

○ Ozono sobre a Antártida

FILIPE DUARTE SANTOS

Departamento de Física, Fac. de Ciências da Univ. de Lisboa

O desenvolvimento económico está, hoje em dia, firmemente baseado na actividade científica e tecnológica a nível nacional e internacional. Para satisfazer solicitações cada vez mais diversificadas e extensivas é necessário produzir quantidades crescentes de energia, desenvolver o aproveitamento dos recursos naturais, construir equipamentos mais versáteis e sofisticados, criar novas técnicas de produção e encontrar novos produtos químicos para uma multiplicidade de aplicações. Toda esta actividade industrial gera resíduos de matérias que embora essenciais nos processos de funcionamento e produção não são consumidos nesses processos. Estes resíduos tendem a acumular-se na finíssima camada a superfície da Terra formada por continentes, oceanos e atmosfera na qual existe vida.

É extremamente difícil conhecer com segurança o percurso e a dinâmica na biosfera de determinado produto químico residual de um novo processo. Pode prever-se muita coisa sobre o seu impacto ambiental mas o inesperado é sempre possível. E, na realidade, deu-se algo de imprevisto e grave com determinados produtos químicos designados comercialmente por freões e que têm o nome científico de hidrocarbonetos clorofluorados ou abreviadamente CFCs.

1. Os CFCs e as medições do ozono estratosférico sobre a Antártida

Este tipo de compostos químicos, descobertos em 1920, foram inicialmente utilizados como fluidos de conversão de calor em frigoríficos e aparelhos de ar condicionado e mais tarde em atomizadores para perfumaria, electrónica, medicina, etc. Os CFCs são utilizados para impelir a substância activa através da

pequena saída do atomizador formando assim um aerossol. Utilizam-se também para outros fins como solventes e na produção de espumas plásticas isolantes. Têm propriedades notáveis dado que entram em ebulição entre -40°C e 0°C , não são inflamáveis, não são tóxicos, os custos de produção são relativamente baixos e quimicamente são muito estáveis. Tudo qualidades que os tornam substâncias ideais para uma grande variedade de utilizações. A estabilidade química impede a reacção com o oxigénio e com as substâncias orgânicas que os tornaria tóxicos para os seres vivos. A partir de 1950 começaram a ser produzidos em grande escala e devido à sua fraquíssima reactividade previu-se que deveriam permanecer durante longo tempo na atmosfera. A Fig. 1 mostra

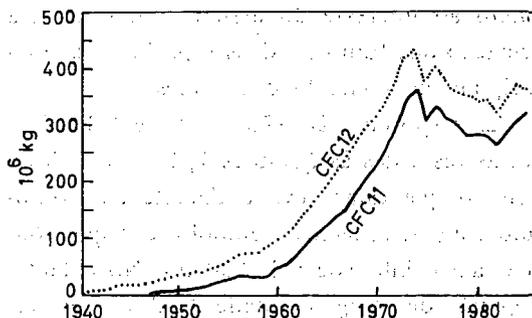


Fig. 1 — Massa total, em unidade de 10^6Kg , de CFC11 e CFC12 acumulados na atmosfera. Os dados foram obtidos dos relatórios da «Chemical Manufacturers Association» U.K. e não incluem a produção dos CFCs nos países do leste da Europa.

o aumento da concentração na atmosfera de dois dos CFCs mais utilizados — CFC11 e CFC12 — desde 1940 a 1985.

A outra parte desta história tem como protagonistas uma equipa de investigadores ingleses que em 1982 realizaram na Antártida medições do ozono atmosférico. O ozono é um gás azul

claro de odor penetrante, venenoso, mesmo em pequenas concentrações, e com uma molécula formada por três átomos de oxigénio (O_3). É produzido nas descargas eléctricas, naturalmente nas trovoadas e artificialmente em equipamento eléctrico de alta voltagem. O ozono pode também ocorrer na atmosfera perto do solo por efeito de reacções fotoquímicas que envolvem a luz solar e poluentes atmosféricos. Além deste ozono que aparece em muito pequenas quantidades na baixa atmosfera, próximo da superfície terrestre, há também uma larga camada de ozono na estratosfera entre os 16 e 40 Km de altitude. Este ozono é essencial para garantir a permanência da vida na Terra.

