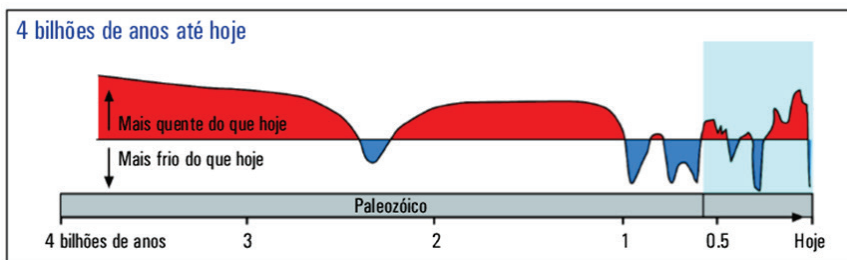


## Vulnerabilidade x Mudanças climáticas

Nas últimas décadas, a alteração global do clima é um dos problemas que tem despertado atenção cada vez maior por parte da comunidade científica, dos governantes e de toda a população por afetar o equilíbrio da biodiversidade, a exploração dos recursos renováveis, e por ameaçar diretamente a vida humana no planeta <sup>[49]</sup>.

As mudanças climáticas se manifestam de maneiras distintas, destacando-se o aquecimento global e a ocorrências de fenômenos extremos, como secas, enchentes, furacões, perturbações das correntes marinhas, elevação do nível dos oceanos, retração de geleiras, e ondas de calor e de frio cada vez mais frequentes e de maior intensidade <sup>[50]</sup>.

O clima é um sistema dinâmico, influenciado por diversos fatores climáticos, os quais incluem: *composição da atmosfera terrestre, desvios na órbita do globo e na radiação solar, correntes marinhas, circulação dos ventos atmosféricos, distribuição da terra e das massas de água*. Variações destes fatores foram os responsáveis pelas flutuações naturais do clima ao longo das eras geológicas, alternando-se períodos quentes com glaciações (Figura 5.1) <sup>[51]</sup>.



**Figura 5.1** Alterações naturais do clima ao longo das eras geológicas <sup>[51]</sup>.

Embora exista o conhecimento da tendência natural ao aquecimento global no presente período, pesquisas apontam que a ação humana vem acelerando esse fenômeno de forma intensa e preocupante, gerando um aumento na vulnerabilidade do planeta de diferentes formas, como por exemplo: ameaça à agricultura; perda da biodiversidade; expansão de vetores de doenças endêmicas; alteração do ciclo hidrológico, com influência sobre o abastecimento de água e a geração de energia hidroeétrica; e impactos sobre regiões costeiras devido à elevação do nível dos oceanos [49].

O Painel Intergovernamental de Mudanças do Clima – IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) define vulnerabilidade da seguinte forma [52]:

*“Grau de susceptibilidade ou incapacidade de um sistema para lidar com os efeitos adversos da mudança do clima, inclusive a variabilidade climática e os eventos extremos de tempo. A vulnerabilidade é uma função do caráter, magnitude e ritmo da mudança do clima e da variação a que um sistema está exposto, sua sensibilidade e sua capacidade de adaptação.”*

Tanto os sistemas físicos como os biológicos são vulneráveis às mudanças climáticas, fato que pode ser comprovado pelo derretimento das calotas polares e pela alteração no período de floração de algumas espécies vegetais. Dentre as populações humanas, as mais vulneráveis estão em países em desenvolvimento, pois, historicamente, esses têm uma menor capacidade de responder à variabilidade natural do clima [49,50].

## **5.1 Causas e consequência das mudanças climáticas**

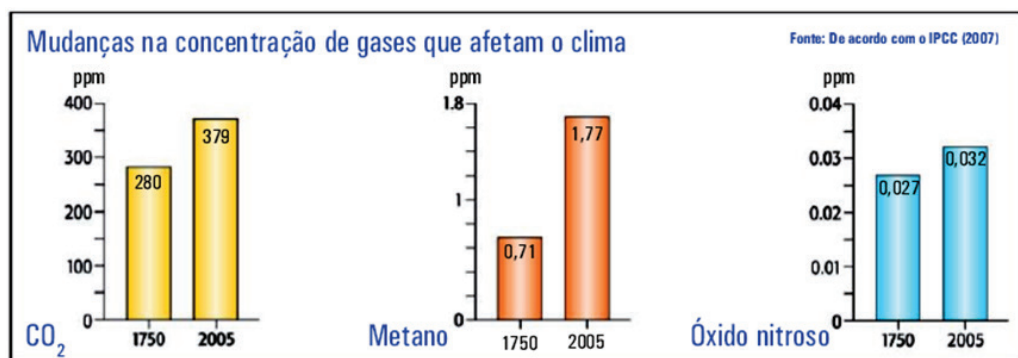
Conforme citado anteriormente, a composição da atmosfera terrestre exerce forte influência sobre o clima global. A atmosfera é formada por partículas sólidas, vapor d'água, e uma mistura de gases, sendo predominantes o nitrogênio (78%) e o oxigênio (21%). Os demais gases existentes somam cerca de 1%, sendo que alguns estão presentes em quantidades tão pequenas que são chamados de gases traço. Entre estes, estão os gases de efeito estufa (GEE), como o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), o ozônio (O<sub>3</sub>), o óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) e o metano (CH<sub>4</sub>) [53, 54].

Os GEE estão presentes naturalmente na atmosfera, e são responsáveis por reter a radiação infravermelha emitida pela Terra. Isto mantém o planeta aquecido a uma temperatura média de 15°C, criando condições adequadas para a vida e para a manutenção do equilíbrio térmico. Sem a presença destes gases traço, o planeta Terra teria uma temperatura média de -18°C [55].

