# ATÉ ONDE AS SAMAMBAIAS E LICÓFITAS PODEM SER AFETADAS PELAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS GLOBAIS?

**Francisco de Paula Athayde Filho**
Laboratório de Criptógamos, Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), campus de Nova Xavantina. BR-158, Km 148, C.P. 08, CEP. 78690-000, Nova Xavantina-MT.
E-mail: fpafilho@unemat.br.

A origem das pteridófitas é antiga, com fósseis datando de 425 milhões de anos (Siluriano médio), havendo uma grande diversificação no Carbonífero (360 milhões de anos), fazendo-as dominarem todos os ecossistemas terrestres. Mas foi na era Mesozóica (250 milhões de anos), com o surgimento e irradiação das angiospermas, que ocorreu o declínio da maioria de seus grupos (Zuquim *et al.* 2008).

Estas plantas, tradicionalmente tratadas por pteridófitas, tiveram sua classificação taxonômica revista após diversos estudos filogenéticos (Pryer *et al.* 2001, 2004a, b), aceitando-se atualmente a existência de duas linhagens distintas, além das já extintas. As licófitas, segundo Smith *et al.* (2006), correspondem a menos de 1% do total de plantas vasculares atuais, enquanto as monilófitas (podendo ser tratadas como samambaias, segundo Pryer *et al.* 2004b) onde se incluem cerca de 9.000 espécies.

Atualmente formam um grupo diversificado, comum em regiões tropicais que detêm ¾ de toda a diversidade de samambaias e licófitas, mas declina em direção aos pólos (Raven *et al.* 2007). Como exemplo, são observadas 380 espécies nos Estados Unidos e Canadá juntos, em uma área superior a 19,3 milhões de km$^2$, enquanto em Costa Rica, com uma área de 51.000 km$^2$ são encontradas 1.000 espécies. Estimativas sobre essa diversidade mundial são variadas; Tryon & Tryon (1982) indicam a ocorrência de 9.000 espécies, enquanto outras indicam 1.300 espécies de licófitas e 12.240 samambaias (Moran 2008). Para o Brasil cita-se a ocorrência de 1.196 espécies, onde a região brasileira e o bioma nacional mais ricos são, respectivamente, a Sudeste (789 espécies) e a Mata Atlântica (834 espécies) (Forzza *et al.* 2010).

As samambaias e licófitas podem ocupar uma enorme diversidade de ambientes, desde o nível do mar até quase o limite da vegetação altimontana nas regiões tropicais, exibindo adaptações para sobreviverem a essas condições ambientais (Windisch 1992). São dependentes de condições ambientais para a sua sobrevivência, onde a umidade e o sombreamento são determinantes, principalmente em ambientes florestais, mas que outros fatores também são importantes, como a regularidade do suprimento de água, temperatura, condições edáficas, declividade, e outros (Xavier *et al.* 2003; Kessler *et al.* 2010).

Entretanto, ao longo da história geológica da Terra, ocorreram eventos negativos que, ora movidos por mecanismos planetários (vulcanismo, resfriamento ou aquecimento global, tectonismos), ora por mecanismos extraterrestres (meteoros, asteróides, variações orbitais da Terra) levaram a mudanças no planeta (Machado *et al.* 2006) e, consequentemente, em sua biodiversidade. Raup (1991) discute que o registro fóssil é testemunha disso. Entretanto Machado *et al.* (2006) argumenta que estes eventos têm importante papel evolutivo, sendo decisivos nos câmbios de biodiversidade, onde ao eliminar táxons, há a disponibilização de habitats e o favorecimento de grupos antes dominados. Assim, desde o surgimento das samambaias e licófitas, há mais de 425 milhões de anos (Zuquim *et al.* 2008), elas têm atravessado as mudanças climáticas ocorridas no planeta, e muitos eventos extincionais. Mas a situação atual é alarmante, pois estes eventos tiveram origens naturais, mas agora, discute-se a possibilidade de toda a biodiversidade do planeta estar à luz de um novo evento de extinção em massa, associado quase que exclusivamente a atividade humana (Machado *et al.* 2006). E essas perdas advêm da redução geral na heterogeneidade biológica, com efeitos da escala genética à ecossistêmica (Gaston & Spicer 2004).

