

The background of the cover is an aerial photograph of a tropical river system, likely in the Amazon basin. The water is a vibrant blue, winding through a dense green forest. A yellow grid is overlaid on the image, suggesting land use planning or agricultural expansion. The title is printed in large, bold, grey, sans-serif capital letters, centered over the image.

# DESAFIO AMAZÔNICO O FUTURO DA CIVILIZAÇÃO DOS TRÓPICOS

SCT/CNPq

Programa do Trópico Úmido

EDITORA



UnB

---

A questão amazônica tem inquietado não só a comunidade científica mundial, preocupada com a preservação ambiental do planeta, mas também a comunidade política e econômica. Esse sentimento tem provocado muitos debates que colocam algumas questões fundamentais para a compreensão do trópico úmido.

Objetivando aprofundar uma discussão *multidisciplinar* sobre como responder ao desafio amazônico para empreender um processo civilizatório, a Universidade de Brasília e a Fundação Joaquim Nabuco realizaram o 4º Congresso de Tropicologia sobre o tema 'O Futuro da civilização dos trópicos'.

Os conferencistas (físicos, geólogos, agrônomos, biólogos, ecologistas, políticos) foram convidados pelo seu conhecimento e experiência nas diversas áreas envolvidas na construção conceitual que se pretendia elaborar.

Os temas básicos foram apresentados em nove conferências, divididas em quatro grandes grupos: o conceito de tropicologia; o homem

---

**DESAFIO AMAZÔNICO: O FUTURO DA  
CIVILIZAÇÃO DOS TRÓPICOS**



FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

Reitor: Antonio Ibãnez Ruiz  
Vice-Reitor: Eduardo Flávio Oliveira Queiroz

EDITORA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

*Conselho Editorial*

Antonio Agenor Briquet de Lemos (Presidente)  
Cristovam Buarque  
Elliot Watanabe Kitajima  
Emanuel Araújo  
Everardo de Almeida Maciel  
José de Lima Acioli  
Luiz Humberto Miranda Martins Pereira  
Odilon Pereira da Silva  
Roberto Boccacio Piscitelli  
Ronaldes de Melo e Souza  
Vanize de Oliveira Macêdo

Este livro contém trabalhos apresentados no 4º Congresso de Tropicologia, realizado em 1987, sob o patrocínio da Universidade de Brasília e da Fundação Joaquim Nabuco, e organizado por José Walter Bautista Vidal, que também participou da seleção dos textos incluídos neste volume.

A edição foi possível graças ao apoio recebido da Secretaria de Ciência e Tecnologia e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), por meio do Programa do Trópico Úmido, administrado pela Coordenação de Programas Estratégicos do CNPq. Também participou da produção desta obra o Núcleo de Estudos e Pesquisas em Energia da Universidade de Brasília.

**DESAFIO  
AMAZÔNICO  
DE FUTURO  
PLANTANDO  
NOSSAS ESPERANÇAS**

**Sergio de Salvo Brito (ed.)**

*SCT/CNPq*  
Programa do Trópico Úmido

EDITORA  
  
UnB

Este livro ou parte dele  
não pode ser reproduzido por qualquer meio  
sem autorização escrita do editor

Impresso no Brasil

Editora Universidade de Brasília  
Campus Universitário – Asa Norte  
70910 – Brasília – Distrito Federal

Copyright © 1990 by Editora Universidade de Brasília  
Direitos exclusivos para esta edição:  
Editora Universidade de Brasília

*Supervisão Editorial*

Regina Coeli Andrade Marques

*Equipe Editorial:*

Amabile Pierroti  
Fátima Rejane de Meneses  
Regina Coeli Andrade Marques  
Thelma Rosane Pereira de Souza  
Wilma Gonçalves Rosas Saltarelli

*Supervisão gráfica:*

Antônio Batista Filho  
Elmano Rodrigues Pinheiro

*Capa:*

Elmano Rodrigues Pinheiro

ISBN

85-230-0298-7

Dados de catalogação na publicação (CIP)  
da Câmara Brasileira do Livro (CBL)

---

Desafio amazônico: o futuro da civilização dos  
trópicos / Sérgio de Salvo Brito (ed.). – Bra-  
sília : Editora Universidade de Brasília ; CNPq  
1990. 6

247.p  
90-1431

## SUMÁRIO

Os trópicos e a civilização: antecedentes históricos de um tema atual Sérgio de Salvo Brito	1
Gilberto Freyre e a tropicologia Fernando de Mello Freyre	17
Modificações da Amazônia nos últimos 300 anos: suas conseqüências sociais e ecológicas Enéas Salati	23
<i>DEBATES</i>	39
Ecologia, limnologia e aspectos socioeconômicos da construção de hidrelétricas nos trópicos José Galizia Tundisi	47
<i>DEBATES</i>	73
Diversidade biológica, paradigma para uma civilização tropical Herbert Otto Roger Schubart	87
<i>DEBATES</i>	99
A Amazônia e o clima da Terra Luís Carlos Molion	107
<i>DEBATES</i>	120
Formação de maciços florestais nos trópicos Maurício Hasenclever Borges	135
<i>DEBATES</i>	152
A questão energética mundial e o potencial dos trópicos Luís Pinguelli Rosa	165

<i>DEBATES</i>	184
Os trópicos e o Primeiro Mundo Senador Severo Gomes	189
<i>DEBATES</i>	198
Potencialidades para uma civilização dos trópicos José Walter Bautista Vidal	213
<i>DEBATES</i>	232

**A AMAZÔNIA E O CLIMA DA TERRA**

**Luis Carlos Molion**



Vou falar sobre um assunto bastante polêmico, e procurarei ser o mais didático possível, considerando a diversificação da audiência. Os que já têm algum conhecimento dessa área, perdoem-me, porém será necessário estabelecer primeiramente uma linguagem comum.

O clima de uma região é formado ou controlado pelo que chamamos de controles climáticos. Desses, o mais importante é a circulação geral da atmosfera, as circulações planetárias, mas existem outros fatores mais locais, como a cobertura da superfície, o ciclo hidrológico e as circulações em escala regional. Vou primeiro definir o que vêm a ser essas circulações planetárias.

As regiões equatoriais recebem muito mais energia do Sol que as regiões polares: basta lembrar que o pólo tem uma noite de seis meses, enquanto o equador recebe, sagradamente, durante todo o ano, doze horas de Sol por dia. Se não houvesse transporte de energia, existiria excesso de energia na região tropical e déficit na região polar. Hoje, estima-se que 80% desse excesso de energia são transportados para as regiões polares pela atmosfera e cerca de 20% pelos oceanos. De que maneira? De uma maneira extremamente simples: pela diferença de temperatura que é estabelecida entre o equador e o pólo. Fica mais quente na região equatorial, mais frio na região polar, e o resultado desse gradiente horizontal de temperatura – pode-se demonstrar isso – é o surgimento de uma circulação de massa e, portanto, de transporte de energia nesse fluido que é a atmosfera.

Nós quebramos essas circulações equatoriais ou tropicais – somente para efeito didático, porque a natureza não é analista, mas integradora – em duas células. Uma que é chamada ‘circulação de Hadley’ (em homenagem ao físico inglês que pensou pela primeira vez na sua existência, em 1760 aproximadamente), em que o ar aquecido na região equatorial torna-se mais leve, sofre um empuxo, sobe e, ao subir, provoca nuvens e chuva. Por questão de continuidade de massa, acaba descendo nas regiões em torno de 30° de latitude norte e sul.

A outra célula de circulação, no sentido leste-oeste, é chamada ‘circulação de Walker’, com ramos ascendentes sobre os continentes, e movimentos descendentes sobre os oceanos vizinhos. Isso ocorre porque nos oceanos, que constituem a maior parte do nosso planeta Terra – 70% da superfície são constituídos de oceanos – a água praticamente não absorve radiação nas primeiras camadas. A radiação penetra até cerca de 600 metros de profundidade, aquecendo assim um grande volume de água. Os oceanos também se movimentam mais rapidamente e então há o transporte dessa energia, o que não ocorre sobre o continente, onde a energia solar é absorvida naquele primeiro milímetro de solo ou na vegetação e a resposta ao aquecimento é muito mais rápida, havendo então subida de ar, formação de nuvens e chuvas sobre a região continental equatorial e descida de ar sobre as regiões oceânicas. O resultado destas circulações é o que chamamos, em meteorologia, de baixas pressões e

altas pressões. Na realidade, o barômetro mede o peso da coluna de ar sobre as nossas cabeças. Quando o ar começa a subir e é retirado da coluna a cerca de 10 quilômetros de altura, aquela coluna de ar fica menos pesada e o barômetro mede pressão baixa. Em contrapartida, na região que está com movimento descendente, o ar está se comprimindo contra a superfície, exercendo estáticas e dinâmicas, e o barômetro mede pressão mais alta.

Ocorre então que, com baixas pressões, o movimento ascendente leva umidade e há formação de nuvens e chuva; com altas pressões, ocorre exatamente o contrário. Neste último caso, costuma ocorrer ainda o que chamamos de inversão de temperatura, muito comum na região do Brasil central, especialmente durante os meses de inverno: à medida que o ar desce, ele se aquece na razão de 10°C por quilômetro, por efeito da compressão adiabática (que pode ser sentido, por exemplo, quando enchemos um pneu de bicicleta: aumentando a pressão da bomba, sentimos que ela se aquece). O resultado é que, a uma certa altitude, geralmente um quilômetro e meio a dois, o ar está mais quente do que a camada que está embaixo. Forma-se então uma verdadeira tampa sobre a atmosfera, que inibe a formação de nuvens, pois bloqueia qualquer movimento ascendente originado nestas camadas mais baixas: assim, nos grandes centros urbanos, o que costumava ser chamado de tempo bom passa a ser agora uma calamidade, porque essa tampa aprisiona os poluentes resultantes principalmente da queima de combustíveis (petróleo ou carvão), que podem atingir uma concentração nociva. O mesmo pode ocorrer no cerrado ou na Amazônia, como resultado da queima indiscriminada dos campos e florestas.

Então, a alta pressão está relacionada a movimento descendente, inversão de temperatura e inibição de chuva; a baixa pressão, à formação de nuvens e chuvas.

Vamos ver alguns exemplos da circulação de grande escala. Por exemplo, o que vêm a ser sistemas frontais?

