

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY RIBEIRO**

**Lucas da Silva Machado**

**PONDERAÇÕES SOBRE O EFEITO ESTUFA E O  
AQUECIMENTO GLOBAL**

Campos dos Goytacazes

2012

Lucas da Silva Machado

**PONDERAÇÕES SOBRE O EFEITO ESTUFA E O  
AQUECIMENTO GLOBAL**

Monografia apresentada à  
Universidade Estadual do Norte  
Fluminense Darcy Ribeiro como  
requisito parcial para obtenção do  
título de Licenciado em Química.

**Orientador:** Luis Cesar Passoni

Campos dos Goytacazes

2012

Lucas da Silva Machado

**PONDERAÇÕES SOBRE O EFEITO ESTUFA E O  
AQUECIMENTO GLOBAL**

Monografia apresentada junto ao Centro de Ciência e Tecnologia da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro como requisito parcial para obtenção do título de Licenciado em Química.

**Comissão Examinadora**

---

Orientador: Prof. Luis Cesar Passoni (Doutor em Química)

---

Prof. Marcelo Silva Sthel (Doutor em Física)

---

Prof. Rodrigo Rodrigues de Oliveira (Doutor em Química)

Campos dos Goytacazes, 09 de Agosto de 2012.

## DEDICATÓRIA

Aos meus familiares que me apoiaram em todos os momentos, lutando junto comigo para que esta conquista se tornasse possível.

## **AGRADECIMENTOS**

Acima de tudo Deus, por me abençoar de todas as formas ao longo desta caminhada no Seu justo tempo, reservando o que há de melhor para o meu futuro. Sem Sua graça essa vitória não seria possível e as barreiras encontradas não seriam superadas.

Aos meus pais pelo total apoio, paciência, investimento moral, financeiro, espiritual e acadêmico, indo além de nossas limitações para que nada me faltasse até esta data.

Aos meus tios, tias e primos que, da mesma forma que meus pais, contribuíram de todas as formas para esta realização.

A todos os professores que contribuíram para minha formação, mas de forma especial, ao professor Luís Cesar Passoni, a pessoa que dentro desta universidade foi como um pai para mim, me dando total apoio nos momentos de dificuldade, com ajudas além de uma relação normal professor-aluno.

Aos meus amigos, que também me apoiaram e superaram momentos em que fiquei distante devido às circunstâncias acadêmicas.

Aos servidores públicos da UENF, pois eles formam a base do desenvolvimento para o trabalho universitário. De forma especial, aos funcionários da biblioteca do CCT com quem trabalhei durante o período de bolsa de apoio acadêmico, Maria Kátia, Ana Paula, Luciano, Agenor, José Higinio (LENEP) e os demais bolsistas.

## SUMÁRIO

|  |               |
|--|---------------|
| <b>RESUMO .....</b>                            | <b>- i -</b>  |
| <b>ABSTRACT .....</b>                          | <b>- ii -</b> |
| <b>1. INTRODUÇÃO .....</b>                     | <b>- 1 -</b>  |
| <b>2. EFEITO ESTUFA .....</b>                  | <b>- 2 -</b>  |
| <b>2.1 - A Radiação Solar Incidente E</b>      |               |
| <b>Refletida .....</b>                         | <b>- 3 -</b>  |
| <b>2.2 - Movimentações Das Moléculas.....</b>  | <b>- 4 -</b>  |
| <b>2.3 - Gases Do Efeito Estufa .....</b>      | <b>- 5 -</b>  |
| <b>3 – O IPCC .....</b>                        | <b>- 8 -</b>  |
| <b>4 – CONTESTAÇÕES AO IPCC .....</b>          | <b>- 15 -</b> |
| <b>4.1 – Atividade Solar .....</b>             | <b>- 15 -</b> |
| <b>4.2 - Variações Na Concentração De</b>      |               |
| <b>CO<sub>2</sub> Ao Longo Do Tempo .....</b>  | <b>- 16 -</b> |
| <b>4.3 - Simuladores Do Clima .....</b>        | <b>- 19 -</b> |
| <b>5 - RESFRIAMENTO GLOBAL? .....</b>          | <b>- 21 -</b> |
| <b>5.1 A Atividade Solar .....</b>             | <b>- 21 -</b> |
| <b>5.2 - O Ciclo Decadal Do Pacífico .....</b> | <b>- 22 -</b> |
| <b>5.3 – Outras Ponderações .....</b>          | <b>- 23 -</b> |
| <b>6 – CONCLUSÃO .....</b>                     | <b>- 28 -</b> |
| <b>7- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>     | <b>- 29 -</b> |

## RESUMO

Este trabalho tem como finalidade apresentar os dois lados de uma discussão que existe há vários anos: o efeito estufa como sendo um fenômeno provocado pelo homem, através de crescentes emissões de dióxido de carbono na atmosfera, ou um efeito natural, segundo o qual há períodos em que a Terra sofre elevações em sua temperatura média e outros onde a temperatura do planeta diminui.

Inicialmente, definimos o efeito estufa e o fenômeno de absorção de radiação na região do infravermelho pelas moléculas de gases selecionados. Em seguida, apresentamos um resumo dos resultados divulgados no relatório de 2007 do Painel Internacional para Mudanças Climáticas (IPCC, da sigla em inglês para *International Panel on Climatic Changes*), para então apresentar as principais contestações existentes às conclusões do IPCC e a opinião de climatologistas que defendem que haverá resfriamento global nos próximos 20 anos.

## **ABSTRACT**

This paper aims to present both sides of an argument that has existed for several years: the greenhouse effect as a phenomenon caused by man, by increasing emissions of carbon dioxide in the atmosphere, or a natural effect, whereby there are periods the Earth suffers increases in average temperatures and other planet where the temperature decreases.

Initially, we defined the greenhouse effect and the phenomenon of absorption of radiation in the infrared region selected by the gas molecules. We then present a summary of the results reported in the 2007 report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, the abbreviation for International Panel on Climatic Changes), and then present the main challenges to the existing IPCC's conclusions and opinion of climatologists who will argue that global cooling over the next 20 years.



## **1 - INTRODUÇÃO**

No ano da realização da conferência da ONU sobre o meio ambiente e o desenvolvimento sustentável, a Rio + 20, realizamos este trabalho de monografia sobre um dos temas de maior alcance relativo ao meio-ambiente: As mudanças climáticas globais.

Tema de um painel específico da ONU, o IPCC, da sigla em inglês para Painel Internacional sobre Mudanças Climáticas, o assunto atrai grande atenção da sociedade em geral, e as conclusões do IPCC tem sido apresentadas como um grande consenso da comunidade científica mundial, servindo de base para decisões de Estados e acordos internacionais.

Segundo o IPCC, o planeta Terra está sofrendo de um inevitável aumento em sua temperatura média, a discussão é sobre se o aumento será de 1 ou 4°C e em quanto tempo isso irá ocorrer. Também segundo o IPCC, a causa deste aquecimento é o gás carbônico (CO<sub>2</sub>) antropogênico, emitido pela queima de combustíveis fósseis, por queimadas e desmatamentos.

Com este trabalho, gostaríamos de fomentar o debate sobre esse tema, trazendo opiniões divergentes daquelas do IPCC, procurando mostrar que não existe o propalado consenso e que o incremento na temperatura média observado nos últimos 20 anos pode não ser antropogênico, nem tampouco pode ser uma tendência que se mantenha nos próximos 20 anos.

## 2 – O EFEITO ESTUFA

O efeito estufa é um fenômeno natural indispensável para manter a superfície do planeta aquecida. Sem ele, a temperatura da Terra seria muito fria, cerca de  $-18^{\circ}\text{C}$ . Como a temperatura média do nosso planeta está em torno de  $15^{\circ}\text{C}$ , são  $33^{\circ}\text{C}$  de diferença de temperatura, essenciais para a possibilidade de vida em nosso planeta, tal qual a conhecemos <sup>[1]</sup>.

O efeito estufa foi observado, pela primeira vez, pelo matemático francês Jean Baptiste Joseph Fourier, no século 19. No ano de 1827 ele afirmou que alguns gases presentes na atmosfera prendem a energia provinda do sol, fazendo com que a temperatura da superfície terrestre aumente, em vez de permitir que o calor se dissipe no espaço. Fourier foi o primeiro a sugerir que a Terra seria uma estufa gigante que viabilizava a vida de plantas e animais em sua superfície. Em 1896, Svante Arrhenius (físico sueco) criou um modelo para estudar a influência dos gases residentes na atmosfera sobre a temperatura da Terra. Arrhenius realizou medições de radiação na região do infravermelho que eram absorvidas e transmitidas pela atmosfera terrestre em função dos comprimentos de onda, para calcular os coeficientes de absorção de  $\text{H}_2\text{O}$  e  $\text{CO}_2$ . Os experimentos de Arrhenius foram muito bem sucedidos e seus resultados são válidos até os dias de hoje. Seus cálculos foram realizados para determinar o quanto a temperatura do planeta iria subir ou cair a partir do aumento ou diminuição do nível de dióxido de carbono na atmosfera, em relação à concentração presente no ar daquela época. Em seu artigo, ele concluiu que o aumento do nível de  $\text{CO}_2$  no ar era a possível causa do derretimento do gelo glacial em áreas que, no último período glacial, estavam cobertas de gelo e hoje são países com condições totais para a vida <sup>[2]</sup>.

O conceito fundamental é que a radiação na região do ultravioleta, proveniente do sol, atinge a superfície do planeta sendo reemitida na forma de radiação na região do infravermelho, esta, por sua vez, é absorvida por moléculas de alguns gases presentes na atmosfera, aumentando sua energia cinética e temperatura.

## 2.1 - A RADIAÇÃO SOLAR INCIDENTE E REFLETIDA

A principal fonte de energia radioativa atuante em nosso planeta é a de origem solar. Parte desta energia é refletida de volta para o espaço, outra parte é absorvida pelos gases presentes na atmosfera, e outra ainda atinge a superfície da Terra, sendo reemitida na região do infravermelho. Este processo gera um aquecimento da atmosfera, o qual está envolvido com o fenômeno conhecido como efeito estufa.

De toda radiação emitida pelo sol, estima-se que 30% é refletida de volta para o espaço, 20% é absorvida pelos gases estratosféricos, como vapor de água e ozônio e 50% alcance a superfície terrestre (Figura 1) [2].

