

Mudanças Climáticas e Seus Reflexos na Paisagem do Quaternário: Primeiras Reflexões



Zona Costeira do município de Jandaíra, Bahia.

ISSN 1517-2627

Dezembro, 2012

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Solos
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Documentos 157

Mudanças Climáticas e Seus Reflexos na Paisagem do Quaternário: Primeiras Reflexões

*Fábio Carvalho Nunes
Geraldo da Silva Vilas Boas
Enio Fraga da Silva*

Embrapa Solos
Rio de Janeiro, RJ
2012

Embrapa Solos

Rua Jardim Botânico, 1.024 - Jardim Botânico - Rio de Janeiro, RJ

Fone: (21) 2179-4500

Fax: (21) 2274-5291

Home page: www.cnps.embrapa.br

E-mail (sac): sac@cnps.embrapa.br

Comitê Local de Publicações

Presidente: Daniel Vidal Pérez

Secretário-Executivo: Jacqueline Silva Rezende Mattos

Membros: Ademar Barros da Silva, Cláudia Regina Delaia, Maurício Rizzato Coelho, Elaine Cristina Cardoso Fidalgo, Joyce Maria Guimarães Monteiro, Ana Paula Dias Turetta, Fabiano de Carvalho Balieiro, Quitéria Sônia Cordeiro dos Santos.

Supervisor editorial: *Jacqueline Silva Rezende Mattos*

Normalização bibliográfica: *Ricardo Arcanjo de Lima*

Revisão de texto: *André Luiz da Silva Lopes*

Editoração eletrônica: *Jacqueline Silva Rezende Mattos*

Foto da capa: *Lander Alves*

2ª edição

E-book (2012)

Todos os direitos reservados.

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

N972m Nunes, Fábio Carvalho.

Mudanças climáticas e seus reflexos na paisagem do quaternário: primeiras reflexões. / Fábio Carvalho Nunes, Geraldo da Silva Vilas Boas e Enio Fraga da Silva.

— Dados eletrônicos. — Rio de Janeiro : Embrapa Solos, 2012.

24 p. - (Documentos / Embrapa Solos, ISSN 1517-2627 ; 157)

Sistema requerido: Adobe Acrobat Reader.

Modo de acesso: < <http://www.cnps.embrapa.br/publicacoes/> > .

Título da página da Web (acesso em 21 dez. 2012).

1. Mudança climática. 2. Clima da Terra. 3. Paisagem. I. Vilas Boas, Geraldo da Silva. II. Silva, Enio Fraga da. III. Título. IV. Série.

CDD (21.ed.) 551.69

© Embrapa 2012

Autor

Fábio Carvalho Nunes

Prof. Dr. do Instituto Federal Baiano, Campus de Santa Inês - Km 73 BR 420. CEP: 45320-000 Santa Inês – BA.
E-mail: fabio.nunes@si.ifbaiano.edu.br

Geraldo da Silva Vilas Boas

Prof. Titular do Departamento de Sedimentologia da Universidade Federal da Bahia - Instituto de Geociências. Rua Caetano Moura, 123 – Federação. CEP: 40210-340 - Salvador, Bahia, Brasil.

Enio Fraga da Silva

Pesquisador da Embrapa Solos. Rua Jardim Botânico, 1024. Jardim Botânico. CEP: 22460-000 - Rio de Janeiro, RJ – Brasil.
E-mail: enio.fraga@embrapa.br

Apresentação

O presente trabalho reflete sobre as mudanças climáticas e suas influências na configuração da paisagem quaternária, a fim de dar subsídios para um melhor entendimento dos solos e do relevo brasileiro. Estudos de sedimentos do fundo dos oceanos, de isótopos de oxigênio e análises palinológicas em sedimentos continentais indicam que durante o Quaternário ocorreram pelo menos dezesseis glaciações de tamanho variável, as quais alteraram as pluviometrias e as temperaturas regionais e locais e, por conseguinte, a composição e distribuição da vegetação, bem como a prevalência e magnitude de determinados processos pedogenéticos e geomorfológicos, especialmente da zona costeira. O trabalho sinaliza, através de uma bibliografia variada e multidisciplinar, a importância de se conhecer sobre as mudanças climáticas e sua influência na configuração da paisagem brasileira, a fim de oportunizar um maior entendimento dos processos pedogenéticos, morfogenéticos e morfodinâmicos.

Maria de Lourdes Mendonça Santos Brefin
Chefe-Geral da Embrapa Solos

Sumário

| | |
|--|----|
| Introdução | 9 |
| As mudanças do clima da Terra | 10 |
| Mudanças climáticas do quaternário e suas implicações na paisagem | 14 |
| Conclusões | 21 |
| Agradecimentos | 21 |
| Referências | 22 |

Mudanças climáticas e seus reflexos na paisagem do Quaternário: primeiras reflexões

Fábio Carvalho Nunes

Geraldo da Silva Vilas Boas

Enio Fraga da Silva

Introdução

Ao longo da história geológica da Terra, a atmosfera mudou muitas vezes (SALGADO-LABOURIAU, 1994; SANT'ANA NETO; NERY, 2005; EEROLA, 2010), isto porque o planeta não é estático, está em constante evolução. Desde que a Terra surgiu, há aproximadamente 4,6 bilhões de anos, a atmosfera passou por grandes e por pequenas transformações, em ciclos temporais de diferentes ordens.