As medições da concentração de ozono numa coluna de atmosfera feitas na Antártida em 1982 pelos cientistas ingleses foram realizadas com um espectrofotómetro relativamente antigo, que já estava em uso há bastantes anos. O chefe da expedição, Joe Farman, ao obter valores muito mais baixos do que os obtidos anteriormente no mesmo local ficou de tal modo surpreendido que esperou pela chegada de um novo instrumento de Inglaterra antes de publicar os resultados. Em Outubro de 1984 após novas medições efectuadas com o espectrofotómetro recém-chegado, a equipa de investigação estava plenamente segura. Na estratosfera, por cima da baía de Halley, o ozono tinha diminuído em cerca de 30%. Medições efectuadas em outros pontos da Antártida conduziam à mesma conclusão. Os resultados de Joe Farman e dos seus colaboradores foram publicados na revista Nature em 16 de Maio de 1985 e a partir daí desenvolveram-se grandes esforços para conhecer a causa daquilo que ficou conhecido como o buraco no ozono sobre a Antártida.

Os novos resultados eram surpreendentes e incompreensíveis. Uma pequena história ilustra bem como o buraco no ozono era completamente inesperado. Deste 1978 que o satélite meteorológico Nimbus 7 fazia medições da concentração de ozono sobre a Antártida usando espectrofotómetros especiais construídos e utilizados pelos americanos. Porém de 1982 a 1984 os resultados obtidos não indicavam o

decréscimo observado pelos ingleses. Após a publicação na Nature os cientistas americanos foram rever os seus métodos e verificaram que as medições efectuadas a bordo do satélite eram processadas automaticamente por computadores que tinham sido programados para rejeitar valores da concentração de ozono situados abaixo de determinado limiar. Nestes casos o programa substituíu o valor medido pelo limiar, tal era a confiança dos cientistas americanos em que a concentração de ozono não devia ter grandes variações. Felizmente os dados automaticamente rejeitados pelo computador puderam ser recuperados e confirmados inteiramente o decréscimo no ozono relatado pelos ingleses. Um episódio que ilustra bem a necessidade de, em ciência, não limitar a capacidade de um projecto com preconceitos mal fundamentados.

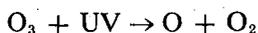
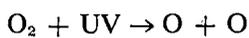
A partir de 1985 defenderam-se várias teses para explicar o decréscimo do ozono sobre a Antártida mas apenas em Novembro de 1987, numa «workshop» realizada em Berlin, se começou a compreender que a causa está nos CFCs acumulados na atmosfera. Estava-se perante o primeiro exemplo inequívoco de uma alteração importante na composição da atmosfera provocada pela actividade humana e potencialmente com consequências letais para a humanidade.

2. Absorção da radiação ultravioleta solar pela camada de ozono estratosférico

Mas afinal porque razão o ozono da estratosfera é tão importante para a vida humana? O Sol emite radiações electromagnéticas que vão desde o infravermelho até aos raios X, passando pela região do visível e pela radiação ultravioleta (UV). O máximo de intensidade no espectro da radiação solar situa-se na região do visível para comprimentos de onda próximo de $\lambda = 500$ nm. Contudo o Sol emite também na região do ultravioleta na qual os fotões têm uma energia da ordem de $E = 12.4$ eV muito superior à energia na região do visível. Ao colidirem com as moléculas os fotões originam reacções fotoquímicas. Quanto mais

energético é o fóton maior é a sua capacidade de dissociar moléculas. Este facto tem especial importância para as moléculas orgânicas que são relativamente frágeis, isto é, têm baixas energias de ligação e por isso são mais susceptíveis de se dissociarem por acção dos fótons.

