

CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA GLOBAL EM FUNÇÃO DA DRENAGEM CONTINENTAL NOS ÚLTIMOS 100 ANOS

J. MORTATTI^{1,3}, J. A. FURLAN², J.-L. PROBST³, Y. TARDY^{3,4}

1. Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, São Paulo
2. Instituto Astronômico e Geofísico, Universidade de São Paulo, São Paulo, São Paulo
3. Centre de Géochimie de la Surface, CNRS, Strasbourg, France.
4. Institut de Géologie, Université Louis Pasteur, Strasbourg, France

Recebido em: 06/94. Aprovado para publicação em: 04/95

ABSTRACT

The global climate characterization, in terms of continental drainage and precipitation, was carried out using discharge fluctuations of the 50 major rivers in the world over the past century. The tendencies were studied at various time scale: 10, 20, 30 and 80 years. At a secular scale, rainfall, estimated by the discharge fluctuations behavior, has been increasing in northern and eastern parts of North America, in the eastern parts of Asia and Africa, as well as in southern parts of Africa and South America. Rainfall has been decreasing in Europe, the western parts of Asia and North America, as well as in the north eastern parts of Brazil and in sub saharian Africa. At shorter time scale, the regional tendencies are reverse. Rainfall fluctuations, observed by river discharge oscillations, showed to be polycyclic and resulting of the different periodicity cycles. For a given frequency, the climatic oscillations are generally not synchronous and out of phase from one region to another. These results compared with predictive models are discussed. This paper is a part of a serie devoted to the erosion geochemistry and particularly about the climatic parameters which controls the erosion rates over large drainage basins.

RESUMO

Uma caracterização climática global, em termos de drenagem e precipitação continental, foi realizada utilizando as flutuações das vazões dos 50 principais grandes rios do mundo num período relativo aos últimos 100 anos. Suas tendências de propagação foram avaliadas em diferentes escalas de tempo, em séries de 10, 20, 30 e 80 anos. Numa escala secular, o comportamento das vazões dos grandes rios indicaram um aumento da precipitação nas partes norte e leste da América do Norte, no leste da Ásia e África, assim como no sul da África e América do Sul. No mesmo período, a precipitação diminuiu na Europa, no oeste da Ásia e América do Norte, e da mesma forma no leste do Brasil e na região do Sahara africano. Para uma escala de tempo mais curta, observaram-se tendências regionais inversas. As flutuações da precipitação, observadas em termos de oscilações das vazões dos principais grandes rios do mundo, mostraram ser policíclicas, resultantes da integração de vários ciclos de periodicidades diferentes. As oscilações climáticas, produzidas numa mesma frequência, não se apresentam em sincronismo para o conjunto do globo terrestre, mostrando defasagens importantes de uma região à outra. Tais resultados, comparados com os modelos preditivos, são aqui discutidos. Este artigo faz parte de uma série dedicada ao estudo geoquímico da erosão e particularmente aos parâmetros climáticos que regem o transporte nas grandes bacias de drenagem.

INTRODUÇÃO

De acordo com Tardy *et al.*, 1994, nos últimos 100 anos, o clima global apresenta-se de uma forma mais oscilante do que simplesmente alterado. Houve um aquecimento geral de 0,45 °C, e a temperatura média global do ar na superfície da Terra, passou de 14,65 à 15,1 °C, nesse período (Hansen & Lebedeff, 1987, 1988; Jones, 1988; Houghton *et al.*, 1990; Folland *et al.*, 1990). Para o mesmo intervalo de tempo, o aumento da precipitação é medido em função do aumento do escoamento continental global (5%), isto é, a soma das vazões de todos os rios do mundo, que nos últimos 100 anos passou de 0,38 à 0,40x10²⁰ cm³/an, ou seja, de 38000 à 40000 km³/an (Probst & Tardy, 1985, 1987, 1989; Tardy & Probst, 1992a, 1992b; Probst, 1989, 1992).

Entretanto, de uma região à outra, de um continente a outro, o sentido crítico de evolução

climática, apreciado em termos de temperatura ou precipitação, apresenta-se variável: ora mais seco e frio, num lugar, e, em outro, mais quente e úmido. Segundo Tardy *et al.* (1994), nos últimos 100 anos, a evolução do clima no conjunto da Bacia Amazônica flutuou diferentemente da oscilação climática continental global: a precipitação aumentou em ambas as situações, mas a temperatura diminuiu na região amazônica, ao passo que ela aumentou em termos globais.

Num contexto global, em termos de distribuição e comportamento das chuvas, um grande número de análises e interpretações foram propostas por Bradley *et al.* (1987); Diaz *et al.* (1989) e Folland *et al.* (1990). Esses autores mostraram que, durante as últimas décadas, a precipitação oscilou bastante no conjunto dos continentes, aumentando de uma maneira geral no hemisfério sul e nas zonas de média latitude

do hemisfério norte, como na Rússia, por exemplo, ao passo que ela diminuiu nas zonas subtropicais do hemisfério norte e particularmente após 1955, nas zonas do "sahel" africano. Para a Europa, Brazdil et al. (1985) mostram um aumento de precipitação na Alemanha depois de 1880, e, principalmente, sobre a parte leste do país, diminuindo, no mesmo período, na Hungria e na Eslováquia. Entretanto, a precipitação se manteve constante na Boêmia, Morávia e Polônia. Tais resultados foram confirmados por Vines (1985).

