto que a maioria dos trabalhos tende adoptar um valor de cinco dias (Treidl et al., 1981; Tibaldi e Molteni, 1990; D'Andrea et al., 1998). O valor empírico aplicado pelos autores neste trabalho foi de cinco dias sucessivos de bloqueios. Aqui, foi aplicado um procedimento semelhante àquele desenvolvido por Tibaldi et al., (1990) e recentemente estendido por Trigo et al., (2003). Dois gradientes meridionais da altura geopotencial aos 500 hPa (GHGS e GHGN) foram obtidos para um intervalo de 2.5° X 2.5° de longitude sobre os sectores do Atlântico Norte e Sul (80°W até 10°E), utilizando as equações (1,2,3,4). É necessário realçar que o conceito de **dia bloqueado** e **episódio de bloqueio** ou simplesmente de **bloqueio** são diferentes. Para ambas a região, a intensidade dos eventos de bloqueios, foi analisada graficamente através da anomalia positiva associada ao anticiclone de bloqueio semi-estacionário, enquanto que a duração foi computada somando o número de dias em que o índice de bloqueio foi registrado de acordo com as definições dadas anteriormente.

1) Para o Hemisfério Norte :

$$GHGS = Z(\lambda, \phi_s) - Z(\lambda, \phi_{0_2}) \quad (1)$$

$$GHGN = Z(\lambda, \phi_{0_1}) - Z(\lambda, \phi_n) \quad (2)$$

$$\phi_n = 60^\circ N + \Delta$$

$$\phi_{0_1} = 80^\circ N + \Delta$$

$$\phi_{0_2} = 42.5^\circ N + \Delta$$

$$\phi_s = 62.5^\circ N + \Delta$$

$$\Delta = -10.0^\circ, -7.5^\circ, -5.0^\circ, -2.5^\circ, 0^\circ$$

2) Para o Hemisfério Sul :

$$GHGS = Z(\lambda, \phi_s) - Z(\lambda, \phi_{0_2}) \quad (3)$$

$$GHGN = Z(\lambda, \phi_{0_1}) - Z(\lambda, \phi_n) \quad (4)$$

$$\phi_n = 40^\circ S + \Delta$$

$$\phi_{0_1} = 55^\circ S + \Delta$$

$$\phi_{0_2} = 50^\circ S + \Delta$$

$$\phi_s = 65^\circ S + \Delta$$

$$\Delta = -10.0^\circ, -7.5^\circ, -5.0^\circ, -2.5^\circ, 0^\circ$$

onde z (φ , λ) é a altura geopotencial aos 500 hPa, φ é a latitude, λ é a longitude e Δ é um contador latitudinal que pode assumir os 5 valores indicados acima. Uma longitude λ é definida como sendo bloqueada, em um determinado instante de tempo, quando ambos os gradientes referidos acima satisfizerem em, pelo menos, um valor de Δ às seguintes condições:

- a) $\text{GHGN} > 0$
- b) $\text{GHGS} < -10 \text{ m}$

Para que os sectores do Atlântico Norte e Sul sejam considerados bloqueados, constituindo um episódio de bloqueio, é necessário que ocorram, de forma simultânea, os seguintes critérios: 1) Que as condições a) e b) sejam verificadas em pelo menos três longitudes consecutivas; 2) Que o critério 1) seja observado no mínimo por cinco dias consecutivos e 3) Que em todo o episódio de bloqueio exista apenas um único dia intermediário que não satisfaça o critério 1).