Os ecossistemas terrestres vêm mudando drasticamente nas últimas décadas, influenciados pelos crescentes impactos causados pela atividade humana (Diniz-Filho *et al.* 2009). Dentre os efeitos diretos mais comuns decorrentes da ação antrópica estão as extinções, que têm acontecido em uma velocidade incrível (Machado *et al.* 2006). E já quanto aos efeitos indiretos, as alterações que as mudanças climáticas causam na biodiversidade mundial são bastante significativas (Diniz-Filho *et al.* 2009). Desta forma, como apresentado por Siqueira (2010), além dos dados detectados pela Ciência, relacionados a mudanças com o clima e a biodiversidade do planeta, outros ainda têm sido vivenciados pela população mundial, em escala global, regional e local, levando a acontecimentos como inesperadas enchentes, ondas de calor e frio, furacões, mudanças nos níveis dos mares e outros, levando a perdas sociais e ecossistêmicas.

E um agravante a esse quadro é que estas mudanças acontecem em um contexto onde os biomas mundiais já se encontram profundamente alterados e fragmentados, especialmente pela ação humana. Por um lado, é evidente que muitos pesquisadores aceitam que as mudanças climáticas são naturais na história geológica da Terra (Machado *et al.* 2006), e que tais fatores climáticos são necessários para condicionar a evolução e adaptação da biodiversidade, mas por outro, concordam que as atividades humanas insustentáveis aceleram esses processos, relacionados principalmente com o aquecimento global e o efeito estufa, dificultando os processos evolutivos e adaptativos das formas de vida (Siqueira 2010).

Os ecossistemas terrestres têm sentindo os efeitos destas mudanças climáticas, sendo algumas mais discretas, enquanto outras, mais fortemente determinantes. Porém é na região tropical onde estes efeitos serão mais dramáticos (Laurance 2009), inclusive no que tange as samambaias e licófitas, por ser a região onde se encontra a maior diversidade biológica do planeta (Zuquim *et al.* 2008). E de fato, o aquecimento global aliado ao processo de efeito estufa são determinantes para o avanço destas mudanças climáticas (Siqueira 2010), interferindo nas comunidades biológicas, bem como em táxons isoladamente.

O aumento do nível dos oceanos, proveniente do degelo de áreas polares e de áreas congeladas do globo, influenciado pelo aquecimento global, poderá afetar drasticamente alguns ecossistemas terrestres já degradados e fragmentados, como as restingas e os manguezais. Estes ambientes estão ao nível do mar e têm grande papel ambiental, detendo uma elevada biodiversidade, sendo muitas, inclusive, exclusivas, como *Acrostichum aureum* L. e *A. danaeifolium* Langsd. & Fisch. (Pteridaceae), comuns em manguezais, e espécies de *Pleopeltis* e *Pecluma* (Polypodiaceae), típicas em áreas de restinga. Desta forma, o degelo pode afetar de forma indireta áreas de manguezais, onde a salinidade da água abundante nesse ambiente é diminuída e interfere nas comunidades que vivem associadas ao mangue; sem falar em um impacto mais direto, que é a possibilidade destes ecossistemas serem invadidos pelo mar, eliminando a biota presente.

Ainda quanto aos oceanos, o aumento da temperatura terrestre pode interferir nas correntes oceânicas e marítimas que cruzam o planeta, afetando o regime de chuvas e elevando as temperaturas médias ao longo de todo o ano. Laurance (2009) discute que tais eventos são mais efetivos em regiões tropicais onde há pouca variação térmica, diminuindo o poder de manobra dos processos adaptativos que envolvem as espécies ali presentes, além do que, em regiões mais elevadas, o risco de extinção é forte. Estas alterações podem ainda afetar as comunidades de organismos que vivem nos oceanos e, indiretamente, aquelas comunidades terrestres; e até a distribuição de ecossistemas inteiros, como no caso dos manguezais, cuja distribuição é limitada pela presença de correntes quentes na costa brasileira.

O regime de chuvas também poderá ser afetado em decorrência do aquecimento global, de alteração na dinâmica de correntes marítimas, desmatamento, e outros. O resultado é a inconstância no regime de chuvas, ora trazendo longas secas, ora desproporcionais enchentes. Como exemplos, se pode mencionar os descontrolados períodos de seca e de chuva que a Floresta Amazônica tem enfrentado e amplamente relatado nos meios de comunicação brasileiros, e discutido por muitos autores, como apresentado por Siqueira (2010); estiagens cada vez mais longas e frequentes nas áreas de Caatinga, desequilíbrio na sazonalidade marcante observada em biomas como o Cerrado e o Pantanal, dentre outros.