Adicionado ao processo natural, as atividades antrópicas têm contribuído para o aumento das concentrações dos gases de efeito estufa na atmosfera, com consequente ampliação do poder de absorção de calor, levando ao fenômeno do aquecimento global <sup>[54]</sup>.

As liberações dos GEE provenientes das ações do homem tiveram aumento significativo com o advento da Revolução Industrial, período a partir do qual a queima dos combustíveis fósseis – carvão mineral, petróleo e gás natural – foi acentuada. Os reservatórios naturais e sumidouros<sup>1</sup> de CO<sub>2</sub> são também atingidos pelas atividades humanas pela má utilização da terra (desmatamentos, queimadas e atividades agrícolas) <sup>[54]</sup>.

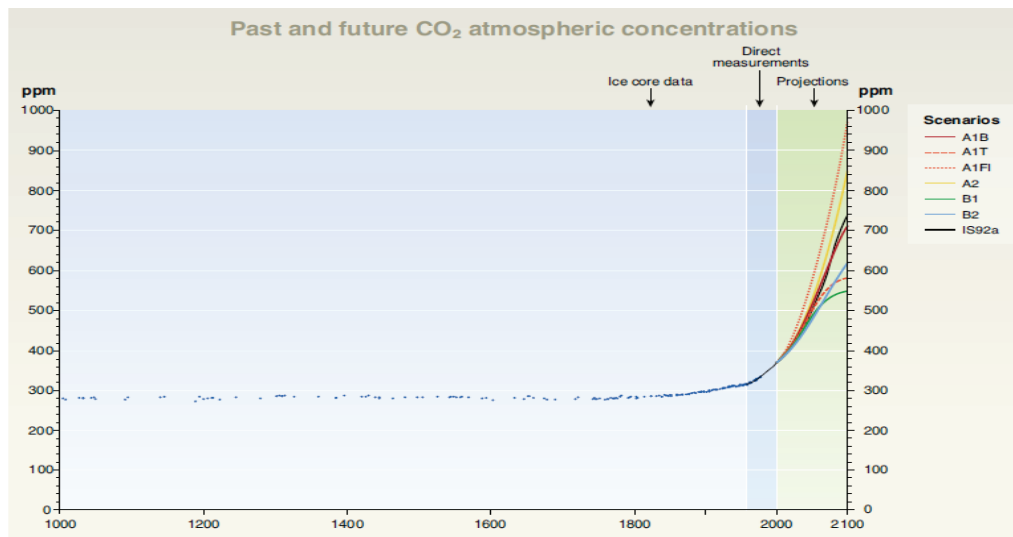
Dentre os gases que intensificam o fenômeno do efeito estufa, o CO<sub>2</sub> tem recebido especial atenção por representar 55% das emissões por atividade antrópicas e por permanecer na atmosfera por pelo menos dez décadas. Desde a Revolução Industrial a concentração de CO<sub>2</sub> tem aumentado significativamente, passando de 280 partes por milhão (ppm) em 1750 para 379ppm em 2005 [54, 51]. Esse aumento na concentração também pode ser percebido para os gases metano e óxido nitroso (Figura 5.2).



**Figura 5.2** Concentrações dos principais gases de efeito estufa (CO<sub>2</sub>, metano e óxido nitroso) na era pré-industrial e no ano de 2005 <sup>[51]</sup>.

Na Figura 5.3 pode-se observar as variações na concentração atmosférica de CO<sub>2</sub> no último milênio e as projeções para o próximo século de acordo com o IPCC.

1 Qualquer processo, atividade ou mecanismo que remova um gás de efeito estufa, um aerosol ou um precursor de um gás de efeito estufa da atmosfera <sup>[56]</sup>.



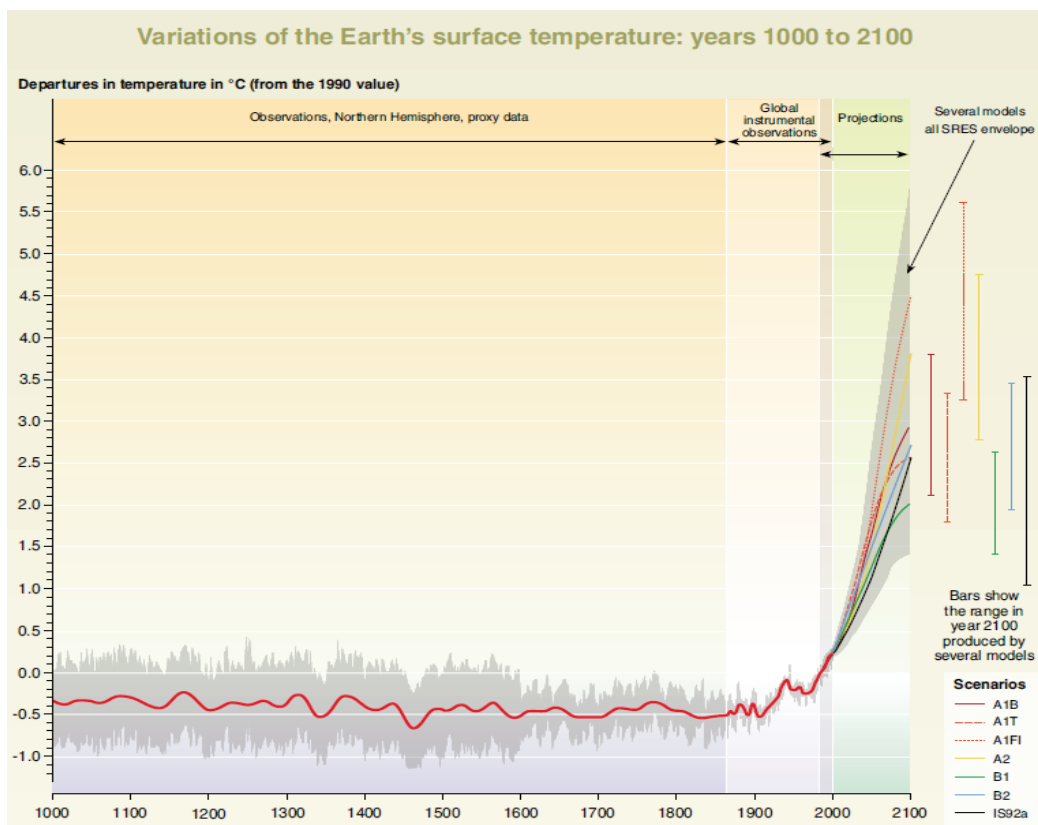
**Figura 5.3** Concentração atmosférica de CO<sub>2</sub>. Dados entre o período do ano 1000 ao ano de 2000 foram obtidos a partir do núcleo de geleiras e de medições atmosféricas nas últimas décadas. As projeções das concentrações de CO<sub>2</sub> para o período de 2000-2100 são baseadas nos seis cenários SRES (Special Report on Emissions Scenarios) e no cenário IS92 do IPCC<sup>[57]</sup>.

