

Mudanças climáticas e riscos climático-meteorológicos na perspectiva da dinâmica atmosférica de escala sinóptica - o caso do inverno boreal de 2013/2014¹

Climate change and climate risk in the perspective of synoptic scale atmospheric dynamics - The case of 2013/2014 northern winter

Nuno Ganho

Departamento de Geografia. Centro de Estudos em Geografia e Ordenamento do Território (CEGOT). Universidade de Coimbra.
nganho@netvisao.pt

Resumo:

O Inverno de 2013/2014 tem sido um dos mais ricos das últimas décadas em paroxismos climático-meteorológicos, no hemisfério Norte, em particular numa vasta área que se estende desde a América do Norte à Europa, passando pela bacia atlântica extratropical. Ondas de frio particularmente intenso e persistentes nos Estados Unidos, fortes e recorrentes tempestades de vento e mar no Atlântico, influenciando a fachada ocidental da Península Ibérica e as Ilhas Britânicas, ao mesmo tempo que na Península Escandinava se fez sentir uma prolongada onda de frio seco, intensas precipitações em Itália e excepcionais quantitativos de neve acumulada no Sudeste Europeu.

Nos meios de comunicação social, de imediato, a responsabilidade de tão perturbado Inverno foi imputada ao “aquecimento global”. As suas causas, porém, têm que ser devidamente enquadradas na dinâmica atmosférica de escala sinóptica, num hipotético contexto, com sentido mais lato, de “mudança climática”. É o que se pretende com o presente artigo: analisar os referidos paroxismos, na perspectiva dos riscos climático-meteorológicos, em função das suas causas dinâmicas e sinóticas directas, num eventual cenário causal com origem mais remota, de mudança climática no sentido de um aquecimento, especialmente das altas latitudes boreais.

Palavras-chave: Mudanças climáticas. Riscos climático-meteorológicos. Análise sinóptica.

Abstract:

The winter of 2013/2014 has been one of the richest in decades in weather paroxysms, in the northern hemisphere, particularly in a wide area stretching from North America to Europe, including Atlantic basin. Intense and persistent cold waves in the United States, strong and recurrent storms of wind and sea on the Atlantic influencing the western facade of the Iberian Peninsula and the British Isles, while Scandinavia felt a prolonged cold dry wave, intense rainfall in Italy and exceptional quantity of accumulated snow in Southeastern Europe.

In the media, immediately, the causes of this rough winter was so attributed to “global warming”. Its causes, however, have to be properly framed in the synoptic scale atmospheric dynamics, in a hypothetical context of “climate change”. The purpose of this article is to analyze these weather paroxysms according to their dynamic and synoptic direct causes, in the perspective of climate risk, in a possible causal remote scenario of climate change towards a warming, specially of the high northern latitudes.

Keywords: Climate change. Climate risk. Synoptic analysis.

¹ Este trabalho corresponde à comunicação, com o mesmo título, apresentada no VIII Colóquio de Geografia de Coimbra, subordinado ao tema “Espaço, Natureza e Sociedade. A Geografia na Estratégia 2020 da Região Centro”, realizado na Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra, nos dias 27 e 28 de março de 2014.

1. Introdução

O Inverno de 2013/2014, particularmente os meses de Janeiro e de Fevereiro, tem sido um dos mais ricos das últimas décadas em paroxismos climático-meteorológicos, no hemisfério Norte, em particular numa vasta área que se estende desde a América do Norte à Europa, passando pela bacia atlântica extra-tropical e incluindo a bacia do Mediterrâneo.

O interior e Este dos Estados Unidos sentiram os efeitos de sucessivas e intensas ondas de frio, distendidas até à Costa do Golfo do México, e persistentes tempestades de vento e neve. O Atlântico foi marcado por forte actividade ciclogénica e frontal, manifestando-se pela sucessão ininterrupta de ventos e ondulação de carácter tempestuoso excepcional, com efeitos sobre a Europa Ocidental, nomeadamente nas Ilhas Britânicas onde, também, os quantitativos de precipitação recorde provocaram cheias persistentes em extensas áreas. Em Portugal, para além de cheias nas planícies de inundação dos principais rios, porém sem carácter excepcional, e a insistente queda de neve a cotas baixas no interior Norte e Centro do território, os eventos meteorológicos mais relevantes foram os episódios recorrentes de ventos muito fortes a tempestuosos, acompanhados por excepcionais marés de tempestade (*storm-surge*) e forte ondulação, tanto no litoral continental, como nos arquipélagos dos Açores e da Madeira. Simultaneamente, em Janeiro, uma intensa e persistente onda de frio seco fez-se sentir na Península Escandinava e Leste europeu, intensas precipitações e cheias excepcionais em Itália, assim como excepcionais valores acumulados de queda de neve no Sudeste europeu e ocorrência de neve a cotas muito baixas no Médio Oriente subtropical.

Nos meios de comunicação social, de imediato, as causas de tão perturbado Inverno foram imputadas ao “aquecimento global” e, relativamente ao frio nos Estados Unidos, foi invocada a acção de um “vórtice polar”. Estas causas, porém, têm que ser devidamente enquadradas na dinâmica atmosférica de escala sinóptica, num hipotético contexto de “aquecimento global”, entendido aqui, num sentido mais lato, por “mudança climática”. O que implica analisar os paroxismos climáticos referidos em função das suas causas dinâmicas e sinópticas directas, num eventual cenário causal com origem mais remota, de mudança climática no sentido de um aquecimento, mais significativo das altas latitudes boreais do que nas demais latitudes, denominada por Amplificação Ártica (AA).