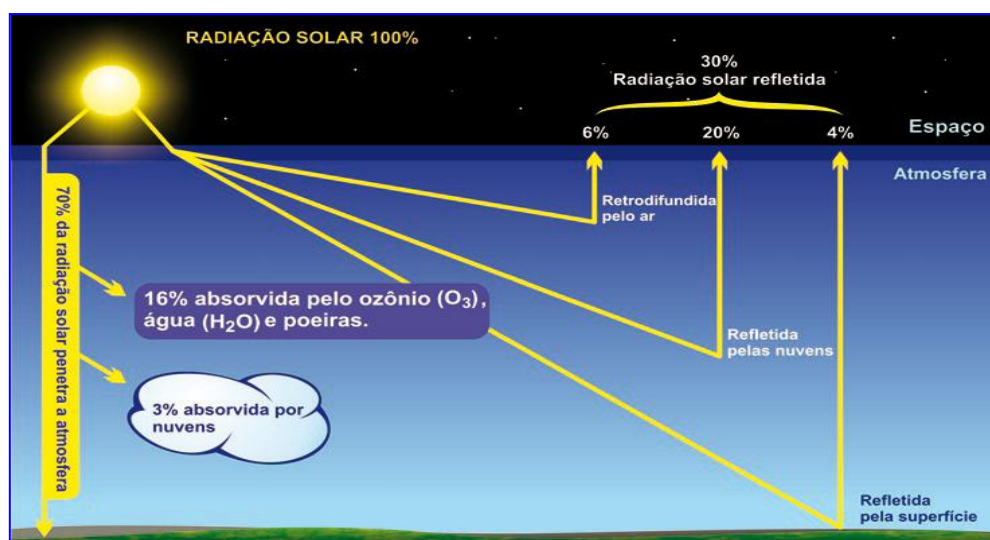


Figura 1 - Balanço de Energia no Sistema Terra-Atmosfera. [2]

A maior parte da radiação solar que incide em nosso planeta possui um comprimento de onda entre 150 nm e 3000 nm. Essa faixa representa a região ultravioleta (UV), situada entre 150 nm a 400 nm, a radiação de luz visível (VIS) com um comprimento de onda entre 400 nm e 700 nm, e a radiação na região do infravermelho (IV), que está na faixa de 700 nm a 3000 nm.

De forma simplificada, a radiação que chega à atmosfera terrestre é reemitida em todas as direções, sendo que parte desta atinge a superfície terrestre sendo parcialmente absorvida. Desta forma, a superfície terrestre é aquecida não somente pela insolação direta, mas também por aquela radiação reemitida pela atmosfera. A superfície terrestre absorve parte de toda a

radiação recebida de diferentes origens, aquecendo-se e reemitindo parte desta energia para atmosfera. O aquecimento da superfície terrestre e da atmosfera adjacente, por este processo, é um fenômeno normal cujas características, tais como sua periodicidade, podem ser observadas e estimadas se as condições de equilíbrio energético na atmosfera forem mantidas substancialmente inalteradas em uma determinada escala de tempo. Assim, podemos definir o efeito estufa como sendo o aumento da temperatura da Terra causado, principalmente, pela absorção da energia reemitida pela superfície terrestre. Alguns gases são considerados intensificadores do efeito estufa (o dióxido de carbono, o metano e o vapor de água) justamente por serem afetados diretamente pela radiação na região do infravermelho <sup>[3]</sup>.

## 2.2 – MOVIMENTAÇÕES DAS MOLÉCULAS

Ao absorver energia transmitida em forma de radiação, as moléculas transformam essa energia em energia cinética, na forma de movimento molecular de vibração, rotação e velocidade. A manifestação macroscópica da energia cinética das moléculas é a temperatura. Desse modo, os gases que absorvem melhor a radiação tem influência fundamental no aquecimento atmosférico. A maior parte da radiação solar que atinge a superfície da Terra é irradiada novamente para a atmosfera na região do infravermelho. Pelo fato da atmosfera ser muito transparente para a radiação UV e mais absorvente para as radiações IV, a atmosfera é aquecida a partir da radiação que é reemitida através da própria superfície terrestre <sup>[3]</sup>.

O movimento oscilatório relativo entre dois átomos é o movimento de vibração mais simples que há em uma molécula e é denominado estiramento da ligação. A distância da ligação entre os dois átomos, X e Y, aumenta e diminui (Figura 2a), sendo que a frequência exata do movimento oscilatório depende do tipo de ligação (simples, dupla ou tripla) e também da identidade dos dois átomos. Em muitos tipos de ligações a frequência de estiramento não se encontra na região do infravermelho, como na ligação C—H do metano e O—H na água. Outro tipo de vibração molecular envolve a oscilação entre a distância entre dois átomos X e Z ligados a um átomo Y, porém, não ligados

um ao outro. O ângulo de ligação XYZ é modificado em relação ao valor médio  $\phi$ . Esse tipo de vibração recebe o nome de vibração de deformação angular. Todas as moléculas que possuem três ou mais átomos apresentam este tipo de vibração (Figura 2b) <sup>[3]</sup>.

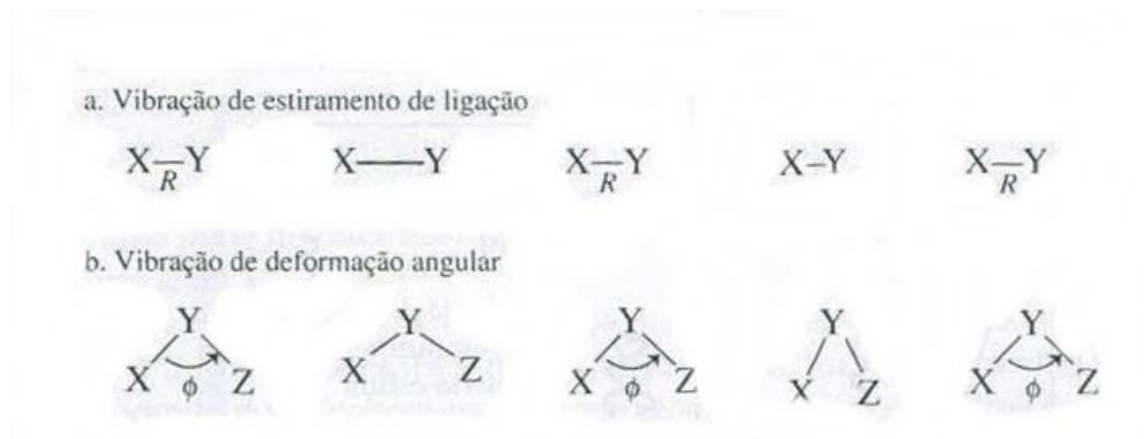


Figura 2 – Os dois tipos de vibração molecular. Estiramento de ligação simples (a) representada por uma molécula diatômica XY, onde R significa o valor médio da distância entre X-Y. Já em (b), é demonstrado a vibração de deformação angular para uma molécula XYZ. O símbolo  $\phi$  representa o ângulo médio entre X-Y-Z. <sup>[3]</sup>

Para que uma molécula seja capaz de absorver a luz na região do infravermelho durante uma vibração, deve haver um momento dipolar. Moléculas homonucleares, como N<sub>2</sub> e O<sub>2</sub>, possuem momento de dipolo igual a zero em todo instante da sua vibração de estiramento, conseqüentemente, não são capazes de absorver radiação (IV). No dióxido de carbono se as duas ligações C—O “aumentarem” ou “diminuírem” de forma sincronizada (estiramento simétrico) a molécula também não absorverá radiação IV, já que ela não terá um momento dipolar, mas se uma ligação se contrair enquanto a outra se expande (estiramento assimétrico), a molécula apresentará um momento de dipolo, e neste instante, o CO<sub>2</sub> é capaz de absorver luz IV <sup>[3]</sup>.

### 2.3 – GASES DO EFEITO ESTUFA

A molécula de CO<sub>2</sub> absorve luz na região do infravermelho quando sua vibração molecular acontece como um estiramento assimétrico. O espectro de absorção do dióxido de carbono na região do IV é mostrado na Figura 3.

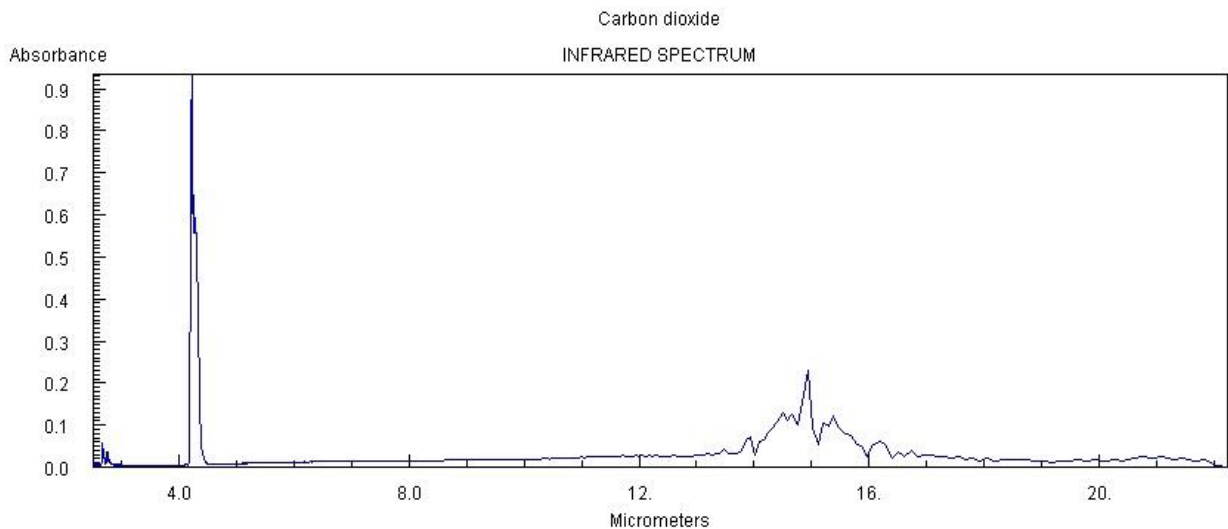


Figura 3 – Espectro de absorção no infravermelho para o dióxido de carbono <sup>[4]</sup>. 1  $\mu\text{m}$  = 1000 nm.

O  $\text{CO}_2$  apresenta um máximo de absorção da luz IV em 4260 nm ( $7 \times 10^{13}$  Hz), relativa ao estiramento assimétrico e uma banda larga, porém pouco intensa, de absorção num comprimento de onda em torno de 15000 nm, que corresponde de  $2 \times 10^{13}$  Hz, devido à deformação angular da ligação  $\text{O} = \text{C} = \text{O}$ .

A molécula de metano possui quatro ligações  $\text{C}-\text{H}$  e apesar das vibrações de estiramento acontecerem fora da região do infravermelho, as vibrações de deformação angular da ligação  $\text{H}-\text{C}-\text{H}$  absorvem num comprimento de onda na faixa de 7700 nm, permitindo assim, que  $\text{CH}_4$  absorva luz na região do IV (Figura 4) <sup>[3]</sup>. Apesar de o metano absorver uma maior fração dos fótons do IV em relação às moléculas de  $\text{CO}_2$  ele é considerado menos responsável pelo efeito estufa que o dióxido de carbono, pois o  $\text{CO}_2$  foi emitido em quantidades cerca de 80 vezes maiores do que o  $\text{CH}_4$  nas últimas décadas. A produção de metano ocorre através da decomposição anaeróbica de matéria orgânica, o que ocorre em grande escala em terrenos úmidos de cultivo de arroz, pântanos, brejos e aterros sanitários. O metano também é liberado no ar durante a mineração e por ruminantes, como bois e ovelhas, que ao digerirem a celulose de seus alimentos geram a liberação de grandes quantidades de metano como subproduto.