Hoje temos comumente nas revistas e jornais as fotos de satélites meteorológicos. Nestas fotos, grandes formações de nuvens em forma de arco são exemplo típico de um sistema frontal. Para compensar as diferenças de temperatura e a má distribuição da radiação solar, massas de ar polar com 'deficiência de energia' caminham em direção às regiões equatoriais, enquanto massas de ar mais quente caminham em direção aos pólos. Como essas massas de ar têm densidade diferente – a mais fria é mais pesada e a mais quente, mais leve – forma-se uma superfície de separação e o ar tropical, mais quente, é obrigado mecanicamente a subir, originando então uma banda de nuvens de forma característica, pois, obviamente, o ar quente e úmido, subindo, produz nuvens e chuvas. Essa banda de nuvens de sistemas frontais, ou frentes frias (como são chamadas as interfaces de separação entre o ar frio de origem polar e o ar quente tropical), é muito importante para a produção de chuva, não só no sul do País, no cerrado, mas também (hoje sabemos, graças aos satélites) na Amazônia. Esse é o mecanismo dinâmico que vai converter o vapor d'água, isto é, a umidade, em água líquida a ser precipitada.

Nós temos também o que no jargão meteorológico chamamos de ZCIT – Zona de Convergência Intertropical. Observando-se séries plurianuais de imagens de satélites, pode-se constatar que, durante praticamente todo o verão, o Brasil central e a Amazônia estão literalmente cobertos de nuvens. E, nos trópicos, geralmente, quando se têm nuvens, tem-se chuva. Em abril, a nebulosidade começa a regredir, fazendo com que parte do Brasil central permaneça seca, com ausência de nuvens. Finalmente, em junho, julho e agosto, praticamente em todo o Brasil, inclusive na Amazônia, há ausência total de nuvens e, portanto, uma estação seca muito bem estabelecida.

Para mim a região que é realmente de floresta tropical chuvosa resume-se ao nordeste amazônico e a algumas áreas do litoral, onde chove mais de 300 dias por ano; o resto está em transição. E toda floresta em transição tem um equilíbrio muito delicado, que pode ser facilmente destruído.

Com a volta da primavera, bandas de nuvens voltam a aparecer, diagonalmente, nas regiões Sul – Sudeste e Norte – Nordeste, mas, no Brasil central, mantém-se uma faixa sem nuvens que se estende no sentido geral sudoeste – nordeste. Notem que interessante: a região do leste da Amazônia, Paragominas, sul do Pará, onde se implantaram muitos projetos de criação de gado, possui de 4 a 6 meses de estação seca, constatados nas imagens de satélites. Ora, é impossível manter uma pastagem em regiões onde não chove, em média, de 4 a 6 meses por ano: então, era perfeitamente previsível o que aconteceria com estes projetos; de cada 10 projetos financiados pela SUDAM, nove fracassaram. Bastaria ter estudado um pouco, antes, para ver que não era esta a região mais adequada.

Chamamos de circulações de mesoescala as circulações regionais. São muito bonitas. Recentemente, estivemos estudando estas circulações, e principalmente as linhas de instabilidade. Nossos estudos revelaram que estas linhas de instabilidade, algumas com até 4 mil quilômetros de extensão, formam-se na costa, em Belém, e propagam-se a uma velocidade de 50 a 60 quilômetros por hora, varrendo toda a Amazônia em cerca de dois dias, até atingirem a cordilheira dos Andes.

Essas linhas de instabilidade causam ventos fortes, de 70 a 100 quilômetros por hora, e uma intensa precipitação, de curta duração. Não existem em nenhum outro local do mundo, porque só aqui existe, ao lado de outros fatores, um grau de continentalidade suficientemente grande para que elas se formem e se desenvolvam.

Outro exemplo de fenômeno de mesoescala são o que chamamos de aglomerados de cúmulos. Podem chegar a atingir um diâmetro equivalente a 300 quilômetros e produzir uma intensidade de chuva da ordem de 30 a 40 mm por hora. Estes aglomerados, na ausência de outros fatores condicionantes da escala maior, tendem a se formar continuamente sobre a Amazônia; algumas vezes são formados por fenômenos externos à região.

Brisas marítimas não têm muito interesse para a Amazônia como um todo, mas podem ser importantes na região leste, onde se formam como resultado do

contraste térmico que se estabelece entre o continente e o oceano: durante o dia, o ar se aquece rapidamente sobre o continente e sobe (formando nuvens), e o resultado disso é a entrada de um ar mais frio, vindo do oceano, originando a brisa. À noite, acontece o contrário: o oceano esfria menos do que a superfície terrestre e a circulação se inverte, fazendo com que as nuvens se formem preferencialmente ao longo da costa. Isso é válido também para o Nordeste brasileiro, principalmente a região de Recife, Salvador, até o norte do Espírito Santo.

Falamos muito em Amazônia, mas quando vi o programa do seminário fiquei preocupado, porque o Nordeste também é trópico. Mas vejam que hoje, por exemplo, eu acredito – e espero demonstrar isso – que grande parte da seca que o Espírito Santo está sofrendo, assim como o sul da Bahia, é devida à alteração de uma situação anterior muito privilegiada: a distância de cerca de 150 a 200 quilômetros entre a linha da água e as serras estava coberta pela Mata Atlântica, que não existe mais. Conforme veremos mais adiante, a floresta controla o ciclo hidrológico local e sua retirada faz com que os efeitos de uma seca sejam agravados.

Um assunto muito importante: a cobertura da superfície. Já existem evidências de que desertos tendem a gerar desertos; em contrapartida, florestas tendem a manter as florestas. Um efeito do primeiro tipo já foi provado, por exemplo, no Sahe!; um do segundo tipo ocorre na Amazônia.

A floresta absorve cerca de 90% da energia solar incidente, enquanto um deserto apenas 60%; por outro lado, no deserto praticamente toda esta energia é utilizada para aquecer o ar, por convecção, enquanto na floresta de 50 a 75% de energia absorvida são utilizados para evaporar a água (graças à retenção da água pelas árvores e ao eficiente mecanismo de transpiração). A consequência final é que sobre o deserto cria-se uma coluna de ar mais quente que sobre a floresta, ou sobre áreas de transição.

Imagine-se agora um deserto cercado de áreas de transição: sobre o deserto, formar-se-á uma coluna ascendente de ar quente e seco (que não formará nuvens, pois seu teor de umidade é baixo) e, sobre a área de transição, um movimento descendente, uma inversão de temperatura, que inibirá a formação de nuvens: o deserto tende assim a perpetuar-se, e a expandir-se às custas da área de transição.

Na floresta, o ar aquecido está carregado de umidade, e formará nuvens e chuva, completando o ciclo. Por outro lado, na área de transição vizinha o ar estará mais quente, e este movimento ascendente será mais rápido; uma parte da umidade gerada sobre a floresta será arrastada por esta corrente, favorecendo a formação de nuvens e de chuva. Também a floresta tende a perpetuar-se e a expandir-se.

E evidente, no entanto, que outros fatores (climáticos, orográficos, geomorfológicos, etc.) influenciam este processo e, após certo tempo, atinge-se um equilíbrio floresta – área de transição – deserto. Este equilíbrio é, no entanto, instável: qualquer alteração das condições iniciais, principalmente nas áreas de

transição, pode rompê-lo, e iniciar um novo ciclo de expansão ou retração da floresta ou do deserto.

Sobre a floresta, o mecanismo básico é sempre o citado: uma parte majoritária da energia disponível é utilizada para evaporar água, uma parte menor para aquecer o ar; esse ar aquecido sobe, levando essa umidade, e, no momento em que forma nuvem e chuva, libera essa energia de volta para a atmosfera. Vejam que processo altamente eficiente de converter energia solar em uma fonte de energia para aquecimento da atmosfera: a coluna atmosférica sobre regiões como a Amazônia, a Indonésia, a África atua como fonte de calor para a atmosfera, no processo de conversão de umidade em chuva.

Para vocês terem uma idéia das energias em jogo, a liberação de calor latente na região tropical pode aquecer a alta troposfera, ou seja, entre 5 e 10 quilômetros de altura, em até 28°C por dia, o que significa uma quantidade tremenda de energia; um aglomerado de cúmulos de 300 km de diâmetro tem energia equivalente a dez bombas atômicas daquelas lançadas sobre Hiroshima e Nagasaki. Essa energia, uma vez liberada, aquece o ar e depois é transportada em altitudes para regiões fora dos trópicos. É aí que entra o problema do desmatamento em grande escala, visto sob o ponto de vista do clima da Terra.

Na Amazônia, na reserva do INPA e em colaboração com este, estamos estudando há cinco anos como a floresta troca energia com a atmosfera. Temos uma torre de 45 metros de altura, na reserva florestal, com instrumentos sofisticadíssimos. Lá descobrimos o seguinte: naquela região – e não deve variar muito, como disse o Dr. Salati, de uma região para outra – 17% da chuva, em média, não chegam ao solo, ficando interceptadas pela copa das árvores, pelas bromélias, orquídeas, casas de cupim, retornando diretamente para a atmosfera. Outra parte da água das chuvas é retida e evaporada ao escorrer pelos troncos ou no solo; finalmente, as plantas absorvem a água do solo através de seu sistema radicular e a evaporam através das folhas, utilizando-a principalmente como meio de transporte de nutrientes e de regulação de temperatura. No total, 50 a 75% da água das chuvas são devolvidos à atmosfera pela ação combinada da evaporação e da transpiração, em uma floresta densa.

Cortando-se a floresta, diminui-se o tempo de retenção da água e baixa-se o lençol freático; praticamente não há mais evaporação direta do solo, nem transpiração: a evapotranspiração como um todo é diminuída. Assim, há menos vapor e menos umidade para serem convertidos em chuva e, portanto, menos energia liberada para a atmosfera: resultado disso é que menos energia vai ser transportada para fora dos trópicos, ficando retida sob forma de calor sensível na atmosfera.

Já foi observado que, em áreas deflorestadas, a amplitude da temperatura diurna aumenta às vezes em 5 ou 6°C com relação ao que era antes. Nestas condições, com o desmatamento em larga escala da região tropical, o calor do Sol vai ficar cada vez mais confinado nos trópicos, porque se estará destruindo este mecanismo altamente eficiente de levar a água para cima, sob forma de vapor, condensá-la e jogar toda a energia liberada numa circulação maior, a grande

altitude. O que vai acontecer é que menos energia será transportada para os pólos, aquecendo-se a região tropical e reduzindo-se a temperatura média na região temperada. O receio de muitos estudiosos – é uma hipótese que está bem fundamentada fisicamente – é que esta evolução venha a acelerar uma nova era glacial: porque existem evidências de que estamos no final de um período interglacial quente e prestes a entrar numa era glacial. Portanto, o desmatamento, ao alterar o atual equilíbrio climático mundial, pode – não estou dizendo que vai – acelerar esse processo. Altera a fonte de calor, reduz a quantidade de energia liberada para a atmosfera e pode modificar o clima como um todo.

E a composição química da atmosfera? Eu costumava lecionar na pós-graduação, e o meu primeiro capítulo, sobre a radiação solar e terrestre, eu o chamava, à Jorge Amado: “De como não é necessária a existência de Deus para que se tenha vida neste planeta”. Este planeta é uma beleza. Ele é lindo na sua composição química, na sua distância em relação ao Sol, nos seus cinturões de Van Allen, que nos protegem de radiações cósmicas e de raios gama, aprisionando essas partículas de alta energia; e aí a atmosfera começa a fazer o seu papel.

