



O clima está a mudar ?!...

Não há dúvida que as mudanças climáticas estão na ordem do dia. O entusiasmo aumenta com o recente anúncio catastrofista da antecipação do ponto de não retorno e consolida-se com a entrada em vigor do protocolo de Quioto. Mas para complicar, aí está a onda de frio que teima em não nos deixar. Afinal, há ou não mudanças climáticas? Foi o que quisemos apurar em conversa com dois cientistas do Centro de Geofísica da Universidade de Évora:

A professora Ana Maria Silva, com formação de base na área da meteorologia e da ciência da atmosfera, que actualmente se dedica a estabelecer, para uma região de Portugal Continental, uma climatologia de aerossóis, com o objectivo de modelar e estimar, qual é o seu efeito radiativo e a sua frequência de ocorrência, e tendências em termos do seu balanço à superfície e no topo da atmosfera, ou seja, se as fontes consumidoras de energia à escala regional produzidas pelos aerossóis têm ou não algum impacto ao nível climático regional.

O professor João Corte Real, dedica-se ao estudo de extremos meteorológicos, deduzidos dos modelos de climas globais do Hadley Centre e ao desenvolvimento de cenários regionais para Portugal com base em resultados de modelo, mas não com base nos resultados das temperaturas e precipitações geradas por esses modelos, e interessa-se pela física de nuvens e sua modulação numérica, tema este que está em pleno desenvolvimento internacional.

PR: É um facto adquirido que a poluição atmosférica causada pela actividade humana está a modificar o clima da terra?

Ana Maria Silva: A poluição atmosférica tem influência nos processos físico-químicos e no balanço radiativo da atmosfera. Terá algum efeito em termos de clima porque as propriedades da atmosfera se alteram. Agora se é o único factor responsável pelo aumento observado da temperatura ao nível da superfície do globo, a minha resposta é que não é. No entanto, terá algum efeito.

João Corte-Real: Eu vou um pouco na mesma linha. Isto é, a sua pergunta vai no sentido de saber se o lançamento para a atmosfera de gases que potenciam o chamado efeito de estufa, é o responsável pela alteração da temperatura média global que se tem registado. De facto, tem-se registado uma evolução dessa mesma temperatura, o que não quer dizer que em todos os locais do globo a temperatura esteja a subir. No entanto, em termos de média global



à superfície, há uma subida da temperatura. O que eu posso dizer, cientificamente falando, é que o aumento da concentração de gases com efeito de estufa terá uma parte de responsabilidade nesse aumento. Agora, se essa contribuição é a única responsável, ou até a mais importante, isso não posso afirmar de fonte segura.

PR: A primeira questão que se levanta, é saber qual é a fiabilidade dessas séries térmicas e as suas

extrapolações, quando sabemos que existe uma escassa cobertura terrestre e sobretudo oceânica, que há grande heterogeneidade dos instrumentos de medida e métodos de observação, que se fizeram e se fazem mudanças dos locais onde são tomadas as medidas, e por fim que existe uma forte influência da expansão urbana desenfreada no último triénio.

JCR: Vamos lá ver. Os aspectos observacionais têm as suas incertezas porque, para além dos erros

instrumentais, os instrumentos não são do mesmo tipo em todos os locais do globo, a cobertura não é homogénea, sendo muito escassa em determinadas regiões, o que implica ter de se recorrer a métodos de análise conducentes à correcção de erros e à homogeneização das séries temporais fornecidas pelas observações; esses métodos introduzem por sua vez outros erros; por outro lado, as

urbanos são factores fundamentais. O crescimento urbano dá uma contribuição positiva aos valores médios da temperatura à superfície.

JCR: Como outros fenómenos dão; por exemplo em 1997, que foi um dos anos mais quentes da década de 90, houve um “El Niño” fortíssimo, que é um fenómeno que aquece a atmosfera global. Por isso é que eu

“Há pois todo este conjunto de incertezas que leva a não ser possível fazer uma afirmação categórica quanto às causas do aquecimento global observado.”

técnicas de detecção remota, cada vez mais utilizadas, não permitem obter directamente valores de elementos meteorológicos, como por exemplo da temperatura; estes, só podem ser inferidos por aplicação de métodos numéricos que introduzem, por sua vez erros; assim, as “observações” não reproduzem exactamente a realidade. Mas, a conclusão de que os gases com efeito de estufa são responsáveis pelo aquecimento da terra não é retirada apenas das observações. Mas, vamos aceitar que existe um aumento da temperatura média global, embora não haja aumento em todos os locais do globo; este é um aspecto observacional. Agora, outra questão é saber qual é a causa desse efeito e, aí não nos podemos basear apenas em observações, temos que nos basear em modelos globais de clima, os quais são modelos acoplados oceano-atmosfera. Estes modelos, por sua vez, também são muito imperfeitos. Há pois todo este conjunto de incertezas que leva a não ser possível fazer uma afirmação categórica quanto às causas do aquecimento global observado.

AMS: Eu só gostaria de acrescentar que efectivamente quando se diz que o aumento da temperatura anda à volta dos 0,5 ou 0,6 °C e que tal não se verifica em todos os pontos do globo, esse valor tem de facto uma incerteza. Uma incerteza que também não está quantificada. Mas este é um problema distinto da modelação... A mudança de localização das estações e o crescimento dos centros

digo que embora o aumento da concentração de gases com efeito de estufa tenha responsabilidade no aumento da temperatura média global na baixa troposfera, a sua contribuição para esta realidade está, em termos quantitativos, por confirmar.

PR: Em relação ao “link” que se faz do CO2 com a temperatura, é suficiente o argumento que o CO2 aumentou a sua concentração de 25% em relação ao início da Revolução Industrial?

JCR: Como relação única de causa-efeito, não.

PR: A subida da temperatura média global indica estar-se em presença de uma alteração climática?

