

**UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR**

**CIÊNCIA E AMBIENTE**

por

**José Pinto Peixoto**

Covilhã e UBI, 30 de Abril de 1987

Senhor Presidente da República, Excelência

Exmos. Senhores Secretários de Estado

Exmo. Senhor Reitor

Exmas. Autoridades Religiosas, Cíveis e Militares

Exmos. Senhores Professores

Exmos. Senhores Estudantes

Minhas Senhoras e meus Senhores

## 1. INTRODUÇÃO

Tomaremos o ambiente natural na sua acepção termohidrodinâmica como o Universo Complementar do homem na sua abrangência holística, constituído pelos cinco subsistemas: a litosfera, a hidrosfera, a atmosfera, a criosfera e a biosfera e imerso num mar de fotões.

Tomaremos a Ciência na concepção de Edington:

"A Ciência deve ocupar-se mais com as relações racionais da experiência do que com a descoberta de fragmentos da verdade absoluta do mundo exterior".

Num discurso que ficou famoso, pronunciado nas Nações Unidas, em 1965, o então Embaixador Adlai Stevenson declarou:

"We travel together, passengers in a little spaceship dependent upon its vulnerable reserves of air and soil; all committed for our safety to its security and peace; preserved from annihilation only by care, the work and, I will say, the love we give our fragile craft". (\*)

Passadas mais de duas décadas, esta é a mensagem inadiável que temos que transmitir para não comprometermos, com a degradação do clima e do ambiente, a nossa qualidade de vida e a das gerações vindouras. Só há uma Terra! E constitui um sistema fechado. É-lhe vedado contrair empréstimos do exterior, mesmo a título precário, em termos de massa ou de quantidade de meio. Os seus recursos são, limitados.

(\*) "Nós viajamos todos juntos, passageiros num pequeno navio espacial, dependente das suas reservas vulneráveis em solo e ar, todos acometidos para nossa salvaguarda à sua segurança e à paz; que só pode ser preservado do seu aniquilamento pelo cuidado, pelo trabalho, eu direi mesmo, pelo amor que dedicamos à frágil embarcação".

A Terra tem que ser tomada à escala global.

Estamos em presença duma situação, única na história da humanidade, em que os resultados das observações, nos levam à convicção de que o homem, está a interferir nos processos que ocorrem no ambiente e a contribuir para a sua alteração. As consequências poderão vir a ter uma influência profunda em décadas futuras.

O ambiente é um património colectivo da humanidade, que convém conhecer, amar e preservar. O homem é feito para o ambiente! E não é o ambiente que é feito para o homem. O ambiente, é o recurso natural mais precioso; é uma constante sempre presente em toda a vida da humanidade. O seu clima modelou-lhe a história e foi factor determinante na ascensão e na queda de várias civilizações.

A marca do ambiente está patente no homem, nos seus hábitos de vida, na sua cultura e nas suas formas de pensamento. No decurso da sua existência, o homem soube adaptar-se ao clima, criando meios de defesa, que lhe têm permitido sobreviver, contra as vicissitudes da variabilidade climática, e progredir, sempre na melhoria das condições de vida.

O homem está, sem dar por isso, a alterar continuamente o ambiente interferindo com a atmosfera, com a água e com o solo. De facto provoca variações na estrutura da atmosfera. Introduz-lhe substâncias novas que, em condições naturais, não existiriam. Basta referir a emissão de fluorcarbonos, de óxidos de nitrogénio, de fumos e de partículas provenientes de complexos industriais, de centros urbanos, de práticas agrícolas, do automóvel.

A utilização maciça de fertilizantes com o lançamento de nitrogénio activo e de fósforos nos cursos de água e nos lagos contribuem decisivamente para a eutroficação e para a poluição dos solos, das águas e da atmosfera.

A erosão do solo, devido à deflorestação, à sobrepastagem e às práticas agrícolas associada às grandes secas está a produzir a desertificação de

grandes regiões. A urbanização introduz modificações substanciais no ambiente, alterando o escoamento, a temperatura e a visibilidade, originando um verdadeiro microclima.