E como reflexo, alterações nas comunidades biológicas podem ser constatadas, levando à extinção ou à explosão demográfica de certas espécies, e ainda a alterações na composição e estrutura comunitária destes locais. Espécies clímax de *Asplenium* (Aspleniaceae), *Cyathea* (Cyatheaceae), *Hymenophyllum* e *Trichomanes* (Hymenophyllaceae) rapidamente poderão ser eliminadas de áreas com Floresta Atlântica e Amazônica, bem como em formações florestais do Cerrado. Espécies típicas de formações savânicas do Cerrado, como *Anemia buniifolia* (Gardner) T.Moore e *A. elegans* (Gardner) C.Presl (Anemiaceae), e *Cheilanthes pohliana* Mett. (Pteridaceae), bem adaptadas à sazonalidade ambiental, podem ser eliminadas mediante a secas muito longas, devido a uma deficiência hídrica além da qual estas plantas são capazes de suportar. Outras ainda de áreas pantaneiras, e marcadamente dulcícolas como *Ceratopteris pteridoides* (Hook.) Hieron. (Pteridaceae), e espécies de *Azolla* e *Salvinia* (Salviniaceae) podem ser eliminadas facilmente devido à crescente seca que estas áreas estarão expostas. Ainda merece destaque outra situação: em épocas geológicas anteriores, onde existia maior umidade na Caatinga, boa parte da vegetação espinhosa que hoje a domina dava lugar a uma Floresta Pluvial Tropical. Entretanto com o advento da seca na região as florestas se retraíram e hoje podem ser encontradas apenas em refúgios mais elevados, denominados brejos de altitude, em meio à vegetação típica de Caatinga (Suguio 2008). Mas com o crescente aumento de temperatura e maior alteração nos regimes de chuva mundiais, estes brejos tendem a continuar a se retrair, podendo desaparecer e levar toda sua elevada biodiversidade.

Muitos táxons também podem ser afetados isoladamente. *Azolla* (Salviniaceae) têm grande potencial econômico, que por sua associação com uma cianobactéria (*Anabaena*) é capaz de absorver o nitrogênio atmosférico e disponibilizá-lo para os cultivares, além de atuar como fonte de nutrientes em culturas de arroz irrigado (Windisch 1992). Outro caso é o de *Rumohra adiantiformis* (G.Forst.) Ching (Dryopteridaceae), alvo de extrativismo de muitas famílias (Baldaulf *et al.* 2007). Nestes dois casos, o efeito negativo da restrição hídrica pode afetar o desenvolvimento dessas plantas, levando a um dano ecossistêmico e social. Tais mudanças aceleram ainda a perda de patrimônio biológico, através da invasão de espécies exóticas e de espécies nativas, que se portam como oportunistas (Siqueira 2010). É o caso de *Pteridium arachnoideum* (Kaulf.) Maxon (Dennstaedtiaceae), uma planta nativa tratada como espécie-problema (Prado 2006), que em condições normais ocorre com baixa abundância, associada a borda de matas. Entretanto, a alteração desses ambientes florstais leva a uma explosão demográfica dessa planta, ocupando vastas áreas (Windisch 1992) e que poucos métodos de manejo são capazes de controlá-la.

Por outro lado, as samambaias e licófitas podem ter um papel importante no biomonitoramento, devido a sua eficácia na indicação da qualidade ambiental (Tuomisto & Ruokolainen 1994). Isso se dá graças a seu pequeno porte e à maior competição que suportam (Citadini-Zanette 1984). Muitas técnicas de modelagens ecológicas (Prado 2006) que avaliam a interferência dessas mudanças globais nas comunidades vegetais também têm sido utilizadas, e as samambaias e licófitas

podem ser importantes nesse tipo de análise, principalmente as Hymenophyllaceae e Lycopodiaceae epífitas (Prado 2006). Assim, mesmo não podendo conter o avanço das mudanças climáticas globais, são eficientes para detectar rapidamente tais alterações, facilitando o desenvolvimento de estratégias para reverter o quadro atual.

Conclui-se assim que é urgente a realização de mais estudos para que seja possível compreender quais são esses fenômenos globais que envolvem as mudanças climáticas e seus efeitos sobre os ecossistemas terrestres, pois não é possível mais ignorar essas mudanças e suas consequências para a biodiversidade. Apesar dos impactos dessas alterações em escalas globais já serem relativamente bem conhecidos, os impactos regionais e locais demorarão um maior tempo para serem compreendidos, e talvez, muita informação biológica seja perdida, de forma irreversível. E finalmente, há necessidade de conscientizar a sociedade, como discute Siqueira (2010), sobre a importância do rigor nas leis ambientais para garantir a preservação da biodiversidade, aliada à mudança nos hábitos e costumes da população.

# REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS


BALDAUF, C.; HANAZAKI, N.; REIS, M.S. Caracterização etnobotânica dos sistemas de manejo de samambaia-preta (*Rumohra adiantiformis* (G. Forst) Ching - Dryopteridaceae) utilizados no sul do Brasil. **Acta botanica Brasilica 21**(4): 823-834, 2007.