A radiação UV com comprimentos de onda compreendidos entre 290 nm e 320 nm é biologicamente activa, capaz de destruir moléculas orgânicas, sendo frequentemente designada por UV-B. Radiação com comprimentos de onda menores do que 290 nm é ainda mais activa e destrói os ácidos nucleicos RNA e DNA e proteínas essenciais à vida. Todas estas radiações estão presentes no espectro solar e chegam ao topo da atmosfera terrestre mas apenas uma fracção muito pequena atinge a superfície devido à absorção pelo ozono e pelo oxigénio atmosféricos. A absorção da radiação UV é precisamente uma reacção fotoquímica. Fundamentalmente tem-se a seguinte cadeia de reacções:



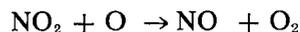
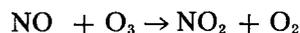
A molécula M serve de catalisador e é um dos constituintes da atmosfera, geralmente o azoto. O efeito da radiação UV solar com comprimentos de onda menores do que 190 nm nas moléculas de oxigénio (O_2) estratosférico é produzir ozono e aquecer a estratosfera já que as moléculas catalisadoras M adquirem energia cinética na reacção em que intervêm. A maior parte da radiação UV solar com comprimento de onda menor do que 240 nm é absorvida pelas moléculas O_2 . Note-se que a concentração de ozono não cresce indefinidamente porque o ozono também se dissocia por acção dos fótons UV. O ozono por ter menor energia de ligação do que o oxigénio molecular dissocia-se por impacto com fótons UV de energia mais baixa. Praticamente toda a radiação com comprimento de onda entre 230 e 290 nm que penetra na atmosfera é absorvida pelo ozono estratosférico, não chega à tro-

posfera e muito menos à superfície. Conclui-se pois que o ozono atmosférico funciona como um escudo protector da vida à superfície da Terra absorvendo grande parte da radiação UV. A permanência de ozono na estratosfera resulta de um equilíbrio dinâmico em que intervem um grande número de reacções e deve-se fundamentalmente ao facto de o oxigénio ser muito abundante na atmosfera da Terra.

Há outros mecanismos capazes de destruir o ozono, além das reacções indicadas. Efectivamente átomos de oxigénio podem combinar-se com o ozono dando origem a duas moléculas de O_2 :



Existem também processos importantes de consumo de ozono em que uma determinada molécula, por exemplo, o óxido de azoto (NO) serve de catalisador:



Repare-se que a mesma molécula de NO pode acionar um grande número de reacções em que o ozono é destruído. Um par equivalente de reacções em que o cloro substitui o NO é extremamente eficiente no consumo de ozono.

Para se fazer um estudo quantitativo do balanço do ozono na atmosfera é necessário aos químicos proceder a cálculos que envolvem interacções entre cerca de 50 compostos e um número comparável de reacções de fotodissociação. É extremamente difícil neste contexto prever quantitativamente o efeito resultante de adicionar uma nova substância química, por exemplo o cloro.

Se se perturba significativamente a composição química da estratosfera ela leva um certo tempo a restabelecer o seu equilíbrio. O tempo gasto depende da altitude. Acima dos 40 Km o equilíbrio atinge-se passados apenas poucos minutos. A altitudes inferiores a 30 Km são necessários vários dias. Dado que as reacções determinantes para reestabelecer o equilíbrio são reacções fotoquímicas

induzidas pela luz solar os processos de dissociação e associação são influenciados pelo ciclo diurno. A baixa estratosfera está também a receber constantemente um fluxo de oxigénio proveniente da tropoesfera. Tudo isto significa que a estratosfera não está nunca numa situação de completo equilíbrio e medições de ozono feitas ao longo de 24h mostram que a concentração aumenta durante a noite e diminui durante o dia. O ozono está a ser produzido e destruído constantemente na atmosfera por meio de interacções que envolvem a luz solar e o oxigénio. Assim o ozono não é uma reserva natural finita tal como o petróleo que poderá ser consumido até à completa exaustão das reservas. O que pode acontecer é uma deslocação do ponto de equilíbrio entre as várias reacções químicas no sentido de uma maior ou menor concentração do ozono na estratosfera. Em qualquer caso haverá sempre alguma produção de ozono a partir do oxigénio presente na atmosfera.