Enquanto que umas modificações são inadvertidas e, por vezes inevitáveis, outras são deliberadas e intencionais e de possível controle. Todavia, a Segunda Lei Fundamental da Termodinâmica a mais universal de todas as leis da Natureza é inexorável: obriga a um alerta permanente. Se é certo que o sistema climático tem, em si mesmo, mecanismos que expurgam o excesso de entropia gerada nos processos naturais, através da emissão da radiação infravermelha terrestre, não pode continuar a absorver, indefinidamente, a interferência do homem.

A Segunda Lei, isto é a Lei da Entropia está sempre presente. Dá-nos o aviso e consciencializa-nos da possível ruptura de alguns dos componentes do ambiente. Mas, ao mesmo tempo, indica-nos caminhos para a sua salvaguarda e para a sua preservação.

## 2. DETERIORAÇÃO DO AMBIENTE

A tecnologia, com a sua força, com a sua pujança e com o seu vigor crescente sempre, exerce uma tensão irreversível sobre o ambiente, quebrando alguns elos da cadeia dos processos biológicos e físicos, que mantêm o sistema ecológico, em que o homem é forçado a viver. A aplicação desregrada e indiscriminada da tecnologia originou e desencadeou novos mecanismos de interacção do homem no ambiente que se comparam, pela sua intensidade e pelos seus efeitos, aos que correspondem aos próprios processos naturais.

É certo que esta capacidade de intervenção no ambiente permitiu aumentar a produtividade agrícola, gerar biliões de quilowatts-hora de energia, explorar recursos naturais, e movimentar num dia milhões e milhões de pessoas através do Globo. No entanto, este assalto do homem sobre o ambiente produziu uma acumulação de "dívidas biológicas" e de

"facturas climáticas" que, podem pôr em risco a manutenção do próprio sistema climático.

A tecnologia, que gerou uma produtividade elevada e proporcionou um conforto notável, tem vindo, no entanto, a destruir o capital ambiental do homem: o ar, a água, o solo, e outros recursos naturais, componentes do ecossistema em que vive.

Com o desenvolvimento de toda esta capacidade tecnológica, surge a necessidade de lembrar que o homem adquiriu uma nova responsabilidade: ser prudente e equilibrado no uso do meio em que vive e não de viver as gerações que nos sucederem.

A crise presente do ambiente foi criada pela magnitude e pela aceleração da actividade do homem e pela sua interacção com o ambiente. Até à década dos setenta, a análise dos problemas do ambiente era feita sem grandes preocupações. Agora a situação modificou-se radicalmente. Reconhece-se que é indispensável uma análise científica da avaliação da tecnologia e das suas consequências.

### 3. GESTÃO DO AMBIENTE

A tecnologia moderna gerou uma crise do ambiente porque se tem ignorado que este deve ser tomado no sentido global, holístico, e não como um conjunto de sub-sistemas disjuntos e isolados.

Quando o homem aplicava a tecnologia a problemas particulares, para fins específicos, ignorava as implicações para o ambiente, actuando como se este fosse constituído por partes separadas e independentes. Ao usar pesticidas, contra insectos nocivos, não se consideraram os seus efeitos adversos sobre outros insectos e sobre outros animais.

Ora, como o ambiente é um sistema de subsistemas, disjuntos, abertos e não isolados, uma perturbação num dos subsistemas repercute-se em todos os outros. E põe-se a seguinte questão:

podem as consequências da tecnologia presente subverter o equilíbrio da natureza e destruir o ambiente, tal como o conhecemos?

Ora existe essa possibilidade a não ser que alteremos o uso indiscriminado actual da tecnologia.

Os efeitos globais do escoamento dos fertilizantes e dos produtos nítricos produzidos pelos automóveis, pelas centrais térmicas e pelos complexos industriais, pode resultar numa disrupção do equilíbrio nitrogeno - oxigénio da atmosfera e fomentar a degradação do ambiente.