De acordo com Vines (1982), a precipitação também diminuiu no oeste e na parte central dos Estados Unidos, ao passo que ela aumentou significativamente na Argentina. Na Índia, o período de maior número de ocorrências de seca foi entre 1890 e 1920 e o período de menor estiagem entre 1930-1964 (Vines, 1980a). Segundo o mesmo autor, a precipitação diminuiu na África do Sul, entre 1910 e 1930, voltando a aumentar novamente após 1960. Na região sudeste da Austrália e na Nova Zelândia, a precipitação aumentou de uma forma geral nos últimos 100 anos (Vines, 1977, 1980b e Vines & Tomlinson, 1980). Para os Estados Unidos, Kukla & Riches (1989) mostraram que, durante as duas metades do corrente século, a precipitação diminuiu significativamente na parte oeste.

As oscilações da precipitação sobre o conjunto dos continentes, nos aspectos regionais e locais, são evidentes e os exemplos se multiplicam. Tanto as chuvas, como a vazão dos grandes rios, embora estes mais integradores de precipitação à vastas extensões, portanto de caráter mais regional que local, são funções de oscilações policíclicas e com defasagens de uma região à outra. Tal comportamento, pode ser observado nas Figuras 1 e 2. De acordo com Tardy (1986) e Probst & Tardy (1987), verifica-se que, sobre um trajeto que recorta as linhas de isofase, as flutuações das vazões dos rios mostram-se defasadas, permitindo a observação dos períodos secos e úmidos, em defasagem progressiva, quando se desloca de oeste para leste, da Europa à Sibéria (Fig. 1), e do sul para o norte, do Brasil ao Canadá (Fig. 2). Tardy & Probst (1992a) mostram que tais observações, quando reagrupadas em termos de drenagens continentais, permitem verificar a evolução dos períodos secos e úmidos ocorridos no decurso do presente século (Fig. 3). Observa-se que para a primeira metade do século, o clima foi mais úmido para a Europa e Ásia e mais seco para a África e América, sendo também, portanto, mais seco para o mundo como um todo. Por outro

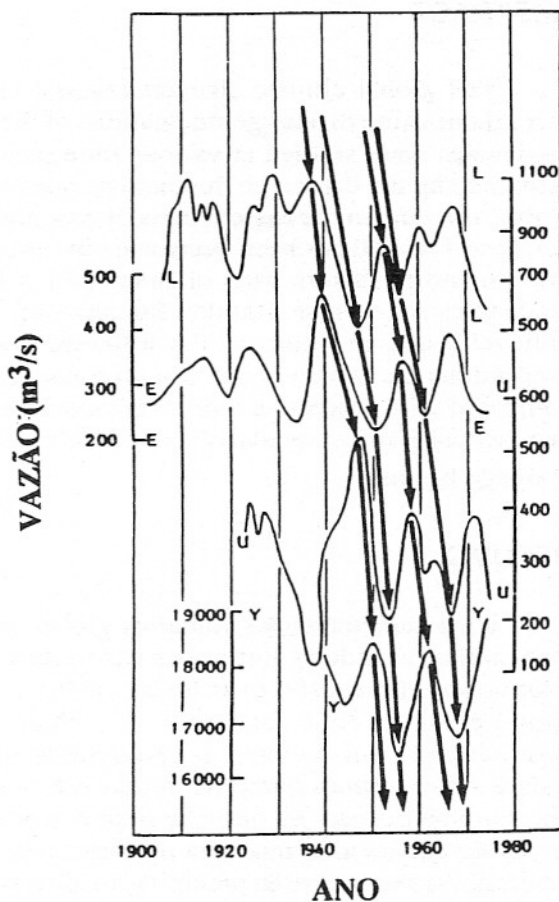


Figura 1-Defasagem progressiva, sentido oeste-leste, das flutuações das vazões dos rios da Europa e Ásia: Loire (L), Elbe (E), Ural (U) e Yenissei (Y). (Extraído de Probst & Tardy, 1987)

lado, a segunda metade do século foi mais seca para Europa e Ásia e mais úmida para a África e a América e, conseqüentemente, para o mundo todo.

Tais flutuações e defasagens observadas nas vazões dos grandes rios, associadas aos comportamentos análogos da precipitação e da temperatura, sugerem a aplicação de métodos estatísticos mais sofisticados como, por exemplo, análise espectral de séries temporais. Segundo Vines (1977), em termos globais, a análise espectral da precipitação revela uma ciclicidade análoga à obtida no estudo das manchas solares, períodos de 6-7 e 10-11 anos.