2. Mudanças climáticas, aquecimento global e Amplificação Ártica

A par da variabilidade climática interanual, as “mudanças climáticas” são um facto intrínseco ao clima, como demonstram os dados da Paleoclimatologia para tempos mais remotos, e da Climatologia Histórica para períodos mais recentes. Independentemente das causas, múltiplas e necessariamente inter-

ligadas (cosmográficas, cósmicas, geológicas, geográficas, antrópicas), as consequências traduzem-se sempre em períodos mais frios alternados com períodos mais quentes, numa sucessão temporal mais ou menos prolongada e de carácter (aparentemente) cíclico. Tome-se como exemplo a Figura 1 que mostra a variação dos desvios de temperatura relativamente à média estival (meses de Junho, Julho e Agosto) do período de 1951-1980, nos últimos dois milénios, no Norte da Escandinávia (ESPER *et al.*, 2012). São evidentes dois períodos frios, o primeiro culminando no século V (“Período Frio da Idade das Trevas”) e o segundo, mais longo e mais marcado, especialmente no século XVI (“Pequena Idade do Gelo”), alternados com três períodos de desvios de temperatura, relativamente à média considerada, francamente positivos. Em destaque aparece, com o clímax no século II, o “Período Quente Romano” e, entre os séculos IX e XIII, o longo “Período Quente Medieval”, também designado por “Ótimo Climático Medieval”. Em concorrência com estes aparece o “Período Quente Actual”, que marca, genericamente, o século XX, mas com especial destaque, a sua última década e a primeira década do século XXI, num crescendo de temperaturas médias que rivalizam, em intensidade, com os períodos quentes Romano e Medieval (LEROUX, 2005).

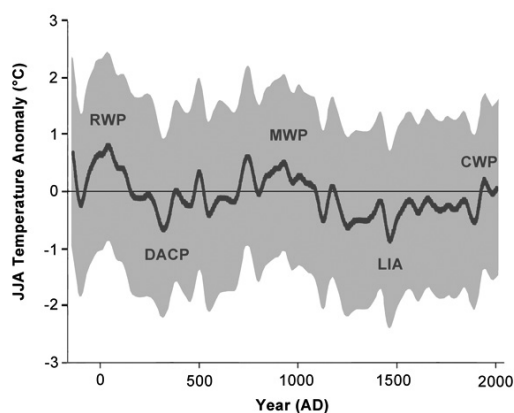


Figura 1
Evolução milenar (0-2000dC) dos desvios de temperatura de Verão (Junho, Julho e Agosto) em relação à média do período 1951-1980 (reconstruídas com um filtro de 100 anos) no Norte da Escandinávia.
Legenda: RWP - Período Quente Romano; DACP - Período Frio da Idade das Trevas; MWP - Período Quente Medieval; LIA - Pequena Idade do Gelo; CWP - Período Quente Actual; Mancha cinzenta: margem de incerteza contemplada pelo modelo.
Fonte: ESPER *et al.* (2012).

Este último período quente, em que a Terra se encontra actualmente, é explicado, sobretudo, por um enriquecimento, de origem antrópica, após a Revolução Industrial e especialmente após a revolução no uso dos combustíveis fósseis subsequente à II Guerra Mundial, do teor atmosférico em gases com efeito de estufa, como o dióxido de carbono (CO₂), o metano (CH₄), o protóxido de azoto (N₂O), entre outros. A correlação significativa entre o incremento do efeito de estufa da atmosfera e o aumento das temperaturas médias da troposfera constitui o que

se tornou usual denominar por “aquecimento global”. Porém, numa análise de maior pormenor e do ponto de vista espacial, este aquecimento não será homogeneamente global, mas antes um “aquecimento diferenciado”. Com efeito, os dados mostram a tendência para um aquecimento das altas latitudes árticas, nas últimas décadas, muito superior (quase o dobro) ao das restantes latitudes (Figura 2), constituindo a chamada Amplificação Ártica (FRANCIS, 2013). Apesar das incertezas relativamente às suas causas, a diminuição da extensão do gelo Ártico a par de um aumento da humidade absoluta, induzindo uma inibição do albedo de superfície e um consequente incremento dos fluxos de calor sensível e latente para a atmosfera, parecem ter um papel fundamental de retroacção positiva que reforça o aquecimento original (SCREEN e SIMMONDS, 2010). Ora, um aquecimento da troposfera, seja de carácter global, seja de carácter diferenciado em latitude, implica, à luz da dinâmica de fluidos, mecanismos de retroacção, positivos e negativos, que se materializam, antes de mais, em modificações na dinâmica atmosférica de escala sinóptica (FRANCIS e VAVRUS, 2012), que são a principal causa do potencial aumento de paroxismos atmosféricos (COHEN *et al*, 2014) e dos consequentes riscos climático-meteorológicos.

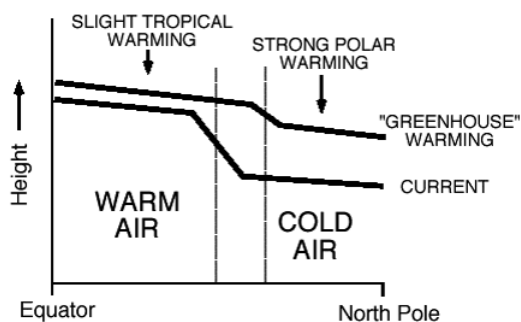


Figura 2
Aquecimento Global e Amplificação Ártica (AA).
Fonte: DAVIS *et al*. (1997).

3. Consequências do “aquecimento diferenciado” na dinâmica atmosférica à escala sinóptica e nos riscos climático-meteorológicos

As necessárias trocas energéticas latitudinais, consequência dos fortes contrastes, de origem cosmo-gráfica, nos balanços radiativos entre baixas e altas latitudes, são fundamentadas em causas dinâmicas e asseguradas pela turbulência a grande escala, ou “macro-turbulência”, de acordo com os modelos conceptuais definidos entre as décadas de 1920 e de 1940 do século passado por investigadores como BJERKNES, BERGERON, SOLBERG, DEFANT, DEDEBANT e WEHRLÉ, e ROSSBY, entre outros (PÉDELABORDE, 1982), com posteriores actualizações (BARRY e CHORLEY, 1998) até à atualidade.