A procura em oxigénio nas águas superficiais, devido ao tratamento dos detritos, dos efluentes e dos esgotos, poderá, só por si, corresponder a um consumo de quantidades enormes de oxigénio nos rios. Assim, nos Estados Unidos essa procura seria tão elevada durante os meses de Verão, que poderia não permitir manter a vida animal, tornando-se, mesmo, a água imprópria para consumo. Poderia, assim, originar-se uma crise de água, que seria catastrófica e muito mais trágica do que qualquer das outras crises concebíveis. Como é óbvio, a crise da energia seria apenas insignificante, comparada com uma crise da água.

A intrusão tecnológica nos processos naturais do ambiente pode ainda conduzir a consequências de outra ordem. Entre estas avultam, pela sua actualidade e grandiosidade, aquelas que podem levar à modificação do clima de forma deliberada, ou inadvertida. É o caso do ciclo do dióxido de carbono, cuja alteração, se seguir uma lei exponencial de crescimento, pode exercer tensões consideráveis sobre todo o ecossistema. Outro tanto se passa com a formação de aerossóis pela matéria particulada lançada na atmosfera e de nuvens na alta troposfera, ou mesmo, na estratosfera. É o caso da precipitação ácida que ataca o ambiente construído, destrói lagos, rios e delapida as florestas.

Estes processos são irreversíveis e não é possível saber quando se poderá atingir o "ponto de não retorno". Esta é a razão porque se deverá actuar, prudentemente, para não contribuir para o colapso do ambiente.

Tem que reconhecer-se que a poluição e outras disrupções do ambiente não são simples produtos marginais e incidentais da tecnologia. Todo o desenvolvimento tecnológico, desde a enxada à escavadora, da caverna ao arranha-céus, do ábaco ao computador, da fogueira ao reactor, produz inerentemente uma dilaceração do ambiente pela utilização dos recursos naturais não renováveis e pelas alterações da configuração e da estrutura dos componentes do sistema climático.

#### 4. EFEITOS DAS ACTIVIDADES HUMANAS SOBRE O AMBIENTE

As actividades humanas podem influenciar as condições do ambiente através:

- (1) da alteração da natureza e da cobertura do solo;
- (2) da adição de energia proveniente de fontes artificiais;
- (3) do lançamento de materiais estranhos nos estados sólido, líquido e gasoso no sistema climático.

A alteração da superfície influencia o ciclo hidrológico, através das modificações do escoamento e da infiltração das águas precipitadas: da fusão dos gelos, da evaporação e da evapotranspiração da água. A substituição de florestas, ou de pradarias por terras agrícolas, a seca de paúis e de pântanos, a alteração de rios para a construção de barragens e de lagos artificiais, e a irrigação de terras áridas e semi-áridas afectam a evaporação da água e a condução do calor e, portanto, a temperatura e a humidade do ar.

A utilização dos combustíveis fósseis, leva a um aquecimento da atmosfera e vem juntar-lhe gases e partículas contaminantes, contribuindo para a sua poluição química e térmica. Mas, há ainda muitas outras actividades, que contribuem para a poluição do ambiente, que incluem as práticas agrícolas, as actividades domésticas e as explorações industriais.

Nos primórdios da Civilização, em que o homem subsistia através da caça e da recolha de plantas e de frutos que se lhe deparavam, os efeitos do homem sobre o ambiente teriam sido insignificantes, confinando-se à vizinhança das fogueiras (depois de ter descoberto e controlado o fogo) em que o homem se aquecia. Com a "descoberta" da agricultura, há cerca de 10 000 anos, os efeitos do homem passaram a ser mais extensivos, quer pela substituição e renovação da cobertura vegetal natural por áreas cultivadas, quer pelo aumento rápido da população que a agricultura e a pecuária (o homem aprendeu a domesticar animais) favoreceram. Inicialmente, os efeitos da agricultura poderão ter-se feito sentir, principalmente, nas imediações dos terrenos modificados. Depois, com a deflorestação maciça de áreas consideráveis passaram a assumir um carácter regional ou, mesmo, geral.