Kayser et al. (1990) mostraram que as oscilações das vazões dos principais grandes rios do mundo são resultado da superposição de vários ciclos. A periodicidade observada é a mesma da obtida para a atividade solar: 2-4 anos, 4-6 anos, 10-15 anos (11 anos), fato este

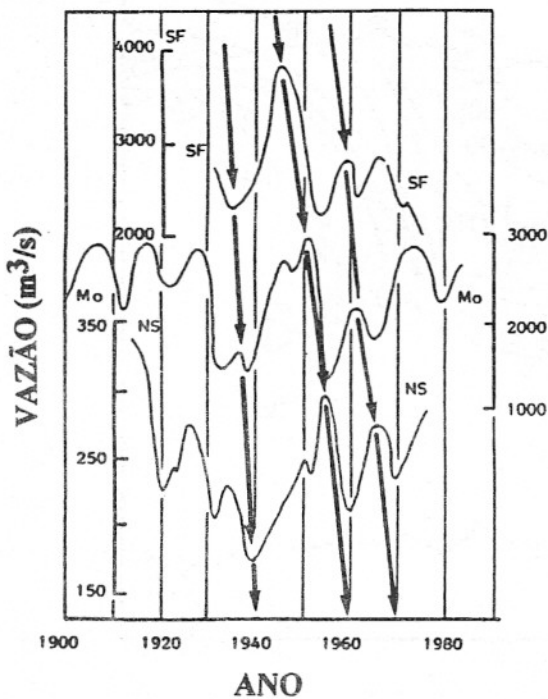


Figura 2 - Defasagem progressiva, sentido sul-norte, das flutuações das vazões dos rios da América do Sul e América do Norte: São Francisco (SF), Missouri (MO), e North Saskatchewan (NS). (Extraído de Probst & Tardy, 1987)

não surpreendente devido aos trabalhos anteriores. Esses autores, por outro lado, mostraram que as oscilações que são produzidas à mesma frequência, geralmente, apresentam-se defasadas de uma região à outra e estão raramente sincronizadas. As defasagens para uma periodicidade de 11 anos são determinadas através da análise espectral cruzada das linhas de isofases das oscilações sincronizadas (Fig. 4). Pode ser observado que as ondas geradas em graus, durante a análise espectral cruzada das flutuações da descarga dos principais rios do mundo, em comparação aos rios Rhône e Missouri se apresentam em forma de U aberto, em direção ao norte.

O objetivo principal desse trabalho é o de, inicialmente, mostrar, usando uma metodologia bastante simples, como, nas diferentes escalas de tempo (10, 20, 30 e 80 anos), as oscilações das vazões dos principais grandes rios se propagam através do mundo, e como foram distribuídas nas grandes regiões do globo as tendências climáticas dos períodos secos ou

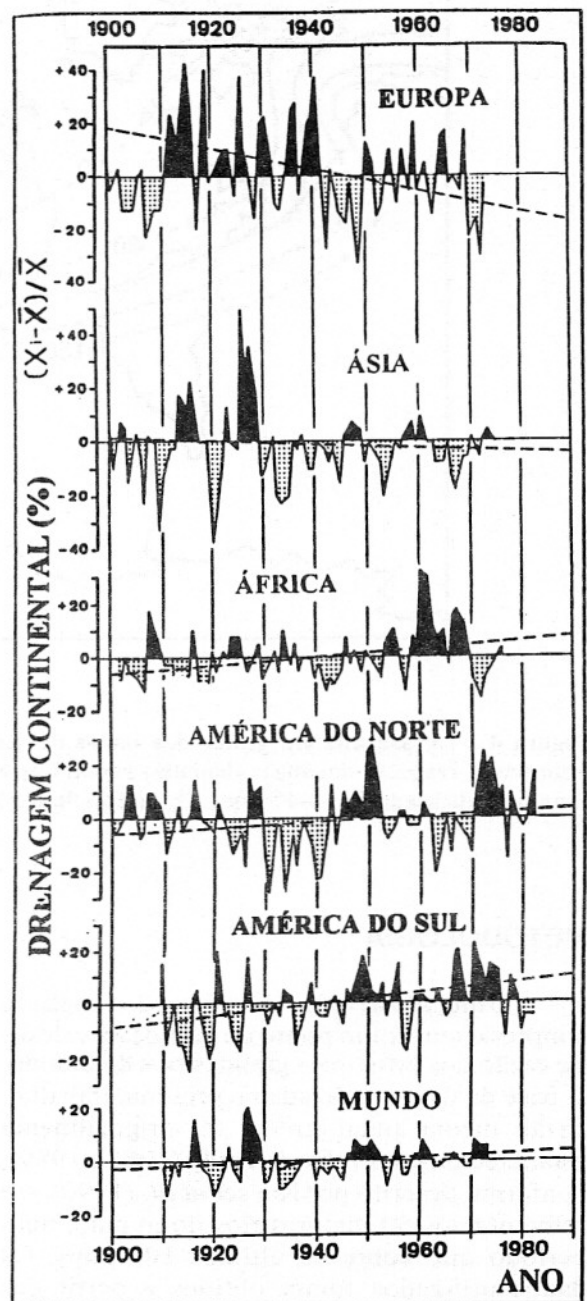


Figura 3 - Flutuação do escoamento continental global em diferentes continentes e para o mundo, no decurso do presente século. (Extraído de Probst & Tardy, 1989)

úmidos, isto é, de alta estiagem ou de precipitação abundante. Os novos resultados obtidos serão relacionados com aqueles oriundos dos modelos de previsão de evolução climática dentro da hipótese de aquecimento global proposta por Mitchell et al. (1990).