3. Origem do ozono

A presença de oxigénio e consequentemente de ozono na atmosfera é, em última análise, uma consequência da existência de vida sobre a Terra. Efectivamente sabe-se que a primeira atmosfera da Terra, formada durante a solidificação da crosta, era essencialmente constituída por vapor de água (cerca de 80%), dióxido de carbono (cerca de 12%), dióxido de enxofre (cerca de 7%) e por pequenas quantidades de azoto, além de outros gases minoritários tais como SH_2 , CH_4 e NH_3 . Tal atmosfera teve a sua origem nas emanações de carácter vulcânico provenientes do interior da Terra após o aquecimento provocado pelos elementos radioactivos. A sua composição era pois muito próxima dos gases expelidos na actividade vulcânica observada actualmente. Com o arrefecimento da superfície da Terra deu-se a condensação do vapor de água e formação dos oceanos. Neste período da história da Terra não havia oxigénio na atmosfera

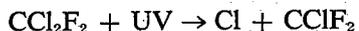
e consequentemente a radiação UV atingia a superfície. Não sabemos ao certo como se formou a vida mas provavelmente teve o seu início na água, nos oceanos e lagos a pequenas profundidades, da ordem de 10 m, suficientes para proteger os microorganismos da radiação UV. A radiação UV quebra as moléculas de H_2O libertando hidrogénio e oxigénio. Por sua vez o oxigénio atómico forma oxigénio molecular que, ao subir até às altitudes da estratosfera, origina ozono através das reacções já referidas. Deste modo formou-se uma camada de ozono que travou a dissociação das moléculas de H_2O pela radiação UV e estabilizou a concentração de oxigénio.

Entretanto a vida continuou a evoluir e com o aparecimento da fotosíntese há cerca de 2.7×10^9 anos a quantidade de oxigénio na atmosfera começou a aumentar consideravelmente até atingir a actual concentração de 23%. Com o aumento da concentração de oxigénio tornou-se possível o desenvolvimento da função respiratória nos seres vivos, permitindo a evolução para formas de vida com crescente complexidade. Simultaneamente com o aumento do oxigénio formou-se a camada de ozono estratosférico que desempenhou o importantíssimo papel de absorção da radiação UV solar. Sem oxigénio livre na atmosfera não teríamos respiração e consequentemente não haveria vida humana. Por outro lado sem oxigénio não haveria uma camada de ozono estratosférico, a radiação UV penetraria profundamente até atingir a superfície da Terra e a vida tornar-se-ia impossível.

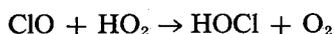
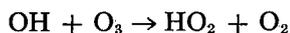
4. Efeitos dos CFCs sobre o ozono estratosférico

Quais os mecanismos que relacionam a acumulação de CFCs na atmosfera com a diminuição do ozono estratosférico? Porque razão o decréscimo do ozono estratosférico é particularmente intenso na Antártida? Actualmente temos grande parte das respostas a estas perguntas mas há ainda muito por esclarecer.

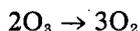
Sabia-se desde 1973 que a presença dos CFCs na alta atmosfera provoca a libertação de cloro por acção da radiação UV solar. Considerando os CFCs mais comuns (F-11, CCl_3F ; F-12, CCl_2F_2) como exemplos tem-se:



Na presença de átomos de cloro, muito reactivos por terem um número ímpar de electrões, pode dar-se o ciclo de reacções:



Repare-se que as primeiras três reacções dão-se na ausência da radiação solar enquanto que na última ela é essencial. Nesta reacção liberta-se cloro que pode originar um novo ciclo. O resultado final é:



ou seja a transformação de ozono em oxigénio.

