



## A MUDANÇA DO CLIMA E SUAS IMPLICAÇÕES

Antonio Carlos Tavares

### RESUMO

O trabalho aponta as modificações na composição da atmosfera como causas de mudanças climáticas em andamento, analisa seus efeitos na circulação atmosférica global e discorre sobre possíveis conseqüências ambientais, sociais e econômicas. A capacidade de adaptação às mudanças projetadas decorrerá das condições econômicas e tecnológicas e dos aspectos culturais dos diferentes países.

**Palavras-chave:** Clima; Mudança Climática.

### ABSTRACT

This work points the modifications in the composition of the atmosphere as causes of climatic changes in progress analyzes its effects in global atmospheric circulation and discusses possible environmental, social and economic implications. The capacity for adaptation to the projected changes will result from the economic and technological conditions and cultural aspects of different countries.

**Keywords:** Climate; Climate Change.

---

## A MUDANÇA DO CLIMA E SUAS IMPLICAÇÕES

### Evidências de Mudanças Climáticas

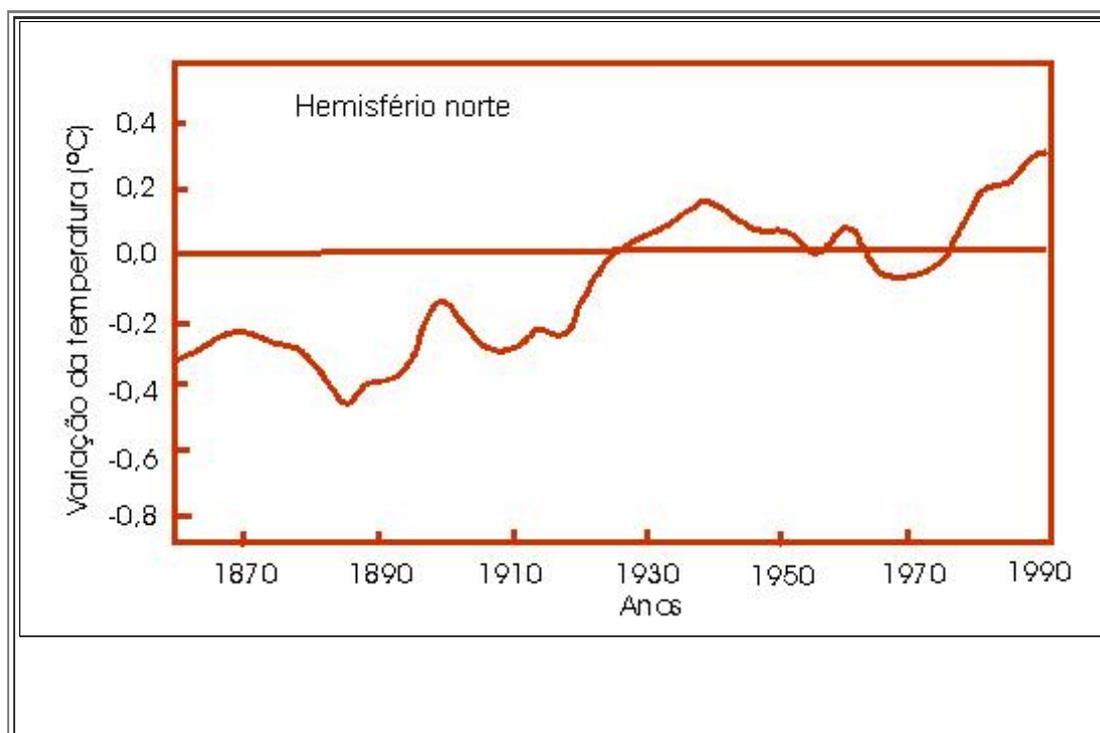
Ao longo do tempo geológico a Terra tem passado por sucessivas mudanças climáticas, alternando períodos frios e quentes. Desde o término da última glaciação,

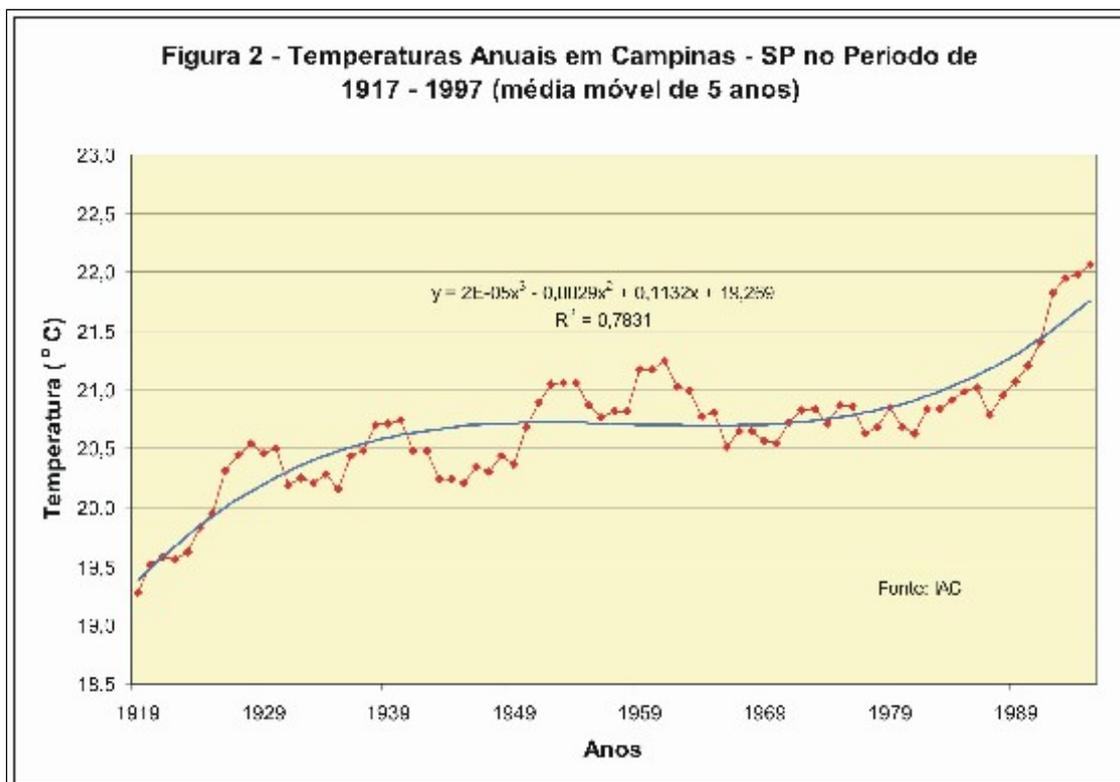
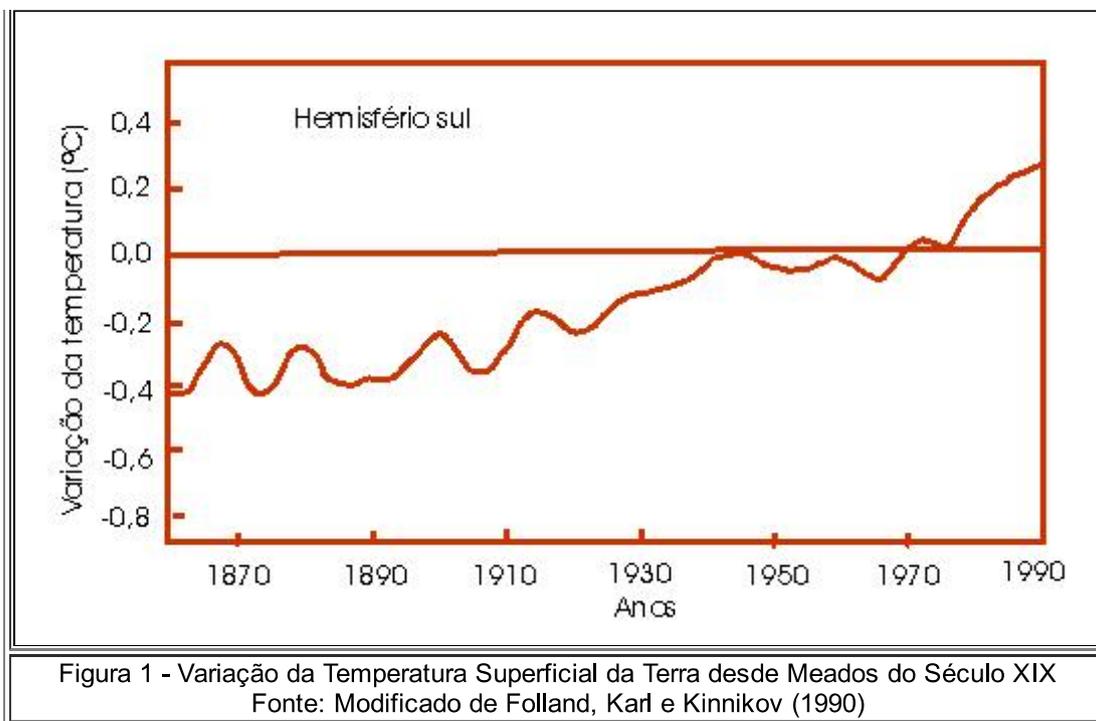
entre 10 e 15 mil anos passados, a temperatura do planeta apresenta certa estabilidade, mas, mesmo assim, ocorreram oscilações térmicas em torno de  $1,5^{\circ}\text{C}$  durante esses milênios. No período medieval, do século XI até meados de século XV, a Terra passou por um aquecimento, enquanto, entre 1450 e 1850, as temperaturas atingiram, em média, até cerca de  $1^{\circ}\text{C}$  abaixo das que hoje são registradas, constituindo a “pequena idade do gelo”, caracterizada pelo avanço dos glaciais das áreas montanhosas. A partir da metade do século passado as temperaturas voltaram a subir em todo o globo.

