

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

“Júlio de Mesquita Filho”

Campus Experimental de Ourinhos

RICARDO DE CARVALHO ISÍDIO

**CONSIDERAÇÕES ACERCA DAS CAUSAS DE VARIABILIDADES DO CLIMA E
MUDANÇAS CLIMÁTICAS**

OURINHOS – SP

03/09/2013

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“Júlio de Mesquita Filho”

Campus Experimental de Ourinhos

CONSIDERAÇÕES ACERCA DAS CAUSAS DE VARIABILIDADES DO CLIMA E
MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Ricardo de Carvalho Isídio

*Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
à banca examinadora para obtenção do título
de Bacharel em Geografia pela Unesp –
Campus Experimental de Ourinhos.*

Orientador: Prof. Dr. Jonas Teixeira Nery

OURINHOS – SP

03/09/2013

Banca examinadora

Prof. Dr. Jonas Teixeira Nery (Orientador)

Profa. Dr. Ana Claudia Carfan

Prof. Dr. Diego Correa Maia

Ourinhos, 03 de setembro de 2013.

RESUMO

O presente trabalho tem como proposta discutir indicativos das causas de variabilidades climáticas e mudanças climáticas, que implicam em mudanças de ordem social, econômica, ambiental e política, destacando algumas contribuições teóricas acerca desta temática para o auxílio em sua elaboração. Há polêmicas principalmente no meio acadêmico e de informação a respeito do aquecimento global (uma mudança climática) de origem antropogênica, como afirma o IPCC. Essa suposição tem o outro lado, com posições buscando indicar que, por exemplo, a natureza produz mais dióxido de carbono que as atividades antropogênicas. Estabelecer considerações sobre mudanças climáticas implica uma abordagem teórico-metodológica geossistêmica, em razão de que o sistema busca por um estado de equilíbrio dinâmico. Portanto, este equilíbrio apresenta variações em suas condições ao longo do tempo, em função de diversas causas naturais ou antrópicas, resultantes da dinâmica interna da própria Terra, bem como de fatores externos ao planeta. Como metodologia adotada, além do referencial teórico sobre estes temas, também serão analisados a paleoclimatologia e suas técnicas de datação de condições atmosféricas e do clima passado, como cilindros de gelo, anéis de árvores, entre outros, buscando criar comparações com as situações atuais, identificando as origens de seus fatores e como as atividades naturais internas (como vulcanismo) ou externas alteram o clima da Terra.

Palavras-chaves: Mudanças Climáticas; Paleoclimatologia; Sistema Climático; Aquecimento Global.

ABSTRACT

This study aims to discuss indicatives of the causes of climate variability and climate change, involving changes in social, economic, environmental and political grounds, highlighting some theoretical contributions on this topic for assistance in its preparation. There are controversial mainly in academics and in the sources of information about global warming (a climate change) of anthropogenic origin, as the IPCC claims. This assumption has the other side, with positions searching to show that, for example, the nature produces more carbon dioxide than the human activities. Establish considerations on climate change requires an geosystem approach, due to the weather quest for a state of dynamic equilibrium. Therefore, this balance varies in their condition over time, due to various natural causes or otherwise, resulting from the internal dynamics of the Earth itself, as well as factors external to the planet. As methodology, besides the theoretical foundation on these topics will also be analyzed to paleoclimatology and their dating techniques of weather and climate past, such as ice cylinders, tree rings, among others, seeking to create comparisons with the current situations, identifying the origins of its factors, and how the natural internal activities (such as volcanism) or external alter the Earth's climate.

Keywords: Climate Change; Paleoclimatology; Climate System; Global Warming.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA.....	9
OBJETIVOS.....	14
FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
MATERIAL E MÉTODOS.....	17
RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
1. Método sistêmico para análise das Mudanças Climáticas.....	18
2. Atmosfera terrestre: de sua atmosfera primitiva até sua composição atual	23
3. Análise das hipóteses acerca das Mudanças Climáticas.....	30
4. Paleoclimatologia	45
5. Organizações de conferências sobre clima.....	53
6. O papel da mídia frente às Mudanças Climáticas.....	60
7. Nível do mar e eventos El Nino-Oscilação Sul (ENOS)	62
8. As estações meteorológicas e coleta de dados	69
9. Uso de modelos na projeção do clima	76
CONSIDERAÇÕES FINAIS	79
REFERÊNCIAS.....	82
ANEXOS	89

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Exemplo de mecanismo de retroalimentação.....	09
Figura 2. Estrutura da atmosfera, de acordo com as mudanças de temperatura.....	25
Figura 3. Desvios de temperatura e de concentração de dióxido de carbono.....	28
Figura 4. Variabilidade dos níveis de dióxido de carbono.....	28
Figura 5. Feedback negativo pelo vapor d'água.....	29
Figura 6. Histórico de temperaturas do Hemisfério Norte.....	31
Figura 7. Oscilação Multidecadal do Atlântico (OMA), 1856-2009.....	35
Figura 8. Oscilação Decadal do Pacífico, 1900-1998.....	36
Figura 9. Máximo e mínimo das manchas solares.....	38
Figura 10. Mudança de força do campo geomagnético.....	40
Figura 11. Temperatura do ar no Ártico.....	41
Figura 12. Período Quente Medieval e a Pequena Era do Gelo.....	46
Figura 13. Mudanças do clima global pela escala geológica de tempo.....	49
Figura 14. Casos de malária.....	61
Figura 15. Oscilação Sul associada a eventos de El Niño e La Niña.....	63
Figura 16. Temperatura global média da baixa troposfera.....	64
Figura 17. Área de gelo no mar do hemisfério Sul.....	65
Figura 18. Extensão do gelo no mar Ártico.....	66
Figura 19. Comparativo da extensão de gelo dos mares Ártico e Antártido.....	66
Figura 20. Oscilação da temperatura do mar Ártico.....	67
Figura 21. Árvore da ilha de Viligili, 2000 (Maldivas).....	68
Figura 22. Reunião embaixo d'água nas Maldivas.....	69
Figura 23. Porcentagem da falta de dados mensais pelas grandes áreas do globo.....	70
Figura 24. Comparação do número de estações, 1990, 1976 e 1997.....	71
Figura 25. Número de estações por categoria (Urbana, sub-urbana e rural).....	72
Figura 26. Problemas relacionados às alterações da superfície – estacionamento.....	72
Figura 27. Médias de temperaturas globais na baixa troposfera, 1979-2008.....	73
Figura 28. Discrepância entre dados obtidos por satélites e balões com os elaborados por modelos.....	75
Figura 29. Observações de temperaturas pela radiossonda HADAT2.....	75

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Albedo de vários tipos de superfície.....	24
Tabela 2. Características dos registros naturais de datação.....	51
Tabela 3. Cinco organizações que publicam dados das temperaturas globais.....	73

INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

O clima é resultado da complexa inter-relação entre a atmosfera, a hidrosfera (conjunto das partes líquidas da Terra, como rios, lagos, oceanos, exercendo grande influência termorreguladora sobre o clima, explicando a energia armazenada transportada à atmosfera, inclusive pelas correntes marinhas), a biosfera (plantas e animais na Terra, incluindo o homem), a criosfera (massas de gelo e depósitos de neve no mundo, representando 6% da superfície terrestre e caracterizada pela baixa condutividade térmica e elevado albedo¹) e a litosfera (camada sólida da Terra, onde a transmissão de energia é muito reduzida, comparada com os oceanos, influndo pouco na temperatura global), caracterizando o sistema climático, onde há transferência de matéria e energia entre seus componentes, através de um conjunto estruturado de elementos e variáveis, interdependentes, com organização interna e externa, que funcionam juntos através de uma combinação regular de conexões dentro de limite definidos, apresentando também subsistemas termo-hidrodinâmicos (Cuadrat, 2009b).

Um estudo acerca das mudanças climáticas ou da variabilidade do clima deve levar em conta, primeiramente, o sistema climático, sendo que todo sistema possui uma estrutura que relaciona, com o passar do tempo, uma entrada (causa), um impulso (de matéria e energia) e uma saída (efeito resposta); mantendo fluxos e transferência de massa e energia, ocasionando um estado de equilíbrio, assim o sistema climático terrestre constitui a expressão de um sistema em equilíbrio global, dominado por intercâmbios energéticos que intervêm no controle do mosaico de climas do globo, resultado do conjunto (Pita, 2009b). As entradas normalmente se referem à radiação solar e as saídas relacionadas à variabilidade climática e aos mecanismos de retroalimentação (*feedback*), perturbações que se relacionam com múltiplas variáveis, buscando o equilíbrio. Assim, estabilidade e anomalias climáticas não são terminologias antagônicas, mas parte do processo de retroalimentação (Pita, 2009c).

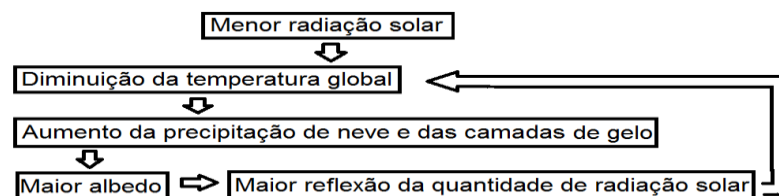


Figura 1. Exemplo de mecanismo de retroalimentação.

Fonte: Cuadrat, 2009b. Adaptado pelo autor, 2013.

¹Fração do total da radiação solar incidente com a que é refletida, em torno de 30%.

Seguindo esta abordagem, estabelecer considerações sobre mudanças climáticas implica em uma abordagem geossistêmica, em razão da dinamicidade do clima e das interações das categorias presentes. Portanto, este equilíbrio apresenta variações em suas condições ao longo do tempo, em função de diversas causas naturais ou antrópicas, sendo fundamental determinar a escala de atuação destas causas neste ponto, resultantes da dinâmica interna da própria Terra, bem como de fatores externos ao planeta, entendendo pela denominação “sistema”

[...] um conjunto de fenômenos que se processam mediante fluxos de matéria e energia. Esses fluxos originam relações de dependência mútua entre os fenômenos.

O conceito de sistema é, atualmente, o melhor instrumento lógico de que dispomos para estudar os problemas do meio ambiente. Ele permite adotar uma atitude dialética entre a necessidade da análise – que resulta do próprio progresso da ciência e das técnicas de investigação – e a necessidade, contrária, de uma visão de conjunto, capaz de ensejar uma atuação eficaz sobre esse meio ambiente. Ainda mais, o conceito de sistema é, por natureza, de caráter dinâmico e por isso adequado a fornecer os conhecimentos básicos para uma atuação – o que não é o caso de um inventário, por natureza estático (TRICART, 1977, p. 19).

Diferenciar tempo e clima é um importante ponto de partida para a análise de mudança climática e da variabilidade do clima, tendo em vista sua abrangência temporal (paleoclimática, secular ou instantânea) ou espacial (macroclimas, mesoclimas ou climas regionais, climas locais, microclimas). Tempo está relacionado com o estado momentâneo da atmosfera em determinado lugar. Já o clima é o conjunto dos diversos tipos de tempo num dado lugar em um período de, aproximadamente, 30 anos. Assim:

O clima abrange um maior número de dados do que as condições médias do tempo numa determinada área. Ele inclui considerações dos desvios em relação às médias (isto é, variabilidade), condições extremas, e as probabilidades de frequência de ocorrência de determinadas condições de tempo. Desta forma, o clima apresenta uma generalização, enquanto o tempo lida com eventos específicos (AYOADE, 2007, p. 2).

A Climatologia pode ser definida como a ciência que se ocupa do estudo da distribuição dos climas sobre a superfície terrestre e de suas relações/combinções com os restantes componentes do meio geográfico, que apesar do interesse sobre o clima ser encontrado em diversas civilizações passadas, somente no século XIX (em virtude do desenvolvimento de estudos sobre princípios físicos) que foi possível identificar um real observatório meteorológico organizado e sistematizado, no que se refere aos fenômenos climáticos (Pita, 2009a), conhecimentos ligados à previsão do tempo. Imprecisões que se encontram em artigos ou livros sobre as Mudanças Climáticas são resquícios da abordagem tradicional da Climatologia, mais preocupada com as “[...] descrições dos padrões de distribuição temporal e espacial dos elementos do tempo” (AYOADE, 2007, p. 5), não adentrando no funcionamento dos processos atmosféricos como um todo bem como

caracterização da ausência das interações do sistema climático, com os mecanismos de *feedback* que operam na atmosfera.

O clima nunca foi e nem será estático, assim sua natureza dinâmica faz-se necessária a observação de seus principais elementos, como a temperatura, a umidade e as chuvas, por um longo período de tempo, para verificar se as variações de seu comportamento obedecem a um padrão. O clima é uma "[...] série de estados atmosféricos sobre determinado lugar em sua sucessão habitual" (SÓRRE, 2006, p.4). O conceito de clima é inseparável das preocupações biológicas, devendo ser considerada suas interações.

As condições climáticas têm sido consideradas como elemento condicionador na dinâmica do meio ambiente, pois o fornecimento de calor e de umidade, principalmente, desencadeia toda uma série de processos, levando à formação dos solos, aos da estrutura e formas de relevo, aos recursos hídricos, ao crescimento, desenvolvimento e distribuição das plantas e animais, inclusive repercutindo nas atividades econômicas, mormente na agricultura e na sociedade (SANT'ANNA NETO; ZAVATINI, 2000, p. 65).

Desta forma, de acordo com Max Sórre (2006, p.4) "[...] uma definição climatológica deve abranger a totalidade dos elementos do clima susceptíveis de agir sobre o organismo". Tal abordagem permite incorporar uma dimensão social na interpretação da análise geográfica do clima e de como o homem altera o meio ambiente, agindo sobre os recursos naturais do planeta. Pédélaborde foi responsável por romper com essa concepção tradicional, abstrata, estática e separatista do clima, propondo a construção de uma "Climatologia científica", apropriando-se da concepção sorreana de clima, modificando a abrangência dos estudos climatológicos e caracterizando determinado clima a partir de sua frequência, duração e sucessão dos distintos tipos de tempo de cada região (Cuadrat, 2009b). Constitui-se, assim, uma evolução e uma nova concepção de método a ser adotado nos estudos climatológicos.

Seguindo as contribuições de Sórre, Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro, em diversos de seus trabalhos, trata desta mesma abordagem, sendo que esta atinge o nível geográfico quando se percebe o ritmo dos tipos de tempo em sequência contínua:

Embora nas mais diferentes escalas de tempo ou espaço - desde a análise comparativa de vários anos tomados como padrões representativos da circulação de um continente, nas variações sazonais dentro de um ou alguns anos numa região, até a análise episódica de um fenômeno local - será necessária a continuidade da sequência. Por coerência com a noção de "sucessão" de que se reveste o caráter geográfico do clima. Porque só o encadeamento dos estados atmosféricos mostra os "tipos" esquematizados na análise meteorológica precedente, em suas perspectivas reais, revestidos de suas infinitas gradações e facetas. Também é pela sucessão que se percebem as diferentes combinações dos elementos climáticos entre si e suas relações com os demais elementos do quadro geográfico. É a sequência que conduz ao ritmo, e o ritmo é a essência da análise dinâmica (MONTEIRO, 1969, p. 13).

A segunda Guerra Mundial trouxe grandes avanços para a ciência climatológica, com criação de novos laboratórios, desenvolvimento de estudos e publicações. A partir da década de 1970, uma nova tendência na Climatologia é observada, aproximando seus estudos das preocupações ambientais, desencadeada pela crise do petróleo, ou seja, da questão energética e do uso, exploração e conservação dos recursos naturais do planeta. Elaborar um estudo sobre o clima não implica numa abordagem única das relações dos fenômenos naturais, mas também dos fenômenos e meios sociais, econômicos e histórico-culturais. Santa'Anna Neto (1998) realça que somente com esta interpretação da dinamicidade dos tipos de tempo é que se torna possível entender os processos formadores dos sistemas geográficos, sejam eles naturais ou antrópicos, sendo entendida como a organização do espaço:

Este método (sistêmico) propõe uma análise dos parâmetros climáticos (adequados a cada característica espacial) no tempo (processos) e no espaço (estruturais), de modo a produzir, a partir da análise rítmica, a compreensão da dinâmica e gênese dos tipos de tempo e a distribuição e interação espacial de seus atributos com os demais componentes da paisagem, gerando análises temáticas destes atributos nos diversos segmentos de tempo, e culminando com uma classificação tipológica (taxonômica e hierárquica) que identifique os processos geradores, sua evolução e distribuição (SANT'ANNA NETO, 1998, p. 6).

As mudanças do clima resultam de qualquer processo que altera o equilíbrio geral de seu sistema climático, seja representado por períodos de aquecimento bem como por períodos de resfriamento. Como o sistema climático é heterogêneo, há ainda subsistemas que também se interrelacionam complexamente, gerando e influenciando processos de retroalimentação.

Ciclos periódicos que tendem a se repetir de tempos em tempos caracterizam a variabilidade do clima. Sant'anna Neto e Zavatini (2000) apontam que as mudanças climáticas ocorrem na escala geológica do tempo (em milhares ou milhões de anos) e que a variabilidade climática é um evento de curta duração, que ocorre num período de tempo perceptível na escala humana (em anos ou décadas).

Ayoade (2007) indica que como o tempo é extremamente variável, muitas denominações são criadas para chamar essas flutuações do tempo ou do clima:

Quando essas flutuações seguem uma tendência falamos de *tendências climáticas*. As flutuações também podem ser de natureza cíclica e fornecem o que se denomina de *ciclos climáticos*. Por um longo período de tempo, as flutuações climáticas podem ocorrer de tal forma que passam a provocar uma mudança no tipo de clima predominante sobre determinada área. Neste caso, falamos de mudança no clima ou mudança climática. Os vários termos usados para descrever as variações no clima, a saber, a variabilidade climática, flutuações climáticas, tendências climáticas, ciclos climáticos e mudança climática referem-se a algumas escalas apropriadas de tempo e somente podem ser válidos quando usados dentro de tais escalas temporais (AYOADE, 2007, p. 206).

Como os estudos climáticos mais produzidos tratam de elementos e fatores do clima em escala local, ou seja, estudam os efeitos da ação antrópica no clima e os que abordam uma escala global são comumente associados e engajados na hipótese de um atual aquecimento global gerado pelas atividades humanas, este trabalho apresenta uma contribuição ao estudo do clima através de outro referencial teórico, ou seja, de uma hipótese contrária à influência antrópica no clima de escala global.

OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho é realizar uma discussão, com base nas bibliografias que tratam das mudanças climáticas, tanto as hipóteses que indicam que a Terra está passando por um novo ciclo de aquecimento, devido à intervenção antrópica, quanto à hipótese contrária, ou seja, ocorrência de um ciclo natural de resfriamento global.

Como objetivos específicos destacam-se:

- Tratar a abordagem geossistêmica e dialética como métodos de análises mais apropriados para estudos geográficos;
- Indicar o ciclo natural do sistema climático, através de estudos paleoclimáticos e paleogeográficos;
- Apontar os fatores ou eventos responsáveis pelas mudanças climáticas;
- Refutar por meios de comprovações e dados científicos as ideias e hipóteses que defendem um atual aquecimento global, em especial nas fontes que tornam o gás carbônico um vilão, como principal agente poluidor da atmosfera.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A fundamentação teórica deste trabalho está baseada nas contribuições teóricas de pesquisadores que tratam da questão da mudança climática como consequência das ações humanas na natureza, representada principalmente pelas emissões de gases geradoras do efeito estufa intensificadas especialmente após a Revolução Industrial, através de um processo em que a Terra absorve mais energia/radiação do que a emite, enfoque adotado pelo Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática (IPCC, 1990) e seguido por diversos outros cientistas, como James Lovelock (2006, 2010), hipótese que é muito difundida no meio informacional por apresentar imagens apelativas à consciência humana.

Outro ponto da fundamentação teórica essencial no desenvolvimento deste estudo está engajado na hipótese contrária a do IPCC, ou seja, autores como Molion (2007, 2008a, 2008b, 2008c, 2008d, 2009a, 2009b, 2010, 2011) e do Nongovernmental International Panel on Climate Change (NIPCC, 2011) que defendem outras causas de mudanças climáticas, sejam elas tanto internas quanto externas, baseadas na dinamicidade dos ciclos naturais, que acabam moldando o clima e a paisagem em determinados períodos da evolução do planeta Terra. Deve-se analisar a origem dos impactos e da degradação ambiental causada pela atuação da sociedade na natureza de maneira predatória, inseqüente e de falta de planejamento governamental que sempre foi atrelado à resolução de problemas imediatos e da busca por uma melhor gestão pública dos recursos naturais, culminando na forma em que estas alterações são representadas no espaço, variando a escala cartográfica e temporal de suas atuações:

[...] o geógrafo não é apenas um profissional, mas, sobretudo, um cidadão e como tal deve, dentro de seus padrões sociais e morais, procurar empregar o seu saber primordialmente na procura de soluções para a sociedade e, secundariamente, para a obtenção de seus interesses (ANDRADE, 1994, p. 26-27).

O objeto de estudo da Geografia, o espaço geográfico encontra-se na segunda natureza, tendo em vista que a sociedade não interfere na produção da primeira natureza, porém "[...] a segunda natureza não pode ser compreendida isoladamente e sem relação com a primeira natureza e que ambas compõem a natureza do planeta, onde a ligação do homem se dá através de inúmeras relações" (MENDONÇA, 1989, p. 23). Conforme Tricart (1977), somente a partir do total conhecimento das modalidades da dinâmica da natureza é que se torna possível compreender quais os mecanismos e amplitude da degradação antrópica ao meio ambiente, ficando nesta pesquisa evidente a partir do momento em que busca mostrar que é a Natureza a reguladora do clima, sendo que a atuação humana fica em segundo plano, tendo em vista sua falta de importância na regulação do clima global, sendo que "esta coluna fornece, com efeito, um diagnóstico de grande importância para a

avaliação regional e para as opções em matéria de ocupação, organização e gestão do território” (TRICART, 1977, p. 69).

No que se refere aos estudos da variação do clima no continente sul americano ao longo do tempo, pode-se mencionar Cailleux e Tricart (1957), Ab'Sáber (1958, 1970 e 1977) e Bigarella (1964), incorporando elementos paleoclimáticos, tornando possível “[...] identificar uma sucessão de períodos quentes e frios correlacionados às fases glaciárias e interglaciárias do Pleistoceno” (SANT’ANNA NETO; ZAVATINI, 2000, p. 24-25). Oliveira et al. (2005) estudaram a paleovegetação e paleoclimas do quaternário das regiões brasileiras, dando ênfase na atuação das frentes frias intensificadas durante as fases glaciais que modelaram a atual paisagem do Brasil.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa desenvolver-se-á através de levantamento bibliográfico acerca de temas relacionados ao estudo do clima e de contribuições teóricas sobre Geografia e geossistemas, que será a teoria adotada, buscando salientar a importância que esta disciplina imprime em um estudo sobre mudanças climáticas.

Sobre o Geossistema, será realizada uma discussão de sua epistemologia para integrar de forma mais geral estudos do ambiente natural, de sua dinâmica, com a presença do homem inserida também em suas transformações, salientando o fator clima e suas imposições de maneira holística na interpretação das mudanças climáticas e ambientais.

Serão realizadas leituras para uma aproximação das contribuições de pesquisadores que estudaram e aplicaram técnicas na Paleoclimatologia nesse tema. Entre essas técnicas destaca-se: o estudo de cilindros de gelo implantados na estação de pesquisas de Vostok, na Antártica, representando os últimos 4.020 anos do planeta, indicando as alterações (mudanças?) climáticas ocorridas neste período; estudos de anéis de árvores (dendroclimatologia), com a largura dos anéis das árvores variando de acordo com o clima, idade da árvore e pela pluviosidade, permitindo saber como foi o clima em determinada época; estudos de fósseis; presença e análise de paleossolos; sedimentos e rochas, com a temperatura de determinada época estudada através do tipo de rocha; estudo de corais, pela análise de recifes de corais, em virtude de sua coloração conforme a temperatura da água e de concentração de poluentes; datação por Urânio-238 (de matérias inorgânicas) e por Carbono-14 (matérias orgânicas).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

1. Método sistêmico para análise das Mudanças Climáticas

O espaço reflete o atual desenvolvimento de uma sociedade bem como deixa vestígios de épocas passadas (rugosidades no espaço), refletindo uma sucessão e acumulação de elementos presentes numa paisagem ou espaço, caracterizando-o como uma série histórica da relação entre sociedade e natureza. As paisagens são os resultados das interações existentes no sistema climático, sendo que as atividades antrópicas devem ser consideradas, tendo em vista seu grande potencial de alteração do meio ambiente natural e qual a capacidade de alteração, ou seja, em quais escalas a presença do homem interfere, problema inicial a ser analisado, especialmente ao tratar das mudanças climáticas.

Como a Climatologia é muito ampla, há subdivisões de acordo com os tópicos enfatizados, sendo aqui o mais adequado para o estudo a Climatologia Dinâmica, em virtude de suas escalas de atuação, bem como um pouco da Climatologia Histórica ao tratar do desenvolvimento dos climas através dos tempos (linha temporal e geológica). Castro (2006) diz que a escala é a medida que confere visibilidade ao fenômeno, seja para observá-lo, dimensioná-lo ou mensurá-lo.

Assim sendo o problema crucial que se apresenta inicialmente ao geógrafo é o de saber até onde os valores obtidos para aquele determinado ponto podem ser projetados ou 'estendidos' espacialmente. Não esqueçamos de que este é um dos mais antigos, tradicionais (ou seria 'permanente?') princípios da Geografia (MONTEIRO, 1990, p. 69).

Assim, é fundamental distinguir as diferentes subdivisões da Climatologia, porém dentro de um mesmo sistema climático e julgar através de análises e fatos quais tipos de clima podem sofrer alterações através da atividade humana. São três estas subdivisões (AYOADE, 2007, p. 4):

- Macroclimatologia – relacionada com os aspectos dos climas de amplas áreas da Terra e com os movimentos atmosféricos em larga escala que afetam o clima.
- Mesoclimatologia – preocupada com o estudo do clima em áreas relativamente pequenas, entre 10 e 100 quilômetros de largura (por exemplo, o estudo do clima urbano e dos sistemas climáticos locais severos tais como os tornados e os temporais).
- Microclimatologia – preocupada com o estudo do clima próximo à superfície ou de áreas muito pequenas, com menos de 100 metros de extensão.

Não é a natureza pouca ou não alterada pelo homem, mas a segunda natureza (visão marxista), ou seja, a natureza transformada pelo trabalho social ao longo do tempo, o meio que representa a espacialidade das relações entre homem e natureza, de acordo com a necessidade do desenvolvimento presente numa determinada sociedade que se apropria

dos recursos naturais para sua sobrevivência, bem como podendo estar disponível uma reserva destes recursos para seu uso futuro, caracterizando as potencialidades de cada território para o desenvolvimento local.

No momento em que na maior parte da superfície terrestre se verifica o caos na Organização do Espaço com degradação acentuada do meio ambiente, desertificação, redução e poluição dos recursos hídricos, desmatamentos, urbanização caótica, desequilíbrios sociais e econômicos, redução da qualidade de vida, o estudo dos Geossistemas, através da integração de seus elementos, oferecendo visão e ação holística, adquire importância fundamental para um planejamento correto da utilização e organização do espaço, ou seja, para a Ciência Geográfica (TROPPEMAYER; GALINA, 2006, p. 87).

Vários autores aproximaram a teoria sistêmica de seus trabalhos, alguns se limitando a apenas apresentar a epistemologia do Geossistema e outros que aplicaram esse método. Neste tópico serão apresentadas algumas colocações de pesquisadores sobre este método, colocações que se aproximam do tema deste estudo, ou seja, de como o Geossistema deve ser visto num estudo climatológico e de suas relações/conexões com outras esferas.

Pode-se apontar a origem da teoria sistêmica desde o século XVIII, com Alexander Von Humboldt através do conceito de *Landschaft*, considerando o meio geográfico em sua totalidade e através das interrelações dos elementos presentes (Marques Neto, 2008), apesar de ser mais considerado um sistematizador do que sistêmico, sendo o termo Teoria Geral dos Sistemas (TGS) criado pelo biólogo Ludwig Von Bertalanffy, no século XX (1937) com o propósito de produzir conceitos aplicáveis à realidade empírica, em diversas áreas do conhecimento, buscando a unidade da ciência e não um pensamento fragmentado:

É necessário estudar não somente partes e processos isoladamente, mas também resolver os decisivos problemas encontrados na organização e na ordem que os unifica, resultante da interação dinâmica das partes, tornando o comportamento das partes diferentes quando estudado isoladamente e quando tratado no todo (BERTALANFFY, 1973, p. 53).

Apesar de no momento de criação sua teoria não ser muito aceita, especialmente na Geografia (que se encontrava na fase da Nova Geografia, mais quantitativa, baseada em modelos matemáticos), a contribuição de Bertalanffy nesse trabalho é significativa, ao tratar dos *inputs* e *outputs* (*feedback*) de sistemas dinâmicos e abertos (fluxos de matéria e energia).