b) Variabilidade dos bloqueios

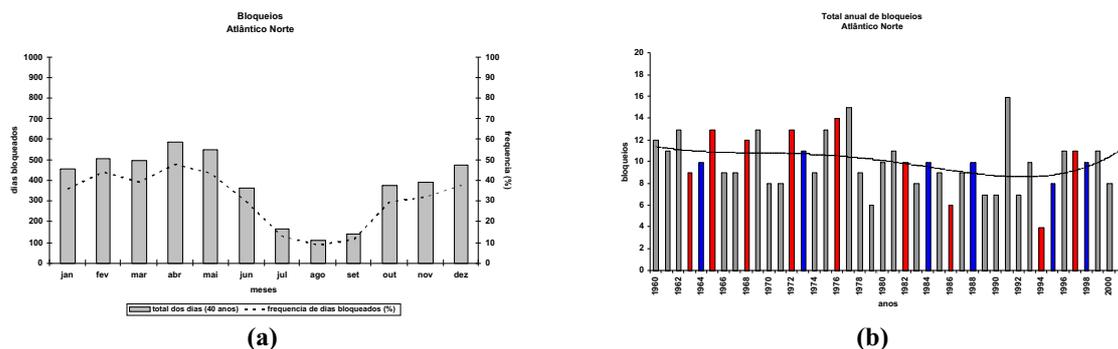
Para a análise da variabilidade sazonal foi verificadas a quantidade de dias bloqueados e a frequência de bloqueios durante o período de 41 anos de dados, enquanto que a variabilidade interanual foi observada com base no total de eventos de bloqueios registrados. Nesse trabalho foi analisada ainda a variabilidade interanual dos bloqueios com relação aos anos de EN e LN, baseando-se nos totais de eventos e de dias bloqueados. Finalmente, sobre a série interanual dos eventos de bloqueios foi realizados um estudo de tendências com o objectivo de determinar a existência de trends importantes nas séries analisadas. Este estudo foi feito apesar de séries de 41 serem suficientemente curtas para que as possíveis tendências sejam um pouco condicionadas pelos valores iniciais e finais da série temporal.

3 – CLIMATOLOGIA

a) Variabilidade Sazonal e Interanual dos bloqueios sobre o Atlântico Norte

Em todo o período analisado foram diagnosticados 410 episódios de bloqueios, ao que corresponde uma taxa de 10 bloqueios anuais. A frequência de dias bloqueados e o número de episódios de bloqueios durante os 41 anos mostrou uma variação sazonal acentuada (Fig. 1a), onde os meses de maior actuação ocorreram de Dezembro a Junho (Inverno e Primavera), este resultado corrobora com aqueles exposto por Trigo et al.(2003) e Wiedenmann et al. (2002). Os meses da primavera foram aqueles onde se observou mais episódio de bloqueios e de dias bloqueados no Atlântico Norte. Por outro lado durante o Verão a actividades dos bloqueios decaiu para cerca de metade, com uma taxa de 1,32 bloqueios por ano (Fig. 1a). Os bloqueios, em geral, tiveram um período de vida mediano para os períodos de maior actuação de 9 a 10 dias. Nos meses de Verão e Outono os bloqueios em média não ultrapassaram os 7 dias de actuação. Os bloqueios de maior duração foram encontrados no Inverno e na primavera com 40 dias nos anos de 1979 e 1971, respectivamente. Com relação à distribuição interanual observou-se um valor relativamente constante da frequência de episódios de bloqueios durante o Período analisado com um pico bem acima da média no ano de 1991. Por outro lado, verificou-se que de uma forma geral em anos de LN os bloqueios eram mais frequentes e mais duradouros do que em anos de EN, resultado que concorda com o obtido num estudo recente de Wiedenmann et al. (2002).

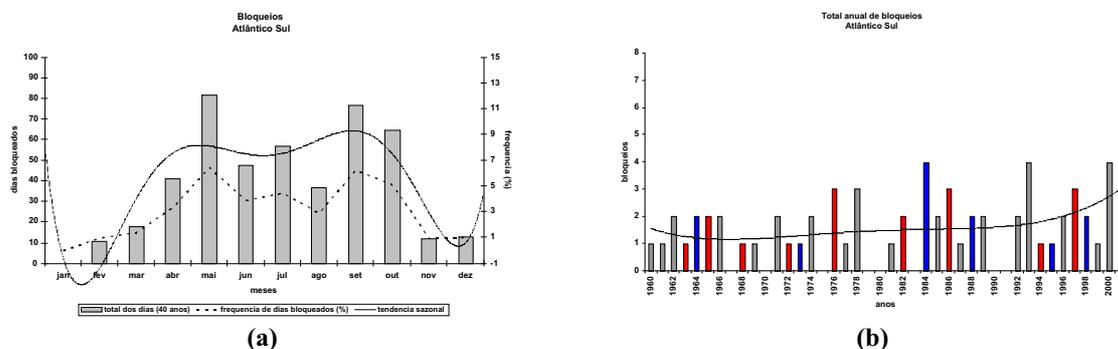
Figura 1 – Variabilidade sazonal de dias bloqueados (a) e variabilidade interanual do total anual de eventos de bloqueios (b) sobre o Oceano Atlântico Norte no período de 1960 a 2000. As colunas em vermelho compreendem aos anos de El Niño e as colunas em azul compreendem aos anos de La Niña.