Embora existam muitos estudiosos que procuram entender as mudanças climáticas ao longo da história da Terra e suas repercussões na paisagem, as reconstituições dos paleocenários ainda carecem de maior precisão, isto porque são muito complexas, especialmente as mais antigas.

As pesquisas desenvolvidas sobre as mudanças paleoclimáticas do Quaternário são as mais confiáveis, contudo existem muitas incertezas, lacunas que precisam ser preenchidas e correlações com a evolução de solos e do relevo nas distintas regiões do Brasil. O presente trabalho, com o intuito de oferecer subsídios para um melhor entendimento da evolução dos solos e do relevo brasileiro, discute sobre as mudanças climáticas do Quaternário e reflete sobre implicações na configuração da paisagem.

As Mudanças do Clima da Terra

As mudanças paleoclimáticas refletiram as variações conjuntas do planeta, oriundas de diferentes fatores, como perturbações de órbitas de meteoritos por efeito de maré da interação entre a Nebulosa de Magalhães e a Via Láctea, fragmentação de supercontinentes, surgimento de novas espécies, movimentação crustal, mudança da excentricidade da órbita terrestre, inclinação do eixo terrestre, precessão de equinócios, vulcanismo, sismicidade, manchas solares (SUGUIO; SUZUKI, 2003), mudança do campo eletromagnético da Terra e quantidade de raios cósmicos incidentes (MARUYAMA, 2009).

Segundo Barron e Moore (1994), existem vários aspectos que dificultam os estudos e desafiam os pesquisadores dos climas do passado. Segundo Suguio (2000), três das diferenças marcantes, quando se comparam as pesquisas climatológicas atuais e passadas, residem nas escalas de tempo consideradas, nas metodologias utilizadas e na participação ou não do homem como agente modificador do clima.

Suguio (2000) cita algumas questões cruciais vinculadas aos estudos paleoclimáticos: a) a identificação e a interpretação dos registros paleoclimáticos são complexos e quanto mais antigos mais discutíveis serão as interpretações; b) os registros geológicos são geralmente escassos e refletem mais diretamente as características paleoclimáticas que prevalecem nas proximidades da superfície terrestre, por isso as unidades estratigráficas representam quase sempre milhões de anos e, no interior dessas unidades, praticamente é impossível demonstrar o sincronismo ou heterocronismo dos eventos paleoclimáticos; c) os eventos paleoclimáticos detectados nos registros geológicos são dificilmente explicáveis pelas condições atualmente vigentes no sistema atmosfera-hidrosfera-criosfera; d) embora o número cada vez maior de possíveis explicações sobre as evoluções solar e planetária venham contribuindo para o inventário das possíveis causas das variações paleoclimáticas, parece estar muito longe o término das dissensões em torno do assunto. O maior problema é que múltiplos fatores se somam ou se subtraem, atuando e interagindo com alcances temporais e espaciais, além de terem intensidades diferentes.

Como exposto acima, o estudo das variações climáticas mais antigas são as mais difíceis de serem averiguadas, devido à dificuldade de datação de terrenos e à transformação ou mesmo desaparecimento dos registros. Além disso, a composição da atmosfera terrestre era muito diferente da atual e não temos quase parâmetros que nos ajudem comparar com a dinâmica atual. Fica difícil então utilizar o princípio do atualismo, procedimento considerado normal em Geologia (“o presente é a chave do passado”).

Entretanto, conforme denota Foucault (2000), todos estão atualmente de acordo em considerar que a Terra se formou a partir de uma nuvem estelar, há cerca de 4,6 bilhões de anos, que se concentrou devido à força da gravidade. Como não são conhecidos sedimentos com mais de 3,8 bilhões de anos, esta suposição se baseia em leis físicas e químicas e apoiando-se na situação de outros planetas. Pouco se sabe sobre a atmosfera Pré-Cambriana, contudo, deve, pelo menos em parte, ter se formada a partir de gases provenientes da referida nuvem estelar, bem como de gases resultantes de atividades vulcânicas.

A atmosfera primitiva continha, teoricamente, gases leves e inertes, tais como hidrogênio, hélio, argônio e neônio (SALGADO-LABOURIAU, 1994; SANT’ANA NETO; NERY, 2005). Estes gases não resistiram ao resfriamento do planeta, parte desses elementos passou a compor os minerais, enquanto que outras escaparam à força da gravidade terrestre e se perderam no espaço (FOUCAULT, 2000; SUGUIO; SUZUKI, 2003). As maiores concentrações de hidrogênio e hélio estão na Exosfera, isto parece ser um indício de que o processo de escape desses elementos continua acontecendo até hoje. Com o resfriamento do planeta, a atmosfera passou a conter vapor d’água (H_2O), gás-carbônico (CO_2), nitrogênio (N_2) e sulfeto de hidrogênio (H_2S), todos oriundos de atividades vulcânicas.