Durante o século XX as temperaturas cresceram em torno de  $0,6^{\circ}\text{C}$ , sem, todavia, apresentarem elevação uniforme em todas as zonas ou regiões. A década de 1990 foi a mais quente desde meados do século XIX e, provavelmente, 1998 o ano mais quente do milênio. No hemisfério norte, onde a continentalidade exerce maior influência, houve duas etapas de aquecimento. Uma de 1915 até 1940 e outra de 1970 até os dias atuais. Entre 1940 e 1970 as temperaturas médias no hemisfério norte mostraram tendência de queda. No hemisfério sul, sob influência da maritimidade, os valores térmicos subiram continuamente, mas com um período de estabilidade entre 1940 e 1970. Esses aspectos podem ser observados na figura 1, onde o valor zero corresponde às temperaturas médias do período 1951/1980.

As temperaturas médias anuais obtidas no Instituto Agronômico, em Campinas - SP, situada a  $22^{\circ} 34' \text{ S}$  e  $47^{\circ} 25' \text{ W}$ , numa altitude de 700 metros, no período 1917/1997, mostraram uma clara tendência de alta, tanto pela disposição seqüencial dos dados quanto pela amplitude térmica, que do início ao término do segmento temporal estudado atingiu  $2,8^{\circ}\text{C}$ . Os trechos inicial e terminal do período em pauta foram os que tiveram maior crescimento da temperatura. Até por volta de 1940 ela subiu  $1,5^{\circ}\text{C}$  e no último decênio aumentou cerca de  $1,3^{\circ}\text{C}$  (fig. 2).

O gráfico ilustrativo das temperaturas médias anuais de Campinas (fig. 2) guarda similaridade com a distribuição das temperaturas superficiais da Terra, sobretudo com a seqüência de dados do hemisfério sul (fig. 1). O maior crescimento pode ser imputado à expansão acentuada da área urbana de Campinas, que teve sua população quintuplicada nas últimas quatro décadas e abriga, hoje, aproximadamente, 1 milhão de habitantes.





Há dificuldades para estabelecer tendências globais para as precipitações porque, diferentemente das temperaturas, elas apresentam fortes discontinuidades no tempo e no espaço. Além disso, existe também uma grande deficiência de estações de observação e a rede meteorológica atuante possui densidades extremamente contrastantes. A maioria dos postos está em áreas densamente povoadas, enquanto as de baixa densidade demográfica e as oceânicas estão desprovidas de dados.

Estudos mostram, todavia, que não há para as precipitações uma propensão universal. Enquanto algumas áreas demonstram incremento, o decréscimo predomina em outras. Várias feições regionais foram expostas por **Folland, Karl e Kinnikov** (1990) e por **Coughlan e Nyenzi** (1991). As precipitações estão aumentando nas médias e altas latitudes do hemisfério norte, como, por exemplo, em países da Europa Setentrional e da antiga União Soviética, mas decaindo no extremo sul do continente europeu. Na Índia, durante as monções de verão, não há tendências consistentes para aumento ou diminuição das chuvas, embora o país tenha passado por secas acentuadas desde 1965, em relação ao período 1930/1964. Na porção meridional do leste africano tem ocorrido grande variabilidade nas chuvas, mas nenhuma inclinação clara pode ser identificada. Nas áreas semi-áridas ao sul do Saara as chuvas estão decrescendo desde 1968. Uma aparente diminuição das precipitações também ocorre na Austrália Ocidental.

**Sant'Anna Neto** (1995; 2000), analisando a variabilidade e a tendência das chuvas no Estado de São Paulo, concluiu que, com exceção da porção leste, compreendendo as Serras do Mar e da Mantiqueira e o Litoral Centro-Norte, todas as outras unidades apresentaram aumento das precipitações, no período 1941/1993, principalmente o vale da Ribeira do Iguape e o Planalto Ocidental Paulista. O crescimento foi em torno de 10%, levando-se em conta toda a área estadual.

Essas observações foram confirmadas por **Santos** (2000), que também mostrou uma tendência de aumento das chuvas no Estado de São Paulo, excluídos o Litoral Norte (Ubatuba), o Litoral Central (Santos), o Planalto Atlântico Norte (Paraibuna) e os contrafortes da Serra da Mantiqueira (Campos do Jordão).

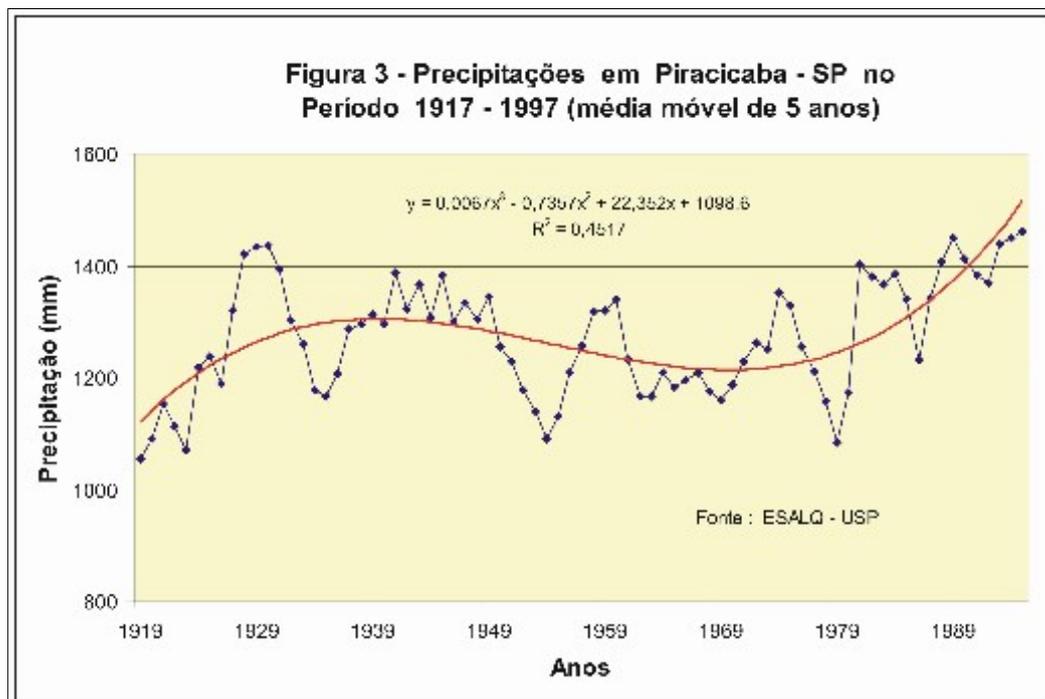
As médias móveis de 5 anos das precipitações médias anuais, no período 1917/1997, em Piracicaba - SP, situada a 22° 42' S e 47° 38' W, numa altitude em torno de 540 metros, e da função polinomial ajustada aos dados mostram um crescimento acentuado das chuvas no início e no final do segmento temporal enfocado, coincidindo com os períodos em que o planeta passou por um aquecimento mais acentuado. Considerando-se somente os dados posteriores a 1954 o aumento da pluviosidade ocorreu num valor médio de 5,8 mm por ano, o que resulta em quase 300 mm em meio século (fig. 3).