b) Variabilidade Sazonal e Interanual dos bloqueios sobre o Atlântico Sul

Sobre o Atlântico Sul o total anual de episódios de bloqueios e de dias bloqueados, em todo o período analisado, fora quase que imperceptível com apenas 63 bloqueios, ou seja, cerca de 1,5 bloqueios por ano. A frequência de dias bloqueados e o número de episódios de bloqueio apresentam uma variação sazonal acentuada (Fig. 2a), com os meses de maior ocorrência, situados no Inverno e início da Primavera do H.S. (de Junho a Setembro). Este resultado é coerente com os resultados obtidos por outros autores: Marques (1996/1999), Sinclair (1996) e Wiedenmann et al. (2002). Por outro lado, nos meses de Verão foram registrados as menores frequências de bloqueios (Fig. 2a), com apenas 4 bloqueios durante os 41 anos analisados. É de salientar que, no geral, os eventos não ultrapassaram os 7 dias, tendo na maioria 5 dias de duração. Sobre o Atlântico Sul foram encontrados três bloqueios marcantes: o primeiro no Inverno com 11 dias de duração, o segundo com 14 dias de duração no Outono e o último na primavera com 16 dias de duração. Novamente, durante os 41 anos de dados analisados é visível a elevada variabilidade interanual da frequência dos bloqueios (Fig. 2b). Verificou-se para o Atlântico Sul, ao contrário do Atlântico Norte, que em anos de EN o total de eventos de bloqueios (Fig. 2b) e de dias bloqueados é maior que em anos de LN, de acordo com os resultados previamente encontrados por Wiedenmann et al. (2002). Por fim, observa-se que na última década a quantidade de bloqueios teve um ligeiro aumento (Fig. 2.b).

Figura 2 – Variabilidade sazonal de dias bloqueados (a) e variabilidade interanual do total de eventos de bloqueios (b) sobre o Oceano Atlântico Sul no período de 1960 a 2000. As colunas em vermelho compreendem aos anos de El Niño e as colunas em azul compreendem aos anos de La Niña.



4 – PADRÕES DAS VARIÁVEIS ATMOSFÉRICAS

Devido ao fato dos bloqueios no Inverno serem mais frequentes e duradouros tanto no Atlântico Norte como no Atlântico Sul, os autores, restringiram-se, nesse artigo, ao estudo dos compósitos relacionados com essa estação do ano. Nas demais estações do ano, as características gerais, em algumas variáveis atmosféricas, mostraram-se semelhantes aquelas observadas para a estação do Inverno. A Figura 3 representa os compósitos de 41 anos das anomalias nomeadamente; da componente zonal e meridional do vento em alguns níveis pré-definidos, da altura geopotencial aos 500 hPa, da pressão ao nível médio do mar, da razão de precipitação à superfície, temperatura aos 850 hPa e percentagem do total de nuvens com relação aos períodos de bloqueios registrados para o Atlântico Sul. Adicionalmente, A Figura 4 corresponde aos compósitos das mesmas variáveis com relação aos períodos de bloqueios registrados para o Atlântico Norte.

a) bloqueios registrados no Atlântico Norte

Nos campos do vento nos níveis de 850 e 200 hPa verifica-se uma região anticiclônica bastante intensa centrada em torno de 65°N, essa circulação está associada ao anticiclone de bloqueio representado por anomalias positivas nas Figuras 3c e 3d. No flanco sul do bloqueio o vento é fraco, e praticamente zonal, porém, compreende uma área longitudinal bastante considerável. Essa região mostra-se condicionada as passagens dos sistemas transientes, pela área de ventos praticamente zonais e pelas anomalias negativas no campo da temperatura aos 850 hPa (Fig. 3a). Por sua vez, as anomalias do vento se estendem barotropicamente dos altos aos baixos níveis, confirmando a localização quase-estacionária dos eventos de bloqueios. No campo da anomalia da pressão ao nível médio do mar é evidente a presença de um anticiclone anômalo centrado em torno de 65°N e 10°W (Fig.3b). Esse anticiclone anômalo também é verificado nas anomalias do geopotencial aos 500 hPa sob a forma de uma região de anomalias positivas (Fig. 3a). Por sua vez, anomalias negativas da temperatura aos 850 hPa são visivelmente notadas no flanco norte da região bloqueada enquanto que a oeste do anticiclone de bloqueio se verifica anomalias intensas e positivas da temperatura aos 850 hPa.