Normalmente há pouco cloro livre na atmosfera. Porém as condições que existem sobre a Antártida no inverno são extremamente favoráveis à libertação do cloro contido nos CFCs. Temperaturas muito baixas e condições de estabilidade na estratosfera conduzem à formação de nuvens estratosféricas polares (NEP) constituídas essencialmente por cristais de ácido nítrico e água. As NEP foram apenas investigadas de modo sistemático depois de termos acesso à observação por satélite mas os pioneiros da exploração antártica já as tinham referido nos seus relatos. Para temperaturas da ordem de -83°C formam-se na estratosfera cristais cuja superfície favorece a ocorrência de reacções químicas libertadoras de cloro. No Ártico as temperaturas estratosféricas não são tão baixas, há menor estabilidade na atmosfera porque o vórtice polar formado no inverno não é tão pronunciado, dura menos tempo e consequentemente as

condições não são tão favoráveis à libertação do cloro.

A presença de quantidades apreciáveis de cloro na estratosfera sobre a Antártida no Inverno não é suficiente para que se dê o ciclo de reacções (1) pois que a ausência da luz solar impede a última reacção do ciclo. Apenas na Primavera do hemisfério Sul, isto é em Setembro e Outubro a radiação UV solar permite a libertação dos átomos de cloro e consequentemente o fecho do ciclo de reacções que provocam a destruição do ozono. Entre 14 e 18 Km a estratosfera perde mais de 70% do seu ozono durante Outubro. A partir deste mês as NEP tendem a evaporar-se, as condições da estratosfera sobre a Antártida regressam a uma situação normal, próxima da que se observa em outros pontos do globo e a concentração de ozono começa a aumentar. Porém os valores da concentração observados no Outono durante a década de 80 foram substancialmente mais baixos do que os observados nos mesmos meses durante a década de 70. A Fig. 2 mostra a variação na concen-

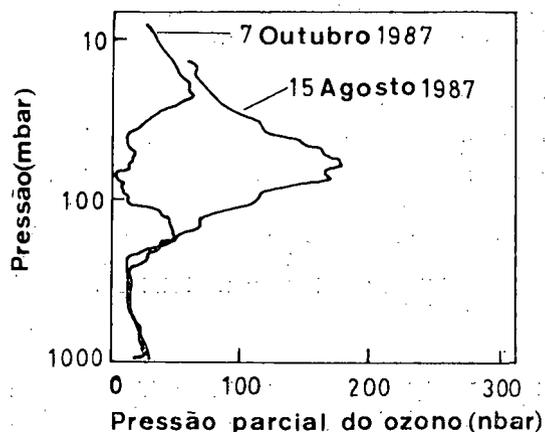


Fig. 2 — Variação da pressão parcial do ozono com a altitude sobre a baía de Halley em 15 de Agosto e 7 de Outubro de 1987 obtida em medições efectuadas por J. Farman.

tração de ozono com a altitude (representada através da pressão atmosférica) sobre a baía de Halley nos dias 15 de Agosto e 7 de Outubro de 1987. A grande variação observada a altitudes da ordem dos 15 Km resulta

de completar o ciclo de reacções (1) através da radiação solar directa.

Em conclusão; a presença de cloro proveniente dos CFCs, associada às temperaturas muito baixas e à estabilidade da massa de ar estratosférico sobre a Antártida são responsáveis pela formação sazonal de um gigantesco buraco na camada de ozono com uma área comparável à dos Estados Unidos da América e uma espessura próxima da altura do monte Everest.

