

CONSEQUÊNCIAS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS SOBRE A VEGETAÇÃO NO PERÍODO DO HOLOCENO MÉDIO

MARIA LUCIENE DIAS DE MELO

Dra. Em Meteorologia, Prof. Adjunto, Instituto de Ciências Atmosféricas, Universidade Federal de Alagoas, UFAL, Maceió-AL,
Fone: (0 xx 82) 8892 0935, luciene.melo@ccen.ufal.br

Apresentado no XVI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 22 a 25 de Setembro de 2009 - GranDarrell Minas Hotel, Eventos e Convenções - Belo Horizonte, MG

RESUMO: Estudos sobre a consequência das mudanças climáticas naturais sobre a distribuição de biomas na América do Sul foram realizados, forçando o modelo de vegetação potencial com o clima do Holoceno Médio (HM), o qual possui parâmetros orbitais diferentes dos dias atuais e concentração de CO₂ inferior a do clima presente. Os resultados mostraram que durante o HM a vegetação predominante sobre a região nordeste do Brasil foi savana ao invés de caatinga como nos dias atuais. Esse resultado concorda com dados paleoclimáticos que sugerem condições mais úmidas e frias nessa região no HM. Outro resultado interessante é a expansão da floresta tropical amazônica unindo-se a floresta temperada sobre a região coberta com campos extratropicais nos dias atuais, essa mudança de vegetação pode ser devido à intensificação e proximidade do continente da Alta Subtropical do Atlântico Sul que leva para essa região umidade do oceano Atlântico.

PALAVRAS-CHAVE: Holoceno-Médio, Modelo de Vegetação, Mudanças Climáticas

CLIMATE CHANGE CONSEQUENCES ON VEGETATION DURING THE MID-HOLOCENE

ABSTRACT: Studies on the consequence of climate change on the distribution of natural biomes in South America were made by forcing the model of potential vegetation of the Mid-Holocene climate (MH), which has orbital parameters and concentration of CO₂ different of the present climate. The results showed that during MH the predominant vegetation on the northeast region of Brazil was savanna instead of caatinga as today. This result agrees with paleoclimate data to suggest a more humid and cold in this region in MH. Another interesting result is the expansion of the uniting Amazon rainforest is the Atlantic forest region covered with Extratropical Grasslands today, this change in vegetation may be due to the proximity of the continent and intensification of the South Atlantic Subtropical High that leads to this humidity region of the Atlantic Ocean. Keywords: Mid-Holocene, Vegetation Model, Climate Change.

KEYWORDS: Mid-Holocene, Vegetation Model, Climate Change

INTRODUÇÃO: A mudança climática tem afetado a distribuição global da vegetação no passado distante e provavelmente afetará o futuro. Por outro lado mudanças na estrutura e distribuição da vegetação pode influenciar o clima (Nobre et al., 2006). Nesse sentido, torna-se necessário o entendimento e a quantificação das mudanças climáticas devido a causas naturais e antropogênicas. Diversos estudos a partir de modelos de bioma têm sido realizados

com o intuito de examinar a distribuição da vegetação e suas relações com o clima, nesses modelos supõe-se que o clima tem um controle dominante sobre a distribuição da vegetação (Salazar et al., 2007). Pesquisas com modelos de vegetação potencial (PVM) têm sido realizadas para avaliar a resposta da vegetação a mudanças climáticas. No entanto, poucos estudos têm sido realizados sobre o impacto da mudança climática global na América do Sul [Cox et al., 2004; Scholze et al., 2006; Cook e Vizy, 2007, Salazar et al. (2007)], e a maioria dos estudos enfoca as mudanças climáticas antropogênicas e não consideram as mudanças naturais (ex.: mudança nos parâmetros orbitais). Uma reconstrução da vegetação de um passado geológico recente seria interessante para validar a habilidade dos PVM em caracterizar os biomas de equilíbrio com um determinado clima, a partir de dados paleoambientais. Diante do exposto, o objetivo deste trabalho é verificar, a partir do CPTEC PVM, as mudanças da vegetação durante o HM, sobre a América do Sul. Para isso o modelo de vegetação foi forçado com o clima do HM simulado a partir do modelo de circulação geral (MCG) do CPTEC o T062L28, forçado com as temperaturas da superfície do mar (TSM) do Institut et Pierre Simon Laplace (IPSL) para este período.