Nesta época o oxigênio praticamente não existia e o pouco que existia era proveniente da decomposição do vapor d’água, provocada pela radiação solar. Parte do oxigênio liberado pela decomposição do vapor d’água transformou-se em moléculas de ozônio (O_3), que aos poucos filtravam os raios ultravioletas. A hipótese da quase ausência de oxigênio na atmosfera primiti-

va baseia-se em argumentos fornecidos pelo estudo de sedimentos antigos (FOUCAULT, 2000).

O vapor d'água, ao condensar-se, gerava as primeiras precipitações pluviométricas, originando os lagos e os mares primitivos. A vida teve, então, condições favoráveis para o seu desenvolvimento, contudo pouco se sabe ainda sobre sua origem (SUGUIO; SUZUKI, 2003).

Desde a formação do planeta e da constituição da atmosfera terrestre, o clima tem sofrido alterações (...). Sabe-se que, em eras remotas, o clima não foi sempre idêntico e que suas oscilações possibilitaram tanto o surpreendente desenvolvimento da vida no planeta, quanto desastres e catástrofes, como a extinção dos dinossauros e as glaciações (SANT'ANA NETO; NERY, 2005).

A mudança climática mais drástica do passado geológico da Terra ocorreu há 540 Ma, na transição do Neoproterozóico para o período Cambriano do Paleozóico. Durante as glaciações, os mares absorveram grandes quantidades de dióxido de carbono e os continentes estavam amalgamados, formando o supercontinente de Rodínia (EEROLA, 2010).

Várias glaciações afetaram os continentes do hemisfério sul durante o Paleozóico (SANT'ANA NETO; NERY, 2005; SALGADO-LABOURIAU, 1994). No Brasil são encontrados vestígios de geleiras nos períodos Devoniano, Siluriano e Carbonífero. No Carbonífero, ao começar a se formar o novo supercontinente Pangea, há 300 milhões AP, os países do atual hemisfério norte estavam na faixa equatorial e eram cobertas por vastas florestas, enquanto que os continentes do atual hemisfério sul estavam no Pólo Sul e cobertos por geleiras (EEROLA, 2010).

Segundo Salgado-Labouriau (1994) e Sant'Ana Neto e Nery (2005), a atmosfera terrestre passou a ser semelhante à atual apenas na era Paleozóica (570-260 Ma), o que possibilitou o enorme desenvolvimento da vida, mesmo tendo ocorrido duas grandes glaciações, uma no início do Cambriano (500 Ma) e outra no final do Permiano (260 Ma).

Segundo os autores supracitados, as glaciações do Paleozóico ocorreram em intervalos que coincidem com o tempo gasto pelo Sol em sua viagem em torno na Via-Láctea. Contudo, outros pesquisadores, baseados em estudos de antigos sedimentos glaciais e procurando relacionar as distribuições geográficas e os estudos paleomagnéticos à luz da deriva continental mostram que os períodos glaciais do fim do Paleozóico estão relacionados com a distribuição dos continentes nas regiões polares e com o surgimento dos supercontinentes Pangéia e Gondwana (SUGUIO; SUZUKI, 2003).

No Triássico médio (Mesozóico), há 260 Ma AP, houve um aquecimento global (SANT'ANA NETO; NERY, 2005; SALGADO-LABOURIAU, 1994), que perdurou praticamente durante todo o Mesozóico, influenciado pela configuração dos continentes, onde o oceano se estendia na direção leste-oeste, entre os supercontinentes da Laurásia ao norte e Gondwana ao sul, oportunizando que as correntes marinhas quentes atingissem os pólos (SUGUIO; SUZUKI, 2003). O Mesozóico, por sua vez, terminou com a separação do Pangéia, mudanças climáticas, atividades vulcânicas e a queda de um meteorito gigante no Golfo do México, todos considerados responsáveis pela extinção dos dinossauros (EEROLA, 2010).

Durante o Terciário houve uma grande movimentação dos continentes, com abertura e fechamento de novos oceanos e a formação das montanhas atuais, como os Andes, Montanhas Rochosas, Himalaia, Pirineus e Atlas, modificando inúmeras vezes a paisagem terrestre e sendo responsável por oscilações climáticas locais e regionais. Os estudos geofísicos e informações obtidas pelos fósseis mostram que as mudanças climáticas foram grandes e diferentes em cada um dos continentes (SALGADO-LABOURIAU, 1994).