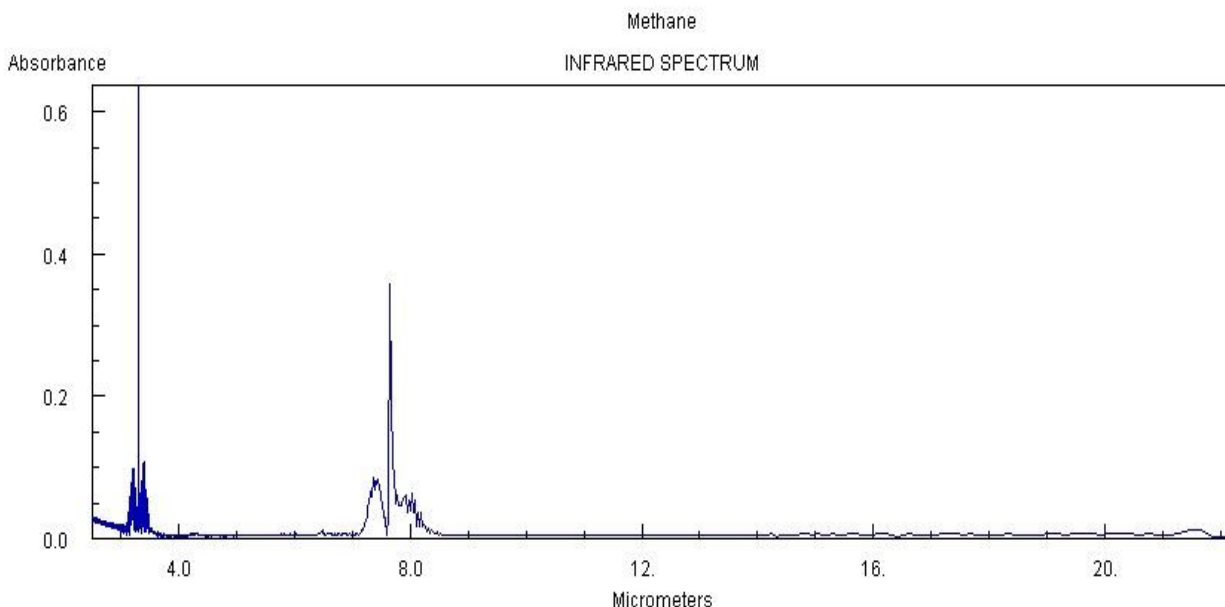


Figura 4 – Espectro de absorção na região do infravermelho do Metano [6].

O óxido nitroso ( $N_2O$ ) é ainda mais potente que o metano, e sua eficácia é cerca de 230 vezes superior à do  $CO_2$ . O óxido nitroso é produzido nos solos, acredita-se virem dos solos 90% das emissões de  $N_2O$ . É grande a possibilidade de o  $N_2O$  concorrer para o aquecimento global, por ser um absorvente eficaz de radiação infravermelha e permanecer muito tempo na atmosfera. O principal meio de dissipação deste óxido é a luz ultra violeta estratosférica, que o destrói, porém essa dissipação é bastante lenta podendo demorar até 150 anos. De maneira geral pouco se sabe sobre a quantidade real de  $N_2O$  que existe e quais seriam seus efeitos sobre o aquecimento do planeta.

Uma das moléculas que se encontram na atmosfera e que possuem maior índice de absorção dos raios solares é o vapor de água. No entanto, se condensada na forma de nuvem, a água na atmosfera age em sentido inverso, refletindo a radiação UV do sol antes que atinja a superfície do planeta. O vapor de água também absorve radiação IV devido à deformação angular das ligações  $H-O-H$ . Sua banda de absorção no espectro de IV ocorre em torno de 6300 nm (Figura 5), sendo intensa e larga.

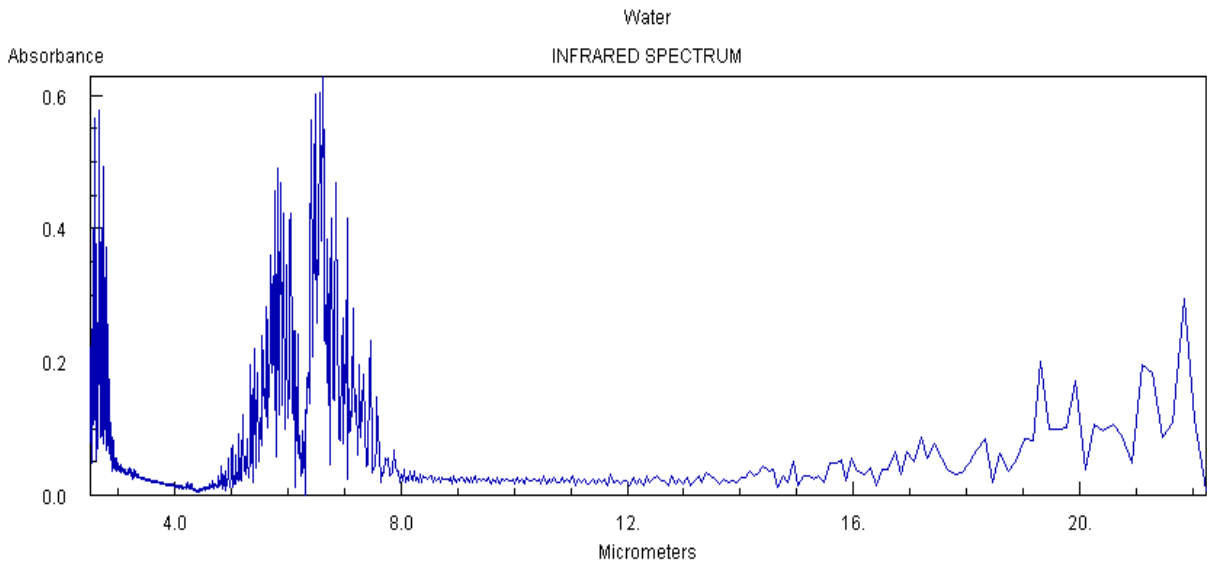


Figura 5 – Espectro de absorção na região do infravermelho da água no estado gasoso <sup>[6]</sup>.

### 3 – O IPCC

O Painel Intergovernamental Sobre Mudanças Climáticas, o IPCC, foi criado para compreender as mudanças climáticas, a fim de formular e oferecer soluções para os governos sobre as consequências das mudanças climáticas, sobretudo aos países em desenvolvimento, que tem menos condições de adaptar-se rapidamente aos cenários de mudanças do clima. O Painel é composto por cerca de quatro mil pesquisadores voluntários que, através de trabalhos científicos e pesquisas sobre clima e meteorologia, procuraram criar modelos e projeções para cenários de mudanças climáticas. Os estudos são baseados principalmente nas medições de temperatura, nível das águas oceânicas e da concentração de gases do efeito estufa na atmosfera. <sup>[7]</sup>

Após reunir diversos documentos e trabalhos devidamente estudados, suas conclusões são divulgadas através de um relatório completo a cada 5 anos. Algumas vezes, estes relatórios, quando vem à mídia, são interpretados de forma equivocada, causando falsos alardes e sensacionalismo, desconsiderando que todo o posicionamento do IPCC em relação às mudanças climáticas são apenas probabilidades e não certezas (Tabela 1).



Tabela 1 – Probabilidade dos acontecimentos para Fenômenos relacionados ao aquecimento do planeta [7].

| <b>Fenômeno<sup>a</sup> e direção da tendência</b>  | <b>Probabilidade que a tendência ocorra no final do século 20 (tipicamente após 1960)</b> | <b>Probabilidade da contribuição do homem na tendência observada</b> | <b>Probabilidade de tendências futuras baseadas em projeções para o século 21 usando o cenário SRES</b> |
|---|---|--|---|
| Mais quente e com menos dias e noites quentes sobre a maioria das áreas terrestres  | Muito provável  | provável   | Virtualmente certo  |
| Mais quente e com dias e noites quentes mais frequentes sobre a maioria das áreas terrestres  | Muito provável  | Provável (noites)  | Virtualmente certo  |
| Temporadas quentes/ondas de calor. Frequência aumenta sobre a maioria das áreas terrestres  | Provável  | Mais provável que não  | Muito provável  |
| Acontecimentos com forte precipitação. Frequência (ou a proporção total da queda de chuva com a queda de chuvas fortes) aumenta na maioria das áreas terrestres | Provável  | Mais provável que não  | Muito provável  |
| Áreas afetadas por aumento de secas   | Provável em muitas regiões desde 1970   | Mais provável que não  | provável  |
| A intensidade da atividade de ciclones tropicais aumenta  | Provável em algumas regiões desde 1970  | Mais provável que não  | provável  |
| Incidência maior do nível do mar extremamente alto  | provável  | Mais provável que não  | provável  |

O último relatório do IPCC sobre as mudanças climáticas divulgado no ano de 2007 (IPCC AR4/SPM) aponta que o maior causador do aquecimento global nos dois séculos anteriores (últimos 150 anos) é o dióxido de carbono provindo da queima de combustíveis fósseis por ações humanas que se iniciou no século XVIII com a revolução industrial, conforme observamos no trecho do relatório oficial:

*É muito provável que a maior parte do aumento observado nas temperaturas globais médias desde meados do século XX se deva ao aumento observado nas concentrações antrópicas de gases de efeito estufa. Essa afirmação representa um avanço em relação ao TRA, que concluiu que “é provável que a maior parte do aquecimento observado ao longo dos últimos 50 anos se deva ao aumento das concentrações de gases de efeito estufa” (IPCC, 2007, p. 15).*

Essa grande concentração de gases do efeito estufa na atmosfera é resultante da baixa capacidade de países industrializados em reduzir suas emissões, bem como da relutância de alguns países em desenvolvimento em negociar a estabilização e/ou diminuição de suas emissões. A concentração de 379 ppmv em 2005 foi a maior que ocorreu nos últimos 650 mil anos, período em que ficou limitada entre 180 e 300 ppmv. A consequência disso será um aumento na temperatura global na faixa de 2°C a 4°C, acima da média atual. De forma mais precisa, a estimativa é de um crescimento de 3°C em média, desde que o nível de CO<sub>2</sub> estabilize-se em 45% acima da taxa atual [8].

O IPCC não coloca o vapor de água na lista dos gases responsáveis pelo efeito estufa pelo fato dele por si só não aumentar a temperatura da Terra, apenas intensifica o aquecimento que ocorre. O vapor de água permanece na atmosfera por um tempo curto, ao contrário de outros gases como o dióxido de carbono (que pode permanecer por séculos na atmosfera). Quando a concentração de vapor de água se torna grande ele se precipita e cai em forma de chuva, é uma situação de equilíbrio, visto que a atmosfera só suporta maior quantidade de vapor se houver um aumento na temperatura de modo geral,

dessa forma, qualquer emissão de CO<sub>2</sub> causada por ações humanas geram uma maior concentração de vapor de água na atmosfera, gerando um maior aquecimento no planeta, amplificando o efeito aquecedor do CO<sub>2</sub>.

Apesar de não afirmar categoricamente, o IPCC nos faz entender que o fato da concentração de dióxido de carbono ter aumentado na atmosfera, gerando um aquecimento proporcional à sua concentração, é devido à queima de combustíveis fósseis pelo ser humano.

Além dos gases que provocam o aquecimento global há também o problema causado pelo extermínio de florestas, pois elas regulam a temperatura e os regimes vento e chuva. Além das florestas armazenarem uma quantidade enorme de carbono em suas árvores, elas ainda absorvem parte do gás carbônico da atmosfera e da radiação solar incidente, por meio da fotossíntese. Essa absorção é importantíssima, pois impede que a radiação atinja a superfície terrestre. Devido ao desmatamento e a grande utilização de combustíveis fósseis (como o petróleo, gás natural e carvão) em termelétricas, indústrias e automóveis, a concentração de dióxido de carbono na atmosfera vem aumentando anualmente em 0,4% <sup>[9]</sup>.