b) bloqueios registrados no Atlântico Sul

Nos campos das anomalias do vento nos níveis de 850 e 200 hPa verifica-se um padrão tipo 'S', com uma circulação anticiclônica intensa em torno de 60°S e outra circulação ciclônica em torno de 35°S. Tal como no H.N. essas circulações se estenderam barotrópicamente dos altos até os baixos níveis como podem ser vistas nas Figuras 4d e 4e. Por sua vez, a circulação anticiclônica está associada ao anticiclone de bloqueio observado no campo das anomalias da pressão ao nível médio do mar e das anomalias da altura geopotencial aos 500 hPa (Figs. 4b e 4c). Adicionalmente, verifica-se um padrão tipo dipolo na vorticidade relativa nos baixos níveis entre 30° e 60°S, com anomalias positivas na região do anticiclone de bloqueio e anomalias negativas no flanco equatorial desse. Uma vez mais, este dipolo do campo da vorticidade relativa parece condicionar a localização de outro dipolo pequeno sobre a taxa de precipitação junto à costa sudeste da América do Sul. Na periferia do anticiclone de bloqueio nota-se nos compósitos da precipitação à superfície regiões de máxima anomalia positiva associada às anomalias negativas de temperatura aos 850 hPa, que correspondem, ainda, ao caminho preferencial dos sistemas transientes. Ainda no campo da anomalia da temperatura aos 850 hPa nota-se uma diminuição da temperatura aos 850 hPa no flanco norte e leste da região bloqueada, enquanto que na área do anticiclone de bloqueio existe um aumento marcante das temperaturas (Fig. 4b). No campo do total da nebulosidade nota-se a acentuada diminuição de nuvens na região central e sul do Brasil e no sector tropical do Atlântico Sul.

5 – IMPACTO CLIMÁTICO

A análise do impacto dos bloqueios no campo das temperaturas e precipitação irá se restringir aos bloqueios nos meses de Inverno e Verão, respectivamente, dada a sua proximidade do continente Sul Americano. Por outro lado, os campos das anomalias só são apresentados nos pontos da grade onde o compósito dos bloqueios é significativamente diferente da climatologia com nível de significância de 95% (através da aplicação um teste t-student). Analisando os compósitos das anomalias das temperaturas máxima e mínima nos meses de Inverno (Fig. 5a,c) detectou-se que a região sul da América do Sul é a mais afectada por esse fenómeno, apresentando temperaturas máximas e mínimas mais baixas que a climatologia no sul do Brasil, norte da Argentina, Uruguai e Paraguai e mais altas na costa sudeste do Brasil. Relativamente às temperaturas máximas e mínimas na época de Verão (Fig. 5b,d), observam-se dois núcleos intensos de anomalias, o primeiro, de sinal positivo sobre a região da Patagónia (sul da Argentina) e o segundo núcleo sobre a região central da Argentina. Novamente, sobre a costa leste do Brasil observam-se temperaturas mais altas que a climatologia. Então, com relação às temperaturas máximas e mínimas podemos assinalar que a presença dos bloqueios sobre o Atlântico Sul interfere principalmente nos meses de Verão (apesar das poucas ocorrências de bloqueios) provocando anomalias significativas e de sinal oposto. Já na estação do Inverno as anomalias são essencialmente negativas e cobrem uma área consideravelmente maior do que aquela observada nos meses de Verão. A Figura 5e,f mostra o compósito da anomalia do total da razão da precipitação à superfície durante a actuação dos bloqueios, onde essa precipitação é representada pelas áreas sombreadas. Sobre o total da precipitação média acumulada foi aplicado o teste t-student ao nível de 95%. Uma vez mais, o campo anómalo da precipitação só é representado nos pontos da grade onde é significativamente diferente da climatologia. As regiões com diferenças significativas encontram-se preferencialmente sobre os oceanos, apresentando um carácter mais disperso sobre o continente. No Inverno as áreas com anomalias mais significativas ocorreram no sul do Brasil e áreas oceânicas adjacentes. Sobre a costa oeste da Argentina são observadas também duas áreas opostas de anomalias, à área de anomalia positiva parece acompanhar às áreas de anomalias sobre o Sul do Brasil e sobre o oceano. Já no Verão, as chuvas mostraram uma grande variabilidade espacial, onde as áreas com anomalias negativas foram verificadas em grande parte do continente, as anomalias mais significativas se concentram na região da Patagónia e sul do Brasil.