A Era Cenozóica, desde o fim do Período Terciário, foi caracterizada por fortes oscilações climáticas, as quais foram muito ativas no hemisfério norte, como na Escandinávia e no Canadá, não atingindo diretamente o Brasil. Espessas sequências de depósitos sedimentares glaciais e interglaciais modificaram repentinamente e de forma acentuada a face da Terra (SUGUIO, 2000).

“As considerações atrás expostas permitem chegar a uma conclusão universalmente aceita nos nossos dias: a partir de alguns milhões de anos, ou seja, durante o Quaternário e mesmo durante o final da era Terciária, verificaram-se importantes glaciações. Nos Alpes, por exemplo, a partir de há uns três milhões de anos conhecem-se seis episódios glaciários principais, que tiveram importantes consequências, quer na distribuição das terras e dos mares, quer no mundo vivo. No que respeita ao mundo vivo, os condicionalismos geográficos e climáticos determinaram importantes modificações que, não só provocaram migrações de que encontramos jazigos fósseis, mas também, com toda a probabilidade, foram um elemento essencial para a evolução do mundo vivo nesta época que, como sabemos, assistiu ao aparecimento e desenvolvimento do homem. Será apenas acaso ou é legítimo pensar que a pressão do meio, que fez com que este ser frágil e nu aguçasse o engenho para sobreviver, o levou, à força, pelos caminhos do pensamento e da reflexão?” (FOUCAULT, 2000, p.129).

Mudanças Climáticas do Quaternário e suas Implicações na Paisagem

As glaciações do Quaternário representam a característica mais marcante do período, por isso pesquisadores de todo o mundo têm se esmerado em estudá-las. Segundo Salgado-Labouriau (1994), estudos de sedimentos do fundo dos oceanos, de isótopos de oxigênio e análises palinológicas em sedimentos continentais indicam que durante o Quaternário (1,8 Ma ao presente) ocorreram pelo menos dezesseis glaciações de tamanho variável.

Dentre as dezesseis glaciações, apenas quatro a cinco foram identificadas geologicamente nos continentes, com duração de cerca de 100 mil anos, intercaladas por interglaciais com duração aproximada de 20 mil anos (SALGADO-LABOURIAU, 1994). Esses intervalos estão provavelmente relacionados aos ciclos de Milankovitch, ou seja, a obliquidade da eclíptica, precessão dos equinócios e excentricidade da órbita terrestre.

As cinco glaciações marcadas por evidências geológicas já são conhecidas há muito tempo e apresentam nomes diferentes de acordo com a região onde foram descritas (SALGADO-LABOURIAU, 1994). Conforme Foucault (2000), a sucessão das glaciações foi inicialmente estabelecida por A. Penck e E. Bruckner, através da obra *Die Alpen in Eiszeitalter* (“Os Alpes no tempo das idades glaciárias”), publicada entre 1901 e 1909. Os autores referidos definiram quatro estágios glaciários, denominados de Gunz, Mindel, Riss e Wurm (do mais antigo para o mais recente). Os nomes correspondem aos afluentes do rio Danúbio, perto dos quais os estágios foram caracterizados.

Estudos posteriores mostraram que podem ser distinguidas duas glaciações ainda mais antigas, denominadas de Biber e Donau (Danúbio). Pode-se dizer, então, que o Quaternário possuiu no mínimo seis grandes glaciais, intercalados por interglaciais. Segundo Suguio (2000), se forem também consideradas as mudanças paleoclimáticas mais localizadas, que ocorreram depois da última glaciação (Wurm) é possível reconhecer pelo menos quatro períodos de oscilações nas temperaturas globais de 15.000 anos até hoje.

Os conhecimentos adquiridos sobre o período do Quaternário revelam acentuada instabilidade climática de caráter cíclico, abrangendo épocas de clima glacial outras de clima quente, com amplitudes variadas, conferindo à climatologia quaternária um caráter oscilatório evidenciado por numerosas flutuações climáticas, conforme registra a literatura sobre o assunto (COSTA JÚNIOR, 2008) (**Figura 1**).

Conforme visto anteriormente, o estudo da história geológica da Terra demonstra que a evolução das condições de calor da superfície da Terra não se processou de maneira uniforme. Períodos mais quentes se intercalaram com períodos menos quentes ao longo de toda a história natural e humana do planeta. Segundo Nieuwolt e McGregor (1998), as mudanças climáticas podem ser consideradas em duas escalas temporais: mudanças de longa duração, que são superiores a 20.000 anos, e mudanças de curta duração que podem ocorrer entre 100 e 20.000 anos. Para esses autores, as mudanças climáticas teriam suas origens relacionadas a causas externas, fatores internos e às atividades humanas (**Quadro 1**).

Segundo Mendonça (2003), as causas externas estão relacionadas a mudanças na órbita do planeta em torno do sol e se repercutem diretamente na variação da radiação solar. Os fatores internos são representados por mudanças observadas nos oceanos, ar e relevo e se ligam a mecanismos de feed-back não lineares ou a interações entre os componentes do sistema climático entre si; qualquer mudança que se operar em um deles repercutir-se-á sobre outros componentes.