Então, vamos voltar à Física básica para ver o que é o espectro eletromagnético. Quando falamos em espectro, todo mundo pensa em fantasma. Mas espectro, na realidade, é a classificação de todas as ‘radiações’ existentes. Então, comecemos pelas radiações de pequeno comprimento de onda, especialmente os raios gama e raios X.

Raios gama são produzidos, por exemplo, pelo césio 137, que criou tantos problemas em Goiânia; já os raios X são muito mais comuns, e muito mais conhecidos. Ambos (nesta ordem) são radiações de pequeno comprimento de onda e grande quantidade de energia. Segue-se a radiação ultravioleta, menos perigosa, mas também mortal: hoje, os hospitais mais bem equipados usam radiação ultravioleta para esterilizar seus equipamentos. E vejam que isso vem do Sol, bombardeando constantemente a Terra.

Depois passamos por uma pequena parte do espectro chamada visível, onde nossos olhos operam; pela radiação infravermelha, ou seja, calor; finalmente, as ondas de televisão, de FM, de rádio – ondas longas, de baixa energia.

O que interessa para nós, neste momento, são as radiações ultravioleta e violeta, o espectro visível e o infravermelho: 97% da energia solar estão concentrados nesse pedaço.

No ultravioleta, a faixa até 0,3 microns (o micron é a milionésima parte do metro), radiação de pequeno comprimento de onda, portando grande energia, e absorvida pelo ozônio, uma camada cuja concentração máxima se encontra entre 25 e 30 quilômetros de altura, formando um escudo protetor sobre o planeta; absorve energia de comprimento de onda ultravioleta, permitindo então que se estabeleçam aqui embaixo condições ideais para a vida.

Logo depois, na região visível, a atmosfera praticamente não absorve nada, com exceção de cerca de 30% que são refletidos de volta para o espaço pelas moléculas que compõem o ar (para os técnicos, o chamado Espalhamento

Rayleigh) e pelas nuvens; o resto passa direto, e aquece a superfície. É por isso que as temperaturas aqui são em torno de 30°C, enquanto a 10 quilômetros de altura elas estão a 60 ou 70°C abaixo de zero: uma diferença, em 10 quilômetros, de cerca de 90 a 100°C. Se a atmosfera absorvesse mais radiação solar, o perfil de temperatura se inverteria: seria mais quente lá em cima e mais frio aqui embaixo. Mas, felizmente para nós, o nitrogênio e o oxigênio, que compõem 99% da atmosfera, são inexpressivos em termos de absorção. Passa quase tudo, aquece o solo e a superfície aquecida irradia calor, infravermelho. O problema é que, se este calor não fosse devolvido ao espaço, a Terra seria uma verdadeira bomba: se só entra energia em um sistema, e não sai, ele acaba explodindo. Ora, a atmosfera tende a absorver o infravermelho, com uma única válvula de escape: na faixa entre 8 a 12 microns de comprimento de onda existe uma transparência, uma janela, através da qual a Terra perde energia para o espaço.

Mas aparece aqui um problema muito sério: duas substâncias, normalmente presentes na atmosfera em quantidades muito pequenas, absorvem energia principalmente nesta faixa de onda; do lado direito da janela, em torno de 15 microns, está a banda de absorção do gás carbônico, CO<sub>2</sub>; do lado esquerdo, a do vapor d'água. Assim, caso aumente a concentração destas substâncias na atmosfera, a janela pode ser quase completamente vedada, criando-se o chamado efeito-estufa (por analogia com as estufas utilizadas por alguns agricultores, cobertas de vidro, que deixam passar a luz do Sol mas não a radiação infravermelha).

Então, dadas duas regiões na mesma latitude, a Amazônia e o Saara, por exemplo, a primeira retém mais calor, porque sua atmosfera contém mais vapor d'água e o efeito estufa é maior.

Por outro lado, o CO<sub>2</sub> é um gás que é mais ou menos homogeneamente distribuído, mas, nos últimos cem anos, graças ao chamado desenvolvimento industrial, que passou a queimar freneticamente carvão e petróleo, lançando na atmosfera o gás carbônico armazenado durante milênios, a quantidade total de CO<sub>2</sub> na atmosfera já aumentou cerca de 25%. Ou seja, começou a fechar a janela, do lado direito; e é esperado que, até metade do próximo século, dobre a quantidade.

Se isso acontecer, mais energia vai ficar aprisionada dentro do sistema, e haverá um aumento da temperatura do globo. Isto é resultado de modelos matemáticos que simulam o clima. Vejam bem: a hipótese está aí. É possível que ocorra fisicamente? É possível. A natureza vai escolher essa alternativa como solução? Não sei. O importante é que as únicas ferramentas de que dispomos hoje para responder a estas perguntas são os modelos matemáticos, os quais nos levam à seguinte conclusão: dobrando a quantidade de CO<sub>2</sub>, a região equatorial terá um aumento de temperatura de 1 ou 2°C, mas na região polar a temperatura pode subir de 5 a 7°C. O gelo contido nas regiões polares começará a derreter, e pode-se imaginar o que aconteceria se, prosseguindo o processo, todo este gelo se transformasse em água.

A Antártica é um pedaço de gelo em cima do oceano, apoiado em terra firme. Quatorze milhões de quilômetros quadrados, 1,5 quilômetros de espessura

média – a América do Sul tem dezesseis milhões de quilômetros quadrados – um volume de 21 milhões de quilômetros cúbicos de gelo. Se isso derreter haverá uma elevação média de 130 metros nos níveis dos mares: Recife vira Atlântida. Só que isto ocorreria, na pior das hipóteses, dentro de 10 mil anos, o que não parece muito preocupante, até que se comece a fazer as contas. Cento e trinta metros em dez mil anos; treze em mil; 1,3 em cem anos; 13 centímetros a cada dez anos. Ai, já começo a me preocupar: e as minhas propriedades à beira-mar, como é que ficam? Treze centímetros já é algo bastante significativo, e dez anos não é tanto tempo assim.

E o que a floresta tem a ver com isso? Ainda não sabemos exatamente o papel da floresta na química da atmosfera. Por isso realizamos dois experimentos, em colaboração com a NASA e com o INPA (um, em 1985, na estação seca, e outro, em 1987, na estação chuvosa), para ver como a floresta se comporta. Já existem alguns resultados preliminares que indicam, por exemplo – e é óbvio –, que a floresta é um grande sintetizador de gás carbônico.

Então, no mínimo, se houver um desmatamento generalizado, os 25% que hoje se acredita serem fixados pela floresta vão sobrar na atmosfera. E, para ajudar, o famoso método de ‘corta e queima’ libera esse carbono que foi armazenado durante décadas. Então, tudo leva a crer que a retirada da floresta contribui para o aumento de gás carbônico na atmosfera, sem considerar os microorganismos do Dr. Schubart que também costumam fixar gás carbônico. No mínimo, a retirada da floresta contribui para obstruir esse lado direito da janela. O resultado: estaremos contribuindo para o aumento da temperatura no planeta.

Felizmente, vocês notaram – e alguém mais atento vai dizer: “Molion, no primeiro capítulo você disse que vem uma era glacial e no segundo você diz que aumenta a temperatura; então, se se retira a floresta, não vai acontecer nada?” Não é bem assim, porque, na realidade, quando você mexe com a fonte de calor, quando você tira a floresta e transforma a refletividade da superfície de 10 para 30 ou 40%, você está mandando mais energia para o espaço e, portanto, é muito mais provável uma era glacial ser acelerada e, conseqüentemente, uma diminuição natural do gás carbônico. Estudos chamados paleoclimáticos mostram que, durante as eras glaciais, a quantidade de gás carbônico na atmosfera era menor. Liberar gás carbônico tende a aumentar a temperatura, mas o fator mais importante é o controle do balanço de energia, principalmente de entrada de energia no sistema. Se você reduz a saída, mas entra muito menos energia no sistema, então menos energia vai ficar.

Estas são hipóteses que têm sido estudadas por meio de modelos matemáticos ainda muito imperfeitos. Mas não custa alertar: não vamos desmatar primeiro para ver o que acontece depois, vamos estudar primeiro.

Embora ainda não se conheçam bem os efeitos globais da destruição da floresta tropical, conhecem-se os efeitos locais, comuns a qualquer tipo de floresta, não só as tropicais. Já falamos sobre alguns deles, mas acho importante recapitulá-los.

Aumenta a amplitude de temperaturas. Já foi observado na África, em experimentos feitos em regiões desmatadas *versus* os pequenos bosques que sobraram, que o aumento da amplitude é da ordem de 6 a 8°C, devido a um aumento de 5°C na temperatura máxima e uma diminuição de 1 a 2°C na temperatura mínima.

A umidade também é reduzida. A umidade, em região de floresta, é da ordem de 80%; na região desmatada já foi observada em torno de 50 a 60%.

Ventos: o vento é acelerado na superfície. É lógico: se se retira a camada protetora, o vento agora passa mais próximo à superfície, que é aerodinamicamente mais lisa, e é acelerado.

A grande questão, a grande fonte de debate: chuva. É o parâmetro meteorológico mais importante nos trópicos, onde não existe problema de radiação solar, não existe temperatura como fator limitante – o fator limitante é água. Tudo indica, de acordo com os experimentos numéricos, que haverá diminuição da chuva com o desmatamento em grande escala.

Estudos recentes, ainda não publicados, de Dickinson e Anderson-Sellers, mostram que pode existir uma redução, em média, para a Amazônia, de até 20%. Com esta redução, quantidades imensas de energia deixarão de ser removidas da superfície amazônica pela evapotranspiração e encaminhadas aos pólos pelas correntes estratosféricas. Fiz os cálculos: são 300 milhões de megawatts – e me desculpe o Madeira, da Eletronorte, que está presente – que correspondem mais ou menos a 1,2 milhões de usinas hidrelétricas do porte de Balbina (admitindo que Balbina iria gerar 250 megawatts; como não vai, tenho que aumentar este número); e, aproximadamente, a 25 mil Itaipus, na sua capacidade máxima de geração. Esta energia vai ficar para aquecer o chão e não estará disponível para ser transportada em direção aos pólos.

Uma coisa extremamente comprovada em toda a região tropical: o chamado *run-off*, o escoamento superficial, muda completamente de características, uma vez retirada a floresta.