O campo de pressão nos níveis médios e altos da troposfera é marcado por um declive barométrico

co que se estabelece, em cada hemisfério terrestre, entre uma vasta depressão circumpolar centrada nas latitudes polares e expandindo-se até às latitudes médias e subtropicais, e a cintura das altas pressões subtropicais, deslocada, em relação à sua posição na baixa troposfera, para as latitudes intertropicais. Em função deste declive barométrico, a circulação atmosférica em altitude consiste num fluxo de Oeste, geostrófico, logo paralelo às linhas de contorno dos diferentes níveis geopotenciais, estendendo a sua influência até às latitudes subtropicais, constituindo o denominado vórtice polar. Porque os contrastes térmicos latitudinais e os consequentes declives barométricos não se processam linearmente, concentrando-se sobre as descon-tinuidades frontais polar e ártica e, de forma menos marcada, na transição da depressão circumpolar para a cintura de altas pressões subtropicais, embebidos no vórtice polar e fazendo parte integrante da sua dinâmica, materializam-se correntes de jacto (*jet-stream*), respectivamente o *jet-stream* polar e o *jet-stream* subtropical.

A profundidade, extensão e fisionomia da depressão circumpolar e as velocidades do vórtice polar e das correntes de jacto, dependem dos contrastes térmicos latitudinais e, especialmente no Inverno, no hemisfério Norte, também dos contrastes térmicos longitudinais entre as grandes massas continentais e oceânicas. Se o padrão médio do campo de pressão e do campo cinemático, em altitude, mostra um traçado das linhas de contorno e das linhas de fluxo quase zonal, a realidade quotidiana é bem mais complexa e variável no tempo e no espaço. Com efeito, quando e onde os contrastes térmicos em latitude são particularmente acentuados, o regime de escoamento do fluxo tende para a zonalidade (amplitude das ondulações inferior a 15° de latitude), a velocidade dos fluxos é maior e o *jet-polar* aparece bem marcado, mas sem marcadas variações de velocidade do fluxo ao longo do seu traçado. Quando os contrastes térmicos latitudinais se atenuam, a circulação torna-se mais lenta e de carácter tendencialmente meridiano, as linhas de contorno e de fluxo ondulam (ondas de Rossby) - assim como o *jet-polar*, que apresenta maiores variações internas de velocidade de escoamento do ar, concentradas em determinados segmentos (*jet-streak*) - desenhando vales do vórtice polar alternando com cristas subtropicais, que se amplificam, fomentando pronunciadas advecções, respectivamente, de ar polar em direcção ao equador e de ar tropical em direcção aos polos. Estas massas de ar de origem polar e tropical acabam por ser estranguladas e isoladas do seu fluxo original através de um processo de *cutting-off*, dando origem a uma circulação de bloqueio, com células frias de vorticidade ciclónica (gotas-frias) deslocadas para latitudes médias e subtropicais, e células quentes de vorticidade anticiclónica (gotas-quentes) localizadas em altas latitudes.

O comportamento ondulatório do vórtice polar, o traçado e variação interna da velocidade das correntes de jacto, em fase com a evolução de vórtices polares satélite que constituem as perturbações frontais extratropicais, com os mecanismos de oclu-

são (modelo norueguês) ou de seclusão quente (modelo de *Shapiro-Keyser*) e de descarga polar pós-frontal, assim como a ciclogénese de gota-fria e a anticiclogénese de gota-quente, constituem grande parte da “macro-turbulência” responsável pelas trocas energéticas latitudinais concorrentes para o equilíbrio energético do sistema climático global.

Ora, mais do que o aquecimento global, o aquecimento diferenciado, nomeadamente no sentido da Amplificação Ártica, vai provocar uma modificação nos padrões da dinâmica atmosférica de escala sinótica. A Amplificação Ártica, especialmente no Inverno, genericamente vai atenuar os contrastes térmicos entre altas e baixas latitudes, diminuir a velocidade de escoamento do fluxo de Oeste nos níveis médios e altos da troposfera, aumentando a frequência de circulações meridianas (e de bloqueio) em detrimento das circulações zonais, com amplificação da extensão latitudinal dos vales do vórtice polar e das cristas subtropicais, do traçado do *jet*-polar e da oscilação da sua velocidade interna, bem como da génese e subsistência de gotas-frias e de gotas-quentes. As implicações destas modificações na fisionomia e dinâmica do vórtice polar são uma amplificação das advecções latitudinais de ar polar e de ar tropical, a todos os níveis da troposfera, entre as latitudes subtropicais e subpolares, um incremento dos contrastes térmicos longitudinais entre massas de ar árticas ou polares e tropicais, intensificação da baroclinicidade nas áreas de convergência (em sentido lato) de massas de ar, e da divergência nos níveis altos dos flancos orientais das ondulações de vorticidade ciclónica, assim como nos flancos esquerdo a jusante dos segmentos em *jet-streak* do *jet*-polar (GANHO, 2013). Como consequência os vórtices polares satélite (perturbações frontais) são mais profundos e cavados em função da intensidade acrescida da ciclogénese extratropical e da actividade frontal, e da frequência de episódios de ciclogénese explosiva. Assim se agravam os riscos de ventos de carácter tempestuoso, da altura e período do pico de ondulação marítima e de marés de tempestade (*storm-surge*), e de precipitações prolongadas e intensas.

O aumento da frequência, regeneração e permanência temporal de circulações de bloqueio com vorticidade ciclónica, induz a um reforço da instabilidade termodinâmica nas latitudes médias e subtropicais e, consequentemente, a um incremento dos riscos de precipitações particularmente intensas. As circulações de bloqueio com vorticidade anticiclónica, por seu lado, implicam um aumento dos riscos de episódios de secas meteorológicas prolongadas por regeneração anticiclónica consecutiva, e de ondas de frio no Inverno e de calor no Verão, particularmente intensas e de longa duração nas áreas continentais extratropicais.

Os efeitos da Amplificação Ártica repercutem-se também nas latitudes intertropicais. Injeções polares em todos os níveis da troposfera, mais intensas e de maior expressão espacial, através de amplos vales ou de vórtices ciclónicos frios, penetrando na troposfera tropical através dos corredores meridianos dos flancos orientais das células de altas pressões subtropicais, interferem na dinâmica interna dos

alísios. Directamente, reforçam os gradientes barométricos destes centros de acção, induzindo aceleração e ondulação do fluxo dos alísios, intensificando a convecção dinâmica e termodinâmica ao longo das perturbações cinemáticas (lineares e em onda - *easterly-waves*). Indirectamente, criam condições favoráveis à sua evolução para vórtices tropicais (depressões, tempestades e ciclones tropicais), de maior diâmetro e mais profundos e cavados, uma vez que, frequentemente, a divergência na alta troposfera necessária para assegurar a intensa actividade convectiva, nomeadamente nos ciclones tropicais, é conseguida por evolução em fase com o flanco oriental de um talvegue do vórtice polar particularmente distendido em direcção a latitudes subequatoriais.