Geossistema é a aplicação do TGS na Geografia. O clima deve ser entendido como um fenômeno geográfico, levando à organização do espaço com auxílio do geossistema. Este conceito surgiu na escola russa (em função do marxismo², com contribuições da escola alemã) em 1962, com Viktor Sotchava e com Dokoutchayev, que “[...] desenvolveu a sua

²E do lenismo, pela “[...] necessidade da construção socialista sustentada no planejamento centralizado, que precisava do conhecimento das unidades naturais integradas, para serem transformadas e dominadas (MATEO; SILVA, 2002, p. 96).

teoria sobre os solos e o conceito de 'esfera físico-geográfica', abordando um conjunto de elementos formadores da paisagem e dando os primeiros fundamentos para a abordagem geossistêmica" (MARQUES NETO, 2008, p. 75). Sotchava, ao tratar das dinâmicas, estrutura funcional e conexões, estruturou o geossistema como geômeros (estruturas homogêneas, escalas zonais climáticas) e geócoros (estruturas heterogêneas, escala regional) para partir à sua hierarquização, considerado fundamental para a análise da dinâmica e funcionalidade do geossistema. Foi precursor ao tratar da modelagem, cruzamento de dados (naturais e sociais), criação de unidades de conservação e planejamento do meio ambiente.

Bertrand também contribuiu na discussão do Geossistema (que funcionaria a partir de balanços geoquímicos e dos fluxos de energia), aplicando esta teoria apenas para a realidade francesa, o que o limitou em sua classificação, em virtude das dimensões territoriais daquele país (Troppmair; Galina, 2006).

Em 1997, Bertrand cria um novo conceito mais amplo para o geossistema, chamado por eles de GTP (Geossistema, Território e Paisagem), que pode ser compreendido pelas três vias interdependentes que trabalham cientificamente na construção do espaço geográfico, tendo como interesse epistemológico e metodológico a preocupação de preservar a complexidade e a diversidade do ambiente, na tentativa de auxiliar na superação da ruptura entre sociedade e natureza (ROSOLÉM, 2010, p. 6).

A teoria GTP auxilia na compreensão do grau de interferência antrópico na natureza através do funcionamento de suas estruturas em conjunto para a compreensão de um geossistema e de sua dinâmica. Nas obras de Bertrand, fica evidente que o tratamento dado à análise da paisagem se dá de forma dialética, através da combinação dinâmica de diferentes elementos geográficos físicos, biológicos e antrópicos (MENDONÇA, 1989).

Monteiro (2000) aborda as contribuições destes dois grandes autores do geossistema, bem como o grau de estudo das escalas realizado por cada um deles (apesar do caráter empírico de ambos), apontando que Sotchava estudou geossistema a partir das planícies da Sibéria, com presença de taiga, já Bertrand foi mais limitado, estudando apenas os compartimentos topográficos da cadeia dos Pirineus.

Apesar de muito antes já se constatar a observação do caráter sistêmico em um estudo (inclusive os gregos), especialmente em campo, por alguns geógrafos, somente a partir do início da década de 1960 que a análise sistêmica foi difundida no meio científico, sendo que os trabalhos de Aziz Ab'Sáber foram um dos que mais se aproximaram de uma análise geossistêmica, através da classificação dos domínios morfoclimáticos e da teoria dos refúgios florestais:

A Teoria dos Refúgios Florestais alega em síntese a ideia que, devido às flutuações climáticas da passagem para uma fase mais seca e fria durante o Pleistoceno terminal, as florestas tropicais ficaram retraídas às exíguas áreas de permanência da umidade, a constituir os refúgios e a sofrer,

portanto, diferenciação resultante deste isolamento (VIADANA; CAVALCANTI, 2006/2007, p. 64).

Para Christofolletti, geossistema é a parte física (o ambiente natural) que juntamente com os sistemas socioeconômicos (organizações espaciais antropizadas) integram uma unidade espacial que seria o objeto de estudo da Geografia Regional. “Se a organização espacial é unidade integrada, ela é composta por diversos elementos que se expressam na estrutura espacial, que se interagem pelos fluxos de matéria e energia” (CHRISTOFOLETTI, 1990, p. 20).

Incorporar a Geografia na abordagem das mudanças climáticas é uma função fundamental desta pesquisa, que munida de uma abordagem dialética e geossistêmica ou o que Tricart (1977) denomina de ecodinâmica, sendo a metodologia baseado no estudo da dinâmica (interrelações existentes entre os elementos) dos ecótopos, ou seja, a dinâmica do meio ambiente dos ecossistemas, permitindo a interpretação das relações existentes no mundo e uma compreensão dos elementos atuantes em conjunto com sua representação totalizante dialética e como estes se combinam, levando em consideração que:

[...] todas as coisas presentes no Universo formam uma unidade. Cada coisa nada mais é que parte da unidade, do todo, mas a totalidade não é uma simples soma das partes. As partes que formam a Totalidade não bastam para explicá-la. Ao contrário, é a Totalidade que explica as partes (SANTOS, 2009, p. 115).

Troppmair (2000) classificou os geossistemas para o estado de São Paulo, por elementos geomorfológicos, pedológicos e climáticos, considerando as interrelações entre esses elementos: Planície Costeira Sul, Planície Costeira Norte, Escarpas da Serra do Mar, Sorocaba, Vale Paraíba, Bacia de São Paulo, Mar de Morros, Mantiqueira, Depressão Periférica Sul, Depressão Periférica Norte, Cuestas, Serrinhas de Marília, Planalto Paulista Sudoeste, Planalto Paulista Centro e Planalto Paulista Noroeste.

Mateo (2010) indica que o enfoque sistêmico utilizado como uma concepção metodológica tem como base de sua estruturação os princípios dialético-materialistas. Tal análise permite compreender um elemento, como a paisagem, como uma totalidade integrativa de elementos contraditórios, sistematizadora e em constante mudança (em movimento) em função da interrelação de seus elementos, fundamentada também na historicidade do espaço concreto ao longo do tempo.

O termo geossistema é ainda muito vago, o que resultou em várias classificações de sua influência “[...] pela existência de uma grande variedade de tipos primitivos, caracterizados por considerável dinâmica” (SOTCHAVA, 1977, p. 26), devendo a classificação refletir sua própria dinâmica, ou seja, as paisagens e o espaço vistos de modo integrado.

A abordagem do paradigma sistêmico neste trabalho não é somente para se fazer um levantamento bibliográfico deste tema abordado de tal forma por certos autores mas como o geossistema deve ser encarado ao estudar o clima, principalmente quando se trata de mudanças climáticas, condição que envolve intimamente a relação e integração de vários fatores. Fazer uma pesquisa em Geografia não deve se considerar os fatos isolados, postura que levou à dicotomia entre Geografia Física e Geografia Humana. A sociedade está no geossistema, assim responde por suas alterações, históricas e temporais.

Uma vez mais é necessário encarar a questão do estudo dos geossistemas como formações naturais, desenvolvendo-se de acordo com os níveis segundo os quais atuam, sobretudo na esfera geográfica. Embora os geossistemas sejam fenômenos naturais, todos os fatores econômicos e sociais, influenciando sua estrutura e peculiaridades espaciais, são tomados em consideração durante o seu estudo e suas descrições verbais ou matemáticas (SOTCHAVA, 1977, p. 6).

Bem como o clima, um elemento essencial na análise da paisagem, a própria natureza está em constante transformação. Aplicando o conceito de dialética na análise da paisagem, esta constatação é o ponto de partida, acrescido de todos os outros elementos do planeta, entre eles a sociedade, que se desenvolvem continuamente nas contradições da realidade.

Em muitos estudos o clima é considerado um determinante das condições ambientais, ou seja, é uma imposição da natureza sobre determinada região e muitas vezes a atuação antrópica é considerada como o grande fator na formação das paisagens, desconsiderando por conveniência a influência de processos naturais modeladores da paisagem. É importante diferenciar paisagem de espaço:

A paisagem se dá como um conjunto de objetos reais-concretos. Nesse sentido a paisagem é transtemporal, juntando objetos passados e presentes, uma construção transversal. O espaço é sempre um presente, uma construção horizontal, uma situação única. Cada paisagem se caracteriza por uma dada distribuição de formas-objetos, providas de um conteúdo técnico específico. Já o espaço resulta da intrusão da sociedade nessas formas-objetos. Por isso, esses objetos não mudam de lugar, mas mudam de função, isto é, de significação, de valor sistêmico. A paisagem é, pois um sistema material e, nessa condição, relativamente imutável: o espaço é um sistema de valores, que se transforma permanentemente (SANTOS, 2009, p. 103-104).

O estudo do clima como “sistema” implica o entendimento que os distintos climas do mundo são resultados de um gigantesco sistema dinâmico e aberto, caracterizando também o funcionamento climático global, alimentado por energia solar e integrado por todas as esferas planetárias (atmosfera, hidrosfera, litosfera, criosfera e biosfera), ligados à processos de retroalimentação que determinam seu funcionamento (Pita, 2009d).

2. Atmosfera terrestre: de sua atmosfera primitiva até sua composição atual

A atmosfera, camada de gases e partículas sólidas e líquidas em suspensão, conectada à Terra pela força da gravidade, apresenta uma mistura estável de gases, sendo os mais importantes na sua composição atual o nitrogênio, o argônio, o oxigênio, o dióxido de carbono, o ozônio e o vapor d'água (Ayoade, 2007), que correspondem a 99,97% e outros de concentrações muito pequenas, como o metano. A atmosfera primitiva da Terra provavelmente apresentou concentrações muito maiores do dióxido de carbono e metano e devido a presença da hidrosfera, o dióxido de carbono se imobilizou nos oceanos, precipitando-se na forma de carbonato de cálcio, formando os sedimentos calcário das plataformas marinhas carbonáticas, sendo os maiores reservatórios do ciclo biogeoquímico do carbono na Terra (Cordani e Picazzio, 2009), conseqüentemente diminuindo o efeito estufa, permitindo a atual existência da biosfera.

A atmosfera terrestre ao longo dos tempos já passou por diversas mudanças quanto à sua composição, apresentando momentos propícios à vida em diversas formas. Sobre a atual composição da atmosfera terrestre, pode-se dividi-la em duas: sua matriz básica (gás nitrogênio e gás oxigênio) e outros componentes com concentrações variáveis muito baixas (dióxido de carbono, ozônio, metano, óxido de nitrogênio, CFCs e vapor d'água). A matriz básica é fundamental para a manutenção da vida na Terra, apresentando importância física (no balanço de radiação da Terra) e biológica (no processo de fotossíntese e transpiração de plantas).

Assim, mais sobre sua importância, a atmosfera é responsável por absorver, refletir, difundir e reemitir a energia solar, sendo que "a quantidade de radiação solar incidente sobre o topo da atmosfera da Terra depende de três fatores, principalmente do período do ano, do período do dia e da latitude" (AYOADE, 2007, p. 25), quantidade que pode variar em até 7%.

O balanço energético no planeta é completamente equilibrado em escala planetária. Os desequilíbrios que existem entre a atmosfera e a superfície terrestre em relação com o balanço de radiação se compensa graças aos mecanismos radiativos de transmissão de calor, essencialmente a convecção, fluxo de calor sensível, mecanismo dominante nas superfícies continentais e a evaporação, fluxo de calor latente, mecanismo dominante na transmissão de calor na atmosfera (Pita, 2009b). A mesma autora ressalta que os distintos climas do planeta não são um fenômeno exclusivamente atmosférico, mas sim intervêm todas as esferas do planeta, ocupando papel de destaque os oceanos devido à sua grande capacidade de armazenar calor, convertendo-se em um agente-chave para o equilíbrio energético do planeta.

A interferência das nuvens imprime grande influência na quantidade de insolação nas diferentes latitudes, onde, aliás,

[...] há uma transferência meridional de energia das latitudes baixas para as médias e altas latitudes. Esta troca horizontal de calor sobre a superfície da Terra é provocada também, em parte, pelo aquecimento diferencial dos continentes e oceanos e ocorre principalmente através da: 1. transferência de calor sensível em direção aos polos, pela circulação atmosférica e pelas correntes oceânicas das baixas latitudes; 2. liberação do calor latente quando o vapor d'água, levado das baixas latitudes em direção aos pólos, se concentra na atmosfera (AYOADE, 2007, p. 39).

Deste modo, as nuvens também influenciam na temperatura, desenvolvendo uma interação entre o efeito estufa e o albedo planetário.

Raios luminosos verticais geralmente produzem albedo menor que os raios oblíquos ou inclinados. Daí o albedo de uma dada superfície ser elevado durante o nascer e o pôr-do-sol e baixo por volta do meio-dia (AYOADE, 2007, p. 28).

Tabela 1. Albedo de vários tipos de superfície.

SUPERFÍCIE	ALBEDO (%)
Solo negro e seco	14
Solo negro e úmido	8
Solo nu	7 – 20
Areia	15 – 25
Florestas	3 – 10
Campos naturais	3 – 15
Campos de cultivo secos	20 – 25
Gramados	15 – 30
Neve recém-caída	80
Neve caída há dias ou há semanas	50 – 70
Gelo	50 – 70
Água, altitude solar > 40°	2 – 4
Água, altitude solar 5 – 30°	6 – 40
Cidades	14 – 18

Fonte: AYOADE, 2007, p. 29.

Molion (2007) informa que

[...] a temperatura global tende a aumentar principalmente com a presença de nuvens estratiformes na alta troposfera. Essas nuvens altas (tipo “cirro”) são mais tênues e constituídas, em parte, por cristais de gelo, tende a aquecer o planeta [*feedback* positivo], pois permitem a passagem de radiação solar mas absorvem a radiação infravermelha térmica que escaparia para o espaço exterior, ou seja, intensificam o efeito estufa, enquanto nuvens baixas (tipo ‘estrato’), mais espessas, tendem a esfriá-lo, pois aumentam o albedo planetário (MOLION, 2007, p. 7)³.

Os fluxos de energia representados pela radiação solar desencadeiam uma série de reações químicas e físicas entre os elementos. A fotossíntese utiliza da fração luminosa do espectro eletromagnético solar, que chega às plantas, transformando o dióxido de carbono em hidratos de carbono (Tricart, 1977). Molion em diversos trabalhos e outros cientistas

³Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/25856329/Molion-Aquecimento-Natural-Ou-Antropogenico-1>> Acesso em: 16 jun. 2012.

contrários à ideia de uma nova fase de aquecimento global antropogênico, afirmam que o gás carbônico não é prejudicial nem um poluente, pelo contrário, é benéfico, sendo provado que auxilia na produção de plantas, pois estimula a produção de tecidos e maior produção de matéria orgânica, levando à criação e desenvolvimento de solos, melhorando também sua fertilidade, estrutura, oxigenação e drenagem e expande suas raízes que contribuem para conter efeitos erosivos, além de produzirem mais flores, folhas e frutos.

Os poluentes são gerados através da queima de combustíveis fósseis, por conta de outros elementos, como o enxofre, que também é liberado na natureza através de atividades vulcânicas. A combinação de enxofre com a umidade do ar gera o ácido sulfúrico, sendo inalado pelas pessoas pode ocasionar em problemas respiratórios.

Caso a temperatura aumente derretendo grandes áreas de gelo do globo terrestre, o sistema climático atuará, em virtude dos oceanos ser uma maior fonte de sequestro de carbono, diminuindo a concentração de dióxido de carbono atmosférico e aos poucos permitindo uma transição para uma nova fase glacial.

Os aerossóis (poeiras, fumaça, sal marinho, matéria orgânica) estão presentes na atmosfera em quantidades variáveis e implicam em grande regulação no clima, "[...] na distribuição e nas trocas de energia dentro da atmosfera e entre a superfície da Terra e a atmosfera" (AYOADE, 2007, p. 17).

A estrutura da atmosfera terrestre (Figura 2) atual é dividida (em virtude de diferentes variáveis, como pressão, temperatura, densidade, composição química e estado molecular e magnético) em três camadas mais quentes separadas por duas camadas mais frias, de acordo com dados de radiossondas, foguetes e satélites.

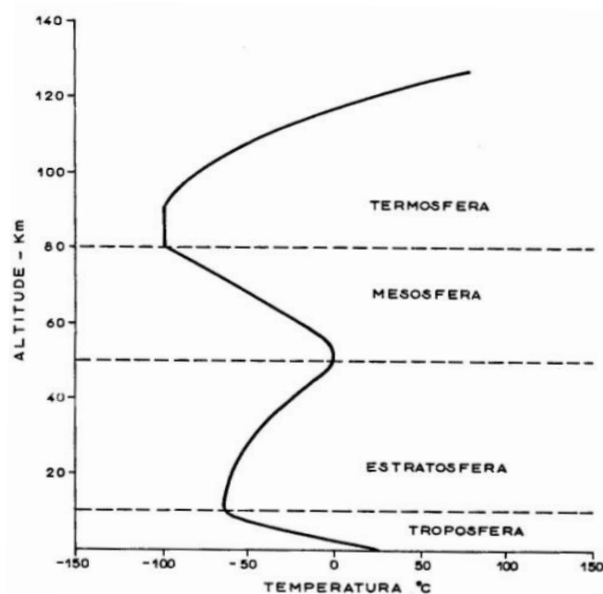


Figura 2. Estrutura da atmosfera, de acordo com as mudanças de temperatura.
Fonte: AYOADE, 2007, p. 20.

Na troposfera encontra-se o vapor d'água (responsável pela maioria dos processos meteorológicos e como regulador térmico) e os aerossóis, sendo, assim, a camada mais importante para estudos do tempo (onde se encontra a Camada Limite Planetária, que predomina a turbulência do ar em virtude das diferentes superfícies), com sua temperatura diminuindo cerca de 6,5 °C a cada quilômetro, ocorrendo também turbulências, um pouco mais acima (troposfera superior), na atmosfera livre,

"[...] que é a camada que está isenta do efeito do atrito criado pelas irregularidades da superfície terrestre. Nesta camada os ventos são mais fortes, pois não mais encontram a resistência friccional e a transferência vertical de energia ocorre principalmente através da formação de nuvens" (AYOADE, 2007, p. 21).

O limite superior da troposfera é chamado de tropopausa (localizada a 8 quilômetros a partir da superfície nos polos e 16 quilômetros no Equador), facilitando trocas entre a troposfera e as camadas superiores, onde os ventos se aceleram e criam as correntes de jato ou *jet stream*⁴.

Além da influência do atrito, deve-se adicionar o efeito gerado pelo aquecimento do ar em contacto com a superfície, o qual desencadeia movimentos convectivos, complicando bastante o campo do escoamento do ar próximo à superfície. Nessa camada, o efeito da aceleração de Coriolis é insignificante, quando comparado àquele decorrente do atrito (VAREJÃO-SILVA, 2006, p. 273).

A camada seguinte é a estratosfera, onde há o aumento da temperatura com a altitude, principalmente pela presença do ozônio (aumento da temperatura pela absorção da radiação solar ultravioleta e parte da visível e infravermelha), que sofre mudanças sazonais, sendo suas concentrações diferenciadas:

O conteúdo do ozônio da atmosfera é baixo sobre o Equador e alto na direção dos polos, nas latitudes maiores que 50°. O ozônio é formado quando, sob a influência da radiação ultravioleta, as moléculas de oxigênio se rompem e os átomos, separados combinam-se individualmente com outras moléculas de oxigênio (AYOADE, 2007, p. 15-16).

Acrescenta-se ainda, que

O modelo da distribuição do ozônio dentro da atmosfera é considerado como sendo o resultado de algum mecanismo de circulação, que transporta o ozônio para níveis adequados onde sua destruição é menos provável e sua concentração é, desta forma, assegurada. Tais áreas estão concentradas na atmosfera nas latitudes de 15 a 35 quilômetros acima da superfície terrestre (AYOADE, 2007, p. 16).

⁴"O *jet stream* é uma faixa de ar de alguns milhares de quilômetros de comprimento, centenas de quilômetros de largura e de alguns quilômetros de espessura, com uma velocidade mínima do ar de cerca de 120 quilômetros por hora. Reconhecem-se dois principais tipos de *jet stream*: o *jet stream* subtropical e o da frente polar, sendo que ambos são encontrados bem abaixo da tropopausa. Acredita-se que o *jet stream* subtropical seja de origem dinâmica, sendo um produto da rotação da Terra. A atmosfera tem seu momento angular máximo no Equador" (AYOADE, 2007, p. 83-84).

Segundo alguns cientistas, a concentração de vapor d'água na estratosfera diminuiu em cerca de 10% depois do ano 2000 e suas análises indicam que esta diminuição deveria ter reduzido a taxa de aumento da temperatura do ar próxima à superfície entre 2000 e 2009 em, aproximadamente, 25% comparado com o que se deveria esperar das análises dos modelos para medir acréscimos das concentrações do dióxido de carbono e de outros gases do efeito estufa no mesmo período (Idso et al., 2011). O vapor d'água na estratosfera sofre grande impacto pela oscilação quase bienal (com períodos entre 22 e 34, predominante na baixa estratosfera e na mesosfera superior), que domina a circulação zonal e que pode favorecer a formação de ciclones tropicais.

A troposfera e a estratosfera caracterizam a atmosfera inferior, enquanto a atmosfera superior é caracterizada pela mesosfera (onde há a diminuição da temperatura com a altitude), pela termosfera (com aumento da temperatura pelas maiores altitudes em fator da absorção da radiação ultravioleta pelo oxigênio atômico) e pela exosfera (entre 500 e 750 quilômetros de altitude, com o campo magnético terrestre).

As camadas inferiores da atmosfera são mais densas do que suas superiores, com cerca de metade do total de sua massa concentrada abaixo dos 5 quilômetros (Ayoade, 2007), tendo em vista a quantidade de emissões na superfície terrestre, diminuindo a pressão atmosférica com o aumento da altitude da superfície.

Enquanto a atmosfera absorve somente 24% da radiação solar que atinge a Terra, que é de ondas curtas, somente 9% da radiação terrestre infravermelha é liberada diretamente no espaço, principalmente através da chamada janela atmosférica [...]. Os 91% restantes são absorvidos pela atmosfera. Esta capacidade da atmosfera à radiação infravermelha em relação à sua transparência à radiação de ondas curtas é geralmente chamada de efeito estufa (AYOADE, 2007, p. 35-36).

A própria terminologia “efeito estufa” mascara as interações existentes entre a radiação incidente com a atmosfera terrestre. A ideia funciona a partir da radiação emitida pelo Sol (radiação de onda curta) que atinge o topo atmosférico terrestre, sendo parte em seguida reemitida de volta ao espaço (variando o grau refletido em virtude da quantidade de nuvens, aerossóis e outros particulados presentes) e uma parte atingindo a superfície, sendo também uma fração absorvida e outra refletida (radiação de onda longa) em virtude da característica da superfície, tendo grande importância o albedo planetário, especialmente em regiões polares. A fração da radiação de onda longa que é refletida pela superfície fica “aprisionada” na atmosfera em virtude de componentes que retêm esta temperatura, como o vapor d'água, o dióxido de carbono (sendo considerado as emissões por atividades antropogênicas, muitas vezes não considerando as emissões naturais deste componente) e outros de menores concentrações, funcionando de acordo com o princípio de uma estufa.

A Figura 3 indica as variações de temperatura (curva vermelha) e de concentração de dióxido de carbono (curva preta) ao longo dos anos, realizada por satélites (MSU) em Mauna Loa. Percebe-se uma tendência negativa da temperatura, nos últimos 10 anos, enquanto a curva de concentração de dióxido de carbono é crescente, o que desmente a ideia de que este último é o responsável pelo aumento da temperatura global. Para Maruyama (2009), o aumento do dióxido de carbono é uma consequência do aquecimento e não uma causa.

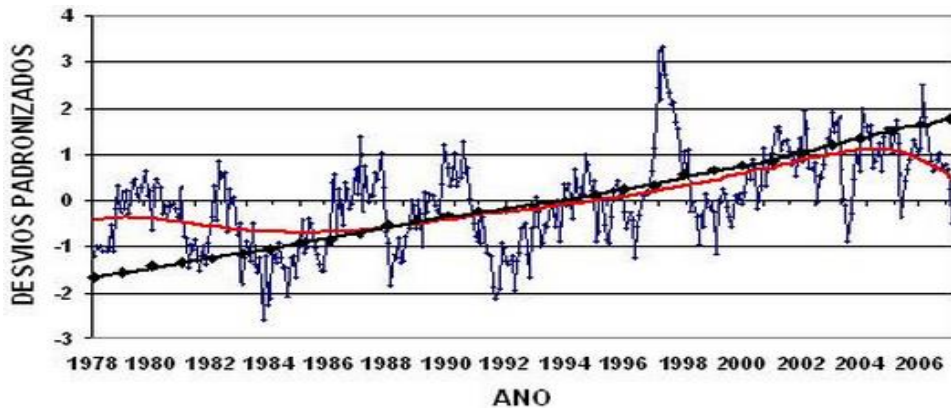


Figura 3. Desvios de temperatura e de concentração de dióxido de carbono.
Fonte: Molion, 2008a.

A partir da Figura 4 percebe-se que o aumento da concentração de dióxido de carbono não se dá de modo linear, ficando evidente as variações que representam o ciclo sazonal do dióxido de carbono, sendo que no verão o consumo deste é maior devido à vegetação mais abundante (mais fotossíntese de árvores, plantas e fitoplâncton) e no inverno é menor, em função das plantas que morrem e liberam o dióxido de carbono para a atmosfera.

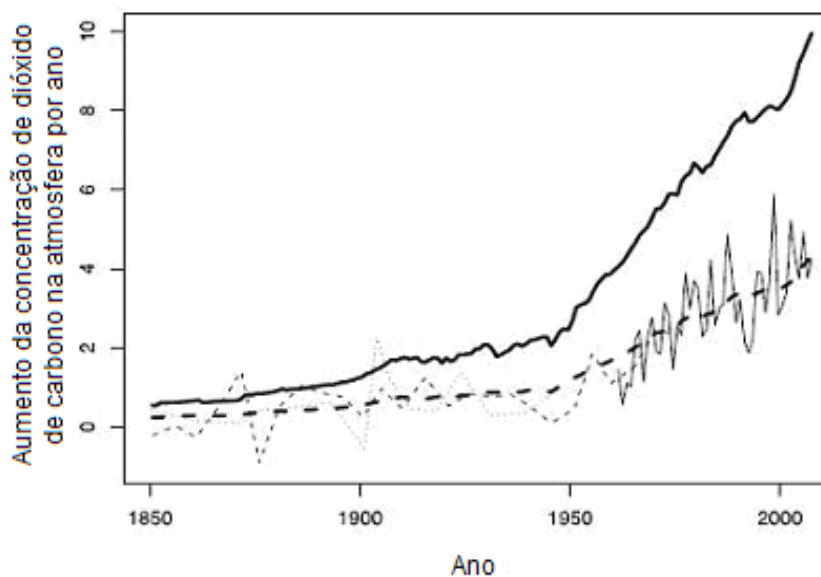


Figura 4. Variabilidade dos níveis de dióxido de carbono.
Fonte: Watts, 2009. Adaptado pelo autor, 2013.

O vapor d'água é o principal agente causador do efeito estufa, variando sua concentração em função da vegetação e pluviosidade (dependendo das variações do ano e das áreas). O dióxido de carbono é o segundo gás em importância, com concentração até cem vezes inferior à do vapor d'água. Diminuição do efeito estufa, principalmente devido à diminuição do vapor d'água, provoca desequilíbrios climáticos, como datas de estações modificadas e intensificação do inverno e de geadas, muito mais prejudiciais ao desenvolvimento e sobrevivência da humanidade e de outros seres vivos.

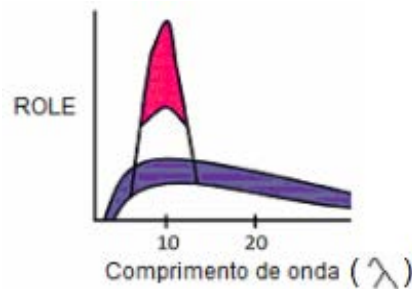


Figura 5. Feedback negativo pelo vapor d'água.
Fonte: Singer, 2008. Adaptado pelo autor, 2013.

A Figura 5 sugere que uma troposfera superior mais seca induz um processo de *feedback* negativo causado pelo vapor d'água, reduzindo os efeitos das maiores emissões do dióxido de carbono. A curva azul indica as emissões de infravermelho da atmosfera de volta ao espaço (Radiação de onda longa emergente - ROLE). A parte vermelha da figura significa as emissões da superfície para o espaço através das janelas atmosféricas (de 8 a 12 microns), que são regiões do espectro eletromagnético onde a atmosfera afeta pouco a energia eletromagnética proveniente do Sol (99,97%) ou da superfície terrestre. Vale apontar que variações nos comprimentos de onda do ultravioleta afetam a química da troposfera e da estratosfera, na qual se localiza a camada de ozônio, que também aquece o ar.

Especula-se sobre o impacto das mudanças climáticas nas florestas, frente à resiliência das florestas tropicais e da concentração de gases na atmosfera, que é ainda pouco discutida e entendida de fato. A Amazônia pode produzir até 35% de todo metano por processos naturais. O metano varia sua concentração em um período de 22 mil anos que se sobrepõe à precessão dos equinócios e é liberado através de animais ruminantes e em áreas com matéria orgânica em decomposição (meios anaeróbicos), como em arrozais e em planícies, como pântanos, e em aterros sanitários, com maiores concentrações em áreas de queimadas em períodos de seca.

[...] períodos de aquecimento máximo no verão elevam a produção de metano de duas formas: no sul da Ásia, o calor transporta, do oceano Índico para o continente, quantidades adicionais de ar úmido, gerando fortes monções tropicais que inundam regiões secas. No extremo norte da Ásia e Europa, verões quentes descongelam áreas alagadas por períodos

mais longos do ano e ambos os processos fazem com que mais vegetação cresça, se decomponha e emita metano a cada 22 mil anos. Com maior afastamento do hemisfério norte do Sol, as emissões de metano declinam e chegam a um mínimo 11 mil anos mais tarde – exatamente o ponto do ciclo em que os verões no hemisfério norte recebem a menor quantidade de radiação solar (CAPOZZOLI, 2007, p. 12).