Figura 3 – Campos anómalos para os meses de Inverno sobre o Oceano Atlântico Norte: da anomalia geopotencial aos 500 hPa (gpm) e temperatura (°C) aos 850 hPa (a), da anomalia de pressão ao nível médio do mar (mb) (b), da anomalia do vento aos 850 hPa (c) e aos 200 hPa (d). As variáveis estão na grade de 2.5 x 2.5 graus.

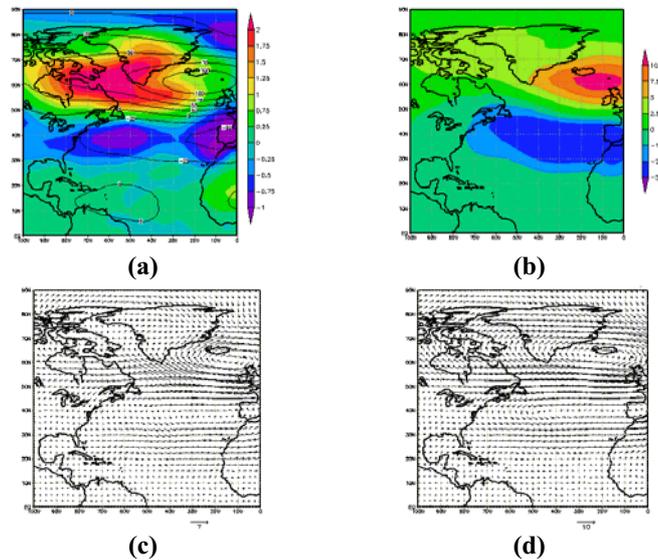


Figura 4 – Campos anómalos para os meses de Inverno sobre o Oceano Atlântico Sul: da razão da precipitação à superfície e vorticidade ($\times 10^7$) aos 850 hPa (a), da anomalia geopotencial aos 500 hPa (gpm) e temperatura (°C) aos 850 hPa (b), da anomalia de pressão ao nível médio do mar (mb) e total da cobertura de nuvens (c), da anomalia do vento aos 850 hPa (d) e aos 200 hPa (e). As variáveis da razão à superfície e total da cobertura de nuvens (%) estão na grade de 1.875 x 1.875 graus. As demais variáveis estão na grade de 2.5 x 2.5 graus.