Contando-se apenas os 17% que, como já disse, são interceptados ao nível da copa das árvores, teríamos, imediatamente, em média, para a Amazônia, um adicional de 4 mil metros cúbicos de água de chuva atingindo o solo por hectare. Essa água, já com o solo compactado por máquinas e pisoteio de animais, vai para o rio como enxurrada, aumenta os picos de cheia e o resultado é que na estação seca o nível dos rios vai estar mais baixo. A floresta regula bem a água da chuva. Dr. Schubart fez, há mais de dez anos, um experimento de infiltração de água e obteve taxas dez a vinte vezes maiores no solo da floresta, por comparação com áreas vizinhas, transformadas em pastagem.

Então, o que acontece? Menos umidade no solo, nível dos rios mais baixo durante a estação seca; se for feita uma agricultura e não se utilizarem métodos adequados, as plantas sofrerão maior estresse de água. E não só no período da seca: basta ter dois ou três dias secos durante a estação chuvosa que as plantações serão afetadas.

Além disso, temos o problema da erosão e da degradação do solo. Em uma revisão de literatura relativa às regiões tropicais (principalmente na África, na Indonésia e nas Filipinas), foram encontradas taxas de até 334 toneladas de perda de solo, por hectare e por ano – isto significa que uma camada de aproximadamente dois centímetros e meio de solo é retirada da superfície e jogada nos rios por ano.

O resultado disso é altamente desastroso. Primeiro, porque a natureza leva milhões de anos para transformar a rocha em solo; segundo, porque se entopem todos os leitos dos rios; terceiro, porque muda a qualidade da água e, obviamente, da vida aquática – peixes, plâncton, etc. É um desastre.

Para terminar. É lógico que todo mundo pode criticar o modelo atual. É muito fácil: vai voltar a era glacial; vai aumentar o nível dos mares; quando você tira a floresta, destrói totalmente o ambiente; ocorre erosão etc.

Há soluções? Sim: desenvolver racionalmente. (Escrevi isso antes, mas agora, após a intervenção do Prof. Bautista, parece pleonasma: da próxima vez, vou retirar o ‘racionalmente’ e deixar só ‘desenvolver’.) É possível fazer isto com desenvolvimento racional. Posso me aventurar a colocar algumas pequenas soluções, embora tenha certeza de que nesta sala tem gente que sabe muito mais do que eu sobre isso.

*Técnicas silviculturais modernas.* Está na cara que se pode plantar uma floresta dentro de uma floresta, basta manejar aquilo que foi chamado pelo Dr. Schubart de agrossilviculturas. É possível fazer isso, não só com espécies nobres de madeiras mas também com palmáceas, por exemplo.

Lógico que, se a indústria extrativista não adotar uma visão mais moderna de seu processo produtivo, nada poderá ser feito. Não se pode pretender plantar e deixar que a floresta sustente. Na indústria de manufaturas, sabe-se há muito tempo que a manutenção adequada das máquinas e equipamentos e o suprimento de matérias-primas à linha de produção é fundamental para o sucesso da empresa. Até mesmo quando se deseja produzir um bebê de proveta, é necessário sustentar a mãe de aluguel durante a gestação. A mesma coisa poderia ser feita com a floresta.

Pode-se colocar, no seio da floresta, espécies nobres, plantadas em linhas geométricas, mas é necessário prover nutrientes, fertilizantes e outros cuidados silviculturais. É evidente: é necessário repor no solo os componentes que serão extraídos dele. Também não se vai plantar uma semente, porque a competição é muito grande – tem-se que criar a árvore em um berçário, e plantá-la já com um ou dois metros de altura, porque, a partir daí, com todos os nutrientes e mais a vantagem genética, ela cresce mais rapidamente que as espécies concorrentes, indesejáveis. Se os países nórdicos, onde a quantidade de energia solar é tão pequena, conseguem fazer isso, por que não podemos fazer na região tropical, onde a taxa de crescimento é da ordem de quatro a cinco vezes maior?

*Agricultura sombreada.* Diz-se que criar gado rende mais dinheiro. Eu provo que não. Cacao sombreado pode produzir cerca de 6 a 8 mil dólares por hectares, com os preços de hoje na Bolsa de Nova Iorque; café sombreado – há

espécies que produzem na sombra – de 7 a 9 mil dólares por hectare; feijão, da ordem de mil e duzentos dólares por hectare. Com boi, nas melhores condições usuais, ou seja, logo após a derrubada e queima da floresta (com o que se fertiliza o solo com aquele pouco nutriente que sobrou das árvores queimadas, porque o resto se evaporou, volatilizou-se), consegue-se, no primeiro ano, talvez nos dois ou três seguintes, manter um boi por hectare, o que dá 400 dólares por hectare. Depois de cinco anos, conforme já foi visto nessas fazendas de Paragominas, precisa-se de 10 hectares para manter um boi: ou seja, o ganho bruto será de 40 dólares por hectare, comparado com as outras culturas sombreadas, que dão 6 a 9 mil dólares. Dizer que vai derrubar a floresta para gerar recursos econômicos, mesmo com a febre da exportação, não convence. Os cifrões provam o contrário.

*Agricultura de várzea.* Isso aí é tão velho quanto a própria floresta amazônica. Os egípcios usavam esse sistema há dez mil anos: esperavam a água do Nilo subir e fertilizar as margens, e plantavam quando a água baixava. A Beth Meggers, já mencionada aqui, acho que pelo Dr. Carlos Augusto, mostrou em seu livro que as civilizações que mais floresceram na Amazônia plantavam em várzeas. Basta saber a periodicidade das águas, como sobem, como descem. A produtividade primária – o Dr. Schubart tem esses números melhor do que eu – na várzea é muitíssimo maior: gramíneas chegam a produzir algo em torno de 8 mil quilos por hectare. E é tudo fertilizado naturalmente: Os lagos do Tundisi vão ficar inteiros, com os peixinhos passando do rio para o lago e vice-versa, e se pode desenvolver uma agricultura altamente produtiva usando as várzeas. Pena que nunca mais ouvi falar do PROVÁRZEAS! Era uma das idéias boas; mas, como toda boa idéia neste País, fadada a desaparecer.

*Pecuária de várzea,* logicamente, quem não sabe disso? Eu acho que foi o Carlos Reis quem mencionou que o CEPATU/EMBRAPA não está envolvido na agricultura tropical. Isso é um fato: eles preferem plantar pimenta. Mas fazem, por exemplo, pesquisa com búfalo, que é um animal fantástico, muito bem adaptado. Se o carapanã vem encher a paciência dele, ele mergulha; se está inundado, ele vai buscar a grama que está lá embaixo. Mas por que não tartaruga, jacaré, anta, capivara e até o peixe-boi, criados em cativeiro, bem controlados? Não há nenhuma associação de proteção aos animais que fique berrando pelos milhões de galinhas que são mortas por dia no mundo. Produzir alimentos e matérias-primas para a indústria (couros, etc.), através da criação racional em cativeiro, e não pelo extermínio da vida selvagem, que então terá uma possibilidade de ser preservada.

Agricultura e pecuária de várzea, utilizando áreas inundáveis. É tão fácil! Pessoal dos Países Baixos inventou uma palavra bonita, pôlder, para designar aquelas terras que foram recuperadas do mar e que, hoje, são a base de sua produção agropecuária. Por que não se faz isso na Amazônia, em áreas que já estão inundadas e que são ricas em matéria orgânica? Fazer pôlderes e recuperar – não vou dizer tudo, mas uma parte delas.

Estima-se que 5% da Amazônia brasileira são planícies inundadas, várzeas (número do Projeto RADAM-Brasil). Cinco por cento de 5 milhões de

quilômetros quadrados são 25 milhões de hectares de várzeas que podem ser usados para uma produção altíssima, sem perturbar a floresta.

Ainda vou dar uma colher de chá para quem quer criar vaca. Se quiserem colocar pastagens ou qualquer outro tipo de agricultura, coloquem, mas por favor usem técnicas bem sofisticadas de conservação do solo. O balanço ideal, na terra firme, é uma proporção maior de florestas, menor de campos cultivados e menor ainda de pastagens.

Era isso o que tinha a dizer. Espero que esta palestra gere bastante polêmica e que cada um de vocês funcione como um novo pólo difusor destas idéias.

## DEBATES

**MARIA DO CARMO TAVARES DE MIRANDA** – Sem dúvida alguma, o Professor Molion, após projetar sua futura Atlântida, também apresenta suas soluções.

**HERBERT SCHUBART** – Existe a evidência de que, durante as glaciações, as florestas tropicais se retraem, enquanto avançam as regiões de cerrado semi-áridas. Há muitas evidências geomorfológicas e biogeográficas desse efeito na Amazônia, e isso inclusive tem uma relação com a atual diversidade de espécie naquela região, segundo a teoria dos refúgios do Pleistoceno. Na última glaciação, que terminou há três mil anos, grande parte da Amazônia teria sido ocupada, não por florestas tropicais, mas por cerrados e até caatingas, e a floresta úmida ter-se-ia retraído em ilhas, refúgios, nas regiões onde haveria maior concentração de chuvas e nas beiras de rios. Aí, então, a fauna e a flora, insuladas, separadas em populações distintas, puderam diferenciar-se. Hoje, encontramos o vestígio disso na distribuição geográfica de plantas e animais. Por exemplo, temos aves e plantas que ocorrem na margem de um rio e não na outra. Pensamos que a floresta amazônica é uma coisa homogênea, mas não é: existem centros de maior concentração de espécies, de maior diversificação, e áreas mais pobres.

Se estamos – e aí vem uma conjectura – como se pensa, no início de uma glaciação, é possível que grande parte, talvez metade, da Amazônia seja zona de transição; então, se começamos a derrubar, é provável que o que fica acabe se degradando mais rapidamente.

Com relação aos polders, gostaria de lembrar que foram utilizados no projeto de arroz do Jari, do Ludwig, para sistematizar a várzea. Só que o sistema que se faz lá é muito intensivo em energia fóssil, porque têm-se bombas enormes que, durante as cheias, bombeiam água para fora, e durante a vazante para dentro, para irrigar o arroz. Então, tem-se produção de arroz o ano inteiro, mas a economicidade disso é duvidosa.

Quero lembrar também que, provavelmente, a agricultura se originou numa região de várzea, na Mesopotâmia, onde hoje Irã e Iraque estão se digladiando.

LUÍS CARLOS MOLION – O Prof. Standberg, brasileiro, há quase vinte anos catedrático de Geografia na Universidade da Califórnia, em Berkeley, apresentou uma palestra no INPE, há mais ou menos um mês, que vai totalmente contra essa idéia de refúgio. Quando ele fez a coleta de todos os autores e mapeou os refúgios, viu que as informações eram desencontradas. Realmente, a idéia de refúgios é uma solução elegante, mas como a diversidade de espécies é muito grande, torna-se muito difícil tirar conclusões. E, climaticamente, não haveria razão para isso, o que é importante: climaticamente, não se espera que uma sub-região vá sobreviver isolada da outra, porque na região como um todo ter-se-ia um clima relativamente uniforme.