A relação entre as intrusões polares e a dinâmica dos alísios interfere, necessariamente, também, no carácter da convergência (em sentido lato) ao longo da Convergência Intertropical (CIT), podendo fomentar, em determinados sectores, um reforço da convergência (ou da confluência) e com isso a espessura da convecção e, em outros sectores, pelo contrário, determinar divergência (ou difluência) e assim induzir subsidência do ar.

As consequências da Amplificação Ártica nos riscos climático-meteorológicos da zona intertropical, tal como a ocorrência de quantitativos pluviométricos excepcionais, ou de secas particularmente prolongadas, ou da frequência e virulência dos ciclones tropicais, na dependência, mais directa ou mais longínqua, da dinâmica do vórtice polar é, assim, verosímil.

4. Comportamento do vórtice polar e riscos climático-meteorológicos: o exemplo do Inverno Boreal de 2013/14

Os meses de Janeiro e Fevereiro do Inverno de 2014, no hemisfério Norte e na vasta área que se entende das Montanhas Rochosas, na América do Norte, à Europa, passando pela bacia atlântica extratropical e Mediterrâneo, foram marcados por episódios meteorológicos particularmente extremados, quer em intensidade, quer em duração, já referidos em linhas anteriores, como resultado de uma paradigmática dinâmica do vórtice polar em situação de Amplificação Ártica.

Do conjunto de dias deste período, analisados do ponto de vista sinótico, o dia 30 de Janeiro de 2014 é um dos que melhor exemplifica o desvio do comportamento do vórtice polar relativamente à norma e, consequentemente, dos campos de pressão, de fluxos e de temperatura, a diferentes níveis da troposfera, permitindo evidenciar as causas subjacentes aos paroxismos meteorológicos ocorridos e equacionar a sua relação com os riscos climático-meteorológicos em cenários de eventuais mudanças climáticas de aquecimento, particularmente das altas latitudes.

A cartografia do geopotencial e das temperaturas a 500hPa no hemisfério Norte (Figura 3) mostra uma meandrização acentuada da depressão circumpolar e do vórtice polar associado, com advecções

frias fortemente meridionais sobre grande parte da América do Norte e sobre a Europa Ocidental e advecções quentes sobre a Península Escandinava e sobre o Alasca. À superfície (Figura 4), o campo de pressão traduz-se numa vasta depressão complexa (depressão “estatística” da Islândia), contínua e oblonga, alicerçada num profundo talvegue, amplamente distendido desde o NE da Califórnia ao NW de África, passando pela Gronelândia, delimitado por uma célula anticiclónica no NW do continente Norte-Americano (anticiclone “estatístico” de Manitoba) e por um vasto e potente anticiclone, estendendo-se do Leste europeu a grande parte da Ásia extratropical (anticiclone “estatístico” Siberiano), com uma apófise polar aglutinada ao anticiclone localizado na América do Norte e uma célula anticiclónica Ártica de permoio.

Este padrão do campo de pressão nos níveis médios e baixos da troposfera traduz o domínio de circulações meridianas sobre as circulações zonais e poderosas advecções latitudinais, quase directas, de ar ártico e polar em direcção às regiões subtropicais e de ar tropical em direcção às latitudes subpolares e polares.

A uma escala de maior pormenor (escala sinóptica), as linhas de contorno do geopotencial a 500hPa e as isotérmicas ao mesmo nível mostram que, tanto sobre a metade oriental da América do Norte (Figura 5), como sobre a Europa Ocidental (Figura 6), os amplos vales e consequentes ondulações do fluxo do vórtice polar, canalizam para latitudes médias e subtropicais línguas (ou mesmo bolsas) de ar frio, de origem ártica, cujas temperaturas rivalizam com as que se fazem sentir, ao mesmo nível, nas latitudes subárticas: -25 a -30°C no Leste dos Estados Unidos, e na Península Ibérica e NW de África, -40°C no NE do Canadá. Por seu lado, às amplas dorsais de raiz subtropical, envolvendo núcleos com vorticidade anticiclónica, nomeadamente sobre o Alasca e a Leste da Escandinávia, correspondem temperaturas, ao nível geopotencial de 500hPa, semelhantes às que se verificam sobre a Península Ibérica e sobre o SE dos Estados Unidos (-25 a -30°C), a sensivelmente 30° de latitude mais a Sul. Estes núcleos anticiclónicos quentes, materializados, à superfície, pelos anticiclones de Manitoba e Siberiano, demonstram a sua origem dinâmica e inviabilizam o carácter exclusivamente térmico que, comumente, lhes é atribuído.

A concentração dos gradientes térmico e barométrico troposféricos na transição da América do Norte, excepcionalmente arrefecida, para o Atlântico, muito mais quente pela intensidade dos fluxos de calor sensível e latente impostos pela corrente quente do Golfo, determinam um traçado meridiano do *jet*-polar nos níveis altos da troposfera (geopotencial a 300hPa) e uma aceleração muito marcada do fluxo (*jet-streak*), que se propaga para Oeste, por sobre o Atlântico, em direcção à Europa (Figuras 7 e 8).

A circulação conjunta do anticiclone centrado no NW do continente Norte-Americano com a depressão complexa imediatamente a Leste, em fase com o amplo vale do vórtice polar, determinam uma advecção de ar ártico e polar até às latitudes subtropicais, a todos os níveis da troposfera. À superfície, tempera-

turas fortemente negativas (de -10 a -25°C) estendem-se até ao litoral oriental do continente, e inferiores a 0°C até ao Golfo do México (Figura 9). A forte divergência nos níveis superiores da troposfera, imposta quer pelo traçado meridiano, quer pela direcção meridional do fluxo do *jet*-polar (teoria do turbilhão), reforçada nos quadrantes esquerdo a jusante e direito a montante do *jet-streak*, conjugada com forte baroclinicidade atmosférica (desfasamento acentuado entre o traçado das linhas de contorno e das isotérmicas), e fortes contrastes longitudinais de temperatura, criam condições favoráveis a intensa ciclogénese, frontogénese, e actividade convectiva. As consequências foram sucessivas e persistentes situações de ventos tempestuosos e de abundante queda de neve no interior e Leste dos Estados Unidos.