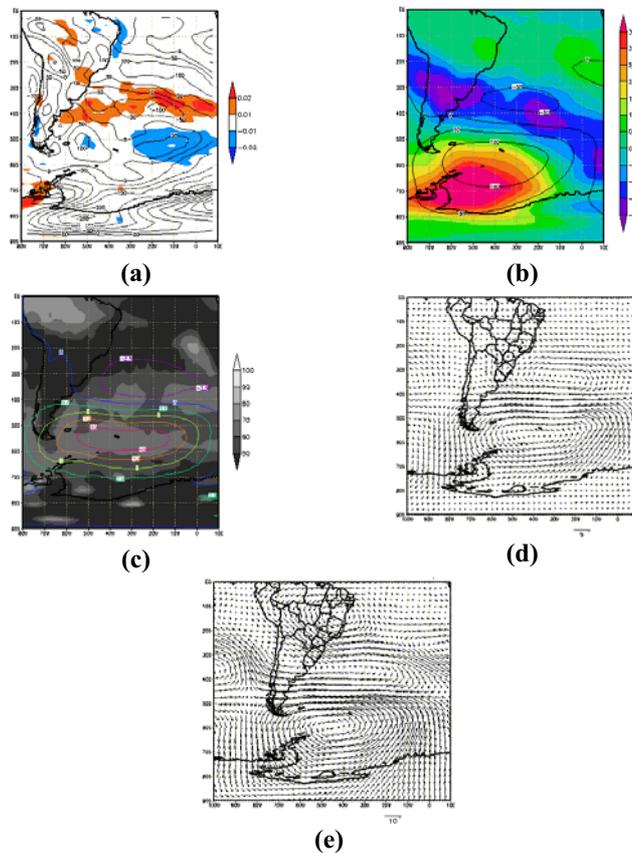
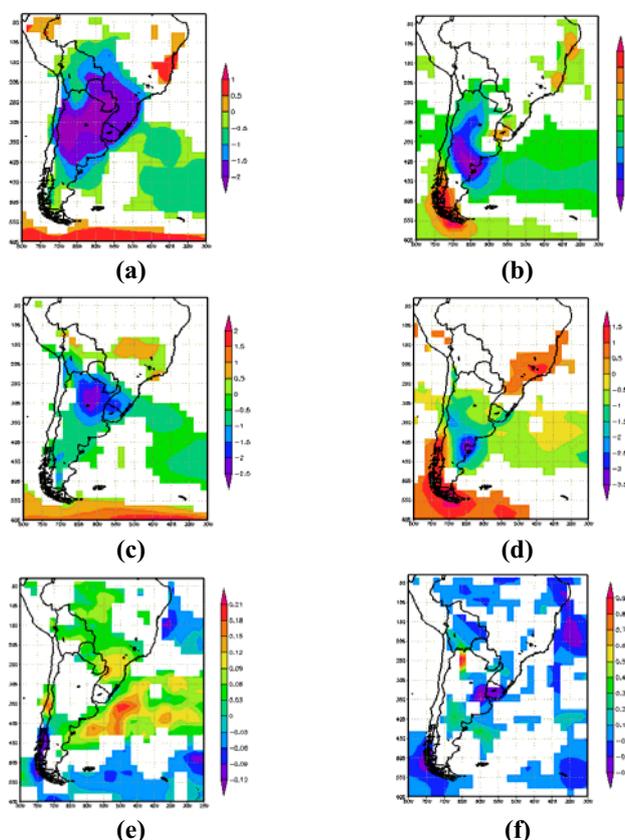


Figura 5 - Compósito das anomalias das temperaturas máximas (a, b), das temperaturas mínimas (c, d) e do total da taxa da precipitação à superfície (e, f) relacionadas com as épocas de bloqueios sobre o Atlântico Sul nos meses de Inverno (esquerda) e Verão (direita) durante o período de 1960 a 2000. As sombreadas mostram as áreas cuja precipitação é mais significativa ao nível de 95%.



6 – CONCLUSÕES

Em geral, nas duas áreas do Atlântico, anomalias de alta pressão posicionam-se no centro do anticiclone de bloqueio, enquanto que nos flancos equatorial e polar surgem anomalias de baixa pressão. Estas favorecem o desenvolvimento de sistemas transientes que ao deslocarem-se para leste provocam o aparecimento de maior quantidade de nuvens e, conseqüentemente, de mais chuva. Por sua vez, notou-se as mesmas configurações de anomalia nas variáveis atmosféricas nas duas regiões analisadas, onde durante todo o ano, os bloqueios parecem modular principalmente as componentes do vento e a temperatura aos 850 hPa. Áreas de temperaturas baixas (altas) aos 850 hPa são observadas na periferia da região bloqueada (sobre a região bloqueada). Com relação à variabilidade sazonal, concluiu-se que os meses de maior actuação, tanto no H.N como no H.S. são os meses de Inverno e Primavera dos respectivos hemisférios, enquanto que os meses de Verão foram aqueles com menor actuação de bloqueios. Na variabilidade interanual do H.S verificou-se a existência de mais bloqueios e dias bloqueados nos anos de El Niño quando comparados com os anos de La Niña. Por outro lado, na maioria dos eventos de bloqueios é possível observar um certo tipo de barotropia quando analisamos os campos das componentes do vento e geopotencial, sugerindo que a formação dos bloqueios se deve em parte, pela troca de energia barotrópica do fluxo zonal. Finalmente, os maiores impactos no clima da América do Sul (em termos de extensão espacial e consistência de sinal) foram observados sobre os campos das temperaturas máxima e mínima.