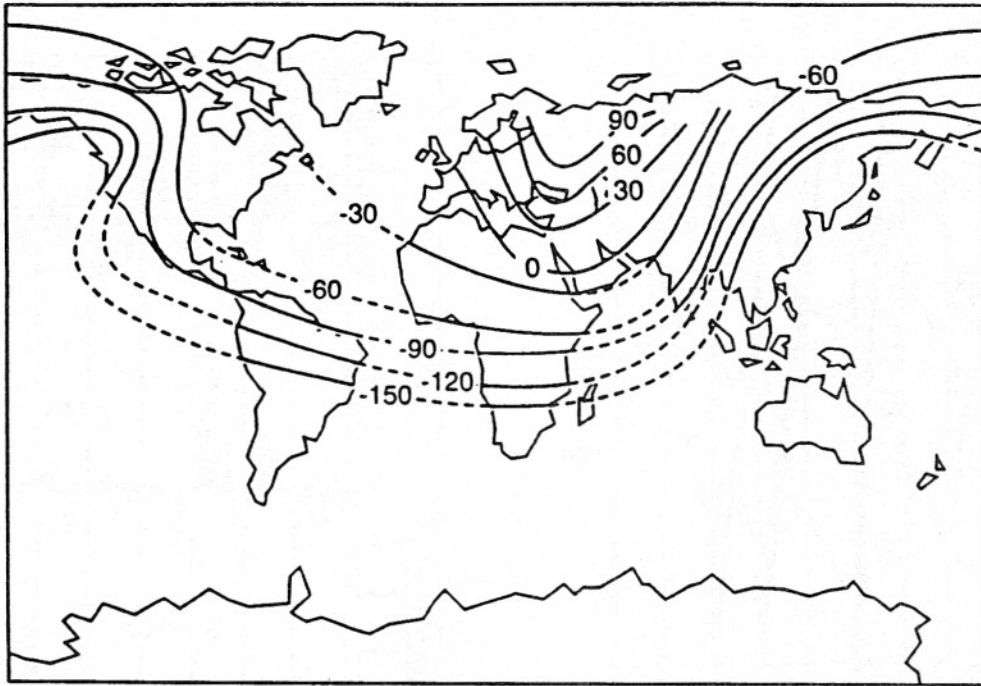


Figura 4 - Defasagens em graus, das ondas de seca e umidade (zonas de baixa precipitação e precipitação abundante, respectivamente) calculadas por análise espectral cruzada, normalizada pela vazão do rio Rhone, para uma periodicidade de 10-15 anos. (Extraído de Kayser et al., 1990)

METODOLOGIA

O método de cálculo empregado é bastante simples e tem como ponto de partida os valores de vazão dos principais grandes rios do mundo. A base de dados utilizada no presente trabalho, vazão média anual (m^3/s), foi originalmente estabelecida por Probst & Tardy (1987 e 1989), conforme descrito por Kayser *et al.* (1990), e é referente aos 50 maiores rios do mundo, num período que cobre os últimos 100 anos. Os dados utilizados foram obtidos a partir das publicações da Unesco (1971, 1974, 1979 e 1985) e considerados apenas os rios com série superior a 50 anos. Probst & Tardy (1987) discutem os processos estatísticos utilizados no tratamento desses dados. As flutuações das vazões foram consideradas no intervalo de tempo correspondente aos últimos 100 anos e em séries temporais mais curtas, de 10, 20 e 30 anos. Os resultados apresentados na Tabela 1 são concernentes às tendências evolutivas médias e representados pelos valores dos coeficientes angulares da regressão linear simples, normalizados pela média secular da vazão, em função do tempo, calculados sobre 20 anos para os períodos 1920-1939, 1935-1954, 1955-1974 e para os períodos 1940-1959 e 1960-1979, que

completam os anteriores.

Dessa forma, por exemplo, podemos dizer que para o rio Garonne (França), a vazão aumentou entre 1920-1939, diminuiu entre 1935-1954 e aumentou novamente entre os anos 1955-1974. Obviamente, tais resultados estão associados com o sinal do coeficiente angular de correlação linear, se positivo, a vazão aumenta com o tempo, caracterizando a ocorrência de períodos úmidos, se negativo, a vazão diminui, caracterizando os períodos mais secos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os resultados dos cálculos dos coeficientes angulares obtidos das regressões lineares. Foram consideradas apenas as regressões lineares simples, significativas no mínimo à 5%, após realização do teste f, suficientes para a verificação das tendências globais. A título de exemplo, podem ser observadas, através da Fig. 5, as tendências seculares da evolução do clima mais úmido (valores positivos dos coeficientes angulares, plotados nas respectivas áreas de drenagem) crescente ao norte e a leste da América do Norte, da mesma forma no norte da Europa e a leste da Ásia, Austrália e África. No sul da África e da

Tabela 1 - Coeficientes angulares obtidos a partir das vazões dos 50 principais rios do mundo (normalizados em termos de vazão média) em diferentes escalas de tempo