Progredindo para Leste, sobre o Atlântico, animada por intensos segmentos do *jet*-polar em situação de *jet-streak*, a forte actividade ciclogénica e frontogénica foi permanente e materializada por uma longa (mas pouco paradigmática) fase de índice positivo (fase *Greenland-below*) da Oscilação do Atlântico Norte (NAO), com sucessão de potentes vórtices polares satélite (perturbações frontais), alguns de evolução em ciclogénese explosiva, nas latitudes médias e subpolares, fazendo sentir os seus efeitos na Europa Ocidental. Porém, o anticiclone atlântico subtropical esteve, durante os meses de Janeiro e Fevereiro em causa, significativamente mais deslocado para Sul do que neste dia 30 de Janeiro (Figura 8), escolhido como exemplo do padrão sinóptico dominante neste período.

Nas Ilhas Britânicas e Oeste de França conjugaram-se, um longo período de dias consecutivos de precipitação, responsáveis por cheias históricas (as maiores dos últimos 250 anos), ventos tempestuosos e ondulação marítima de altura excepcional. Na fachada ocidental da Península Ibérica, nomeadamente em Portugal, entre o início de Janeiro e o final de Fevereiro, a acção directa de várias perturbações frontais muito profundas e cavadas (entre as quais se destacam *Christina* e *Stephanie*, de acordo com a designação atribuída pela Universidade de Berlim), responsáveis por ventos muito fortes, com rajadas tempestuosas (superiores a 100km/h, tendo chegado aos 130km/h) e mar com forte ondulação (ondulação significativa até 9m e ondulação máxima até 15m), teve importantes repercussões na dinâmica costeira com elevados prejuízos materiais.

A permanência do potente anticiclone de bloqueio a Leste da Escandinávia (Figuras 6 e 8), desde meados de Dezembro de 2013 até aos primeiros dias de Fevereiro de 2014, com fluxos polares de raiz siberiana, foi a causa da prolongada onda de frio (temperaturas de -15 a -30°C) que se fez sentir no NE Europeu e Oeste Asiático (Figura 10). E responsável, também, pela convecção dinâmica com reforço termodinâmico, associada a advecções polares a todos os níveis da troposfera, com vorticidade ciclónica, em movimento retrogressivo de raiz siberiana no flanco meridional deste centro de acção, no SE europeu, onde ocorreram precipitações de neve em quantitativos excepcionais, acompanhadas de ventos tempestuosos.

Na bacia do Mediterrâneo, as advecções frias de um amplo vale do vórtice polar, nos níveis médios e altos da troposfera, com origem gronelandesa ou ártica, penetrando até latitudes subtropicais através do corredor meridiano imposto pelo bloqueio anticiclónico no NE e Leste Europeu (Figuras 6 e 8) fomentou, ou intensa ciclogénese regional, ou regeneração ciclónica de origem atlântica, forte actividade convectiva e episódios de intensa precipitação que, na última semana de Janeiro, foram responsáveis por inundações rápidas e grandes cheias em Itália.

5. Conclusão

As mudanças climáticas, consequência (não só, mas também) do aumento do teor troposférico em gases com efeito de estufa, podem não se traduzir, genericamente, num “aquecimento global”, mas antes num “aquecimento desigual”, do ponto de vista espacial. Com efeito, no hemisfério Norte, o aquecimento parece ser significativamente maior nas altas e muito altas latitudes do que nas latitudes médias e tropicais, constituindo a chamada Amplificação Ártica.

A Amplificação Ártica manifesta-se por modificações na profundidade e fisionomia da depressão complexa circumpolar de altitude e, necessariamente, na dinâmica do vórtice polar associado, fomentando circulações meridianas de forte amplitude e circulações de bloqueio, em detrimento de circulações zonais.

As circulações meridianas, persistentes e recorrentes, fomentam a expansão latitudinal de advecções polares e tropicais, à superfície e nos níveis médios e altos da troposfera, sob a forma de amplos talwegues e dorsais, e de bloqueios em células individualizadas de ar frio com vorticidade ciclónica e de ar quente com vorticidade anticiclónica.

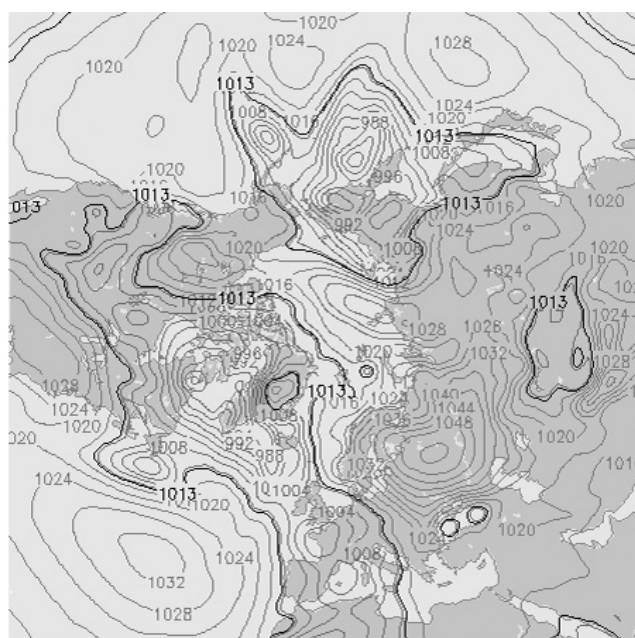
As consequências da ampla expansão latitudinal do ar polar e do ar tropical, se temporal e espacialmente persistentes, potenciam os riscos climático-meteorológicos, especialmente nas latitudes extra-tropicais (embora com reflexos, também, na zona intertropical). Nomeadamente de secas meteorológicas particularmente longas, e de ondas de frio e de calor de intensidade excepcional, determinadas por persistentes células anticiclónicas de bloqueio. Ou de precipitações prolongadas e/ou intensas, e violentas tempestades de vento e de mar, associadas a forte actividade ciclogénica e frontogénica, rica em episódios de ciclogénese explosiva, animada por variações espacialmente muito significativas das velocidades do *jet*-polar (*jet-streak*), especialmente em percursos com orientação meridiana.