7 – AGRADECIMENTOS

Este presente estudo está sendo financiado pela Fundação da Ciência e Tecnologia (FCT) do Ministério da Educação de Portugal. Agradecemos igualmente ao National Centers for Environmental Prediction (NCEP) e ao National Centers for Atmospheric Research (NCAR) pela disponibilidade dos dados de reanálises utilizado nesse trabalho por meio do seu *site*: www.cdc.noaa.gov/dataset

8 – REFERÊNCIAS

- D'Andrea F., Tibaldi S., Blackburn M., Boer G., Déqué M., Dix R. M., Dugas B., Ferranti L., Iwasaki T., Kitoh A., Pope V., Randall D., Roeckner E., Strauss D., Stern W., Van Den Dool H., Williamson D., 1998: Northern Hemisphere atmospheric blocking as simulated by 15 atmospheric general circulation models in the period 1979-1988. *Clim. Dyn.*, **14**: 385-407.
- DaCamara C. C., Kung E. C., Baker W. E., Lee B. C., Corte-Real J. A. M., 1991: Long-Term Analysis of Planetary Wave Activities and Blocking Circulation in the Northern Hemisphere Winter. *Beitr. Physics Atmosphere*, **64**: 285-298.
- Dole R. M., 1986: Persistent anomalies of the extratropical Northern Hemisphere wintertime circulation: structure. *Mon. Weather Rev.*, **114**: 178-207.
- Kalnay E., and Coauthors, 1996: The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **77**, 437-471.
- Lejenas H., and Øakland H., 1983: Characteristics of northern hemisphere blocking as determined from a long time serie of observational data. *Tellus*, **35**: 350-362.
- Lejenas H., 1984: Characteristics of southern hemisphere blocking as determined from a long time series of observational data. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, **110**: 967-979.
- Marques R. F. C., 1996: Bloqueio Atmosférico no Hemisfério Sul. Tese de Doutorado. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos. Brasil. **INPE-6742-TDI/632**.
- Marques R. F. C., and V. B. Rao, 1999: A diagnosis of a long-lasting blocking event over the Southeast Pacific Ocean. *Mon. Wea. Rev.*, **127**: 1761-1776.
- _____, 2000: Interannual variations of blocking in the Southern Hemisphere and their energetics. *J. Geophys. Res.*, **105**: 4625-4636.
- Rex D. F., 1950a: Blocking action in the middle troposphere and its effects upon regional climate I- An aerological study of blocking action. *Tellus*, **2**: 196-211.
- _____, 1950b: Blocking action in the middle troposphere and its effects upon regional climate II – The climatology of blocking action. *Tellus*, **2**: 275-301.
- Reid P. A., Jones P. D., Brown O., Goodess C. M., Davies T. D., 2001: Assessments of the reliability of NCEP circulation data and relationships with surface climate by direct comparisons with station based data. *Clim. Res.*, **17**: 247-261.
- Simmons A. J., Wallace J. M., Branstator G. W., 1983: Barotropic wave propagation and instability, and atmospheric teleconnection patterns. *Journal Atmosphere Sciences*, **40**: 1363-91.
- Sinclair M. R., 1996: A Climatology of anticyclones and blocking for the Southern Hemisphere. *Mon. Wea. Rev.*, **124**: 245-263.
- Tibaldi S., and Molteni F., 1990: On the operational predictability of blocking. *Tellus*, **42**: 343-365.
- Tibaldi S., E. Tosi, A. Navarra and L. Pedulli, 1994: Northern and Southern Hemisphere seasonal variability of blocking frequency and predictability. *Mon. Wea. Rev.*, **122**: 1971-2003.
- Trenberth K. E., Swanson G. S., .1983: Blocking and persistent anomalies in the southern hemisphere in Preprints from the First International Conference on Southern Hemisphere Meteorology. São José dos Campos. Brazil. **73-76**.
- Treidl R. A., Birch E. C., Sajecki P., 1981: Blocking action in the Northern Hemisphere: a climatological study. *Atmosphere-Ocean*, **19**: 1-23.

- Trigo R. M., Trigo I. M., DaCamara C.C., Osborn T.J. (2003):“Winter blocking episodes in the European-Atlantic sector: climate impacts and associated physical mechanisms in the Reanalysis”. *Climate Dynamics* (**accepted**).
- Tung K. K., Lindzen R. S., 1979: A theory of stationary long waves. 1 A simple theory of blocking. 2. Ressonant Rossby waves in the presence of realistic vertical shears. *Mon. Wea. Review*, **107**: 735-750.
- Wiedenmann J. M., Lupo A. R., Mokhov I. and Tikhonova E., A.: The climatology of blocking anticyclones for the Northern and Southern Hemisphere block intensity as a diagnostic. *Journal Climate*, **15**: 3459-3473.