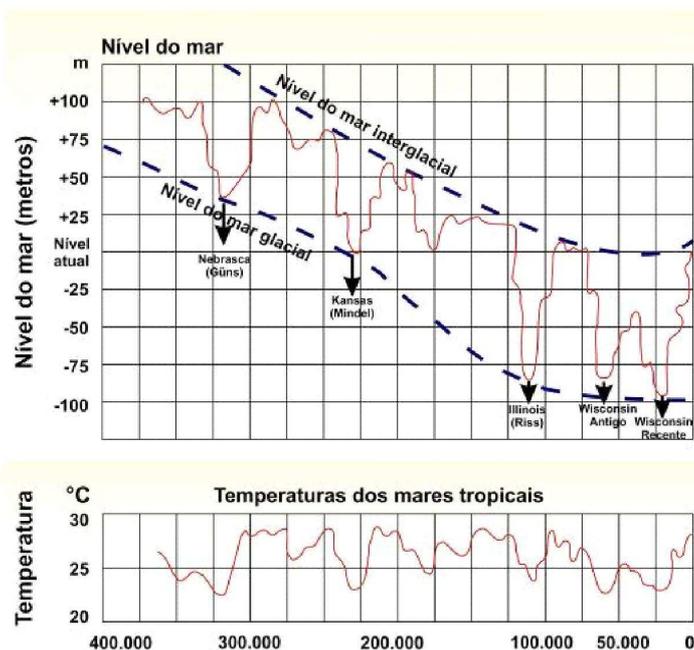


Figura 1. Os gráficos acima apresentam as oscilações climáticas ocorridas no período Quaternário e as variações no nível do mar e na temperatura nos períodos glaciais (Günz, Mindel, Riss, Wisconsin antigo e recente) e interglaciais correspondentes. Fonte: Fairbridge (1977) apud Costa Júnior (2008).

Quadro 1. Fatores responsáveis pelas mudanças climáticas.

| CAUSAS EXTERNAS | CAUSAS INTERNAS | ATIVIDADES HUMANAS |
|--|--|--|
| Mudanças na órbita do planeta – variação na radiação | Mudanças na circulação oceânica, mudanças na composição de gases da atmosfera, mudanças nas condições da superfície terrestre. | Queima de combustíveis fósseis, lançamento de gases estufa na atmosfera, desmatamento. |

Fonte: Mendonça (2003).

Sendo assim, as mudanças na dinâmica oceânica relacionam-se a alterações na temperatura, salinidade e movimento das correntes marinhas; mudanças na composição dos gases atmosféricos podem indicar elevação ou queda dos gases de aquecimento, por exemplo, cujas fontes e absorção são amplamente conhecidos; e as mudanças na camada geográfica referem-se ao movimento de placas tectônicas, isostasia continentes-oceanos, atividade vulcânica etc., tudo isso podendo refletir-se em alterações no balanço de energia Sol-Terra-Espaço (MENDONÇA, 2003).

Durante as glaciações, nas atuais regiões tropicais e subtropicais úmidas e subúmidas do Brasil, vigoraram climas mais secos, tipo semiárido e árido, e nos interglaciais predominaram climas semelhantes aos atuais (AB'SÁBER, 1977). Baseando-se em evidências geológicas e geomorfológicas, Ab ' Sáber (1977) explica que as correntes frias advindas do sul avançaram até o litoral nordestino e favoreceram à instalação de um clima seco no período de 23.000 a 12.000 anos AP, considerado pelo autor como último período seco pleistocênico (**Figura 2**).

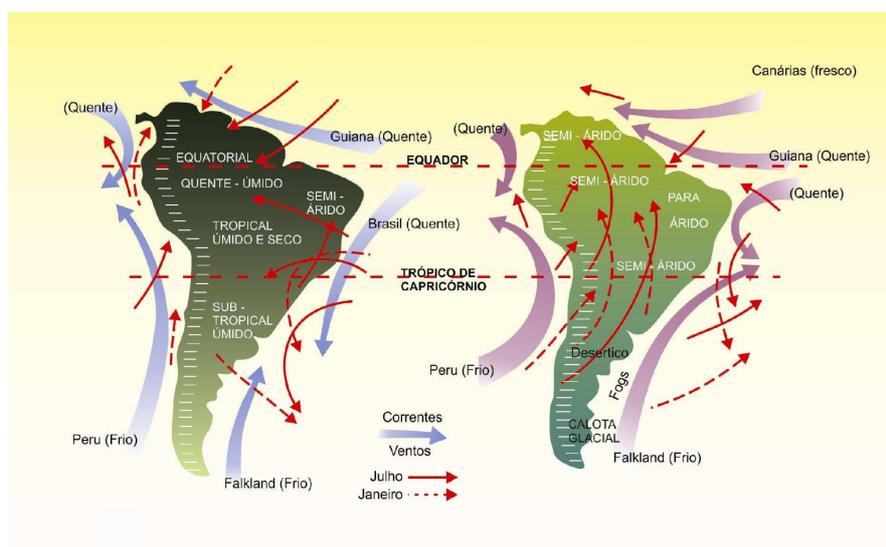


Figura 2. Os mecanismos climáticos e as diferenças paleoclimáticas básicas entre a situação interglacial atual (à esquerda) e a possível situação glacial e glácio-eustática do último período seco pleistocênico (à direita). Fonte: Adaptado de Damuth e Fairbridge (1970) apud Ab ' Sáber (1977).