Foi o que aconteceu nos meses de Janeiro e Fevereiro de 2014, particularmente rico em paroxismos climático-meteorológicos, numa vasta área englobando a América do Norte, o Atlântico Norte, a Europa e o Mediterrâneo, em consequência de uma persistente dinâmica sinóptica invulgar, associada a um padrão positivo da Oscilação do Atlântico Norte (ONA) em conexão com a Oscilação Ártica (AO), potencialmente representativo de uma mudança climática decorrente da Amplificação Ártica.

A Amplificação Ártica, porém, pode determinar diferentes padrões na dinâmica atmosférica de escala sinóptica, nesta mesma área, nomeadamente o estabelecimento de outros corredores meridianos de intrusão latitudinal de ar polar e de ar tropical, diferentemente posicionados, induzindo, assim, características e distribuição espacial dos riscos climático-meteorológicos diferenciadas relativamente à situação considerada. Impõe-se, por isso, uma análise sinóptica de carácter sistemático para um período-amostra adequadamente longo, que permita contextualizar devidamente este “caso” na temática das mudanças climáticas e dos seus efeitos na dinâmica atmosférica e subsequentes riscos climático-meteorológicos.

Bibliografia

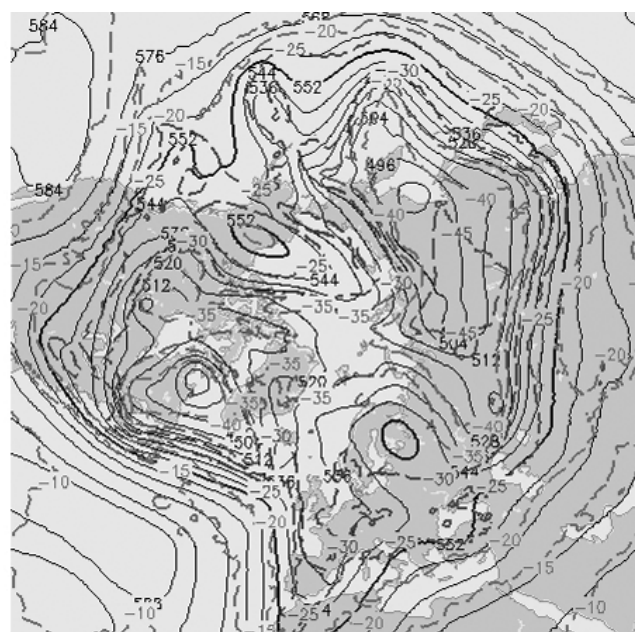
- BARRY, R. G. e CHORLEY, R. J. (1998) - *Atmosphere, weather and climate* (7ª ed.). Routledge, London.
- COHEN, J.; SCREEN, J. A.; FURTADO, J. C.; BARLOW, M.; WHITTLESTON, D.; COUMOU, D.; FRANCIS, J.; DETHLOFF, K.; ENTEKHABI, D.; OVERLAND, J. e JONES, J. (2014) - Recent Arctic amplification and extreme mid-latitude weather”. *Nature Geoscience*, nº 7, pp. 627-637.
- DAVIS, R. E.; KNAPPENBERGER, P. C. e BURNETT, A. (1997) - “Relationships between surface temperatures and the 500 hPa circumpolar vortex in the Northern Hemisphere”. *10th Conference on Applied Climatology*, Reno, Nevada, USA.
- ESPER, J.; BÜNTGEN, U.; TIMONEN, M. e FRANK, D.C. (2012) - “Variability and extremes of northern Scandinavian summer temperatures over the past two millennia”. *Global and Planetary Change*, nº 88-89, pp. 1-9.
- FRANCIS, J. A.; VAVRUS, S. J. (2012) - “Evidence linking Arctic amplification to extreme weather in mid-latitudes”. *Geophysical Research Letters*, vol. 39, pp. 1-6.
- FRANCIS, J. A. (2013) - “Rapid Arctic warming and wacky weather: Are they linked?2. *American Association for Women in Science Magazine*, vol. 44, pp. 30-33.
- LEROUX, M. (2005) - *Global Warming - Myth or reality? The erring ways of Climatology*. Praxis Publishing, Chichester, UK.
- GANHO, N. (2013) - “Risco de ventos tempestuosos de escala sinóptica em Portugal Continental: análise causal”. LOURENÇO, L. e MATEUS, M. (Coord.) - *Riscos Naturais, Antrópicos e Mistos. Homenagem ao Professor Doutor Fernando Rebelo*, Faculdade de Letras, Universidade de Coimbra, Coimbra, pp. 251-266.
- PÉDELABORDE, P. (1982) - *Introduction a l'étude scientifique du climat*. SEDES, Paris.
- SCREEN, J. A. e SIMMONDS, I. (2010) - “The central role of diminishing sea ice in recent Arctic temperature amplification”. *Nature*, vol. 464, pp. 1334-1337.



Surface Pressure GFS (hPa)