MATERIAL E MÉTODOS: Inicialmente foram geradas simulações de 40 anos para o HM (Melo e Marengo, 2008), com o MCG do CPTEC o T062L28, com resolução de aproximadamente 200 km na horizontal e 28 níveis na vertical. O MCG foi forçado com as TSM geradas pelo modelo oceânico do IPSL (resolução de 3,6° de latitude por 5,6° de longitude e 11 níveis sigma na vertical). Climatologias de precipitação e temperatura a superfície forçaram o CPTEC PVM para se obter um bioma em equilíbrio no HM.

A climatologia mensal da precipitação e temperatura a superfície (1961–1990) foram obtidas do trabalho de Willmott and Matsuura (1998). A climatologia originalmente com resolução de 0.5° foi interpolada para resolução espectral para o T062 (aproximadamente 2°), resolução usada para calibração do CPTEC-PVM (Oyama e Nobre, 2004).

O modelo de vegetação potencial CPTEC PVM (Oyama e Nobre, 2004), utiliza como entrada climatologias mensais de precipitação e temperatura do ar à superfície, a partir daí, obtêm-se um conjunto de variáveis ambientais. O CPTEC PVM não considera o ciclo de carbono, nem os mecanismos de feedback entre o CO₂ atmosférico e a vegetação. As saídas do modelo compõem um mapa de vegetação potencial, o qual deve ser comparado a um mapa de vegetação natural referencial. Como saída o modelo gera um bioma que pertence à classificação de Dorman e Sellers (1989) e é dividida em 13 biomas. Regionalmente, na América do Sul, ao contrário de outros modelos, o modelo de vegetação potencial (MVPot), consegue representar os campos nos Pampas e evita a substituição de caatinga por cerrado no Nordeste brasileiro (Oyama, 2002). Isso justifica seu uso em simulações para o período do Holoceno Médio. De posse dos biomas em equilíbrio para o experimento HM, os resultados foram confrontados com o mapa de vegetação potencial natural (saída do MVPot, biomas em equilíbrio com o clima de 1961-1990) para verificar a diferença entre a vegetação do presente e do Holoceno Médio. Em seguida, são discutidas as diferenças paleovegetais entre os períodos com base nos dados palinológicos, paleoecológicos e paleoclimáticos.

RESULTADOS: Os Biomas Naturais (Figura 1a) mostram a distribuição real dos biomas no planeta, não incluindo as mudanças no uso do solo, enquanto, os Biomas Potencias Naturais (Figura 1b) são os biomas gerados a partir do MVPot, em equilíbrio com o clima do período 1961-1990. Como discutido por Oyama e Nobre (2004), quando forçado com o clima atual o MVPot é capaz de reproduzir os principais padrões de biomas globais e regionais na América do Sul, como os campos nos Pampas (Oyama, 2002).