Uma iniciativa de diminuir as emissões de metano foi desenvolvida pelo Projeto de Aproveitamento do Biogás no Aterro Sanitário de Adrianópolis-PR, direcionando o metano para a produção de energia elétrica. Entretanto, é preocupante a busca por tentativas relacionadas à diminuição das emissões dos arrozais, pois diminuindo sua produção agravaria a fome no mundo, que já se encontra em condições de alerta e fundamentais de serem analisadas e resolvidas, considerando o papel da natureza como reguladora deste gás:

O principal sumidouro na atmosfera ocorre pela reação com o radical oxidrila (OH) na troposfera, a qual é responsável pela remoção de mais de 90% do metano emitido. Além desse, existem mais dois sumidouros menores, a absorção pelos solos aerados e o transporte para a estratosfera (ALVALÁ et al., s/d., p. 2).

3. Análise das hipóteses acerca das Mudanças Climáticas

Ao elaborar um estudo sobre o clima, em especial sobre o tema “Mudanças Climáticas”, é importante apontar e analisar quais as esferas existentes de sua abordagem, como órgãos (governamentais ou não-governamentais), conferências e a própria mídia.

Antes da criação do Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática (IPCC) já se percebia autores que trabalhavam com a noção do aquecimento global devido às ações antrópicas, porém até a primeira metade do século XX a maioria dos cientistas não acreditava que o aumento das concentrações de dióxido de carbono resultariam em um aquecimento global. O IPCC foi estabelecido com patrocínio do WMO (World Meteorological Organization, 1986) e da UNEP (United Nations Environment Programme, 1986), tendo origem a partir do World Earth Day (1970), da Conferência de Estocolmo (1971-1972) e da Conferência de Villach (1980 e 1985), que buscou elaborar um relatório científico consensual acerca das atividades relacionadas aos impactos sociais e econômicos do dióxido de carbono e de outros gases, como clorofluorcarbonetos (sendo apontado como o responsável da destruição da camada de ozônio) e para nortear ações governamentais.

O IPCC teve início com Bert Bollin, John Houghton e Gylvan Meira Filho, divulgando seus relatórios em 1991, 1995, 2001 e 2007, todos pré-programados para indicar um aquecimento provocado por atividades humanas. Grande importância de sua hipótese do aquecimento global antropogênico encontra-se ao início da Revolução Industrial, tendo

surgida no Reino Unido no século XVIII, com sua expansão em outros países mais desenvolvidos, especialmente no século XIX.

Neste cenário, a produção industrial crescente foi responsável por uma grande mudança nas emissões de gases causadores do efeito estufa, como o dióxido de carbono, alterando o microclima em suas áreas de desenvolvimento, emissões que somariam com o processo de modernização agrícola, iniciada há 11 mil anos, alterando os ciclos naturais de produção do próprio dióxido de carbono e do metano, além de diminuição de florestas na Ásia e Europa e da necessidade de maior suprimento de energia, gerando também impactos ambientais (Capozzoli, 2007).

O primeiro relatório divulgado pelo IPCC, em 1991, ignorou análises de imagens de satélites, pois estas não indicavam uma fase de aquecimento global, além de considerar somente a radiação incidente do Sol de modo constante, não indicando seus ciclos (representados pelas atividades de manchas solares) nem sua influência no campo magnético.

O segundo relatório (1995) ficou conhecido pela quantidade de alterações significativas do texto inicial elaborado por diversos cientistas. Apesar de ser bem divulgado que vários cientistas estão envolvidos com as publicações do IPCC, poucos estão envolvidos com suas conclusões e ainda menos envolvidos na elaboração do resumo para governantes.

O ponto de análise principal do terceiro relatório (2001) foi informar que o século XX representou um aquecimento incomum, caracterizado pelo gráfico do "taco de hóquei" (curva razoavelmente constante da temperatura até um período de grande aumento, buscando indicar o século XX como anômalo e desconsiderando o Período Quente Medieval e a Pequena Era do Gelo) e por admitir que previsões de longo termo do clima futuro não é possível.

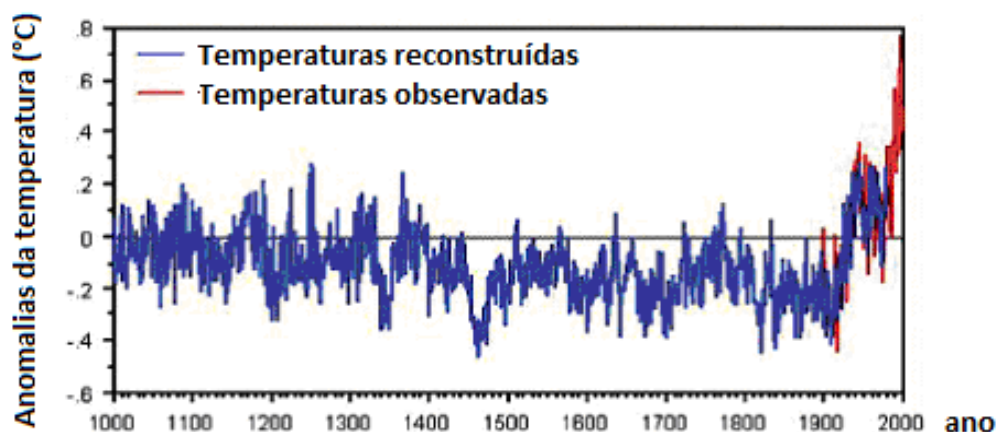


Figura 6. Histórico de temperaturas do hemisfério Norte.
Fonte: Singer, 2008. Adaptado pelo autor, 2013.

A Figura 6 indica uma série de dados sobre a temperatura registrada no hemisfério Norte, representativa do gráfico em forma de “taco de hóquei”, sendo a linha vermelha construída a partir de medições por termômetros.

Por fim, no relatório de 2007, o IPCC invalidou contribuições acerca das mudanças da atividade solar (ventos solares e efeitos magnéticos) para indicar que possíveis mudanças do clima global são de origem antropogênica. Os cientistas envolvidos com o IPCC são quase todos mantidos por contratos governamentais, que não só financiam suas pesquisas, mas também suas atividades ligadas ao IPCC.

Logo na apresentação de seu primeiro relatório, o IPCC diz que seu resultado é o que tem mais autoridade no desenvolvimento de um documento sobre mudanças climáticas já realizado pela comunidade científica internacional, com atuação de diversos pesquisadores, ou seja, entendido como um documento de máxima verdade científica, sendo uma referência essencial no estudo das mudanças climáticas.

Há também evidências de manipulação dos dados disponibilizados, com o ataque de *hackers* num dos sistemas do IPCC e de e-mails entre alguns membros, com manipulação e alteração de dados para que ao invés de indicar um resfriamento, indicasse ocorrência do aquecimento global, além de deixar evidente em conversas por meios eletrônicos, a incerteza da abordagem do grupo no estudo do clima. Tal ataque ficou conhecido como *Climategate*, fazendo referência a este vazamento de informações, e-mails, documentos técnicos e códigos de computadores para modelagem, provenientes do Climate Research Unit, na Universidade de East Anglia, que é o grupo que fornece dados da temperatura global para o IPCC desde 1860 (Carter, 2009).

Como o IPCC trabalha com médias de temperaturas, elaboradas através da escala zonal, ignora outras escalas cartográficas que representam melhor o impacto antrópico no clima, como a escala de microclima, a escala local e a sub-regional, sendo estas últimas as escalas possíveis de serem alteradas pela sociedade. As médias concluídas pelo IPCC indicam que a temperatura global aumentou de 0,3 °C a 0,6 °C nos últimos 100 anos, sendo a década de 1980 a mais quente, ou seja, com temperaturas mais elevadas. Indica também que a concentração de dióxido de carbono é agora 25% maior do que no período pré-industrial (1750-1800), maior valor dos últimos 160.000 anos, devido à atividade humana.

O IPCC, órgão para pesquisa científica tem um forte componente político e econômico, servindo como instrumento de persuasão de governos e da população a aceitarem suas indicações, gerando um consenso científico de acordo com seus interesses, sem considerar que ciência é observação, experimentação, teste de hipóteses e análise de seus resultados, não um consenso.

Nos últimos anos a questão de mudanças climáticas, aquecimento global, entre outros tem se difundido muito na mídia, atrelada a ideologias, tratando destes assuntos de maneira

alarmista, sensacionalista. Um pesquisador que defende a hipótese de um atual período de aquecimento global é James Lovelock (2006, 2010), responsável por criar a Hipótese Gaia, em que a Terra se comportaria como um imenso organismo vivo. Suas "visões" apocalípticas foram utilizadas em filmes catastróficos hollywoodianos, além de ter vendido alguns "best-sellers", todos em virtude de sua abordagem de um futuro apocalíptico climático. Para este autor, a culpa de períodos mais quentes é do excedente populacional, de animais de estimação e de gados, caracterizando seu discurso altamente malthusiano.

Ao mesmo tempo em que é fiel às divulgações gerais do IPCC, Lovelock faz algumas críticas especialmente no que se refere aos modelos climáticos e da maneira como ocorrerá o aquecimento global, defendendo que não será como este painel indica, numa curva suave ascendente, mas sim uma mudança abrupta e significativa. Realizou a previsão de que o aquecimento global mataria bilhões de pessoas e que o restante se refugiaria no Ártico, porém ele e John Houghton concordam com a ideia de que as regiões polares serão as primeiras afetadas, o que contradiz seu pensamento original. Mais tarde, diz que as Ilhas Britânicas e a Nova Zelândia serão regiões que serviriam como botes salva-vidas da humanidade, devido a sua posição oceânica temperada, favorecendo um clima capaz de sustentar uma agricultura abundante. Quanto aos problemas causados pelas mudanças climáticas, salienta que "os perigos mais graves não provêm da mudança climática em si, mas diretamente da fome, disputa por espaço e recursos e guerra tribal" (LOVELOCK, 2010, p. 42).

Para Lovelock (2010), a formação de ilhas-refúgio cria a necessidade de uma força defensora para proteger o território frente a uma iminente ameaça daqueles que sofreriam com estas alterações. Em recentes entrevistas, chegou a admitir que seus resultados esperados estão equivocados, acima do que realmente está em curso, porém continua defendendo a ideia de que o dióxido de carbono é o maior agente causador do aquecimento, pelo efeito-estufa e que a Terra já passou do ponto de retorno, buscando "vingar-se". Segundo o autor, os Estados Unidos seguem na prática do *laissez-faire* (doutrina de origem econômica que é a favor da não intervenção governamental), que mascara as verdadeiras intenções dos Estados Unidos e de outros países desenvolvidos. Salienta que os Estados Unidos agora estão reconhecendo os problemas do aquecimento global e quando realmente tomar medidas preventivas será tarde demais e tentará conter suas reações através de "paliativos tecnológicos", com a aplicação de habilidades adquiridas com o programa espacial e com a adoção de alta tecnologia.

São várias alternativas, através da geoengenharia, em que Lovelock se fundamenta, como, por exemplo, a desenvolvida por Lowell Wood e Ken Caldiera, do laboratório Lawrence Livermore, que propõem a construção no espaço de um pára-sol (pesando aproximadamente cem toneladas) situado entre a Terra e o Sol. Desenvolvimento de um

aparelho capaz de desviar a luz incidente (resfriando o planeta) com cerca de onze quilômetros de diâmetro, posicionado no ponto de Lagrange, no qual as atrações gravitacionais do Sol e da Terra são iguais e opostas, facilitando seu posicionamento nesta área. Indica também, na tentativa para causar uma diminuição da temperatura global, simular os efeitos refrigerados após uma atividade vulcânica, ou seja, injetar na atmosfera dióxido sulfúrico, que após sua oxidação forma um aerossol de gotículas de ácido sulfúrico. A prática desta ideia aumentaria a acidez dos oceanos, resultando também em grandes áreas de secas, impossibilitando a vida marinha. Outro agravante é injetar este composto na atmosfera, que se daria através de aviões, aumentando o gasto energético ou pior se ele fosse injetado através de aviões com passageiros, colocando grande risco para os tripulantes.

Apesar do nível de alarmismo de Lovelock, não se pode excluir tal colocação (ponderando os efeitos causadores de mudanças no clima), pois alterações nos fluxos de entrada de energia na Terra e de fenômenos astronômicos – nível externo – e de fatores internos (por mais improváveis que sejam), como atividades tectônicas, vulcanismos, entre outros, poderiam em sua ocorrência causar grandes mudanças na temperatura do planeta.

Entretanto, há outro órgão formado para estudar o clima, o Nongovernmental International Panel on Climate Change (NIPCC), que aborda as mudanças climáticas como resultado da dinâmica da natureza e não causadas por emissões antrópicas de gases do efeito estufa. Teve seu início numa reunião realizada em Milan (2003), organizada por Fred Singer e pela SEPP (Science and Environmental Policy Project), com o objetivo de produzir uma análise independente das disponibilizadas pelo IPCC, apresentada em um *workshop* internacional sobre o clima em Viena (2007), produzindo seu primeiro relatório em 2008, o NIPCC-1, através de parcerias com o Instituto Heartland e do Center for the Study of Carbon Dioxide and Global Change. A elaboração deste relatório tem o propósito de ajudar governantes a criarem decisões racionais na política climática e energética, alertando que mudanças climáticas continuarão a ocorrer independentemente das emissões humanas, sendo que estas alterações serão positivas ou negativas para a saúde e vida humana em diferentes áreas do globo (Idso et al., 2011).

Um dos expoentes brasileiros na análise do clima, especialmente no tratamento de questões sobre mudanças climáticas, é Luiz Carlos Baldicero Molion, professor associado da Universidade Federal de Alagoas, considerado um membro integrante do grupo denominado “céticos”, por não concordarem que mudanças climáticas estão associadas com as atividades humanas impactantes no meio ambiente. Mudanças climáticas sempre ocorreram e sempre ocorrerão, seja representado por períodos de aquecimentos ou por períodos de resfriamentos.

Para Molion (2008b), a quantidade de carbono lançada pelo homem é ínfima, atingindo valor de seis bilhões de toneladas por ano, representando apenas 3%, se comparada com os fluxos naturais dos oceanos. Quando os oceanos estão quentes, a absorção de gases diminui, quando eles se resfriam a absorção de gases aumenta, chegando na atmosfera um total de duzentos bilhões de toneladas de carbono por ano. De acordo com este autor:

[...] ocorreu forte aquecimento entre 1925 e 1946 e nessa época, o homem lançava na atmosfera menos de 10% do carbono do que lança hoje. Então, aquele aquecimento, que é ainda maior do que esse atual, na realidade foi explicado por fenômenos naturais. O sol esteve mais 'ativo' nessa primeira metade do século XX. Além disso, foi um período que praticamente não ocorreram erupções vulcânicas. Assim, a atmosfera ficou mais limpa e entrou mais radiação solar, causando o aquecimento (MOLION, 2009b, s/p.)⁵.

Há muitas causas de variabilidade climática e de mudanças climáticas, cada uma dependendo da escala cartográfica e temporal considerada. Numa escala temporal de décadas ou séculos, a variabilidade solar é o principal fator, na escala regional, oscilações naturais de origem interna, como a Oscilação do Atlântico Norte, a Oscilação Multidecadal do Atlântico (OMA, Figura 7), a Oscilação Decadal do Pacífico (ODP, Figura 8) e a El Niño-Oscilação Sul.

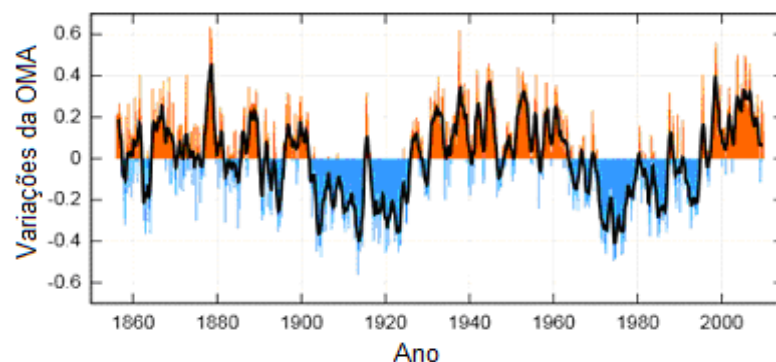


Figura 7. Oscilação Multidecadal do Atlântico (OMA), 1856-2009.
Fonte: Watts Up With That?⁶.

A Oscilação Multidecadal do Atlântico (OMA) depende da circulação termoalina e estas das correntes oceânicas do Atlântico, componente fundamental dos furacões na região do Atlântico, sofrendo oscilações a cada 60-70 anos. A OMA ficou positiva em 1995, o que favorece maiores furacões nesta região e maiores eventos de bloqueios atmosféricos em altas latitudes durante o inverno (D'ALEO, 200?).

⁵Entrevista disponível em: <<http://terramagazine.terra.com.br/interna/0,,O14145833-El6580,00-Reduzir+CO+nao+impede+aquecimento+diz+Luiz+Carlos+Molion.html>>. Acesso em: 18/03/2012.

⁶Disponível em:<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/1b/Amo_timeseries_1856-present.svg> Acesso em: 23 set. 2012.

Molion (2008d) indica que períodos de aquecimento global verificados entre 1925-1946 e 1977-1998 coincidem com fases quentes da Oscilação Decadal do Pacífico (ODP) e que entre 1947-1976 constatou-se um resfriamento global também em virtude deste evento, correspondendo a sua fase fria, sendo que este não foi explicado pelos defensores do aquecimento global antropogênico. Seguindo observações por satélites tem-se que

[...] os valores de radiação solar, no mínimo do último ciclo de 11 anos de manchas, em 2006 ($1365,3 \text{ W/m}^2$), ficaram abaixo dos mínimos dos dois ciclos anteriores. A variação da atividade solar dos últimos 300 anos sugere que, nos próximos dois ciclos de manchas solares, ou seja, até cerca do ano 2030, a atividade solar seja comparável às primeiras duas décadas do Século XX. Portanto, com o Pacífico em uma nova fase fria e a atividade solar mais baixa, é muito provável que as condições climáticas globais entre 1947-1976 venham a se repetir qualitativamente, ou seja, um arrefecimento global nas próximas duas décadas, semelhante ao que ocorreu na fase fria anterior (MOLION, 2008d, p.126-127).

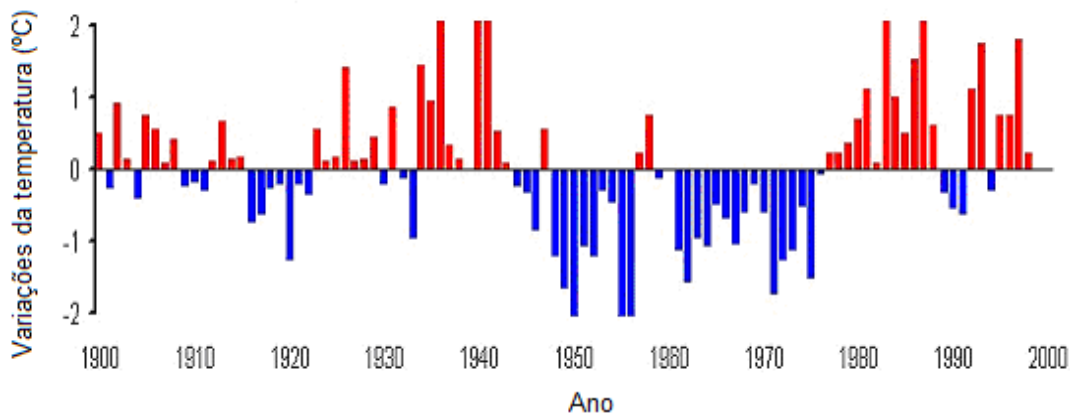


Figura 8. Oscilação Decadal do Pacífico, 1900-1998.

Fonte: Paleontological Science Center⁷.

Poucos estudos sobre mudanças climáticas tratam do fenômeno de bloqueio atmosférico, que se desenvolve quando há uma crista de alta pressão estacionária na corrente de jato de latitude média. Este fenômeno é tipicamente associado com clima excepcionalmente quente e seca em áreas em que estas cristas de alta pressão se formam, e em condições mais úmidas e frias a montante e a jusante do local em que eles ocorrem. Alguns exemplos recentes de bloqueio e de seu impacto no clima regional são: a onda de calor na Europa Ocidental (2003), o calor extremo na Rússia (2012) e as inundações a jusante, no Paquistão, além de temperaturas mais baixas sobre grande parte da América do Norte e na Europa em dezembro de 2010 (Idso, 2011). O bloqueio atmosférico é muitas vezes confundido com uma mudança climática, especialmente no tratamento que é dado pelos meios informacionais, pela fácil percepção humana da temperatura (numa pequena

⁷Disponível em: < <http://lakepowell.net/sciencecenter/paleoclimate.htm> > Acesso em: 15 out. 2012.

escala temporal), sendo que "o conforto humano é determinado mais pela umidade do que pela temperatura" (AYOADE, 2007, p. 59). A percepção depende do meio no qual a população está inserida, do nível de desenvolvimento tecnológico, da cultura e da disponibilidade de informações, sendo que:

[...] a percepção do meio rural é mais desenvolvida, já que há um contato mais direto com as condições climáticas [modificando a produtividade das culturas]. Entretanto, a percepção climática não é importante somente nas áreas rurais, mas também é relevante em ambientes urbanos. Nestes ambientes, a percepção do clima urbano se dá através de três canais perceptivos: do conforto térmico, da qualidade do ar e do impacto meteórico (SARTORI, 2005, p.59).

O IPCC continua deixando em segunda mão ou não considerando as evidências decadais, seculares de longa escala temporal, atividade solar e dos efeitos das nuvens associados à atmosfera, entre outros elementos responsáveis pelo clima passado (Singer, 2008).

A primeira etapa de análise ao tratar de mudanças climáticas, é entender como o Sol controla a radiação incidente na superfície da Terra, ou seja, a influência de sua variabilidade nas consequentes interações no planeta, em seu sistema climático. A atividade solar varia de acordo com o ciclo de manchas solares de curta periodicidade (11 anos) ou por ciclos mais longos, como o ciclo de Gleissberg (80-90 anos) e de Vries (208 anos), associados aos ciclos astronômicos (entre 567 e 1.134 anos). Portanto, o Sol implica em alterações diretas, pela intensidade de sua irradiância e alterações indiretas, como o aquecimento da atmosfera em baixas e médias latitudes através da reação do ozônio devido à radiação ultravioleta, em altas latitudes pela atividade geomagnética. Um dos ciclos solares é o mínimo de Maunder (entre 1650-1700), um ciclo prolongado de baixa atividade solar, causando invernos mais severos no Reino Unido e na Europa continental (D'Aleo, 2011), período conhecido como a pequena era glacial. Estudos nas relações lacustres de magnésio e cálcio em ostracodes (pequenos crustáceos) em sedimentos das Grandes Planícies do Norte forneceram indicações da temperatura da água e do balanço entre evaporação/precipitação, sugerindo que períodos secos coincidiram com baixa atividade solar (Gray et al., 2010).

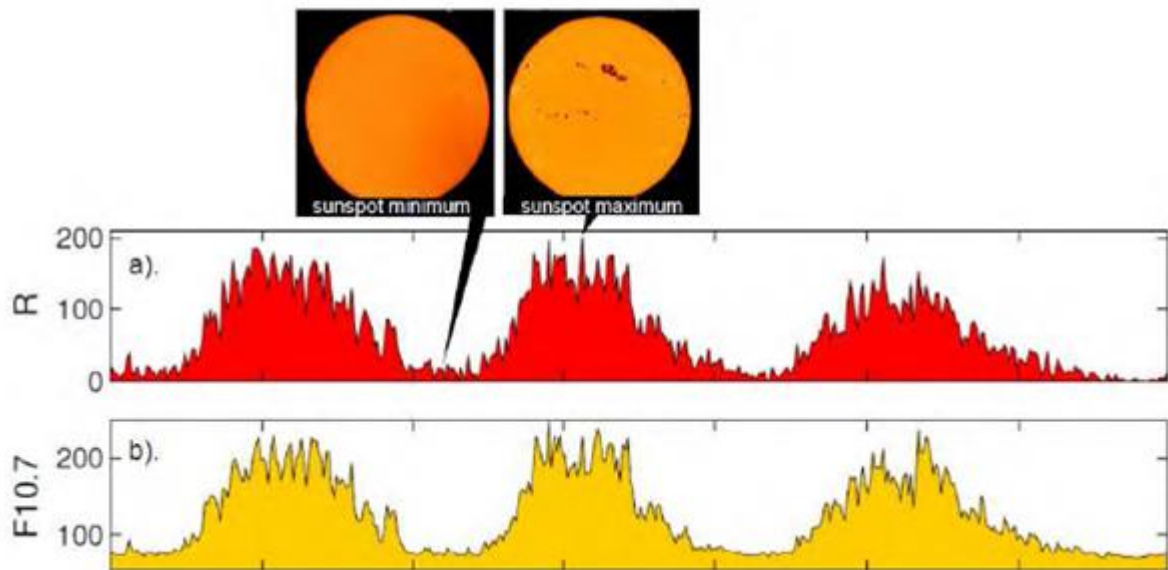


Figura 9. Máximo e mínimo das manchas solares.

Fonte: GRAY et al., 2010, adaptado pelo autor, 2012.

A Figura 9 mostra variações no número de manchas solares (a) e o fluxo de energia solar (b). Ao tratar da atividade solar, pelo grau e número de eventos de manchas solares, interligando esta atividade com a temperatura planetária, aponta que

[...] há um período de 90 anos, aproximadamente, em que ele passa de atividade máxima para mínima. Registros de atividade solar, da época de Galileu, mostram que, por exemplo, o sol esteve em baixa atividade em 1820, no final do século 19 e no início do século 20. Agora o sol deve repetir esse pico, passando os próximos 22, 24 anos, com baixa atividade (MOLION, 2009a, s/p.)⁸.

A variabilidade solar na escala de tempo secular ou milenar pode ser reconstruída, até 10.000 anos, usando radionuclídeos cosmogênicos, como o Berílio-10 e o Carbono-14, cujas taxas de produção na atmosfera é modulada pela atividade solar (através da interação entre nitrogênio e oxigênio), bem como ambientes naturais, em sedimentos marinhos e lacustres, cilindros de gelo, ambientes cavernosos e especialmente nos depósitos de turfas (Gray et al., 2010).

Além dos efeitos da radiação proveniente do Sol há outros eventos e fenômenos distintos, porém não interdependentes, como a Teoria de Milankovitch, a Oscilação Decadal do Pacífico, atividades vulcânicas, entre outros, responsáveis por alterações nas temperaturas do planeta.

A teoria de Milankovitch indica que a quantidade de radiação solar incidente na Terra varia de acordo com a latitude, em função da obliquidade e do eixo da Terra (que varia a

⁸Disponível em: <<http://noticias.uol.com.br/ultnot/cienciaesauade/ultnot/2009/12/11/nao-existe-aquecimento-global-diz-representante-da-omm-na-america-do-sul.jhtm>> Acesso em: 18 mar. 2012.

cada 41-44 mil anos), sendo maior nas regiões polares e mais fraca na região equatorial. Consta-se uma mudança dos parâmetros orbitais da Terra em função de outros planetas, influenciando nas variações do clima. Mudanças na posição do eixo da Terra – variando entre 22° e 24,5° (atualmente 23,5°) – surgem em função do movimento de precessão, num período de 22 mil anos, com variação entre Terra e Sol menor nos polos e maior no equador (causando mudanças nas estações), da própria obliquidade e da excentricidade (variando a cada 92.000-97.000 anos), devido à órbita de percurso da Terra, com ponto de afélio e periélio devido sua órbita elíptica, alterando a recepção de energia solar, sendo esta 6% maior no periélio do que no afélio. Segundo esta teoria,

[...] as glaciações são iniciadas quando os verões são frios, pois a diminuição na insolação inibe a fusão das geleiras, que, desta forma, se expandem, gerando grandes mantos de gelo continentais. O acréscimo da área glaciária intensifica também o albedo e a perda de energia calorífica, aumentando ainda mais o volume e a área das geleiras. (SILVA, 2007, p.2).

Os componentes da teoria de Milankovitch atuam em conjunto de maneira “muito complexa, modificando o clima e conduzindo à instalação de um período glacial, mas também podem produzir mudanças paleogeodésicas e paleomagnéticas, que também atuaram indiretamente sobre os paleoclimas” (SANT'ANNA NETO E ZAVATINI, 2000, p. 45).

Estudos mais recentes apontam que durante o glacial tardio, as mudanças climáticas associadas ao ciclo de Milankovitch foram responsáveis na atuação da vegetação da floresta Amazônica. A influência desta atuação, também se percebeu no cerrado, ecossistemas mais sensíveis às mudanças de umidade, com registros de mudanças climáticas, mostrando “uma evolução regional diferente em função do domínio vegetal adjacente, ou seja, a floresta Atlântica ou Amazônica” (OLIVEIRA, 2005, p. 58).

Nas análises desenvolvidas pelo IPCC não houve a tentativa de incorporar a influência cósmica na regulação do clima, bem como a atuação do campo magnético do Sol responsável por controlar a radiação cósmica incidente. O campo magnético (Figura 10) influencia no aumento ou na diminuição da nebulosidade

[...] porque os raios cósmicos desempenham o papel de núcleo de condensação de um sólido em suspensão na atmosfera ou a um corpúsculo líquido (aerossol⁹) formado pelo vapor d'água condensado em gotícula, que dará origem à nuvem (MARUYAMA, 2009, p.45).