A Fig. 3 mostra a correlação entre o valor médio da concentração de ozono no mês de Outubro e a concentração de cloro. A curva a cheio, que representa a concentração de cloro,

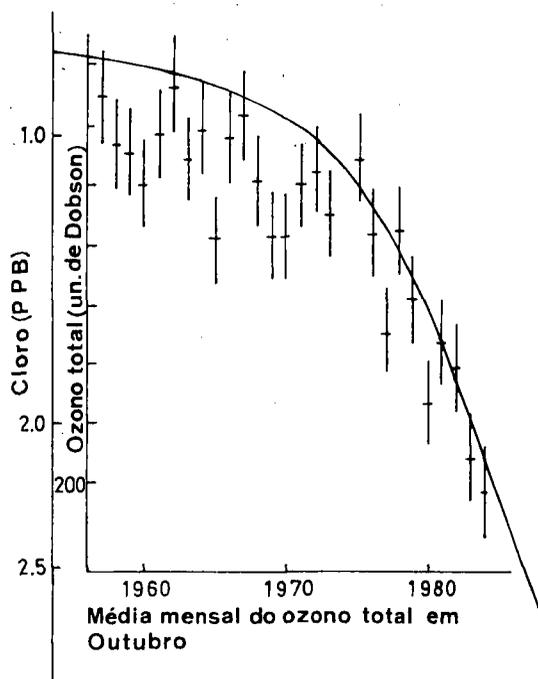


Fig. 3—Medições do ozono total em unidades Dobson para a baía de Halley durante o mês de Outubro. Uma unidade Dobson corresponde a uma espessura de 10^{-3} cm quando todo o ozono de uma coluna de atmosfera é colocado à pressão ao nível do mar e a uma temperatura de 0°C . A curva a cheio representa a concentração de moléculas com cloro (essencialmente CFCs) medidas (em partes por bilião) no mesmo local.

está invertida conforme se deduz da escala da esquerda. Assim ao aumento da concentração dos CFCs está associada uma diminuição da concentração do ozono. Será que a Antártida

é a única região afectada ou há outras regiões no globo onde se assiste a uma diminuição da concentração média de ozono?

Dados recentes obtidos com o espectrómetro do satélite Nimbus 7 revelam que a concentração de ozono estratosférico no hemisfério Sul tem diminuído em latitudes que vão até 45°S correspondentes às extremidades da América do Sul, Austrália e Nova Zelândia. Nos últimos anos medições realizadas na Primavera à latitude do sul da Nova Zelândia indicam reduções na concentração da ordem de 20% relativamente aos valores obtidos antes de 1979. Note-se que a concentração de ozono varia com o ciclo solar aumentando no máximo de actividade solar devido a um maior fluxo da radiação UV. O último máximo deu-se em 1979 e actualmente estamos novamente próximos de um máximo. É possível que o aumento da actividade solar venha contribuir para recuperar em parte o ozono perdido sobre a Antártida devido ao efeito dos CFCs. Contudo há já indicações de um decrescimento da concentração de ozono nas latitudes médias do hemisfério norte. As medições efectuadas a partir de 1930 em Arosa na Suíça, representadas na Fig. 4, constituem um exemplo significativo.

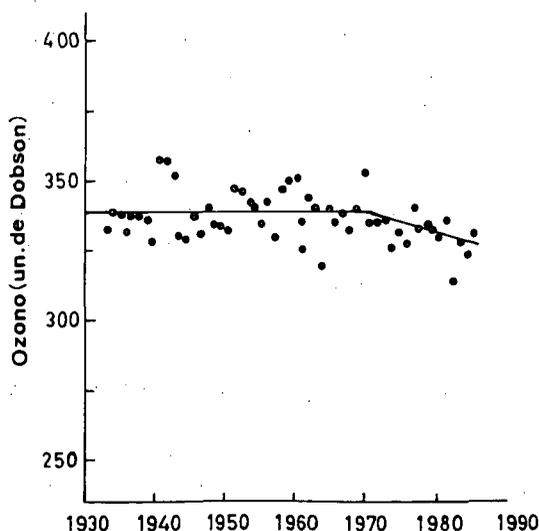


Fig. 4 — Médias anuais da concentração de ozono total em Arosa, Suíça, desde 1930 a 1985.

