

PALEOAMBIENTES DO CONE SUL DA AMÉRICA DO SUL

Soraia Bauermann
Hermann Bebling
Valério Pillar

Paisagens abertas dominadas por gramíneas têm caracterizado o cone sul da América do Sul desde 5 milhões de anos atrás, e, no presente, exibem alta diversidade florística e taxa de endemismos. São revisadas aqui as evidências sobre a dinâmica da vegetação do cone sul da América do Sul durante o Quaternário, a partir de registros de pólen e de partículas de carvão preservados em sedimentos. O panorama paleovegetacional permite deduzir que a paleopaisagem do Pleistoceno no cone sul foi moldada por algumas forçantes globais: o clima era mais frio e seco e o panorama amplamente dominado por vegetação herbácea. No Holoceno, houve uma atenuação climática devido à maior umidade aliada à menor intensidade das massas de ar polar. No Holoceno tardio, possivelmente já com a atuação da oscilação El Niño, estabelece-se a variada paisagem vegetacional que, na atualidade, vem modificando-se rapidamente devido à ação antrópica.

Introdução

Paisagens abertas de pradarias (campos e pampa), às vezes entremeadas por formações florestais mais ou menos contínuas, predominavam em grande parte do sul do Brasil e do cone sul da América do Sul quando da colonização europeia. As pradarias foram bastante apropriadas para a atividade pastoril que inicialmente se desenvolveu. As regiões predominantemente florestais, por sua vez, foram colonizadas mais tarde com a chegada de novas levas imigratórias. Essas paisagens têm-se modificado pela ação humana, especialmente nas últimas quatro décadas, com a aceleração da conversão dos campos para usos mais intensos da terra. O conhecimento sobre a origem dessas paisagens é essencial para sua restauração, manejo e conservação.

Registros paleopolínicos indicam que paisagens abertas dominadas por gramíneas têm caracterizado essa região da América do Sul desde a transição Mioceno-Plioceno há cerca de 5 milhões de anos.¹ Entretanto, outras evidências, tais como a presença de fitólitos em paleosolos e a evolução de mamíferos com estruturas associadas ao hábito pastador (por exemplo, molares de coroa alta, hipsodontes²), parecem indicar a ocorrência de pradarias, ou de mosaicos destas com florestas, desde o período Eoceno-Oligoceno, há cerca de 35 milhões de anos³.

A corroborar esse longo tempo de evolução, as formações campestres do Rio Grande do Sul (RS), por exemplo, apresentam alta diversidade de espécies e altos níveis de endemismo em plantas⁴ e em animais⁵. Apesar da importância do entendimento da dinâmica, em particular da biodiversidade desses *hotspots*, para sua restauração, manejo e conservação, são pouco conhecidas a história ambiental, as razões da biodiversidade e menos ainda a gênese dos endemismos e da riqueza de espécies que singularizam tais paisagens.

Neste artigo revisamos as evidências disponíveis a partir de registros de pólen e de partículas de carvão preservados em sedimentos, evidências que permitem reconstituir parte da história dessas paisagens a partir do Quaternário.

Paleopolinologia da vegetação do Cone Sul

A América do Sul é um continente ímpar, não só por apresentar ecossistemas diversos formados por vegetação tropical, subtropical e temperada⁶, mas também por oferecer registros polínicos preservados de todas essas formações vegetacionais. Tais condições fornecem uma oportunidade única para estudos das dinâmicas paleovegetacionais e das teleconexões paleoclimáticas (figura 1).

¹ STRÖMBERG, C. A. E. Evolution of Grasses and Grassland Ecosystems. *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.*, 39:517-544, 2011.

² MACFADDEN, B. J. Origin and evolution of the grazing guild in new world terrestrial mammals. *Trends in Ecology & Evolution*, 12:182-187, 1997.

³ STRÖMBERG, C. A. E. *Op. cit.*

⁴ BOLDRINI, I. I. A flora dos Campos do Rio Grande do Sul. In: PILLAR, V. D.; MÜLLER, S. C.; CASTILHOS, Z. M. S. & JACQUES, A. V. A. (Ed.). *Campos Sulinos: Conservação e Uso Sustentável da Biodiversidade*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2009. p. 63-77.

OVERBECK, G. E.; MÜLLER, S. C.; FIDELIS, A.; PFADENHAUER, J.; PILLAR, V. D.; BLANCO, C. C.; BOLDRINI, I. I.; BOTH, R. & FORNECK, E. D. Brazil's neglected biome: The South Brazilian Campos. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 9:101-116, 2007.