Quanto maiores os raios cósmicos, em virtude de fases de menores atividades solar, maior a nebulosidade e o albedo planetário, refletindo em fases de resfriamento do sistema clima.

⁹ Pequenas partículas sólidas ou gotículas líquidas na atmosfera, de procedência natural ou de atividades humanas. Podem ter importantes efeitos radioativos sobre o clima (HENDERSON-SELLERS; MCGUFFIE, 1990).

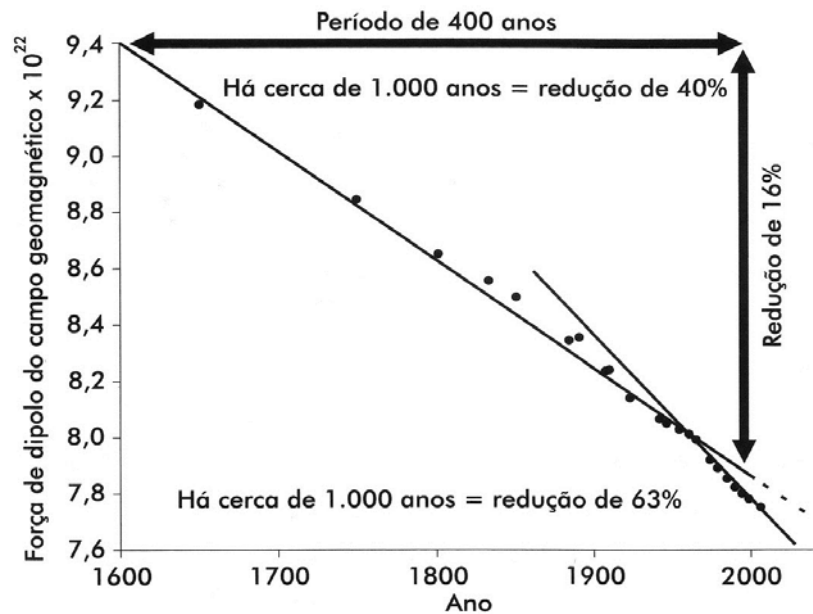


Figura 10. Mudança de força do campo geomagnético.
Fonte: Maruyama, 2009.

Constata-se que houve um enfraquecimento do campo magnético nos últimos quatro mil anos, acelerando nos últimos 50 anos (MARUYAMA, 2009), em virtude de manchas solares mais baixas.

A Figura 11 ilustra a temperatura obtida na superfície do Ártico. Percebe-se que a temperatura segue uma trajetória semelhante à irradiância solar e não através do efeito do dióxido de carbono, como já foi discutido. Apresenta também anomalias associadas a outros eventos reguladores do clima, especialmente às atividades vulcânicas, que também influem na temperatura, pois com as emissões de gases e particulados na atmosfera, altera o albedo planetário, aumentando este e diminuindo a temperatura de uma área por um determinado período, bem como suas partículas servindo como núcleo de condensação para a formação de nuvens. A maioria das erupções vulcânicas injetam partículas na troposfera até altitudes entre 5 e 8 quilômetros.

Exemplos de erupções recentes, como a do El Chicón, em 1982 e do Monte Pinatubo, em 1991, foram responsáveis por um resfriamento temporário de até 3 anos, de 0,5 °C a 0,6 °C. Segundo Molion (2008c), no período 1915 a 1956, a atividade vulcânica foi a menor dos últimos 400 anos e o albedo planetário reduziu-se, permitindo maior entrada de radiação no sistema durante 30 anos e aumentando as temperaturas dos oceanos e do ar. O resultado foi um aquecimento médio global de cerca de 0,4 °C nesse período.

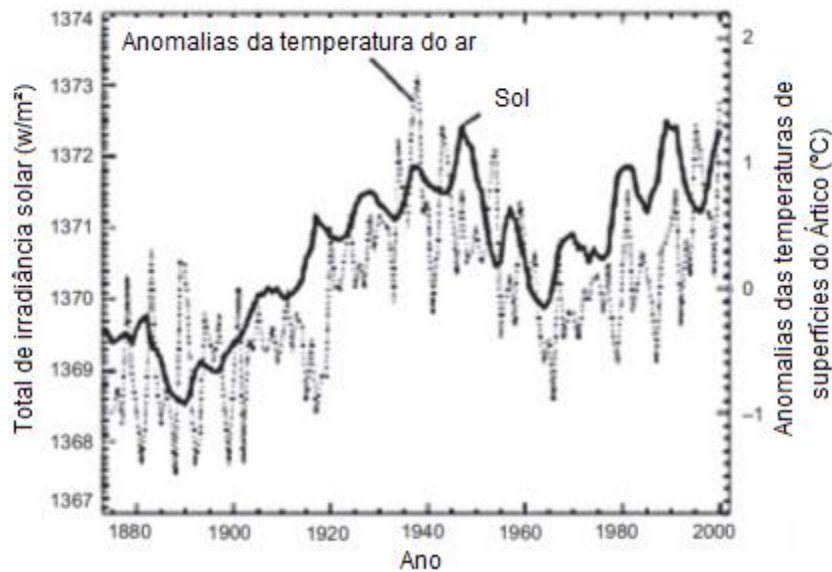


Figura 11. Temperatura do ar no Ártico.
Fonte: D'Áleo, 2011. Adaptado pelo autor, 2013.

Percebe-se que a atividade solar e as atividades vulcânicas representam de forma bastante significativa as reais temperaturas observadas no globo terrestre, no qual breves períodos de aquecimento ou resfriamento da atmosfera estão relacionados a estes fatores. Um exemplo é a década de 1960 na qual houve várias erupções vulcânicas, injetando grandes quantidades de aerossóis na atmosfera, período que coincidiu com baixa atividade solar e oscilações mais frias no Atlântico e Pacífico, caracterizando esta década como a mais fria dos últimos 50 anos (D'Aleo, 2008). Percebe-se também que o resfriamento resultado das atividades vulcânicas de 1982 e 1991 minimizaram os efeitos de aquecimento do El Niño neste período, constatação que alerta para uma análise integrada dos componentes que regulam o clima.

A pressão e o vento são duas magnitudes atmosféricas extremamente relacionadas entre si.

Sistemas produtores de tempo são sistemas de circulação acompanhados por padrões e tipos característicos de tempo. Eles causam as variações diárias e semanais no tempo e são muitas vezes mencionados como sendo perturbações atmosféricas ou meteorológicas (AYOADE, 2007, p. 98).

O principal motor que impulsiona o ar a se mover é a diferença de pressão existente entre os distintos lugares do planeta, de forma que o ar se movimenta para "corrigir" estes desequilíbrios de pressão. Por sua vez, o vento, ao deslocar massas de ar de um lugar para outro, contribui para a alteração da distribuição das pressões, existindo, desta forma, uma relação muito estreita entre os movimentos horizontais e verticais do ar (Pita, 2009d). A Força de Coriolis modifica a trajetória inicial do vento, que se intensifica com o aumento da altitude, devido à diminuição da densidade do ar, ou seja, é responsável pelo movimento do

vento pelo gradiente de pressão, sofrendo mudanças pela natureza da superfície. Quando um fluxo de vento encontra um obstáculo (como uma cadeia de montanhas), gera correntes ascendentes a barlavento. Essas correntes sofrem modificações térmicas (pela influência das características da superfície) e dinâmicas (através das relações entre uma massa de ar com anticiclones ou depressões) a sotavento, ou seja, modificações assim que deixam suas origens (podendo alterar na umidade), modificando também sua direção e intensidade. Os monções causam inversão sazonal na direção dos ventos, sendo sua causa atribuída ao “[...] aquecimento diferencial de grandes áreas continentais e oceânicas, variando com a estação” (AYOADE, 2007, p. 89) e “[...] todas as massas de ar que constituem a monção de verão na Ásia são úmidas e instáveis, por causa de suas longas travessias sobre os oceanos tropicais quentes; elas produzem grandes quantidades de precipitação” (AYOADE, 2007, p. 91), podem ocasionar desastres naturais em áreas de risco. Vale colocar, nesse momento, uma citação que distingue vulnerabilidade e resiliência, que voltarão a aparecer nesse trabalho: “a vulnerabilidade é a medida pela qual uma sociedade é suscetível de sofrer por causas climáticas. Por outro lado, a habilidade de uma sociedade em ‘recuar’ quando adversamente afetada por impactos climáticos é denominada de resiliência” (AYOADE, 2007, p. 288).

O comportamento dos movimentos do ar em grande escala no planeta é conhecido como circulação geral da atmosfera, apresentando estruturas bastante uniformes e permanentes no tempo. A circulação atmosférica exerce um papel chave no equilíbrio climático global, ao redistribuir a energia planetária desde as latitudes baixas até as deficitárias latitudes altas, condicionando os tempos e os climas existentes no planeta e garantindo suas estabilidades (Pita, 2009d). A circulação geral da atmosfera (circulação primária) é outro controlador do clima e um fenômeno de escala global, determinando o padrão (em larga escala) dos climas do mundo, que se dá através da “interação complexa entre a superfície do planeta, particularmente a distribuição de continentes e oceanos com fornecimento desigual de energia solar, topografia e cobertura vegetal” (MOLION, 2002, p. 1), estando relacionada com os gradientes térmicos e barométricos que ocorrem na atmosfera, devido ao aquecimento diferencial das superfícies continentais e oceânicas, apresentando correntes de jatos, frentes e sistemas de baixa e alta pressão (ciclones e anticiclones, circulação secundária).

A circulação atmosférica altera o funcionamento do tempo em determinada região, estando seu estudo mais relacionado com o tempo do que com o clima, por ter uma variação diária, sazonal ou anual. A água em todas suas formas e manifestações constitui um elemento básico do clima por seu papel fundamental no ciclo energético e como principal responsável pelas mudanças no tempo e pelos distintos climas regionais. O vapor

d'água ao se condensar libera grandes quantidades de energia que condicionam a circulação geral da atmosfera (Cuadrat, 2009a).

A célula de Hadley é uma circulação conduzida termicamente, pelo fluxo de calor nos trópicos, que compreende um movimento ascendente na ZCIT e um movimento descendente nesta região.

Durante o Último Máximo Glacial (o extremo climático mais forte dos últimos 20.000 anos), a queda de 5 °C na temperatura média anual modificou o funcionamento da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e diminuiu fortemente a precipitação na região leste da Bacia [Amazônica]", constatado devido à ausência de sedimentação em alguns registros sedimentares. (SOUZA, 2005, p.56).

A ZCIT é uma zona de baixa pressão e convergência dos alísios em baixos níveis, com uma dependência direta do aquecimento da superfície, apresentando uma variação sazonal. A interação oceano-atmosfera deve ser considerada com muito cuidado, tendo em vista que os oceanos controlam grande parte da temperatura global, ainda mais por cobrirem 71% da superfície terrestre. Somente o oceano Pacífico ocupa 35% da superfície do planeta (passando por um período de 30 anos de aquecimento seguido de 30 anos de resfriamento, tendo encerrado sua última fase de aquecimento em 1998). Mudanças em suas águas superficiais influenciam na temperatura da atmosfera, que é aquecida por debaixo, através das trocas de calor. Estas conclusões são elaboradas a partir de medições realizadas com sensores de micro-ondas e boias nos oceanos:

[...] existem mais de 3.200 boias à deriva e mergulhadoras. Elas mergulham até 2.000 metros de profundidade, se deslocam com a corrente marinha e nove dias depois elas sobem, e passam os dados para o satélite. Esse sistema mostra que os oceanos, de maneira geral, estão esfriando nos últimos seis, sete anos. E, nos últimos 10 anos, a concentração de [dióxido de carbono] continua subindo. (MOLION, 2009b, s/p.).¹⁰

Deve-se lembrar também da caracterização dos níveis de dióxido de carbono nos oceanos em virtude das temperaturas destes. É uma relação inversamente proporcional entre a solubilidade de dióxido de carbono e a temperatura do oceano, com oceanos aquecidos absorvendo mais desta molécula e os oceanos frios absorvendo menos.

A força de Coriolis imprime grandes consequências nas correntes marítimas, que não se dão de forma contínua e sim através do desvio causado pela rotação da Terra. Analisar as correntes marítimas faz-se necessário ao tratar das mudanças climáticas, pois regem as temperaturas superficiais e profundas dos oceanos, que têm efeitos nas temperaturas da atmosfera, caracterizando o clima global. A corrente do Golfo é responsável por transportar calor da zona equatorial para os pólos, por exemplo.

¹⁰Disponível em: <<http://terramagazine.terra.com.br/interna/0,,O14145833-EI6580,00-Reduzir+CO+nao+impede+aquecimento+diz+Luiz+Carlos+Molion.html>> Acesso em: 18 mar. 2012.

O fluxo de calor latente [...] ocorre nas áreas de correntes frias, onde há calor sensível negativo, visto que as massas de ar quente continentais movem-se ao longo das correntes frias, transferindo energia para os oceanos (AYOADE, 2007, p. 44).

Uma corrente pode transferir calor de uma região à outra:

Os ventos predominantes e as correntes oceânicas também influenciam as temperaturas do ar, porque podem transportar ou transmitir por 'advecção' o 'calor' ou o 'frio' de uma área para outra, dependendo das características térmicas junto às áreas que influenciam (AYOADE, 2007, p. 54).

No Pleistoceno terminal, com a dinâmica das correntes marítimas frias e quentes e com suas correspondentes atuações teve como resultado a expansão de caatingas e cerrados em maiores áreas do território sulamericano (VIADANA; CAVALCANTI, 2006/2007).

É importante discutir o impacto que as correntes marítimas, especialmente as provenientes das Malvinas, levam à economia de regiões costeiras, pela pesca, sendo que as regiões Sudeste e Sul do Brasil apresentam a maior produção pesqueira brasileira, maior densidade populacional (maior consumo) e contribuição à economia nacional.

A interferência dos ciclos lunares na regulação das temperaturas dos oceanos também deve ser considerada. Um ciclo lunar é conhecido como precessão da órbita lunar ou nodos lunares. Na fase máxima deste ciclo, a velocidade da Lua é muito maior, agitando os mares (fora dos trópicos) pela força gravitacional atuante, aumentando as correntes marinhas, conseqüentemente transportando mais calor para os polos:

No caso do Atlântico Norte, essa água mais aquecida, cerca de 0,7 °C, entra no Ártico por debaixo do gelo flutuante e derrete, parcialmente, sua parte submersa que, como é sabido, constitui 90% do volume total. Parcialmente derretida, a parte submersa não consegue suportar o peso da parte aérea, e esta colapsa. Note, “colapsa”, desmorona” e não, “derrete”, pois, mesmo no verão, as temperaturas do ar nessa região são negativas. E o colapso pode ser visto nos filmes que aparecem na web.” (MOLION, 2011, s/p.).

As escalas temporais dos sistemas são muito variáveis. Nos oceanos, o tempo de ajuste pode durar de meses a anos e se tratando de águas profundas pode ser décadas ou séculos. A Oscilação Sul altera o comportamento das correntes marítimas, produzindo alterações no comportamento de numerosas áreas do planeta, gerando impactos socioeconômicos de extraordinária magnitude (Pita, 2009e). Tal fenômeno é conhecido como El Niño-Oscilação Sul (ENOS).

O mesmo princípio é aplicado no estudo dos níveis dos mares, pois um ciclo lunar, de 18,6 anos, atrai gravitacionalmente a superfície do mar, diferenciando a intensidade em determinadas regiões, mas podendo variar em até 12 cm, sendo que a cada quatro destes ciclos de 18,6 anos a intensidade é ainda maior. Outra característica é a atração

gravitacional da lua que também influencia na pressão atmosférica, especialmente na região tropical, mas a pressão atmosférica também varia em função da temperatura.

Outra relação importante ao analisar a variação do nível do mar é através das marés, que representam um aumento periódico do nível do mar, resultado de forças gravitacionais do Sol e da Lua, que é maior devido a proximidade com a Terra, sendo esta atração gravitacional mais de 30% intensa do que a exercida pelo Sol e influenciada também pelas correntes oceânicas.

“As massa de ar são muito importantes no estudo do tempo e do clima porque os influenciam diretamente na área na qual predominam” (AYOADE, 2007, p. 100). As massas de ar (originada pela divergência do ar em superfície, em uma zona de alta pressão, onde há a estabilidade do tempo) são formadas e movimentadas a partir do gradiente de temperatura da atmosfera, que também resultam na formação do gradiente de pressão, deslocando-se sobre superfícies diferentes, gerando efeitos distintos na percepção da temperatura, especialmente presenciadas em áreas urbanas, sendo que a Camada Limite Planetária sofre muita fricção superficial (turbulência mecânica), causada pela movimentação do ar sobre as diferentes superfícies, como florestas, áreas urbanas vegetadas, relevo, construções como edifícios (e outros efeitos de natureza do clima urbano, como as ilhas de calor, ilhas de frescor, canyons urbanos), representando alterações na entrada de radiação e na circulação atmosférica. Uma massa de ar mais úmida causa uma pressão menor do que uma massa de ar mais seca em virtude de uma menor densidade do ar em função da maior presença de vapor d'água na atmosfera.

4. Paleoclimatologia

A Terra desde sua origem passou por períodos de aquecimento (interglaciais) e por períodos de resfriamento (glaciais), variando muito sua temperatura de diferentes regiões ao longo da escala geológica de tempo, numa alternância de 100.000 anos de duração nos períodos glaciais e de 10.000 anos nos períodos interglaciais. Extremos devem ser considerados, como o Período Quente Medieval (PQM) e a Pequena Era do Gelo (PEG) ambos alterando a paisagem terrestre e influenciando na vida de plantas e animais (Figura 12).

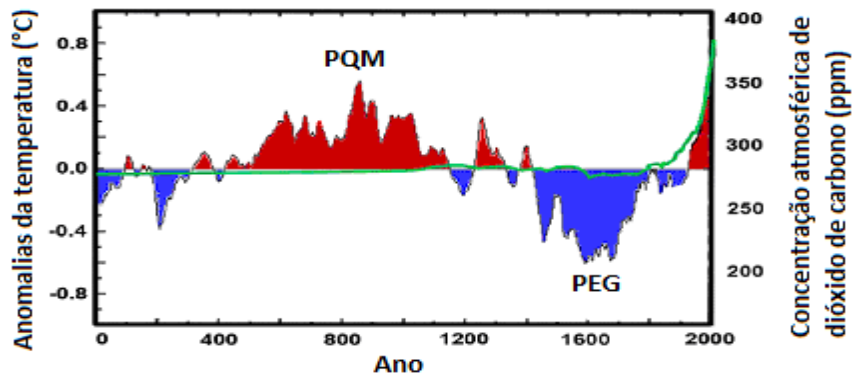


Figura 12. Período Quente Medieval e a Pequena Era do Gelo.
 Fonte: Idso et al., 2011. Adaptado pelo autor, 2013.

A paleoclimatologia busca compreender as modificações de temperaturas pretéritas para estabelecer uma periodicidade no clima do planeta, estudando e reconstruindo os climas passados, identificando as tendências naturais das mudanças do clima. Entende-se que quanto mais antigo for uma era ou um período que se busca caracterizar através de seus métodos de datação, mais difícil é de se obter esses dados e de dar-lhe credibilidade. Pita (2009c, p. 396) detalha os dados disponíveis para a reconstrução dos climas pretéritos, indicando o tipo de dados, seus elementos, suas resoluções temporais e áreas de abrangência.

Ao buscar fazer uma análise de climas pretéritos (Figura 13), segundo contribuições do Projeto Paleomap¹¹, através da paleoclimatologia e paleogeografia, percebe-se que o período do Mioceno (há 23 milhões de anos) é muito similar ao clima atual, porém mais quente e um clima mais árido na Austrália, após o Oligoceno (há 33,3 milhões de anos), caracterizado pela cobertura de gelo no polo Sul e na formação de florestas temperadas quentes que cobriam o norte da Eurásia e América do Norte. Outra fonte de estudos paleoclimáticos encontra-se na produção científica de Robert Carter, um geólogo marinho membro contribuinte dos relatórios do NIPCC.

Em algumas publicações nos jornais Science e Paleoceanography, os autores indicam que os níveis de concentração do dióxido de carbono foram muito maior na última Era do Gelo do que no período seguinte mais quente, o Eoceno (há 55,8 milhões de anos). Durante o Eoceno Inferior (há 54 milhões de anos), boa parte da Eurásia Central era mais quente e úmida. No Eoceno Superior (há 40 milhões de anos), o clima era mais quente do que o atual, fortalecendo a formação de geleiras no polo Sul. A Índia era coberta por florestas tropicais e florestas tropicais quentes cobriam grande parte da Austrália.

¹¹SCOTESE, C. R. Paleomap Project. Disponível em: <<http://scotese.com/climate.htm>> Acesso em: 18 mar. 2012.

No Cretáceo Inferior (há 146 milhões de anos), existia neve e gelo durante o inverno, com florestas temperadas frias cobrindo as regiões polares clima global mais quente do que é hoje. Não existia gelo nos polos, fato que permite perceber a periodicidade da formação de geleiras relacionada com o clima, sendo este fato um resquício do Paleoceno (há 65 milhões de anos), em que o clima era muito mais quente do que o atual. Durante o Jurássico Superior (há 161 milhões de anos), o clima global começou a mudar devido à separação da Pangéia. O interior da Pangéia tornou-se menos seco e neve e gelo sazonais congelavam as regiões polares. No Jurássico Médio e Inferior (há 175 milhões de anos e há 200 milhões de anos, respectivamente), o interior da Pangéia era muito árido e quente. Desertos cobriam o que é hoje a floresta Amazônica e a floresta do Congo, além da vegetação da China ter sido exuberante e verdejante. No Triássico (há 251 milhões de anos), os climas temperados quentes estendiam-se para os polos. Segundo essas informações do Projeto Paleomap, esta época deve ter sido um dos períodos mais quentes da história da Terra.

Um rápido aquecimento global no final do Permiano (há 260 milhões de anos) pode ter criado um “super efeito estufa”, o que causou numa grande extinção, com destruição de 99% da vida na Terra. No Terciário Médio (há 35 milhões de anos), as regiões polares eram quentes, mesmo durante o inverno. Não existia gelo nos polos. Temperaturas altas estendiam-se para os polos. Entre o Permiano, as camadas de gelo do sul migravam para o norte, ocorrendo também nesta fase produção de carvão nas florestas equatoriais e temperadas durante os períodos interglaciais mais quentes e desaparecimento das florestas equatoriais, à medida que os desertos se expandiam pela Pangéia Central.

No Carbonífero (há 359 milhões de anos), florestas tropicais cruzavam do Canadá para terras recém formadas no oeste da Europa. As regiões desérticas no norte da América começaram a se contrair e o hemisfério Sul começou a se resfriar, tendo também uma expansão da camada de gelo do norte para polo Sul. Condições secas gerais prevaleciam por boa parte da América do Norte, Sibéria, China e Austrália durante o Devoniano Inferior (há 416 milhões de anos). A América do Sul e África eram cobertas por mares temperados e frios e Geleiras cobriam partes da Bacia Amazônica, que era localizada próxima ao polo Sul. No Ordoviciano (há 488 milhões de anos), climas amenos provavelmente cobriam a maioria do globo. Os continentes foram inundados pelos oceanos, criando largas e quentes vias marítimas tropicais.

No Ordoviciano Superior (há 460 milhões de anos) houve predomínio de geleiras, com as geleiras do polo Sul cobrindo boa parte da África e América do Sul. O clima na América do Norte, Europa, Sibéria e parte oriental da Gondwana era quente e ensolarado. O Clima do Cambriano (há 542 milhões de anos) não é muito conhecido. Foi, provavelmente, não muito quente nem muito frio, não existindo evidências de gelo nos polos.

Solo loess são sedimentos eólicos de natureza quartzosa, recobrando 10% das áreas emersas e bom sedimento representativo do Pleistoceno, originado pela influência de processos climáticos e orgânicos. Concomitantemente à esta sedimentação ocorrem processos de lixiviação de Na e K e de concentração de Ca e Mg, promovendo o processo de loessificação. Estudos de estratigrafia do *loess* em países como a Áustria e Hungria, baseados nas análises de palinóforos, de moluscos e de tipos de paleossolos intercalados, permitiram a reconstituição de mudanças paleoambientais (SUGUIO, 1999).

Paleossolos foram desenvolvidos em condições ambientais diferentes (precipitação, temperatura, umidade, etc.) das atuais. No estado de São Paulo, um ponto de presença de paleossolos encontra-se na rodovia Dom Pedro I - SP065 (Formação Caçapava), próximo ao entroncamento com a rodovia Presidente Dutra/Jacaré, apresentando sedimentos do Terciário que ocorrem no Vale do Paraíba do Sul associado ao efeito tectônico, com diferentes colorações dos níveis do solo, sendo este paleossolo desenvolvido com atuação conjunta de matéria orgânica, seguido de um novo episódio de sedimentação, com presença de *stone-lines* (cascalheiras), depositada por um antigo ambiente fluvial apresentado pela estratificação de diferentes camadas. Constituiu uma importante fonte de informação da fauna e flora de épocas passadas, ainda mais exacerbado pelo desenvolvimento do Rift Paraíba do Sul (área deprimida), recebendo sedimentos da Serra do Mar e da Serra da Mantiqueira.

Quanto à transição do Pleistoceno-Holoceno, o período caracterizou-se por uma instabilidade climática, apresentando uma fase úmida, favorecendo ambientes pantanosos, seguido por uma cobertura vegetal, predominantemente de savana. Oliveira (2005) indica e estuda que os registros do Holoceno (com clima frio e seco) são marcados principalmente por oscilações na umidade, confirmado por observações em elementos de manguezais e sambaquis¹²:

De modo geral, os dados das terras baixas tropicais mostram variações nas condições vigentes durante o Último Máximo Glacial, o Glacial Tardio e o início do Holoceno. Na área nuclear dos cerrados e em direção às latitudes menores, na Serra dos Carajás, após a fase de condições frias e secas do Último Máximo Glacial, há uma tendência de aumento da umidade de forma oscilatória a partir do Glacial Tardio e início do Holoceno, provavelmente com a presença de estações secas mais prolongadas durante as fases de menor umidade. Condições úmidas mais constantes e temperaturas mais elevadas são evidenciadas, na área nuclear dos cerrados, pela implantação ou retorno das veredas entre ~7.200 e 6.300 anos A.P. [antes do presente]". (OLIVEIRA, 2005, p. 61).

¹² O litoral brasileiro foi ocupado, ao longo do Holoceno recente, por populações de pescadores-coletores que deixaram como principais vestígios os sítios arqueológicos conhecidos como sambaquis, alguns destruídos pela subida do nível do mar no início do Holoceno.

O aumento de chuva leva ao maior desenvolvimento de florestas, favorecido com o aumento de temperatura no Holoceno há aproximadamente 8.000 anos. Oliveira (2005) conclui que estas mudanças climáticas e das oscilações do nível do mar que ocorreram neste período influenciaram na atual vegetação na planície costeira do Rio Grande do Sul.

O período do Quaternário (há 1,8 milhões de anos) se caracterizou por um resfriamento global, com o estabelecimento das glaciações, submetendo a biosfera a transformações que causaram muitas extinções e várias especiações, afetando mais as latitudes médias do que as altas e baixas. Tal resfriamento começou no Plioceno (há 5,3 milhões de anos, pequeno período com oscilações da temperatura) e talvez até mesmo no Mioceno. A Figura 13 ilustra as mudanças globais do clima ao longo do tempo:

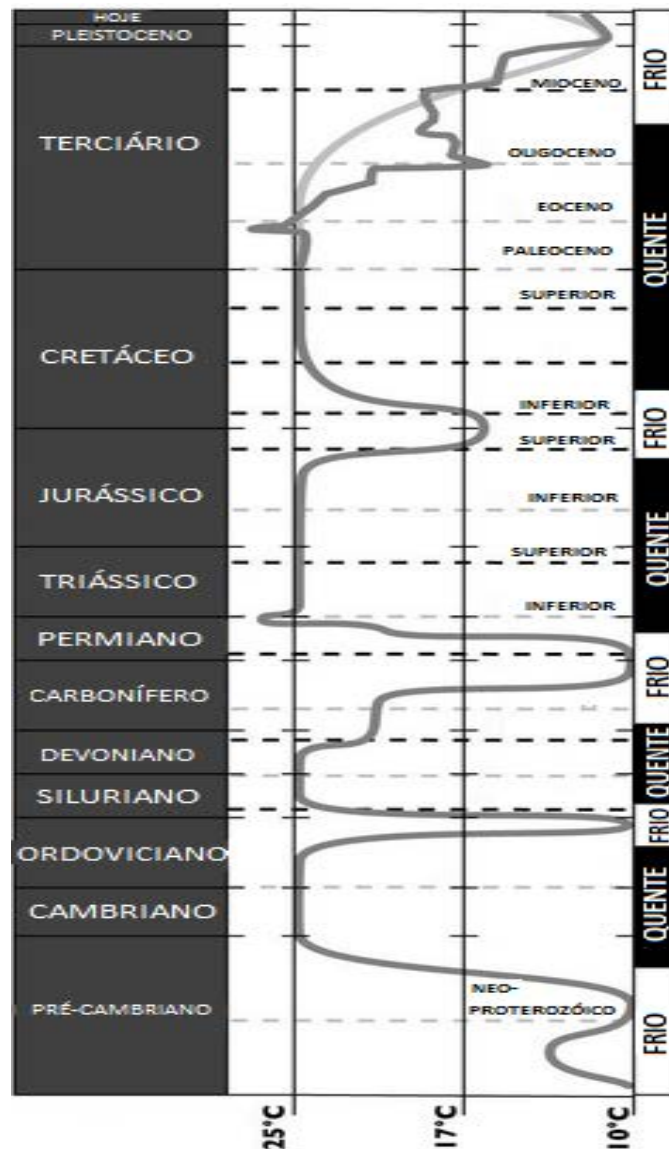


Figura 13. Mudanças do clima global pela escala geológica de tempo.
Fonte: SCOTese, C. R. Paleomap Project¹³. Adaptado pelo autor, 2012.