## Por Que o Clima Pode Estar Mudando?

Ao que tudo indica, o aumento de gases produtores do efeito estufa está mudando a magnitude das trocas de energia entre a superfície terrestre, a atmosfera e o espaço sideral. Isso irá exigir um reajuste das demais variáveis climáticas e dos elementos e atributos de outros sistemas com os quais o clima mantém interação, sejam eles naturais ou sócio-econômicos. Alguns, mais sensíveis, responderão imediatamente às alterações, enquanto outros ficarão, num primeiro momento, aparentemente, imunes.

A atmosfera e a superfície da Terra refletem para o espaço cerca de 30% da energia oriunda do Sol e absorvem o restante. Perto de 50% da radiação solar é absorvida pelos continentes e oceanos. Em contrapartida, de acordo com sua temperatura e na mesma proporção da radiação solar armazenada, a Terra emite para o espaço energia na banda infravermelha do espectro eletromagnético. Nos processos de troca de energia a atmosfera retém perto de 90% da radiação proveniente da superfície, pois possui em sua composição gases como vapor de água, dióxido de

carbono e metano, que são bons absorvedores da energia infravermelha. A energia armazenada pela atmosfera é, posteriormente, reirradiada parcialmente para o espaço e, em maior quantidade, retorna à superfície da Terra.



A temperatura do planeta crescerá se, por algum motivo, a energia estocada tornar-se maior do que a irradiada para o espaço. Uma possibilidade de que isso aconteça está associada ao aumento na atmosfera de gases oriundos de atividades antrópicas que acentuam o efeito estufa. Como eles atuam na absorção da energia infravermelha oriunda da superfície da Terra, reemitindo-a, preferencialmente, à origem, menos energia deixaria o planeta, propiciando seu aquecimento e gerando mecanismos de retroalimentação em inúmeros elementos do sistema.

Segundo estimativas do **IPCC** (2001a), os gases oriundos de atividades antropogênicas, que têm atuado no incremento do efeito estufa possibilitando o aumento da temperatura, são o dióxido de carbono, cuja contribuição foi avaliada em 60%, os CFCs com uma participação de 14%, o metano com 19,8% e os óxidos de nitrogênio, que seriam responsáveis por 6,2% das mudanças em andamento.

O teor de CO<sub>2</sub> na atmosfera, que desde o findar da última glaciação tinha permanecido quase constante, com concentrações em torno de 280 ppmv (partes por milhão por volume), passou a crescer a partir de meados do século XVIII e deve ser atualmente próximo de 370 ppmv, com um acréscimo de 32% nos últimos 250 anos. Seu crescimento anual atingiu 0,4% nas últimas duas décadas, variando entre 0,2% e 2,8% entre 1990 e 2000 como decorrência da variabilidade climática (**IPCC**, 2001a).

O uso de combustíveis fósseis responde por cerca de 77% do CO<sub>2</sub> adicionado à atmosfera, enquanto as queimadas associadas às práticas agrícolas e aos desmatamentos causaram a quase totalidade do aumento restante.

Cerca de 6,0 GtC (gigatoneladas de carbono) são lançadas por essas fontes anualmente na atmosfera. Os países desenvolvidos são os principais geradores de CO<sub>2</sub> e somente os Estados Unidos emitem aproximadamente 24% do total anual.

Entretanto, nos países desenvolvidos o teor de CO<sub>2</sub> lançado ao ar está se mantendo estável, enquanto nos países subdesenvolvidos ele ainda sofre ascensão. Entre 1950 e 1980, por exemplo, a quantidade anual de CO<sub>2</sub> injetada na atmosfera cresceu 91% na América do Norte e 586% nos países subdesenvolvidos.

Os oceanos são os principais sumidouros do CO<sub>2</sub> antropogênico. Sua absorção pelas águas depende da diferença da pressão parcial do CO<sub>2</sub> existente entre o oceano e a atmosfera. O monitoramento do CO<sub>2</sub> presente no ar tem demonstrado que seu crescimento equivale a cerca de 50% da quantidade lançada pelas fontes geradoras. A partir de modelos do ciclo do carbono e medições de diferenças das pressões parciais de CO<sub>2</sub> entre a atmosfera e os oceanos, estima-se que de 30% a 40% dos valores emitidos foram absorvidos pelas águas marinhas. Também a biota terrestre pode captar CO<sub>2</sub> do ar em maior quantidade devido ao efeito de fertilização propiciado pelo seu aumento na atmosfera.

Do mesmo modo que o CO<sub>2</sub>, o teor de metano (CH<sub>4</sub>) também passou a crescer a partir de meados do século XVIII. A concentração de CH<sub>4</sub> na atmosfera, que no período pré-industrial era de 0,8 ppmv, alcançou, no epílogo do século XX, 1,8 ppmv, com um aumento de 0,9% ao ano desde 1950. Embora a quantidade de metano na atmosfera seja bem menor do que a de dióxido de carbono, sua importância para o efeito estufa decorre de que uma molécula de CH<sub>4</sub> tem um potencial de aquecimento onze vezes superior a do CO<sub>2</sub> e, percentualmente, seu crescimento anual também é maior (**IPCC**, 2001a).

O metano é adicionado à atmosfera a partir de numerosas fontes naturais e antropogênicas. Anualmente são lançados ao ar cerca de 500 Tg (teragrama) de CH<sub>4</sub>. Entre as fontes naturais, os pântanos são os principais produtores e respondem por cerca de 25% da geração anual de CH<sub>4</sub>, seguidos pelas térmitas que liberam perto de 5%. O crescimento de CH<sub>4</sub> na atmosfera tem sido atribuído às atividades humanas. Entre elas, os arrozais, principalmente aqueles cultivados em áreas inundadas, os excrementos oriundos das criações de animais ruminantes, as ventilações das minas de carvão, os vazamentos dos sistemas de distribuição de gás natural, as refinarias e a queima de biomassa.

O principal sumidouro do metano é a própria atmosfera, onde, diante da presença de radicais de hidroxila (OH), há diminuição do gás por processos de oxidação.

Os CFCs inexistiam na atmosfera e passaram a ser incorporados a ela, a partir da metade do século XX, como resultado do seu emprego, em larga escala, nos processos produtivos e produtos manufaturados. Eles são amplamente utilizados na indústria eletrônica como solventes. Também estão presentes nos sistemas de refrigeração, incluindo geladeiras, congeladores e aparelhos de ar condicionado, e em embalagens, como as de isopor. Seu uso em aerossóis, até recentemente, era generalizado em todo o mundo.

A emissão anual de CFCs, segundo estimativas do **IPCC** (2001a), gira em torno de 1 Tg, porém medidas têm sido tomadas para a redução gradativa do lançamento desses gases à atmosfera, a partir da assinatura do Protocolo de Montreal, em 1987, pelos países desenvolvidos, que são os principais produtores e consumidores de CFCs, e por muitos países subdesenvolvidos. As providências então adotadas limitavam a produção e o consumo de alguns tipos de CFCs nos países desenvolvidos às quantidades de 1986 até o ano de 1990 e reduções de 20% para 1993 e 50% para 1998. No entanto, já em 1992, os CFCs 11, 12 e 113 eram emitidos numa quantidade 40% menor do que a verificada em 1986. Entretanto, tais medidas não significaram uma redução da concentração de CFCs, pois não há para esses gases importantes mecanismos de remoção da troposfera.

## Mudanças Climáticas Projetadas

Embora previsões globais precisas ainda não possam ser feitas, conclusões fragmentadas estão ao alcance de modelos especialmente elaborados para esse fim e do raciocínio de cientistas preocupados com mudanças climáticas, ainda que sem exatas definições das grandezas das conseqüências dos eventos desencadeados.

Adições de gases como o CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, e CFCs na atmosfera estão proporcionando um acréscimo do efeito estufa, retendo, mais próximo do solo, energia infravermelha emitida pela Terra. Como trocas de energia entre a superfície e a troposfera estão se concentrando nas porções mais baixas, o nível efetivo de radiação do planeta está ganhando altitude, levando ao resfriamento da alta troposfera.