⁵ BENCKE, G. A. Diversidade e conservação da fauna dos Campos do Sul do Brasil. In: PILLAR, V. D.; MÜLLER, S. C.; CASTILHOS, Z. M. S. & JACQUES, A. V. A. (Ed.). *Campos Sulinos... Op. cit.*, 2009. p. 101-121.

⁶ SEIBERT, P. *Farbatlds Sudamerika: Landschaft und-seibert*. Stuttgart: Ulmer, 1996. 288 p.

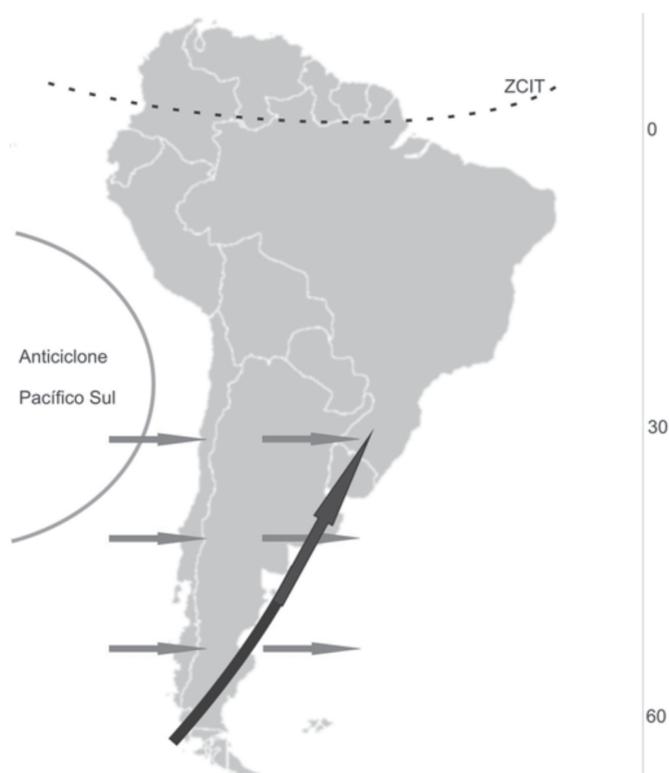


Figura 1: Principais forçantes climáticas atuando sobre a América do Sul durante o Pleistoceno. A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) deveria estar deslocada para o norte enquanto as frentes polares (seta diagonal) seriam mais intensas e frequentes. As setas horizontais representam os ventos de oeste que deveriam ser mais fortes

Delimitamos o cone sul da América do Sul pelos territórios situados abaixo do trópico de Capricórnio (23°S) incluindo Argentina, Brasil (regiões sul e sudeste), Chile, Paraguai e Uruguai. Os campos do sul do Brasil estão incluídos no bioma Pampa na metade sul e oeste do Rio Grande do Sul, e no bioma Mata Atlântica nas partes mais altas do Planalto Meridional, onde estão associados a florestas com Araucária.⁷ Esses campos formam parte dos *pastizales del Rio de la Plata*⁸, que se estendem em formações semelhantes no Uruguai e na Argentina e representam a região mais extensa de pradarias temperadas na América do Sul. As formações florestais do sul do Brasil compõem o bioma Mata Atlântica.⁹ Essas florestas classificam-se como floresta ombrófila densa ao longo do litoral e das encostas leste do Planalto Meridional, floresta ombrófila mista com *Araucaria*, que ocorre em contato com os campos nas partes mais altas das bordas do Planalto Meridional e dos vales

⁷ IBGE. *Mapa da vegetação do Brasil e Mapa de biomas do Brasil*. IBGE, 2004.

⁸ SORIANO, A.; LEÓN, R. J. C.; SALA, O. E.; LAVADO, R. S.; DEREGIBUS, V. A.; CAHUEPÉ, M. A.; SCAGLIA, O. A.; VELÁZQUEZ, C. A. & LEMCOFF, J. H. Río de la Plata grasslands. In: COUPLAND, R. T. *Ecosystems of the world. Natural grasslands. Introduction and western hemisphere*. New York: Elsevier, 1992. p. 367-407.

⁹ IBGE. *Mapa da vegetação do Brasil e Mapa de biomas do Brasil*. Op. cit.

encaixados de afluentes dos rios Uruguai e Jacuí, e floresta estacional nas altitudes mais baixas a oeste e ao sul do Planalto Meridional.

A paleopalinologia dessa porção da América do Sul não se desenvolveu de modo homogêneo; enquanto algumas regiões são conhecidas por grande volume de dados, outras, como Paraguai, ainda não foram objeto de estudo em palinologia do Quaternário.