¹³Disponível em: <<http://scotese.com/climate.htm>> Acesso em: 18 mar. 2012.

Uma das técnicas utilizadas para o estudo paleoclimático se dá através de cilindros de gelo implantados na estação de pesquisas de Vostok, na Antártida, representando os últimos 4.020 anos do planeta, indicando as alterações climáticas ocorridas neste período. Através de perfuração de até 3.600 metros, tenta-se prever as temperaturas pretéritas, porém esses cilindros de gelo sempre tenderam a produzir concentrações 30% a 50% abaixo das reais, apresentando resultados duvidosos:

Um deles é que a hipótese de que a composição química e isotópica original do ar na bolha aprisionada permaneça inalterada por milhares de anos não é verdadeira, pois ocorrem tanto reações químicas como difusão de ar nas bolhas por estarem submetidas a pressões que chegam a ser, nas camadas mais profundas, mais de 300 vezes superiores às da atmosfera. Soma-se a isso o fato de o ar da bolha ser cerca de 1000 anos mais novo que o gelo que o aprisionou. Nesse aspecto, embora a técnica de análise das bolhas de ar nos cilindros de gelo tenha sido uma ideia brilhante, ela não produz resultados confiáveis e, portanto, parece ser um método experimental incorreto cientificamente para determinação de concentrações de gases de períodos passados com a precisão adequada. (MOLION, 2008a, s/p.).

Um dos problemas observados a partir deste método foi o ajuste de dados de dióxido de carbono obtidos pelos cilindros de gelo de Siple, na Antártida, para ficarem equivalentes aos dados do dióxido de carbono atmosférico medidos em Mauna Loa, ajustes que levaram a uma estimativa de 83 anos de adiantamento da Idade do Gelo.

Outros métodos são aplicáveis a partir de estudos de anéis de árvores (denominado dendroclimatologia), com a largura dos anéis das árvores variando de acordo com o clima e pela pluviosidade (bem como pela idade), permitindo saber como era o clima em determinada época, pois com o passar dos anos o tronco em crescimento das árvores vai adquirindo características da atmosfera e do solo, permitindo estudos de temperaturas de épocas passadas; estudos de fósseis (remanescentes de plantas e animais antigos preservados em rochas sedimentares); presença e análise de paleossolos; sedimentos e rochas, com a temperatura de determinada época estudada através do tipo de rocha; análise de recifes de corais; polens (palinologia); depósitos de sal (com ocorrência em regiões quentes e secas, com a evaporação superando a precipitação) e lateritas; camadas anuais de aluviões lacustres; depósitos glaciais (morenas); terraços fluviais; formas residuais de relevo (*iselbergs*); morenas; *corries* (escavações circulares na encosta de uma montanha); datação por Urânio-238 (de matérias inorgânicas) e por Carbono-14 (matérias orgânicas, porém não existe mais Carbono-14 nos combustíveis fósseis, tendo em vista que foram produzidos há milhares de anos). Suguio (1999) analisa que no caso do método de datação por radiocarbono, a aplicação mais frequente do Espectrômetro de Massa Acelerador (EMA) promete melhorar a precisão das datações. Desta forma, a compreensão

das mudanças paleoclimáticas e de suas causas poderão ser datadas de 30.000 a 40.000 anos passados.

Tabela 2. Características dos registros naturais de datação.

ARQUIVOS	MELHOR RESOLUÇÃO TEMPORAL (*)	AMPLITUDE TEMPORAL (ANOS)	INFORMAÇÕES DERIVADAS
Registros históricos	hora ou dia	10 ³	T, U, B, Ev, M, Nm, As
Anéis de árvores	estação ou ano	10 ⁴	T, U, Qar, B, Ev, M, As
Sedimentos lacustres	ano a 20 anos	10 ⁴ -10 ⁶	T, U, Qa, B, Av, M
Testemunhos de gelo	ano	10 ⁵	T, U, Qar, B, Ev, M, As
Pólen	100 anos	10 ⁵	T, U, B
“Loess”	100 anos	10 ⁶	U, B, M
Testemunhos subm.	1.000 anos	10 ⁷	T, Qa, B, M
Corais	ano	10 ⁴	Qa, Nm
Paleossolos	100 anos	10 ⁵	T, U, Qs, Ev
Feições geomórficas	100 anos	10 ⁷	T, U, Ev, Nm
Rochas sedimentares	ano	10 ⁷	U, Qs, Ev, M, N

(*) Na maioria dos casos, corresponde ao intervalo mínimo de amostragem.

Legenda: T=Temperatura; U=Umidade ou precipitação; Q=Composição química do ar (Qar), água (Qa) ou solo (Qs); B=Biomassa e padrão de vegetação; Ev= Erupções vulcânicas; M=Variações do campo geomagnético; Nm=Níveis marinhos; As=Atividade solar.

Fonte: SANT'ANNA NETO E ZAVATINI, 2000.

Os métodos utilizados para datação (através dos registros naturais – expressos por mudanças locais ou globais – ou por técnicas de datação) não devem ser analisados isoladamente, mas sim através da comparação dos dados obtidos por cada elemento. Um exemplo que ilustra a falta de análise conjunta destes registros é o gráfico do "taco de hóquei", baseado somente na datação por anéis de árvores, não englobando o Período Quente Medieval.

Uma das técnicas utilizadas para criação dos mapas dos antigos climas da Terra é através do mapeamento das antigas posições dos continentes, com os diferentes tipos de rochas nas zonas climáticas. A análise de fósseis é favorável no estudo em áreas áridas ou polares, devido aos maiores processos de intemperismo nas áreas tropicais, o que acaba prejudicando a integridade dos fósseis. Como consequência de mudanças das paisagens pelas mudanças climáticas (tanto aquecimento quanto resfriamento da temperatura global), pela movimentação de placas tectônicas ou de maneira mais abrangente, pela formação de barreiras geográficas (mudanças paleogeográficas), espécies foram separadas (isolamento geográfico), levando ao processo de especiação, ou seja, de aumento da biodiversidade. Em um estudo realizado por Stampar et al. (2012), os autores concluem que no Mioceno médio (há cerca de 10 milhões de anos), grande parte do atual território brasileiro, em especial a bacia Amazônica, era separado da América do Sul por um mar interno que ligava o Caribe

ao Uruguai, tendo por objetivo inicial identificar, através de análises genéticas e moleculares, o momento ocorreu a especiação de anêmonas de tubo do gênero *Isarachnanthus*, do grupo *Ceriantharia* presentes no oceano Atlântico. Seguindo este tema, Haffer (2008), ao elaborar hipóteses sobre a origem de espécies na Amazônia baseando-se em mudanças paleogeográficas, aponta vários fatores que determinaram a especiação na fauna do Terciário, como o aumento/diminuição do nível do mar e influências dos ciclos de Milankovitch, levando a frequentes eventos de variação do ecossistema, com formação de florestas de refúgios, entre outros. É sabido que corais apresentam colorações diferentes em virtude da temperatura e da concentração de poluentes, sendo seus recifes boas fontes de análise e gerando grande preocupação na destruição de seus recifes com o aumento na concentração de dióxido de carbono, acidificando os oceanos e diminuindo sua coloração. Em 1998, devido a uma fase de El Niño-Oscilação Sul (fase mais quente), percebeu-se uma descoloração, porém estudos sobre níveis de calcificação na grande barreira de corais da Austrália chegou no resultado de que o século XX testemunhou o segundo maior período acima da média de calcificação nos últimos 237 anos. O aumento anual de 1°C na temperatura do mar leva a uma média anual de calcificação de 0,39 g.cm⁻².y⁻¹, devido ao aumento do metabolismo em virtude da capacidade fotossintética de suas algas simbióticas (Singer, 2008).

Períodos de aquecimento da temperatura global sempre representaram um grande avanço para o desenvolvimento de diversas civilizações no planeta, períodos apontados por Sant'anna Neto e Nery (2005). No Neolítico (há 8.000 anos) percebeu-se o surgimento da agricultura na Mesopotâmia e na Suméria e em períodos na Idade Média, beneficiando várias atividades.

Tendo como base todos os indicadores climáticos, ocorrerá nos próximos vinte anos um resfriamento (perceptível desde 2008), não um aquecimento, em virtude da influência de raios cósmicos em fenômenos atmosféricos e de um novo ciclo de baixa atividade solar, constatado pela sonda espacial Ulysses, indicando que a atividade solar atual está no mínimo dos últimos 50 anos. Maior atividade solar aquece mais a estratosfera (pela radiação ultravioleta, absorvida pela camada de ozônio) e troposfera, resultando numa atmosfera mais estável e diminuindo tormentas, como ciclones e furacões. Climas mais quentes geram maiores cisalhamentos de ventos (mudança na velocidade e/ou direção com a altitude), o que impede o desenvolvimento de tormentas. Tais fatores indicam que períodos de resfriamento são muito piores para a humanidade, pois com o resfriamento da atmosfera ocorre a diminuição de sua capacidade de reter umidade, diminuindo os índices pluviométricos, além de acarretar destruição de áreas de plantação de alimentos, o que ocasionará em maiores doenças respiratórias e cardiovasculares e aumentará a fome e miséria no mundo, situações já observadas inclusive no Brasil, com a destruição de áreas

agriculturáveis, por exemplo, nos cafezais no Paraná. Desta maneira, Molion (2008b) aponta que:

[...] as conseqüências para o Brasil são drásticas. O Sul e o Sudeste devem sofrer uma redução de chuvas da ordem de 10% a 20%, dependendo da região. Mas vai ter invernos em que a freqüência de massas de ar polar vai ser maior, provocando uma freqüência maior de geadas. A Amazônia vai ter uma redução de chuvas e, principalmente, a Amazônia oriental e o sul da Amazônia vão ter uma freqüência maior de seca, como foi a de 2005. O Nordeste vai sofrer redução de chuva. O que mais me preocupa é que, do ponto de vista da agricultura, as regiões sul do Maranhão, leste e sudeste do Pará, Tocantins e Piauí são as que apresentam sinais mais fortes. Essas regiões preocupam porque são a fronteira de expansão da soja brasileira. A precipitação vai reduzir e certamente vai haver redução de produtividade. Infelizmente, para o Brasil é pior do que seria se houvesse o aquecimento. (MOLION, 2008b, s/p.).¹⁴

Devido à grande extensão territorial do Brasil, há uma heterogeneidade climática em seu território, desenvolvendo vários tipos de solos, vegetação e outras condições que possibilitam o cultivo de várias culturas frente às imposições climáticas em curso, e “um planejamento climático eficiente é impossível sem um bom conhecimento das características e dos processos atmosféricos e de suas relações ou interações com as atividades biológicas e socioeconômicas do homem” (AYOADE, 2007, p. 319).

5. Organizações de conferências sobre clima

A modificação voluntária em virtude das atividades humanas no meio ambiente para satisfazer suas necessidades acarreta em resultados econômicos, sociais e ecológicos que se derivam em problemas jurídicos, o que faz alguns países se preocuparem com a utilização dos recursos naturais disponíveis e de como suas atividades prejudicam a qualidade do ar e das águas. Assim, realizam conferências e reuniões para administrar e controlar suas emissões (como do dióxido de carbono) e impactos no meio natural (poluição, chuva ácida), apontando diretrizes para superação ou como paliativos.

Organização de conferências para controlar e estipular metas para redução da quantidade de dióxido de carbono (curioso que pouca atenção tem sido dada ao óxido nitroso e metano, que não estão relacionados ao aumento da atividade industrial) emitida por país pode não ser o melhor caminho uma vez que os países encontram dificuldades em cumprir as determinações dos acordos, como o Protocolo de Quioto (1997) que se encerra este ano, legando um ambiente ainda mais "poluído", longe de ter alcançado as metas de reduções de gases do efeito estufa (dióxido de carbono, não levando em consideração o vapor de água como um agente causador do efeito estufa) em 5,2% entre os anos de 2008

¹⁴ Disponível em: <<http://mitos-climaticos.blogspot.com.br/2008/02/entrevista-corajosa.html>> Acesso em: 19 mar. 2012.

e 2012, constatando a não adesão por parte de países mais desenvolvidos e não levando em conta os grandes novos emissores.

Além disto e desmitificando o aquecimento global, Molion (2009b) afirma que o gás carbônico não é responsável pelo clima global, sendo este controlado por diversos outros fatores. O dióxido de carbono representa menos de 3% dos gases de efeito estufa, 97% é constituído por vapor d'água e uma ínfima percentagem é constituída por metano, óxidos nitrosos e outros gases. A natureza é responsável por 97% das emissões de dióxido de carbono, em grande parte pelos oceanos e o homem produz apenas 3% do total emitido deste componente, que representa 0,038% na atmosfera terrestre. Schreuder (2010) quantifica que a cada 85.800 moléculas no ar, 33 são dióxido de carbono e destes apenas 1 é produzido pelo homem, sendo de 0,0007 °C os efeitos da atividade humana no controle da temperatura. Watts (2009) informa que novos dados mostram que o balanço entre a fração da quantidade de dióxido de carbono no ar e da parte da fração absorvida tem se mantido constante desde aproximadamente 1850, apesar do aumento das emissões deste componente.

O Protocolo de Montreal (que ganhou força a partir de 1989) inicia-se por discutir a camada de ozônio, que estaria aumentando em virtude do uso de CFCs. Tratando sobre este protocolo, McLean (2009) adverte que em agosto de 2006 falava-se que o buraco da camada de ozônio tinha parado de crescer, mas em outubro daquele mesmo ano o buraco da camada era apontado como tamanho recorde já observado. Este mesmo autor mostra o início (1983) da descoberta da camada de ozônio e de notas de observatórios da Inglaterra tratando da recuperação desta camada em 1956, antes do uso significativo de CFCs, concluindo que estes problemas levam a pensar que o CFC não é responsável (ou pouco significativo) pela degradação da camada de ozônio e sim que esta representa uma variabilidade de concentração natural, sazonal, condicionada pela radiação ultravioleta do Sol e dos aerossóis vulcânicos e pela temperatura. Estudos pouco divulgados e de difícil acesso indicam que não existem evidências da diminuição da camada de ozônio, percebidas numa escala temporal maior. Outros autores alegam que com a subida do CFC emitido por atividades humanas, este componente destruiria as concentrações de ozônio (presentes na estratosfera) permitindo uma maior entrada na atmosfera terrestre de radiação ultravioleta, trazendo prejuízos à saúde humana, causando câncer de pele, catarata entre outros problemas.

O mercado de carbono funciona (funcionaria?) a partir da criação de metas de emissões de gases do efeito estufa por parte de alguns países (mais desenvolvidos). Caso as emissões extrapolem as metas definidas, estes poderiam financiar e investir em programas de desenvolvimento sustentável nos países menos desenvolvidos que não fazem parte do controle de emissões. O que se percebe e que é alegado pelos países

desenvolvidos que participam deste controle é o não financiamento/investimento por parte de déficits resultado da crise econômica, principalmente presente nos países europeus.

No caso brasileiro, uma das condições para a renovação de empréstimos da dívida externa pelo FMI (Fundo Monetário Internacional), foi justamente assinar contratos para eliminar as emissões de CFCs, condição imposta para todos os países subdesenvolvidos. Com sua redução, houve patenteamento de produtos similares (ICI, Du Pont, Atochem, Hoechst, Allied Chemicals), desenvolvidos na Inglaterra, França, Canadá, EUA e Alemanha, gerando outros problemas como o pagamento de *royalties*, atitude que Molion (200?) denomina de neocolonialista, através da tecnologia e das finanças a serviço dos países desenvolvidos hegemônicos. Estipular metas para reduzir as emissões é reduzir a geração da energia elétrica, que é a “base do desenvolvimento em qualquer lugar do mundo. Como existem países que têm a sua matriz calcada nos combustíveis fósseis, não há como diminuir a geração de energia elétrica sem reduzir a produção” (MOLION, 2009a, s/p.)¹⁵. O Brasil, a partir da conferência climática de Copenhague (2009), estipulou uma diminuição de 20% das emissões de dióxido de carbono e de 80% do desmatamento da Amazônia até 2020, em relação aos dados constatados em 2005.

Apesar das críticas acerca da redução das emissões do dióxido de carbono, esta iniciativa colocou o Brasil como um expoente na busca por um desenvolvimento mais sustentável e como um possível exemplo a ser seguido para preservar os recursos e a biodiversidade, além de desenvolver pesquisas na temática ambiental, com a utilização de técnicas e equipamentos, como o monitoramento por satélites. Os satélites CloudSat e CALIPSO conseguem obter um mapeamento 3D de perfis de nuvens e de precipitação nos trópicos.

Conferências sobre o meio ambiente, suas alterações e impactos para a sociedade, devem-se, primeiramente, levantar quais são as reais causas de tal degradação e estipular metas/prazos para o cumprimento de uma alternativa que possa contribuir para minimizar e/ou reparar determinado problema. Esta falta de planejamento e de criação de metas foi o grande problema da incapacidade que o documento final da reunião Rio+20 apresentou, carecendo de estimativas e de fontes de financiamento, uma vez que os países mais ricos, mais desenvolvidos, não se comprometem a financiar ou pensar em outros modelos de desenvolvimento, colocando a culpa por não agir na crise econômica, em especial a que se percebe na União Européia desde 2008, mas que se agrava agora, representando de maneira geral uma crise do próprio capitalismo e de como tal sistema busca novas diretrizes para sua manutenção e controle da economia mundial, determinada pelo mercado financeiro global (que ironicamente é controlado por poucos países), sempre a procura do lucro a

¹⁵Disponível em: <<http://noticias.uol.com.br/ultnot/cienciaesaude/ultnot/2009/12/11/nao-existe-aquecimento-global-diz-representante-da-omm-na-america-do-sul.jhtm>> Acesso em: 18 mar. 2012.

custa da superexploração ambiental e do trabalho. Não existe uma economia mundial integrada, mas sim uma economia capitalista a procura do lucro. Além de se levar em conta os impactos ambientais impostos numa sociedade aderida ao modo de produção capitalista, em virtude dos hábitos de consumo, deve-se pensar nas consequências sociais decorrentes deste sistema.

O Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) baseado na adoção por parte dos países de uma “economia verde” funciona

[...] como uma espécie de panaceia contra todas as crises e que na prática significa o aprofundamento da mercantilização da natureza, com a precificação e privatização dos bens comuns além da constituição de novos mercados, como o do carbono, apostando no aprofundamento do capitalismo como remédio da crise da civilização criada pelo próprio capital (CAMPOS, 2012).

Iniciativas para a busca de novas alternativas para o desenvolvimento econômico é inútil e superficial caso problemas mais agravantes não sejam discutidos e resolvidos, como a desigualdade social, a miséria que se percebe em vários países, sendo este o problema fundamental, o caminho para se levar ao desenvolvimento social, caso contrário servirão apenas para aumentar o endividamento público dos países em desenvolvimento, perpetuação do paradigma consumista da sociedade, gerando maiores danos ambientais e sociais.

Ao se pensar num modelo de desenvolvimento econômico e social frente às questões ambientais e de como a atuação antrópica altera constantemente o espaço, deve-se levar em consideração o próprio sistema econômico que se coloca em prática. Neste sentido, esta alteração pelo homem no espaço

[...] no modo de produção capitalista é altamente predatória, de vez que comandada e planejada por empresas privadas, sequiosas de lucro a curto prazo, não tendo preocupações de ordem social e ecológica, provocando a destruição da natureza, a degradação e o empobrecimento do homem (ANDRADE, 1987, p. 28).

Assim, Andrade (1987) conclui que um desenvolvimento pleno só é possível dentro do sistema de planejamento socialista, pois engloba todos os fatores sobre o controle do Estado, “[...] freando a iniciativa individual e tendo maiores preocupações de ordem social e ecológica” (ANDRADE, 1987, p. 97), através da planificação a curto e longo prazo.

O mundo se defronta ainda com o problema do meio ambiente que vem sendo degradado de forma exponencial, em função da própria filosofia do capitalismo, estimulando a maximização da reprodução do capital sobre qualquer outro objetivo: por isto, o capitalismo é, por sua natureza, oposto a qualquer controle ambiental, de vez que a industrialização, com a defesa da natureza, aumentaria os custos de produção e diminuiria o lucro, hoje fortalecido através de um novo modo de acumulação. As famosas medidas de despoluição, tão badaladas pela imprensa, são concessões feitas à opinião pública, quando a situação se torna insustentável (ANDRADE, 1994, p. 13).

Como a atuação antrópica no meio ambiente se faz a partir do desenvolvimento de técnicas e de recursos disponíveis à sociedade, transformadas ao longo do tempo, a análise da formação socioespacial (ANEXO 1) de cada país é capaz de relevar todas as circunstâncias das ações históricas e atuais, desde, por exemplo, o colonialismo.

Este processo ocorre em diferentes níveis e momentos da organização do espaço, sendo

[...] mais intensa em determinados momentos históricos e nas áreas onde pode empregar uma tecnologia mais avançada ou em que dispõe de capitais mais do que naquelas em que dispõe de menores recursos e conhecimentos. Daí a necessidade de uma visão do processo histórico, levando-se em conta tanto o processo evolutivo linear como os desafios que se contrapõem a este processo e que o barram ou desviam da linha por ele seguida" (ANDRADE, 1987, p. 25).

A dinâmica da formação socioespacial, juntamente com a participação do poder público, viabilizaram, em maior ou menor grau, o desenvolvimento das redes técnicas e a constituição da base material ao longo do tempo, regida conforme o sistema econômico em prática.

O modo de produção capitalista territorializa distintas formas de uso e ocupação do espaço, definidas por uma lógica que não atende aos critérios técnicos do desenvolvimento (ou sociedades) sustentáveis. Assim, o efeito dos tipos de tempo sobre um espaço construído de maneira desigual gera problemas de origem climática também desiguais (SANT'ANNA NETO, 1998, p. 58).

Deve ser acrescida também nesta análise a teoria das combinações geográficas (Cholley, 1964), que permite realizar uma leitura integrada e mais completa da constituição do território, pois a combinação de fatores naturais (meio físico), econômicos, políticos e sociais são condicionantes para a dinâmica, produção e organização do espaço, bem como para as interrelações e para o desenvolvimento.

A intervenção antrópica no meio natural é considerada de modo muito naturalista na relação existente entre o homem e a natureza, característica que minimiza "[...] os aspectos de ordem social, econômica e ideológica do processo de intervenção e apropriação dos recursos naturais" (SANT'ANNA NETO, 1998, p. 55). Instabilidades em países em vias de desenvolvimento costumam ser perigosas no sentido (entre outros) da potencial entrada neste país de empresas transnacionais ou de dominação por parte de países hegemônicos, a serviço da "paz internacional", estimulando a abertura da economia, a privatização e maior dependência dos países desenvolvidos, à custa da exploração do trabalho e dos recursos naturais, aumentando a mobilidade e interesse do grande capital nos países mais pobres e mais vulneráveis, legando um país ainda mais pobre e incapaz de lidar com as degradações ambientais deixadas, além do enfraquecimento de uma tentativa anterior de

desenvolvimento, o que levaria ao aumento das importações e do desemprego no país explorado.

Toda a matriz energética deve ser repensada, tendo em vista as atuais e futuras demandas e quais serão suas alterações no ordenamento do território. Atenção especial deve ser dada para os biocombustíveis, como o biodiesel, pois o avanço em sua produção representa diretamente em menores disponibilidades de terras agriculturáveis para a produção de alimentos. Neste cenário, tem-se também que:

A produção maciça de combustível a partir do cultivo de oleaginosas pode trazer sérios transtornos ambientais e sociais. Existe forte risco de que o biodiesel repita os erros do Proálcool, tornando-se um multiplicador da concentração fundiária, da mecanização e do monocultivo, elementos que só produzem a exclusão social no campo. Também pode ocorrer incentivo ao desmatamento, visto que a expansão do cultivo do óleo de soja se deu em grande medida às custas de áreas nativas de cerrado e floresta amazônica. A expansão desordenada de monocultivo de uma oleaginosa trará graves pressões para a conservação de matas nativas, trazendo danos para a biodiversidade [...]. Problema semelhante pode ocorrer se a expansão do reflorestamento se der como base do monocultivo de espécies exóticas como o eucalipto e o pinus. Um desses problemas pode ser o aumento da concentração fundiária por causa da economia de escala das grandes plantações (YOUNG, 2005, p. 104).

Miguel (2007) alerta que a seca e a falta de água de qualidade causada pelo seu mau uso e gerenciamento, associadas à pobreza e a políticas públicas mal direcionadas, serão os principais impactos que os países da América Latina deverão enfrentar no futuro como conseqüências das mudanças climáticas. Como resultado, tais impactos trarão um crescimento das enfermidades e mortes entre as populações mais vulneráveis.

Fala-se muito em desenvolvimento sustentável como o modelo de desenvolvimento que melhor permite o crescimento econômico dos países preocupado com as questões ambientais, do impacto antrópico na natureza, porém esta abordagem “mascara” novas formas de dominação capitalista dos recursos naturais e do desenvolvimento, caracterizando sua insustentabilidade.

Assume-se que o desenvolvimento sustentável não se resume à harmonização da relação economia-ecologia, nem a uma questão técnica. Ele representa um mecanismo de regulação do uso do território que, à semelhança de outros, tenta ordenar a desordem global. E, como tal, é um instrumento político. Enquanto a reconversão produtiva se implementa na prática e nas teorias econômicas para atender as exigências do final do milênio, o desenvolvimento sustentável constitui à face territorial da nova racionalidade logística, a versão contemporânea dos modelos de ordenamento do território (BECKER, 2006, p. 295).

Hoje o tema mudanças climáticas associado ao aquecimento global se tornou uma grande indústria, através do *green lobby*, no qual governos e empresas direcionam grandes investimentos (dinheiro público) para a criação e manutenção de ONGs (alarmistas, como o Greenpeace), de ativistas e burocratas que buscam mais doações, além das indústrias que

buscam selos de proteção ambiental (que gera mais burocracia e corrupção) para conquistar novos mercados e aumentar a competitividade, buscando o domínio do mercado global e levando à mercantilização da natureza por favorecer grupos hegemônicos.

[...] muitas das apregoadas soluções para os problemas ambientais representam, para empresas e governos, oportunidades de lucros muito maiores do que os chamados métodos produtivos tradicionais. Por isso, convém nos questionarmos se determinados discursos ambientalistas são efetivamente uma crítica ao modo de produção capitalista, se realmente apontam na direção de uma superação deste sistema, ou se são apenas mais uma estratégia de remodelamento deste sistema econômico, em busca da sustentabilidade de si próprio (ONÇA, 2012, p. 1).

Generalizando, discursos relacionados aos temas "aquecimento global" ou "mudanças climáticas" se calcam em medidas imediatistas que se afastam do entendimento do ambiente e de suas alterações. Somente através da emancipação e da conscientização, que dá pela educação é que se chegará em um nível ideal de desenvolvimento, com o regime de um sistema econômico preocupado com as questões sociais:

O subdesenvolvimento é uma forma de subeducação. De subeducação, não apenas do Terceiro Mundo, mas do mundo inteiro. Para acabar com ele, é preciso educar bem e formar o espírito dos homens, que foi deformado por toda parte. Só um novo tipo de homens capazes de ousar pensar, ousar refletir e de ousar passar à ação poderá realizar uma verdadeira economia baseada no desenvolvimento humano e equilibrado (CASTRO, 1983, p. 100).

Por outro lado, a divulgação e organização de eventos, como o Rio+20, representam um avanço no sentido de aproximar a sociedade para as questões ambientais e de sua proteção, conscientizando e politizando mais essa população e esperançosamente seus governantes. Outro ponto fundamental é que se deve levar em conta que eventos extremos de seca e enchentes, por exemplo, os que ocorrem periodicamente na Amazônia, na qual, através do aumento populacional e da pouca iniciativa governamental para controle e proteção, são estas pessoas que cada vez mais sofrerão perdas, estando mais vulneráveis a tais eventos.

Este fato permite estudar as políticas públicas e gestoras que incluem o estudo sério do clima, para o desenvolvimento do conhecimento científico, como parte integrante de um geossistema ao tratar também das mudanças climáticas.

As relações Biosfera - Atmosfera podem explicar a capacidade potencial da floresta tropical úmida de resistir à forçante climática. Essas relações mostram que há um intrincado mecanismo de retroalimentação, que preserva e ao mesmo tempo faz a floresta evoluir adaptando-se a novas circunstâncias climáticas (NOBRE, 2005, p. 29-30).