JCR: Repare, a questão é a seguinte. Para podermos afirmar que há uma mudança climática, temos que ver se há alterações significativas nos valores das estatísticas de elementos de clima, por exemplo nos valores médios, variâncias, etc. Mas, consideremos apenas valores médios, i.e., medidas de localização e variâncias ou medidas de variabilidade. Nós falamos do clima de, por exemplo, 1961 a 1990, um período de 30 anos. Porquê 30 anos? Não por ser um número rigoroso. Mas porque há uma regra empírica na estatística, segundo a qual se deve usar um mínimo de 15 valores para calcular uma estatística. Ou seja, para poder ter um valor médio anual aceitável deve dispor-se de uma série

temporal com pelo menos 15 anos. Mas se quisermos ter duas estatísticas, média e variância, então deve ter-se uma série de 30 anos. Assim, posso falar do clima de 1961 a 1990, de 1931 a 1960, de 1991 a 2020. Como este último período ainda não está completo, posso fazer conjecturas, com base em resultados fornecidos por modelos de clima, mas faltam ainda as observações para as validar. Então, porque é que acreditamos nos modelos? Porque esses modelos, quando aplicados a um período de tempo passado, dão respostas que as observações relativas a esse período confirmam. Nessas condições, é possível “acreditar” num modelo. Há também modelos regionais de clima. Concretizando, vamos admitir que em 1991-2020, as estatísticas obtidas de um modelo regional de clima para a região centro-sul de Portugal continental são significativamente distintas das relativas a 1961-90, para um determinado nível de confiança. Pode então falar-se de um cenário de mudança climática na região considerada; se esse cenário vier a ser confirmado pelos registos meteorológicos no mesmo período de tempo, pode dizer-se que ocorreu uma alteração do clima da região. Agora, ao constatar essa diferença, há ainda que responder a outra pergunta: será que essa alteração é devida ao aumento das concentrações de gases com efeito de estufa? Esta é outra questão que é muito difícil de responder.

AMS: Eu queria dizer que, nos modelos com as projecções da evolução da temperatura as incertezas associadas a certos padrões são muito grandes. Se observarmos as temperaturas desde o início do século até ao ano 2000, verifica-se que em alguns troços dessa série, as respectivas tendências no aumento da temperatura são muito variáveis e não têm as mesmas tendências. Pelo menos na série da temperatura até 2000 havia troços cuja tendência de aumento da temperatura, relativamente à média 1961-90 era superior à dos últimos 20 anos da série até 2000. Portanto isto tem um pouco a ver com a

variabilidade natural do clima, e com outros factores não identificados, entre os quais o modo como são feitas as médias da temperatura para apresentar a tal série. E por outro lado, há muitos mecanismos que não são, nem podem ser, agora nem nos próximos anos, conhecidos e compreendidos - alguns têm a ver com as nuvens - e c o n s e q u e n t e m e n t e , convenientemente parametrizados nos modelos. É impossível. No caso das nuvens, os mecanismos de retroacção, que acontecem quando há uma perturbação no sistema, são tão complexos, que por mais apuradas que se possam fazer as parametrizações, estas não conseguem descrever convenientemente as propriedades das nuvens. Não nos podemos esquecer que as nuvens têm um papel absolutamente fulcral nesta problemática, pois são um dos factores reguladores do clima na Terra, através do papel que desempenham no albedo planetário.

PR: Qual é a importância relativa, que factores tais, como a actividade solar, a actividade vulcânica, o buraco no ozono, os oceanos e as nuvens, têm no clima e na temperatura?

JCR: Vamos ver, o sol é o motor primário e fundamental para o clima na terra. O sol é um factor de clima, i.e., é uma estrela que condiciona e determina de uma forma muito importante o clima da terra. Não é o único, mas é determinante. O que é isto da actividade solar? O sol emite energia radiante, electromagnética, cuja intensidade depende do que se passa no seu interior, isto é da sua actividade. E é essa energia que vai constituir a fonte primária para todos os processos que se passam na terra. A energia radiante solar recebida num dia excede todas as reservas energéticas do planeta. Estamos portanto a falar de uma energia poderosa. Se os processos que estão em curso no interior da estrela sol se modificam, ou se alteram, ou se intensificam, a energia radiante que é recebida na terra vai alterar-se e essa alteração, se suficientemente

forte, pode modificar o clima da terra. Também, uma maior actividade vulcânica, perturbações nas concentrações de ozono na estratosfera, modificações na distribuição espacial das nuvens, etc. vão alterar a forma como a energia solar recebida pelo sistema globo-atmosfera se vai distribuir no seu interior, podendo também esses fenómenos contribuir para uma alteração do clima à escala regional ou mesmo global.

PR: Quando fala em energia recebida refere-se ao topo da atmosfera?

JCR: Exactamente.

AMS: E tem-se registado nos últimos anos uma grande actividade solar

JCR: Exactamente.

PR: Outra questão é a variabilidade dessa actividade. Que duração têm esse ciclos?

JCR: Os ciclos completos têm períodos de 22 anos.

PR: E, que se pode esperar da variabilidade da actividade solar observada num ciclo desses, em termos de modificação do clima da terra?

JCR: Não me parece que essa variabilidade natural, só por si, vá acarretar uma variabilidade climática; para que tal efeito fosse possível ter-se-ia de estar em presença de uma variabilidade anómala intensa.

“As incertezas relativas ao papel das nuvens e dos aerossóis, são actualmente superiores a 100%, nas projecções apresentadas pelo IPCC “

Porque, dessa energia que é produzida, interessa saber qual a fracção que efectivamente penetra no sistema, que está intimamente relacionada com a energia que é reflectida de novo para o espaço. Reflectida é um termo um pouco vago. Há o chamado albedo do globo.