Chile

Devido à extensão longitudinal dos Andes, identifica-se um grande número de características topográficas e gradientes altitudinais através de diferentes zonas climáticas, dificultando a adoção de generalizações vegetacionais ou climáticas. Além disso, diferenças nas interpretações dos dados polínicos, nos registros temporais e na continuidade cronológica impedem a adoção de um panorama vegetacional de consenso entre os pesquisadores. Há inúmeras publicações sobre registros polínicos no Chile que iniciaram com os trabalhos pioneiros de Heusser e Villagrán.

Registros polínicos para a porção central-norte do Chile (30-34°S) indicam para o Holoceno inicial, há cerca de 10 mil anos antes do presente (10ka AP), uma fase úmida com presença de grãos de pólen característicos de ambientes florestais paludiais. Seguiu-se uma fase árida e quente para o Holoceno inicial/médio (7,5ka) assinalada em Palo Colorado, Norte Chico, Laguna Tagua Tagua e também em Laguna Acúleo (34°S), onde o espectro polínico esteve dominado por Chenopodiaceae, sugerindo um ambiente salino e sazonal. Em 5,7ka, foi detectada melhoria geral dessas condições climáticas, promovendo o aparecimento de táxons arbóreos (*Maytenus boaria*) e desenvolvimento das matas paludiais. Para 3ka, há tendências climáticas divergentes com alguns sítios indicando umidade (Laguna Acúleo), enquanto em outros há indicação de aridez (Palo Colorado, Ñague III). Para o Holoceno tardio (2-1ka), houve expansão geral dos táxons arbóreos (*Drymis winterii*, Myrtaceae), indicativos de aumento de umidade e modelagem da vegetação em conformidade com os padrões atuais.

A Região dos Lagos (39-43°S) foi o cenário para o desenvolvimento dos primeiros trabalhos de paleopalinologia realizados por Heusser¹⁰ e Villagrán¹¹ e implementados por outros pesquisadores em décadas posteriores. Dados dessas pesquisas evidenciam clima frio e alta pluviosidade para o Pleistoceno tardio, assinalados pela presença de espécies de *Astelia*, *Donatia* e *Gaimardia*, que são tolerantes

¹⁰ HEUSSER, C. J. Late-Pleistocene pollen diagram from the Province of Llanquihue, Southern Chile. *American Philosophical Society Proceedings*, 110:269-305, 1966.

HEUSSER, C. J. Late Glacial-Holocene Climate the Lake District of Chile. *Quaternary research*, 22:77-90, 1984.

¹¹ VILLAGRÁN, C. Vegetationsgeschichtliche und pflanzensoziologische Untersuchungen in Vicente Pérez Rosales Nationalpark, Chile. *Dissertationes Botanicae*, 54: 1-165, 1980.

VILLAGRÁN, C. Análisis palinológico de los cambios vegetacionales durante el Tardiglacial y Postglacial en Chiloé, Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*, 58: 57-69, 1985.

ao frio e higrófilas. Para o Holoceno inicial e médio, a expansão de elementos como *Eucryphia/Caldcluvia* e *Aextoxicon punctatum* indicam temperaturas elevadas e secas. No Holoceno tardio, após 3ka, ocorre retração dos bosques de *Nothofagus procera/obliqua* e expansão até os Andes de espécies características dos Bosques Valdivianos (*Eucryphia/Caldcluvia*; *Aextoxicon punctatum*) e Norte-patagônicos (*Weinmannia trichosperma*; *Fitzroya/Pilgerodendron*; *Saxegothaea conspicua*), sugerindo um aumento contínuo das chuvas até a formação do cenário climático atual para a Região dos Lagos.

Trabalhos de síntese desenvolvidos nas décadas posteriores, em três áreas chaves da patagônia chilena (41-55°S), como o Distrito dos Lagos, Península Taitao e Estreito de Magalhães, apontam um processo de aquecimento climático para a idade aproximada de 14ka, quando houve troca de uma vegetação resistente ao frio por outra tolerante ao aquecimento climático, como as Myrtaceae.¹² Estudos na região de floresta temperada ao sul dos Andes indicaram a ocorrência de uma extensa floresta de *Nothofagus* a oeste dos Andes, enquanto a leste ocorria uma vegetação com alto número de táxons estépico e tipo *Nothofagus dombeyi*. Ambos os setores oriental e ocidental da vegetação andina mostraram no Holoceno inicial a existência de um clima mais seco que o atual.¹³ Em Mallín Pollux (45°S), para a idade aproximada de 6ka, houve aumento do registro polínico de Poaceae, *Misodendron* e *Escallonia*, indicando um retorno das condições secas. Estudos paleoecológicos de dinâmica paleovegetacional ao norte da floresta úmida patagônica, no arquipélago Chonos, (46°S) registraram *Tepualia* e *Weinmannia* como importantes componentes das florestas, espelhando clima mais quente, para o final do Pleistoceno e início do Holoceno (10,6-6ka), do que nos dias de hoje. Posteriormente, *Pilgerodendron* recupera-se e, na atualidade, ocorrem formações florestais constituídas por *Nothofagus-Pilgerodendron-Tepualia*.¹⁴