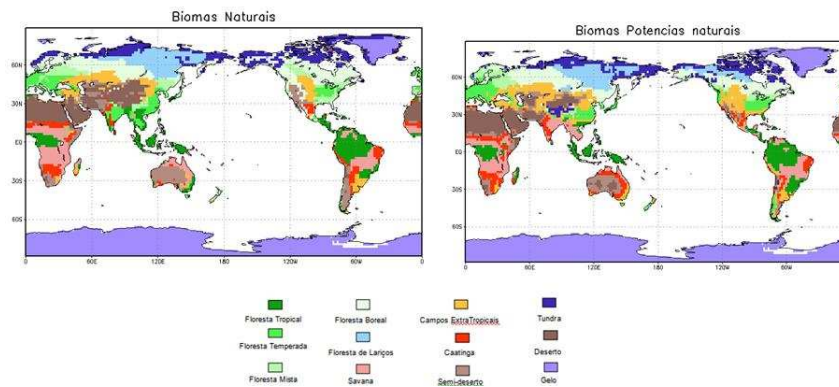


Figura 1 – (a) Biomias Naturais (não inclui mudanças no solo) e (b) Biomias Potencias Naturais (saída do MVPot, biomias em equilíbrio com o clima de 1961-1990).

Climatologias anuais de precipitação e temperatura do ar à superfície, a partir da simulação do HM, serviram como entrada para o modelo de vegetação a fim de verificar o bioma em equilíbrio para o período do Holoceno Médio. Vale salientar que as TSM utilizadas nos experimentos clima presente e HM são diferentes, climatologia do AMIP (1956 a 2003) e TSM gerada pelo modelo oceânico do IPSL, respectivamente (Melo e Marengo, 2008).

No experimento (Figura 2) os biomias potenciais do HM se apresentam bem diferentes do clima atual. Para a América do Sul: (a) No Nordeste brasileiro a região de caatinga é substituída por savana, indicativo de clima mais úmido durante o HM e concorda Ledru *et al.*, 2002, Pessenda *et al.*, 2001 e 2002 e De Oliveira *et al.*, 1999, resumidos na Tabela 1; (b) há uma expansão da floresta tropical temperada sobre a região central do Brasil, na direção noroeste/sudeste, unindo a floresta Amazônica a Mata Atlântica no sudeste do país. Esse resultado concorda com estudos de paleovegetação, sobre a região de Lagoa Bonita (DF), os quais sugerem clima mais úmido e elevação de temperatura durante o Holoceno Médio, com vegetação tipo vereda (Quaternário do Brasil, 2005). No entanto, não há estudos paleoambientais que sugerem essa expansão diagonal da floresta; (c) na região extremo sul do Brasil os campos se expandem ligeiramente para norte, tomando o lugar da floresta tropical. Isso é condizente com os dados paleoclimáticos e palinológicos para a região sul do Brasil, que indicam clima mais seco e quente com cobertura vegetal tipo campos durante o HM [Behling (2002); Behling *et al.*, (2001) e Behling *et al.*, 2004]; Na região norte do Brasil, não se verifica variações na paleovegetação do HM comparada ao clima atual. Lagoa da Pata e Serra do Maicuru extremo oeste e leste da região Amazônica, respectivamente, e o Lago do Calado (região central da Amazônia) verificaram condições climáticas e de vegetação semelhantes as do clima atual, no HM (Behling *et al.*, 2002; Quaternário do Brasil, 2005). No entanto, dados de Rondônia e Humaitá (sul da região Amazônica) sugerem clima mais seco que o atual, na região em estudo no HM, e paleovegetação tipo cerrado, cerradão e savana substituindo a floresta (Pessenda *et al.*, 1998b; Sifeddine *et al.*, 2001). Apesar da maioria dos dados palinológicos, paleoecológicos e paleoclimáticos para a região sudeste do Brasil (Tabela 1) mostrar que no HM, foi verificado clima mais seco e quente que o clima atual (Behling (2002), Behling *et al.*, (2001) e Behling *et al.*, 2004) e vegetação tipo cerrado e campos abertos. Estudos sobre a região do Vale do Paraíba do Sul (Jacareí e Taubaté) e Baía de Sepetiba (sul do Rio de Janeiro) sugerem clima mais úmido durante o HM (Garcia *et al.* 2004; Coelho *et al.*, 2002). O MVPot não evidencia mudança de vegetação entre o clima atual e o HM, na região sudeste do Brasil. A ocorrência da Mata Atlântica, nessa região, no HM pode ser devido ao fluxo de umidade proveniente da intensificação da Alta Subtropical do Atlântico Sul (não mostrada), principalmente sobre o verão do HM, que é a estação chuvosa

dessa região nos dias atuais. Um resumo da paleovegetação, paleoclima e vegetação simulada para o HM, por regiões, da América do Sul encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1 – Informações sobre paleoclima e paleovegetação durante o HM