Por outro lado, a derrubada de árvores diminui a capacidade das florestas retirarem parte deste CO<sub>2</sub> da atmosfera. Estima-se que, somente as florestas do estado do Amazonas, possuam estocadas cerca de 24 bilhões de toneladas de carbono, o equivalente a 160 bilhões de barris de petróleo. O desequilíbrio em capturar o dióxido de carbono por parte das árvores provoca uma mudança no padrão de chuvas e da temperatura, podendo trazer sérias consequências em muitas regiões do planeta <sup>[10]</sup>.

Com uma temperatura média global acima do normal, o nível médio dos oceanos crescerá em pelo menos 30 cm, efeito proveniente do degelo das calotas polares, gerando diversos problemas para a população que vive em áreas costeiras e aos animais dos mangues, que são sensíveis à elevação do nível do mar.

Em decorrência da intensificação do efeito estufa, pode-se esperar a ocorrência de diversos fenômenos como furacões e tufões com maior força; expansão nas áreas de seca; ondas de calor muito mais intensas; risco de extinção de aproximadamente metade das espécies animais até o fim do

século 21, já que algumas espécies de animais não se adaptam a temperaturas elevadas <sup>[10]</sup>.

O clima terrestre perdeu o seu equilíbrio natural a partir da Revolução Industrial quando a temperatura média do planeta aumentou 0,94°C entre os anos de 1906 e 2010. De acordo com pesquisas realizadas pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) os anos começaram a se tornar mais quentes a partir de 1970 (Figura 6).

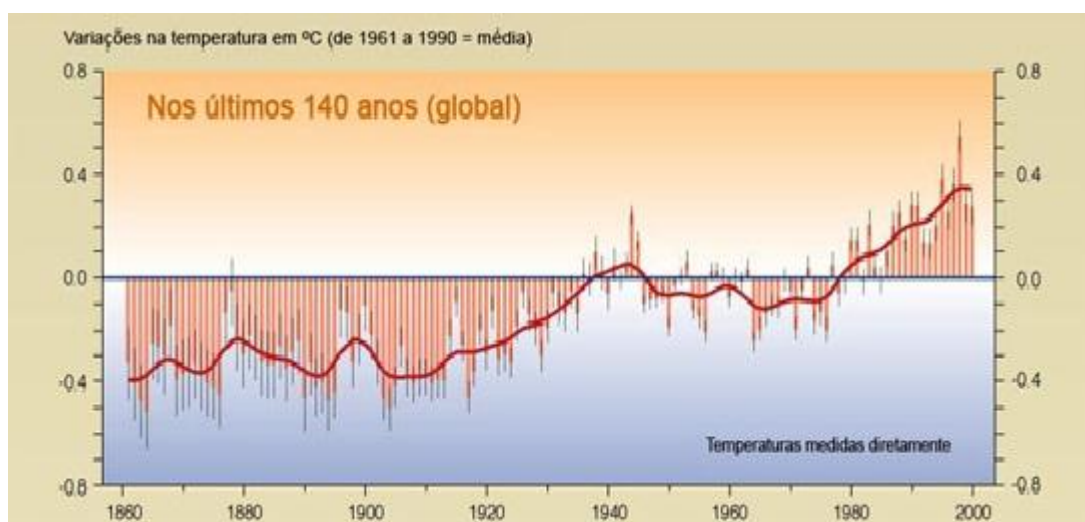


Figura 6 – Temperatura média global entre os anos de 1860 e 2000 <sup>[7]</sup>.

As previsões do IPCC sobre o aumento da temperatura para o ano de 2100 é de 1,8°C no cenário de emissões mais baixas e de 4°C no de emissões mais altas. Mesmo que todas as emissões de gases-estufa tivessem parado de crescer no primeiro ano do século XXI, o gás carbônico que está na atmosfera já seria o suficiente para elevar a temperatura média global em pelo menos 0,1°C, um fator importante nisso se deve ao fato de que o CO<sub>2</sub> permanece mais de um século no ar <sup>[11]</sup>.

O climatologista Charles Keeling foi pioneiro em registro de concentrações de CO<sub>2</sub> na atmosfera. Suas análises foram feitas no Havaí, mais precisamente nas proximidades do vulcão Mauna Loa, esse, por estar localizado distante de qualquer emissão direta de dióxido de carbono, como cidades industrializadas e florestas, serviu para a obtenção de um “background” da concentração da emissão de CO<sub>2</sub> entre os anos de 1958 a 2000. A Figura 7 ilustra esses registros, que representam um primeiro alerta para a comunidade

científica, ao demonstrar um aumento sucessivo na concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera (linha azul), conseqüentemente a temperatura do planeta também aumentou (linha vermelha) <sup>[12]</sup>.

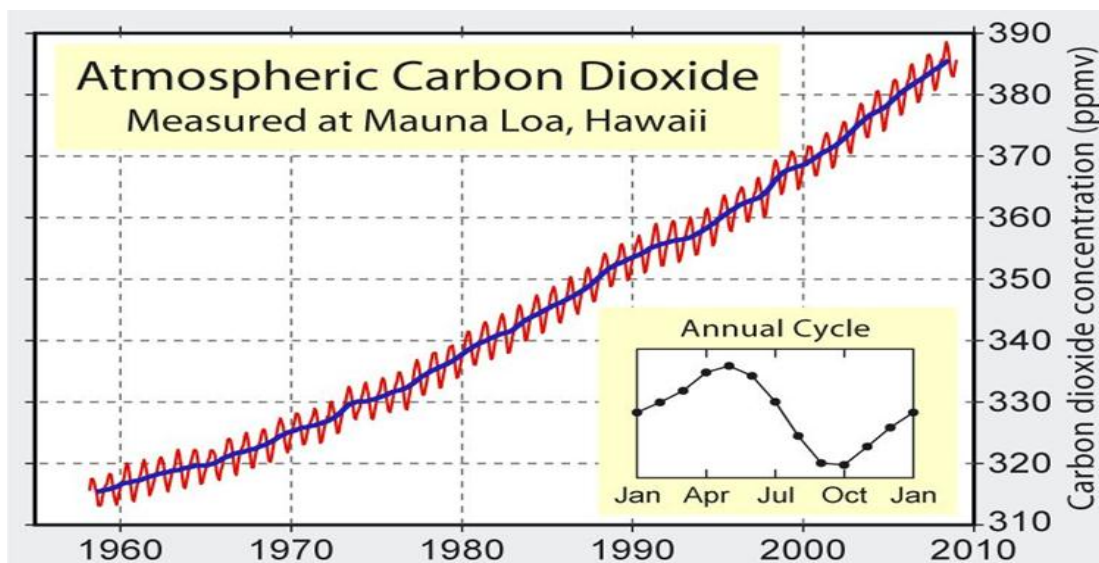


Figura 7 - Variação na concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera medida no Observatório de Mauna Loa no Haváí (linha azul) <sup>[13]</sup>.

Em meados da década de 50 do Século XX, a concentração de CO<sub>2</sub> atmosférico estava em torno de 315 ppmv (parte por milhão em volume). Cinco décadas depois, a concentração de dióxido de carbono subiu cerca de 16%, quantidade nunca vista antes na história do planeta. A linha vermelha, que representa o aumento da temperatura global, tem formato de zigue-zague por causa do ciclo anual inverno-verão. O aumento de CO<sub>2</sub> de um ano para outro é controlado pela atividade humana, principalmente devido à queima de combustíveis fósseis <sup>[13]</sup>.

Na Figura 8 podemos observar a relação entre o aumento do dióxido de carbono e da temperatura do planeta no último milênio. <sup>[3]</sup>

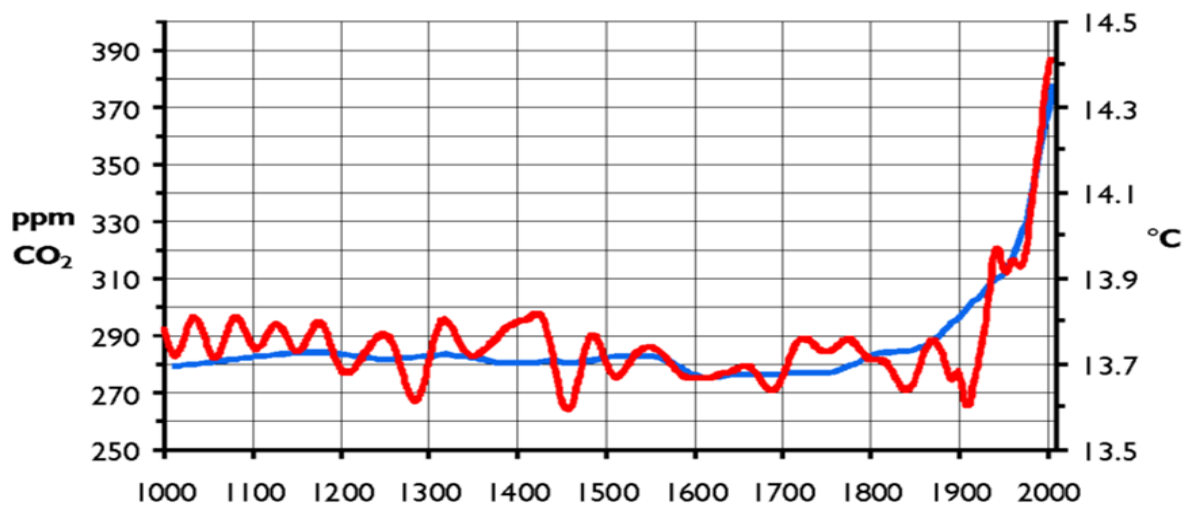


Figura 8 - A linha azul do gráfico mostra a variação da concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera e a linha vermelha mostra a variação da temperatura média da Terra nos últimos mil anos <sup>[13]</sup>.

O metano, considerado outro gás que influencia de forma direta no efeito estufa, é 21 vezes mais efetivo que o dióxido de carbono para causar o aquecimento global. Na Figura 9, percebemos que o metano também sofreu um aumento progressivo desde a época pré-industrial, já que sua concentração de 715 ppb no período pré-industrial aumentou para cerca de 1740 ppb nos anos 90.

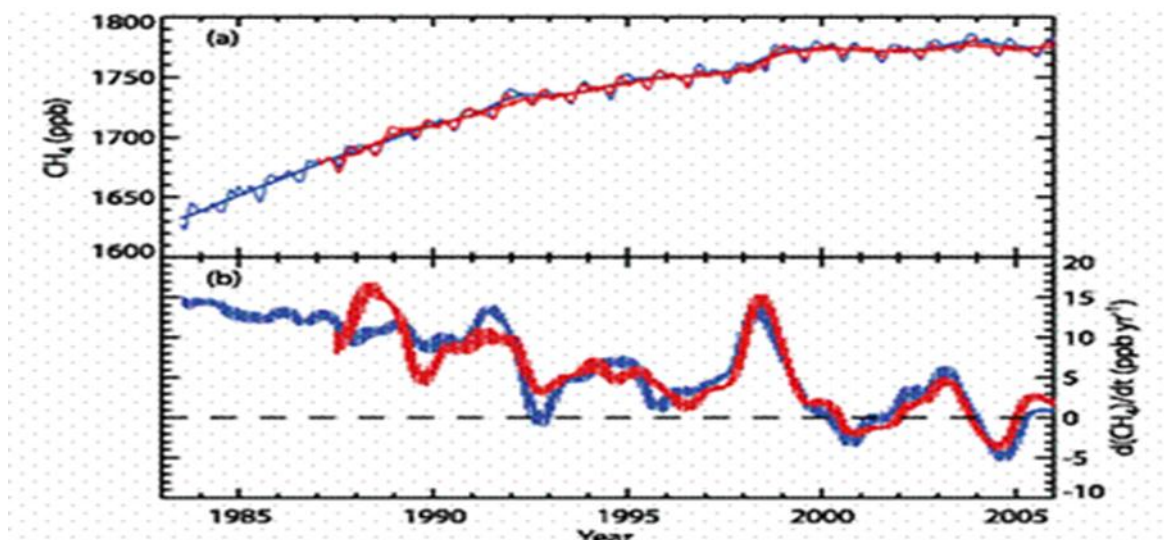


Figura 9 - Crescimento da concentração de metano na atmosfera e valores anuais de concentração para duas séries de medidas. A linha azul representa a variação do metano e a linha vermelha representa a variação da temperatura <sup>[13]</sup>.