Outro importante GEE é o vapor d'água. Embora sua concentração seja essencialmente controlada pela temperatura da superfície da Terra e da baixa troposfera, com o aumento da temperatura a quantidade de vapor d'água tem aumentado, criando, assim, um efeito *feedback* positivo: elevadas temperaturas implicam em maiores concentrações de vapor d'água, que resulta em maior aquecimento, fechando o ciclo de retro-alimentação positiva<sup>[49]</sup>.

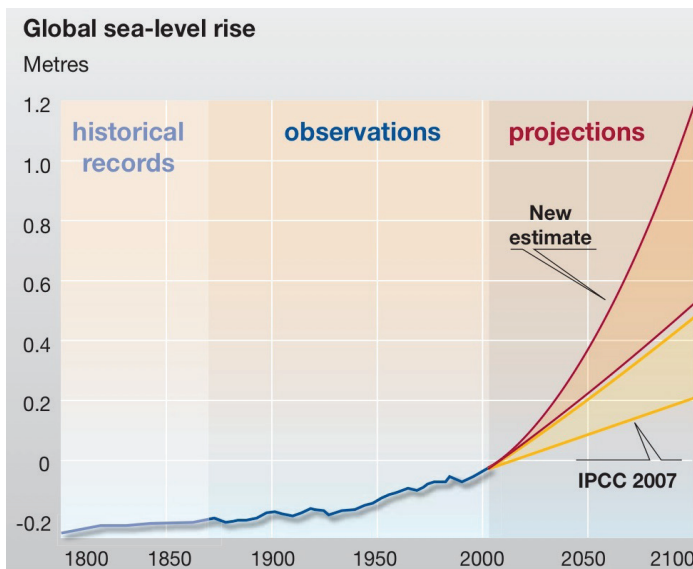
A elevação da temperatura terrestre é uma clara evidência de que as atividades antrópicas têm interferido nas mudanças do clima, não devendo estas alterações serem atribuídas exclusivamente a causas naturais. Em seu Terceiro Relatório de Avaliação (TAR) o Painel Intergovernamental de Mudanças do Clima conclui que a temperatura média da atmosfera da Terra aumentou 0,6 °C ± 0,2 °C durante o século XX. Projeções realizadas para a temperatura em 2100, apresentadas no Quarto Relatório de Avaliação (AR4), apontam para um acréscimo de 1,8°C no cenário otimista (B1), e a mais 4°C na projeção mais pessimista (A1FI). Alterações da temperatura na superfície da Terra podem ser observadas na Figura 5.4 [50, 58].

O nível dos oceanos está sendo afetado fortemente pelo aquecimento global em função do derretimento de geleiras. Entre os anos de 1961 e 2003, os oceanos

subiram, em média, 1,8 mm ( $\pm 0,5$ ) por ano, enquanto que entre os anos de 1993 e 2003, essa taxa média de elevação foi de 3,1 mm ( $\pm 0,7$ ) por ano. O Quarto Relatório do IPCC anuncia que o nível dos mares pode subir entre 26 cm e 59 cm até o final do século. Entretanto, a taxa de aumento pode ser ainda maior, já que alguns estudos recentes não foram considerados na confecção do AR4, podendo o nível dos oceanos ter um acréscimo de até 1,4 metros em 2100 (Figura 5.5) [50,58].



**Figura 5.4** Variações da temperatura na superfície terrestre entre os anos 1000-2000. A região em cinza representa o desvio padrão, com intervalo de confiança de 95%. As projeções para o ano de 2000-2100 foram baseadas nos seis cenários SRES (Special Report on Emissions Scenarios) e no cenário IS92 do IPCC<sup>[57]</sup>.



**Figura 5.5** Variação do nível dos oceanos entre os anos de 1800-2000. Estimativas para o período de 2000 a 2100 foram divulgadas no AR4 do IPCC (faixa amarela). A faixa vermelha corresponde ao estudo de Cazenave e Llovel [59].

## 5.2 Esforços internacionais sobre mudanças do clima

Em função dos riscos acarretados pelas mudanças climáticas, acordos mundiais de proteção ao clima foram adotados, principalmente, a partir da década de 1980. Os principais marcos destas ações internacionais foram: a fundação do Painel Intergovernamental de Mudanças do Clima (IPCC), a aprovação da Convenção-Quadro das Nações Unidas e a criação do Protocolo de Kyoto.

### 5.2.1 Painel intergovernamental de mudanças climáticas

Com a finalidade de gerar informações científicas confiáveis sobre as alterações climáticas e o aquecimento global, em 1988 foi criado o Painel Intergovernamental de Mudanças do Clima (IPCC, *Intergovernmental Panel on Climate Change*) pelo Programa Ambiental das Nações Unidas (UNEP, *United Nations Environment Program*) e pela Organização Meteorológica Mundial (WMO, *World Meteorological Organization*) [60].