Região	Paleoclima	Vegetação simulada no HMS2	Paleovegetação	Referência
Sul	Seco e quente	Expansão dos campos sobre a floresta tropical	Campos e uma pequena população de araucária migrando ao longo dos vales dos rios	Behling (2002); Behling et al., (2001; 2004); Quaternário do Brasil, 2005
Sudeste	Seco e presença de Paleofogos. Exceto no Vale do Paraíba e sul do RJ que foi mais úmido	Semelhante a atual	Cerrado acompanhado de matas ciliares e veredas	Salgado-Laborial et al. (1997); Behling, 1997; Garcial et al., 2004; Luz et al., 1999
Centro-Oeste	Mais úmida com elevação de temperatura	Expansão da floresta tropical temperada	Veredas	Quaternário do Brasil, 2005
Nordeste	Oscilações entre períodos mais úmidos e condições semi-áridas	Savana substitui a Caatinga	Declínio de floresta e gradual aumento de caatinga, cerrado e floresta de galeria	De Oliveira et al., 1999
Norte	Semelhante ao clima atual exceto no sul da Amazônia, Serra dos Carajás e Rondônia clima mais seco	Semelhante a atual	Semelhante a vegetação atual, exceto no sul da Amazônia, Serra dos Carajás e Rondônia cerrado, cerradão e savana	Quaternário do Brasil, 2005

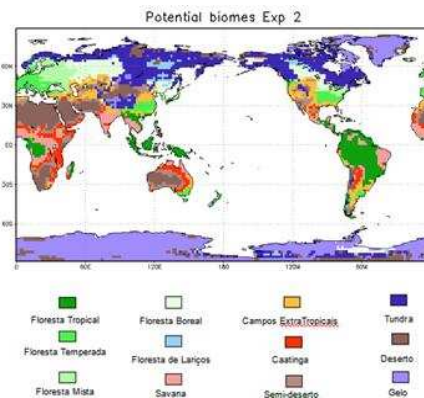


Figura 2 - Biomas Potenciais Naturais em equilíbrio com o clima do HM.

CONCLUSÕES: s mudanças dos parâmetros orbitais e concentração de CO₂, durante o HM geraram um clima mais úmido e ligeiramente mais frio sobre a região nordeste do Brasil, como resposta o CPTEC PVM sugere vegetação tipo savana ao invés da caatinga que atualmente cobre essa área. Uma expansão diagonal da floresta tropical sobre a temperada, substituindo os atuais campos extratropicais, também foi simulada pelo modelo de vegetação, isso pode ser devido ao fluxo de umidade trazido do oceano Atlântico, devido à proximidade e intensificação da Alta Subtropical do Atlântico Sul durante o HM (discutido em Melo e Marengo 2008).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS: BEHLING, H, BAUERMANN, S.G., NEVES, P.C. 2001. Holocene environmental changes from the São Francisco de Paula region, southern Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 14, p. 631-639.