Para isso contribuem as nuvens, as florestas... Portanto, se nós alteramos o revestimento da superfície, estamos a alterar o albedo do planeta. Se indirectamente essas transformações alteram os mecanismos de formação de nuvens ou alteram os tipos de nuvens prevaletentes, isso muda o albedo. Há aqui mecanismos internos que são complexos e que podem determinar a alteração, que pode ser mais ou menos substancial, da fracção de energia solar incidente que é realmente absorvida pelo sistema.

PR: É possível relacionar o aumento da actividade solar com o aumento da temperatura?

AMS: Pode mas não necessariamente.

JCR: Repare, se a actividade solar aumenta, podemos dizer que a energia radiante solar que incide no topo da atmosfera aumentou. Mas isso não significa necessariamente que a energia que fica disponível cá dentro aumente. Com efeito, pode acontecer que aquele aumento inicial gere processos que depois devolvem de novo para o espaço mais energia do que na situação anterior, sendo que aquela que fica cá dentro disponível pode não aumentar. A energia solar é sobretudo absorvida pelo globo, o qual em seguida emite energia já no infra-vermelho e não nos comprimentos de onda solar. Portanto a questão é que a alteração da constante solar provoca uma alteração na energia que é recebida no topo da atmosfera. Mas, aqueles factores vão condicionar a energia que é devolvida para o espaço e portanto aquela que é absorvida pelo globo, a que é emitida pela atmosfera, etc. E, a quantificação de tudo isto está necessariamente sujeita a grandes incertezas.

PR: Qual é o estado do conhecimento em relação a factores como albedo, aerossóis, nuvens, florestas, cidades?

AMS: As incertezas relativas ao papel das nuvens e dos aerossóis, são actualmente superiores a 100%, nas projecções apresentadas pelo IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. Na minha modesta opinião,

“Quando nós percebermos como é que o sistema funciona, então podemos dar respostas. Nós tentamos observar o que se passa, fazemos diagnósticos e tentamos explicar. Agora, estas explicações, como não resultam de uma compreensão total dos mecanismos, estão sujeitas até a serem falsas. Por outras palavras, o estado da arte é, nesta matéria, muito incompleto ainda.”

tenho dúvidas que a contribuição destes mecanismos sobre os tais dois factores: o albedo planetário e o efeito de estufa, signifique nos próximos anos uma substancial melhoria na parameterização dos modelos que digam realmente o que se passa. O problema reside no facto da compreensão dos mecanismos e de todos os processos físicos ser ainda muito fraca.

JCR: A questão é essa. Quando nós percebermos como é que o sistema funciona, então podemos dar respostas. Nós tentamos observar o que se passa, fazemos diagnósticos e tentamos explicar. Agora, estas explicações, como não resultam de uma compreensão total dos mecanismos, estão sujeitas até a serem falsas. Por outras palavras, o estado da arte é, nesta matéria, muito incompleto ainda.

PR: E em relação à actividade vulcânica?

JCR: Repare, se existir uma erupção grande, como houve recentemente nos finais do século passado, pode provocar um efeito que dura no sistema 4 a 5 anos e depois é reabsorvido. A única coisa que poderá vir a acontecer é, se durante esses 4 ou 5 anos, esse efeito fizer com que o sistema mude de regime. Mas não é o que se tem vindo a observar.

AMS: Não tem acontecido, mas também ainda não há tempo suficiente para o dizermos com toda a certeza...

JCR: Mas, em princípio o efeito directo dura 4 a 5 anos.

AMS: Há ainda outra questão. Se considerarmos uma escala temporal

elevada, verifica-se que a actividade vulcânica era mais elevada e regular há 250 ou 500 anos que a actividade vulcânica nos últimos 100 anos.

JCR: A questão não é fácil. Este aumento da concentração de gases com efeito de estufa já vem desde há umas largas dezenas de anos. No entanto, aqui em Portugal, entre os anos 40 e 70, do século passado, houve uma tendência negativa das temperaturas médias...

PR: ... apesar de ter aumentado a percentagem de dióxido de carbono.

AMS: O que não aconteceu apenas em Portugal, mas sim em todo o mundo. Por exemplo houve um aumento da temperatura média global entre 1915 e 1945 que foi superior ao observado entre 1978 e 1999, e a quantidade de dióxido de carbono lançado pelo homem para a atmosfera nesse período foi cerca de 20% do que lança actualmente

JCR: Então, em que é que ficamos? Dá a ideia que a temperatura média à superfície deveria ter vindo sempre a aumentar, o que não aconteceu. Além disso, não é ainda claro que o aumento da temperatura média global não vá produzir efeitos de realimentação ou retroacção negativos. Por exemplo, embora haja estudos feitos nesse sentido que não são conclusivos, hoje especula-se se a circulação termohalina do Atlântico norte se vier a alterar, em consequência do aquecimento global, se então a Europa pode vir a experimentar, não um aumento mas um decréscimo da temperatura média. Portanto, a ser assim, em vez

“hoje especula-se se a circulação termohalina do Atlântico norte se vier a alterar, em consequência do aquecimento global, se então a Europa pode vir a experimentar, não um aumento mas um decréscimo da temperatura média.”

de estarmos a caminhar para o aquecimento podemos, na Europa, estar a caminhar para um arrefecimento; ou, poderá acontecer que o tal aquecimento previsto seja extremamente minorado podendo a temperatura média vir a ficar quase na mesma. Agora, será que a circulação termohalina se vai alterar? Não sabemos.

AMS: Pelos estudos, que não estão confirmados, nomeadamente o desenvolvido pela escola dinamarquesa, que ligaram o aumento da actividade solar com o aumento da temperatura do globo através da redução da cobertura de nuvens, esta redução é devida à redução da radiação cósmica na Terra, que se observa quando a actividade solar aumenta, ou seja, a actividade magnética solar aumenta e em consequência também aumenta o escudo contra os raios cósmicos que atingem a Terra. Temos assim o efeito indirecto da actividade solar sobre a temperatura do globo, através da sua acção na formação de nuvens. Portanto se houver menos nuvens reflectoras, diminui o albedo, logo a temperatura poderia aumentar. Esta é outra situação, embora não confirmada, que está em cima da mesa para explicar o aumento da temperatura da Terra.