ANO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1920-39	10,7	2,3	68,7	8,6		27,1	-16,4	8,81	1,0	-5,6
35-54	-30,7	-33,4	21,3	-17,0	-13,2	-21,3	-22,4	-17,0	1,5	-4,9
40-59	-2,2	-6,0	-6,6	0,5	0,2	0,4	-20,6	7,4	12,0	21,9
55-74	15,6	-10,7	10,8	-7,9	-3,2			0,1	-6,2	-2,8
60-1979	7,8		-3,5	0,8					-23,1	
SÉCULO	-2,9	-2,2		-0,6	0,4	0,4	5,8	-2,1	-0,5	-1,7
ANO	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1920-39	-4,4	-3,3	-7,4	2,9	-17,2	32,2		0,1	-61,8	
35-54	-30,1	-10,5	-22,3	-16,2	-14,5	-58,7		-6,4	26,0	6,5
40-59	-23,0	-8,3	-18,3	-8,1	7,3	-		-15,8	-21,2	-7,9
						102,5				
55-74	-8,7	11,7	-18,9	0,6					-12,7	
60-1979		14,4	12,4							
SÉCULO	-1	0,05	-0,2	0,02	-2,3	-12,7	1	-7,6	-4	2,5
ANO	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1920-39						30,5	4,0	-3,4	12,9	
35-54	-11,1	2,6	3,6	-3,6	-4,2	-6,2	2,6	-0,6	23,2	8,3
40-59	12,7	-3,6	-1,3	6,3	-11,9	24,2	9	41,9	20,2	18,8
55-74	-24,2	8,1	5	-0,2			-14	-37,8	13,4	-31,8
60-1979							-5,5	-37,8	-15,6	-38,4
SÉCULO	-0,3	3,1	-0,3	1,1	-1,9	5,9	0,01	-0,4	-2,1	-4,7
ANO	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
1920-39	1,0		-10,1	2,3	-5,2	-34,2	-97,3	-16,2	-33,2	-1,7
35-54	-0,9	9,2	27,3	2,5	15,7	70,9	66,0	22,7	15,6	3,8
40-59	1,2	17,3	12,3	32,6	3,5	-13,1	56,2	11,6	48,9	1,1
55-74		-8,7	14	-21,1	11,3	57,4	-9,6	6,4	-31,3	12,6
60-1979		18,3	75,5	55,2	19,5				1,7	
SÉCULO	2,2	4,0	3,2	5,9	2,4	16,3	-4,9	-4,7	-14,9	-0,4
ANO	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
1920-39	-4,6	-37,1		-32,7		-5,9	-13,5		-8,7	-5,4
35-54	13,6	-5,4	7,3	21,2	3,9	18,1	22,6	7,6	-6,6	9,4
40-59	2,6	-11,3	-15,6	-17,6	12,5	16,2	11,9	-17,8	-3,5	0,9
55-74	10,8	-8,6	33,2	36	-5,6	0,7	12,4	-4,7	13,2	7,0
60-1979		4,2	6,9	10,4	30,4	-4,7	-4,7			2,7
SÉCULO	0,8	-9,5	0,3	-4,8	2,5	-0,4	1,7	-3,2	1,7	2,1

Legenda dos rios: 1- Garonne, 2- Loire, 3- Seine, 4- Rhone, 5- Rhin, 6- Ebre, 7- Guadalquivir, 8- Po, 9- Gota, 10- Vuoksa, 11- Elbe, 12- Vistule, 13- Oder, 14- Danube, 15- Dvina, 16- Don, 17- Volga, 18- Neman, 19- Ural, 20- Kolyma, 21- Amour, 22- Ob, 23- Yenissei, 24- Lena, 25- Mekong, 26- Godavari, 27- Nile, 28- Senegal, 29- Niger, 30- Chari, 31- Congo, 32- Zambeze, 33- Limpopo, 34- Orange, 35- St. Laurent, 36- Red River, 37- Assiniboine, 38- N-Saskatchewan, 39- S-Saskatchewan, 40- Susquehanna, 41- Niagara, 42- Colorado, 43- Mississipi, 44- Missouri, 45- Ohio, 46- Columbia, 47- Snake, 48- São Francisco, 49- Paraná e 50- Amazonas

América do Sul, a mesma tendência é verificada. Observa-se ainda que tal distribuição climática se propaga como uma onda, caminhando do sul ao norte, através da costa leste dos continentes. Por outro lado, a mesma figura mostra, ainda, as tendências seculares da evolução do clima mais seco, da mesma forma propagada como uma função de onda, complementando a fase para o restante dos continentes. A Fig. 6 ilustra as tendências dessas mesmas propagações

climáticas para um período mais curto, 20 anos, decorridos entre 1935-1954. Verifica-se que a frente de umidade (zona de maior índice de precipitação e, conseqüentemente, de maior vazão) se propaga, principalmente, nas regiões centrais dos grandes continentes, no sentido América do Sul, África e Ásia. O mesmo ocorre no Canadá, no norte dos Estados Unidos e da Europa. As faixas de propagação do clima seco se apresentam bem pronunciadas no percurso