5. Efeitos biológicos da radiação UV

Quais as consequências de uma redução do ozono estratosférico global em particular sobre as áreas povoadas? A radiação UV-B, normalmente absorvida pelo ozono, aumenta substancialmente a probabilidade de desenvolvimento de vários tipos de cancro da pele incluindo o melanoma maligno que pode ser fatal. Calcula-se que um decréscimo de 1% na concentração do ozono estratosférico provoca um aumento de 5% no número de cancros da pele. A radiação UV-B tem também o efeito de suprimir a actividade do sistema imunológico humano. Vários relatórios apontam para um aumento do risco de infecções provocadas pelo vírus da herpes, hepatite, e outros, além de um aumento do número de vítimas de cataratas nos olhos. A mensagem de todos estes estudos é a mesma: um pequeno decréscimo da concentração do ozono tem um efeito adverso sobre os seres vivos e muito em especial sobre o homem. Se o decréscimo for maior do que 20% as consequências são gravíssimas e terão aspectos que provavelmente não é possível prever.

Há apenas alguns estudos sobre o efeito da radiação UV-B sobre as plantas e os animais. A soja, por exemplo, que desempenha um papel importante na agricultura moderna, sofre um decréscimo na produção de 25% quando se aumenta a radiação UV-B. Nos oceanos o fitoplancton e os pequenos organismos que estão na base das cadeias alimentares também são afectados pela radiação UV-B. Esta constatação é particularmente preocupante dado que sabemos ter aumentado o fluxo da radiação ultravioleta nos oceanos em redor da Antártida, ricos em peixe, devido ao buraco no ozono estratosférico.

6. Situação actual e acordos internacionais

Já temos conhecimento de efeitos profundamente negativos do aumento da concentração dos CFCs na atmosfera mas não nos é possível ter uma visão completa de todas as potenciais implicações desse aumento. É importante assu-

mir esta nossa limitação e procurar combatê-la através de programas de investigação que esclareçam as dúvidas e nos permitam planear a legislação adequada à situação presente e ao futuro previsível. A partir de 1987, ao tornar-se evidente a necessidade de reduzir a produção dos CFCs, iniciou-se um debate político que conduziu à assinatura da Convenção de Montreal por representantes de 27 países, entre eles Portugal, em 16 de Setembro desse mesmo ano. Este acordo estipula que no corrente ano de 1990 o consumo dos CFCs pelos estados signatários deverá reduzir-se aos níveis de 1986. Em 1994 deverá reduzir-se de 20% e mais tarde em 1999 deverá situar-se em 50% dos níveis de 1986. Contudo o acordo permite que a produção dos CFCs aumente para 110% dos níveis de 1986 em 1990 e se reduza para 65% em 1999. Esta produção adicional no início é destinada à exportação para os países em vias de desenvolvimento, manifestamente para os desencorajar de construir fábricas para produção dos CFCs, facto que viria dificultar a resolução do problema. O acordo de Montreal fica muito aquém daquilo que é necessário para uma resolução do problema do decréscimo do ozono nos próximos 10 anos. Contudo é um documento extremamente importante e pioneiro dado ser o primeiro tratado internacional com o objectivo explícito de protecção do ambiente global da Terra.

Para além da acção negativa sobre o ozono os CFCs são também gases com efeito de estufa, isto é, com a propriedade de absorver a radiação infravermelha proveniente da Terra. O mais importante gás constituinte da atmosfera com aquela propriedade é o dióxido de carbono. A Fig. 5 mostra a variação no tempo da contribuição relativa dos diferentes gases com efeito de estufa para o aquecimento da atmosfera.

Actualmente observa-se um pronunciado aumento da concentração dos gases com efeito de estufa na atmosfera devido à actividade humana, especialmente o consumo de combustíveis fósseis. Com o incremento da concentração a atmosfera tende a aquecer e isso irá certamente alterar o clima de um modo que

não é completamente previsível a nível regional. No caso do dióxido de carbono não temos ainda nenhum acordo internacional mas é urgente encontrar uma plataforma de entendimento para controlar as emissões para a atmosfera. Potencialmente o aumento dos gases com efeito de estufa é tão grave ou mais grave ainda do que o decréscimo do ozono.