O armazenamento da energia na superfície e no trecho inferior da troposfera atua na elevação das temperaturas. Como a concentração dos gases promotores do efeito estufa é espacialmente variável, seus efeitos serão mais sentidos entre latitudes subtropicais e médias do hemisfério norte, onde os continentes são mais extensos e estão concentrados os maiores núcleos urbanos, os centros industriais do mundo desenvolvido, a pecuária intensiva nos Estados Unidos e na Europa e os arrozais na China, no Sudeste Asiático e na Índia. Na América do Sul, como conseqüência das queimadas, que alteram os teores de CO, CO<sub>2</sub> e O<sub>3</sub>, a elevação das temperaturas pelo efeito estufa também poderá ser importante.

O aumento das temperaturas terá, como resposta, um crescimento da evaporação, que será acompanhado pela intensificação dos movimentos convectivos, pois o ar úmido e aquecido apresentar-se-á, com freqüência, instável. Essas circunstâncias incrementarão o fornecimento de energia à atmosfera e a formação de nebulosidade. Vapor de água e nuvens atuam no aumento do efeito estufa, mas interceptam também a energia solar. Quanto mais profundas as nuvens maior importância elas terão para a uniformização das temperaturas porque gotículas e cristais de gelo refletem e reirradiam a energia infravermelha emitida pela Terra de volta ao solo, impedindo que ela escape para o espaço. Simultaneamente, a energia solar, da mesma maneira, é impedida de chegar ao chão e aos níveis inferiores da troposfera. Os dois bloqueios são, de modo geral, equivalentes e superávits ou déficits de energia serão devidos às peculiaridades regionais.

Convecção e evaporação criarão alterações na circulação atmosférica e nas precipitações, que deverão aumentar em alguns lugares e diminuir em outros. Também crescerão episódios de secas e enchentes.

O ar aquecido e rico em vapor terá sua ascensão incentivada na zona de baixa pressão equatorial. O baixo nível de condensação facilitará o desenvolvimento de nuvens profundas e a liberação, em grande quantidade, do calor latente, que será transportado para as porções superiores da troposfera. Aumentarão as chuvas e, sobretudo, as tempestades. Lugares como a Amazônia, a Bacia do Congo e a Indonésia, onde a convecção tem um papel importante na geração das precipitações, poderão ficar ainda mais úmidos. Porém, com o aquecimento da superfície do mar, é possível que episódios de *El Niño* sejam mais freqüentes, alterando a circulação na célula de Walker e respondendo por modificações nos regimes pluviométricos. O desmatamento da Amazônia, caso continue no ritmo vigente, alterará a evapotranspiração, a chuva e o escoamento naquela área, pois é preciso lembrar que, na sua porção ocidental, de acordo com **SALATI, MARQUES e MOLION (1978)** e

**MOLION** (1988), pelo menos 50% da água tombada é originária dali mesmo. Dados divulgados pelo **IPCC** (2001a) dão conta de que as precipitações estão crescendo de 0,2% a 0,3% por década entre 10° N a 10° S.

O ar ascendente, que terá um baixo nível de condensação e será dotado de um reduzido gradiente adiabático úmido, divergirá nas proximidades da tropopausa e afundará sobre o cinturão de altas pressões subtropicais, aumentando a subsidência nessas áreas. Com pressões mais elevadas, os anticiclones que respondem pelas zonas desérticas quentes dos dois hemisférios expandirão seus domínios. Porções semi-áridas e periféricas aos desertos terão as precipitações decrescidas. Nas bordas voltadas para o Equador, onde as chuvas se concentram no verão, esse efeito poderá se estender, inclusive, pelas áreas de clima tropical, que sofrerão estiagens mais intensas. A expansão das altas pressões subtropicais, aproximando-se do Equador, forçará a convergência naquela área, reforçando a circulação na célula de Hadley. A pluviosidade tem diminuído entre 10° N e 30° N, sobre as áreas continentais, em torno de 0,3% por década, durante o século XX, de acordo com o **IPCC** (2001a).

A elevação das temperaturas nos pólos propiciará o derretimento do gelo marinho e das geleiras continentais, diminuindo o albedo superficial e estabelecendo uma retroalimentação positiva para os valores térmicos. O aquecimento do ar causará o enfraquecimento das altas pressões polares, desencadeando um recuo das frentes frias para latitudes mais altas. O menor contraste térmico entre as massas oriundas das baixas e altas latitudes tornará a corrente de jato mais lenta e ondulada, intensificando os fenômenos ciclogênicos junto à superfície, que, associados ao ar mais quente e úmido, farão crescer as precipitações sob o domínio das frontogêneses. As porções setentrionais da Eurásia e da América, por exemplo, poderão experimentar períodos mais quentes e chuvosos, o que, provavelmente, criaria rearranjos no espaço agrário. Em contrapartida, a região mediterrânea, periférica ao clima semi-árido, com a retração das frentes e a expansão dos anticiclones subtropicais, passará por secas mais acentuadas. Nas médias e altas latitudes do hemisfério norte, na última metade do século XX, houve um crescimento de 2% a 4% na ocorrência de chuvas pesadas e de 2% na nebulosidade observada sobre os continentes, segundo o **IPCC** (2001a).

No Brasil Meridional, local em que as frentes frias chegam com facilidade e respondem pelo domínio do tempo, poderá haver também ganhos de calor e umidade. Todavia, com bloqueios frontais efetuados mais ao sul, as áreas ao norte do Trópico de Capricórnio, onde as frontogêneses respondem por precipitações de verão (sudeste) e de outono-inverno (leste e nordeste), terão decréscimo das chuvas, pois estarão, preferencialmente, submetidas às atuações do Anticiclone de Santa Helena.

Sabe-se que as temperaturas da água do mar favorecem a formação dos ciclones tropicais, que são abundantes no Atlântico Norte, no sudoeste e noroeste do Pacífico e no Índico. A temperatura de 26,5° C é um valor que, quando superado, intensifica o surgimento dessas fortes depressões barométricas. Não há correlação entre a elevação da temperatura acima de 26,5° C e o aumento da velocidade dos ventos ou o declínio da pressão. Os ciclones mais devastadores, todavia, têm ocorrido com temperaturas da água do mar entre 28° e 29° C. Com tais valores há casos em que a pressão chega a cair abaixo de 900 hPa e o vento a superar 250 km/h. Pressões atmosféricas muito baixas, ventos extremamente fortes, aguaceiros contínuos, ondas altas invadindo os continentes e represando as águas continentais provocam cenários devastadores, ceifando vidas, destruindo edificações e arruinando a economia. O ciclone que atingiu Bangladesh em abril de 1991 causou a morte de 125 mil pessoas e arrasou dezenas de cidades, mostrando que países pobres e situados em altitudes pouco acima do nível do mar são os mais afetados. À medida que os oceanos esquentarem, isso poderá ficar mais constante em áreas já atingidas pelo fenômeno e ser uma nova cena em lugares ainda isentos dele.

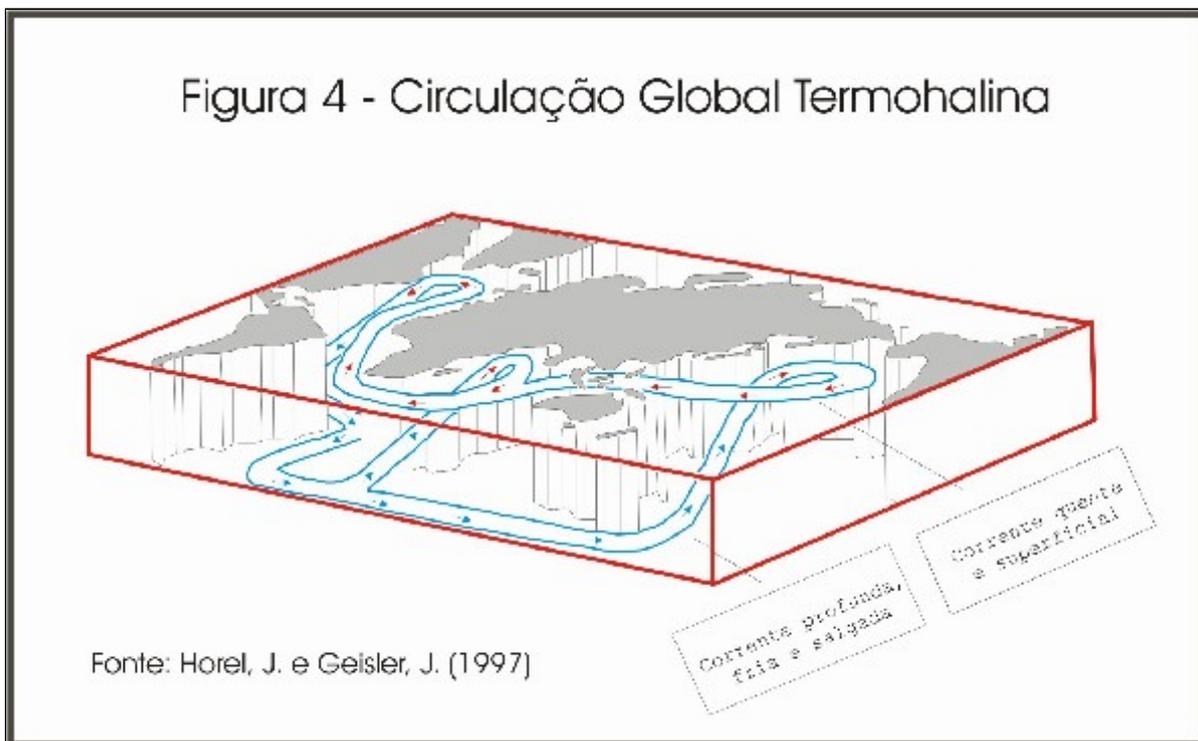
Quando uma corrente atmosférica passa sobre um local mais frio do que ela há um resfriamento basal, com transferência de energia para a superfície. O inverso ocorre se o ar for dotado de menores temperaturas. Os oceanos armazenam grandes quantidades de energia, que são incorporadas ou liberadas lentamente nas constantes trocas com a atmosfera.