Com o alargamento da agricultura e da permuta de produtos gerou-se o "comércio". Assim se desenvolveram comunidades humanas, cada vez maiores, surgindo as cidades que, com um "metabolismo" característico, passaram a ter novos efeitos no solo, na água e na atmosfera. A revolução industrial, há duzentos anos, acelerou a concentração das populações nas grandes cidades, que cresceram a um ritmo vertiginoso, e a utilização maciça de combustíveis fósseis agravou, ainda mais, a influência das cidades no clima.

É verdade que, os desenvolvimentos agrícola e industrial criaram com a poluição problemas ambientais na água, nos solos, na atmosfera, com os custos inerentes e que se repercutiram na qualidade de vida do homem, contribuiram para a desertificação, através da má gestão dos ecossistemas naturais, etc.. Estes problemas altamente não lineares raramente ficam localizados. Por interacção com outros factores propagam-se e adquirem uma nova dimensão, transformando-se em problemas regionais ou mesmo globais.

No entanto, aceitamos que a maior parte dos problemas ambientais são causados por uma gestão pouco adequada do ambiente, tomado sensu lato.



As condições meteorológicas e climáticas constituíram sempre um factor decisivo para a produção agrícola. Hoje há sinais, cada vez mais abundantes, de possíveis mudanças do clima e do comportamento dos sistemas meteorológicos. No entanto, aumentou também a capacidade da previsão do tempo a curto e médio prazo e está em desenvolvimento a possibilidade de modificação e de controle do tempo. E, neste aspecto, podemos dizer que as modificações provocadas nas condições meteorológicas e o seu controle constituem uma influência intencional, benéfica e vantajosa do homem sobre o clima.

## 5. O GRANDE DESAFIO DE HOJE E O FUTURO. O PAPEL DA SIMULAÇÃO MATEMÁTICA

Para uma situação tão complexa, a modelação matemática constitui uma ferramenta fundamental. Só recorrendo à Ciência através da redução de percepções qualitativas a fórmulas quantitativas é possível transferir, efectivamente, ideias através das fronteiras interdisciplinares e analisar as interacções subtis e os fenómenos de retroacção que controlam o funcionamento global do sistema climático.

A simulação matemática é uma manifestação da sinergia Ciência-Tecnologia. Aliam-se aos princípios e às leis da Física e arte da programação e a tecnologia dos meios de computação.

Os satélites, que são uma vitória da ciência e uma afirmação da tecnologia permitem uma observação global da terra. De facto, contribuem através da detecção remota para a compreensão da dinâmica da circulação geral da atmosfera e dos oceanos, para a análise de cobertura vegetal, para o conhecimento da Geologia planetária e para uma melhor identificação dos problemas da Hidrologia.

Temos que reconhecer que sem o conhecimento científico e sem investimentos tecnológicos adequados os grandes problemas do ambiente só poderão vir a aumentar e a agravar-se. A situação actual há-de ser

encarada como uma fase com riscos, mas positiva na evolução contínua da humanidade.

Abandonar as fontes de capacidade e de vitalidade do homem, que são a ciência e a tecnologia constituirão uma alternativa perigosa e insensata para o progresso e desenvolvimento da humanidade. Os que só veem pecados mortais na tecnologia, pecam também por soberba, ou erram por ignorância.

Falham, quando não reconhecem que a situação se tornaria extremamente mais grave, se se detivesse a procura de novas soluções tecnológicas, para emendar os males da própria tecnologia. Os problemas técnicos que surgem, são difíceis e levarão tempo a resolver.

A grande ironia do dilema presente é que estas dificuldades são o preço dos sucessos obtidos.