Vários trabalhos mais atuais publicados no Brasil e no exterior sobre o assunto endossam a afirmação do autor supracitado, dentre eles Colinvaux et al. (1996), Behling (1995), Behling (1997), Behling e Lichte (1997), Ledru et al. (1998), Parizzi, Salgado-Labouriau e Kohler (1998), Behling (2003).

Os quadros ecológicos, por isso, foram diretamente afetados, principalmente pelas mudanças nos padrões de umidade e de temperatura, pelas características, intensidade, frequência e circulação das massas de ar, pelas oscilações no nível do mar e circulação de correntes marinhas, intemperismo, erosão, transporte, sedimentação e pedogênese.

Pesquisas geomorfológicas, sedimentológicas, palinológicas, fitogeográficas, ecológicas e oceanográficas realizadas nos últimos 20 anos, possibilitaram um conhecimento mais preciso a respeito dessas oscilações climáticas, assim como do mosaico morfoclimático e fitogeográfico no conjunto da América do Sul (AB'SABER, 1977).

Behling e Lichte (1997), estudando um registro de pólen e carvão em sedimentos orgânicos na região Sudoeste do Brasil, indicam que as vegetações campestres predominavam sobre as florestais, as quais estavam restritas a pequenas áreas de floresta de galeria ao longo do curso dos rios. Segundo os mesmos autores, o registro indica que a vegetação de gramíneas subtropicais, que hoje é encontrado em manchas no planalto do sul do Brasil (especialmente no Estado de Santa Catarina), expandiu a partir do Sul ao Sudeste do Brasil, a uma distância de mais de 750 km, a partir de latitudes cerca de 28°S, no mínimo, 20°S. O ambiente completamente diferente da última glacial, em comparação com o ambiente atual, reflete um clima seco e frio com geadas fortes durante os meses de inverno. Temperaturas de 5° - 7°C inferiores às do presente são inferidos para a última glaciação.

Segundo Ab'Saber (1977), no período glacial conhecido como Würm/Wisconsin, o aumento da frequência e intensidade das frentes frias provenientes da Antártica provocaram a extensão para o norte das correntes Falklands/Malvinas, criando uma faixa de semiaridez desde o Uruguai até aproximadamente o centro/sul da Bahia. Esse evento rebaixou as médias

térmicas de 4 a 6°C nas zonas equatoriais, sendo bem menores nas áreas tropicais e subtropicais.

Estudos realizados por Colinvaux et al. (1996) e Behling (2001) na Amazônia indicam que no Último Máximo Glacial a floresta não estava fragmentada em refúgios, sendo parecida com a atual, contudo incluía espécies agora restritas a temperaturas mais elevadas, pelo menos na Amazônia ocidental, como indica o estudo de Colinvaux et al. (1996), sugerindo realmente um resfriamento da ordem de 5° a 6°C.

Segundo Ledru (1998), as pesquisas climatológicas indicam uma depleção da temperatura do clima tropical durante o Último Máximo Glacial (UMG) entre 5 a 7°C e climas 3-5°C mais frio e seco do que no presente em áreas continentais e litorâneas das regiões Sul e Sudeste do Brasil (BEHLING, 1997). Colinvaux et al. (1996) afirmam que o resfriamento nas terras baixas do Brasil no (UMG) foi de 5,4 ± 0,6°C, sugerindo que a variação da temperatura nas terras baixas da América do Sul foi tão importante quanto às registradas em altas latitudes.

Behling (2003), estudando registro pólen e carvão em Lagoa Nova, Sudeste do Brasil, indica condições de seca provavelmente há 10.000 anos AP. Durante o Holoceno (até cerca de 8.500 AP), a paisagem da área era dominada por savana do tipo cerrado (floresta arbustiva aberta), com árvores frequentes de *Curatella americana* e pequenas áreas de matas ciliares ao longo do sistema de drenagem. Incêndios naquela época eram provavelmente naturais e frequentes.

Segundo Behling (2003), entre cerca de 7.560 e 6.060 AP, o recuo de savanas e matas de galeria na zona costeira do Sudeste brasileiro indicam um retorno a condições climáticas mais secas, provavelmente entre 5 e 6 meses de estação seca e menor precipitação. No Holoceno tardio, aproximadamente entre 6.060 e 2.180, os vales eram cobertos pela floresta semidecídua, mas nas colinas o cerrado continuou a crescer. A estação seca foi, provavelmente, cerca de 5 meses e a precipitação foi maior do que no período anterior.