O IPCC é formado por centenas de cientistas de todas as partes do mundo, responsáveis por avaliar a produção científica sobre o tema das principais universidades mundiais, e gerar relatórios de avaliação sobre alterações climáticas com base nos estudos e pesquisas já publicadas [53].

Os trabalhos do IPCC são divididos entre três grupos: Grupo I - “A ciência física baseada nas mudanças climáticas”; Grupo II - “Impactos das mudanças climáticas, adaptação e vulnerabilidade”; e Grupo III - “Mitigação das mudanças climáticas”<sup>[60]</sup>.

Desde sua fundação, os cientistas que compõem o IPCC produziram quatro relatórios de avaliação, sendo o quinto relatório (AR5) previsto para 2014:

**Quadro 1** Relatórios de Avaliação produzidos pelo IPCC e ano de divulgação.

• Primeiro Relatório de Avaliação – FAR em 1990;
• Segundo Relatório de Avaliação – SAR em 1995;
• Terceiro Relatório de Avaliação – TAR em 2001;
• Quarto Relatório de Avaliação – AR4 em 2007.

A partir das publicações, os relatórios de avaliação do IPCC se tornaram referência obrigatória, tanto do ponto de vista científico como político, o que pode ser comprovado quando o SAR (Segundo Relatório de Avaliação) forneceu bases para as negociações que levaram a adoção do Protocolo de Quioto, em 1997<sup>[55]</sup>.

O Painel Intergovernamental adota modelos climáticos que são usados como ferramentas para projeções futuras das mudanças do clima, como consequência da emissão de substâncias (gases de efeito estufa e aerossóis) que têm efeito radiativo potencial. No SAR, o IPCC utilizou o cenário de emissão denominado de IS92, entretanto, no ano de 2000 foram publicados novos cenários (SRES – *Special Report on Emissions Scenarios*), sendo alguns desses utilizados no TAR, de 2001<sup>[50]</sup>.

Os cenários do SRES mostram diferentes projeções das mudanças climáticas no futuro, sendo denominados de A1, A2, B1 e B2. O cenário A1 é dividido em A1B, A1FI e A1T. No Quadro II, descrevem-se as características de cada cenário.

**Quadro 2** Descrição dos cenários SRES utilizados pelo IPCC<sup>[50]</sup>.

<p><b>A1</b> – Neste cenário a globalização é predominante. Há um grande crescimento econômico, e desenvolvimento de tecnologias eficientes, porém, o crescimento populacional é pequeno. Há diminuição significativa das diferenças regionais e da renda <i>per capita</i>. Neste cenário, os indivíduos buscam por riqueza pessoal em detrimento a qualidade ambiental. Cenários: <b>A1B</b>, de estabilização; <b>A1FI</b>, onde há máxima utilização de combustíveis fósseis, e <b>A1T</b>, com mínimo consumo de combustíveis fósseis.</p>
<p><b>A2</b> – Esta projeção prevê maior crescimento populacional e menor preocupação em relação ao desenvolvimento econômico rápido. O mundo seria heterogêneo, com fortalecimento da identidade de culturas regionais, valorização da família e das tradições locais.</p>
<p><b>B1</b> – Descreve-se uma rápida mudança na estrutura econômica mundial neste cenário, com utilização de tecnologias limpas. Destacam-se, ainda, soluções globais, sustentabilidade ambiental e social, e inclusão de esforços combinados para o desenvolvimento de tecnologia rápida.</p>
<p><b>B2</b> – Neste cenário, ênfase é dada a soluções locais, a sustentabilidade econômica, social e ambiental. A mudança tecnológica é diversificada com forte ênfase nas iniciativas comunitárias e inovação social, em lugar de soluções globais.</p>

Os modelos utilizados pelo Painel Intergovernamental, assim como seus cenários e relatórios, são importantes ferramentas para a avaliação da vulnerabilidade dos diferentes setores quanto às mudanças do clima, e auxiliarão nas ações de mitigação e adaptação deste novo regime climático.

### 5.2.2 Convenção-quadro e protocolo de quioto

O Tratado Internacional das Nações Unidas, denominado de Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças do Clima foi aberto para assinatura durante a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, conhecida como “Cúpula da Terra”, realizada no Rio de Janeiro em 1992 <sup>[53]</sup>.

A Convenção-Quadro reconhece as mudanças climáticas como “uma preocupação comum da humanidade”, e tem por objetivo <sup>[56]</sup>:

*“... alcançar a estabilização das concentrações de gases de efeito estufa na atmosfera num nível que impeça uma interferência antrópica perigosa no sistema climático. Esse nível deverá ser alcançado num prazo suficiente que permita aos ecossistemas adaptarem-se naturalmente à mudança do clima, que assegure que a produção de alimentos não seja ameaçada e que permita ao desenvolvimento econômico prosseguir de maneira sustentável”.*

Em função da polêmica gerada e do impasse nas negociações, não houve estipulação de metas específicas para a emissão dos GEE, no entanto existiu um consenso quanto à necessidade da redução nas emissões. A Convenção entrou em vigor em 21 de março de 1994, e em 2004 contava com o apoio de 189 “Partes” (países) <sup>[49]</sup>.

A Convenção-Quadro tem como órgão supremo a Conferência das Partes (COP), formada pelos países signatários, e que se reúne anualmente para examinar a implementação da Conferência, ou tomar decisões necessárias para promover a sua efetiva implementação <sup>[49]</sup>. Neste ano de 2009 será realizada a COP-15 em Copenhague, Dinamarca.

Dentre as COP realizadas, cabe destacar a COP-1, realizada no ano de 1995 em Berlim, Alemanha. Como resultado deste encontro obteve-se o “Mandado de Berlim”, onde foram reafirmados os princípios da Conferência-Quadro <sup>[54]</sup>.