## 4 – CONTESTAÇÕES AO IPCC

### 4.1 – ATIVIDADE SOLAR

A intensificação da atividade solar ocorre desde meados do século XVIII. Ela intensifica a quantidade de radiação emitida pelo sol, provocando um maior aquecimento do planeta. Como demonstra a Figura 10, a atividade solar aumentou coincidentemente a partir da Revolução Industrial.

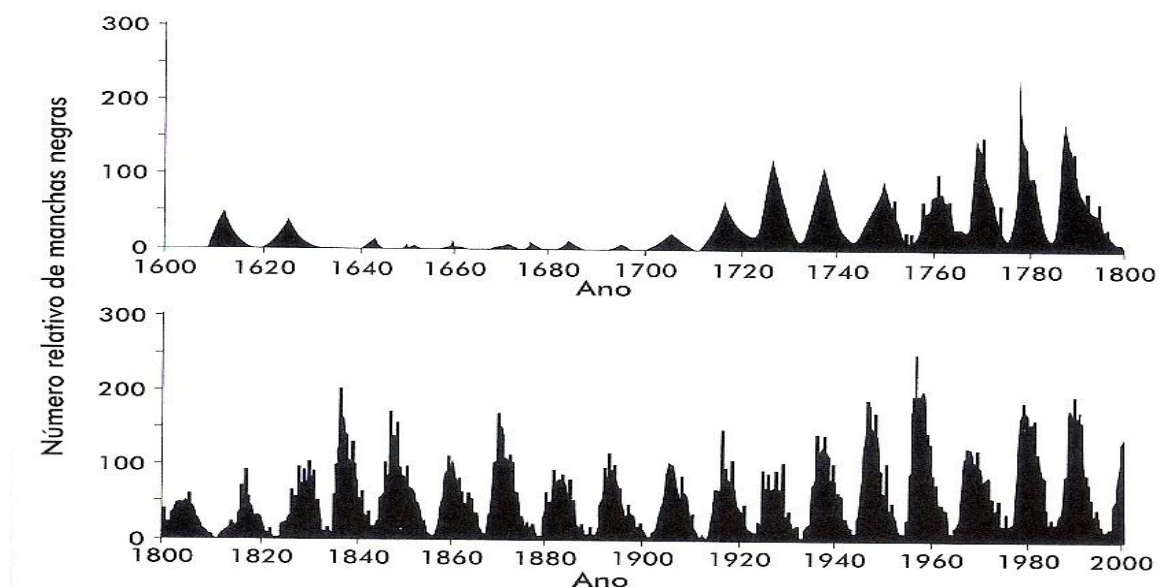


Figura 10 – Atividade solar a partir do século XVII <sup>[14]</sup>.

Esta figura nos faz entender que a atividade solar cresce entre as décadas de 1930 e 1960, seguido de um declínio na década de 70 e nova intensificação nas décadas de 1980 - 90. Essa pequena variação coincide com o aumento de temperatura, seguida de um resfriamento da Terra <sup>[14]</sup>. Podemos observar melhor essa coincidência comparando as Figuras 6 e 10 (Figura 11).



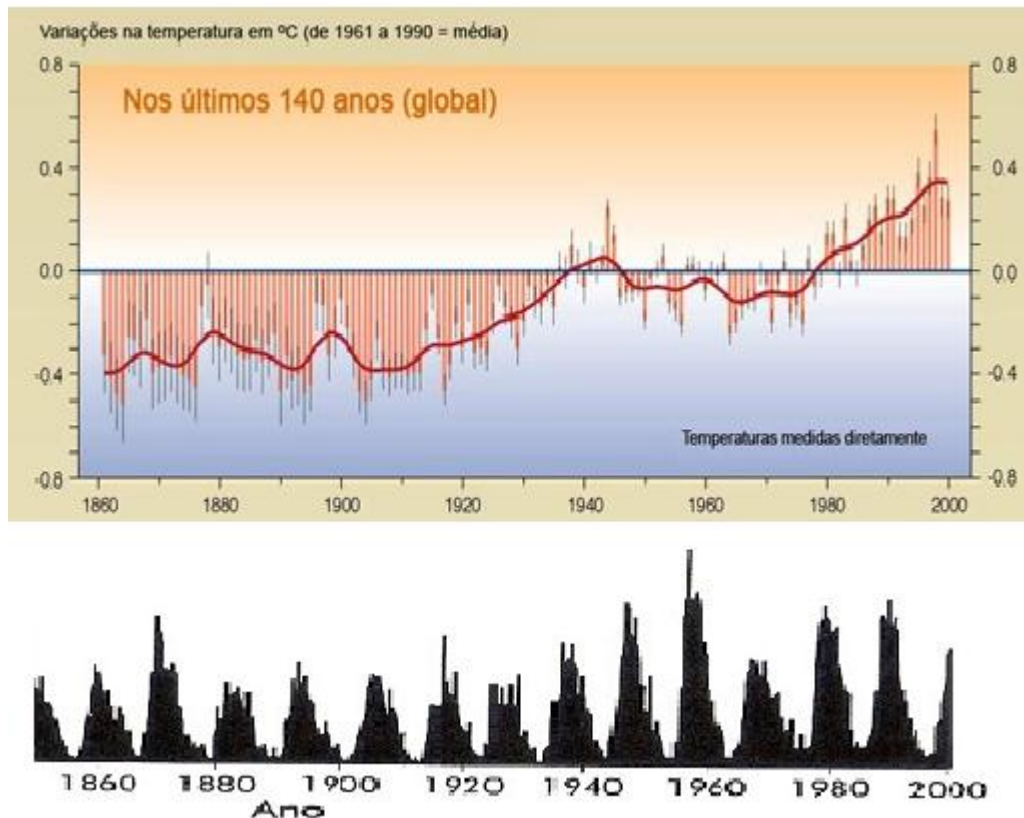


Figura 11 – Comparação entre a atividade solar e o aumento da temperatura no mesmo período.

#### 4.2 - VARIAÇÕES NA CONCENTRAÇÃO DE CO<sub>2</sub> AO LONGO DO TEMPO

Um fator importante, mas que o relatório do IPCC não deu muita importância em colocar em seus relatórios, é que mais de 97% das emissões de CO<sub>2</sub> são naturais (oceanos, vegetação e solos), cabendo ao homem menos de 3% do total.

Os argumentos utilizados pelo IPCC são as concentrações medidas em Mauna Loa, Havaí, cujas pesquisas tiveram início pelo climatologista Charles Kelling no Ano Geofísico Internacional de 1957 e as estimadas das bolhas de ar aprisionadas nos cilindros de gelo (“ice cores”), retirados por perfurações profundas da capa de gelo na Estação de Vostok, Antártica, a mais de 3,5km e que foram utilizadas na reconstituição da composição química da atmosfera dos milhares de anos atrás.

A impressão que se tem é que os cientistas nunca se preocuparam em medir a concentração de CO<sub>2</sub> antes de 1957. No entanto, grandes



pesquisadores realizaram mais de 90 mil medições diretas de CO<sub>2</sub> de 43 estações do Hemisfério Norte, obtidas entre 1812 e 2004 com uma faixa de erro de  $\pm 3\%$ . Vários pesquisadores renomados, três dos quais ganhadores do Prêmio Nobel, mostraram que a concentração de CO<sub>2</sub> ultrapassou o valor de 380 ppmv várias vezes no século passado como, por exemplo, em 1942 quando a concentração de dióxido de carbono chegou a 420 ppmv (Figura 12), contrariando a afirmação do IPCC AR4/SPM que no ano de 2005 (379 ppmv) tenha sido a maior dos últimos 650 mil anos <sup>[15]</sup>.

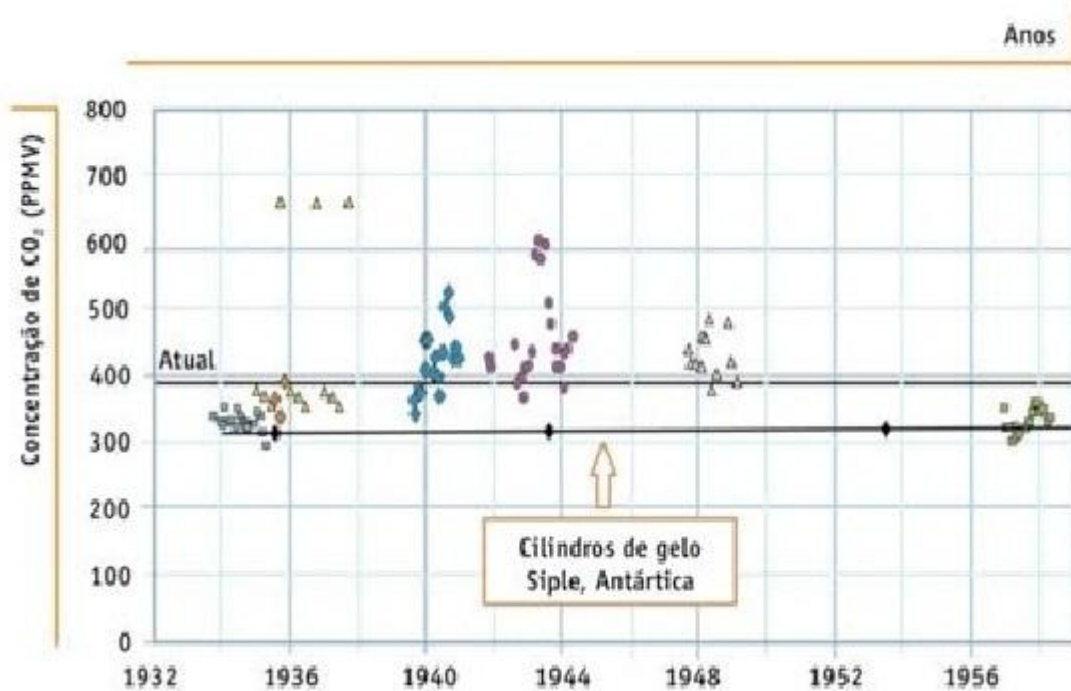


Figura 12 - Medições de CO<sub>2</sub> atmosférico realizadas na primeira metade do século XX, antes do início das medições em Mauna Loa, Havaí, em 1958 <sup>[15]</sup>.