O paradoxo dos nossos tempos é que o progresso no domínio social e tecnológico, inicialmente concebido para a melhoria da qualidade de vida, venha agora a pôr problemas, nunca previstos, e que constituem grandes desafios à sociedade moderna. O grande desafio que se põe, é transitar do estado actual para outras tecnologias, que evitem os efeitos prejudiciais e incontroláveis no futuro.

Seria difícil abandonar as vantagens adquiridas, por já não sabermos viver sem elas.

Abrandar a ciência é anular a possibilidade de obter novos conhecimentos. Deter a inovação é enfraquecer a nossa capacidade de inverter a situação actual e não contribuir para a solução do problema. A tecnologia, só por si, não constitui a resposta. Mas, sem o desenvolvimento da Ciência e da sua aplicação sem a inovação, poucas serão as esperanças de obter respostas susceptíveis de dar solução ao problema com que nos deparamos.

O homem só sobrevive porque é capaz de localizar e de processar energia disponível. Poluição e desperdício são afinal a energia dissipada,

que se vai acumulando como consequência do fluxo de energia nas sociedades. Um nível de vida mais elevado exige um maior fluxo de energia e, portanto, uma maior geração de entropia, cuja taxa de crescimento só a Ciência nos ensinará a saber controlar para garantir o futuro.

Energia, entropia e ambiente constituem uma trilogia inseparável. "Os custos externos" da tecnologia são sempre uma manifestação da nossa falta de capacidade em reduzir e evitar as consequências da Lei Fundamental da Entropia.

Qual é a posição actual? E qual o futuro?

## 6. EPÍLOGO

Depois de uma fase de hossanas e de glórias na década dos 60 caímos numa fase de descrença e desespero na década dos 70, a que agora contrapomos uma fase de equilíbrio e de esperança na capacidade do homem e na sua grande arma que é a Ciência.

Muitos dos efeitos colaterais, inesperados, da aplicação da tecnologia, transformaram-se em grandes problemas e em ameaças, porque não nos apercebemos das implicações da lei exponencial de crescimento, como se víssemos num mundo linear; ignorávamos a inexorabilidade da Lei da Entropia...

No decorrer da história do homem, o grande desafio, que a natureza lhe punha, era o de ele ser capaz de utilizar os recursos do ambiente natural e de se ajustar ao meio, de forma a garantir a sua sobrevivência. Agora, porém, tudo mudou. Nos últimos três séculos o homem alargou tanto a fronteira do seu conhecimento. Multiplicou de tal forma as forças sob o seu próprio controle. Estendeu a eficiência das suas actividades a um nível tal, que o progresso material, gerado pelo recurso à ciência e, pela aplicação da tecnologia, gerou mudanças sociais profundas e alterações no ambiente que constituem um desafio à própria natureza.

Os limites de crescimento são impostos por leis naturais, que não podemos ignorar, e que temos que saber utilizar de forma prudente e sábia. Não se podem utilizar as armas poderosas da ciência e da tecnologia, sem estabelecer, em contrapartida, um programa científico de protecção ao ambiente.

São os aspectos negativos, que tem levado certos sectores de opinião responsável a manifestar-se com desconfiança na ciência e na tecnologia. Muitos dos receios assentam na suspeita de que algumas das dificuldades da sociedade provêm da sua aplicação desregrada, nem sempre de forma correcta. Alguns sectores, mais radicais, chegaram a propôr que se limitasse a investigação científica e que não se incentivasse o desenvolvimento tecnológico.

Em nome duma concepção falaciosa, aparentemente puritana, da conservação do ambiente, denunciava-se a Ciência como falso Deus dos nossos tempos. A utilização contínua da ciência, diziam, conduziria inexoravelmente, à deshumanização da sociedade e, mesmo, à sua destruição. Esta desconfiança assenta na convicção de que no futuro se manterá a mesma actuação "perniciosa" do passado.

O futuro que assim se nos ofereceria, por extrapolação do passado, conduziria a uma visão apocalíptica e dantesca de um Juízo Final.