PR: Com o abandono dos CFCs e HCFCs tudo indica que o “buraco” do ozono se irá fechar. Nesse caso, deixará de existir um escape para os ditos gases com efeito de estufa?

JCR: Se o “buraco” do ozono estiver a fechar-se, ou melhor se as concentrações de ozono na estratosfera estiverem a aumentar, isso faz com que a absorção do ultravioleta aumente, nada tendo a ver com o escape de gases com efeito de estufa para o espaço.

AMS: É duvidoso que tenham sido os CFCs a produzir o “buraco”.

JCR: Mas, os gases com efeito de

estufam não se escapam. Porque o aquecimento global é à superfície, na estratosfera há um arrefecimento. Se a concentração do ozono aumentar, vai haver maior absorção na estratosfera, e portanto esse arrefecimento de origem antropogénica na estratosfera vai ser de alguma forma compensado pela reposição das concentrações de ozono. Mas, o “buraco” do ozono não

intencões. Os próprios que as defendem continuam a agir da mesma forma. As pessoas dificilmente fazem sacrifícios hoje, para evitar um aquecimento que irá manifestar-se daqui a 50 anos, até porque não há certeza de que tal venha de facto a acontecer. Nós sabemos, por exemplo, que daqui a umas dezenas de anos vai passar o cometa Halley. Se entretanto os astrónomos vierem

um ano ou dois atrás, os modelos radiativos actuavam off-line. Isto é, as emissões, com o auxílio de modelos químicos, são transformadas em concentrações, estas são transformadas em forçamentos radiativos, recorrendo a modelos radiativos, e são esses forçamentos que constituem a entrada nos modelos de clima. Portanto, a componente radiativa não está, (não

“Os estudos e modelos, de que hoje dispomos, indicam que se as concentrações de gases com efeito de estufa não ultrapassarem um valor crítico, então, virá a dar-se um aquecimento do planeta mas depois o sistema absorverá esta perturbação e o clima voltará a ser o que era. Mas, se as concentrações ultrapassarem um determinado valor crítico, o sistema vai de facto afastar-se definitivamente do clima que conhecemos. Esse ponto de não retorno está localizado entre as 700 a 800 partes por milhão em volume de concentração equivalente em dióxido de carbono, valor do qual ainda nos encontramos afastados. Esse número também não é matematicamente deduzido; é apenas um valor aproximado de referência.”

facilita nem dificulta o escape de gases com efeito de estufa para o espaço. Uma ideia que está a ser desenvolvida e que vem nesta linha, sublinha que, se de facto o aumento de gases com efeito de estufa contribui para o aquecimento do planeta, o que me parece lógico mesmo que não seja a única causa, e se por outro lado e previsivelmente a actividade humana não vai ter a redução necessária para contrariar esse aquecimento, na percentagem que seria necessária, o aquecimento irá continuar e portanto nós temos que resolver o problema de outra maneira, provocando o arrefecimento. Como? Por exemplo, aumentando o albedo. Não é o Protocolo de Quioto que vai arrefecer a atmosfera! Uma forma muito mais eficaz de contrariar o reforço do efeito de estufa de origem antropogénica, poderá vir a ser o aumento do albedo planetário, também ele provocado pelo homem! Estão neste momento a ser desenvolvidos estudos, relativos à construção de sistemas de engenharia, a uma escala planetária, cuja missão é a de reenviar para o espaço a radiação solar, aumentando o albedo planetário, e compensando os efeitos das concentrações excessivas dos gases com efeito de estufa, com uma diminuição da radiação solar absorvida. Repare, o princípio da precaução não passa de

a provar que este cometa vai chocar com a terra, se calhar tomam-se medidas. Não se passa o mesmo com os cenários de alterações climáticas. Ainda temos outro aspecto. Os estudos e modelos, de que hoje dispomos, indicam que se as concentrações de gases com efeito de estufa não ultrapassarem um valor crítico, então, virá a dar-se um aquecimento do planeta mas depois o sistema absorverá esta perturbação e o clima voltará a ser o que era. Mas, se as concentrações ultrapassarem um determinado valor crítico, o sistema vai de facto afastar-se definitivamente do clima que conhecemos. Esse ponto de não retorno está localizado entre as 700 a 800 partes por milhão em volume de concentração equivalente em dióxido de carbono, valor do qual ainda nos encontramos afastados. Esse número também não é matematicamente deduzido; é apenas um valor aproximado de referência.

PR: Esse número tem equivalência para a temperatura? Podemos fazer essa relação?

JCR: Não podemos fazê-la directamente. Essa relação é feita por modelos radiativos que são mais ou menos rudimentares. Neste momento, já se está a investigar a forma de esses modelos operarem dentro dos modelos de clima. Até há

tem estado), dentro dos modelos de clima. Esta é uma deficiência que os novos modelos do Hadley Centre, (centro de investigação do Serviço Meteorológico inglês) - que não serão apenas modelos de clima mas sim modelos ambientais, onde o clima estará incluído - corrigirão.

PR: E os oceanos? Mesmo em termos relativos, como influenciam o clima? Foram já feitos estudos nesse sentido? Qual o estado da ciência nesta área?

JCR: Os oceanos são um reservatório de dióxido de carbono. Parte do dióxido de carbono lançado para a atmosfera é reabsorvida pelos oceanos. O aumento das concentrações de gases com efeito de estufa é parcialmente compensado pela absorção dos oceanos. Logo os oceanos têm um papel crucial.