EDGAR KLINGER NEVES – Gostaria de perguntar ao Prof. Molion o seguinte: você chamou a nebulosidade que se forma na costa leste da Amazônia, mais ou menos na altura do Pará, de linhas de instabilidade. De acordo com os conceitos atuais, há um outro movimento, com relação ao qual eu tenho certas dúvidas. Em recente trabalho que escrevemos, nem lhe demos um nome, mas outros autores chamam-no de ‘ondas do leste’, porque estes movimentos das linhas de instabilidade têm o sentido de leste para oeste. Gostaria de uma rápida explicação sobre isto.

BAUTISTA VIDAL – A riqueza da exposição do Molion sugere algumas horas de debates. Vou fazer apenas duas perguntas. Uma delas é para o Prof. Schubart. Que influência tiveram as glaciações nessa abundância e riqueza biológica dos trópicos em relação às regiões mais setentrionais? Quanto às glaciações, o gelo chegou muito próximo do ponto onde hoje está Nova Iorque, enquanto na Amazônia teríamos savanas ou algo assim. Isso certamente deve ter tido influência no desenvolvimento da vida nestas regiões. Existem estudos importantes nesta área?

Segunda: essa previsão do início da próxima glaciação baseia-se em um contexto anterior, de eras passadas. Todos esses fatos que foram aqui discutidos referem-se a coisas novas, que não estão nesse contexto. Você vê alguma possibilidade de que estes fatos interfiram neste processo?

ATILIO DALL’OLIO – É uma questão muito simples sobre seu quadro otimista. Cortar a floresta significa, essencialmente, mexer no mecanismo de transporte de energia, regulado pela água. A água é um amortecedor nas transferências de energia: logo, se reduzirmos a quantidade de água envolvida no processo, como você previu, a transferência de energia vai ser muito mais violenta e muito mais rápida. Poderíamos esperar, em um futuro próximo, o surgimento, na Amazônia, de fenômenos químicos meteorológicos mais violentos, como os furacões?

LUÍS CARLOS MOLION – Eu também não queria que a desgraça fosse tão grande assim. Realmente, é possível que, com o maior armazenamento de calor sensível nas regiões equatoriais, instabilidades atmosféricas rápidas ocorram criando furacões. O exemplo típico que vemos é o redemoinho, aquele

pé-de-vento que leva poeira e papel para cima. Sabemos que aquilo é formado em condições de superaquecimento do ar que fica confinado próximo a superfície, até que o armazenamento de calor satura aquela camada de tal maneira que há uma inversão rápida da camada que está em cima com a de baixo. É possível. Não sei. Mas eu preferia não adicionar furacões ao meu quadro.

Com relação às linhas de instabilidade, acredito que seu início são ondas que se formam nos ventos alísios, sobre o oceano, e que, quando chegam à costa, explodem numa formação fantástica de nuvens. Mas a partir daí, elas se deslocam com sua própria energia. Esperamos esclarecer isso com os dados que temos de medidas que realizamos em abril e maio, quando colocamos seis estações de rádio-sondagem pegando toda a Amazônia brasileira, com quatro sondagens por dia.

Com relação à pergunta do Bautista Vidal, é lógico que a modificação das condições ambientais vai interferir no processo hipotético de desenvolvimento de uma nova era glacial. No caso, por exemplo, do aumento do CO<sub>2</sub>, poder-se-ia mesmo pensar num sistema de realimentação, de *feedback* negativo, onde o sistema é trazido de volta à sua condição inicial. Por exemplo: aumenta o CO<sub>2</sub>, aumenta a temperatura, aumenta a evaporação; se aumenta a evaporação no globo como um todo, deve aumentar a quantidade de chuva e a nebulosidade, e mais energia solar será refletida de volta para o espaço, o que tenderia a esfriar o sistema, fazendo-o retornar à condição inicial. Podem-se imaginar vários ciclos desses, de *feedbacks* positivos e *feedbacks* negativos.

Mas é bom lembrar que, todas as vezes que falamos em circulações de escala planetária, que envolvem essas transformações de fase da água, de vapor para líquido e vice-versa, estamos falando em quantidades enormes de energia. Eu já dei o exemplo: apenas uma redução de 20% na chuva média da Amazônia corresponde a 300 milhões de megawatts. Não acredito que o homem tenha condições de interferir nesse processo, tendo em vista a quantidade de energia envolvida.

HERBERT SCHUBART – Vou retomar um ponto que ficou um pouco confuso. Há evidências de que, durante as glaciações, as regiões tropicais úmidas são ocupadas por climas áridos. O clima na Amazônia foi, durante a última glaciação, semi-árido, com cerrados e até mesmo caatingas. Levantei a hipótese de que, eventualmente, ao longo do período, tenham permanecido áreas isoladas de florestas, ao longo dos rios, por exemplo, como se vê hoje no cerrado, nas veredas.

O ponto que levantei foi o seguinte: se hoje estamos entrando, como alguns admitem, em uma nova era glacial, possivelmente a floresta amazônica já se encontra em um equilíbrio instável. E você demonstrou, pela cobertura de nuvens, que metade da região tem muito menos chuva do que se pensa.

A outra pergunta que ia fazer, mas não fiz, é com relação ao *El Niño*, sobre o qual ainda não se falou. O que me impressiona muito no *El Niño* é que pequenas variações na temperatura da superfície do oceano, no Pacífico tropical, podem

causar modificações na circulação da atmosfera que abrangem praticamente o mundo todo. Eu gostaria que você esclarecesse um pouco esse assunto.

LUÍS CARLOS MOLION – Sobre a primeira questão, é muito difícil saber se, durante as eras glaciais, os trópicos ficam mais secos como um todo. Ou seja, se o total anual de chuva diminui. É provável que sim. Mas os experimentos numéricos, os modelos matemáticos de simulação de clima, têm demonstrado que a retirada da floresta implica uma redistribuição espacial e temporal das chuvas. O argumento principal para isso é que, quando se retira a floresta, diminui muito a transferência de quantidade de movimento do fluxo atmosférico a baixa altitude para a superfície. Temos medido taxas enormes de transferência na Amazônia: a mil metros de altura têm-se ventos de 8 a 10 metros por segundo, de 30 a 40 quilômetros por hora, enquanto que a 10 metros acima da copa não chega, em média, a 2 metros por segundo. É uma redução drástica de um fator 4, que só pode ser explicada pela rugosidade aerodinâmica da floresta, que produz movimentos turbulentos e aumenta a eficiência da transferência de quantidade de movimento do escoamento para a superfície. Retirada a floresta, acelera-se o campo de vento nos baixos níveis, os únicos que interessam, pois ali está todo o vapor d'água.

Então, onde está entrando vapor d'água com os ventos alísios, a velocidade do vento aumenta, o que tenderia a fazer predominar, na formação de nuvens, o que chamamos de efeito orográfico; assim, a cordilheira e mais o maciço da Guiana tenderiam a ser mais úmidos e o centro da bacia tenderia a ficar mais seco. Os modelos numéricos hoje utilizados indicam uma redução de 20% na precipitação, o que já é uma quantidade enorme para a Amazônia. No que se refere às teorias dos refúgios não as contestei; apenas disse que acreditava nelas até há um mês e meio, quando o Prof. Standberg mostrou evidências de que pode ser que não seja bem assim... No momento, acredito que somente a acumulação e análise de novos dados e observações permitirão confirmar ou rejeitar estas teorias.

Sobre o *El Niño* poder-se-ia fazer uma nova palestra, de mais ou menos uma hora. De fato, é um tema que voltou a aparecer muito fortemente na literatura nos últimos cinco anos, pelo fato de que o *El Niño* que ocorreu em 1982/83 foi muito desastroso: matou milhões de pessoas em todo o mundo (no Brasil, houve muitas vítimas no Paraná e Santa Catarina); a perda material é avaliada, no Brasil, em 5 bilhões de dólares, na Austrália, em 2,5. Estas perdas humanas e materiais devem-se, em algumas regiões, à seca; em outras, à enchente. É uma característica deste fenômeno: provoca normalmente secas severas nos trópicos e excesso de chuva fora dele, isto em escala mundial.

Para se compreender *El Niño*, deve-se partir de uma constatação empírica: quando se comparam as pressões barométricas médias na bacia do Pacífico, verifica-se que, normalmente, têm-se altas pressões sobre a costa oeste da América do Sul e baixas pressões sobre a Austrália, Indonésia etc.

É difícil precisar uma causa para esta diferença de pressões: resulta provavelmente de um equilíbrio dinâmico entre diferentes fatores, muitos deles

interdependentes, o que torna difícil definir o que é causa e o que é efeito; um equilíbrio não muito estável, como será visto a seguir. De qualquer forma, tudo isto está evidentemente ligado à rotação da Terra e à enorme extensão lisa que é o Pacífico: vinte mil quilômetros no sentido leste-oeste, a metade da circunferência do globo.

A diferença de pressão (e, sempre, a rotação da Terra) faz com que os ventos predominantes sobre o Pacífico soprem na direção leste-oeste, da América do Sul para a Ásia e Oceania. Este vento, por atrito, cria correntes oceânicas na mesma direção, que tendem, por assim dizer, a empilhar a água do outro lado do Pacífico, principalmente na região próxima ao equador. Obviamente, a água que está viajando debaixo do equador recebe grandes quantidades de energia e, quando chega do outro lado, depois de ter viajado vinte mil quilômetros, está mais quente do que quando partiu, com temperaturas médias da ordem de 28, 29°C.

Então, há um acúmulo de água quente lá e o nível dos mares é, em média, 40 centímetros mais alto lá do que aqui. Por continuidade, como esta água está sendo retirada da superfície do oceano, junto às costas da América do Sul (uma barreira natural), a água fria tem que subir e tomar o lugar. Ora, esta água é rica em plâncton, que atrai os peixes e os pássaros. Então, esta é uma das regiões mais piscosas do mundo: desde o tempo da colonização espanhola a pesca tem sido o elemento principal da economia nesses países, bem como o guano, produzido pelos pássaros, matéria-prima para a fabricação de pólvora e de fertilizantes, o famoso salitre do Chile, que é o nitrato de sódio.

Devido à importância econômica deste fenômeno, suas anomalias foram cuidadosamente estudadas. Em certos anos, os peixes e os pássaros desapareciam, o que reduzia a pesca e a produção de guano: observou-se que isso estava associado com a intrusão de águas mais quentes. Como isso ocorria próximo ao Natal, no final do ano, em novembro, dezembro, deram o nome de *El Niño*, referindo-se ao Menino Jesus, embora este *niño* fosse muito desastroso.