Patagônia Argentina

A região da Patagônia argentina (37-51°S) tem sido palco de estudos sobre o Quaternário desde a década de 1930; após os anos 1980, vários trabalhos multidisciplinares sobre o Pleistoceno/Holoceno foram ali realizados. Os dados polínicos obtidos em Lago El Trebol¹⁵ sugerem para o Pleistoceno tardio/Holoceno inicial a predominância de uma estepe caracterizada por um conjunto polínico formado por Poaceae, *Nothofagus*, *Pernetia-Gaultheria* (Ericaceae) e

¹² MCCULLOCH, R. D.; BENTLEY, M. J.; PURVES, R. S.; HULTON, N. R. J.; SUGDEN, D. E. & CLAPPERTON, C. M. Climatic inferences from glacial and palaeoecological evidence at the last glacial termination, southern South America. *Journal of Quaternary Science*, 15:409-417, 2000.

¹³ MARKGRAF, V.; BRADBURY, J. P.; SCHWALB, A.; BURNS, S. J.; STERN, C.; ARIZTEGUI, D.; GILLI, A.; ANSELMETTI, F. S.; STINE, S. & MAIDANA, N. Holocene paleoclimates of southern Patagonia: limnological and environmental history of Lago Cardiel, Argentina. *The Holocene*, 3: 597-607, 2003.

MARKGRAF, V.; WHITLOCK, C. & HABERLE, S. Vegetation and fire history during the last 18,000 cal yr B.P. in southern Patagonia: Mallín Pollux, Coyhaique, Province Aisén (45°41'30"S, 71°50'30"W, 640m elevation). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 254: 492-507, 2007.

¹⁴ HABERLE, S. G. & BENNETT, K. D. Postglacial formation and dynamics of northern Patagonian rainforest in the Chonos Archipelago, southern Chile. *Quaternary Science Reviews*, 23:2.433-2.452, 2004.

¹⁵ BIANCHI, M. M.; MASSAFERRO, J.; ROSS, J. R. & LAMI, A. Late Pleistocene and early Holocene ecological response of Lake El Trebol (Patagônia, Argentina) to environmental changes. *Journal of Paleolimnology*, 22:137-148, 1999.

¹⁶ MANCINI, M. M. Holocene vegetation and climate changes from a peat pollen record of the forest – steppe ecotone, Southwest of Patagônia (Argentina). *Quaternary Sciences Review*, 28:1.490-1.497, 2009.

¹⁷ MARKGRAF, V. *et al.* Holocene paleoclimates of southern Patagonia... *Op. cit.* MARKGRAF, V.; WHITLOCK, C. & HABERLE, S. Vegetation and fire history... *Op. cit.*

¹⁸ PRIETO, A. R. Late Quaternary vegetational and climatic changes in the Pampa grassland of Argentina. *Quaternary Research*, p. 573-588, 1996.

¹⁹ QUATTROCHIO, M. E.; BORROMEI, A. M.; DESCHAMPS, C. M.; GRILL, S. C. & ZAVALA, C. A. Landscape evolution and climate changes in the Late Pleistocene-Holocene, southern Pampa (Argentina): Evidence from palynology, mammals and sedimentology. *Quaternary International*, 181:123-138, 2008.

TONELLO, M. S. & PRIETO, A. Tendencias climáticas para los pastizales pampeanos durante el Pleistoceno tardío-Holoceno: estimaciones cuantitativas basadas en secuencias polínicas fósiles. *Ameghiniana*, 47:501-514, 2010.

²⁰ TONELLO, M. S. & PRIETO, A. *Op. cit.*

Asteraceae, denotando um clima seco. Vegetação aberta constituída principalmente por Poaceae e Asteraceae, indicativos de clima seco, também foi documentada para Lago El Cardiel. A troca de estepe para florestas, representada principalmente pelo aumento de *Nothofagus* no espectro polínico, começou no Holoceno inicial/médio, refletindo temperatura e umidades mais amenas que o período anterior.¹⁶ Porém, em torno de 6ka, para o Lago El Cardiel (extremo sul da Patagônia), foi observado um episódio de aridez. Após 3ka, o espectro polínico revela o desenvolvimento de uma vegetação arbustiva associada a florestas abertas e representadas por *Berberis*, *Mulinum* e *Empetrum*, enquanto a ocorrência de *Nothofagus* sofre redução, apontando para condições de clima frio. Para Markgraf¹⁷, a variabilidade climática dos dias atuais é fortemente influenciada, entre outros fatores, pela oscilação El Niño. Após o processo de colonização europeia, com a introdução do gado e do fogo, o registro polínico de *Nothofagus* diminuiu, propiciando a expansão da vegetação estépica composta por ervas ou arbustos.