Do ponto de vista térmico os oceanos podem ser divididos em duas camadas. A superior, conhecida como camada de mistura, estende-se até cerca de 100 metros de profundidade. Nela há penetração da luz solar e são constantes as movimentações da água promovidas por correntes e ondas. Com maior temperatura ela é menos densa, o que dificulta a mescla com águas mais profundas. Nessa camada há um padrão global de circulação comandado, predominantemente, pelos ventos. Correntes quentes, situadas no leste dos continentes, transportam grandes quantidades de energia em direção aos pólos, enquanto as correntes frias, na porção oeste, oriundas de ressurgências costeiras, rumam ao Equador. A camada inferior é escura, mais fria e, por isso, mais densa. Grandes movimentações, envolvendo ambas, ocorrem por afundamentos e afloramentos em poucos locais dos oceanos, frutos de uma circulação termohalina.

A assimetria hemisférica existente na distribuição dos oceanos e continentes tem um papel importante na circulação das águas marinhas. O Oceano Glacial Antártico é aberto e comunica-se com o Atlântico, o Pacífico e o Índico. Já o Oceano Glacial Ártico é circundado pelos continentes americano, europeu e asiático. Com o Pacífico ele está ligado pelo Estreito de Bering, o que dificulta a circulação entre ambos. A comunicação com o Atlântico é feita através do Mar da Noruega, praticamente a única, mas não ampla, saída para suas águas.

O Ártico, em torno da Groenlândia e das Ilhas Spitzberg, possui alta concentração de sal. Isso ocorre porque o congelamento do mar nas áreas circumpolares aumenta a salinidade e em virtude da evaporação suplantar a precipitação, principalmente nas águas aquecidas da Corrente do Golfo que alcançam as costas da Noruega. As águas frias e salgadas, ao atingirem o Atlântico, movem-se em direção ao sul e, diante da maior densidade, encaminham-se para o fundo, mergulhando sob as águas também salinas, mas quentes do Mediterrâneo.

Em profundidade, a corrente originada no Atlântico Norte chega às imediações do continente antártico, onde há outro importante sumidouro provocado também pelo congelamento superficial do mar, que cria uma salmoura gelada e gera a mais densa de todas as massas de água. Ali um ramo dela junta-se às águas que, no Oceano Glacial Antártico, sofrem um afundamento, enquanto outro aflora na superfície para compensar os movimentos descendentes. O fluxo de águas profundas em torno da Antártica toma rumo leste e dá origem a dois ramos que se deslocam para as baixas latitudes dos Oceanos Índico e Pacífico, onde alcançam a camada de mistura. Após, passando pela Indonésia, atravessando o Índico e contornando o sul da África, essas águas ressurgem no Atlântico Norte (fig. 4).



Se a atmosfera estiver mais quente que o oceano ela cederá energia para a água. Porém, o declínio da temperatura do ar superará bastante o acréscimo térmico da superfície marinha. Isso ocorre porque o calor específico e a densidade da água são maiores, tornando o resfriamento da atmosfera 41,86 vezes superior ao aquecimento do mar. Essas propriedades físicas associadas à circulação termohalina, que envolve as águas profundas, fazem dos oceanos grandes estocadores de energia, amenizando as elevações globais da temperatura.

Os Anticiclones Siberiano e Canadense definem-se durante o inverno do hemisfério norte sob a influência do resfriamento dos continentes. Simultaneamente, intensificam-se as Depressões da Islândia e das Aleutas sobre os oceanos, onde as temperaturas são mais elevadas. Frente às altas pressões polares continentais, a ação dos anticiclones subtropicais não alcança latitudes elevadas, restringindo os deslocamentos de água pela Corrente do Golfo, impulsionada pelos ventos de oeste.

No verão, o aquecimento dos continentes produz vasta área depressionária que se alonga da América à Eurásia em detrimento das altas térmicas. Embora dotada de pressão mais elevada do que no inverno, ela recebe com insistência os ventos de oeste emanados dos Anticiclones dos Açores e do Havaí, aumentando o transporte de águas aquecidas em direção ao Mar da Noruega.

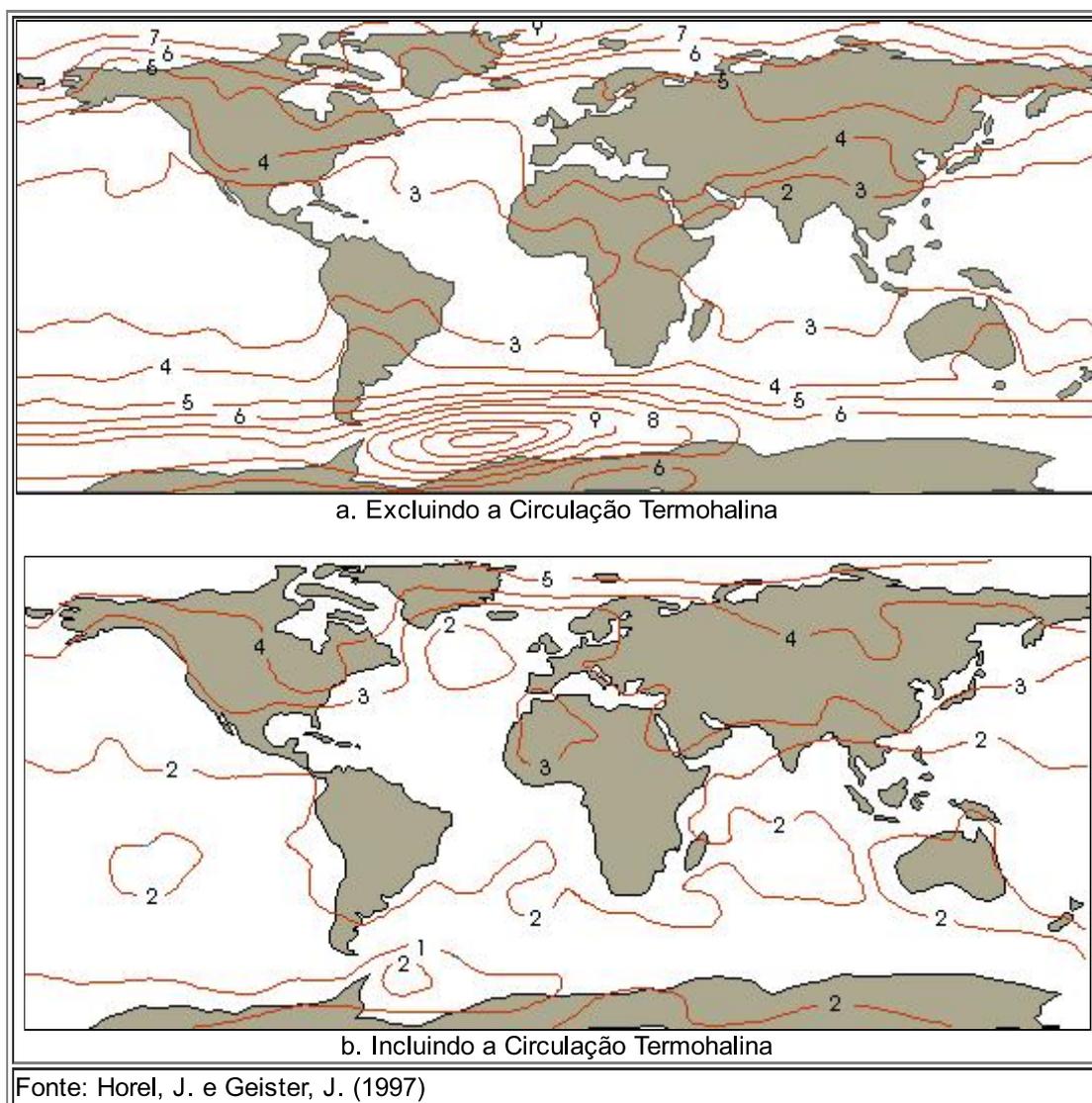
Do mesmo modo, o aumento das temperaturas, que se prevê superior nas imediações dos pólos, enfraquecerá, mesmo no inverno, as frias massas continentais de origem térmica, permitindo a expansão das áreas de baixa pressão, para onde convergirão os ventos de oeste, carregando águas quentes para as latitudes elevadas.