Na Figura 12, a linha contínua inferior representa a série da concentração de CO<sub>2</sub> dos cilindros de gelo da Estação de Siple, também na Antártica. Podemos perceber que os valores permaneceram quase que constantes, abaixo de 300ppmv. O pesquisador polonês Zbigniew Jaworowski afirmou que nunca foi demonstrado que a metodologia dos cilindros de gelo tenha produzido resultados confiáveis e que ela sempre tendeu a produzir concentrações 30% a 50% abaixo das reais por vários motivos. Um desses motivos é que a hipótese de que a composição química e isotópica original do ar na bolha permaneça inalterada não é verdadeira, já que ocorrem tanto

reações químicas como difusão de ar nas bolhas, por estarem submetidas a pressões que chegam a ser mais de 300 vezes superiores ao da atmosfera <sup>[16]</sup>.

As análises dos cilindros de gelo de Vostok cobrindo um período de 420 mil anos sugerem que os quatros últimos interglaciais apresentaram temperaturas superiores às do atual, enquanto as concentrações de CO<sub>2</sub> não ultrapassaram 300 ppmv. Dessa análise, conclui-se que, ou existiu outra causa física que não a intensificação do efeito-estufa pelo CO<sub>2</sub>, responsável pelo aumento de temperatura verificado nesses interglaciais passados, ou as concentrações de CO<sub>2</sub> tendem a ser subestimadas nas bolhas aprisionadas no gelo e, de fato, não representam a realidade da época em que foram aprisionadas <sup>[17]</sup>.

Ainda não existem fatos que comprovem que o CO<sub>2</sub> armazenado na atmosfera é provindo de emissões antropogênicas. Afirma-se que a concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera cresceu numa taxa anual de 0,4%, correspondendo a um incremento de três gigatoneladas de carbono por ano (GtC/ano) que se armazena na atmosfera. De acordo com o último relatório do IPCC, apenas as emissões por queima de combustíveis fósseis totalizariam 7 GtC/ano, e que os oceanos, por sua vez, absorvam 2 GtC anuais. Desta forma, a quantidade de dióxido de carbono emitido à atmosfera e a quantidade que é retirada de lá não confere com os números apresentados, visto que ainda faltaria encontrar o desaparecimento das 2 GtC/ano restantes, fluxo esse que foi denominado “o carbono desaparecido” na literatura. Florestas nativas e as vegetações plantadas seriam possivelmente as razões para o sumidouro dessa quantia de carbono <sup>[17]</sup>.

Contudo, sabe-se que a solubilidade do CO<sub>2</sub> nos oceanos varia inversamente com a temperatura, ou seja, oceanos quando estão mais quentes absorvem menos CO<sub>2</sub> do que os oceanos frios. Como a temperatura dos oceanos aumentou ao longo do último século, a concentração de CO<sub>2</sub> atmosférico já poderia ser até maior à medida atualmente. Portanto, é possível que o fluxo absorvido pelos oceanos esteja sendo altamente subestimado. A literatura relata que o fluxo para os oceanos foi estimado em 92 GtC/ano, através deste valor, um erro de 10% nessa estimativa corresponderia a uma fração três vezes maior que a que fica armazenada na atmosfera anualmente.

Outro fato considerado para comprovar que o aumento da concentração de CO<sub>2</sub> tenha causa antropogênica, é a redução da razão <sup>14</sup>C/<sup>12</sup>C. O carbono 14 apresenta uma meia-vida de 5730 anos. Ele não é mais encontrado em combustíveis fósseis, já que os mesmos foram produzidos há milhões de anos. Assim, a queima de combustíveis fósseis liberaria mais carbono 12 e, por esse motivo, a razão teria decrescido em 2% nos últimos 150 anos. O carbono 14 é formado pela incidência de raios cósmicos galácticos, partículas com energia muito alta provindas do espaço, cuja contagem é mais abundante durante períodos de baixa atividade solar na atmosfera. Quando o Sol possui maior atividade, como na primeira metade do Século XX, a entrada de raios cósmicos se reduz, formando menos <sup>14</sup>C, tornando-se um possível causador da redução de 2% da razão <sup>14</sup>C/<sup>12</sup>C [17].

### **4.3 - SIMULADORES DO CLIMA**

A previsão do clima é muito importante para diversas atividades, inclusive para prevenção de desastres causados por chuvas ou ventos muito fortes. A capacidade do ser humano em prever eventos extremos, ou mesmo temperatura e regimes de chuva normais, tem melhorado constantemente, muito em função do uso de imagens de satélite em tempo real e simuladores que exigem sistemas computacionais de grande porte. Mesmo assim, as previsões só contam com alto índice de acerto para intervalos de tempo de poucos dias. Não obstante, resultados de simuladores tem sido usados como argumento na questão do aquecimento global, notadamente, resultados de simuladores que apontam para aquecimento global com o aumento da concentração de CO<sub>2</sub>. Contudo, muitos parâmetros dos simuladores sofrem a influencia do operador, como por exemplo a formação e desenvolvimento de nuvens, as quais apresentam tipos, geometrias, constituição e distribuição, em altura e no plano horizontal, diferentes. Esta parametrização é feita com algoritmos estatísticos que geralmente dependem da intuição física de seu modelador e, dessa forma, existe a possibilidade de não representarem a realidade. A temperatura do planeta tende a sofrer um aumento principalmente com a presença de nuvens estratiformes na alta troposfera. Essas nuvens altas

são mais tênues, e algumas de suas partes são constituídas por cristais de gelo, isso pode levar a um aquecimento do planeta, pois permitem a passagem de radiação solar, mas absorvem a radiação infravermelha que seria reemitida para o espaço exterior, ou seja, intensifica o fenômeno denominado efeito estufa. Por outro lado, as nuvens baixas e mais espessas, tendem a esfriá-lo, pois aumentam o albedo planetário. Se um modelo em particular tem tendência a produzir nuvens mais altas, o aquecimento é amplificado para um dado forçamento radiativo. Por exemplo, o modelo do Serviço Meteorológico Inglês inicialmente previu um aumento superior a 5°C para o dobro de CO<sub>2</sub>. Porém, apenas mudando as propriedades ópticas das nuvens estratiformes, o aquecimento obteve uma redução para menos de 2°C, ou seja, 60% a menos de aquecimento global<sup>[18]</sup>.

Os simuladores também preveem que o aumento de temperatura será menor nas regiões equatoriais do que nas regiões polares, como o Ártico, por exemplo, onde a expectativa estava em torno de um incremento em 10°C na temperatura. Porém, a média das mudanças da temperatura do ar no setor Atlântico do Ártico apresentou uma diminuição superior a 2°C entre os anos de 1930 até meados de 1990. Isto retrata que onde se esperava um maior incremento de temperatura, segundo os modelos simulados, observou-se uma diminuição da temperatura justamente no período no qual houve aumento na concentração de CO<sub>2</sub>.

Com essa grande desigualdade dos resultados reais em relação aos resultados simulados, percebe-se que os modelos de simulação do clima têm dificuldade em reproduzir as principais características do clima, como, temperatura média global, diferença de temperatura entre equador e polo, a intensidade e posicionamento das altas subtropicais e das correntes de jato, sem antes serem feitos ajustes necessários para tais previsões<sup>[17]</sup>.

Esses são só alguns dos problemas de modelagem dos processos físicos e as possíveis fontes de erros dos modelos de simuladores do clima atuais. Todavia, demonstram claramente que as previsões feitas por eles podem estar superestimadas e que, portanto, a hipótese do aquecimento pelo efeito estufa intensificado, aceita pela maioria, pode não ter fundamento sólido<sup>[17]</sup>.

## **5 - RESFRIAMENTO GLOBAL?**

Contrários às conclusões do IPCC, há um grupo de meteorologistas que defendem ideias diametralmente opostas, sugerindo que haverá, na verdade, a diminuição da temperatura média do planeta dentro dos próximos 20 anos. Para este grupo, o papel desempenhado pelo CO<sub>2</sub> no aquecimento global é secundário, sendo a atividade solar o principal fator de controle da temperatura global, ao lado do “ciclo decadal do pacífico” de causas desconhecidas. A concentração do CO<sub>2</sub> na atmosfera seria consequência, e não causa, do aquecimento global. Um período de maior atividade solar, junto com uma fase “quente” no ciclo decadal do pacífico determinariam a elevação da temperatura média da Terra, esse aumento na temperatura, por sua vez, diminuiria a solubilidade tanto do CO<sub>2</sub> quanto do metano nos corpos de água, promovendo seu incremento na atmosfera. Segundo o Prof. Dr. Luis Carlos Molion, meteorologista e Professor na Universidade Federal de Alagoas, tanto o sol está entrando em uma fase de baixa atividade quanto o oceano pacífico está entrando em uma fase “fria” do seu ciclo decadal. Somados, esses dois fatores apontariam para uma fase de resfriamento global.

### **5.1 A ATIVIDADE SOLAR**

A atividade solar não é constante através do tempo. Há um período de aproximadamente 90 anos durante o qual se observa um ciclo entre máximo e mínimo de atividade solar. Registros de atividade solar mostram que o sol esteve em baixa atividade ao fim do século XIX e no início do século XX (Figura 10). A partir de então, a atividade solar, medida como formação de manchas solares, cresceu continuamente durante o século XX, atingindo seu máximo por volta de 1960, seguido de um arrefecimento na década de 1970 e novo aumento da atividade entre 1980-1990.

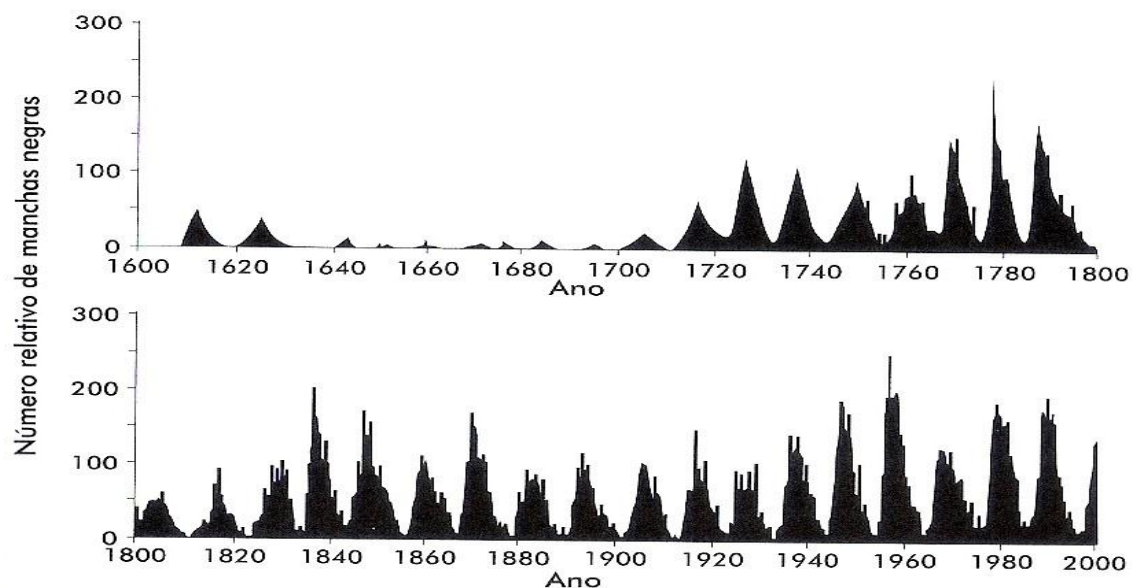


Figura 10 – Atividade solar a partir do século XVII <sup>[14]</sup>.