AMS: Este processo de absorção dos gases pelo oceano está relacionado com a temperatura do oceano. A absorção de um gás pelo líquido depende da temperatura a que está o líquido, é uma lei da física.

PR: A distribuição da temperatura e os próprios sumidouros de calor que existem nos oceanos têm grande importância para esse processo...

JCR: Enorme. Imagine duas regiões, junto de costas, à mesma latitude, uma a leste e outra a oeste; os climas dessas regiões são completamente diferentes. Porque naquela região que está situada na zona oriental dos oceanos, na costa ocidental de um continente, normalmente há correntes frias e, por efeito do atrito, há o fenómeno do ressurgimento de águas frias; são regiões onde podem existir desertos, como por exemplo o deserto

“Um fenómeno isolado não permite retirar conclusões estatísticas”

de Benguela, junto à costa africana sob a influência da corrente fria de Benguela; o ressurgimento de águas frias verifica-se também junto à costa portuguesa no Verão. No oceano adjacente à costa oriental de um continente existem correntes quentes, como é o caso da corrente do Golfo e, por consequência, as massas de ar frio que vêm dos continentes são aquecidas por baixo, desestabilizam e formam-se tempestades com precipitações abundantes.

PR: Quanto ao estado da arte...

JCR: Em termos de observações, a cobertura do oceano global é muito deficiente, não se compara com a da atmosfera. Até porque é muito mais complicado, técnica e financeiramente, manter sistemas permanentes de observação nos oceanos. Em termos de modelação, acontece um pouco o mesmo, isto é a modelação oceânica ainda não atingiu o grau de operacionalidade da modelação atmosférica. Por outro lado as escalas espaciais e as escalas de tempo que caracterizam a simulação oceânica também são diferentes daquelas que caracterizam a atmosfera o que dificulta a modelação da interacção oceano-atmosfera. Agora, não temos dúvidas de que os melhores modelos de clima são os de acoplamento dos oceanos e da atmosfera. Repare, a temperatura da superfície dos oceanos é fundamental para saber onde vai haver convecção na atmosfera, logo onde vai haver precipitação, libertação de energia latente etc. Por outro lado, a atmosfera move-se de acordo com a distribuição, no seu

interior, de fontes e sumidouros de calor. O fenómeno “ENSO” (El-Niño - Southern Oscillation) é um exemplo disso mesmo.

PR: A detecção remota por satélite pode contribuir para o desenvolvimento do estudo e modelação dos oceanos? Recorde-se que há 20 anos pouco se sabia...

JCR: Há 20 anos já se sabia muita

coisa sobre os oceanos. Só que baseada nas observações que era possível fazer: irregulares e de curta duração. Os meios de observação melhoraram muito, e por isso hoje o conhecimento e a modelação dos oceanos é muito mais avançada em relação à que se fazia há 20 anos atrás. Agora, ainda há muito para aperfeiçoar em termos da interacção oceano - atmosfera. A dificuldade é a diferença de escalas de espaço e de tempo; a atmosfera pode mudar em horas, enquanto que alterações significativas nos oceanos ocorrem em semanas ou meses. Modelar interacções entre dois sistemas com escalas de espaço e de tempo tão diferentes, é muito complicado.

PR: As supostas mudanças climáticas já são um tema tão habitual nos media que qualquer fenómeno pouco frequente é logo a elas imputado. É inequívoco que a onda de calor de 2003 seja uma evidência das mudanças climáticas?

JCR: Não, não é. Um fenómeno isolado não permite retirar conclusões estatísticas (é o argumento habitual). Para além disso, posso dizer que há um estudo que aponta para a conclusão de que, o que se passou em 2003 é um sinal do que se vai passar com maior frequência no futuro. Só que este estudo não é, em meu entender, muito convincente do ponto de vista estatístico, dado que no Verão de 2003 temos apenas 92 dias. As estatísticas podem ser relevantes, mas não ao ponto de as poder comparar com períodos de 30 anos. Além disso, as temperaturas máximas que se utilizam para fins

climáticos, são temperaturas máximas anuais, para que essa série de valores extremos seja uma série com valores independentes uns dos outros. Ora, os valores da temperatura máxima dos 92 dias do ano de 2003 não são estatisticamente independentes. Mas nós, aqui no CGE, fizemos outro tipo de avaliação. De uma forma simplista para se perceber, fizemos um estudo das temperaturas máximas a esperar no futuro sobre a Europa, com base em resultados do modelo de clima HadCM3 - modelo global acoplado oceano-atmosfera de terceira geração - produzido pelo Hadley Centre. Verificámos que as temperaturas máximas geradas pelo HadCM3 são, no futuro, superiores às correspondentes ao clima de referência 1961-90, devido ao exacerbamento de um dos modos de variabilidade; ora, na onda de calor de 2003, não foi esse modo de variabilidade que aumentou de intensidade mas sim outro; assim, não nos parece que o ano de 2003 seja referência de um possível cenário futuro; os mecanismos que conduziram ao Verão quente de 2003, (não detectados pela estatística), não parecem ser os mesmos que indiciam Verões futuros mais quentes. Ondas de calor sempre existiram. Interessa é perguntar porque é que há ondas de calor ou de frio, como as que vivemos. Isso tem a ver com a circulação geral da atmosfera. Mais precisamente, a atmosfera tem de redistribuir o calor no seu interior, e essa redistribuição é feita pelos sistemas de tempo; os oceanos também cooperam nesse processo. Se não houver redistribuição, as zonas ou as latitudes mais baixas vão aquecendo progressivamente e as zonas ou as latitudes mais altas vão arrefecendo progressivamente. Ora, isso não se observa, nem é teoricamente admissível. Se essa circunstância se verificasse o gradiente meridional de temperatura seria excessivo e a atmosfera tornaria-se instável, dando origem a perturbações que reduziriam o gradiente excessivo. Que perturbações são estas? Podem ser as perturbações frontais, ou invasões de ar ártico para as latitudes mais

baixas, acompanhadas de invasões de ar mais quente para latitudes elevadas. Em suma, a circulação geral da atmosfera, está sujeita a constrangimentos, que resultam de leis físicas, e é por isso que há ondas de calor ou de frio, que sempre

“O clima não existe lá fora, é uma construção mental, são estatísticas que o criam... O que existe lá fora é o tempo.”

existiram e continuarão a existir independentemente das alterações climáticas serem ou não uma realidade.