Esta colocação caracteriza a resiliência do clima e da própria natureza, que busca por equilíbrio dinâmico, submetido a flutuações de duração variada, sendo este sistema resiliente representado por evidências de eras geológicas resultantes das alterações do

clima, entre períodos mais frios (glaciais) e períodos mais quentes (interglaciais), sendo a resiliência da natureza também representada pelas mudanças dinâmicas que “[...] caracterizam-se pela periodicidade e reversibilidade provocadas como consequência do conjunto de processos que ocorrem no interior das paisagens e em partes da auto-regulação” (MATEO, 2010, p. 142).

6. O papel da mídia frente às Mudanças Climáticas

Alguns textos e vídeos que circulam na mídia acabam por discutir os rumos das políticas de contenção das mudanças climáticas globais, que podem destruir o planeta dentro de algumas décadas, qualificando as mudanças climáticas como um perigo com dimensões maiores que as do terrorismo, buscando atingir o maior número de pessoas com imagens apelativas, já que o tema está intimamente relacionado com a percepção, pelo seu caráter altamente emocional, para aceitar estas "verdades", transmitidas pela mídia, propagando ideologias. Com isso, é constatado um processo de homogeneização em torno do tema, em consequência uma homogeneização da sociedade.

O filme de Al Gore “Uma Verdade Inconveniente” foi proibido por decisão judiciária em 2007 de ser exibido na Inglaterra, a não ser que mencionem suas inverdades, sendo nove erros apontados pelo juiz, sendo eles: o aumento do nível do mar em 6 metros, o afundamento das ilhas do Pacífico, um processo que levasse à inexistência da circulação termoalina, o dióxido de carbono como controlador da temperatura global, o derretimento de neve do Kilimanjaro, a seca do Lago Chad, o furacão Katrina causado por atividades humanas, a morte de ursos polares e a descoloração de corais. Esses “erros” abordados deveriam ser corrigidos e escrito um guia para enviar às escolas secundárias da Inglaterra. Sobre o derretimento da geleira Furtwangler do Monte Kilimanjaro começou há 125 anos, no topo da montanha e grande parte do derretimento aconteceu antes da obra (1936) do escritor norte-americano Hemingway, “The Snows of Kilimanjaro”, tratando desta mesma questão. Sobre estas correções, Monckton (2007b) analisa a causa destes elementos, o derretimento do Kilimanjaro, em que a temperatura no topo da montanha nunca sobe após o ponto de congelamento, em média -7 °C, sendo sua causa atribuída a mudanças climáticas de longa periodicidade e por mudanças imprudentes regionais de desflorestamento, não relacionadas a um aquecimento global. No caso dos ursos polares, enfatizando que ursos polares já sobreviveram a períodos mais quentes que os das últimas décadas e sua diminuição se deve à caça.

No filme de Al Gore o aquecimento global está disseminando a malária, dengue, doença de Lyme, vírus arena, febre aviária, vírus Ebola, E. Coli 0157:H7, vírus hantavirus, mosquitos mais resistentes, vírus Nipah, SARS, entre outros, porém tais doenças são

resultantes de proliferação por ratos, frangos, porcos, falta de higiene e má qualidade do ar. A malária não é uma doença tropical e agora se encontra em latitudes mais baixas (Figura 14): mosquitos não precisam de temperaturas registradas nos trópicos para se reproduzir.

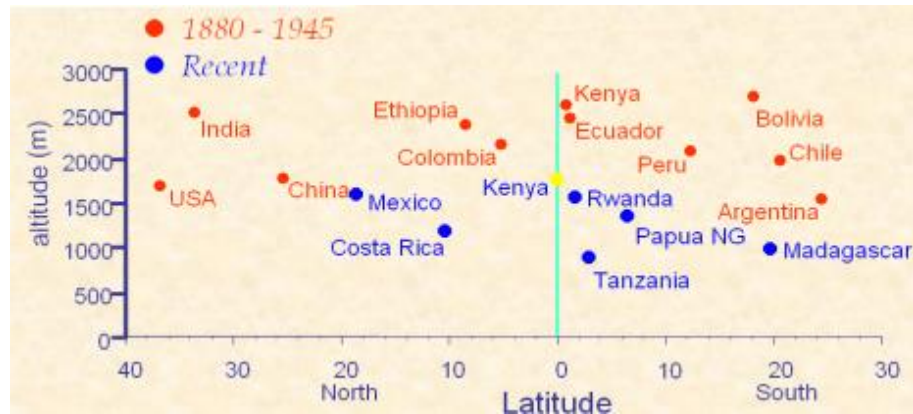


Figura 14. Casos de malária.

Fonte: Monckton, 2007b. Adaptado pelo autor, 2013.

Muito se fala também sobre aumento de regiões áridas no planeta, porém conclusões deste tipo pouco são baseadas em sérias análises de fatores que regulam o clima. Compara-se muito com o deserto do Saara, porém em 2007 registrou-se um recorde de chuvas em todo o sul do Saara. Nos últimos 25 anos o Saara diminuiu cerca de 300 quilômetros quadrados devido ao aumento das chuvas. Outro aspecto é que com um aquecimento global o número de doenças causadas por mosquitos irá aumentar, devido sua migração para latitudes mais altas, saindo dos trópicos. Tal afirmação não tem fundamentos relacionamentos a este período atual (Monckton, 2007b).

Com isso, o tema banalizado de aquecimento perde seu caráter científico, tornando-se muito mais um instrumento de plataforma política e econômica, sendo ainda mais um conhecimento debilitado por conta de publicações, artigos, entre outros que estão tendo sua divulgação comprometida por afirmarem que não está ocorrendo um aquecimento global, sendo disponibilizados apenas aqueles que concordam com o aquecimento global e que divulga tal fundamentação para a população em geral, aceitando esta farsa.

Um exemplo de manipulação ideológica é o British Council, um órgão governamental do Reino Unido liderado por David Viner, investe em vários países para promover o discurso do aquecimento global antropogênico, recrutando ativistas responsáveis por divulgar esta ideia, na ordem de 2,5 milhões de libras, sendo que o Brasil recebeu 71 mil, 303 mil para a China, 53 mil para o Japão, 70 mil para a Índia, 77 mil para o Qatar, 50 mil para os Estados Unidos, entre outros. Além deste, pode-se citar o NOAA (National Climate Data Center), que coleta informações sobre as temperaturas globais, também envolvido em escândalos que mostravam dados da temperatura de várias estações meteorológicas haviam sido manipulados, alguns eliminados, para comprovar um aumento da temperatura global. Neste

aspecto, de eliminação de informações que contestam a hipótese aquecimentista, a Universidade de East Anglia admitiu (no final de 2009) que eliminou grande parte de dados de seus cálculos das temperaturas globais.

Não se busca um cenário para discussão das hipóteses acerca do clima, desestimulando a reflexão e um senso crítico. Assim, muitas vezes, a sociedade acaba sendo uma simples reprodutora destas ideologias transmitidas, não refletindo sobre o assunto. Desta forma, cria-se um terrorismo climático acerca do tema aquecimento global, através de teses difundidas por ambientalistas radicais e pela mídia a serviço de países imperialistas já desenvolvidos, para diminuir a atividade industrial dos países em vias de desenvolvimento, garantindo maiores mercados para seus produtos importados, gerando uma verdadeira dependência dos países economicamente mais pobres e de economia primária, aquilo que Molion (2008b) denomina de neocolonialismo, freando um desenvolvimento autônomo, aumentando depressão econômica e a fome no mundo.

A fome é, regra geral, o produto das estruturas econômicas defeituosas e não de condições naturais insuperáveis. Querer justificar a fome do mundo como um fenômeno natural e inevitável não passa de uma técnica de mistificação para ocultar as suas verdadeiras causas que foram, no passado, o tipo de exploração colonial imposto à maioria dos povos do mundo e, no presente, o neocolonialismo econômico a que estão submetidos os países de economia primária, dependentes, subdesenvolvidos, que são também países de fome (CASTRO, 1983, p. 35-36).

Sobre o processo de apropriação e freios ao desenvolvimento de países subdesenvolvidos indicado acima, Josué de Castro faz uma análise deste processo histórico, indicando que o colonialismo

[...] promoveu pelo mundo uma certa forma de progressos, mas sempre a serviço dos seus lucros exclusivos ou quando muito associado a um pequeno número de nacionais privilegiados que se desinteressavam pelo futuro da nacionalidade, pelas aspirações políticas, sociais e culturais da maioria. Daí o desenvolvimento anômalo, setorial, limitado a certos setores mais rendosos, de maior atrativo para o capital especulativo, deixando no abandono outros setores básicos, indispensáveis ao verdadeiro progresso social. Como consequência desta visão egoísta do progresso econômico se constituem vários países de economia dependente o que alguns sociólogos chamaram de uma “estrutura social dualista” com a superposição de um quadro social bem desenvolvido sobre outro quadro de total estagnação econômica (CASTRO, 2010, p. 269).

7. Nível do mar e eventos El Nino-Oscilação Sul (ENOS)

Um assunto com grandes divergências de opiniões é sobre o aumento do nível do mar, muito defendida que é por causa do derretimento das geleiras em função das emissões cada vez maiores de gases do efeito estufa, afirmação, segundo Molion (2011), fantasiosa, pois o que derrete é o gelo flutuante, que não aumenta o nível do mar, sendo que há lugares

em que o mar avança e lugares em que o mar retrocede, sem alguma relação com a temperatura global, mas com atuação do evento El Niño (aquecimento das águas superficiais do Pacífico, com mudanças nas correntes oceânicas e na pressão atmosférica), que varia o nível do mar em até 0,5 metros, porém, com a diminuição das camadas de gelo ocorre uma modificação do albedo (com maior calor na atmosfera polar).

Estudos da Universidade de Colúmbia, desenvolvidos no Observatório Lamont-Doherty comprovam a existência de 170 lagos abaixo da camada de gelo na Antártida. Desta forma, em consequência de fenômenos como o El Niño (fase mais quente), o gelo derrete devido ao calor que vem debaixo desta camada (pelas correntes oceânicas) e não de cima, porém são apontados como resultado das maiores emissões antrópicas do dióxido de carbono. Entre um El Niño e um La Niña pode haver variações da temperatura média global superiores a 1,5°C. Pelo fato do El Niño gerar aquecimento dos oceanos (TSM – Temperatura Superficial do Mar, até 100 metros) que são transportadas para a atmosfera, aumenta-se a quantidade de vapor d'água disponível na atmosfera, intensificando desta forma a temperatura regional, além de evento El Niño gerar chuvas no sudeste e sul brasileiro e causar secas no nordeste, ocorrendo no final do ano, com duração de 12 a 18 meses, ou seja, é um grande responsável pelos impactos na vida da população. Conforme o oceano aquece, absorverá mais dióxido de carbono (pela fotossíntese de fitoplânctons e de algas).

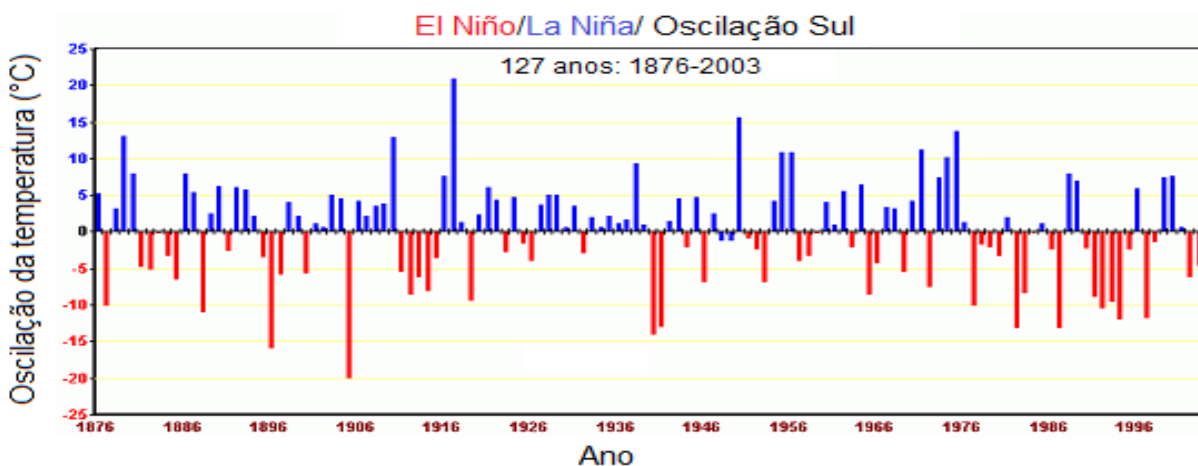


Figura 15. Oscilação Sul associada a eventos de El Niño e La Niña.

Fonte: Disponível em: <<http://web.archive.org/web/20060614073108/http://john-daly.com/elnino.htm>>
Acesso em 23 set. 2012. Adaptado pelo autor, 2013.

Um grande banco de dados sobre temperaturas globais foi desenvolvido na Universidade do Alabama-Huntsville (UAH) pelos cientistas John Christy e Roy Spencer, obtidas pelo Microwave Sounding Units (MSU), presente em satélites desde 1979. Conforme o satélite orbita a Terra, o MSU observa emissões micro-ondas de moléculas de oxigênio na atmosfera terrestre, que variam dependendo da temperatura (World Climate Report,

2004). Somente com o desenvolvimento de novas tecnologias, do uso de satélites e de *softwares*, como os Sistemas de Informações Geográficas, é que se passou a obter uma imagem total da Terra, permitindo analisar os fenômenos e suas reais alterações e possibilitando maiores estudos climáticos.

Por esta fonte, constata-se também o aumento da temperatura em eventos de El Niño e diminuição da temperatura na presença de La Niñas, em virtude da umidade.

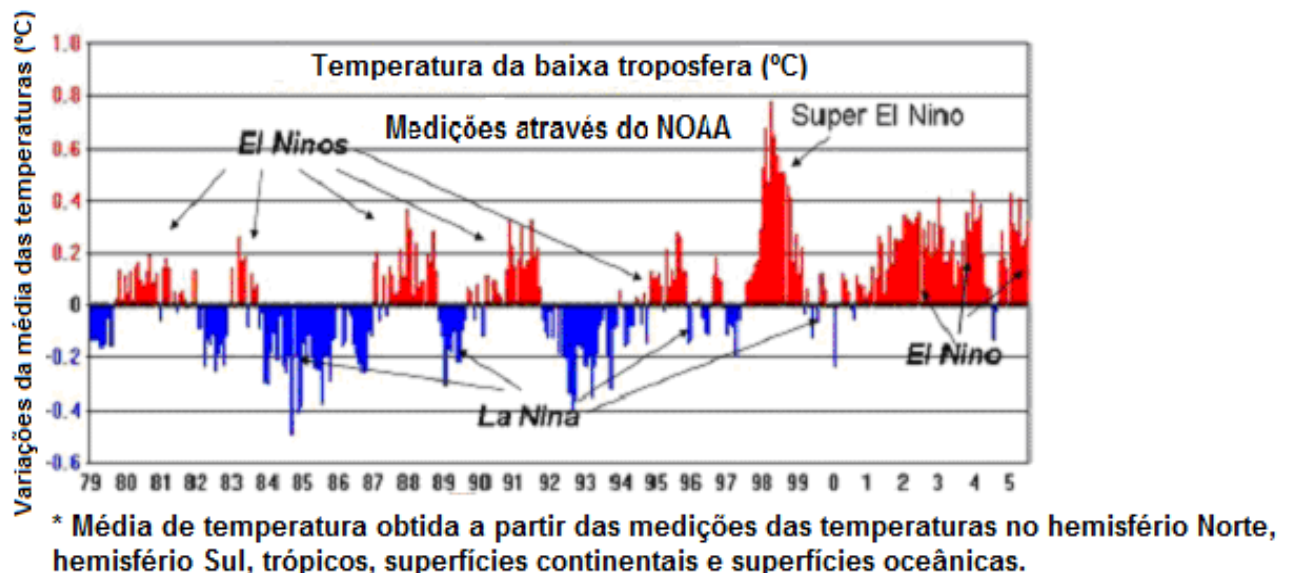


Figura 16. Temperatura global média da baixa troposfera.
Fonte: D'Áleo, 200?. Adaptado pelo autor, 2013.

Eventos de El Niño causam temperaturas mais altas, enquanto um evento de La Niña resulta em temperaturas mais baixas (Figura 16). Apesar do início da década de 1980 e de meados de 1990 apresentarem temperaturas mais baixas, elas não estão relacionadas a eventos de La Niña, mas sim a atividades vulcânicas (St. Helens e El Chicon na primeira indicação e pelo Pinatubo e Cerro Hudson na segunda).

Sobre o derretimento de grandes áreas de gelo do planeta em função de um aquecimento global, aumentando, conseqüentemente, o nível do mar, Teodoro e Amorim (2008) fazem um estudo destas áreas de gelo, diferenciando-as:

Quanto ao caso do aumento dos oceanos pelo derretimento das calotas polares, devem-se colocar algumas considerações sobre as diferenças entre o Ártico e a Antártida. O primeiro é constituído por uma extensa área de gelo flutuante, enquanto a segunda, por áreas congeladas sobre a superfície terrestre. Assim, o degelo do Ártico não afetaria o nível dos oceanos, já que o volume de água criado seria igual ao volume de água deslocado pelo gelo, quando esse flutua; diferentemente do caso da Antártida. (TEODORO; AMORIM, 2008, p. 30-31).

A formação de geleiras apresenta variações tanto em função de sua extensão quanto de sua concentração. O que pouco se divulga é que na Antártida, constata-se um recorde positivo de áreas de gelo (Figura 17).

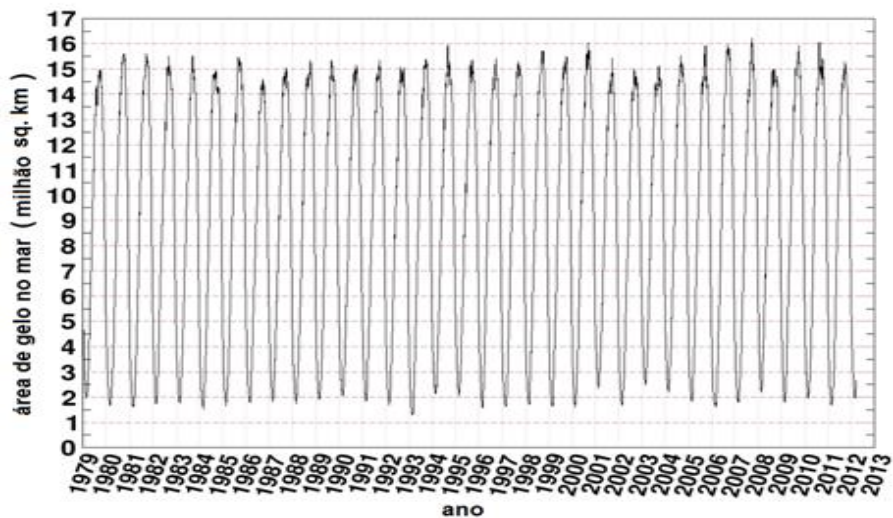


Figura 17. Área de gelo no mar do hemisfério Sul.

Fonte: National Center for Environmental Prediction/NOAA, NSIDC, U. Bremen. Adaptado pelo autor, 2013. Disponível em: <http://arctic.atmos.uiuc.edu/cryosphere/IMAGES/seaice.area.antarctic.png> Acesso em: 19 mar. 2012.

Mockton (2007b) ressalta que a camada de gelo na Groelândia resistiu a três períodos interglaciais, cada um deles com temperaturas 5 °C mais altas que as atuais e de concentrações atmosféricas de dióxido de carbono também superiores e seu último derretimento ocorreu há 85.000 anos, quando a humanidade nem existia. A partir de dados de satélites constata-se mudanças da elevação da camada de gelo nesta área, aumentando cerca de 0,2 cm por ano, observado também um recorde de cobertura de neve em 2001 na Groenlândia, sendo que em 2007 formaram grandes camadas de gelo, eventos pouco divulgados.

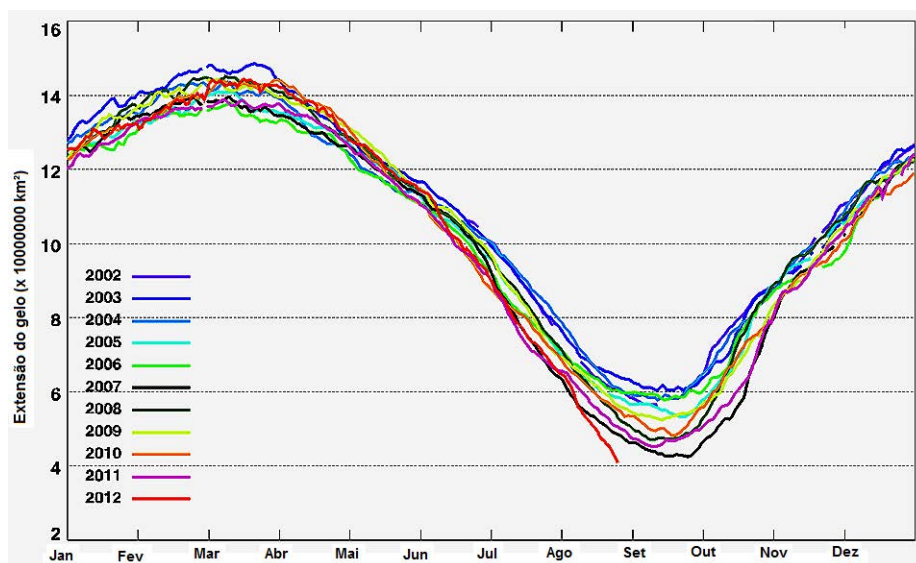


Figura 18. Extensão do gelo no mar Ártico.

Fonte: Disponível em: <http://suyts.files.wordpress.com/2012/08/image115.png> Acesso em: 20 mar. 2013. Adaptado pelo autor, 2013.

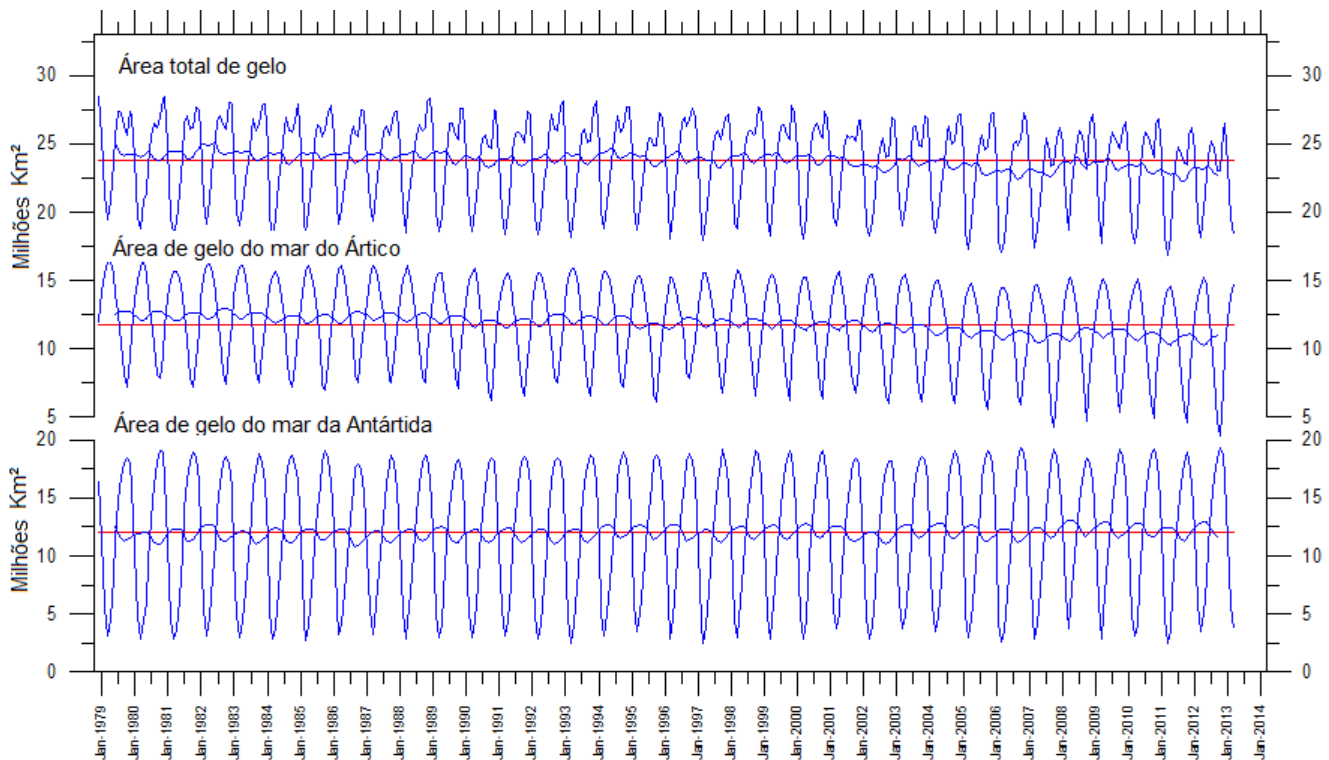


Figura 19. Comparativo da extensão de gelo dos mares Ártico e Antártido.
Fonte: Watts Up With That?¹⁶. Adaptado pelo autor, 2013.

A Figura 19 ilustra este evento, comparando com as áreas de gelo na Antártida e projetou para o início de 2013, em virtude observações inclusive de outros elementos aqui analisados, um aumento desta camada de gelo no Ártico, sendo que as variações de temperatura e de camada de gelo no Ártico variam de acordo com ciclos de 60-70 anos, relacionados às oscilações oceânicas que são conduzidas pela atividade solar. Atualmente a temperatura do Ártico é 1°C menor do que sua temperatura em 1940 e vários navios ficaram presos no gelo, nesta área, em 2007. Uma oscilação do Ártico (Figura 21) negativa induz um ar mais frio para o sul.

¹⁶Disponível em: <<http://www.climate4you.com/images/NSIDC%20GlobalArcticAntarctic%20SeaIceArea.gif>> Acesso em: 23 set. 2012.

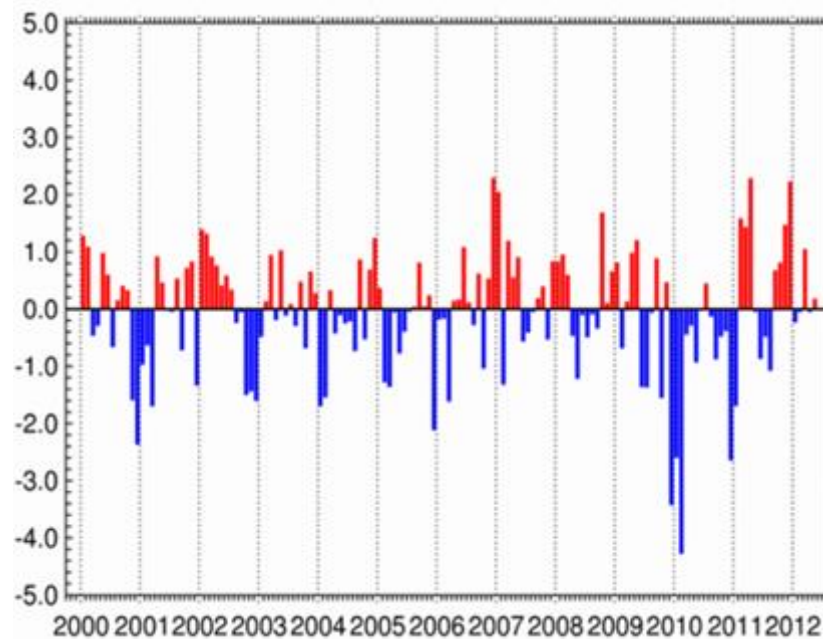


Figura 20. Oscilação da temperatura do mar Ártico.
Fonte: Watts Up With That?¹⁷.

A variação do nível do mar também é influenciada pela movimentação das placas tectônicas, por soerguimento ou por subsidência. Apesar de nenhum dos 33 cientistas envolvidos na elaboração do relatório do IPCC de 2001 ser especialista em alterações do nível do mar, o IPCC prevê um aumento do nível do mar em 20 cm até 2030, de 6 cm por década. Ao se passar por um período interglacial, como o atual (Holoceno), caracterizado por um clima mais úmido e quente, percebe-se um aumento do nível do mar, em certas regiões e um processo de retropicalização.

Outra questão está relacionada ao aumento do nível do mar e a situação das Maldivas, conjunto de mais de 1.200 ilhas no oceano Índico que representa a região que talvez mais sofresse com o aumento do nível do mar, sendo comumente tratada na mídia como a “Atlantis moderna”, vítima não da fúria dos deuses, mas do aquecimento global antropogênico. Na costa da ilha de Viligili (antiga ilha para prisioneiros), próxima à ilha de Male (na qual vive um terço de sua população), capital das Maldivas, encontra-se uma árvore numa posição de crescimento delicada (Figura 21), sendo que qualquer aumento do nível do mar que ocorresse destruiria-a. Dados de satélites indicam que este arquipélago está diminuindo em 20-30 cm nos últimos 30 anos. A população local desta ilha declarou que a árvore se encontra nesta posição desde meados da década de 1940, ou seja, esta é uma evidência de que não houve desde aquele período nenhum aumento do nível do mar nesta

¹⁷Disponível em: <<http://www1.ncdc.noaa.gov/pub/data/cmb/teleconnections/ao-5-pg.gif>> Acesso em: 23 set. 2012.

região, contrariando colocações que defendem uma destruição e alagamento das Maldivas (Mörner, 2011).