Pampa da Argentina

A história da vegetação e do clima do Pampa na Argentina foi sintetizada por Prieto¹⁸ e posteriormente ampliada por outros autores¹⁹. Durante o Pleistoceno tardio, vários trabalhos documentam a ocorrência de um clima extremamente frio e árido a semiárido. Tais condições extremas são consequências do baixo nível do mar na costa Atlântica de Buenos Aires, que expôs uma grande massa de terra, dando origem a um clima continental.

Para o Holoceno, entretanto, nem sempre há um consenso entre os pesquisadores sobre os sinais dos registros polínicos. No que diz respeito ao Holoceno inicial, verifica-se o desenvolvimento de um campo úmido para “Sauce Grande”, enquanto em Monte Hermoso, zona costeira de Buenos Aires, ocorre uma vegetação psamófito também com evidência de umidade local, embora o nível do mar ainda fosse inferior ao da atualidade. Quanto ao Holoceno médio, dados obtidos no sudoeste dos pampas²⁰ indicam clima úmido a subúmido, enquanto no Holoceno tardio, os dados polínicos denotam grande variabilidade climática. Com relação à região sul do Pampa, identifica-se a ocorrência de uma vegetação psamófila e halófila associada a vegetação adaptada a solos úmidos devido, possivelmente, ao aumento do nível do mar. Para o rio Sauce Grande, há evidência de aridez com intensa atividade eólica. Para o Pampa da região sudoeste, de 2ka até 500 anos AP, sugere-se um

- ²¹ BAUERMAN, S. G.; BEHLING, H.; MACEDO, R. B. Biomas regionais e evolução da paisagem no Rio Grande do Sul com base em paleopolinologia. In: RIBEIRO, A. M.; BAUERMAN, S. G. & SCHERER, C. S. (Org.). *Quaternário do Rio Sul*: integrando conhecimentos. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Paleontologia, 2009. p. 81-93; p. 63-77.
- ²² BEHLING, H.; PILLAR, V.; ORLÓCI, L. & BAUERMAN, S. G. Late Quaternary *Araucaria* forest, grassland (campos), fire and climate dynamics, inferred from a high-resolution pollen record of Cambará do Sul in southern Brazil. *Palaeogeograph, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 203:277-297, 2004.
- ²³ BEHLING, H.; PILLAR, V.; ORLÓCI, L. & BAUERMAN, S. G. *Op. cit.*
- ²⁴ BEHLING, H. & NEGRELLE, R. R. P. Late Quaternary tropical rain forest and climate dynamics from the Atlantic lowland in southern Brazil. *Quat. Res.*, 56:383-389, 2001.
- OLIVEIRA, P. E. de. *A Palynological Record of Late Quaternary Vegetational and Climatic Change in South-eastern Brazil*. Unpublished Ph.D. thesis, The Ohio State University, Columbus, 1992. 238 p.
- BEHLING, H. & LICHTHE, M. Evidence of dry and cold climatic conditions at glacial times in tropical south-eastern Brazil. *Quaternary Research*, 48:348-358, 1997.
- BEHLING, H.; LICHTHE, M. & MIKLOS, A. W. Evidence of a forest free landscape under dry and cold climatic conditions during the last glacial maximum in the Botucatu region (São Paulo State), Southeast Brazil. *Quaternary of South America And Antartic Peninsula*, 11:99-110, 1998.
- BISSA, W. M. *Paleoambiente do Quaternário Superior da Serra de Botucatu - SP (Cuestas Basálticas), com ênfase nas*

clima semiárido, diferente do Pampa da região central, onde o espectro polínico supõe um clima variando de úmido a subúmido. Após esta idade, registra-se diminuição da precipitação para a região do Pampa na Argentina. Nos tempos atuais, a influência antrópica se faz notar no espectro polínico pela presença de *Pinus*, *Eucalyptus*, *Diplotaxis tenuifolia* e *Tamarix*.