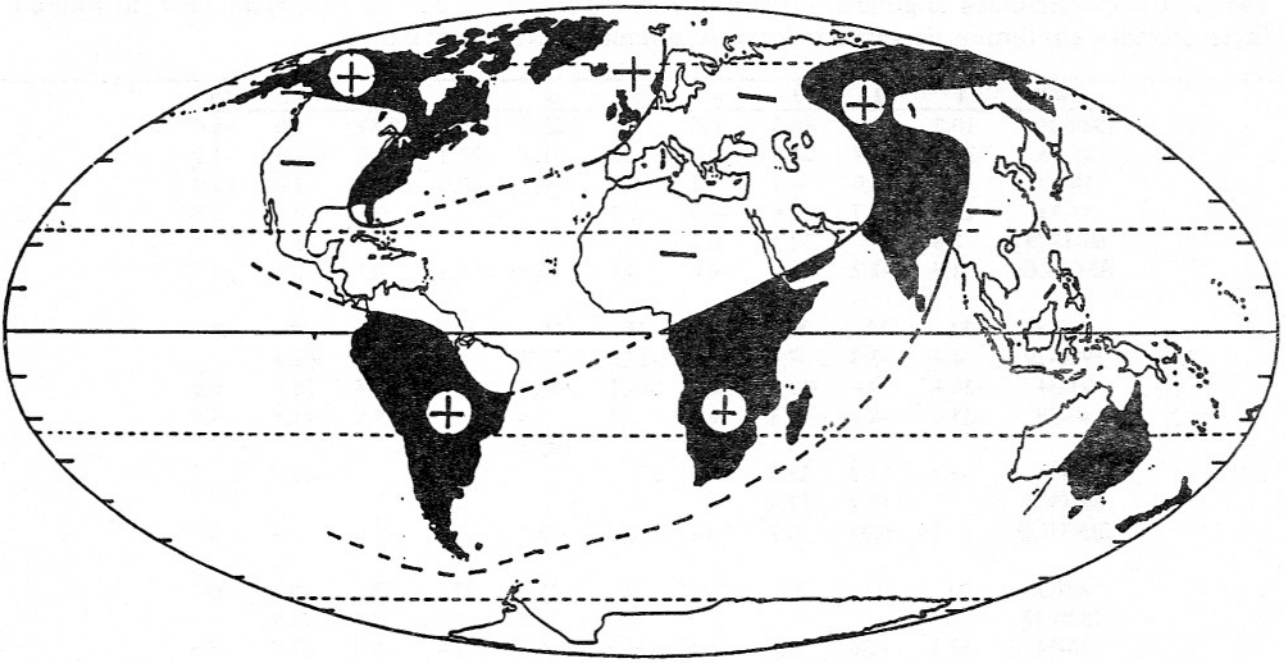


Figura 5 - Distribuição espacial mundial das tendências seculares do clima mais úmido (+) e do clima seco (-)

entre a América Central, sudeste dos Estados Unidos, Europa e oeste da África. A mesma tendência ocorre no sul da América do Sul, em direção ao leste africano e parte do leste asiático. Observa-se ainda uma menor largura entre as faixas de propagação, com alternâncias interessantes sobre os continentes, como, por exemplo, o continente africano, que ao mesmo tempo apresenta duas alternâncias de propagação de clima mais úmido (regiões sul e central) e mais seco (leste e noroeste).

O primeiro a tentar estimar as tendências regionais da evolução do clima úmido ou seco, no conjunto do globo terrestre, consecutivas a um aquecimento do clima global, foi, sem dúvida, Kellog (1978, 1979 e 1983). Mitchell *et al.* (1990) recapitularam os resultados obtidos sob a mesma perspectiva através de vários modelos elaborados durante os anos 80. Os resultados desses modelos mostram uma grande diversidade das tendências regionais do clima e é dentro dessa divergência que passamos a discutir. As estimativas das distribuições regionais das tendências climáticas, propostas por Kellog, são totalmente opostas às observações das tendências aqui apresentadas para o decurso dos últimos 100 anos (Fig. 5): Europa e o "sahel" africano estimados mais úmidos, mas na realidade se apresentam mais secos; as bacias de drenagem do Congo e do Amazonas preditos numa situação de seca, mostram-se de fato sob um clima mais

úmido. Neste caso, a diferença é proveniente, sem dúvida, de um efeito de escala de tempo, ora de prognóstico milenar, ora de observação secular (sobre 60 anos).

A síntese apresentada por Mitchell *et al.* (1990) evidencia que as respostas de certos modelos preditivos são concordantes com as estimativas propostas por Kellog, e, portanto, divergentes daquelas aqui apresentadas. Não podemos entrar no detalhe das premissas que serviram de base para a elaboração dos modelos; os resultados das tendências observadas pela vazão dos grandes rios nem sempre apresentam o mesmo período de observação. Entretanto, apesar dessa falta de informação, podemos nos questionar se, ao lado dos efeitos de escala de tempo, as diferenças observadas não viriam do fato de que a elaboração de tais modelos não levam em conta as distribuições das oscilações multiperiodicas do clima em todas as regiões do mundo.

As oscilações do clima úmido se apresentam teleconectadas ou ligadas de uma certa maneira. Algumas regiões são, no conjunto, mais secas e outras, no conjunto, mais úmidas, em fase ou oposição de fase. As tendências seculares observadas sobre 60 anos, entre 1920 e 1980, integram (ou mascaram) as tendências reveladas numa escala de tempo mais curta, 20 anos, por exemplo. A multiciclicidade dessas oscilações climáticas, de períodos mais curtos,