A terceira Conferência das Partes (COP-3) ocorreu em Kyoto, Japão, em 1997, onde houve a negociação do Protocolo de Quioto. O impasse adiado pela Convenção-Quadro não pode ser evitado neste protocolo, já que este instituiu a redução na emissão de CO<sub>2</sub> e outros gases de efeito estufa em pelo menos 5,2% em relação aos níveis de 1990 no período de 2008 a 2012 pelos países desenvolvidos [49, 56].

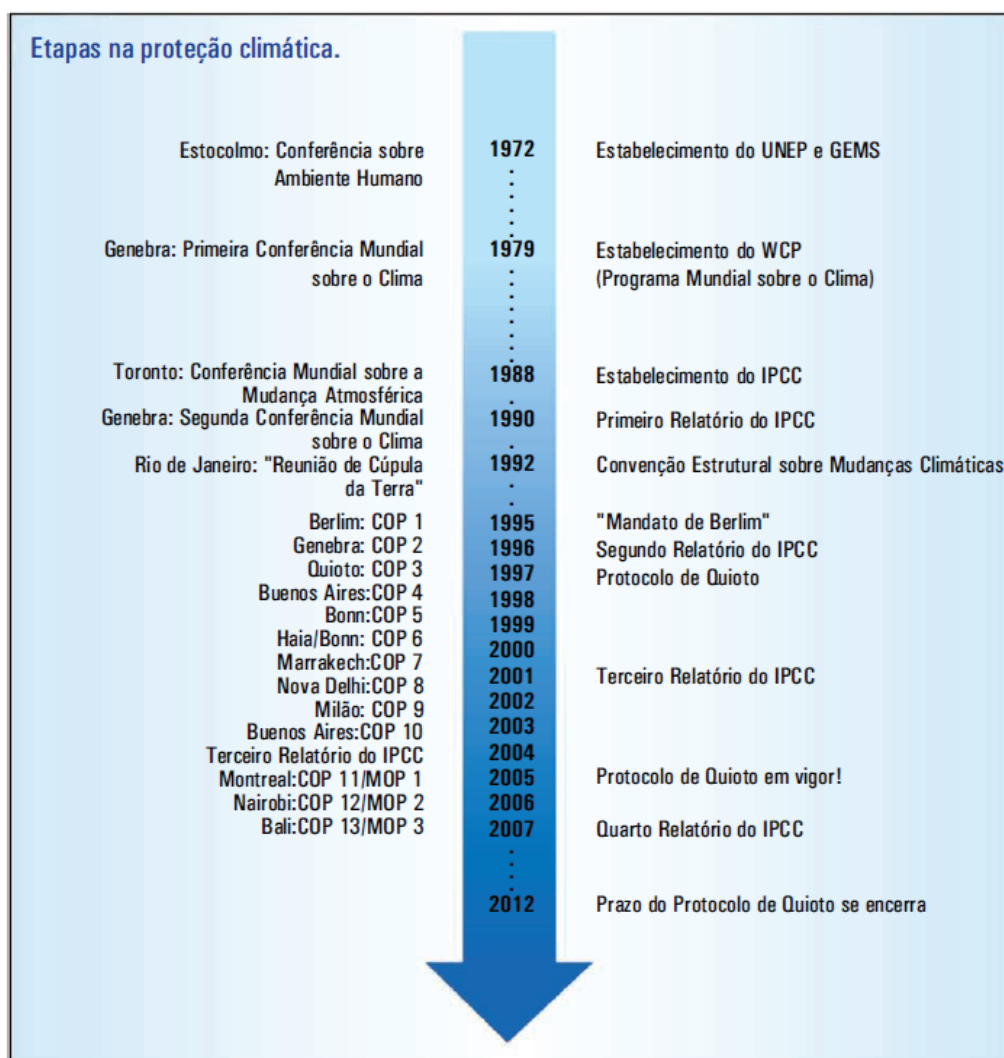
O Protocolo de Quioto foi assinado por praticamente todos os países presentes e ratificado pela grande maioria, entrando em vigor em 16 de fevereiro de



2005, após a ratificação pelo governo Russo, porém sem a aceitação dos Estados Unidos, responsáveis por 25% das emissões globais de GEE <sup>[55]</sup>.

Os países signatários estão divididos em dois grupos, dos desenvolvidos (Anexo I do Protocolo), e dos países em desenvolvimento (Não Anexos). As metas de redução estabelecidas têm que ser obrigatoriamente seguidas pelos países desenvolvidos, não tendo esta mesma responsabilidade os países não constantes no Anexo I <sup>[53]</sup>.

A Figura 5.6 mostra uma linha cronológica com as principais ações referentes às alterações climáticas.



**Figura 5.6** Linha cronológica dos avanços das ações internacionais referentes às mudanças do clima. COP – Conferência das Partes; MOP – Reunião das Partes, após vigorar o Protocolo de Quioto <sup>[51]</sup>.

## 5.3 Setores ambientais e sociais vulneráveis às alterações do clima

O possível aumento dos fenômenos extremos remete à questão da vulnerabilidade ambiental e social. Embora as variações climáticas atinjam todo o planeta, algumas regiões ou ecossistemas são mais vulneráveis em relação a outros. Muitos estudos são realizados regionalmente, porém, este livro abordará questões gerais, e não de caráter regional.

As informações apresentadas foram obtidas do Relatório do Grupo de Trabalho II – “Impactos, Adaptação e Vulnerabilidade”, publicado no Quarto Relatório de Avaliação do IPCC, em 2007 <sup>[61]</sup>.