Águas mais quentes serão menos densas, mas poderão gerar um aumento na evaporação, fazendo crescer a salinidade. Entretanto, o recuo das frentes frias e as temperaturas mais altas propiciarão elevação das precipitações na região, compensando a água evaporada. Além disso, com o ambiente aquecido, haverá derretimento do gelo marinho e das calotas existentes na Groenlândia e nas Ilhas Spitzberg, elevando o nível do mar, que se dará também pela expansão dos oceanos.

A diminuição da densidade das águas do Atlântico Norte bloqueará o sumidouro que se tem naquela área, reduzindo o transporte de energia para as porções mais profundas. O estoque energético, restrito apenas à camada de mistura, será menos eficiente para reter o aquecimento superficial.

Essa situação não se reproduzirá da mesma maneira no hemisfério sul, onde as terras emersas, nas latitudes médias, são insignificantes, impossibilitando a formação de anticiclones polares. As frontogêneses ocorrem, portanto, com o ar oriundo de massas polares marítimas e o aquecimento das águas é bem mais lento do que o dos continentes. A Antártica, mesmo diante do aquecimento do planeta, por ter temperaturas bastante inferiores, continuará a resfriar o mar em torno dela, mais do que em qualquer outro local, e a produzir as massas de água com maior densidade existente nos oceanos. Portanto, considerando-se a circulação termohalina, o aquecimento da Terra deverá ser maior no pólo norte do que no sul (fig. 5).

#### Projeção de Mudanças da Temperatura da Terra Dobrando o Teor de CO<sub>2</sub> na Atmosfera.



Em algumas situações, onde há falta de nutrientes, o crescimento das plantas é incentivado diante do aumento de CO<sub>2</sub> na atmosfera, resultando num processo que se

convencionou denominar efeito de fertilização. É comum ocorrer um aumento da eficiência do uso do nitrogênio, entendida como uma relação entre os ganhos de carbono e o nitrogênio utilizado, nas áreas com escassez desse elemento.

O crescimento de CO<sub>2</sub> reduz a transpiração por unidade de área das folhas, fazendo com que as plantas aumentem também sua eficiência no uso da água, compreendida como uma relação entre fotossíntese e transpiração. Isso resulta numa acumulação de biomassa na vegetação dos ambientes áridos. Nos locais úmidos, entretanto, o crescimento das raízes e folhas, permitindo uma adaptação das plantas à nova situação, pode não produzir grandes incrementos na assimilação do carbono.

Em todas as circunstâncias que houver um aumento do estoque de carbono pela vegetação, ocorrerá uma amenização do efeito estufa, que reduzirá a elevação da temperatura. Todavia, o acúmulo de carbono pelas plantas também poderá declinar caso haja fortes aquecimentos.

Respiração e fotossíntese respondem diferentemente às mudanças térmicas. Há uma temperatura mínima abaixo da qual a fotossíntese não é realizada. Acima dela o processo aumenta rápido com o aquecimento do ar até valores entre 20° C e 35° C. Alcançadas as temperaturas consideradas ótimas, a fotossíntese cresce lentamente e, após, passa a declinar. A respiração das plantas, ao contrário, é morosa logo acima da temperatura mínima exigida, mas, com o ar esquentando, ela fica cada vez mais acelerada. Desse modo, com a fotossíntese decrescendo e a respiração aumentando, as taxas dos dois processos irão se igualar e, a partir daí, não haverá mais ganhos de carbono. Essas diferenças de comportamento produzem resultados opostos ao efeito de fertilização ou à eficiência no uso da água e servem para prever reduções na assimilação do carbono pela vegetação em resposta ao aquecimento global, se forem ultrapassadas temperaturas limites.

Por ora não há qualquer certeza sobre quedas nas emissões dos gases produtores do efeito estufa. O CO<sub>2</sub> continuará, pelas próximas décadas, a ser o maior responsável pelo fenômeno gerado pelas ações do homem. Com sua concentração crescendo no atual ritmo, o oceano e a vegetação deixarão de incorporá-lo na mesma proporcionalidade, permitindo um maior acúmulo na atmosfera. Desmatamentos e enfraquecimentos na circulação termohalina, propiciados pela elevação da temperatura, atuarão nessa direção. O reflorestamento, em grande escala, seria uma medida que contribuiria para estabilizar o teor de CO<sub>2</sub> no ar. Outros gases produtores do efeito estufa também terão suas concentrações aumentadas no presente século.

Por conta disso, as temperaturas médias globais continuarão a crescer ao longo do século XXI, entre 1,4° C e 5,8° C, dependendo do controle das emissões, dos efeitos de retroalimentação e da variabilidade climática. Os aumentos serão maiores nas altas latitudes e, sobretudo, no inverno, com destaque para a porção setentrional da América do Norte e as áreas centrais e norte da Ásia, que poderão exceder os valores médios de aquecimento em cerca de 40% (IPCC, 2001a).

## **Possíveis Conseqüências das Mudanças Climáticas**

Com a elevação das temperaturas, a evaporação, a nebulosidade e a pluviosidade também crescerão. As precipitações aumentarão, principalmente no inverno, nas médias e altas latitudes do hemisfério norte e na Antártica. Nas latitudes

intertropicais haverá acréscimos e decréscimos e, mesmo onde elas se elevarem, grandes variações deverão ocorrer de ano para ano.

Os glaciares de montanha sofrerão grande retração. O Ártico terá, progressivamente, suas águas livres de congelamento. Icebergs existirão em maior quantidade nos oceanos pela fragmentação das calotas continentais. Há previsão de que o nível médio do mar ascenda entre 9 cm e 88 cm até 2100, fruto do degelo e da expansão térmica das águas. Todos os sistemas, naturais ou sócio-econômicos, estarão sujeitos, em maior ou menor grau, às mudanças que vierem a ocorrer, dependendo da vulnerabilidade, da magnitude e da rapidez dos acontecimentos.

A vulnerabilidade indica o quanto existe de inabilidade para lidar com os efeitos adversos das mudanças climáticas e depende da sensibilidade e da capacidade de adaptação dos sistemas.

A sensibilidade refere-se à susceptibilidade dos sistemas às alterações adversas ou benéficas produzidas pelas mudanças climáticas, principalmente pela variabilidade dos eventos, que inclui a freqüência e a magnitude dos casos extremos.

A capacidade de adaptação diz respeito à habilidade do sistema para se ajustar às mudanças climáticas, tirando vantagens de eventuais situações benéficas ou enfrentando as conseqüências para moderar os danos (**IPCC**, 2001b).

A capacidade de adaptação e a vulnerabilidade dos sistemas sócio-econômicos dependem da tecnologia, da educação, da informação, da infra-estrutura, da capacidade de gerenciamento e da riqueza disponível. Isso abre um abismo entre as populações dos países desenvolvidos e subdesenvolvidos, que terão menores condições para a adaptação e, conseqüentemente, estarão mais sujeitas às mudanças em curso.