PR: Ultimamente têm-se classificado sucessivamente, os anos de mais quentes. O que é que isso significa realmente? Não tivemos anos mais quentes no passado?

JCR: Num passado longínquo já tivemos anos bem mais quentes do que agora.

AMS: Recordo-me do ano 1981 em Évora, em que as temperaturas no Verão foram mais altas que em 2003. Évora não é o país, é verdade, mas em todo o país foi também um Verão excepcional.

Do ponto de vista da seca, o ano de 1975 também foi semelhante ao que estamos a ter agora e mais recentemente, no início dos anos 90 recordo-me que tivemos no Alentejo três anos consecutivos de seca.

PR: Mas tudo isso que é natural está a acontecer agora com maior frequência

JCR: Essa conclusão não é difícil de tirar. Repare, no futuro não se esperam fenómenos novos. O que se espera é uma alteração da intensidade e da frequência daquilo que nós já conhecemos. Agora, suponha que a temperatura tem uma distribuição gaussiana. Se o valor médio aumentar, a abcissa correspondente ao pico da distribuição desloca-se para valores mais elevados, implicando que a probabilidade de a temperatura exceder um determinado valor extremo, (máximo), aumenta e a probabilidade de a temperatura ser inferior a determinado valor mínimo, diminui. Para além disto, se houver maior variabilidade, a curva da

distribuição alarga e temos um novo reforço da probabilidade daquele elemento de clima exceder um determinado valor máximo. Se de facto a temperatura está a subir, é de esperar que as temperaturas extremas positivas (máximas), aumentem de

frequência e eventualmente de intensidade. Mas não está claro ainda que a frequência de ocorrência de ondas de calor tenha aumentado. O clima não existe lá fora, é uma construção mental, são estatísticas que o criam... O que existe lá fora é o tempo. Mas vamos admitir que nos últimos 10 anos houve mais ondas de calor que nos 10 anos precedentes. Dizer que isso é consequência do efeito de estufa ou do seu reforço de origem antropogénica é impossível assegurar. Nós podemos dizer que as alterações e as anomalias possam resultar das alterações climáticas. Mas mesmo que assim seja, não se pode dizer que são de origem antropogénica, porque há uma variabilidade natural que é preciso separar, dessa variabilidade forçada pela actividade humana. Mas, se a temperatura média do planeta à superfície está de facto a aumentar, então é de esperar que, caso essa

“Não me repugnaré aceitar que possa haver de facto uma alteração climática. Quantificá-la e atribuí-la exclusivamente à actividade humana são questões que estão em aberto.”

situação persista até aos anos 20 deste século, que o clima de 1991-2020 seja diferente do anterior e portanto, tudo o que está a acontecer, tudo o que nós observamos já é consequência dessa alteração, seja ou não um extremo. Agora, a pergunta - será que a onda de calor é resultante da alteração climática? – não faz muito sentido. É resultante, no sentido de que se há um aumento da temperatura. A atmosfera estar-se-á a mover de forma diferente daquela que aconteceu em 61-90 e por consequência isso significa que a ocorrência dos fenómenos que determinam o clima das diferentes regiões está a mudar, e a intensidade desses fenómenos poderá estar a mudar. No fundo é isto, o clima

resulta do comportamento da atmosfera no dia-a-dia; se há um aumento da temperatura, o que acontece é resultado disso? Claro que é resultado. Agora, o que não é possível dizer em seguida, é que é resultado da actividade humana apenas, ou principalmente a ela devida. Ninguém sabe ...

PR: Pese o facto de cientificamente não se poder concluir que estamos em fase de mudança climática e muito menos que a culpa seja da actividade humana, por mais que esta tenha tido repercussões atmosféricas negativas que hoje ainda não somos capazes de avaliar, resultaria imprudente subvalorizar o risco de uma mudança climática por potenciação artificial do efeito de estufa. Isto justifica que se especule? Qual a atitude correcta?

JCR: A minha opinião é esta: eu não estaria contra, isto é, não me repugna afirmar que o clima à escala global pode estar a mudar. O que eu não sei é quantificar de uma forma credível essa modificação, e consequentemente não posso dizer que vamos necessariamente aquecer ou arrefecer na Europa, etc. Porque há muitos factores que não estão esclarecidos e, acima de tudo, nós não entendemos como é que o

sistema está a funcionar e portanto há muita especulação apressada e não fundamentada. Não me repugnaré aceitar que possa haver de facto uma alteração climática. Quantificá-la e atribuí-la exclusivamente à actividade humana são questões que estão em aberto.

PR: Mistura-se aqui a ciência e a sua intervenção na sociedade e a maneira como está a ser utilizada... pergunto... está a sê-lo correctamente? Ou seja, o contributo que os cientistas estão a dar, por exemplo no projecto SIAM, (Scenarios, Impacts and Adaptation Measures), onde há professores catedráticos...

JCR: ...mas que não são de clima!

“O IPCC não tem escrito, em lado nenhum, que daqui a um século a temperatura e a precipitação terão determinados valores por causa dos gases do efeito de estufa.”

PR: O protocolo de Quioto que acaba de entrar em vigor, para além da questão do clima onde pode ter pouco significado, apresenta uma vertente muito positiva que é chamar a atenção das pessoas para a necessidade de sistemas energeticamente mais eficientes, o que é um benefício para a sociedade.