Planalto sul-brasileiro

Nas últimas duas décadas, a Floresta com Araucária foi objeto de inúmeros estudos, que se encontram sintetizados em Bauermann *et al.*²¹ Pesquisas feitas no sítio de Cambará do Sul, RS, indicaram presença de extensas áreas de formação campestre e ausência de vegetação arbórea desde antes do Máximo Glacial até seu final (em torno de 18ka).²² O predomínio dos campos sugere a vigência de clima frio e seco, sendo frequente a ocorrência de geadas com um longo período de seca. A temperatura mínima inferior a 10°C associada aos períodos sazonais impediu o desenvolvimento da *Araucaria angustifolia* nas áreas de montanha.²³ Tais condições prevaleceram até o Holoceno inicial. Resultados semelhantes foram obtidos nas regiões de Catas Altas e Lago dos Olhos, Minas Gerais; Botucatu e Morro de Itapeva, São Paulo; e Volta Velha, Santa Catarina.²⁴

Após o Holoceno inicial, o registro polínico de táxons constituintes da Floresta de Araucária exibe um pequeno acréscimo, indicando que houve migração dessas matas provavelmente seguindo o curso dos rios. O mesmo processo de migração vegetacional ocorreu com elementos polínicos da Floresta Atlântica, que ampliaram sua distribuição através das escarpas litorâneas da Serra Geral.²⁵ O domínio da vegetação campestre com leve expansão dos elementos arbóreos sugere melhora climática, com temperaturas mais elevadas e mais umidade. Todavia, o início do Holoceno para o sudeste do Brasil marca a retração das Florestas com *Araucaria* e *Podocarpus*, as quais, com a melhoria climática, cederam lugar às matas mesófilas da atualidade.²⁶

Durante o Holoceno médio e superior (4.3-1ka), a Floresta com Araucária amplia sua área de ocupação formando uma rede de florestas de galeria ao longo dos rios, enquanto regionalmente a vegetação herbácea predominava. Os registros polínicos incluem, além da própria *Araucaria angustifolia*, *Myrsine*, *Mimosa scabrella*, Myrtaceae, *Podocarpus* e *Ilex* e esporos de *Dicksonia sellowiana*, demonstrando que alguns dos principais componentes da Floresta com Araucária já estavam ali.²⁷

Ocupações Humanas. Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas USP, Tese de Doutorado, 2004. 92 p. SIQUEIRA, E. de. *História ecológica da floresta de Araucária durante o Quaternário Tardio no setor sul da serra da Mantiqueira: análises sedimentológicas e palinológicas na região de Monte Verde (MG) Programa de Pós-Graduação em Geociências, Dissertação de Mestrado, USP, São Paulo, 2006. 142 p.*

²⁵ BEHLING, H.; PILLAR, V.; ORLÓCI, L. & BAUERMANN, S. G. *Op. cit.*

²⁶ OLIVEIRA, P. E. de; BEHLING, H.; LEDRU, M-P; BARBERI, M.; BUSH, M.; SALGADO-LABOURIAU, M. L.; GARCIA, M. J.; MEDEANIC, S.; BARTH, O. M.; BARROS, M. A. & SCHEEL-YBERT, R. *Paleoambientes e paleoclimas do Brasil. In: SOUZA, C. R. de G.; SUGUIO, K.; OLIVEIRA, A. M. dos S. & OLIVEIRA, P. E. de. (Eds.). Quaternário do Brasil. São Paulo: Holos, 2005. p. 53-74.*

²⁷ BEHLING, H.; PILLAR, V.; ORLÓCI, L. & BAUERMANN, S. G. *Op. cit.*

²⁸ BEHLING, H. & PILLAR, V. D. Late Quaternary vegetation, biodiversity and fire dynamics on the southern Brazilian highland and their implication for conservation and management of modern Araucaria forest and grassland ecosystems. *Philosophical Transactions Royal Society B*, 362:243-251, 2007.

²⁹ BEHLING, H.; PILLAR, V.; ORLÓCI, L. & BAUERMANN, S. G. *Op. cit.*

³⁰ BEHLING, H.; PILLAR, V. & BAUERMANN, S. G. Late Quaternary grassland (Campos), gallery forest, fire and climate dynamics studied by pollen, charcoal and multivariate analysis of the São Francisco de Assis core in western Rio Grande do Sul (southern Brazil). *Review of Paleobotany and Palynology*, 133:235-48, 2005.