Agora é de se esperar que o sol inicie um processo de arrefecimento que deve durar pelos próximos 20 anos, aproximadamente. Assim, a radiação que chega ao planeta irá diminuir e isso contribuirá para que a temperatura global diminua.

## 5.2 - O CICLO DECADAL DO PACÍFICO

O oceano Pacífico representa 35% da superfície do planeta, e tem dado mostras de que está se resfriando desde 1999. A última vez que ele ficou frio na região tropical foi entre 1947 e 1976 (Figura 13), ou seja, permaneceu 30 anos resfriado. Em 1977 os oceanos começaram a se aquecer por motivos desconhecidos, mas foi atribuída culpa ao homem pela emissão de CO<sub>2</sub>. Contudo, a partir dos meados dos anos 90, encontra-se referido na literatura <sup>[19]</sup> o retorno a uma fase predominantemente fria, ainda não percebida no clima global devido ao pouco tempo de duração até o momento <sup>[17]</sup>.

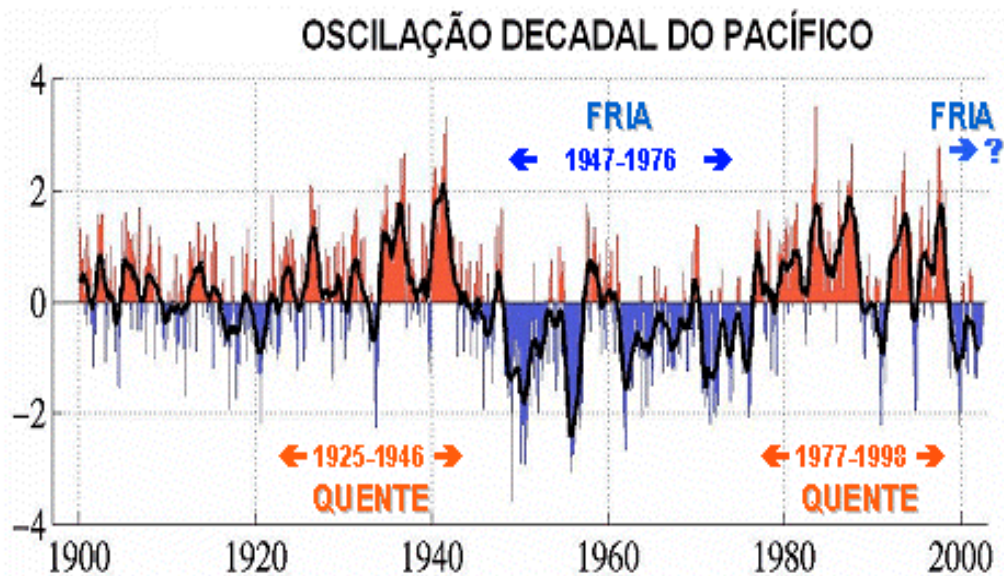


Figura 13 - Variação entre épocas frias e quentes na faixa etária de mil anos<sup>[19]</sup>.

Durante o último período de fase fria no pacífico, houve redução na temperatura média global. Coincidentemente estava ocorrendo a segunda Guerra Mundial, e após esta, o trabalho de reconstrução e o bom momento econômico exigia maior consumo de petróleo e carvão, e as emissões de gás carbônico se intensificaram. Porém durante 30 anos houve resfriamento e se falava até em uma nova era glacial. Depois, por motivo também desconhecido, na metade de 1976 o oceano pacífico voltou a uma fase quente e houve o aumento da temperatura global percebida atualmente e atribuída ao efeito estufa antropogênico.

Ao se aceitar os dados arqueológicos disponíveis, conclui-se que durante os interglaciais da Antártida há 130 mil, 240 mil, 360 mil anos atrás o clima era de 6° a 10°C mais quentes do que o presente e, definitivamente, não se pode dizer que o homem interferia no clima<sup>[17]</sup>.

### 5.3 - OUTRAS PONDERAÇÕES

Para montar gráficos que representam um aumento na temperatura do planeta, cientistas que defendem o aquecimento global usam uma série de medidas diretas de temperaturas feitas com termômetros que estão, na sua maioria, em grandes cidades, sendo que as temperaturas das grandes cidades

são sempre mais elevadas do que em seu entorno, processo denominado efeito de ilha de calor urbano. A chuva é um dos responsáveis pelo resfriamento terrestre, já que após chover, a água que evapora retira da superfície uma quantidade enorme de calor. Porém, se chover numa cidade onde, praticamente, toda a água escorre, não terá água para se evaporar, assim, aquela mesma quantidade de radiação que chega do sol não é usada pra evaporar a água, influenciando diretamente no aumento da temperatura. Dessa forma, os termômetros que estão nestas cidades irão, com o tempo, subindo na escala e, à medida que a população cresce, apresentará um aumento de temperatura, que é local, e não global. Ao se fazer uma média desses termômetros eles irão mostrar um aumento da temperatura, principalmente pelo fato de que vários termômetros foram retirados de regiões frias. A Rússia depois da abertura econômica acabou com muitas estações meteorológicas que existiam, como na Sibéria, que sempre contribui com temperaturas baixas. Dessa maneira, acredita-se que a série no aumento de temperatura no planeta não representa o Globo, mas somente a superfície terrestre, que contribui apenas com 29% do nosso planeta, sendo os outros 71% de oceanos, os quais não têm suas temperaturas incluídas nesses gráficos <sup>[20]</sup>.

Constantemente é visto através dos meios de comunicação, reportagens sobre inundações que ocorrem em diversas cidades do Brasil e do mundo causadas por fortes chuvas (tempestades). Dentre elas está São Paulo, a maior e mais populosa cidade brasileira. A Figura 14 apresenta o número de tempestade por década no período de janeiro a março na cidade de São Paulo.



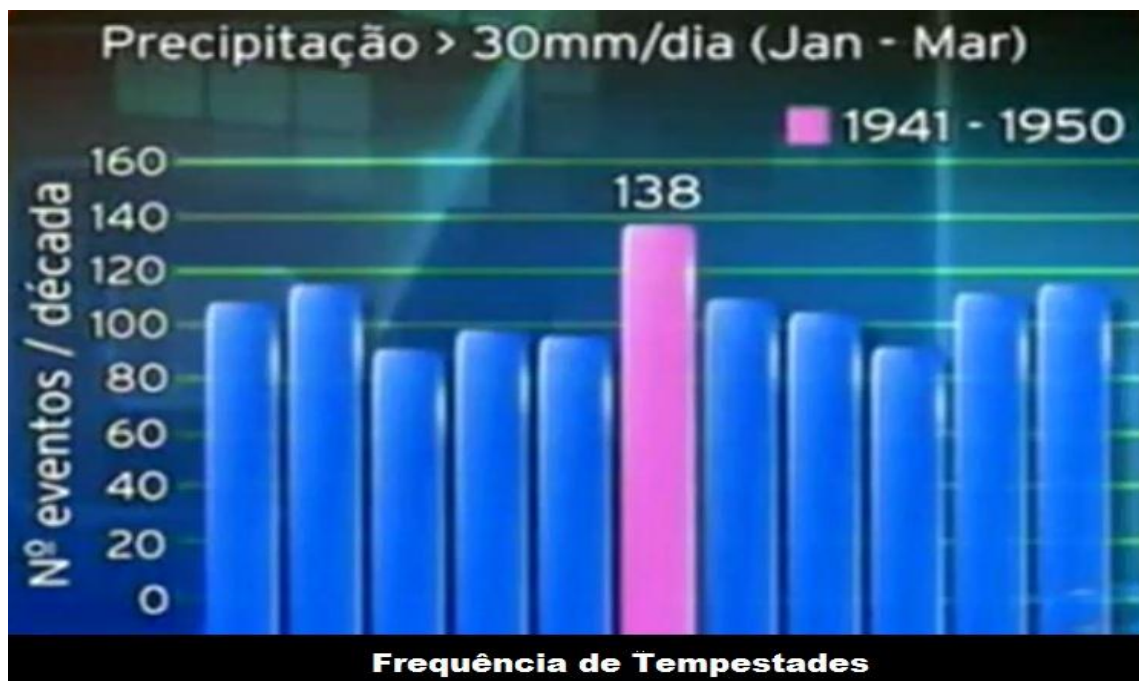


Figura 14 – Número de tempestades entre os meses de janeiro e março por década na cidade de São Paulo [20].

De acordo com o gráfico acima, a frequência de tempestades com totais pluviométricos superiores a 30 mm por década (entre os meses de janeiro e março) na cidade de São Paulo foi maior na década de 40, dentre os 120 anos de registros realizados. Há 60 anos não havia tanta emissão de carbono e após a 2ª guerra mundial o homem emitia apenas 10% de carbono que é emitido contemporaneamente. A quantidade de chuva que precipita atualmente causa maior estrago do que em anos atrás devido à urbanização, fator que impede a absorção da água pelo solo devido ao asfalto, casas, prédios e aterramentos [20].

Tem-se uma preocupação muito grande com o derretimento das geleiras do polo Ártico. O gelo na Antártica tem aumentado desde as medições feitas nos anos 50. Há registros de expedições de 1922 em que buscavam entender porque as geleiras tinham derretido e de expedições de submarinos e navios entre 1938 e 1942, que comprovam que o Ártico teve um derretimento muito maior do que atualmente. Em 2007 as geleiras atingiram um mínimo de extensão, um encolhimento na ordem de 3 milhões de Km<sup>2</sup>, porém, dados de setembro 2009 mostram uma recuperação do gelo, de modo que hoje se encontra mais extenso do que estava em 2005 (Figura 15).

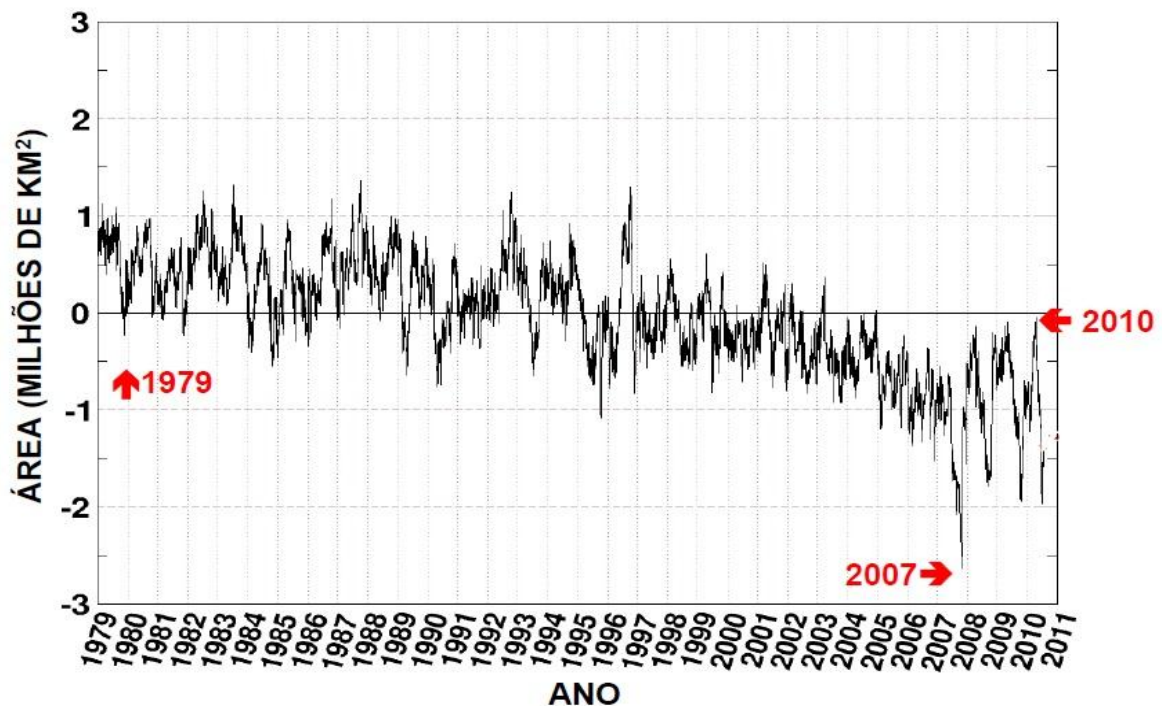


Figura 15 – Anomalias no gelo do Ártico <sup>[21]</sup>.