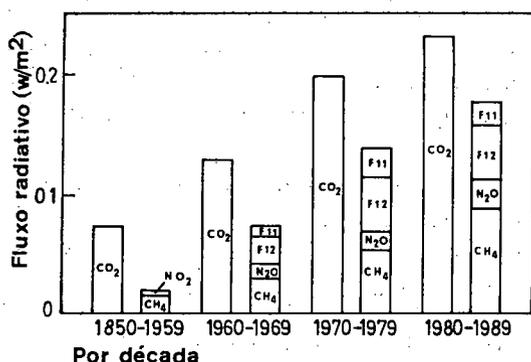


Fig. 5 — Cálculo das contribuições de diferentes gases com efeito de estufa para o aquecimento da atmosfera por absorção de radiação infravermelha com base no aumento da concentração desses gases.

É extremamente importante que um número crescente de pessoas estejam bem informadas do efeito dos CFCs, do ozono, do que são os CFCs, dos produtos de uso diário em que aparecem e dos efeitos da diminuição do ozono estratosférico sobre a saúde humana e sobre os seres vivos em geral. Este tipo de informação, bem fundamentada cientificamente, é essencial para que se possam esperar acções a nível individual no sentido de travar o consumo dos CFCs. Sem uma educação, divulgação e informação adequada corre-se o grave risco de se tender para deixar apenas aos governos a responsabilidade de controlar a produção dos CFCs. Se, por milagrosa intervenção, fosse travado hoje o lançamento dos CFCs para a atmosfera o decréscimo do ozono continuaria por mais 20 anos devido à vida muito longa destes compostos químicos na atmosfera, resultante da sua baixa reactividade. Calcula-se que a vida média dos CFCs é aproximadamente de 120 anos. Isto significa que 90% das moléculas presentes na atmosfera

em 1987 ainda lá estarão no ano 2000; 39% em 2100 e 7% em 2300. Os estragos que já provocámos na camada de ozono manter-se-ão connosco, com os nossos filhos e com os nossos netos pelo menos até ao século XXII.

Não há motivos para grande alarme mas há sim motivos para agir. Agir na divulgação dos problemas relacionados com o ambiente e com a sua protecção, agir no sentido de fomentar os programas de investigação em ciências do ambiente, agir ao nível dos programas de ensino de modo a sensibilizar e informar as novas gerações, agir a nível internacional no sentido de chegar a acordos de defesa do ambiente eficazes e de aplicação controlável.

BIBLIOGRAFIA

- FARMAN, J. C., GARDINER, B. G. and SHANKLIN, J. D. — *Nature*, **315**, 207 (1985).
MOLINA, M., TSO, T., MOLINA, L. T., WANG, F. C.-Y. — *Science*, **238**, 1253 (1987).
MOLINA, L. T. and MOLINA, M. — *J. Phys. Chem.*, **91**, 433 (1987).
CRUTZEN, P. J. and ARNOLD, F. — *Nature*, **324**, 651 (1986).
ROWLAND, S. — *Earth's Atmosphere in the XXI Century*, University of North Carolina, 1987.
GRIBBIN, J. — *The hole in the sky*, Transworld Publishers, 1988.

PRIMEIRO ENCONTRO IBÉRICO SOBRE O ENSINO DA FÍSICA

Numa realização conjunta da Real Sociedad Española de Física (RSEF) e da Sociedade Portuguesa de Física (SPF) decorrerá em Valladolid, de 23 a 27 de Setembro de 1991, o Primeiro Encontro Ibérico sobre o Ensino da Física, integrado na 23.ª Reunião Bienal da RSEF.

Brevemente será enviada para as diferentes instituições de ensino do nosso país a primeira circular informativa, juntamente com um boletim de pré-inscrição para o referido Encontro.