**Figura 21. Árvore da ilha de Viligili, 2000 (Maldivas).
Fonte: Mörner, 2011.**

Esta foto foi tirada por Mörner em 2000, porém em sua volta a esta área em 2003 para produzir um documentário sobre este tema, observou que ela tinha caído na costa da ilha, contudo esta constatação não significou evidência de que o nível do mar tinha aumentado, mas sim que esta árvore foi derrubada por um grupo de cientistas australianos, indicando a ética que existe e que é posta em prática para defender seus ideais. Outro fato é que a própria formação das Maldivas encontra-se sobre fragmentos de corais, o que torna seu nível do mar dependente destes cnidários, podendo aumentar ou diminuir em virtude de seu crescimento, fato que é pouco comentado. Desta forma, o que pode gerar problemas nesta região é a poluição (Barbados) e construções inapropriadas. Barbados têm perdido muito de seus recifes de corais devido à forma de funcionamento de sua agricultura¹⁸, com seus poços cada vez mais salgados pelo processo de extração da água para a irrigação de suas culturas, até interferindo nos aquíferos.

O governo das Maldivas, liderado pelo presidente Mohamed Nasheed (deposto no início de 2012) se aproveitou da divulgação em termos globais de que as Maldivas estão "afundando" em virtude de um aquecimento global para atrair investimentos. Em 2009 realizou-se uma reunião com membros do governo usando roupas de mergulho e entrando

¹⁸Especialmente batata-doce, cará, cenoura, outros legumes e verduras.

inclusive num submarino para ilustrar de modo alarmista este evento, assinando um documento para redução das emissões de dióxido de carbono. Por essas atitudes econômicas, não científicas, a preocupação das pessoas é muito grande, passando a ideia que esta população pode morrer a qualquer momento, não permitindo o desenvolvimento futuro ali, sendo que até se pensa em o governo comprar terras para “deslocar” esse país para outra região, provavelmente na Índia, Sri Lanka ou no sul da Austrália.



Figura 22. Reunião embaixo d'água nas Maldivas.

Fonte: Disponível em: <http://ohermenauta.wordpress.com/2009/10/20/relacoes-publicas-ate-debaixo-d%C2%B4agua/> Acesso em 04 out. 2012.

8. As estações meteorológicas e coleta de dados

É sabido que as áreas dos trópicos caracterizam-se pela ausência de estação fria e por sua grande amplitude térmica diária e são justamente estas áreas que carecem de cobertura de dados (Ayoade, 2007), prejudicando análises globais do clima e do tempo.

É necessário o aprimoramento na coleta de dados meteorológicos que depende também da observação e do livre e rápido intercâmbio entre as nações de informações já obtidas (Ayoade, 2007), especialmente quando se busca tratar do clima global, papel que é atribuído à Organização Meteorológica Mundial (OMM) criada em 1950, sucessora da Organização Meteorológica Internacional (OMI) de 1873, sendo hoje um órgão da Organização das Nações Unidas (ONU). A OMM atribui à terminologia “mudança climática” um caráter muito geral, englobando todas as formas de inconstância do clima.

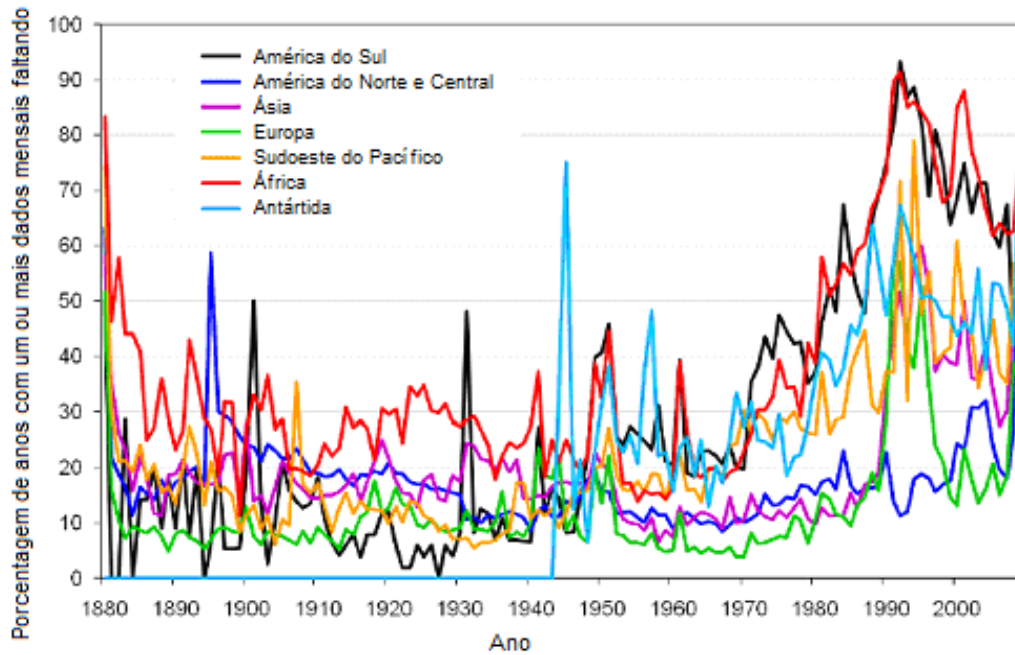


Figura 23. Porcentagem da falta de dados mensais pelas grandes áreas do globo.
 Fonte: D'Áleo e Watts, 2010. Adaptado pelo autor, 2013.

Pela Figura 23 se observa que na América do Sul e na África foram os locais em que mais houve abandono de estações. Observa-se também que houve estações que não levaram em consideração todos seus registros, gerando maiores temperaturas do que teria conseguido caso utilizassem 100% das fontes. D'Áleo e Watts (2010) exemplificam detalhadamente estes problemas e quais estações mais sofreram com os ajustes, indicando a queda de estações na Rússia, Canadá, China, Europa, América do Sul, Nova Zelândia, Austrália, Índia, Estados Unidos e Turquia. Além deste problema, os dados provenientes de estações distribuídas em superfície terrestre, apresentam em sua maioria informações que mascaram a verdade, por sofrerem efeitos da crescente urbanização e de outros fatores relacionados ao uso e cobertura da terra. Outro problema se dá na dificuldade de estabelecer uma temperatura global se nem todos países contribuem com dados de estações, não apontando dados sobre oceanos, que imprimem grande importância na temperatura, como o caso do Pacífico e do Atlântico.

É interessante ressaltar que avanços na pesquisa e na busca para obtenção de dados sobre temperaturas globais atingiram seu período áureo entre 1960-1980, durante a Guerra Fria, no contexto da busca por novas tecnologias capazes de estabelecer uma potência mundial e da consolidação de um sistema econômico de governo unificado no planeta, somando 6.000 estações provendo informações valiosas sobre o clima, sendo que hoje encontram-se apenas 1.500 pelo globo (Figura 24).

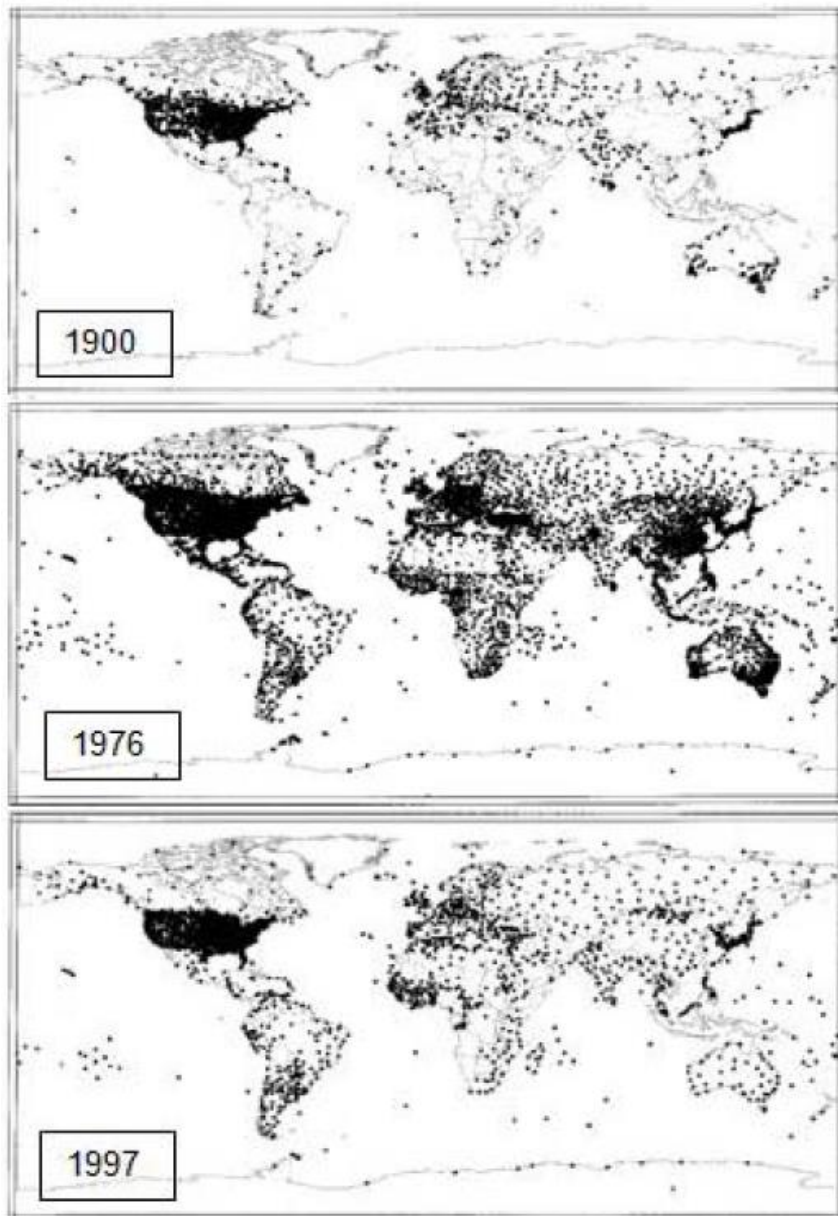


Figura 24. Comparação do número de estações, 1990, 1976 e 1997.
Fonte: D'Áleo e Watts, 2010.

D'Áleo e Watts (2010) realizam estudos de casos no qual constataram ajustes das temperaturas medidas para se encaixarem com o ideal que buscam transmitir, ou seja, do aquecimento global antropogênico. Estes autores salientam que dados de estações de superfície globais são seriamente comprometidos, seja causado pelo abandono de estações em torno de 1990 e por um significativo aumento da falta de dados nas estações remanescentes, que se encontram geralmente próximos aeroportos (sofrendo influência do asfalto) e em regiões urbanas de baixas altitudes, abandonando estações em áreas rurais e de altas altitudes (que indicariam um resfriamento, Figura 25), sendo ainda menor o número de estações fora da superfície terrestre, com poucas estações meteorológicas nos oceanos, apesar de grande parte do planeta ser constituída destes.

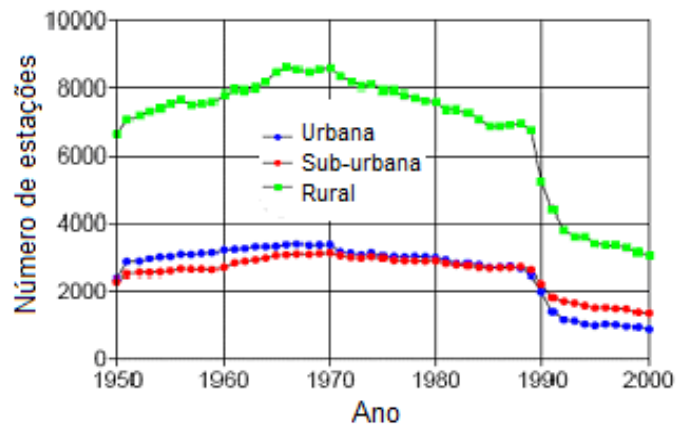


Figura 25. Número de estações por categoria (Urbana, sub-urbana e rural).
Fonte: D'Áleo e Watts, 2010. Adaptado pelo autor, 2013.

A Figura 26 ilustra outro agravante na confiabilidade de dados provenientes de estações terrestres, em que sofre alterações nos dados pelo asfaltamento, alteração de cobertura vegetal, equipamentos de ar condicionado, exaustores, estacionamentos, entre outros fatores que causam aumento local das temperaturas pela maior absorção de radiação, relacionados a fontes de aquecimento dos próprios equipamentos utilizados. D'Áleo e Watts (2010) abordam esta questão concluindo que se houvesse uma correção dos dados de temperaturas da superfície, em virtude da urbanização e de outros fatores não climáticos, reduziria a temperatura média global pela metade, no período analisado de 1980-2002.



Figura 26. Problemas relacionados às alterações da superfície – estacionamento.
Fonte: D'Áleo e Watts, 2010.

Remote Sensing Systems (RSS)	Universidade do Alabama em Huntsville (UAH)	National Climatic Data Center (NCDC)	Goddard Institute for Space Studies (GISS/GISTEMP)	Climate Research Unit (CRU)
Dados de satélites	Dados de satélites	Dados de estações terrestres	Dados de estações terrestres	Dados de estações terrestres

Tabela 3. Cinco organizações que publicam dados das temperaturas globais.
Fonte: D'Áleo e Watts, 2010. Adaptado pelo autor, 2013.

As três últimas fontes de dados sobre temperaturas globais indicados na Tabela 2 dependem ao NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), sediado na Carolina do Norte (EUA), no National Climatic Data Center em Asheville, tendo seus produtos mais divulgados pelo Global Historical Climatology Network (GHCN, também pertencente ao NOAA).

Desde o último pico das temperaturas globais em 1998 (Figura 27), em nenhum outro ano até agora houve um aquecimento significativo como aquele (que também não representou o maior aquecimento já presenciado), apesar do aumento das emissões de dióxido de carbono em 15 ppm (5%).

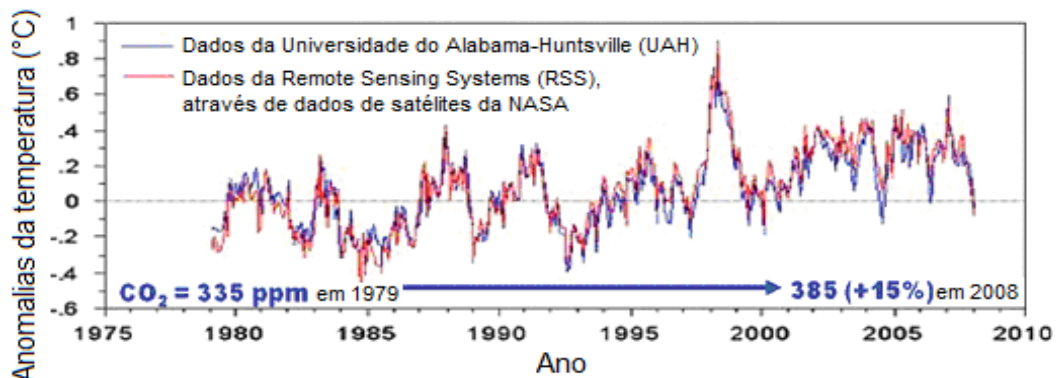


Figura 27. Médias de temperaturas globais na baixa troposfera, 1979-2008.
Fonte: Carter, 2008. Adaptado pelo autor, 2013.

O Centro Hadley de estudos climáticos obtém dados de temperaturas globais apenas através dos navios mercantes britânicos, realizando rotas principalmente no hemisfério Norte, em que a presença de partes continentais supera muito as partes oceânicas, ao contrário do que existe no hemisfério Sul. A maioria do calor que transita no sistema climático é armazenado nos oceanos e suas temperaturas representam melhor comparativamente as temperaturas do ar. Um sistema de observação denominado Argo alerta que os oceanos estão numa fase de resfriamento desde 2004 (D'Áleo e Watts, 2010).

Um ponto-chave de estudos sobre o clima global está na dificuldade de obter medições. As temperaturas do planeta são medidas através de termômetros localizados na superfície (registrando temperaturas de micro ambientes), porém os dados obtidos podem

ser mascarados devido a não-padronização e não ter grandes mudanças de instrumentação nos últimos 150 anos e à formação de ilha de calor, fenômeno comum nas cidades, caracterizado por um aumento da temperatura de áreas urbanas em comparação com áreas rurais, podendo esta diferença de temperatura chegar em até 5°C. Isto ocorre devido a uma maior absorção da radiação emitida pelo Sol que incide na superfície terrestre, que encontra dificuldades de ser reemitida, ficando “presa” em elementos da superfície. O fenômeno ilha de calor representa uma influência antrópica no clima, porém em pequena escala, ou seja, na escala local (microclima), relacionados à expansão da população e dos centros urbanos, gerando maior aquecimento pela absorção da radiação em asfaltos (alteração do albedo da superfície), em construções, em função da diminuição da cobertura vegetal¹⁹, que diminui a capacidade de infiltração, gerando, portanto, maior escoamento superficial das águas, o que se agrava quando há intensas chuvas, levando a eventos de enchentes, por exemplo, que se agravam ainda mais quando a ocupação humana se encontra numa planície aluvial.

Instrumentos de medidas das temperaturas mais indicados, por não sofrerem tanta interferência e por serem médias sobre grandes áreas (incluindo oceanos), seriam sistemas a bordo de satélites. Satélites oferecem uma cobertura ideal ao tratar das mudanças climáticas (escala zonal), pois englobam todo o globo, além do processamento imediato de seus dados, recebidos usualmente às 6h, 12h e 24h. Seus sensores devem ser calibrados ou trocados se possível, em virtude de sua deterioração pelo tempo.

As observações realizadas pelas estações meteorológicas (recomendadas pela OMM a seguir um espaçamento de 150 quilômetros entre uma estação e outra) atuam nos seguintes elementos (Ayoade, 2007, p. 181):

- Tempo atmosférico presente e passado;
- Direção e velocidade do vento;
- Volume e forma da nuvem;
- Altitude da nuvem;
- Visibilidade;
- Temperatura do ar;
- Umidade do ar;
- Pressão barométrica;
- Precipitação;
- Duração da luz solar.

¹⁹Segundo a Sociedade Brasileira de Arborização Urbana (SBAU), o índice ideal de cobertura vegetal é de 30% (15 m² por habitante).

Dados de balões não indicam uma aparente tendência de aquecimento, desde 2001, apesar das altas emissões de dióxido de carbono, através de um suave declínio da temperatura com a altitude nas zonas tropicais.

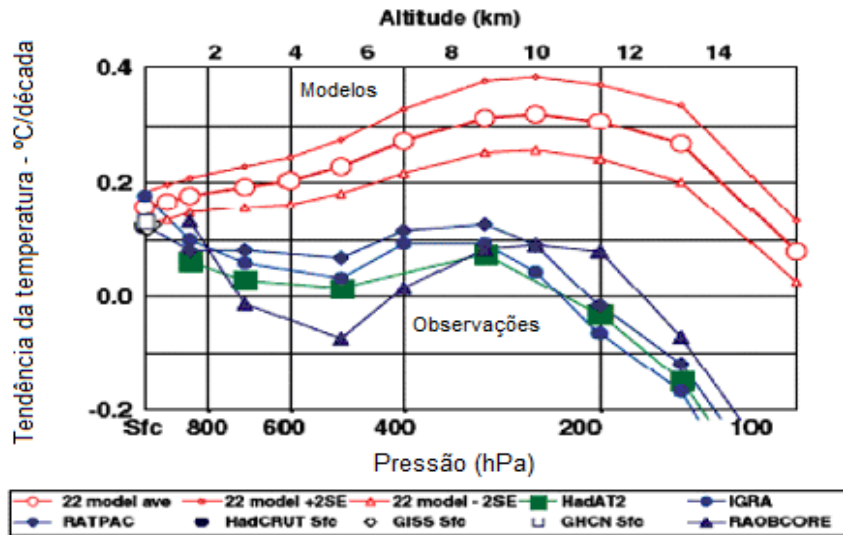


Figura 28. Discrepância entre dados obtidos por satélites e balões com os elaborados por modelos.

Fonte: Singer, 2008. Adaptado pelo autor, 2013.

A Figura 29 obtida pela radiossonda²⁰ HadAT2 (as radiossondas são mais utilizadas para monitorar dados das características da atmosfera superior) não indica uma atual fase de aquecimento global, na qual se pode perceber o aquecimento diferenciado segundo as latitudes.

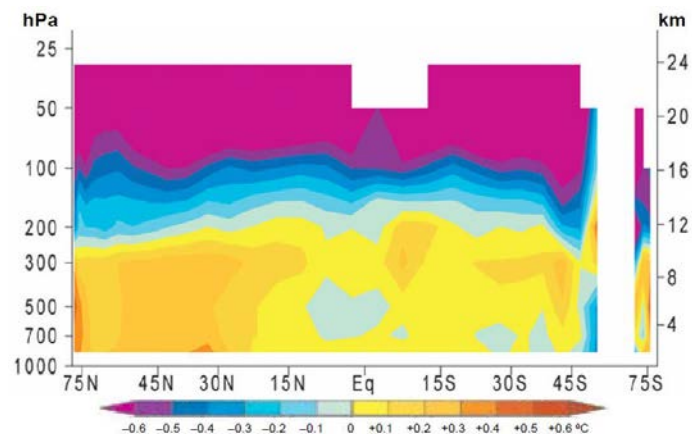


Figura 29. Observações de temperaturas pela radiossonda HADAT2.

Fonte: Monckton, 2007a.

²⁰“[...] conjunto de instrumentos e sensores para medir a temperatura do ar, umidade relativa e pressão atmosférica, enquanto é elevada na atmosfera até alturas típicas da ordem de 30 Km, por um balão inflado com gás hélio. O deslocamento da sonda é registrado por uma antena GPS que permite a medida da direção e velocidade do vento. Os dados observados, minuto a minuto, são enviados via rádio para a estação receptora no solo que os processa, gera uma mensagem codificada e a envia para o Centro Coletor onde ocorrerá a distribuição global” (INMET).

Com o uso destes equipamentos, fica mais claro que não existe uma temperatura global, tendo em vista o aquecimento diferenciado em função da cobertura do meio, principalmente devido às diferenças regionais, latitudinais, com maior aquecimento nas zonas equatoriais e seu conseqüente fluxo para as regiões zonais temperadas e polares.

A interação entre atmosfera e oceano apresenta-se como controladora do clima, pela energia armazenada nos oceanos, gerando a condução do calor e sua posterior convecção, que dá origem à fenômenos da circulação geral da atmosfera, resultado da absorção parcial e diferencial de energia pela atmosfera terrestre, ocasionando no fenômeno de condensação da umidade atmosférica pelo conjunto de massas de ar de temperatura desigual, levando à formação de precipitação em alguns casos ou aos ventos (Tricart, 1977).

Nos trópicos, a temperatura do ar próximo à superfície depende basicamente da cobertura de nuvens e da chuva. O ciclo hidrológico é o 'termostato' da superfície. Quando o tempo está nublado e chuvoso, a temperatura é baixa. Isso porque, a cobertura de nuvens funciona como um guarda-sol, refletindo radiação solar de volta para o espaço exterior em sua parte superior. Simultaneamente, a evaporação da água da chuva rouba calor da superfície e refrigera o ar. Quando não há nuvens e chuva, acontece o contrário, entra mais radiação solar no sistema, aquece a superfície e, como não existe água para evaporar, o calor do sol é usado quase que exclusivamente para aquecer o ar. Em adição, se o ar estiver úmido logo após uma chuva de verão, a sensação térmica é intensificada, pois a alta umidade do ar dificulta transpiração da pele, que é o mecanismo fisiológico que regula a temperatura dos seres humanos. Durante o período seco, tem-se ar descendente sobre a região, que provoca alta pressão atmosférica, céu claro, e dificulta a ascensão do ar aquecido, reduzindo a cobertura de nuvens. Isso faz com que a superfície e o ar em contato atinjam temperaturas altas. Numa cidade em que, devido à impermeabilização do solo, não há água da chuva para evaporar, todo calor do sol é usado para aquecer o ar (MOLION, 2010, s/p.).

9. Uso de modelos na projeção do clima

Um modelo é uma representação simplificada da realidade, em consequência, um modelo climático é uma representação simplificada dos processos que regulam o clima, com o objetivo de simular o funcionamento deste sistema para prever os efeitos do clima (Pita, 2009d), devendo selecionar todas as variáveis e escalas envolvidas no sistema climático e testar sua validade.

Há uma diversidade dos modelos climáticos, em razão dos tipos de processos que se modelam na resolução espaço-temporal. De acordo com Pita (2009d, p. 420) os processos podem ser:

- Radiativos: aqueles que se preocupam com o equilíbrio estabelecido entre a radiação solar incidente no sistema e a radiação infravermelha;

- Dinâmicos: aludindo ao movimento de energia ao redor do globo, assim como entre as distintas camadas verticais;
- Processos de superfície: que tratam das distintas refletâncias e emissões de cada superfície, assim como as trocas de energia que se registram entre a superfície e a atmosfera.

Pode-se deduzir que existem quatro tipos básicos de modelos (Pita, 2009d, p. 420):

- Os modelos de balanço de energia (MBE), que são modelos unidimensionais que avaliam a variação da temperatura da superfície (nível do mar) com a latitude, partindo de relações simplificadas que calculam as condições que contribuem para o balanço de energia em cada zona latitudinal;
- Os modelos unidimensionais radiativo-convectivos (1-D RC), que calculam o perfil vertical da temperatura a partir de um valor médio global, levando em conta os processos radiativos e convectivos que se desenvolvem na atmosfera;
- Os modelos de circulação geral (GCMs), que consideram a maioria dos processos físicos no clima, abordando dimensões como a latitude, longitude e altitude, ultimamente acoplando um modelo de circulação geral oceânica, dadas às importantes conexões com o comportamento dos oceanos.

O IPCC tem como um de seus objetivos desenvolver modelos climáticos. Na década de 1950 alguns cientistas começaram a desenvolver estes modelos. Segundo este painel, o modelo é a melhor ferramenta para prever condições climáticas futuras através da representação da circulação geral, baseados em leis físicas.

Nesta projeção, Molion (2008d) divide os métodos existentes em duas classes: os métodos estáticos, que buscam periodicidade nas séries temporais longas de dados observados, portanto não levam em conta a variabilidade natural do clima e os modelos de simulação do clima global (GCMs), sujeito a maiores erros, por não levar em conta a variabilidade climática resultante de complexas interações entre processos físicos diretos e de *feedback*, contando ainda que estes buscam previsões mais longas, carecendo de dados temporais e de variáveis meteorológicas mais longas, “não disponíveis ou inacessíveis em muitas partes do planeta” (MOLION, 2008d, p. 120), falhando também por considerar o principal agente do efeito estufa o dióxido de carbono, desconsiderando o papel do vapor d’água, pois os modelos dificilmente incluem nuvens e ignoram (algumas variáveis da) atividade solar e a recuperação da camada de ozônio. Além destes fatos, os modelos têm problemas em descrever a distribuição latitudinal e altitudinal do vapor d’água. São inadequados para simular ou projetar efeitos regionais, principalmente relacionados à chuva.

O próprio tratamento sobre emissões de aerossóis (poeiras, emissões biogênicas terrestres, cinzas e sulfato das emissões de fitoplânctons, diminuindo o ganho de energia solar em até 22%) pelos modelos climáticos globais (GCMs) é limitado, apesar de ser citado em vários relatórios do clima por seu efeito de refletir a radiação solar de volta ao espaço, sendo este particulado um fator muito importante na temperatura global, pois serve de núcleo de condensação para as nuvens (Idso et al., 2011). Esta abordagem de modelagem do clima é pobre e falível, tendo em vista que dados confiáveis de projeções do clima remetem-se a até uma semana. Orsini (2005) aponta outros modelos, dando ênfase aos modelos regionais, que são utilizados para identificar variações regionais e auxiliar em estudos de impactos:

Coupled Atmospheric-Ocean Global Models (AOGCMs) são ferramentas de modelagem tradicionalmente utilizadas para a produção de cenários e projeções de mudanças climáticas. Entretanto, os modelos globais têm uma capacidade de resolução bastante limitada (acima de 300 km, pode-se perder informações importantes). Conseqüentemente, estes modelos não podem ser utilizados para caracterizar variáveis climáticas em muitas regiões do mundo. Por outro lado, os Regional Climate Models (RCM), modelos regionais, são muito úteis para cenários de mudanças climáticas de alta resolução (ORSINI, 2005, p. 21).

Henderson-Sellers e McGuffie (1990) abordam a aplicação de modelos, indicando que todo modelo climático tem a intenção de simular os múltiplos processos que produzem o clima, com o objetivo de compreender estes processos e prever os efeitos das mudanças e das interações, tornando-se uma simplificação do mundo real. O clima é um sistema caótico não-linear, portanto não é possível fazer previsões do clima em uma longa escala temporal.

Vários estudos paleoclimáticos publicados nas últimas décadas concluem que o século XX não foi o século mais quente, ou seja, houve períodos em que a vida para diversas espécies dependeu exclusivamente das condições climáticas impostas na Terra, podendo ser favorecida bem como prejudicada, salientando também que hoje, com o desenvolvimento de várias tecnologias que permitem um maior conforto para a sociedade e que torna possível romper com as imposições da natureza é ainda mais favorável para o desenvolvimento humano em várias regiões do planeta, devendo ser analisadas cada especificidade regional sob a ótica da totalidade.