Durante o período seguinte, entre aproximadamente 2.810 e 600 AP, o cerrado aberto sobre as colinas mudou para cerrado fechado, refletindo as condições mais úmidas, com diminuição da estação seca. Foi só depois de cerca de 600 AP que a floresta decídua semi-densa passou a vigorar em toda a região Sudeste, indicando o início das condições atuais, mais úmidas e com uma estação seca de 4 meses (BEHLING, 2003; LEDRU, 1998).

Na visão da maioria dos estudiosos, o ressecamento correspondente aponta para uma diminuição da precipitação em torno de (15)25 a 50(65)%, no qual os extremos reproduzem uma variação muito ampla nos trópicos úmidos (LEDRU, 1998).

As mudanças climáticas do Quaternário provocaram importantes alterações na dinâmica da superfície terrestre. Todas essas oscilações alteraram o balanço dos processos pedológicos e morfogenéticos, uma vez que se refletiram na acentuação ou recuo de adições, transformações, translocações e perdas de matéria e energia nos sistemas.

Na Europa, segundo Costa Júnior (2008), as quatro fases glaciais Günz, Mindell, Riss e Würm, intercaladas por fases interglaciais, promoveram deposições ou formas elaboradas pelo deslocamento de geleiras, como as morainas, originando patamares ao longo das vertentes. No extremo sul da América do Sul ocorreu o desenvolvimento de glaciais alpinos (gelo nas partes elevadas), os quais desciam as encostas criando vales em "U" decorrentes da erosão por fricção ou atrito. Em função do equilíbrio isostático, a concentração do gelo no continente provoca a subsidência que se reflete na crosta interna, provocando a elevação de áreas periféricas e consequente deslocamento de massa. Nos períodos interglaciais, ao contrário, o alívio de carga em decorrência da fusão do gelo produz o soerguimento da crosta interna e consequente abaixamento da periferia por compensação isostática.

As oscilações climáticas holocênicas e pleistocênicas foram responsáveis pelas variações morfogenéticas associadas às diferentes formas de intemperismo (físico ou mecânico e químico), com reflexos diretos na tipologia dos depósitos correlativos. Na faixa intertropical, o clima semiárido das fases glaciais produziu uma torrencialidade pluviométrica concentrada,

responsável pelo transporte e seleção granulométrica nos depósitos detríticos, o que caracteriza o pedimento (COSTA JÚNIOR, 2008).

Na fase interglacial, o intemperismo químico aprofunda e reorganiza as drenagens, amplia a zona de alteração e do coluvionamento, inumando os detritos produzidos em condições pretéritas (CASSETI, 2005; COSTA JÚNIOR, 2008). As mudanças climáticas se constituem em um dos mais importantes fatores da morfogênese em escala global e também determinante na evolução pedológica e morfogenética das paisagens regionais. Associada a fatores e processos tectônicos e litológicos, as mudanças climáticas produziram a atual configuração litorânea e pré-litorânea do Brasil, incluindo a origem, deposição e evolução do Grupo Barreiras (COSTA JÚNIOR, 2008; SUGUIO, 2005).

Segundo Bigarella et al. (2005), os primeiros a generalizar as influências profundas das mudanças climáticas na explicação de toda a paisagem oriental do país foram Bigarella e Ab´Sáber (1964), para os quais as condições de climas secos teriam originado as grandes superfícies aplainadas (pediplanos) e nos vales níveis embutidos (pedimentos). A ciclicidade dos episódios observados na paisagem estaria relacionada a alternâncias climáticas entre climas mais secos e úmidos.

Conclusões

Os estudos até hoje realizados revelam que o globo passou por grandes transformações, ora apresentando climas mais quentes, ora climas frios. Tais transformações implicaram em modificações do modelado terrestre, dos solos, do regime hídrico, da flora e da fauna, por isso, para um melhor entendimento dos solos e da evolução da paisagem, deve-se considerar que as paisagens regionais e locais foram produzidas, dentre outros fatores, pela interação entre processos paleoclimáticos e tectônicos.

Agradecimentos

À Bioconsultoria Gestão e Licenciamento Ambiental Ltda. por financiar parte do projeto de Doutorado do primeiro autor.

Referências

AB´SÁBER, A. N. Espaços ocupados pela expansão dos climas secos na América do Sul, por ocasião dos períodos glaciais quaternários. **Revista Paleoclimas**, São Paulo, p.1-20, 1977.

BARRON, E. J.; MOORE, G. T. **Climate Model Application in Paleoenvironmental Analysis**. Darlington: Society for Sedimentary Geology, 1994. 339 p. Short Course 33.

BEHLING, H. Investigation into the Late Pleistocene and Holocene history of vegetation and climate in Santa Catarina (S. Brazil). **Vegetation History and Archaeobotany**, v. 4, n. 3, p. 127-152, 1995.