AMS: Eu acho que há aqui um equívoco. O IPCC não tem escrito, em lado nenhum, que daqui a um século a temperatura e a precipitação terão determinados valores por causa dos gases do efeito de estufa. Na realidade, não está escrito no último relatório elaborado, qual a contribuição, (valor quantitativo), das causas estritamente antropogénicas, (reforço dos gases de estufa), e das causas naturais, na alteração da temperatura média do globo. Ao apresentarem as incertezas, que afectam por exemplo o papel dos aerossóis ou das nuvens no cálculo do forçamento radiativo do sistema climático, salvaguardam portanto a sua posição. Em resposta relativamente à questão posta, se deveria haver um conjunto de cientistas a quem fosse encomendado esse estudo: pessoalmente não acho mal. Até acho bem, que haja um painel de cientistas que fosse arregimentado para fazer um estudo sobre o papel do reforço dos gases de estufa no aquecimento global. Como já disse anteriormente, não está escrito em lado nenhum, do seu relatório, que o aumento da temperatura observado, (cerca de 0.6°C desde o início do século passado), é devido ao aumento dos gases de estufa até porque reconhecem as enormes incertezas no papel de outros factores que contribuindo para as alterações climáticas, não são ainda convenientemente parametrizados ou até mesmo conhecidos. A interpretação, ou a leitura que cada cientista, ou cada grupo de investigação, retira desse relatório é que poderá obedecer a interesses que

muitas vezes nada têm a ver com a investigação e com a ciência. Passou a ser moda haver assuntos científicos que passaram a estar “na moda”, e portanto com fortes probabilidades de serem financiados. Creio que passou a ser este o modo de fazer investigação, nos últimos anos, onde estão em causa interesses, muitas vezes alheios à ciência e aos reais motivos de fazer investigação para progredir o conhecimento. Se um assunto está na moda, são mobilizados muitos recursos para a investigação desse assunto; por alguma razão deixa de estar na moda, e os financiamentos canalizados para o investigar cessam, independentemente dos resultados da investigação conseguidos sobre esse assunto. Praticamente toda a comunidade científica aceita isto como natural, e quem não aceita, terá muita dificuldade em sobreviver cientificamente! É como a história dos aerossóis, em que o seu período áureo já passou, independentemente de ainda não se ter conseguido quantificar o seu papel no forçamento global do Clima. Há 5 ou 10 anos

atrás, toda a gente que apresentasse projectos de aerossóis tinha os projectos aprovados. Neste momento a situação é mais complicada porque já passaram um pouco de moda; é como o “buraco” do ozono, que pelos vistos parece estar a “fechar e ninguém na comunidade científica se questiona agora qual a razão ou sobre as explicações antes aduzidas para “explicar” a sua formação. A pergunta é muito simples – se a causa que foi responsável pela diminuição da concentração do ozono – os (CFCs) que foram transportados até à estratosfera com tempos de resistência de mais de 100 anos-permanece, como é que o buraco está a fechar? Onde é que estão os CFCs cujo tempo de residência na atmosfera não foi ainda atingido? Acho que o problema não é haver ou não o painel intergovernamental pois acho que é normal haver um conjunto de cientistas que são solicitados a fazer um estudo; o problema é a utilização desse e de outros estudos que nada têm a ver com ciência mas com outros interesses!

JCR: Para corroborar o que a professora Ana Maria está a dizer, posso dizer-lhe que fui a um pequeno seminário na Inglaterra, em Cambridge, a convite do British

O Centro de Geofísica da Universidade de Évora é um centro de investigação criado em 1991 com o Programa Ciência, tem investigação reconhecida internacionalmente de excelência nas áreas de Física da Terra, em particular nos domínios da sismologia (fonte sísmica) e nos domínios da detecção remota aplicada à física da atmosfera e do clima. Recentemente adquiriu competências no domínio da física do Sol. Existe também um grupo de investigação no domínio da dinâmica não linear.

O que distingue o CGE dos outros é a componente de detecção remota ligada à física da atmosfera, que não há em mais parte nenhuma, com a mesma abrangência. Outro aspecto único no país é a sismologia, centrada no estudo da fonte sísmica e da propagação da energia a partir desta origem.

O CGE tem reputação internacional e também uma reputação nacional. A sua avaliação começou em Bom depois passou a Muito Bom para finalmente ser de Excelente. É o centro que dentro destas áreas tem a maior produção científica do país.

Council, intitulado *Local Solutions for Global Change*. Ali o que se defendia era a utilização de energias renováveis, dando exemplos de fábricas que utilizavam não os combustíveis habituais, mas outros, como por exemplo a palha. Mas, apercebi-me rapidamente que há uma

Esta visão catastrófica, por sistema, não só não é credível como nem sequer é científica; como dizia ironicamente um estatístico que cooperava num projecto internacional em que também participei, “as the policy makers say, in the future *extremes are the*

é urgente tomar consciência que quaisquer que sejam as perturbações que se introduzam, e não exclusivamente o dióxido de carbono, têm seguramente consequências. Do ponto de vista da contaminação do ambiente e da qualidade do ar e do ponto de vista

“O Homem tem que arranjar as soluções que, de forma sustentada, inteligente e com bom senso permitam gerir o sistema climático e a biosfera sem diminuir o estado de desenvolvimento da humanidade. Toda a gente sabe que os recursos são finitos, e toda a gente sabe que se contaminar a atmosfera e os oceanos, há-de se chegar a uma altura em que o sistema não tem mais capacidade para responder, ou então se responder será à custa de gastar mais recursos. Vivemos num planeta que tem recursos limitados e é uma questão de bom senso. Temos que gerir este sistema de um ponto de vista inteligente, reduzindo as perturbações em escalas de tempo, que confrontam as escalas de tempo naturais da terra.”