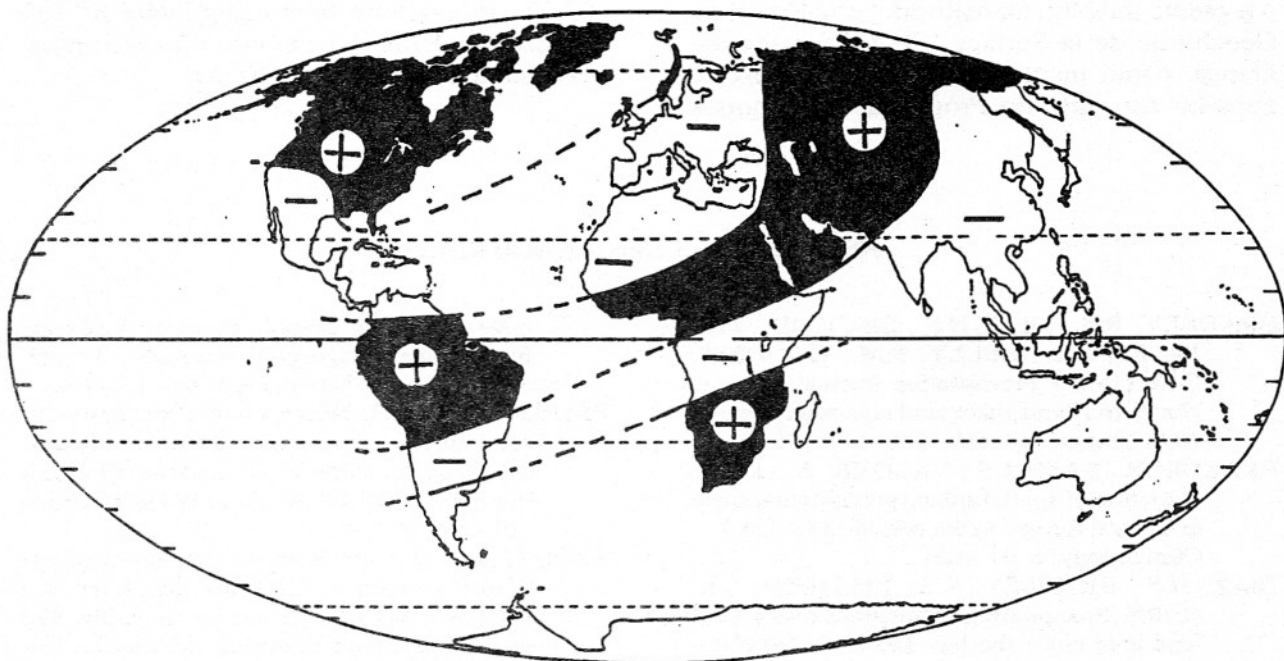


Figura 6 - Distribuição espacial mundial das tendências do clima mais úmido (+) e clima seco (-), numa escala de tempo mais curta, período 1935-1954

agem contra as suas próprias teleconecções e elas simplesmente não aparecem.

CONCLUSÃO

Os resultados aqui apresentados mostram que as oscilações das vazões dos principais grandes rios do mundo, integradores de suas vastas bacias de drenagem, que exprimem as flutuações da precipitação, são policíclicas e aparecem como resultado da adição de vários ciclos de periodicidades diferentes.

As oscilações climáticas que são produzidas numa mesma frequência, não se apresentam, entretanto, em sincronismo para o conjunto do globo terrestre. Isso significa que, se o ritmo pode ser o mesmo em todos os lugares, os episódios mais úmidos não são produzidos todos ao mesmo tempo sobre os continentes, da mesma forma que os episódios secos.

Numa escala de tempo mais curta, 20 anos por exemplo, as tendências mostram a evolução de um clima mais úmido nas partes setentrionais da América do Norte e América do Sul, nas partes centrais da Ásia e da África e na região meridional africana. Para a escala de tempo mais longa, secular, a distribuição climática foi

diferente, sendo mais úmido no nordeste da América do Norte e Ásia, no sudeste da África, centro e sudoeste da América do Sul. Nas demais regiões o clima úmido foi diminuindo.

Parece-nos claro que, após o cenário estabelecido pela conferência ECO-92, do Rio de Janeiro, uma lei internacional para o clima não poderá ser estabelecida, enquanto o mesmo não for corretamente definido em função de suas tendências e particularidades regionais. Ao lado dos valores médios seculares característicos, deverão ser levadas em consideração as amplitudes das oscilações e suas defasagens, da mesma forma que as variações das distribuições espaciais. As tendências oscilantes do clima de uma região do globo terrestre não seguem as tendências momentâneas do clima global e nem sempre as tendências das regiões mais representativas ou menos representativas que, geralmente, são escolhidas como referência.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, CNPq, a Comunidade Econômica Européia, CEE, pela concessão de bolsa de Pós-Doutorado a Jefferson Mortatti, período no qual

o presente trabalho foi realizado, e ao Centre de Géochimie de la Surface, CNRS, Strasbourg, França, como instituição anfitriã. O presente trabalho faz parte do Programa de Pesquisas