No Holoceno superior, 1ka-430 anos, os elementos típicos da floresta ampliam-se ainda mais, sobretudo a própria *Araucaria angustifolia* e *Mimosa scabrella*, substituindo a vegetação herbácea e refletindo variações para um clima mais úmido, com alta pluviosidade e pequeno ou inexistente período de seca, porém mantendo-se um mosaico de floresta e campo.²⁸

Registros polínicos de *Pinus* datados em 130 anos AP indicaram a chegada dos primeiros imigrantes alemães e a entrada de táxons exóticos. A introdução do gado e a derubada seletiva da *Araucaria angustifolia* propiciaram condições ambientais favoráveis ao desenvolvimento de uma vegetação secundária, caracterizada pela presença frequente de *Mimosa scabrella*, Myrtaceae, *Lamanonia speciosa* e *Ilex*.²⁹

Campos do Rio Grande do Sul e do Uruguai

Vários estudos paleopalínológicos foram realizados nos campos do Rio Grande do Sul e do Uruguai.³⁰

O espectro polínico registrado na região de São Francisco de Assis³¹, (RS), no Pleistoceno tardio (22ka), apontou a existência de amplas formações campestres dominadas por Poaceae, seguidas de Cyperaceae, Asteraceae, tipo *Baccharis*, tipo *Eryngium*, tipo *Plantago australis*, *Borreria*, *Alternanthera* e Caryophyllaceae. A ausência de elementos arbóreos com predominância de vegetação herbácea sugere a vigência de um clima frio e seco até o início do Holoceno.

O limite Pleistoceno/Holoceno marcou, também, troca na composição florística dos campos, com *Borreria*, *Alternanthera* e Caryophyllaceae diminuindo sua representatividade, enquanto elementos palustres como Ciperáceas, Eriocauláceas, Melastomatáceas, Xiridáceas e *Phaeoceros laevis* aumentam sua representatividade.

No Holoceno médio, os campos ainda dominam a paisagem, mas o registro polínico de formações florestais aumenta levemente, sobretudo devido a Myrtaceae refletindo maior umidade e avanço de matas ripárias. A partir de 1.5ka até o presente, as formações campestres continuam dominando a paisagem, mas houve acréscimo de táxons arbóreos como Melastomataceae e Myrtaceae, provas de melhoria climática e aumento de umidade. Esse mesmo sinal polínico foi registrado nos sítios paleontológicos de São Martinho da Serra³² e Morro Santana³³.

Vestígios da presença de grupos coletores-caçadores foram encontrados no bioma Pampa, desde o final do Pleistoceno, em territórios da Argentina, Uruguai e Brasil (Rio

- BAUERMANN, S. G.; MACEDO, R. B.; BEHLING, H.; PILLAR, V. & NEVES, P. C. P. Dinâmicas vegetacionais, climáticas e do fogo com base em palinologia e análise multivariada no Quaternário Tardio no sul do Brasil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 11:87-96, 2008.
- BEHLING, H.; PILLAR, V. D.; MÜLLER, S. C. & OVERBECK, G. E. Late-Holocene fire history in a forest-grassland mosaic in southern Brazil: Implications for conservation. *Applied Vegetation Science*, 10:81-90, 2007.
- IRIARTE, J. Vegetation and climate change since 14,810 ¹⁴C yr B. P. in southeastern Uruguay and implications for the rise of early Formative societies. *Quaternary Research*, 65:20-32, 2006.
- ³¹ BEHLING, H.; PILLAR, V. & BAUERMANN, S. G. *Op. cit.*
- ³² BAUERMANN, S. G.; MACEDO, R. B.; BEHLING, H.; PILLAR, V. & NEVES, P. C. P. *Op. cit.*
- ³³ BEHLING, H.; PILLAR, V. D.; MÜLLER, S. C. & OVERBECK, G. E. *Op. cit.*, 2007.
- ³⁴ BEHLING, H.; PILLAR, V. & BAUERMANN, S. G. *Op. cit.* Late Quaternary grassland (Campos), gallery forest, fire and climate dynamics studied by pollen, charcoal and multivariate analysis of the São Francisco de Assis core in western Rio Grande do Sul (southern Brazil). *Review of Paleobotany and Palynology*, 133:235-48, 2005.

Grande do Sul). Nos campos rio-grandenses, os primeiros indícios de queimadas por ação antrópica datam do início do Holoceno. Os registros de fitoclastos perduram ao longo do Holoceno médio/tardio e se acentuam próximo ao presente.