indústria em expansão, muito poderosa, à volta das energias renováveis. Essa indústria obviamente que tem interesses a defender, e insiste que temos que viver num mundo descarbonizado (como agora se diz). Eles criticam os Estados Unidos e a administração Bush de estar a defender interesses económicos, mas eles também estão a defender interesses económicos, portanto o princípio é o mesmo. Quando eu falei, já sabia qual era a resposta mas perguntei para os picar: mas então, se nós estamos realmente nestes perigos devido à utilização do carbono, porque não recorrer à energia nuclear que também tem perigos, mas que não vai contribuir da mesma forma para alterar o clima? Eu nem sequer tive uma resposta porque esta foi do tipo – o melhor é nem falar nisso porque se nós tivéssemos tido o dinheiro que foi atribuído aos estudos nucleares onde é que nós já não iríamos? Isto mostra que há grandes interesses em jogo (subterrâneos obviamente), e que vão até ao limite referido pela Professora Ana Maria.

AMS: E para se ter grande sucesso não tem necessariamente que se ser especialista da área, muito pelo contrário ...

JCR: Ainda hoje estava a pensar, e até me ri comigo mesmo porque de acordo com o SIAM, nós vamos para uma situação onde só há catástrofes.

normal”. Perde-se a noção de catástrofe porque só há catástrofes. E, ninguém fala das vantagens de uma eventual alteração do clima; assisti a uma palestra em Bruxelas, proferida por Lennart Bengtsson em que este anunciou e descreveu as dez vantagens que resultariam da fusão da calote polar no Ártico! Claro que Lennart Bengtsson é um cientista e não faz ciência politicamente orientada.

Gostaria apenas de acrescentar que os primeiros cenários do clima futuro para Portugal continental foram elaborados por uma equipa que orientei, e resultam de investigação feita em Portugal e não da importação de cenários obtidos por outros.

AMS: A contribuição que os gases de estufa têm, em termos quantitativos, no aumento da temperatura média observada do Globo é ainda desconhecida. Não classificaria os gases de estufa como maus ou bons do ponto de vista do Clima, como parece ser essa a corrente geral. Diria que é preocupante e é necessário perceber que todas as perturbações que o homem fizer, seja para contaminar a atmosfera aumentando a concentração dos gases de estufa ou outros, seja para acabar com as florestas, isto é, para perturbar o sistema de forma desenfreada, descontrolada em escalas de tempo que não são as naturais, têm consequências certamente graves no sistema climático. Acho portanto que

energético, parece evidente que as emissões desenfreadas destes gases são altamente nocivos. Acho portanto que o Homem tem que arranjar as soluções que, de forma sustentada, inteligente e com bom senso permitam gerir o sistema climático e a biosfera sem diminuir o estado de desenvolvimento da humanidade. Toda a gente sabe que os recursos são finitos, e toda a gente sabe que se contaminar a atmosfera e os oceanos, há-de se chegar a uma altura em que o sistema não tem mais capacidade para responder, ou então se responder será à custa de gastar mais recursos. Vivemos num planeta que tem recursos limitados e é uma questão de bom senso. Temos que gerir este sistema de um ponto de vista inteligente, reduzindo as perturbações em escalas de tempo, que confrontam as escalas de tempo naturais da terra.

JCR: Convém ainda dizer o seguinte: os modelos de clima são plausíveis, consistentes e possíveis, mas não são necessariamente prováveis; além disso há que investigar os impactos, de actividades não ligadas ao clima e compará-los com os impactos de uma alteração climática; há casos em que os primeiros são muito mais gravesos que os segundos.

PR: Em relação a Quioto os que estão a favor são os bons, os outros são “os amigos das petrolíferas” ? Ou por outro lado está-se apenas a exarcebar

os riscos dos gases do efeito de estufa para justificar a aplicação da energia nuclear ainda muito odiada depois dos acidentes que houve no século passado?

AMS: Haverá com certeza alguns que tomem essas posições, eu não sei... Há com certeza pessoas que defendem Quioto que estão convencidas que vai contribuir para não haver aquecimento global, e há aquelas que acham que não. Do pouco que eu sei do sistema climático, das escalas a que tudo se passa, ou seja da sua complexidade e da dificuldade em o compreender, parece-me claro que todas as perturbações que o homem colocar no sistema em escalas de tempo diferentes da natural têm evidentemente um impacto. Por outro lado urge gerir os recursos

energéticos de forma mais eficiente e menos agressora do ponto de vista ambiental, que não ponha em causa a qualidade do ar que respiramos, da água que bebemos, e dos alimentos que comemos. O que sei é que mesmo os países que assinaram o protocolo de Quioto, não têm na prática reduzido efectivamente as suas emissões de gases de estufa, e que a procura sistemática e regular de sistemas alternativos de produção e de gestão de energia também neles não é visível.

JCR: Como a professora Ana Maria disse, pode haver pessoas que têm interesses a defender e pode haver outras que estejam a ser sinceras; mas, do lado das renováveis há certamente interesses poderosos a defender e, os interessados não estão no fundo preocupados com o planeta;

viram nesta problemática uma oportunidade para avançar com as suas propostas; tais pessoas podem ser tão honestas ou tão desonestas como as outras. O que se sabe é que neste momento as energias renováveis são muito caras e não são tão eficientes quanto as convencionais. Há uns anos atrás quando o Instituto de Meteorologia foi para o edifício que agora ocupa pediu-se um estudo sobre o sistema de condicionamento ambiental a utilizar; a opinião da direcção era que se utilizassem painéis solares, energias renováveis. O professor Rui Rosa, então no LNETI, recomendou bombas de calor e caíram-lhe todos em cima porque obviamente ele não foi politicamente orientado. Por outro lado a energia nuclear, continua a ser pelo menos digna de ser considerada, face aos perigos anunciados de uma alteração climática.