Um dos motivos possíveis para o derretimento das geleiras nada tem a ver com o aquecimento global, mas ao ciclo lunar na ordem de 18,6 anos, em que a órbita da lua faz uma precessão em torno da terra. Quando ela está no seu máximo, o último foi entre 2005 e 2007, os oceanos tropicais, entre 40° norte e 40° sul de latitude, ficam mais elevados do que os oceanos do Ártico em até 12 cm. Esse desnível provocado pela ação da lua faz com que as correntes oceânicas se acelerem levando mais calor dos trópicos para dentro do Ártico. A água mais quente na ordem de 0,5° a 1°C quando entra pela parte de baixo da geleira faz com que a base do iceberg derreta. Como 90% do iceberg está abaixo do nível do oceano, todo gelo que se vê caindo nos polos são reflexos do derretimento da parte inferior dos icebergs e não de seus 10% que ficam na superfície. Ou seja, não é a temperatura da atmosfera que derrete o gelo, mas sim a aceleração das correntes marítimas <sup>[20]</sup>.

O nível do mar subiu cerca de 3 mm por ano nos últimos 12 anos, dando um aumento de 4 cm dentro do ciclo lunar que permite uma variação no nível do mar em até 12 cm nesse período. Esta variação está sendo atribuída,

erroneamente, às mudanças climáticas, quando na verdade é um efeito do ciclo lunar. Por outro lado, há uma marca na rocha feita por desbravadores da Austrália em 1841 indicando onde estava o nível do mar numa rocha da Tasmânia, e hoje ela está no mesmo nível, 170 anos depois (Figura 16) <sup>[20]</sup>.

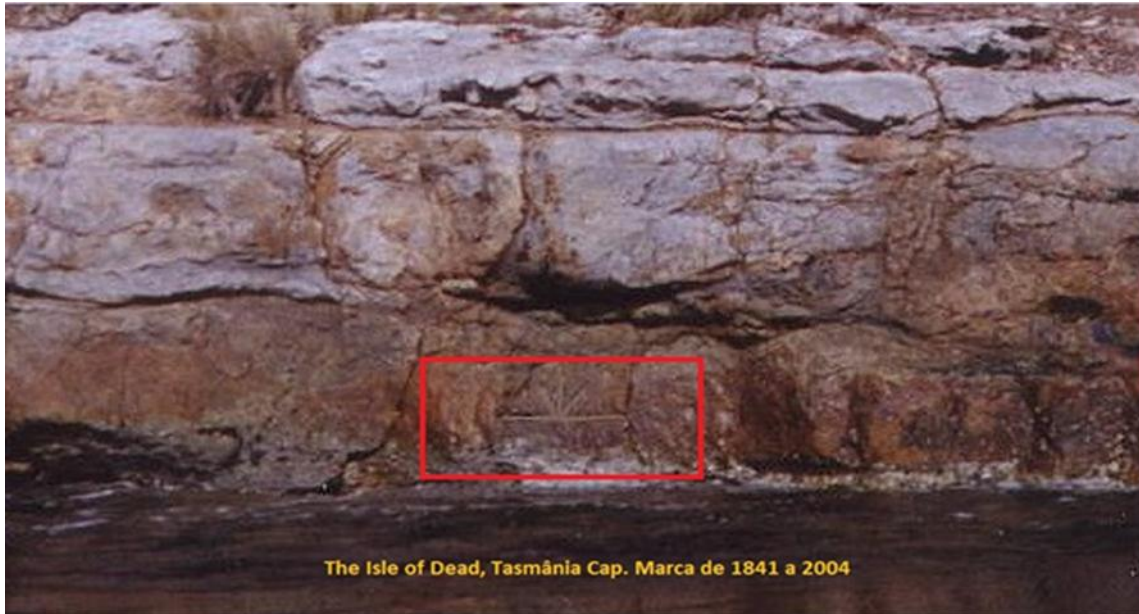


Figura 16 – Marca do nível do mar numa rocha na Tasmânia entre 1841 e 2004 <sup>[21]</sup>.

## 6 – CONCLUSÃO

A discussão sobre o aquecimento global ser natural ou antropogênico irá permanecer por um bom tempo. De um lado, há cientistas que afirmam que existe aquecimento global, intensificado pelo homem por meio das emissões de CO<sub>2</sub>.

Por outro lado, cientistas céticos afirmam que a causa é natural, e a Terra passa por ciclos, nos quais o planeta se resfria e depois se aquece. O que determina esses ciclos são diversos fatores, como a atividade solar, o eixo de inclinação da Terra, a radiação cósmica e erupções vulcânicas.

Atualmente, aqueles que melhor representam o dois lados da história são: o Painel Intergovernamental Sobre Mudanças Climáticas, o IPCC, que afirma que pelo fato do ser humano ter emitido quantidades crescentes de CO<sub>2</sub>, à partir da revolução industrial, pela queima de combustíveis fósseis, a concentração de dióxido de carbono na atmosfera cresceu de 280 ppm para 379 ppm até 2005, e essa é a principal causa do aquecimento do planeta.

Entre os defensores da opinião contrária encontramos o meteorologista e professor da Universidade Federal de Alagoas Prof. Dr. Luis Carlos Molion, enfatizando a posição de que o aumento na concentração de CO<sub>2</sub> não é a causa, mas sim o efeito do aquecimento dos oceanos, visto a solubilidade dos gases variar inversamente com a temperatura do líquido solvente. O aquecimento global observado seria uma questão natural que sempre ocorreu e irá continuar a ocorrer em ciclos sobre os quais o ser humano não tem poder de interferir.

Contudo, um fato é apoiado por ambas as partes: devemos preservar nossos recursos naturais e diminuir seus gastos, já que é um bem não-renovável. Independente da queima de combustíveis fósseis ser ou não responsável por um eventual aquecimento global, eles não irão durar para sempre. Nem as florestas e seus recursos ou a água potável. Dessa forma, é necessário diminuir e modificar a forma de exploração dos recursos do planeta para garantir às gerações futuras o direito de desfrutar dos recursos naturais que hoje se encontram disponíveis.

## 7 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] O efeito estufa – um fenômeno natural indispensável. Disponível em: <<http://www.natureba.com.br/aquecimento-global.htm>>. Acesso em: 18 jun. 2011

[2] OLIVEIRA, G. S.; SILVA, N. F.; HENRIQUES, R.: **Coleção explorando o ensino: Mudanças climáticas**. v. 13. Brasília: MEC, SEB; MCT; AEB, 2009.

[3] BAIRD, Colin: **Química Ambiental: 2ª ed.** Porto Alegre: Bookman, 2002.

[4] Site NIST Chemistry WebBook – Espectro de infravermelho do dióxido de carbono. Disponível em: <<http://webbook.nist.gov/cgi/cbook.cgi?ID=C124389&Units=SI&Type=IR-SPEC&Index=0#IR-SPEC>>. Acesso em 16 abr. 2012.

[5] Site NIST Chemistry WebBook – Espectro de infravermelho do Metano. Disponível em: <<http://webbook.nist.gov/cgi/cbook.cgi?ID=C74828&Units=SI&Type=IR-SPEC&Index=0#IR-SPEC>>. Acesso em 16 abr. 2012.

[6] Site NIST Chemistry WebBook – Espectro de infravermelho do vapor de água. Disponível em: <<http://webbook.nist.gov/cgi/cbook.cgi?ID=C7732185&Units=SI&Type=IR-SPEC&Index=0#IR-SPEC>>. Acesso em 16 abr. 2012.

[7] IPCC AR4/SPM, 2007. **Contribuição do Grupo de Trabalho I do Quarto Relatório de Avaliação (AR4)**, Resumo para os Elaboradores de Políticas, OMM/UNEP, Paris, França.

[8] MARENGO, J. A.; VALVERDE, M. C. Caracterização do clima no Século XX e Cenário de Mudanças de clima para o Brasil no Século XXI usando os modelos do IPCC-AR4. **Revista MultiCiência**, Campinas, ed. 8, maio 2007.

- [9] MACÊDO, Jorge A. B. de. **Introdução à Química Ambiental: Química & Meio Ambiente & Sociedade**. 1ª ed. Juiz de Fora: CRQ-MG, 2002.
- [10] VANLOON, Gary W.; DUFFY, Stephen J. **Environmental Chemistry: A Global Perspective**. New York: Oxford, 2000.
- [11] ANGELO, Claudio. **O aquecimento global**: São Paulo: Publifolha, 2008.
- [12] TAVARES, Juliana Rocha. **Energia e Aquecimento Global: Os Desafios do Brasil**. Monografia (Graduação de Licenciatura em Física) – Universidade Estadual do Norte Fluminense – Darcy Ribeiro: Campos do Goytacazes, 2007. p. 5-6.
- [13] Site da USP – Efeito Estufa. Disponível em: <<http://www.usp.br/qambiental/tefeitoestufa.htm>>. Acesso em 11 abr. 2012.
- [14] MARUYAMA, Shigenori. **Aquecimento Global?** Tradução: Kenitiro Suguio – 1ª ed. São Paulo: Oficina de Texto, 2009.
- [15] BECK, E.G. 180 Years of CO<sub>2</sub> gas analysis by chemical methods. **Energy & Environment**, pp. 1-17, 2007.
- [16] JAWOROWSKI, Z. CO<sub>2</sub>: The greatest scientific scandal of our times. **EIR Science**, pp. 38-53, March 16, 2007.
- [17] MOLION, L. C. B. Aquecimento Global: uma visão crítica. **Revista Brasileira de Climatologia**. Vol. 3, 2008.
- [18] MITCHEL, J. F. B., SENIOR, C. A. e INGRAN, W. J., 1989. **CO<sub>2</sub> and climate**: a missing feedback? *Nature* 341:132-134.
- [19] MOLION, L. C. B. Aquecimento global, el niños, manchas solares, vulcões e oscilação decadal do pacífico. **Revista Climanálise**. Ano 3, Número 1, 2006.

[20] Site Youtube - Aquecimento Global com o Professor da UFAL Luiz Carlos Molion no Canal Livre. Disponível em: <  
<http://www.youtube.com/watch?v=M2d5JnRwAN4>>. Acesso em 13 maio 2012.

[21] MOLION, L. C. B. **Aquecimento Global: Mito ou Realidade?** 3ª Semana de Geo Mática, Colégio Politécnico – UFSM, Santa Maria, setembro, 2010.