Hoje, sabemos que este aquecimento das águas está ligado a uma inversão: a pressão fica mais alta na Indonésia e na Austrália e mais baixa na América do Sul. O resultado é que, rapidamente – e rapidamente é coisa de setenta a oitenta dias – toda essa água quente, que estava acumulada, volta. É como se uma bacia de água fosse colocada em um carro que acelera: a superfície da água inclina-se no sentido contrário ao do movimento. Freando-se o carro, a superfície tende a voltar à horizontal, e, neste processo, formam-se ondas extremamente rápidas. No Pacífico, estas ondas, chamadas ondas de Kelvin, transportam a água quente acumulada no Pacífico ocidental até as costas da América do Sul, a uma distância de 20 mil quilômetros, em cerca de oitenta dias.

Ora, a água quente literalmente atrai a atenção da atmosfera: então, as nuvens que se estavam formando sobre a Amazônia e sobre a Indonésia passam a se formar sobre o Pacífico: o resultado é uma mudança drástica na circulação tropical.

Assim, num ano normal existem movimentos ascendentes e formação de nuvem e chuva em cima dos continentes (Amazônia) ou da água quente (Indonésia); no ano do *El Niño*, existem correntes ascendentes, nuvens e chuva em cima do oceano. Por continuidade, devem-se formar, em áreas muito maiores que o normal, correntes descendentes, inversões de temperatura e inibição de chuvas.

Nos anos normais, o ar sobe na Amazônia e desce sobre o Nordeste brasileiro, uma região semi-árida por natureza, por causa dessa circulação que se estabeleceu provavelmente há cerca de dezoito ou vinte mil anos.

No ano do *El Niño* a situação se agrava, porque agora não é só o Nordeste, mas a Amazônia como um todo, que sofre um tremendo período de seca: só que, como a densidade populacional é pequena e a quantidade de água no sistema é enorme, ninguém reclama na Amazônia.

Mas, para se ter uma idéia, o rio Trombetas, a montante da cachoeira Porteira, com uma bacia de acumulação de 80 mil quilômetros quadrados de floresta, chega a atingir em torno de treze mil metros cúbicos por segundo na estação chuvosa – em janeiro de 1983, em consequência do *El Niño*, estava com 43 metros cúbicos por segundo. De 13 mil passou para 43! De março a maio de 1983, na região do semi-árido nordestino, no sertão, choveu menos de 20% da média, uma redução de 80% (em todo o Nordeste, a redução foi de 40%). Isso permite uma idéia da redução drástica que ocorre em virtude desse movimento descendente de ar, que inibe tremendamente a formação de nuvens e chuvas.

A precipitação média em toda a Amazônia central, nos meses de janeiro e fevereiro de 1983, foi inferior a 30% da média para estes dois meses.

Outro aspecto interessante do *El Niño* é que ele tem a sua contrapartida na atmosfera, que é chamada de oscilação sul, um fenômeno nitidamente bipolar: quando a pressão barométrica sobe no Pacífico ocidental, desce no Oriente, e vice-versa.

A análise estatística mostra, por exemplo, uma correlação muito estreita (coeficiente 0,8 a 0,9) entre a pressão em Darwin, no norte da Austrália, e no Taiti, na Polinésia francesa, que fica mais ou menos 150° a leste: quando a pressão está mais baixa em Darwin, está mais alta no Taiti; quando sobe a pressão em Darwin, desce no Taiti. Então, fica uma espécie de gangorra barométrica, com pressões altas e baixas se alternando. Este fenômeno é repetitivo, ocorrendo mais ou menos a cada dois anos, mas não tem uma periodicidade fixa. E está nitidamente correlacionado ao estabelecimento ou não do *El Niño*. Só não sabemos quem vem antes, se é a variação de pressão ou se é o *El Niño*: é como a antiga dúvida sobre o ovo e a galinha.

Mas o fato é o seguinte: quando há uma variação de pressão, e esta está mais alta em Darwin e mais baixa no Taiti, o vento é desacelerado daqui para lá, o que favorece o retorno da água quente. Isso é medido por um índice, que exprime a diferença entre a pressão do Taiti e a pressão de Darwin: quando este índice é negativo, estamos num ano *El Niño*; quando é positivo, estamos num ano anti-*El Niño*, ou '*La Niña*'.

Existem evidências. No ano de 1958, por exemplo, houve deficiência de chuva sobre toda a Amazônia e o Nordeste brasileiro, e também sobre a África e a Austrália: a escala do fenômeno é planetária, atinge regiões que estão a 20 mil quilômetros de distância uma da outra. Quando ocorre o *El Niño*, toda a região tropical fica mais seca.

Certa vez, fiz uma correlação entre anos de seca no Nordeste e anos de ocorrência de *El Niño*, demonstrando que todas as grandes secas no Nordeste, em particular as de 1977, 78 e 79, estiveram associadas com este.

Este ano, talvez estejamos partindo para um outro *El Niño*. Começou a se estabelecer em setembro de 1986, o índice de oscilação sul esteve negativo durante todo o ano de 1987 e, no final de setembro, a temperatura na superfície do oceano, ao longo de quase toda a costa da América do Sul, estava 1°C acima da média, enquanto uma área relativamente extensa estava a 2°C acima da média, e existiam já áreas localizadas com uma anomalia de 3°C. Estes dados são de setembro; o *El Niño* firma-se no final de novembro, começo de dezembro. Então, precisamos estar atentos. Se a análise dos dados do mês de novembro, que esperamos ter completado até o dia 10 de dezembro, indicar que houve um sensível aumento na temperatura, então este *El Niño* vai estar estabelecido: o resultado disso será seca no Nordeste e na Amazônia, e enchentes no sul do País – estas últimas causadas pelo que chamamos de bloqueio no escoamento atmosférico.

A idéia deste bloqueio é mais ou menos como uma pedra num riacho raso: a água contorna a pedra e segue adiante. Pode-se imaginar essa zona de alta pressão – com o ar descendo sobre toda a Amazônia e o Nordeste – como se fosse uma pedra no caminho do escoamento atmosférico. E os sistemas frontais, as frentes frias, que vêm do Sul e normalmente subiriam até o Nordeste e a Amazônia, terão que contornar esta pedra, saindo pelo oceano Atlântico, e não produzirão a chuva que deveriam produzir na Amazônia e no Nordeste; como, por outro lado, devido ao bloqueio, as frentes frias permanecem mais tempo na região Sul, a tendência é um excesso de precipitação naquela região.

Antigamente acreditávamos que as frentes frias não tinham grande influência sobre as chuvas na Amazônia, mas hoje admite-se que elas são a causa do máximo secundário de chuva que se encontra na Amazônia, no interior do continente. Normalmente a massa de ar úmido que penetra nos continentes, proveniente do oceano, tende a ir-se precipitando e se enxugando, ficando seca: então, em quase todas as regiões do mundo, o que se vê é que a costa é muito úmida e o interior é seco. Na Amazônia, a costa é úmida, depois passa-se por uma região de mínimo de chuvas, mas volta-se a ter uma região de máximo, tão grande quanto a da costa. E a única explicação para isso é que a floresta fornece o vapor d'água necessário, mas são as frentes frias que convertem este vapor em chuva. Assim, quando essas frentes são bloqueadas sobre o sul do País, é evidente que vai diminuir a precipitação na Amazônia.

Mas este bloqueio de frente fria pela alta pressão e pelo jato subtropical tem outras conseqüências. A frente ficará estacionária em cima do Rio Grande do Sul

e Santa Catarina, e aí, durante duas ou três semanas consecutivas, será alimentada pelo ar quente e úmido vindo da Amazônia, que fornece todo o vapor de água, todo o combustível necessário. E aí temos o mecanismo dinâmico que vai transformando constantemente o vapor d'água em chuva. O resultado é catastrófico. Tome-se o exemplo da bacia do Itajaí, que está logo abaixo da linha do trópico: em julho de 1983, a vazão do rio Itajaí afastou-se da média mais de quatro vezes o desvio-padrão, o que, admitindo-se uma distribuição gaussiana, corresponde a uma probabilidade de uma em dez mil, ou algo assim. Em Blumenau, o rio subiu 18 metros. Se não me falha a memória, só naquele mês houve cerca de 170 mortes no estado de Santa Catarina, devidas às enchentes.

Tenho feito correlações, ao longo do tempo, desses fenômenos. Recentemente, apresentei um trabalho, publicado na *Revista Brasileira de Engenharia*, no *Caderno de Hidrologia*, onde a vazão do rio Trombetas foi correlacionada com o índice de oscilação sul. Encontra-se um índice de correlação muito elevado e, a partir deste resultado, conhecidas as pressões barométricas em Darwin e no Taiti, é possível fazer previsões do volume de água no rio Trombetas. Quer dizer, usando um índice de coisas muito distantes da região amazônica, do Pacífico, dá para se prever, qualitativa e mesmo quantitativamente, certos parâmetros climáticos daquela região.

Fiz a mesma coisa para o rio Paraná. Evidentemente, a correlação aqui é invertida, porque quando há seca no Norte/Nordeste há excesso de chuva no Sul; quando o índice de oscilação sul é negativo, o desvio da vazão do Trombetas também é negativo, mas no Paraná é positivo; quando ocorre o contrário, o rio Paraná baixa. Neste caso, o índice de correlação, para 78 anos de observação, foi baixo, o que indica que há outros fatores interferindo, os quais, em anos próximos do normal, são preponderantes e mascaram a influência da oscilação sul. Mas, para nós, prever vazões um pouco acima ou um pouco abaixo da média teria pouca significação: o importante é prever eventos extremos, as secas e inundações catastróficas, a fim de que se pudessem adotar, com antecedência, medidas de defesa e de proteção às populações atingidas.

Ora, a simples inspeção das séries estatísticas mostra que, cada vez que a oscilação sul atingiu grande amplitude e se sustentou por um período maior, houve seca ou inundação no sul do Brasil.

Limitando-se a regressão aos pares de vazão do Parana/índice de oscilação que se afastavam mais de um desvio-padrão da média (e, como a série é longa, foram identificados 103 pares), o índice de correlação subiu para -0,74, o que é bastante significativo. Assim, quando o índice de oscilação sul está negativo, existe um risco sério de inundações na região Sul – e, como há uma defasagem de cerca de seis meses, é possível adotar medidas preventivas, a fim de evitar prejuízos para a agricultura e, principalmente, a perda de vidas. O problema é saber até que ponto investir neste sistema de prevenção, o que depende da avaliação de quanto vale uma vida humana. Em países mais avançados, gastam-se enormes fortunas para se proteger o homem. Mas, no Brasil, a vida humana vale pouco: vale 40 dólares por mês, o salário mínimo. Mas o homem deveria ser

o objetivo principal de nosso projeto de desenvolvimento: de que adianta termos um desenvolvimento tecnológico fabuloso, se a maior parte da população não está usufruindo de seus resultados, ou seja, se as riquezas continuam cada vez mais concentradas nas mãos de uns poucos, enquanto a maior parte da população vive uma situação pior do que a dos animais, porque alguns destes são mais bem tratados do que os seres humanos?