- BEHLING, H. 2002. South and southeast Brazilian grasslands during Late Quaternary times: a synthesis. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 177, p. 19-27, 2002.
- BEHLING, H.; PILLAR, V. D.; ORLÓCI, L.; BAUERMAN, S. G. Late Quaternary Araucaria forest, grassland (Campos), fire and climate dynamics, studied by high-resolution pollen, charcoal and multivariate analysis of the Cambará. do Sul core in southern Brazil. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v.203, p. 277-297, 2004
- COX, P. M., R. A. BETTS, M. COLLINS, P. P. HARRIS, C. HUNTINGFORD, AND C. D. JONES (2004), Amazonian forest dieback under climate-carbon cycle projections for the 21st century, *Theor. Appl. Climatol.*, 78, 137– 156, doi:10.1007/s00704-004-0049-4.
- DORMAN, J. L., AND P. J. SELLERS (1989), A global climatology of albedo, roughness length and stomatal resistance for atmospheric general circulation models as represented by the simple biosphere model (SiB), *J. Appl. Meteorol.*, 28, 833–855.
- GARCIA, M. J.; DE OLIVEIRA, P. E.; SARAIVA, R.; SIQUEIRA, E. 2004. A Holocene vegetational and climatic record from the Atlantic rainforest belt of coastal State of São Paulo, SE Brazil. *Review of Palynology and Palaeobotany*, v. 131, p. 181-199.
- HAUG, G. H.; HUGHEN, K. A.; SIGMAN, D. M.; PETERSON, L. C.; RÖHL, U. Southward Migration of the Intertropical Convergence Zone Through the Holocene. *Science*, v. 293, p. 1304--1308, 2001.
- LEDRU, M.P., 1993. Late Quaternary environmental and climatic changes in central Brazil. *Quaternary Research* 39, 90–98.
- LUZ, C.F.P.; BARTH, O.M.; MARTIN, L. 1999. Evolução das florestas tropicais estacional semidecídua e ombrófila densa durante o Holoceno Médio na região norte do Rio de Janeiro, baseada em palinologia. *Geociências*, v. 4, n. 6, p. 74 -84.
- MELO, M. L. D. E MARENGO, J. A. 2008. The influence of changes in orbital parameters over South American climate using the CPTEC AGCM: simulation of climate during the mid Holocene. *The Holocene*, 2008.
- NOBRE, C. A., G. S. OLIVEIRA, AND L. F. SALAZAR (2006), Climate and land use changes in Amazonia: Impacts on the hydrological cycle and biome distribution, in *Water and Environment: Proceedings of the Workshop in the Vatican Academy of Sciences*, Nov. 2005, Vatican Press, Rome, in press.
- OYAMA, M. D., AND C. A. NOBRE (2004), A simple potential vegetation model for coupling with the simple biosphere model (SIB), *Rev. Bras. Meteorol.*, 1(2), 203– 216
- PESSENDA, L.C.R; RIBEIRO, A.S., GOUVEIA, S.E.M; BENDASSOLI, J.A.; BOULET, R.; PELLEGRINOTTI, T.C.; SILVA, V.F. 2001. Dinâmica do ecótono cerrado-floresta desde o Pleistoceno tardio na região de Barreirinhas, estado do Maranhão, empregando os isótopos do carbono do solo. In: congresso da ABEQUA, 8, Imbé.
- PESSENDA, L.C.R; RIBEIRO, A.S., GOUVEIA, S.E.M; BENDASSOLI, J.A.; BOULET, R.; PELLEGRINOTTI, T.C.; SILVA, V.F. 2002. Dynamics of forest-savanna ecotone from Late Pleistocene in the Barreirinhas region, state of Maranhão, northeastern Brazil, using the carbon isotopes of soil organic matter. In: *International Conference on Isotopes*, 4, Cape Town: NECSA. P.48. (<http://www.cena.usp.br/labs/C14/Periodicos/Internacionais/>).
- SALAZAR, L. F., C. A. NOBRE, AND M. D. OYAMA (2007), Climate change consequences on the biome distribution in tropical South America, *Geophys. Res. Lett.*, 34.
- SOUZA, C. R. G.; Sugiu, K; Oliveira, A. M. S; Oliveira, P. E. *Quaternário do Brasil*. Editora Holos. 378 pp. 2005.
- WILLMOTT, C. J., AND K. MATSUURA (1998), Global air temperature and precipitation: Regrided monthly and annual climatologies, version 2.01, *Cent. for Clim. Res., Univ. of Del., Newark*.