### 5.3.1 Vulnerabilidade dos ecossistemas

A capacidade de resiliência (habilidade natural de adaptação) de muitos ecossistemas marinhos e terrestres está susceptível a ser superada se as emissões de gases de efeito estufa, especialmente de CO<sub>2</sub>, mantiverem-se ou forem superiores às taxas atuais.

Os ecossistemas mais vulneráveis às variações do clima incluem manguezais, pântanos, recifes de corais e ecossistemas de altas altitudes, como as florestas boreais. Cabe destacar que alguns destes ecossistemas apresentam alto grau de endemismo e elevado índice de biodiversidade. Entre os menos susceptíveis estão as savanas e os desertos pobres em espécies, entretanto, esses também podem ser atingidos mediante modificações nos regimes de queimadas naturais e ao efeito de fertilização do CO<sub>2</sub> (fenômeno de crescimento na produtividade vegetal devido a altas concentrações de CO<sub>2</sub>).

A elevação nas concentrações de CO<sub>2</sub> atmosférico está acarretando a acidificação dos oceanos e a diminuição da concentração de íons de carbonato, impactando diretamente os recifes de corais de águas quentes e frias, e espécies calcárias em função do declínio na produção de argonita, um mineral de carbonato de cálcio presente em conchas e esqueletos dos corais.

Todavia grande parte da biota marinha poderá ser afetada pelo aumento do nível dos oceanos, derretimento de geleiras, aumento na altura e intensidade de ondas, e maior risco de doenças na fauna marinha, além da diminuição do pH e da concentração de íons.

A produção nos oceanos também está sendo atingida. Registros de um satélite *in situ* apontam para a redução em cerca de 6% na produtividade primária global dos oceanos desde a década de 1980. No hemisfério Norte a reprodução do fitoplâncton é dependente de regiões costeiras congeladas. Em função da retração de geleiras, há um conseqüente impacto na reprodução, crescimento e desenvol-

vimento de outras espécies da cadeia alimentar, como krils, peixes e predadores, como focas e ursos polares.

Temperaturas elevadas podem causar morte acentuada em larvas e ovos de várias espécies, ou migração tardia para desova. O tempo de nidificação e a determinação do sexo de algumas espécies são influenciados pela temperatura, como no caso das tartarugas marinhas. Embora não se tenha dados sobre a flutuação do número de indivíduos ou proporção sexual nas espécies, estudos realizados no Caribe indicam que caso haja um aumento de 0,5 m do nível do mar, 32% das praias de nidificação das tartarugas marinhas serão eliminadas.

As altas concentrações de dióxido de carbono e o aumento da temperatura na atmosfera terrestre serão os principais fatores de vulnerabilidade da biodiversidade. Contudo, muitas espécies sofrerão efeito sinérgico das mudanças climáticas somada à fragmentação de habitat pela ação antrópica.

Enquanto a produção primária de algumas populações vegetais pode ser beneficiada com a elevação da temperatura (cerca de 2 °C acima da média do período pré industrial), estima-se que entre 20 – 30% das espécies avaliadas até o momento terão um alto risco de extinção em função deste mesmo aumento de temperatura até 2100, gerando uma perda irreversível na biodiversidade.

A fenologia<sup>2</sup> de muitas populações já está sendo afetada pela mudança global do clima em função da alteração nas estações do ano. Estudos apontam que a primavera tem se antecipado entre 2,3 a 5,2 dias por década. A migração tardia de pássaros, postura de ovos, maturação sexual precoce em anfíbios, floração e frutificação em períodos distintos, e a queda foliar fora de época, podem ser citados como exemplos de disfunções fenológicas devido às alterações no clima.

Mudanças na distribuição, abundância, morfologia e reprodução das espécies também têm ocorrido. Muitas populações realizam migração, sobretudo, em virtude da faixa de tolerância à temperatura. Em contrapartida, algumas espécies termofílicas têm apresentado maior distribuição e abundância nas últimas décadas. Variações na fecundidade podem ser percebidas por meio do tamanho dos ovos, periodicidade de postura e seleção do local.

Estudos indicam que algumas espécies têm sido extintas indiretamente pelo aquecimento global, uma vez que, esse atua sobre os fatores que levam à extinção, como o tamanho e distribuição da população. Aproximadamente 75 espécies de rãs, endêmica das Américas, foram recentemente extintas provavelmente devido à patogenicidade causada por um fungo, o qual tem sido beneficiado pelo aumento de

---

2 Ramo da ecologia que estuda os ciclos biológicos e sua ocorrência em relação aos fatores bióticos e abióticos.

temperatura. Entretanto, outras espécies de borboletas e pássaros também tiveram suas biodiversidades diminuídas nas últimas décadas.

Os ecossistemas brasileiros podem ser severamente afetados pela elevação da temperatura e distribuição de chuvas. Os biomas do Cerrado, Pantanal, Catinga e Mata Atlântica, assim como a região Amazônica perderão parte de seus territórios e de sua biodiversidade. Projeções apontam para um aumento da temperatura na Amazônia de até 6 °C a 8 °C até 2100, o que levaria ao processo de savanização, e formação de áreas de típicas do cerrado <sup>[50]</sup>.

### 5.3.2 Vulnerabilidade dos sistemas hídricos

Os recursos hídricos são vulneráveis a diversos fatores, como: tamanho da população, estilo de vida, economias e tecnologias, e demanda agrícola, já que este setor é o que necessita de maior consumo de água, e nas últimas décadas pela mudança no regime do clima.

Os sistemas hídricos serão afetados pelo aumento da temperatura atmosférica de maneira oposta dependendo da região do globo considerada. Em altas altitudes e regiões tropicais úmidas, estima-se um aumento entre 10 a 40% no escoamento anual médio e na disponibilidade hídrica. Entretanto, regiões áridas estão vulneráveis a terem uma diminuição na ordem de 10 a 30%. Áreas estas que atualmente já apresentam problemas de estresse hídrico <sup>[52]</sup>.