Voltando a *El Niño*. Já sabemos que, quando o índice de oscilação sul se apresenta francamente negativo no mês de agosto, e se mantém nesta situação até novembro, o *El Niño* deverá firmar-se e manter-se pelo menos até abril. E, se isto acontecer, a precipitação total na Amazônia, no Nordeste e no Centro será muito inferior à média. O que não quer dizer que não haverá chuvas, mas que sua distribuição será provavelmente anormal, caótica. Ainda não temos condições de prever esta distribuição em detalhe, mês a mês, por exemplo, o que dificulta enormemente as coisas.

Veja-se, por exemplo, a distribuição de chuvas no Nordeste nos anos de 1979 a 1984, que foi aquele período chamado de sete anos de seca. O problema nesses anos não foi tanto a quantidade total de chuvas, mas sua distribuição no tempo. O primeiro ano da série, 1979, foi normal para seco; já em 1980, choveu acima da média, mas caiu tudo em fevereiro e o resto do período foi seco; o ano de 1981 começou seco, foi úmido em março, e seco de novo; finalmente, 1982 e 1983 foram anos extremamente secos – pois nestes anos ocorreu um *El Niño* que, acredita-se, foi o mais forte do século. O ano de 1984 foi chuvoso.

No caso específico do Nordeste, a única solução viável é o melhor gerenciamento ou manejo dos recursos hídricos existentes. O homem tem, obrigatoriamente, que fazer o que a natureza não faz: distribuir melhor a água ao nível da superfície do solo, tanto espacial quanto temporalmente. Como já mencionamos, isto implica adotar-se uma tecnologia que já era conhecida há 10 mil anos: coletar a água e distribuí-la ao longo do tempo e em uma área maior, para consumo da população e dos animais, e para a produção de alimentos. Criadas estas condições – e duvido que alguém diga o contrário – o Nordeste poderia alimentar todo o Brasil por tempo indeterminado.

**NÃO-IDENTIFICADO** – Tem havido aumento na frequência de surgimento do *El Niño* ultimamente, nestas séries históricas que você estudou?

**LUÍS CARLOS MOLION** – Volto a dizer: oscilação sul e *El Niño* estão acopladas, um é irmão do outro, irmão gêmeo. No oceano, o *El Niño*; na atmosfera, oscilação sul. Mas não é um fenômeno periódico. Vocês podem imaginar que essas pressões atmosféricas funcionam como se fossem um tanque de água colocado sobre um veículo que percorre, em alta velocidade, uma estrada não pavimentada, de superfície irregular – a água está sempre em agitação, sua superfície ora vai se inclinar para um lado, ora para o outro. A mesma coisa ocorre nesse fluido que é o ar: a pressão sobre o Pacífico oscila, ora mais alta em Darwin e mais baixa no Taiti, depois ao contrário. Não conhecemos a origem dos impulsos que causam esta oscilação e não conhecemos suas leis. Há muita coisa que não sabemos – porque em certos anos ela oscila com uma amplitude menor,

em outros com amplitude maior, por exemplo. Tenho algumas idéias sobre o mecanismo desta oscilação, acho que existe um *feedback* dentro do próprio sistema: se num ano chove demais em uma determinada região, forma-se maior quantidade de nuvens e uma quantidade maior de radiação solar é refletida de volta para o espaço; em conseqüência, a coluna atmosférica sobre aquela região ficará mais fria, e a tendência é o sistema restabelecer o equilíbrio. Assim, o próprio sistema regula a entrada de energia solar, e é esta regulação que faz oscilar. É por isso que volto a dizer que esse fenômeno do *El Niño*/oscilação sul está muito ligado à Amazônia.

Vamos fechar agora, então, falando de novo sobre a Amazônia. Gostaria de voltar àquela idéia: uma parte do ar que sobe formando nuvens de chuva na Amazônia desce sobre o oceano Pacífico. Ora, a água quente acumulada no Pacífico ocidental também provoca uma corrente ascendente naquela área, e uma corrente descendente no Pacífico oriental – assim, a convecção na Amazônia reforça a contribuição vinda do Pacífico ocidental, criando altas pressões sobre o Taiti. Pode-se observar estatisticamente que, nos anos em que chove mais na Amazônia, a pressão no Taiti é mais alta.

A devastação das florestas, na Indonésia, nas Filipinas, em Bornéu, no Ceilão, não altera muito a situação: naquela região, a fonte de energia envolvida é a própria água quente do Pacífico. Na Amazônia, a fonte de energia são os sete milhões de quilômetros quadrados de floresta debaixo do equador. E aí é que está o perigo: reduzir as dimensões desta floresta significa reduzir a potência da fonte de energia, e não sabemos as conseqüências disto, na escala planetária. Uma possível conseqüência seria, como já disse, um transporte menor de energia em direção às latitudes extratropicais e uma possível aceleração de uma nova era glacial. Essa é uma hipótese bem fundamentada, mas realmente não sabemos o que vai acontecer, não temos números concretos para avaliar isso, nem mesmo estimativas. Se a floresta for reduzida, por exemplo, de 5%, já causa um efeito, ou não? Qual o percentual de redução a partir do qual os efeitos se tornarão sensíveis? E quais serão estes efeitos, realmente? Uma coisa é certa: se botarmos a motosserra e tirarmos toda a vegetação, veremos quais são estes efeitos, mas aí eles serão irreversíveis.

**BAUTISTA VIDAL** – Acho que a exposição de hoje foi absolutamente fundamental para entendermos os trópicos.

Eu queria trazer a esta discussão a questão da energia elétrica no Nordeste, que, como mostrarei, tem implicações diretamente relacionadas com nosso tema. Segundo estudos da ELETROBRÁS, em 1993 exaure-se todo o potencial disponível de hidreletricidade no Nordeste e, a partir daí, a alternativa seria buscar energia na Amazônia. Em um prazo um pouco maior o mesmo acontecerá com o Centro-Sul. A idéia, então, é transformar a Amazônia numa grande fonte de hidreletricidade para o Nordeste e o Centro-Sul o que, além dos altos custos envolvidos, terá conseqüências sociais e ecológicas extremamente negativas para aquela região.

Estudos feitos no Nordeste, identificaram um potencial de plantação de florestas da ordem de 50 milhões de hectares, uma área suficiente para resolver, por um prazo bastante longo, a questão do suprimento de energia elétrica no Nordeste. Estou me referindo, evidentemente, à utilização de centrais termoelétricas a lenha, alimentadas pelo manejo renovável de florestas plantadas. Solução semelhante poderia ser adotada na região Centro-Sul, promovendo-se a recuperação de sua cobertura florestal, hoje devastada.

Pergunto, porque a ordem de grandeza de *El Niño* é uma coisa fantástica, do ponto de vista energético: se houvesse uma decisão inteligente – seria a primeira – de reflorestar, no caso do Nordeste, para resolver este problema premente e absolutamente impossível de resolver por outros meios, que é o de atendimento à demanda futura da eletricidade utilizando-se recursos locais, poder-se-ia esperar algum tipo de melhoria do clima, ou dos microclimas locais, na região? E de que ordem de grandeza deveria ser esta solução, para que o efeito fosse sensível?

LUÍS CARLOS MOLION – Aqui falamos em circulações planetárias que mostram claramente que o Nordeste é uma região onde já existe naturalmente, em média, descida de ar, e conseqüentemente, menos precipitação do que, por exemplo, na Amazônia.

Isso é gerado pela circulação geral da atmosfera, por essa circulação de Walker. Ocorre que os grandes problemas são exatamente nessas áreas de transição, como o Nordeste.

Antes de prosseguirmos, vamos lembrar que estamos falando de fenômenos em escala planetária, que envolvem quantidades fantásticas de energia. Então, para o Nordeste, soluções do tipo chamar um aviãozinho para produzir chuva é extremamente ridículo. Lógico que ao se reflorestar – e segundo o RADAM-Brasil são 75 milhões de hectares agricultáveis – a floresta passa a exercer um controle da água caída, como diz o espanhol. E ela é extremamente eficiente neste papel.

Se pegarmos, por exemplo, o mês de março deste ano, veremos que na região do semi-árido chegou a chover 800 mm num mês. Isto é muita água. Tendo uma floresta, ela vai regularizar a infiltração e vai dispor desta água devagarinho. A floresta é muito sovina, ela não solta água em grandes quantidades, ela é segura de si.

Mas há outros efeitos, como a redução da temperatura do ar: como a floresta retém a água, uma parte do calor solar será utilizada para a evaporação, reduzindo-se o calor sensível. Aumenta, assim, a umidade do ar, o que favorece o desenvolvimento da vegetação (inclusive as culturas agrícolas). Mas, aí pode aparecer um problema: hoje, uma das grandes características do Nordeste é o fato de ser seco e não permitir a propagação de doenças, porque é mais difícil uma moléstia, um fungo se desenvolver a 30°C e a 40% de umidade relativa, mas a presença da floresta, aumentando a umidade relativa, pode reverter esta situação favorável. Mas em termos de parâmetros microclimáticos, muda completamente, ameniza o clima, sem sombra de dúvida, e essa tem sido uma das nossas bandeiras: somos pela implantação de florestas. Mas, não do eucalipto austra-

liano: um eucalipto adulto, daqueles que chegam a 100 m de altura, consome 400 litros de água por dia em transpiração; então, que se procurem essências nativas, da própria caatinga, que já são plantas adaptadas (este clima se estabeleceu há coisa de 18 mil anos), sabem como economizar água. Então, faça-se uma floresta mais uniforme de plantas nativas, e certamente o microclima será modificado.

Uma das hipóteses de que se dispõe para explicar a seca acentuada na região nordestina e que o albedo, a refletividade da superfície é muito alta, comparada com o oceano, de um lado, e a Amazônia, de outro. Como, por este fato, aquela região, que tem um milhão e meio de quilômetros quadrados, reflete, como um todo, mais energia solar de volta para o espaço, a coluna atmosférica sobre ela é mais fria do que as que estão sobre o oceano e a Amazônia: então, esta coluna sofre uma compressão adiabática, fazendo com que os movimentos descendentes originados pela circulação de grande escala sejam fortalecidos por uma circulação mais regional. No momento em que se colocar ali uma floresta, o albedo será reduzido dos atuais 30 a 35% para 10 a 12%: então, a coluna como um todo se aquecerá e a convecção, a formação de nuvens de chuva, será facilitada.

EDGAR NEVES – Molion, rapidamente. Mensalmente, recebemos os boletins do NMC, o Centro Meteorológico Nacional dos Estados Unidos, bem como os do serviço de meteorologia do Japão. Ambos os boletins mostram, em outubro, uma anomalia sobre as águas do Pacífico, como você acabou de confirmar.