Aproximadamente 1,7 bilhões de pessoas, cerca de um terço da população mundial, vivem em áreas com alguma deficiência hídrica e enfrentam a escassez de água potável. Ainda que distribuídas por todo o mundo, elas habitam, na maioria, países subdesenvolvidos situados nas latitudes subtropicais e intertropicais, onde a fome é crônica e os recursos aplicados na educação, saúde e saneamento básico são mínimos, criando uma situação propícia para um alto índice de mortalidade infantil e uma baixa esperança de vida. Para muitos desses locais estão previstas intensificações dos períodos de seca, que deverão atingir quase todo o continente africano, desde as áreas semi-áridas até o domínio das savanas, afetando, sobremaneira, os regimes fluviais, mesmo aqueles que têm parte de seus débitos atrelados ao degelo dos picos elevados, pois o aumento das temperaturas propiciará o descongelamento e a retração ou desaparecimento dos glaciais de montanha. As populações das áreas áridas e semi-áridas, com drenagem intermitente, localizadas no norte e sul da África e no Oriente Médio, utilizam-se da água de poços e de oásis. Estiagens extremamente prolongadas impedirão a recarga dos lençóis freáticos, gerando problemas sérios de desabastecimento e pelepas pelo uso dos recursos hídricos. Secas e calor extremos trarão um caos à agricultura, que já apresenta baixa produtividade em razão do pouco uso de insumos e da ausência de tecnologia, agravando o problema da fome. A água, que eventualmente é utilizada para irrigação, será disputada para consumo. Mesmo nos lugares onde os rios não secarem, a diminuição dos fluxos trará uma piora à qualidade da água, aumentando a concentração de dejetos, inclusive provenientes de esgotos, favorecendo, pela falta de higiene, a propagação de doenças como o cólera, o que aumentará as já elevadas taxas de mortalidade. A ausência de água e alimentos será agravada com o crescimento populacional, por ser grande nessas áreas a taxa de natalidade. Os animais selvagens, que em alguns países constituem uma importante atração turística e fonte de divisas externas, com o aumento do calor, fenecimento da vegetação e falta de água, enfrentarão forte desequilíbrio na cadeia alimentar. Muitos morrerão e

algumas espécies poderão desaparecer, arruinando a economia dos países que têm no turismo um importante gerador de divisas.

O aumento das precipitações, principalmente dos eventos extremos, na forma de aguaceiros, associado à elevação do nível do mar, fará crescer o risco de enchentes em muitas áreas. Na zona intertropical são previstas ocorrências simultâneas de estiagens e enchentes de acordo com os ajustes da circulação atmosférica, o que, aliás, já é típico dos dias atuais. Mas, nas latitudes médias e elevadas do hemisfério norte é que elas deverão constituir um fenômeno cuja reincidência deverá crescer bastante pelo favorecimento simultâneo de diversos fatores, além dos já citados. Há na Europa e na Ásia bacias hidrográficas oriundas de cadeias montanhosas que, à jusante, se estendem por vastas áreas de topografia suavizada até alcançarem a foz. A Cordilheira do Himalaia e o Planalto do Tibet, com altitudes que chegam a superar 8000 metros, constituem um dispersor de águas para o continente asiático. Ali têm sua gênese rios que, ao atingirem menores altitudes, drenam regiões muito povoadas e constituem recursos utilizados para a agricultura, navegação e geração de energia em muitos países. O Ganges corta todo o norte da Índia e junto com o Bramaputra percorre Bangladesh desde sua porção setentrional até o Oceano Índico, o Indo transpõe o Paquistão do norte ao sul, o Azul e o Amarelo se estendem pelo leste da China em direção ao Pacífico e o Mecong constitui a fronteira do Laos com a Tailândia e atravessa o Camboja e o Vietnã. Na foz eles desenvolvem formas deltaicas, caracterizando a passagem por extensas planícies e gerando um grande aporte de sedimentos. Na Europa os Alpes também constituem um divisor de águas para rios como o Pó, o Reno, o Ródano e o Danúbio, que drenam áreas industrializadas e densamente povoadas. Todas essas bacias são alimentadas pelo degelo, a partir da primavera, que propicia um contínuo, porém não acentuado abastecimento de água aos rios. Em áreas onde os fortes declives favorecem a alta velocidade dos fluxos o regime nival é importante, pois atenua escoamentos torrenciais e gera débitos mais regulares. Alpes e Himalaia estão entre as áreas de precipitações mais elevadas do mundo pela conjugação da circulação atmosférica com a topografia. Nessas montanhas, onde, pelas feições topográficas, a infiltração é diminuta, o aquecimento do planeta fará com que haja um degelo dos glaciais e um aumento de chuvas em prejuízo das nevadas, propiciando a elevação do escoamento superficial instantâneo e rápido aumento dos débitos. Como nas porções planas à jusante, em vários lugares, a pluviosidade também irá crescer e a subida do nível do mar afogará, progressivamente, as desembocaduras dos rios, constituindo um obstáculo para o escoamento das águas fluviais, grandes enchentes são previsíveis.

As áreas insulares bastante susceptíveis ao aumento do nível marinho, exceto Chipre e Malta, estão na zona intertropical. Se as águas subirem perto de 1 metro, as Bahamas, Maldivas e Ilhas Marshall, cujas altitudes raramente ultrapassam 4 metros, serão, em grande parte, submersas. Acrescente-se que a maior incidência de ciclones tropicais, capazes de gerar ondas gigantescas, poderá produzir grandes devastações nesses lugares. Atualmente cerca de 46 milhões de pessoas estão expostas, todo ano, ao risco de inundações provocadas por invasões do continente pelo mar durante tempestades e ciclones porque há inúmeras grandes cidades junto ao litoral. Em Bangladesh, caso o nível das águas suba 1 metro, milhões de habitantes terão que ser deslocados continente adentro.

O aquecimento do globo poderá provocar o aumento da área de abrangência e maior incidência de doenças provocadas por vetores, como febre amarela, malária, dengue e esquistossomose, que são endêmicas em países da zona intertropical e se estenderão para regiões extratropicais (**MARTENS**, 1998). Doenças das vias respiratórias devem diminuir com o aumento das temperaturas e declínio no número de dias frios, mas o calor agravará os casos de enfermidades do aparelho circulatório.

Aumento da temperatura e elevação das cotas oceânicas afetarão os sistemas costeiros. Águas cada vez mais quentes tornar-se-ão um problema para a vida nos

atóis e recifes de corais, pois as temperaturas críticas para sobrevivência poderão ser ultrapassadas. As migrações das plantas e animais que habitam praias, dunas, restingas e mangues serão dificultosas, à medida que áreas contíguas, com ambientes similares, poderão inexistir diante do uso que se dá ao solo. A água do mar, ao invadir o baixo curso dos rios, criará um desequilíbrio nos manguezais por aumentar a salinidade.

A rapidez prevista para as modificações do clima, inclusive no que diz respeito à variabilidade e aos eventos extremos, pode ser o grande obstáculo para a adaptação de animais e vegetais. O aquecimento previsto deslocaria as isotermas entre 200 e 900 km em direção aos pólos e entre 200 e 900 m rumo aos pontos mais altos num período de 100 anos, modificando as fronteiras da habitabilidade das espécies em latitude e altitude. Nas mudanças climáticas pretéritas as migrações dos bosques foram, presumivelmente, de 4 a 200 km por século (**IPCC**, 1997). Diante da inviabilidade de migrações rápidas para o conjunto das formações vegetais, é previsível uma mistura de espécies que hoje ocupam habitats diferentes. Com o aparecimento de umas e desaparecimento de outras serão criadas novas combinações. Adicionando-se às variações térmicas a disponibilidade de água e o aumento no teor de CO<sub>2</sub>, as maiores mudanças são esperadas nas altas latitudes.

Influenciados por novos parâmetros do clima e pelas modificações das formações vegetais, as distribuições e as densidades populacionais dos animais terão que se ajustar aos novos ambientes. Para isso serão desencadeadas migrações, que enfrentarão obstáculos impostos pelos diferentes usos da terra para se alcançar outros nichos. As áreas propícias aos peixes de águas mais quentes serão ampliadas à medida que forem sendo restringidos os habitats adequados aos de águas frias e geladas. As interações entre espécies, nos novos contextos, não serão sempre harmoniosas e muitas delas correrão o risco de desaparecer.