CITADINI-ZANETTE, V. Composição florística e fitossociologia da vegetação herbácea terrícola de uma mata de Torres, Rio Grande do Sul, Brasil. **Iheringia, Bot. 32:** 23-62, 1984.

DINIZ-FILHO, J.A.F.; BINI, L.M.; RANGEL, T.F.; LOYOLA, R.D.; NOGUÉS-BRAVO, D., ARAÚJO, M.B.. Partioning and mapping uncertainties in ensembles of forecasts of species turnover under climate change. **Ecography 32**: 897-906, 2009.

FORZZA, R.C. *et al.* Introdução. *In*: **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Rio de Janeiro, Jardim Botânico do Rio de Janeiro, p. 19-89, 2010.

GASTON, K.J.; SPICR, J.I. **Biodiversity: as introduction**. 2ª ed. Malden, Blackwell, 2004.

KESSLER, M. Biogeography of ferns. *In*: Mehltreter, K.; Walker, L.R., Sharpe J.M. (eds.). **Fern Ecology**. New York, Cambridge University Press, p. 22-60, 2010.

LAURANCE, W. **Mudanças climáticas e seus efeitos sobre a biodiversidade mundial.** Conferência no VI Congresso Brasileiro de Unidades de Conservação, Curitiba, PR, 2009.

MACHADO, M.; CADEMARTORI, C.V.; BARROS, R.C. Extinções em massa e a crise atual da biodiversidade: lições do tempo profundo. **Diálogo 9**: 37-68, 2006.

MORAN, R.C. Diversity, Biogeography and Floristics. *In*: RANKER, T.A. HAUFLER, C.H. (eds.). **Biology and Evolution of Ferns and Lycophytes**. Cambridge, Cambridge University Press p. 367-394, 2008.

PRADO, J. **Workshop de áreas continentais prioritárias para conservação e restauração da Biodiversidade de São Paulo. Criptógamas – Samambaias e licófita**. São Paulo, Biota FAPESP, 2006.

PRYER, K.M., SCHNEIDER, H.; MAGALLÓN, S. The radiation of vascular plants. *In*: CRACRAFT, J.; DONOGHUE, M.J. (eds.), **Assembling the Tree of Life**. New York, Oxford Univ. Press p. 138–153, 2004a.

PRYER, K.M. *et al.* Horsetails and ferns are a monophyletic group and the closest living relatives to seed plants. **Nature** 409: 618-622, 2001.

PRYER, K.M.; SCHUETTPELZ, E.; WOLF, P.G.; SCHNEIDER, H.; SMITH; A.R.; CRANFILL, R. Phylogeny and evolution of ferns (Monilophytes) with a focus on the early leptosporangiate divergences. **American Journal of Botany 91**(10): 1582-1598, 2004b.

RAUP, D.M. **Extinction: bad genes or bad luck?** New York, W.W. Norton, 1991.

RAVEN, P.H.; EVERT, R.F.; EICHHORN, S.E. **Biologia Vegetal**. 7ªed. Rio de Janeiro, Guanabara, 2007.

SIQUEIRA, J.C. Impactos das mudanças climáticas na biodiversidade. **Pesquisas, Bot. 61**: 325-329, 2010.

SMITH, A.R. *et al.* A classification for extant ferns. **Taxon 55** (3): 705-731, 2006..

SUGUIO, K. **Mudanças ambientais da Terra**. 1ª ed. São Paulo, Instituto Geológico, 2008.

TRYON, R.M.; TRYON, A.F. **Ferns and Allies plants with Special References to Tropical America.** New York, Springer Verlag, 1982.

TUOMISTO, H.; RUOKOLAINEN, K. Distribution of Pteridophyta and Melastomataceae along an edaphic gradient in an Amazonian rain forest. **Journal of Vegetation Science 5**: 25-34, 1994. WINDISCH, P.G. **Samambaias e licófitas da região Norte-ocidental do Estado de São Paulo (Guia para estudo e excursões).** 2ª ed. São José do Rio Preto, UNESP, 1992.

XAVIER, S.R.S.; BARROS, I.C.L. Pteridófitas ocorrentes em fragmentos de Floresta Serrana no estado de Pernambuco, Brasil. **Rodriguésia 54**: 13-21, 2003.

ZUQUIM, G.; COSTA, F.R.C.; PRADO, J.; TUOMISTO, H. **Guia de samambaias e licófitas da REBIO Uatumã – Amazônia Central.** 1ª ed. Manaus, Attema, 2008.