Fenômenos de precipitações extremas provavelmente serão mais frequentes, elevando o risco de inundações em áreas do globo mais vulneráveis como a região equatorial e altas altitudes no Hemisfério Norte.

A retração de geleiras e a diminuição da cobertura nevada reduzirão os estoques de água em áreas abastecidas pela água derretida, atingindo cerca de um sexto da população mundial que habitam estas áreas de cadeias montanhosas. Algumas regiões, como por exemplo, o sul da África e o nordeste do Brasil, serão afetadas por secas mais extremas. A redução na pluviosidade e na vazão dos rios poderá comprometer o transporte fluvial, o despejo de esgotos sanitários e efluentes, e a geração de energia elétrica [50, 52].

A qualidade da água será afetada pela redução do nível de rios e lagos, levando à ressuspensão de sólidos e liberação de compostos prejudiciais à saúde humana. As chuvas em excesso também poderão ocasionar aumento na turbidez em função da erosão, ou introdução de poluentes (agrotóxicos, metais pesados) nos corpos hídricos pela lixiviação do solo. O aumento de temperatura da água levará ao crescimento de algas, bactérias e fungos, que poderão acarretar mau cheiro e sabor à água, sendo necessária a aplicação de tratamentos de água avançados para o abastecimento público.

### 5.3.3 Vulnerabilidade das zonas costeiras

Regiões litorâneas e de baixa latitude são vulneráveis naturalmente, e algumas já vêm enfrentando problemas decorrentes da variação do clima, especialmente em função da elevação do nível dos oceanos em alguns locais. Entretanto, as atividades antrópicas também exercem forte pressão nestas áreas, tornando-se difícil o desafio de separar as contribuições naturais e antrópicas das decorrentes do aquecimento global.

Estima-se que 23% da população humana reside a até 100 km da costa e a menos de 100 m acima do nível do mar, sendo a densidade populacional nestas regiões três vezes maior que a média global. Consequentemente, toda essa população está vulnerável aos impactos causados pelas alterações no regime climático, principalmente pela elevação no nível dos mares.

Segundo Marengo <sup>[50]</sup> caso o nível do Atlântico aumente 50 cm, uma área de 100 m de praia no litoral Norte e Nordeste do Brasil seria perdida. Ainda segundo o autor, a cidade do Rio de Janeiro é considerada uma das mais vulneráveis dentre os municípios brasileiros.

O processo de erosão e de retração em muitas regiões costeiras, como a costa leste dos Estados Unidos e do Reino Unido, tem sido agravado nas últimas décadas pela elevação do nível dos mares, aumento no número de ressacas, ocupação irregular da orla, e mudanças nos rios que deságuam nos mares e que os abastecem com sedimento <sup>[50]</sup>.

Áreas de manguezais, pântanos salgados e deltas são sabidamente muito vulneráveis às alterações do clima. Entretanto, estudos divulgados no AR4 indicam que a maior contribuição para a perda dos dois primeiros ecossistemas seja decorrente da urbanização e de atividades humanas.

O aumento do nível dos oceanos não será uniforme ao redor de toda a costa do globo terrestre. Variações de tempestades, ondas, fornecimento de sedimento e capacidade de migração da população em direção ao interior são fatores que influenciam a vulnerabilidade de muitas zonas costeiras e devem ser levados em consideração na avaliação da vulnerabilidade local.

### 5.3.4 Vulnerabilidade da agricultura

Com o desenvolvimento tecnológico no setor agrícola, como melhoramento genético, maior controle de pragas e doenças, e melhora no processo de fertilização e mecanização nas últimas décadas, torna-se difícil a identificação dos impactos causados pelas mudanças no regime climático.

Segundo o Quarto Relatório de Avaliação do IPCC (AR4), estudos realizados na Europa e na Ásia não evidenciaram queda na produtividade agrícola devido às

mudanças climáticas para as culturas de trigo e arroz. No entanto, culturas como a de amendoim têm sofrido um declínio em função da elevação da temperatura na região Africana.

Projeções para o próximo século apontam para um aumento global na produção agrícola para um aumento médio na temperatura da atmosfera terrestre entre 1°C e 3°C, todavia, maiores elevações poderão acarretar a diminuição da produtividade <sup>[58]</sup>.

Regionalmente, em locais de média e alta latitudes espera-se um aumento na produtividade das culturas caso a elevação da temperatura média não exceda 3°C. Em regiões tropicais e de baixas latitudes projeta-se a diminuição na produtividade, mesmo com elevação de 1 ou 2°C, acentuando o risco de fome em algumas áreas.

Segundo Marengo <sup>[50]</sup>, a agricultura brasileira sofrerá modificações no mapa agrícola em função da elevação da temperatura e da distribuição das chuvas. Culturas como as de trigo e soja não poderão ser mais plantadas no Rio Grande do Sul. Culturas perenes se deslocarão para o Sul do país, à procura de temperaturas máximas mais amenas. Plantios de arroz, feijão e soja serão deslocados para o Centro-oeste, e a produção cafeeira será reduzida a 1% do território do estado de São Paulo, assim como no estado de Minas Gerais.

### 5.3.5 Vulnerabilidade da saúde humana

Os seres humanos são vulneráveis diretamente e indiretamente às mudanças decorrentes das alterações no regime climático. Diretamente cita-se a elevação da temperatura atmosférica, a mudança nos padrões de precipitações, o aumento no nível dos oceanos e a exposição mais frequente a eventos extremos. A deterioração da qualidade de água, do ar, a queda na disponibilidade de alimentos e alterações nos ecossistemas afetarão o homem indiretamente.