As médias e altas latitudes do hemisfério norte constituem as zonas da terra menos vulneráveis às mudanças climáticas e que melhor poderão se adaptar a elas, usufruindo inclusive de grandes benefícios econômicos. Nelas estão os países mais ricos do planeta, que dispõem de tecnologia e recursos para lidar com problemas advindos da elevação do nível do mar, de enchentes causadas por aumento das precipitações e, eventualmente, da maior incidência de ciclones tropicais ou tornados. A diminuição do número de dias com temperaturas extremamente baixas, o aumento das mínimas absolutas e a elevação das temperaturas médias trarão uma grande economia no uso de energia para aquecimento de ambientes internos de edifícios e um declínio no número de doenças do aparelho respiratório, que acometem, principalmente, idosos e crianças. A redução na ocorrência de nevadas e o degelo do permafrost liberarão áreas mais extensas e por mais tempo para o cultivo e pecuária. Temperaturas mais altas, precipitações mais elevadas e maior teor de CO<sub>2</sub> na atmosfera são ingredientes indispensáveis ao aumento da produtividade. O aquecimento tornará possível também a introdução de culturas típicas de menores latitudes. Maiores extensões de terras agricultáveis, produtividade mais elevada e o controle da natalidade poderão tornar nações, que já são ricas, independentes da importação de alimentos. O degelo do Ártico fará com que nele se implantem importantes rotas comerciais, com o barateamento do transporte. O aumento das precipitações melhorará a disponibilidade da água em reservatórios destinados à produção de energia, ao abastecimento das populações e às atividades agropecuárias, o que será de suma importância diante do declínio das reservas de combustíveis fósseis, das políticas que poderão ser adotadas pelos países membros da OPEP e da crucial falta de água que afetará muitas regiões, situadas, às vezes, nos próprios países beneficiados. Tais perspectivas, se medidas de justiça social não forem tomadas, aumentarão ainda mais as discrepâncias entre países desenvolvidos e subdesenvolvidos ou entre pobres e ricos dentro de uma mesma nação. O Jornal Folha de São Paulo, nos editoriais de 28 de fevereiro de 2001, referiu-se ao Terceiro Relatório do **IPCC** como Apocalipse Climático, porém lembrou que as previsões

pessimistas não foram escritas por anônimos profetas bíblicos, mas por 426 cientistas de diversos países e revistas por outros 473 especialistas.

Um sumário das alterações dos atributos climáticos e de suas principais conseqüências pode ser visto na tabela 1 (IPCC, 1997; 2001b).

<b>Tabela 1 – Mudanças Climáticas Projetadas e Algumas de suas Possíveis Conseqüências</b>	
<b>Mudanças Climáticas Projetadas</b>	<b>Conseqüências Ambientais e Sócio-Econômicas</b>
Elevação das temperaturas máximas, maior número de dias quentes e incremento nas ondas de calor em, praticamente, todas as áreas (> 90% de probabilidade)	Aumento da mortalidade e de doenças em grupos idosos da população Aumento da fadiga por excesso de calor nas criações e animais selvagens Mudança de destino das atividades turísticas Aumento dos danos nas atividades agrícolas e decréscimo na produtividade Aumento do consumo de energia destinada ao resfriamento de ambientes
Elevação das temperaturas mínimas, menor número de dias frios, com geadas ou nevasdas e diminuição das ondas de frio em, praticamente, todas as áreas (> 90% de probabilidade)	Diminuição da mortalidade e da morbidez associada ao frio Decréscimo do risco de danos em algumas culturas e aumento em outras Aumento da incidência e maior número de doenças causadas por vetores Redução do consumo de energia destinada ao aquecimento
Redução das amplitudes térmicas diárias em, praticamente, todas as áreas (> 90% de probabilidade)	Aumento do desconforto térmico nas áreas de baixa latitude Queda nos danos causados à agricultura pelos resfriamentos noturnos
Aumento da frequência e da intensidade das tempestades nas latitudes médias (> 66% e < 90% de probabilidade)	Maior risco de enchentes e deslizamentos Perdas de vidas humanas, bens materiais e queda da produção agrícola Aumento da erosão do solo
Intensificação das precipitações sobre muitas áreas das médias e altas latitudes do hemisfério norte (> 90% de probabilidade)	Aumento dos danos causados por enchentes, avalanches e deslizamentos Perdas de vidas humanas, colheitas, criações e danos à infra-estrutura Aumento da erosão do solo Aumento da pressão sobre os governos para o controle de desastres
Intensificação dos ciclones tropicais e da intensidade das precipitações sobre algumas áreas (> 66% e < 90% de probabilidade).	Aumento dos riscos de perdas de vidas humanas e de epidemias de doenças infecciosas Perda de colheitas e de criações Aumento da erosão nas áreas junto às costas e danos às construções e infra-estrutura Aumento dos danos aos sistemas costeiros como o mangue e corais.
Aumento das deficiências hídricas no verão e riscos de secas em muitas áreas situadas no interior dos continentes no hemisfério norte (> 66% e < 90% de probabilidade)	Decréscimo e perda de colheitas Decréscimo na qualidade e na quantidade dos recursos hídricos Aumento de danos às fundações dos edifícios causados pela retração dos solos Aumento dos riscos de incêndios florestais.
Intensificação das secas e enchentes associadas ao evento El Niño em muitas regiões (> 66% e < 90% de probabilidade).	Decréscimo na geração de energia elétrica Decréscimo na atividade pesqueira no Pacífico Oriental Diminuição da produtividade agrícola causada por secas e enchentes Perdas de vidas humanas e danos à infra-estrutura causada por enchentes
Aumento da variabilidade das chuvas durante as monções de verão na Ásia (> 66% e < 90% de probabilidade)	Aumento na magnitude de secas e enchentes com ocorrência de perdas e danos de diversas ordens na Ásia Tropical.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COUGHLAN, M., NYENZI, B. S. *Climate trends and variability*. In JÁGER, J. e FERGUSON, H. L. (Eds.). **Climate Change: science, impacts and policy**. Cambridge: Cambridge University Press, 1991, pp. 71-81.

FOLLAND, C. K., KARL, T., KINNIKOV, K. Y. A. *Observed climate variations and change*. In HOUGHTON, J. T., JENKINS, G. J., EPHRAUMS, J. J. (Eds.). **Climate Change**. Cambridge: Cambridge University Press, 1990, pp. 199-238.

HOREL, J., GEISLER, J. **Global Environmental Change: an atmospheric perspective**. New York: John Wiley, 1997.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **The Regional Impacts of Climate Change: an assessment of vulnerability**. WATSON, R. T., ZINYOWERA, M. C., MOSS, R. H. (Eds.). Cambridge: Cambridge University Press, 1997.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Climate Change 2001: the scientific basis**. HOUGHTON, J. T., et alii (Eds.). Cambridge: Cambridge University Press, 2001a.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Climate Change 2001: impacts, adaptation and vulnerability**. MAC CARTHY, J. J. et alii (Eds.). Cambridge: Cambridge University Press, 2001b.

MARTENS, P. **Health and Climate Change**. London: Earthscan Publication, 1998.

MOLION, L. C. B. *A Amazônia e o clima da Terra*. **Ciência Hoje**, n. 48, v. 8, pp.42-7, 1988.

SALATI, E., MARQUES, J., MOLION, L. C. B. *Origem e distribuição das chuvas na Amazônia*. **Interciência**, n.4, v. 3, pp. 200-5, 1978.

SANT'ANNA NETO, J. L. **As Chuvas no Estado de São Paulo: contribuição ao estudo da variabilidade climática e tendência da pluviosidade na perspectiva da análise geográfica**. São Paulo: Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo. Tese (Doutorado em Geografia Física), 1995.

SANT'ANNA NETO, J. L. *As chuvas no Estado de São Paulo: a variabilidade pluvial nos últimos 100 anos*. In SANT'ANNA NETO, J. L., ZAVATINI, J. A. (Eds.) **Variabilidade e Mudanças Climáticas: implicações ambientais e sócio-econômicas**. Maringá: EDUEM, 2000, pp. 95-119.

SANTOS, M. J. Z.. *Mudanças climáticas e o planejamento agrícola*. In SANT'ANNA NETO, J. L., ZAVATINI, J. A. (Eds.) **Variabilidade e Mudanças Climáticas: implicações ambientais e sócio-econômicas**. Maringá: EDUEM, 2000, pp. 65-80.

---

**INFORMAÇÕES SOBRE O AUTOR**

[\(VOLTAR AO TEXTO\)](#)

Licenciado e bacharel em Geografia pela Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Rio Claro - SP;

Mestre e doutor em Geografia Física pela Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo;

Livre-Docente em Climatologia pelo Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista;

Professor do Departamento de Geografia do Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista, Campus de Rio Claro - SP.

[atavares@rc.unesp.br](mailto:atavares@rc.unesp.br)

### SUMÁRIO

**OLAM - Ciênc. & Tec.**

**Rio Claro**

**Vol 2**

**nº 2**

**p. 103 - 126**

**Novembro / 2002**

**ISSN 1519-8693**

**[www.olam.com.br](http://www.olam.com.br)**