BEHLING, H. Late Quaternary vegetation, climate and fire history in the Araucaria forest and campos region from Serra Campos Gerais (Paraná), S Brazil. **Rev. Palaeobot. Palynol**, v. 97, p. 109–121. 1997.

BEHLING, H.; LICHTER, M. Evidence of Dry and Cold Climatic Conditions at Glacial Times in Tropical Southeastern Brazil. **Quaternary research**, v. 48, p. 348-358, 1997.

BEHLING, H. Late Quaternary environmental changes in the Lagoa da Curuca region (eastern Amazonia) and evidence of Podocarpus in the Amazon lowland. **Vegetation History and Archaeobotany**, v. 10, p. 175-183, 2001.

BEHLING, H. Late glacial and Holocene vegetation, climate and fire history inferred from Lagoa Nova in the southeastern Brazilian lowland. **Vegetation History and Archaeobotany**, v. 12, p. 263-270, 2003.

BIGARELLA, J. J.; BECKER, R. D.; SANTOS, G. F. dos. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. Florianópolis: Editora da UFSC, 2005. 1436 p. 3. v.

BIGARELLA, J. J.; AB´SÁBER, A. N. Palaogeographische und Palaoklimatische Aspekte des Kanazoikums in Sudbrasilien. **Ziet. Fur Geomorph.**, Berlin, v. 8, n. 3, p. 286-312, 1964.

CASSETI, V. **Geomorfologia**. [S.l.]: [2005]. Disponível em: <<http://www.funape.org.br/geomorfologia/>>. Acesso em: 10 mai. 2012.

COLINVAUX, P. E.; OLIVEIRA, P. E. de; MORENO, J. E.; MILLER, M. C; BUSH, M. B. A Long Pollen Record from Lowland Amazonia: Forest and Cooling in Glacial Times. **Science**, v. 274, p. 85-88, 1996.

COSTA JÚNIOR, M. P. **Interações morfo-pedogenéticas nos sedimentos do Grupo Barreiras e nos leques aluviais pleistocênicos no Litoral Norte da Bahia – município de Conde**. 2008. Tese (Doutorado em Geologia) – Universidade Federal da Bahia, Salvador.

EEROLA, T. T. Mudanças climáticas globais: passado, presente e futuro. In: FÓRUM SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS, 2010, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Instituto de Ecologia Política, Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), 2010.

FOUCAULT, A. **O clima: história e devir**. Lisboa: Perspectivas Ecológicas, 2000. 303 p.

LEDRU, M. P. Late Quaternary environmental and climatic changes in Central Brazil. **Quaternary Research**, v. 39, p. 90-98, 1993.

LEDRU, M. P.; BERTAUX, J.; SIFEDDINEA, A. Absence of Last Glacial Maximum Records in Lowland Tropical Forests. **Quaternary research**, v. 49, p. 233-237, 1998.

MARUYAMA, S. **Aquecimento global?** São Paulo: Oficina de Textos, 2009. 125 p.

MENDONÇA, F. Aquecimento global e saúde: uma perspectiva geográfica – notas introdutórias. **Revista Terra Livre**, São Paulo, v. 1, n. 20, p. 205-221, 2003.

NIEUWOLT, S.; MCGREGOR, G. R. **Tropical climatology** : an introduction to the climates of the low latitudes. 2. ed. Chichester: John Wiley and Sons, 1998.

PARIZZI, M.G.; SALGADO-LABOURIAU, M.L.; KOHLER, H.C. Genesis and environmental history of Lagoa Santa: Southeastern Brazil. **The Holocene**, v.8, n.3, 1998. p.311-321.

SALGADO-LABOURIAU, M. L. **História ecológica da Terra**. 2 .ed. São Paulo: Editora Edgar Blucher, 1994. 307 p.

SANT´ANA NETO, J. L. S.; NERY, J. T. Variabilidade e mudanças climáticas no Brasil e seus impactos regionais. In: SOUZA, C. R. G.; SUGUIO, K.; OLIVEIRA, A. M. S.; OLIVEIRA, P. E. (Ed.). **Quaternário do Brasil**. Ribeirão Preto: Holos, 2005. p. 28-51.

SUGUIO, K. As mudanças paleoclimáticas da Terra e seus registros, com ênfase no Quaternário. In: SANT´ANNA NETO, J. A.; ZAVATINI, J. A. (Org.). Variabilidade e mudanças climáticas: implicações socioeconômicas. Maringá: Ed. UEM, 2000. p.29-49.

SUGUIO, K.; SUZUKI, U. **A evolução geológica da Terra e a fragilidade da vida**. São Paulo: Edgar Blucher, 2003. 152 p.

SUGUIO, K. Introdução. In: SOUZA, C. R. G.; SUGUIO, K.; OLIVEIRA, A. M. S.; OLIVEIRA, P. E. (Ed.). **Quaternário do Brasil**. Ribeirão Preto: Holos, 2005. p. 21-27.

Embrapa

Solos