Desenvolvimento de modelos para prever as condições do tempo estão muito relacionados com a economia de determinado país, tendo em vista a construção de meios capazes de "controlar" e planejar o tempo em benefício da agricultura, comércio ou indústria, necessitando de investimentos em equipamentos e na qualificação profissional para o processamento e análise/interpretação de seus dados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao tratar das mudanças climáticas e das variabilidades dos climas e sistematizar quais os fatores mais importantes no controle da temperatura, devem ser indicados os seguintes: radiação solar; composição atmosférica; características orbitais da Terra ao redor do Sol; a natureza da superfície e as circulações atmosféricas e oceânicas.

Com o processo de urbanização, ocorre uma diminuição da cobertura vegetal presente, ocorrendo um aumento de energia em uma área delimitada, aumentam as turbulências, caracterizando um microclima (clima urbano), com as ilhas de calor, levando a um aumento de temperaturas devido à concentração e não distribuição dos poluentes. A atmosfera (na camada limite planetária) é afetada pela atuação antrópica, ao contrário da questão que é tão divulgada acerca do tema mudanças climáticas. Os movimentos turbulentos na camada limite controlam as trocas de calor, massa e momentum da superfície, portanto controlando o estado geral desta camada. Além da emissão de poluentes, é uma camada que é influenciada pelo arraste, atuação e velocidade dos ventos, da circulação atmosférica, umidade, evapotranspiração e modificações do escoamento induzidas pelo terreno.

Desmistificar um assunto tão polêmico, como o das mudanças climáticas, se dá a partir da elaboração e divulgação de pesquisas na área da Climatologia, atingindo um caráter mais totalizador para integrar os diferentes elementos que compõem o clima do planeta.

A natureza sempre busca um estado de equilíbrio dinâmico. A alteração do ambiente natural pela ação antrópica implica, num primeiro momento, em melhorias na estrutura de funcionamento de um espaço determinado, visando obter uma melhor vida para esta população, ou seja, apresenta impactos positivos, como o acesso ao tratamento de água e esgoto, presença de energia elétrica nas residências, maior segurança, entre outros fatores. Dito isto, não se pode condenar políticas públicas que direcionem no sentido do desenvolvimento e para o crescimento econômico do país e em maior qualidade de vida para a sociedade.

No Brasil, fala-se muito sobre o desmatamento, sobre construção de usinas hidrelétricas e dos impactos que tais atividades irão gerar no território brasileiro. Antes de fazer esses apontamentos deve-se pensar na alternativa, em que se não for posta em prática essas atividades o Brasil não irá conseguir se desenvolver, ficando dependente de outros países, atrasado e incapaz de trazer um desenvolvimento social para sua população. É preciso desenvolver, aproveitando dos recursos naturais de forma consciente (que não significa necessariamente de total proteção à natureza, mas sim buscando diminuir tais

impactos). Qualquer obra, qualquer atividade, gera impactos, o que pode ser feito é buscar um caminho de desenvolvimento que não seja freado por questões ambientais políticas.

Não se objetiva defender o desmatamento, por exemplo, atividade que implica em alterações climáticas, através de modificação do balanço de energia local, empobrecimento do solo e de perda da biodiversidade, mas sua condenação é insustentável, tendo em vista um país como o Brasil, que dispõe de grandes quantidades de terras agriculturáveis, entre outros fatores vantajosos, e que sua balança comercial é totalmente dependente dos produtos primários, oriundos da agricultura e pecuária, o que contribui para um processo de *commoditização* de sua economia que é responsável pelo Brasil se manter num nível de país subdesenvolvido. Deve-se incentivar o desenvolvimento industrial, agregando valor e diversificando a produção de diversos produtos duráveis, seguido de melhorias sociais, assistencialismo e de uma boa distribuição desta renda para atingir o desenvolvimento pleno, diminuindo as desigualdades sociais que tanto caracterizam o cenário brasileiro.

Um documento, governamental ou não, que apresente falhas na divulgação ou por nem divulgar os efeitos da variabilidade solar, da influência de oceanos e vulcões, alterações do campo magnético e raios cósmicos, entre outros discutidos neste trabalho, não merece uma atenção e não deve ser adotado como modelo, muito menos quando estes documentos tentam discutir e prever climas futuros.

Infelizmente, a abordagem do tema mudanças climáticas é tratada pelos grandes meios informacionais de forma alarmista, atribuindo imagens de eventos catastróficos à crescente expansão urbana e das emissões, especialmente do dióxido de carbono, ressaltando que caso os governantes não adotem outro modelo de desenvolvimento a Terra se esgotará e se vingará através desses eventos cada vez mais frequentes, ou que já estamos num *point of no return*, no qual o cenário é muito mais grave levando à morte de milhões de pessoas.

A função do meio acadêmico e científico encontra-se, neste momento, como o grande capaz de mudar esta concepção de mundo, buscando através de divulgações para a sociedade reverter políticas e ideias que não representam a atualidade dos fatos, sendo fundamental o papel do ensino para emancipar e conscientizar essa população, orientando a ação e direcionando os investimentos e atenções para problemas reais e para os principais para atingir sua superação, problemas que atrasam o pleno desenvolvimento, e não fortalecer uma pseudo-ciência que é transmitida nos sistemas educacionais em diversos países, para não dizer todos países, sob a bandeira de um falso ambientalismo.

Um dos pontos que esse trabalho abordou foi o de desmistificar ideologias econômicas com manifestações sociais e ambientais, como a permanência do latifúndio improdutivo, o atraso, a miséria e a fome, que são transmitidas para a população, tendo grande importância tratar de estudar o clima como um sistema integrante da dinâmica da

Natureza e desenvolver mais a paleoclimatologia, que é o estudo das variações climáticas ao longo da história da Terra, em que se tenta reconstruir o clima do passado para entender o ciclo natural climático do planeta e projetar as condições futuras.

É arriscado defender a hipótese de que a Terra não está passando por um período de aquecimento, sendo este aquecimento resultado das atividades humanas. Risco porque pode ser confundido com a defesa de uma inação política e social no uso da apropriação degradante da natureza, ou seja, de como o homem utiliza os recursos naturais, levando à escassez de determinados recursos e causando poluição em várias esferas.

Não há consenso sobre o tema mudança climática, o que não significa que se deva buscar tal situação, pois a ciência não é baseada em consenso, mas sim em experimentação que geram resultados dependendo da análise do estudioso e tal tema ainda é muito confuso, muito complexo de ser abordado, o que gera oportunidades de novas pesquisas e do desenvolvimento de novas técnicas a serviço da população global.

REFERÊNCIAS

AB'SÁBER, A. N. **Conhecimentos sobre as flutuações climáticas do Quaternário no Brasil**. Notícia Geomorfológica, Campinas (SP), v 1, n.1, p. 24-30, 1958.

_____. **Uma revisão do Quaternário para o passado**. Revista Brasileira de Geografia. Rio de Janeiro, IBGE, v. 31, n. 4, p. 1-51, 1970.

_____. **Espaços ocupados pela expansão dos climas secos na América do Sul por ocasião dos períodos glaciais do Quaternário**. São Paulo: Instituto de Geografia da USP, 1977. 19 p. (paleoclimas nº3).

ALVALÁ, P. C. et al. **Metano na atmosfera**. Disponível em: <<http://www.biotechnologia.com.br/revista/bio07/metano.pdf>> Acesso em 22 mar. 2013.

ANDRADE, M. C. **Geografia Econômica**. São Paulo: Atlas, 1987.

ANDRADE, M. C. **Uma Geografia para o Século XXI**. Campinas: Papyrus, 1994.

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.

BECKER, B. K. A Geopolítica na virada do milênio: logística e desenvolvimento sustentável. In: CASTRO, I. E. de; GOMES, P. C. da C.; CORRÊA, R. L. **Geografia: Conceitos e Temas**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.

BERTALANFFY, L. v. **Teoria Geral dos Sistemas**. Petrópolis: Vozes, 1973.

BIGARELLA, J. J. **Variações climáticas do Quaternário e suas implicações no revestimento florístico do Paraná**. Boletim Paranaense de Geografia, Curitiba, n. 10 a 15, p. 211-232, 1964.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. Brasília.

CAILLEUX, A.; TRICART, J. **Zones phytogéographiques et morphologiques du Quaternaire au Brésil**. Comptes-rendus de la Soc. Biogéogr., Paris, n. 88 a 93, p. 7-13, 1957.

CAMPOS, L. A. **De volta ao futuro: Cúpula das Américas, G-20 e Rio+20**. Carta Maior, 2012. Disponível em: <http://www.cartamaior.com.br/templates/materiaMostrar.cfm?materia_id=19843> Acesso em 25 set. 2012.

CAPOZZOLI, U. A febre da Terra: Investigações indicam que o aquecimento global por efeito estufa deve ter se iniciado na pré-história e se agravado com a Revolução Industrial, com reconhecimento recente, p. 8-19. In: Revista Scientific American Brasil. **Como deter o aquecimento global: o que governos, empresas e cidadãos podem fazer**. Edição Especial, n. 19, 2007.

CARTER, R. **Kill the IPCC**. In: The Drum Opinion, 2009. Disponível em: <<http://www.abc.net.au/unleashed/27600.html>> Acesso em 25 set. 2012.

CASTRO, I. E. O problema da escala. In: CASTRO, I. E. de; GOMES, P. C. da C.; CORRÊA, R. L. **Geografia: Conceitos e Temas**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.

CASTRO, J. **Geografia da fome – o dilema brasileiro: pão ou aço**. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2010.

CASTRO, J. A explosão demográfica e a fome no mundo. In: CASTRO, A. M. de (org.). **Fome, um tema proibido – Últimos escritos de Josué de Castro**. Petrópolis: Vozes, 1983.

CASTRO, J. Estratégia do Desenvolvimento. In: CASTRO, A. M. de (org.). **Fome, um tema proibido – Últimos escritos de Josué de Castro**. Petrópolis: Vozes, 1983.

CHRISTOFOLETTI, A. A aplicação da abordagem em sistemas na Geografia Física. In: Revista brasileira de geografia. Rio de Janeiro, v. 52, n. 2, p. 19-33, 1990.

CORDANI, U. G.; PICAZZIO, E. A Terra e suas origens. In: TEIXEIRA, W. et al. **Decifrando a Terra**. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2009.

CUADRAT, J. M. Humedad atmosférica, 2009a. In: CUADRAT, J. M.; PITA, M. F. **Climatología**. Madrid: Cátedra, 2009.

CUADRAT, J. M. El sistema climático, 2009b. In: CUADRAT, J. M.; PITA, M. F. **Climatología**. Madrid: Cátedra, 2009.

DAMUTH, J.E.; FAIRBRIDGE, R.W. **Equatorial deep-sea arkosic sands and ice-aged aridity in tropical South America**. Geol.Soc. of Amer. Bull., v. 81, p. 189-206, 1970.

D'ALEO, J. **How volcanism affects climate**. 2008. Disponível em: <http://icecap.us/images/uploads/HOW_VOLCANISM_AFFECTS_CLIMATE.pdf> Acesso em 13 out. 2012.

D'ALEO, J. Solar changes and the climate. In: EASTERBROOK, D. **Evidence-based climate science**. Elsevier, 2011. p. 253-276.

D'ALEO, J. **Ocean Multi-Decadal Changes and Temperatures**. 200?. Disponível em: <<http://icecap.us/docs/change/OceanMultidecadalCyclesTemps.pdf>> Acesso em 25 set. 2012.

D'ALEO, J; WATTS, A. **Surface temperature records: policy-driven deception?** Science & Public Policy Institute, 2010.

FAIRBRIDGE, R.W. **Climatology of a glacial cycle**. Quaternary Res., v. 2, p.283-310, 1977.

FLEMING, J. R. Global Warming? The Early Twentieth Century. In: **Historical Perspectives on Climate Change**. USA:Oxford University Press, 1998, p. 107-128.

GRAY, L. J. et al. **Solar influences on climate**. In: Reviews of Geophysics, vol. 48, RG4001, 2010.

HAFFER, J. **Hypotheses to explain the origin of species in Amazonia**. Brazilian Journal of Biology, 68 (4, Suppl.): p. 917-947, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1519-69842008000500003&script=sci_abstract>Acesso em: 18 set. 2012.

HENDERSON-SELLERS, A.; MCGUFFIE, K. **Introducción a los modelos climáticos**. Barcelona: Ediciones Omega, 1990.

IDSO, C. D.; CARTER, R. M.; SINGER, S. F. (Eds.). **Climate Change Reconsidered: 2011 Interim Report of the Nongovernmental Panel on Climate Change (NIPCC)**. Chicago: The Heartland Institute, 2011.

INTERGOVERNAMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate change**. The IPCC Scientific Assessment. Cambridge: Press Syndicate of the University of Cambridge, 1990.

LEFEBVRE, H. O Pensamento Econômico de Lenine. In: LEFEBVRE, H. **O Pensamento de Lenine**. Lisboa: Moraes, 1969. p. 187-231.

LOVELOCK, J. **A vingança de Gaia**. Rio de Janeiro: Intrínseca, 2006.

LOVELOCK, J. **Gaia: alerta final**. Rio de Janeiro: Intrínseca, 2010.

MARUYAMA, S. **Aquecimento global?** São Paulo: Oficina de textos, 2009.

MATEO, J. (Org.). **Geoecologia das paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental**. Fortaleza: Edições UFC, 2010.

MATEO, J.; SILVA, E. V. **A classificação das paisagens a partir de uma visão geossistêmica**. In: Revista Mercator, ano 01, n. 01, p. 95-112, 2002.

MARQUES NETO, R. **A abordagem sistêmica e os estudos geomorfológicos: algumas interpretações e possibilidades de aplicação**. In: Geografia - v. 17, n. 2, p. 67-87, 2008.

MCLEAN, J. **Climate Science Corrupted: How the IPCC's sponsor, the UNEP, and key IPCC individuals have misled Governments into supporting the notion of manmade warming**. Science & Public Policy Institute, 2009.

MENDONÇA, F. **Geografia física: ciência humana?**. São Paulo: Contexto, 1989.

MIGUEL, S. **O futuro climático da América Latina**. In: Jornal da Usp, ano XXII, nº 798, 2007. Disponível em: <<http://www.usp.br/jorusp/arquivo/2007/jusp798/pag0607.htm>> Acesso em 14 out. 2012.

MONCKTON, C. **Greenhouse warming? What Greenhouse warming? The fingerprint of anthropogenic greenhouse warming predict by computer models is absent from real-world, observed trends in atmospheric temperature change**. Science & Public Policy Institute, 2007a.

MONCKTON, C. **35 Inconvenient truths: the errors in Al Gre's movie**. Science & Public Policy Institute, 2007b.

MONTEIRO, C. A. F. **A Frente Polar Atlântica e as Chuvas de Inverno na Fachada Sul-Oriental do Brasil (Contribuição metodológica à análise rítmica dos tipos de tempo no Brasil)**. São Paulo: IGEOG/USP, 1969.

MONTEIRO, C, A, F. **Adentrar a cidade para tomar-lhe a temperatura**. In: GEOSUL, n.9, ano V, 1990.

MOLION, L. C. B. **O CFC e a camada de ozônio - a farsa?** 200?. Disponível em: <<http://geocities.ws/zuritageo/cfc.html>> Acesso em: 18 set. 2012.

_____. **Aquecimento Global: natural ou antropogênico?** In: XXVIII SEMAGEO, 2007, Florianópolis (SC). Anais do XXVIII SEMAGEO. Florianópolis, UFSC, 2007. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/25856329/Molion-Aquecimento-Natural-Ou-Antropogenico-1>> Acesso em: 16 jun. de 2012.

_____. **Aquecimento ou histeria global?** In: XXI Fórum da Liberdade (Seminário), 2008a.

_____. **Aquecimento global é terrorismo climático.** Entrevista. 2008b. Disponível em: <<http://mitos-climaticos.blogspot.com.br/2008/02/entrevista-corajosa.html>> Acesso em: 19 jun. 2012.

_____. **Aquecimento Global: uma visão crítica.** In: Revista Brasileira de Climatologia, v. 3/4, p. 7-24, 2008c.

_____. **Perspectivas climáticas para os próximos 20 anos.** In: Revista Brasileira de Climatologia, v. 3/4, p. 117-128, 2008d.

_____. **Não existe aquecimento global.** Entrevista. 2009a. Disponível em: <<http://noticias.uol.com.br/ciencia/ultimas-noticias/redacao/2009/12/11/nao-existe-aquecimento-global-diz-representante-da-omm-na-america-do-sul.htm>> Acesso em: 19 jun. 2012.

_____. **Reduzir CO2 não impede aquecimento.** Entrevista. 2009b. Disponível em: <<http://terramagazine.terra.com.br/interna/0,,OI4145833-EI6580,00-Reduzir+CO+nao+impede+aquecimento+diz+Luiz+Carlos+Molion.html>> Acesso em: 19 jun. 2012.

_____. **Reflexões sobre o efeito-estufa.** 2010. Disponível em : <<http://blogdoambientalismo.com/reflexoes-sobre-o-efeito-estufa/>> Acesso em: 15 out. 2012.

_____. **O nível do mar e o degelo no Ártico.** 2011. Disponível em: <<http://www.midiaamais.com.br/artigo/detalhes/842/O+n%C3%ADvel+do+mar+e+o+degelo+no+%C3%81rtico>> Acesso em: 16 jun. 2012.

MOLION, L. C. B.; BERNARDO, S. O. **Uma revisão da dinâmica das chuvas no nordeste brasileiro.** Revista Brasileira de Meteorologia, Rio de Janeiro, v. 17, n. 1, p. 1-10, 2002.

MÖRNER, N. The Maldives: a measure of sea level c ges and sea level ethics. In: EASTERBROOK, D. **Evidence-based climate science.** Elsevier, 2011. p. 197-209.

NOBRE, A. Is the Amazonian rainforest a sitting duck for climate change? In: DINIZ, E. (ed.). **Um diálogo interdisciplinar sobre mudanças globais.** São Paulo: Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo, 2005, p. 29-31.

OLIVEIRA, P. E. de. et al. Paleovegetação e paleoclimas do Quaternário do Brasil. In: SOUZA, C. R de G. et al. **Quaternário do Brasil.** Ribeirão Preto: Holos, 2005.

ONÇA, D. de S. **A função social de discursos ambientalistas.** In: VII Colóquio Internacional Marx Engels. Disponível em: http://www.ifch.unicamp.br/formulario_cemarx/selecao/2012/trabalhos/6059_On%C3%A7a_Daniela.pdf Acesso: 20 ago. 2012.

- ORSINI, J. Use of regional climate models in impacts assessments and adaptations studies from continental to regional and local scale: the CREAS initiative in South America. In: DINIZ, E. (ed.). **Um diálogo interdisciplinar sobre mudanças globais**. São Paulo: Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo, 2005, p. 21-23.
- PITA, M. F. La climatología como ciencia geográfica, 2009a. In: CUADRAT, J. M.; PITA, M. F. **Climatología**. Madrid: Cátedra, 2009.
- PITA, M. F. El balance de calor en el planeta: calor y temperatura, 2009b. In: CUADRAT, J. M.; PITA, M. F. **Climatología**. Madrid: Cátedra, 2009.
- PITA, M. F. Los cambios climáticos, 2009c. In: CUADRAT, J. M.; PITA, M. F. **Climatología**. Madrid: Cátedra, 2009.
- PITA, M. F. La presión atmosférica y viento, 2009d. In: CUADRAT, J. M.; PITA, M. F. **Climatología**. Madrid: Cátedra, 2009.
- PITA, M. F. La circulación general atmosférica, 2009e. In: CUADRAT, J. M.; PITA, M. F. **Climatología**. Madrid: Cátedra, 2009.
- ROSOLEM, N. P. **Geossistema, Território e Paisagem como método de análise geográfica**. In: VI Seminário Latino-Americano de Geografia Física. Universidade de Coimbra, p. 1-9, 2010.
- SANT'ANNA NETO, J. L. **Clima e organização do espaço**. In: Boletim de Geografia, v. 16, n. 1, p. 1-13, 1998.
- SANT'ANNA NETO, J. L. **Por uma Geografia do Clima: Antecedentes históricos, paradigmas contemporâneos e uma nova razão para um novo conhecimento**. Laboratório de Climatologia. Departamento de Geografia da FCT/IINESP. Grupo de Pesquisa "Climatologia Geográfica" (CNPq), 2002, p. 49-61.
- SANT'ANNA NETO, J. L.; NERY, J. T. Variabilidade e mudanças climáticas no Brasil e suas implicações regionais. In: SOUZA, C. R de G. et al. **Quaternário do Brasil**. Ribeirão Preto: Holos, 2005.
- SANT'ANNA NETO, J. L.; ZAVATINI, J. A. (Orgs.). **Variabilidade e mudanças climáticas: implicações ambientais e socioeconômicas**. Maringá: Eduem, 2000.
- SANTOS, M. **Por uma Geografia Nova: Da Crítica da Geografia a uma Geografia Crítica**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2008a.
- SANTOS, M. **Da totalidade ao Lugar**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2008b.
- SANTOS, M. **A Natureza do Espaço: Técnica e Tempo, Razão e Emoção**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2009.
- SARTORI, M. A percepção da sociedade e mudanças climáticas globais. In: DINIZ, E. (ed.). **Um diálogo interdisciplinar sobre mudanças globais**. São Paulo: Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo, 2005, p. 57-59.

SCHREUDER, H. **Just how little CO2 is there in our atmosphere?** 2010. Disponível em: <http://nzclimatescience.net/index.php?option=com_content&task=view&id=666&Itemid=1> Acesso em 15 out. 2012.

SCOTese. C. R. **PALEOMAP Project**. Disponível em: <<http://scotese.com/climate.htm>> Acesso em: 19 jun. 2012.

SERENI, E. **La Categoría de Formación Económica y Social**. México: Roca, 1973.

SILVA, J. G.R. **Ciclos Orbitais ou Ciclos de Milankovitch**. In: Textos de Glossário Geológico Ilustrado, 2007.

SINGER, S. F (Ed.). **Nature, not human activity, rules the climate: Summary for policymakers of the report of the Nongovernmental International Panel on Climate Change**. Chicago: The Heartland Institute, 2008.

SÓRRE, M. **Objeto e método da climatologia**. In: Revista do Departamento de Geografia, nº 18, p. 89-94, 2006.

SOTCHAVA. V. B. **O Estudo de Geossistemas**. Métodos em Questão. São Paulo: USP/IG, 1977, n. 16.

SOUZA, C. R de G. et al. **Quaternário do Brasil**. Ribeirão Preto: Holos, 2005.

STAMPAR, Sergio N. et al. **Evolutionary Diversification of Banded Tube-Dwelling Anemones (Cnidaria; Ceriantharia; Isarachnanthus) in the Atlantic Oceano**. PLoS ONE 7(7): e41091. doi:10.1371/journal.pone.0041091, 2012. Disponível em: <<http://www.plosone.org/article/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pone.0041091>> Acesso em: 18 set. 2012.

SUGUIO, K. **Geologia do quaternário e mudanças ambientais: passado + presente = futuro?** São Paulo: Paulo's Comunicação e Artes Gráficas, 1999.

TEODORO, P. H. M.; AMORIM, M. C. de C. T. **Mudanças Climáticas: algumas reflexões**. In: Revista Brasileira de Climatologia, v. 3/4, p. 7-24, 2008.

TRICART. J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE/SUPREN, 1977.

TROPPEMAIR, H.; GALINA, M. H. **Geossistemas**. In: Mercator - Revista de Geografia da UFSC, ano 05, número 10, 2006, p. 79-89. Disponível em: <<http://www.mercator.ufc.br/index.php/mercator/article/view/69/44>> Acesso em 31 ago. 2012.

TROPPEMAIR, H. **Geossistemas e geossistemas paulistas**. Rio Claro: Troppehair, 2000.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e Climatologia**. Recife: Versão Digital 2, 2006.

VIADANA, A. G.; CAVALCANTI, A. P. B. **A Teoria dos Refúgios Florestais aplicada ao Estado de São Paulo**. In: Revista da Casa da Geografia de Sobral, Sobral, v. 8/9, n. 1, p. 61-80, 2006/2007.

WATTS, A. **Bombshell from Bristol: Is the airborne fraction of anthropogenic CO2 emissions increasing? - Study says "no"**. 2009. Disponível em: <<http://wattsupwiththat.com/2009/11/10/bombshell-from-bristol-is-the-airborne-fraction-of-anthropogenic-co2-emissions-increasing-study-says-no/>> Acesso em 15 out. 2012.

WORLD CLIMATE REPORT. **Nothing's changed**, 2004. Disponível em: <<http://www.worldclimatereport.com/index.php/2004/04/07/nothings-changed/>> Acesso em: 04 out. 2012.

YOUNG, C. Críticas e sugestões de análise do mecanismo de desenvolvimento limpo. In: DINIZ, E. (ed.). **Um diálogo interdisciplinar sobre mudanças globais**. São Paulo: Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo, 2005, p. 103-104.

ANEXOS

ANEXO 1

Breve Análise da Formação Socioespacial

Para a compreensão do processo de circulação do capital em um determinado país que altera o meio natural, faz-se necessário recorrer à sua categoria de formação socioespacial, dando uma abordagem histórica e impressa numa realidade. Formação é uma “realidade que se transforma, que evolui e que muda – de uma maneira histórica e objetiva, como uma realidade da natureza” (LEFEBVRE, 1969, p. 189).

A categoria de formação socioespacial é considerada uma adaptação da categoria de formação econômica (forças produtivas, relações homem-natureza) e social (relações humanas, de produção, classes e forças sociais), desenvolvida por Marx no prefácio ao *Capital* e em textos anteriores (“18 Brumário” e com Engels em “A Ideologia Alemã” e “Anti-Düring”), deixando claro sua aproximação à dialética marxista e ao materialismo histórico.

Lenin retoma esse conceito, em sua obra “Desenvolvimento do capitalismo na Rússia”, dando ênfase ao aspecto social analisando a realidade russa, através das diferentes etapas deste processo. Busca uma nova construção teórica do que seria o mercado interno em um país com fortes raízes feudais em um processo de transição para o modo de produção capitalista. Ele faz uma análise sobre a existência da divisão social do trabalho e salienta sobre as diferentes formas em que este trabalho era exercido. Procura entender as formas econômicas considerando o espaço de forma simples, contribuindo ainda mais para seu aperfeiçoamento, desenvolvimento e avanço como teoria e método:

[...] Lenin subraya explícitamente que es necesario, para la elaboración de un modelo teórico, estudiar y tomar en consideración, no sólo el „funcionamiento“ o la „existencia“ de una cierta formación (que puedan representar en ese caso el momento estructural), sino también su „nacimiento“, „desarrollo“ y „fin“, y su „paso [...] de una formación a outra“, es decir, su momento genético e histórico (SERENI, 1973, p. 76).

Gramsci, em “A Questão meridional”, e especialmente, Trotsky, em “Peculiaridades do desenvolvimento da Rússia”, aguça sobre o tema e começa timidamente a notar que o espaço também faz parte desse processo de formação. Trotsky em sua análise diz que no processo de formação e desenvolvimento o capitalismo preparou uma universalidade e a permanência do desenvolvimento da humanidade, onde ele exclui a possibilidade de repetição das diversas nações, então este atraso em certas nações força a assimilar tudo antes do prazo, saltando uma série de etapas intermediárias. O desenvolvimento de uma nação historicamente atrasada conduz necessariamente a uma combinação original de diversas fases do processo histórico. A curva descrita toma no seu conjunto um caráter irregular, complexo, combinado.

No Brasil, esta categoria volta a ser discutida epistemologicamente na década de 1970, com a Geografia Crítica, caracterizada pelo materialismo histórico e dialético e tendo como principal expoente Milton Santos. O espaço passa a ser considerado como o *locus* de reprodução do capital e da sociedade, ou seja, das relações sociais. As diferenciações entre os lugares tomam-se expressão de diferentes formações econômicas e sociais representativas de modos de produção específicos. A contribuição de Milton Santos, baseado nas ideias de Henry Lefébvre, está no estabelecimento do conceito de formação socioespacial, derivado do conceito de formação socioeconômica. Santos (2008b) aponta que foi Sereni o responsável por reabrir o debate sobre formação econômica e social. Neste sentido, “[...] a categoria expressa a unidade e a totalidade das diversas esferas – econômica, social, política, cultural – da vida de uma sociedade, daí a unidade da continuidade e da descontinuidade de seu desenvolvimento histórico” (SANTOS, 2008b, p. 24).

Milton Santos lembra que a categoria de formação social está ligada às relações horizontais e às relações verticais, sendo que a primeira oferece para análise a estrutura interna da sociedade e a segunda indica as relações de uma sociedade com as outras sociedades, alertando para a abordagem histórica a ser dada em pesquisas:

Se a geografia ou, para ser menos paroquial, as ciências do espaço desejam interpretar o espaço humano como o fato histórico que, antes de tudo, ele é, só a história da sociedade mundial e a história da sociedade local podem servir como fundamento à compreensão da realidade espacial e aos esforços para transformá-la, pondo-a ao serviço do homem. Pois a história não se escreve fora do espaço e o próprio espaço sendo social, não há sociedade a-espacial (SANTOS, 2008a, p. 246).

Assim, a categoria de formação econômica e social (FES) seria mais adequada para abordar estudos sobre o espaço, já que o espaço, por si mesmo, é social, ou seja, formação socioespacial, sendo esta categoria utilizada para abordar uma sociedade “a noção de FES é indissociável do concreto representado por uma sociedade historicamente determinada” (SANTOS, 2008b, p. 27), ocorrendo formações socioespaciais distintas, conhecendo sua totalidade, num processo histórico de ocupação e impactos no ambiente natural e no espaço geográfico.