Thu 30/01/14 00UTC (Tue 06+42)
©weatheronline.co.uk

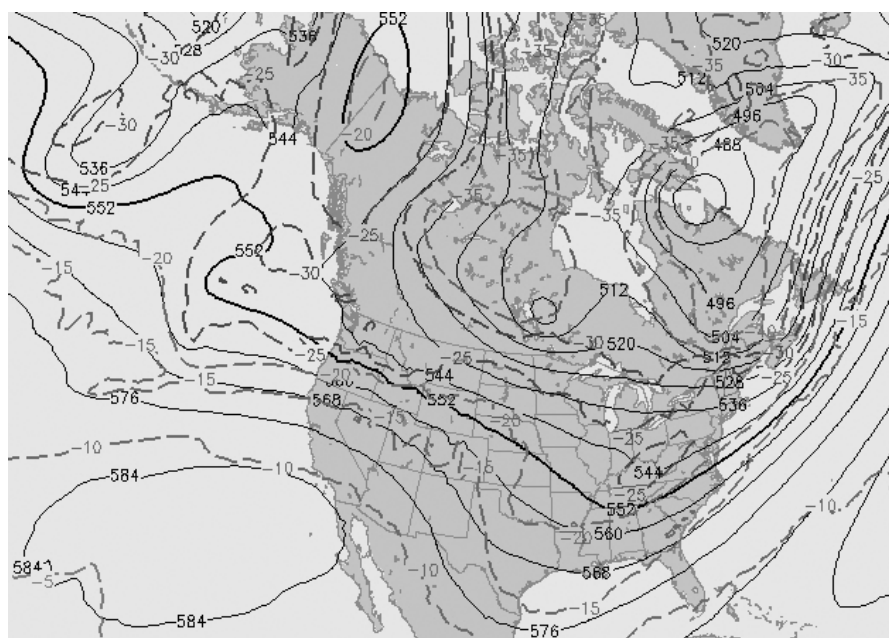
Figura 3
Geopotencial e temperatura a 500hPa no Hemisfério Norte - 30/01/2014, 00h UTC.



Height (gpdm) & Temp. (°C) in 500 hPa GFS

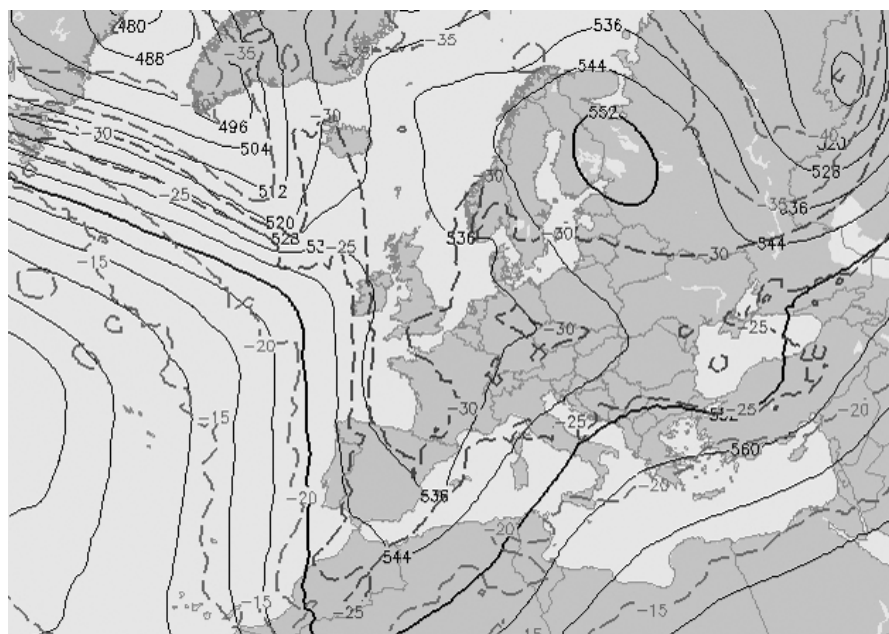
Thu 30/01/14 00UTC (Tue 06+42)
©weatheronline.co.uk

Figura 4
Pressão atmosférica à superfície (nmm) no Hemisfério Norte - 30/01/2014, 00h UTC.



Height (gpdm) & Temp. (°C) in 500 hPa GFS Thu 30/01/14 00UTC (Tue 06+42)
© weatheronline.co.uk

Figura 5
Geopotencial (dm) e temperatura (°C) a 500hPa na América do Norte - 30/01/2014, 00h UTC.



Height (gpdm) & Temp. (°C) in 500 hPa GFS Thu 30/01/14 00UTC (Tue 06+42)
© weatheronline.co.uk

Figura 6
Geopotencial (dm) e temperatura (°C) a 500hPa na Europa - 30/01/2014, 00h UTC.

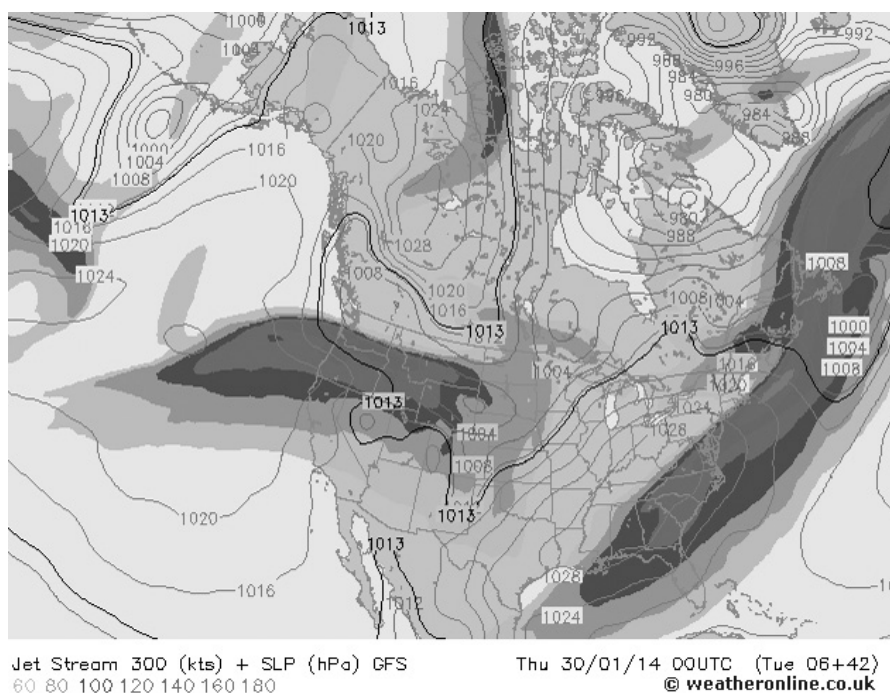


Figura 7
Jet-stream e jet-streak a 300hPa (nós) e pressão atmosférica à superfície (nmm) na América do Norte - 30/01/2014, 00h UTC.