É importante e salutar saber escutar críticas, analisá-las e compreendê-las, porque é um processo eficiente de aprender, de corrigir e de melhorar. Mas, temos que ter esperança na capacidade do homem em modificar o seu comportamento, com presteza suficiente, para evitar os desastres catastróficos anunciados pelos "arautos de maus presságios".

Ora sejamos claros e inequívocos. Não se pode alterar de forma imediata, a maneira como o homem tem explorado o ambiente e se tornou dependente da tecnologia. E pensar que é possível introduzir correcções e melhorar o ambiente abandonando o conhecimento científico e rejeitando a técnica seria simplesmente desastroso.



Sem o recurso à ciência e sem investimentos tecnológicos sensatos, agora e no futuro, os problemas do ambiente só poderão vir a aumentar-se e agravar-se. Mas, o recurso só à ciência não chega.

Necessitamos de considerar de forma crítica outros factores que envolvem o larguíssimo espectro de interesses no domínio das humanidades e das ciências sociais. Em especial, tem que se desenvolver a capacidade de estimar, racionalmente, os impactes sobre o ambiente e de seleccionar criteriosamente, entre as várias opções possíveis as tecnologias novas, antes de se tomar quaisquer decisões. E, acima de tudo, devemos ter a humildade para admitir que nem sempre será fácil, ou mesmo possível encontrar respostas absolutas ou soluções permanentes e definitivas.

Ainda que entre nós, se tenha vindo a actuar neste sentido, graças ao esforço esclarecido de alguns, o que é certo porém, é que só agora as Instituições, o Governo, as Universidades, o grande público, etc., se apercebem da existência real de tais perigos. Só recentemente, se começou a desencadear um processo de recuperação do ambiente e a estabelecer legislação atinente para a reparação de alguns efeitos e para a prevenção de males futuros.

---

A Ciência é "a grande fronteira sem fim do conhecimento". A amplitude e a vastidão da investigação presente, excedem tudo quando há quatro décadas se poderia conceber ou imaginar. A Astrofísica e a Rádio-Astronomia vieram mostrar, que o Universo grande e vasto em que estamos imersos, é mais complexo, dinâmico e interessante do que se poderia suspeitar, há quatro décadas.

A Biologia ataca o problema fundamental da base da vida. A Física penetrou mais na essência da matéria e da energia. As Ciências Geofísicas atingem dimensões nunca admitidas. As Ciências da Informação abriram áreas de estudo nunca então suspeitadas.

Com estes e outros domínios, de pujança sempre crescente, o homem tem um vastíssimo campo de investigação, em que a mente humana há-de encontrar com emoção e em beleza os recursos para assegurar as condições para que as gerações presentes e vindouras sintam o prazer de viver. No entanto, nós aprendemos que a aplicação do conhecimento científico, para benefício da humanidade, não é tão simples e nem linear como se esperava. As sociedades humanas tais como a matéria, são mais complexas do que se supunha e cada intervenção contém, em potência, consequências que não são facilmente previsíveis.

"Só uma compreensão mais profunda das sociedades humanas, combinada com o vigor crescente do progresso da Ciência, nos poderá ajudar a alcançar um mundo melhor. E só nos resta uma escolha: não nos poderemos deter, mas antes, caminhar para um nível, cada vez mais elevado de compreensão e de uma maior sensibilidade na utilização da ciência e da tecnologia, em proveito da humanidade".

Na ciência, na sua aplicação como em todos os aspectos da vida, há que estar preparado para alegrias e para agruras, para sucessos e para decepções, porque temos sempre mais e mais para aprender. Por isso, juntaremos agora, à guisa de epílogo, a mensagem de humildade, que é também uma mensagem de esperança, tão bem expressa no Ecclesiastes:(1.12)

**"Porque na muita sabedoria há muita tristeza, todo aquele que aumenta a sua ciência, aumenta a sua dor".**