Pois bem, no nosso trabalho do dia-a-dia, no Instituto Nacional de Meteorologia, temos notado, durante todo este ano, um contraste muito grande de temperatura – contraste térmico – entre as massas polar e equatorial.

Este fenômeno, a nós, meteorologistas, que trabalhamos diariamente com esses problemas – e o Dr. Molion é um dos profissionais no assunto – nos preocupa, pois significa que a tendência este ano, provavelmente, é termos, na região Sudeste, grandes chuvas durante os meses de primavera para verão, ou seja, em janeiro e fevereiro, meses em que geralmente ocorrem as grandes catástrofes no Sul e Sudeste.

Queríamos apenas saber, Dr. Molion, sua opinião sobre o problema. Em nosso trabalho diário estamos preocupados, e diante de sua colocação nossa preocupação é maior.

LUÍS CARLOS MOLION – É importante observar o seguinte: para nós, meteorologistas, o ano hidrológico começa em outubro. Uma das condições para o estabelecimento do *El Niño* é que o índice de oscilação do sul já venha negativo, ao longo de todo o ano hidrológico anterior. Neste ano, este índice tornou-se negativo em setembro de 1986, e está se mantendo negativo desde então: portanto, existe uma grande probabilidade do *El Niño* se estabelecer, se firmar.

Gostaria de acrescentar (completando, aliás, minha resposta a uma pergunta anterior) que, analisando-se as séries históricas, não se consegue evidenciar, ao longo dos últimos 50 anos, nenhuma mudança climática. As diferenças, de um ano para outro, da média e do desvio-padrão não são estatisticamente significativas. Não se pode dizer que está chovendo menos ou mais.

O que pode estar ocorrendo é que a deficiência ou o excesso de água, nas regiões afetadas, cada vez mais assumem dimensões de secas e inundações catastróficas: e é exatamente neste aspecto que entra o desmatamento. Este ano, o excesso de chuvas no Espírito Santo em janeiro e fevereiro provocou inundações de trágicas conseqüências em Vitória, Cachoeiro do Itapemirim etc. Se ainda existisse a Mata Atlântica, garanto que essas chuvas, provocadas pela circulação geral, não afetariam a agricultura e as populações. Não estou dizendo que iria chover menos, não é isso, mas a água seria regularizada pela floresta, este o aspecto principal.

Lamentavelmente, tudo leva a crer que, se esse *El Niño* se estabelecer este ano, vamos ter de novo esse comportamento anômalo, com excesso de chuvas nos meses de janeiro e fevereiro no sul da Bahia e Espírito Santo, março e abril em São Paulo e Paraná, junho e julho em Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Se as regiões fossem florestadas, estas chuvas não trariam problemas agrônômicos ou hidrológicos – mas, como a cobertura florestal foi devastada, pode-se repetir o pior. O fato é que a floresta é um grande *buffer*, ela funciona realmente como um amortecedor, como um reservatório: segura quase toda a água que cai e depois vai liberando aos poucos. Então, sob o ponto de vista da agricultura, não se teriam secas como se tem hoje, se existissem florestas.

FERNANDO AGUIAR – Acho que nunca pensei aprender tanto nesta palestra, apesar dos termos demasiado técnicos que o senhor utilizou; lembro-me que Gilberto Freyre dizia que o problema do trópico não pode ser tratado por um único aspecto, tem que ser abordado de forma multiprofissional.

O senhor falou na questão da produção de alimentos, exatamente minha área, que me preocupa bastante. Estou vendo que nada está sendo feito, não apenas em termos de Brasil, mas no âmbito mundial, para o equacionamento desta questão, tendo em vista a atual explosão populacional, o que nos deixa incertos sobre os próprios destinos da humanidade. Além disso, o senhor apresenta uma série de bestas apocalípticas – uma delas que tem um nome que não condiz com a verdade, *El Niño*.

Assim, fico pensando o seguinte: estamos aqui discutindo numa comunidade científica, mas o que faz essa comunidade científica para que as autoridades que regem os destinos do mundo tomem conhecimento desta realidade? Por exemplo, por que a Amazônia não foi transformada em patrimônio da humanidade?

Digo-lhe, professor, que eu tinha uma idéia muito remota dos perigos que existem no desmatamento da Amazônia. Depois dessa excelente e brilhante palestra que o senhor apresentou, saio daqui extremamente preocupado e assombrado.

LUÍS CARLOS MOLION – Só uma palavrinha, para terminar. Acho que são fôruns de debates interdisciplinares, como este, realizados por fundações como a Joaquim Nabuco e a Universidade de Brasília, que devem sintetizar tudo isto. Mas não apenas sintetizar, e essa é uma das proposições que eu tinha a fazer aqui: que, ao se publicarem os anais deste encontro, se faça um capítulo com possíveis soluções, com recomendações para ações concretas. Criticar, como já disse, é muito fácil.

Eu, por exemplo, tenho inúmeras horas de televisão, anualmente, em entrevistas que dou do norte ao sul deste País. Neste ano, só palestras informais já fiz quinze; se somar as palestras internacionais, os congressos, simpósios e encontros mais formais, como este, seguramente terei mais de 30 palestras, só neste ano.

Tenho proclamado todas estas coisas, mas sou uma voz clamando no deserto, ou na floresta. Mas é uma ação conjunta, de peso, de fundações como a Universidade de Brasília, que poderá levar a uma posição política, para que se faça alguma coisa no futuro; se não, vamos ver isso acontecer, lamentavelmente, como meros espectadores.

**BAUTISTA VIDAL** – Queria fazer um comentário, antes de introduzir o novo tema, cuja discussão será iniciada a seguir pelo Dr. Mauricio Hasenclever.

Fiquei um pouco preocupado com o enfoque apocalíptico da natureza, que passou por nossa discussão. É a natureza que nos dá a beleza, que nos dá a comida, que nos dá tudo. O ato de conhecer a natureza não deve envolver temor, mas amor: do contrário, corre-se o risco de cair em uma posição anticientífica, de recusar o conhecimento da verdade. E é o que está acontecendo neste País. Para este seminário foram convidadas algumas dezenas de especialistas do mais alto nível, mas grande parte deles não pôde comparecer. Evidentemente, existem dezenas de razões, todas elas justificáveis. Mas é uma questão de prioridade – este tipo de discussão não é prioritário para a elite brasileira. As pessoas temem a verdade, não querem assumir a realidade, porque ao fazê-lo não mais poderão integrar-se a uma estrutura que ignora esta realidade, que a destrói, sem se sentirem culpados. Então, estamos caminhando no sentido inverso ao que deveríamos.

Essa exposição de hoje, em termos de beleza criativa, foi uma maravilha. É com isso que temos de conviver, com os dados concretos de nossa realidade tropical.

O apocalipse não é o conhecimento da verdade; ao contrário, os cavaleiros do Apocalipse são aqueles que destroem essa verdade, que vão contra a natureza.

Por exemplo, aqui se falou na questão de alimentos. O Brasil, hoje, nesta situação desastrosa em que se encontra, produz, só em grãos, o suficiente para alimentar 180 milhões de pessoas; somos apenas 130 milhões, e no entanto, 60% de nossa população estão morrendo de fome. Além disso, somos o primeiro produtor de açúcar do mundo, o segundo de cacau, o primeiro de mandioca. Quer dizer, mesmo nas condições atuais, quando 90% do nosso território não são cultivados, teríamos possibilidade de alimentar de 250 a 300 milhões de habitantes. Então, essa história de que estamos destruindo a floresta porque precisamos expandir a fronteira agrícola para produzir mais alimentos não tem base real. Não é através da erradicação da vida que vamos resolver o problema.

Vamos entrar agora em uma discussão absolutamente pragmática. Talvez a Acesita seja a instituição que tem maior experiência, no mundo, na formação e manejo de florestas energéticas nos trópicos. Assim, se nosso desconhecimento é grande, e se alguém tem algum conhecimento, esse alguém é a Acesita.

Evidentemente que essa questão vai provocar um debate muito grande, mas também muito enriquecedor e muito importante, porque muitos técnicos são contrários às florestas homogêneas plantadas, tipo Acesita.

Não me vou alongar mais, mas quero dizer que o Dr. Mauricio, atual presidente da Acesita, foi o segundo presidente da Florestal Acesita, hoje Acesita Energética, um dos pouquíssimos exemplos de uma solução brasileira para um problema brasileiro, e de integração do homem tropical com seu meio ambiente para promover o desenvolvimento, resultado de uma decisão política de imenso alcance. O Dr. Amaro Guatimozin, que foi o primeiro presidente da Acesita, confrontado com o problema da necessidade de expandir a produção de aço no País, resolveu que não adotaria os pacotes tecnológicos vindos de outras partes, que iria procurar soluções brasileiras. Em vez de partir para a solução japonesa da grande siderurgia a coque de carvão mineral importado (solução SIDERBRÁS), ele identificou no Brasil um potencial imenso de carvão vegetal. Então, a Acesita é a única grande empresa de porte no mundo (no Brasil existem outras, menores, inclusive algumas de capital estrangeiro, como a Manesmann e a Belgo Mineira), que faz aço inoxidável e aços especiais utilizando carvão vegetal, com tecnologia nacional altamente sofisticada.

Evidentemente, usar carvão vegetal em uma siderúrgica moderna, de grande porte, era uma solução especificamente brasileira, que implicava necessariamente desenvolver uma tecnologia nacional, tanto ao nível do processo siderúrgico, quanto na produção do carvão vegetal e, mais além, na formação e manejo de florestas. Hoje, a Acesita é uma das grandes plantadoras de florestas, porque ela precisa da floresta. Assim, ela não está devastando, mas plantando e valorizando um recurso até então colocado à margem de nosso processo de desenvolvimento: a floresta tropical.

Então, é essa a visão que vamos começar a ter nesta nova fase, a fase econômica, digamos, do nosso seminário. Em seguida, teremos a fase política.





no trópico; a crise energética mundial e o trópico: as visões políticas e estratégicas. Importantes e originais foram as contribuições de todos que participaram dos debates enriquecendo o encontro.

O resultado final é um documento único, tanto como balanço da informação científica e tecnológica disponível, quanto como um repensar de nossa herança cultural em função da realidade física de nosso ambiente tropical.

Os trabalhos foram condensados, com uma linguagem clara e acessível, para proporcionar um balanço dos dados técnicos sobre o equilíbrio clima-água-floresta; para analisar as possibilidades concretas do modelo energético baseado na biomassa tropical e, com isso, tentar visualizar o que poderia vir a ser a civilização dos trópicos que se intuía.

---

CAPA: Porto Velho, Rondônia, 19 de junho de 1988. Imagem, feita pelo satélite Landsat, cedida por cortesia do Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE).



ISBN: 85-230-0298-7