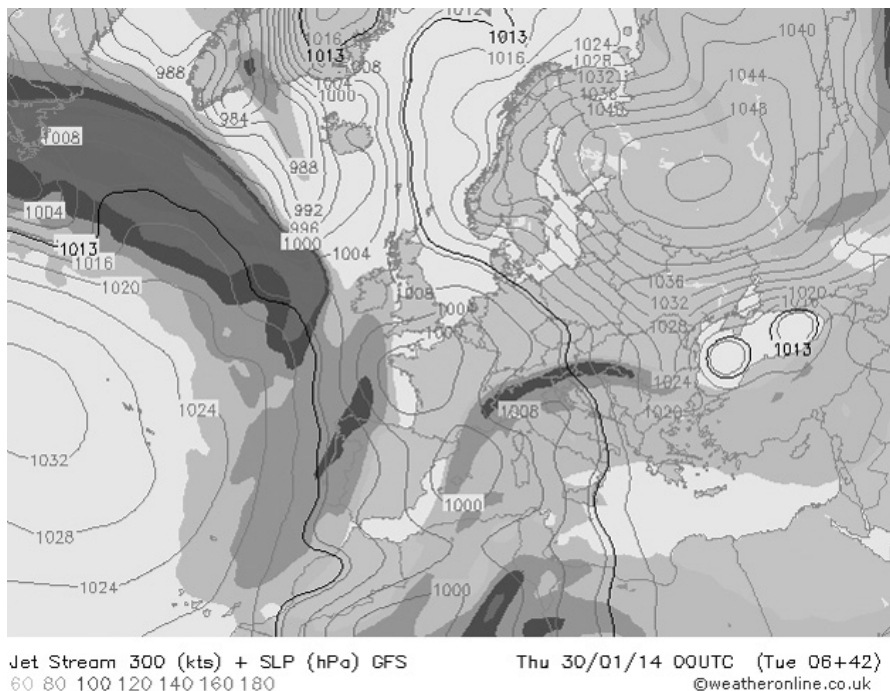


Figura 8
Jet-stream e jet-streak a 300hPa (nós) e pressão atmosférica à superfície (nmm) na Europa - 30/01/2014, 00h UTC.

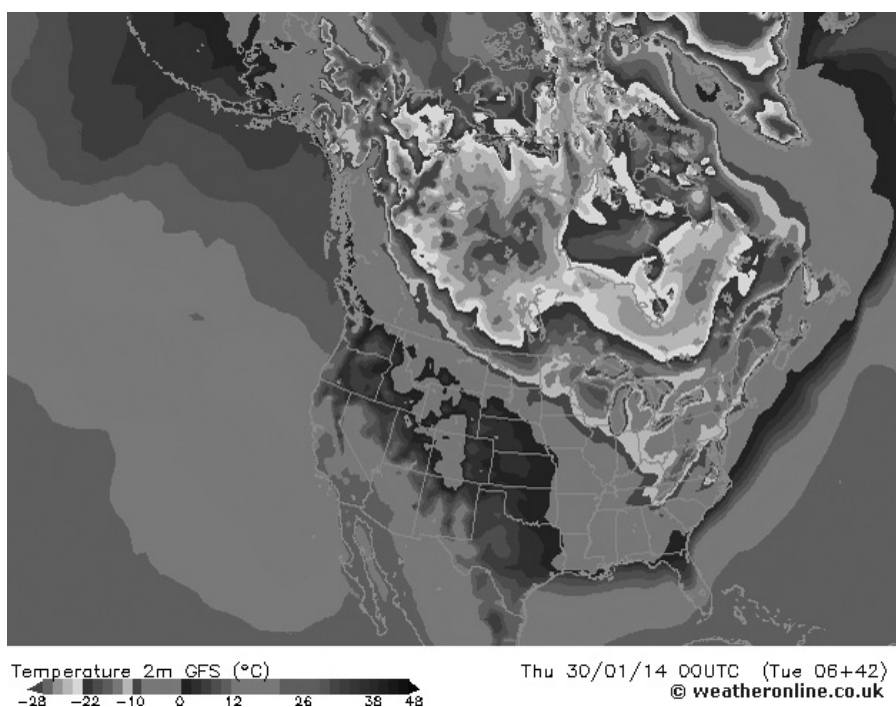


Figura 9
Temperatura à superfície (2m) na América do Norte - 30/01/2014, 00h UTC.

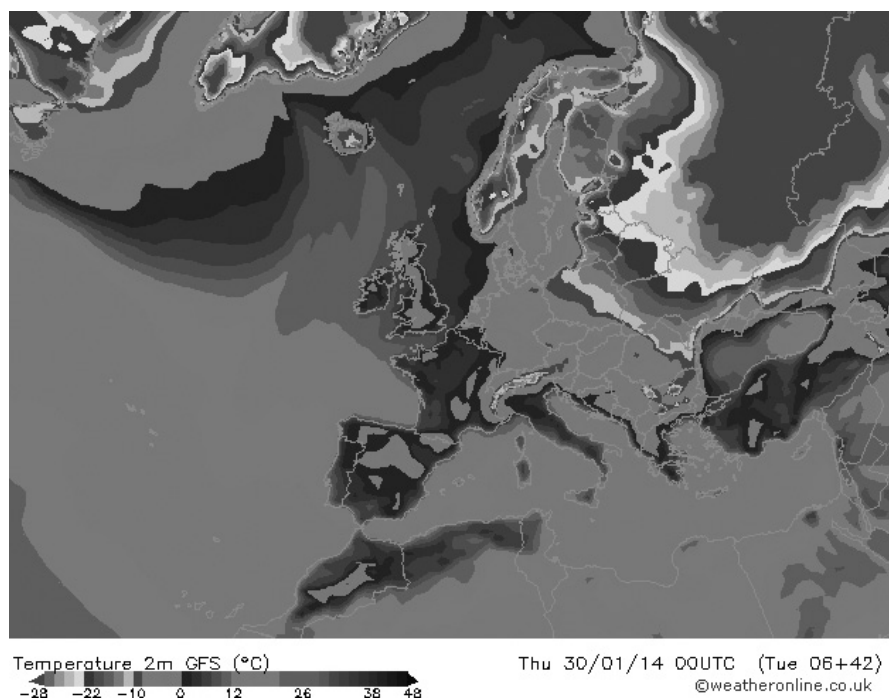


Figura 10
Temperatura à superfície (2m) na Europa- 30/01/2014, 00h UTC.