PIRAT (Programme Interdisciplinaire de Recherche de Biogeodynamique Intertropical Periatlantique), INSU-ORSTOM.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRADLEY, R.S.; DIAZ, H.F.; EISCHEID, J.K.; JONES, P.D.; KELLY, P.M.; GOODESS, C.M. (1987). Precipitation fluctuations over Northern Hemisphere land area since the mid 19th century. *Science*, **237**: 171-175.
- BRAZDIL, R.; SAMAJ, F.; VALOVIC, S. (1985). Variation of spatial annual precipitation sums in Central Europe in the period 1881-1980. *J. Climatology*, **5**: 617-631.
- DIAZ, H.F.; BRADLEY, R.S.; EISCHEID, J.K. (1989). Precipitation fluctuations over global land area since the late 1980s. *J. Geophys. Res.*, **94**: 1195-1210.
- FOLLAND, C.K.; KARL, T.R.; VINNIKOV, K.Y. (1990). Observed climate variation and change. In: *Climate Change*, J.J. HOUGHTON et al. ed., Cambridge University Press, 194-238.
- HANSEN, J.E & LEBEDEFF, S. (1987). Global trends of measured surface air temperature. *J. Geophys. Res.* **92**: 13 345-13 372.
- HANSEN, J.E & LEBEDEFF, S. (1988). Global surface temperatures: update through 1987. *Geophys. Res. Letters*, **15**: 323-326.
- HOUGHTON, J.I.; JENKINS, G.I.; EPHRAUMS, J.J. (1990). *Climate change*. Cambridge University Press, 365 p.
- JONES, P.D. (1988). Hemispheric surface air temperature variations: recent trends and an update to 1987. *J. Clim.*, **1**: 654-660.
- KAYSER, N.; PROBST, J.L.; CADET, D.; TARDY, Y. (1990). Propagation des ondes de sécheresse et d'humidité à travers le monde. *C. R. Acad. Sci. Paris*, t 310, série II, 757-763.
- KELLOG, W.W. (1978). Global influence of mankind on the climate. In: *Climatic Changes*, J.Gribbin ed., Cambridge University Press, 205-227.
- KELLOG, W.W. (1979). Influences of mankind on climate. *Ann. Rev. Earth Planetary Sci.*, **7**: 63-92.
- KELLOG, W.W. (1983). Impacts of a CO₂ induced climate change. In: *Carbon dioxide Current views and developments of energy*. Climate research, W. Bach, J. Crane, A.L. Berger and A. Loughetto eds., D. Reidel publishing Co, Dordrecht, 379-413.
- KUKLA, G. & RICHES, M.R. (1989). Recent climate changes in United States. Carbon Dioxide Research Division, US Department of Energy. Feb. 1989, 1-4.
- MITCHELL, J.F.B.; MANABE, S.; MELESHKO, V.; TOKIOKA, T. (1990). Equilibrium climate change and its implications for the future. In: *Climate change*. HOUGHTON J.T. et al. ed., Cambridge University Press, 131-172.
- PROBST, J.L. (1989). Hydroclimatic fluctuations of some european rivers since 1800. In: *Historical change of large alluvial rivers : Western Europe*, G. PETTS ed., John Wiley and Sons Ltd, chapter 3, 41-55.
- PROBST, J.L. (1992). Géochimie et hydrologie de l'érosion continental. Mécanismes, bilan global actuel des fluctuations au cours des 500 derniers millions d'années. *Mémoires Sci. Géol.*, Strasbourg, **94**: 161 p.
- PROBST, J.L. & TARDY, Y. (1985). Fluctuations hydroclimatiques du Bassin d'Aquitaine au cours des 70 dernières années. *Rev. Géol. Dynam. Géograph. Phys.*, **26** (1): 59-76.
- PROBST, J.L. & TARDY, Y. (1987). Long range streamflow and world continental runoff fluctuations since the beginning of this century. *Journal of Hydrology*, **94**: 289-311.
- PROBST, J.L. & TARDY, Y. (1989). Global runoff fluctuations during the 80 years in relation to world temperature change. *American journal of science*, **289**: 267-285.
- VINES, R.G. (1977). Possible relationships between rainfall, crop yields and the sunspot cycle. *J. Aust. Inst. Agricultural sci.*, **43**, 1-2: 3-13.
- VINES, R.G. (1980a). Analyses of South African rainfall. *South Afr. Journ. of Sci.*, **76**: 404-409.
- VINES, R.G. (1980b). Rainfall patterns in South Africa, South Eastern Australia and New Zealand. In: *Soleil et Climat, 1980*, CNES, 55-66.
- VINES, R.G. (1982). Rainfall patterns in the Western United-States. *J. Geophys. Research*, **87**: 7303-7311.
- VINES, R.G. (1985). European rainfall patterns. *J. Climatology*, **5**: 607-616.
- VINES, R.G. (1986). Rainfall patterns in India. *J. Climatology*, 135-148.
- VINES, R.G. & TOMLINSON, A.I. (1980). Analysis of New Zealand's rainfall. *N. Zeal. J. of Sci.*, **23**: 205-216.
- TARDY, Y. (1986) Le cycle de l'eau: climats, paléoclimats et géochimie globale. Eds Masson, Paris, 338 p.
- TARDY, Y. & PROBST, J.L. (1992 a). Sécheresse, crises climatiques et oscillations téléconnectées du climat depuis cent ans. *Science et Changements Planétaires/Sécheresse*, **3**: 25-36.

TARDY, Y. & PROBST, J.L. (1992 b). Sécheresse et crises climatiques. Encyclopédia Universalis, Universalis, 92: 167-174.

TARDY, Y.; MORTATTI, J.; RIBEIRO, A.; VICTORIA, R.L.; PROBST, J.L. (1994). Fluctua-

tions de l'humidité et de la température sur le bassin de l'Amazone et oscillations du climat global au cours du siècle écoulé. C.R. Acad. Sci., Paris, 318, ser. 2: 955-960.