No século XVII, a maior parte da população Guarani foi incluída nas reduções jesuíticas, onde praticavam agricultura (milho, feijão e mandioca) e pecuária. A região de São Francisco de Assis constituiu parte da terceira redução jesuítica. Registro de pólen de milho evidencia o cultivo deste cereal por parte dos grupos indígenas em São Francisco de Assis há cerca de 2 mil anos antes do presente.³⁴

Dados polínicos obtidos para o Pleistoceno tardio (14-10ka) na região de India Muerta, Uruguai, mostram amplo predomínio de Poaceae e Cyperaceae, baixos valores percentuais de grãos de pólen de Cyperaceae e *Myriophyllum* e escassos elementos arbóreos de Bignoniaceae, Phytolacaceae e Arecaceae, indicando clima frio e seco. Durante o Holoceno inicial (10,66ka), observa-se discreto aumento da umidade, atestado pelo aumento de representatividade de *Myriophyllum*. Ao longo do Holoceno médio (6.6-4ka), ocorrem vários episódios com alternância de representatividade polínica; ora Amaranthaceae/Chenopodiaceae apresentam maior expressividade, ora Cyperaceae e *Myriophyllum*, indicando a vigência de clima seco alternado com períodos de umidade. No Holoceno tardio (4ka até o presente), Poaceae mostra sua maior expressividade, seguida de Asteraceae, Apiaceae, *Polygonum* e Rubiaceae. Os elementos arbóreos manifestam leve incremento de representatividade, apontando para um clima mais úmido e estável, semelhante ao atual.

Conclusões

Os principais registros polínicos para o cone sul da América do Sul conduzem às conclusões que seguem.

Durante o Pleistoceno médio, o clima na região do Pampa argentino era árido e com forte atividade eólica, tendendo a semi-árido no Pleistoceno tardio.

Os registros polínicos resgatados para o Pleistoceno do sul do Brasil (a partir de 42ka), no planalto sul-brasileiro, indicam clima frio e seco, com expansão da vegetação campestre em direção ao norte do Brasil. Por outro lado, o clima frio no sudeste do Brasil propiciou o avanço da *Araucaria* e do *Podocarpus* em latitudes mais baixas que as atuais.

Nos campos do Rio Grande do Sul e Uruguai, o Pleistoceno caracterizou-se pela ampla hegemonia da vegetação campestre sob vigência de um clima frio e seco, da mesma forma que se desenvolvia no Chile uma vegetação resistente ao frio e tolerante ao clima árido.

O Holoceno inicial do Pampa argentino marcou o predomínio de vegetação herbácea, enquanto no sudeste e sul do Brasil a vegetação herbácea constituía a representação principal, mas o leve aumento dos registros polínicos arbóreos aponta para uma melhoria climática.

A transgressão marinha dos 5ka propiciou o desenvolvimento de uma vegetação herbácea psamófila e halofítica para a costa da região pampeana da Argentina. A partir dos 5ka, no sudeste e sul do Brasil, com a melhoria do clima e aumento da umidade iniciaram-se condições favoráveis ao desenvolvimento da Floresta Atlântica e Mata de *Araucaria*.

Após 3ka, o Pampa argentino passa a ter um clima bastante variável, atribuído à oscilação El Niño.

No sul do Brasil a expansão das matas inicia nessa mesma época e tem seu auge em 1ka, quando se expandem as formações Atlântica e a Floresta com *Araucaria*. Nos campos do Rio Grande do Sul e Uruguai e em regiões do planalto sul-brasileiro, entretanto, as matas não se sobrepõem ao campo.

Análises polínicas atuais da região do cone sul demonstraram a perturbação a que estas florestas estão expostas, devido à exploração de madeira e substituição por espécies exóticas, que resultam em surgimento de matas secundárias e diminuição da diversidade florística.

O panorama paleovegetacional estabelecido pelos registros polínicos permite também inferir que a paleopaisagem do Pleistoceno/Holoceno no cone sul foi moldada por algumas forçantes climáticas globais, a saber:

O nível de mar baixo do Pleistoceno acarretou um clima seco devido ao afastamento da linha de costa; as massas de ar polar seriam mais intensas e frequentes, ocasionando queda geral de temperatura média. Nos Andes ocidentais, a aridez pleistocênica é atribuída à intensidade do Anticiclone do Pacífico Sul que bloqueava os ventos de oeste, responsáveis pela umidade da região.

No Holoceno, com o evento marinho transgressivo, houve atenuação climática devido à maior umidade aliada à menor intensidade das massas de ar polar. O Holoceno tardio é o período de maior umidade, possivelmente devido à oscilação El Niño, também já documentada para os Andes ocidentais.

Soraia Bauermann é bióloga, doutora em Geociências e professora da Universidade Luterana do Brasil, Rio Grande do Sul.

soraia.bauermann@ulbra.br

Hermann Behling é biólogo, doutor em Biologia e professor do Departamento de Palinologia e Dinâmica Climática da Universidade de Göttingen, Alemanha.

hermann.behling@bio.uni-goettingen.de

Valério Pillar é engenheiro agrônomo, doutor em Ecologia Quantitativa e professor do Departamento de Ecologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

vpillar@ufrgs.br