Milhares de mortes nos últimos anos têm sido atribuídas a ondas de frio e de calor, inundações, tempestade e eventos extremos. Como exemplo, temos a onda de calor que atingiu a Europa e a Ásia em 2003, e que matou somente na Europa entre 12 mil e 15 mil pessoas; o rigoroso inverno na Europa em 2006; e os furacões Katrina e Rita nos Estados Unidos em 2005, e o Catarina no sul do Brasil em 2004 <sup>[50]</sup>.

Climas mais quentes e maiores índices de pluviosidade propiciam a proliferação de vetores de doenças tropicais como a malária, a dengue e a febre amarela, e a propagação de microrganismos patogênicos, causadores, por exemplo, da cólera e da disenteria. As populações dos países da Ásia, América latina e África

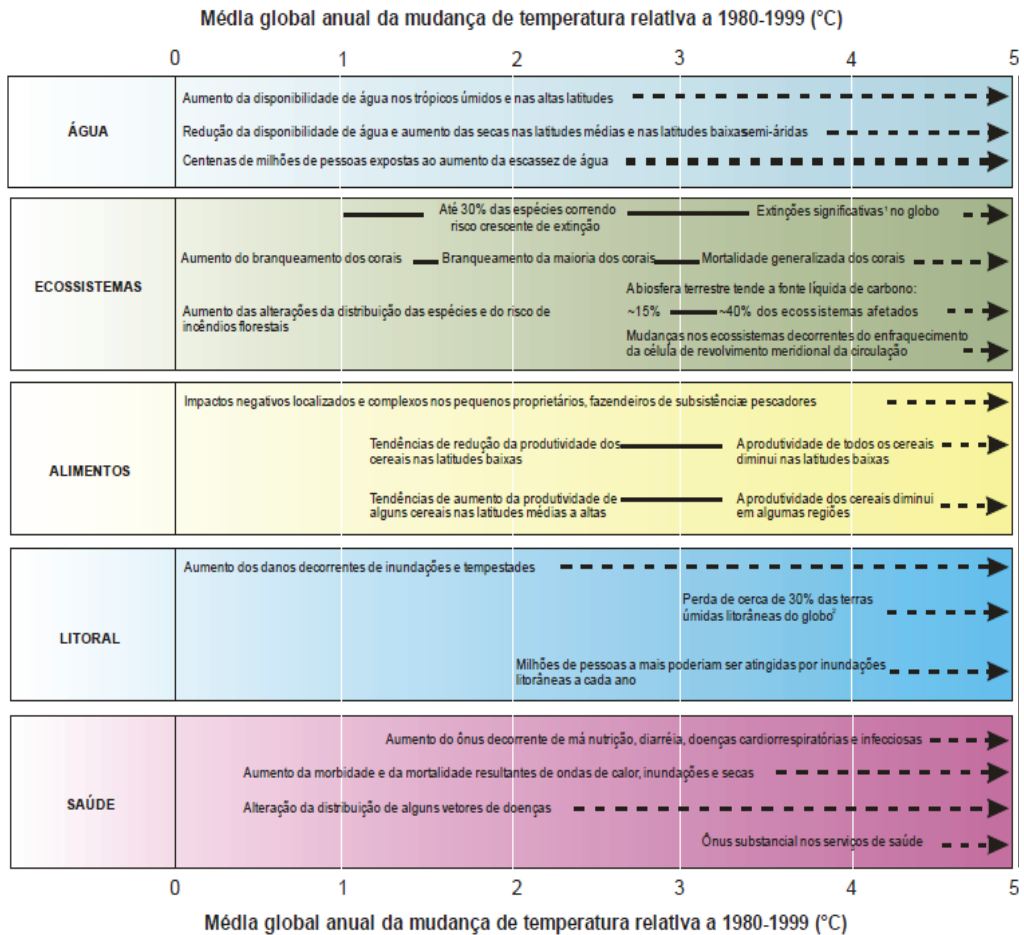
sub-saariana são as mais vulneráveis de serem acometidas por essas enfermidades <sup>[50]</sup>. Regiões estas, sabidamente carentes de saneamento básico e políticas de saúde pública.

O estado de saúde humana ainda poderá ser afetado pelo aumento da sub-nutrição, que comprometerá principalmente o crescimento e o desenvolvimento infantil; pelas doenças respiratórias e alérgicas decorrentes pela piora na qualidade do ar, especialmente nas grandes metrópoles e em área de queimadas e desmatamentos, pelo aumento na quantidade de material particulado e na concentração de ozônio, formado por meio de reações fotoquímicas envolvendo óxido de nitrogênio e compostos orgânicos voláteis na presença de luz solar e altas temperaturas.

Embora seja observada uma tendência a maior mortalidade nos anos mais quentes, essa mesma observação não pode ser realizada para períodos de inverno. Até a presente data, as alterações no clima não podem ser claramente relacionadas com o aumento de doenças transmitidas por vetores ou por microrganismos patogênicos, uma vez que, os fatores que levam uma pessoa a contrair enfermidades são numerosos e complexos.

Todavia, há um consenso de que doenças psíquicas e físicas do homem diminuam sua capacidade individual e social de adaptação às mudanças climáticas. Portanto, torna-se de extrema importância a preservação da saúde humana mundialmente.

Na Figura 5.7 apresentam-se os impactos projetados para as mudanças no clima decorrentes de diferentes quantidades de aumento da temperatura média atmosférica para o século XXI.



**Figura 5.7** Impactos globais projetados pelo aumento de diferentes gradientes de temperatura da superfície global. O lado esquerdo do texto indica o início aproximado do impacto. As linhas tracejadas indicam os impactos que continuam com a elevação da temperatura. As linhas contínuas inter-relacionam os impactos <sup>[58]</sup>.

É fato que as mudanças climáticas afetarão todo o globo terrestre, entretanto estes impactos variarão em função da vulnerabilidade do setor ambiental/social avaliado, da sua capacidade de adaptação e das ações de mitigação que serão adotadas pelos países.