

---

# A flora dos campos rupestres da Cadeia do Espinhaço

ALESSANDRO RAPINI<sup>1\*</sup>  
PATRÍCIA LUZ RIBEIRO<sup>1</sup>  
SABRINA LAMBERT<sup>1</sup>  
JOSÉ RUBENS PIRANI<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, Brasil.

<sup>2</sup> Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.

\* e-mail: rapinibot@yahoo.com.br

## RESUMO

Da exaltação dos primeiros naturalistas aos estudos mais recentes em variabilidade genética, os campos rupestres continuam surpreendendo a todos que a eles voltam seu olhar mais atentamente. Sua distribuição disjunta ao longo da Cadeia do Espinhaço, as condições ambientais extremas e a grande heterogeneidade espacial parecem ser responsáveis pela enorme diversidade beta que caracteriza essa formação vegetal. O número de espécies é grande, porém ainda mais notável é a alta concentração de espécies com distribuição restrita. Uma grande parcela de sua biodiversidade por isso encontra-se vulnerável e necessita de proteção. Os campos rupestres abrigam um dos maiores patrimônios biológicos brasileiros e sua conservação depende do conhecimento amplo e detalhado de suas espécies e dos mecanismos envolvidos na dinâmica de suas populações. É necessário dar continuidade aos levantamentos florísticos, mas também estimular estudos filogenéticos e ecológicos capazes de estabelecer relações históricas entre espécies e definir fatores limitantes à manutenção de suas populações. Diferente das pedras preciosas que se exauriram rapidamente no século XIX, os campos rupestres constituem uma riqueza natural que pode perdurar indefinidamente se os devidos cuidados forem tomados. Sua proteção deve ser garantida através de unidades de conservação, mas esforços devem ser realizados para assegurar sua integridade também fora dessas unidades. Uma etapa importante nessa direção pode ser a sensibilização da sociedade em torno de sua preservação.

## ABSTRACT

*From the excitement of the first naturalists to the recent studies on genetic variation, the campos rupestres remain surprising to everyone who takes a closer look at them. The disjunct distribution along the Espinhaço mountain range, the extreme environmental conditions and the great spatial heterogeneity are responsible for the huge beta diversity found in this vegetation. The number of species is high, but the high concentration of narrow endemics is even more remarkable. Because of this, a large proportion of their biodiversity is vulnerable to extinction and needs to be protected. The campos rupestres cover one of the most important Brazilian biological heritages and their*

*conservation depends on the broad and deep knowledge of species and mechanisms involved in the dynamic of their populations. It is necessary to carry on with the floristic inventories, but also to encourage phylogenetic and ecological studies to establish historical relationships among species and to define limitations to the maintenance of their populations. Different from the precious stones which ran out during the 19<sup>th</sup> century, the flora of the campos rupestres consists of a natural richness that may persist indefinitely if the proper cautions are taken. Its protection must be guaranteed through conservation unities, but efforts must also be done to assure their integrity outside these units. An important step to this goal may be reached by showing the society the importance of its preservation.*

## INTRODUÇÃO

Historicamente, a Cadeia do Espinhaço tem sido uma fonte importante de riquezas minerais, principalmente pedras preciosas durante o período colonial. Várias cidades ali se estabeleceram durante os ciclos do ouro e do diamante, entre os séculos XVII e XIX. Essas cidades controlavam a economia brasileira e serviram de base para os naturalistas que passavam pela região. A beleza da vegetação, especialmente nas regiões campestres onde afloram os maciços rochosos, é motivo de exaltação e, impressionados com a diversidade biológica da região, pesquisadores de várias partes voltaram suas atenções para essas formações, que passaram a ser conhecidas como campos rupestres.

Os campos rupestres incluem formações herbáceo-arbustivas associadas a solos litólicos, predominantemente quartzíticos. Inseridos nos biomas do Cerrado e das Caatingas, são frequentemente entremeados por matas ciliares e eventualmente salpicados de ilhas de capão. Ocorrem em altitudes a partir de 900m, ocupando de maneira disjunta as regiões mais elevadas do Espinhaço, desde o norte da Chapada Diamantina, na Bahia, até a Serra de Ouro Branco, em Minas Gerais. Podem ser encontrados também mais ao sul, nas Serras de São João d'El Rey, da Canastra e de Ibitipoca (Minas Gerais), a oeste, nas Serras dos Cristais e dos Pirineus e na Chapada dos Veadeiros (Goiás), e ao norte, nos Tepuis (norte da América do Sul).

## FITOFISIONOMIA DOS CAMPOS RUPESTRES

Em solos oligotróficos e ácidos e sujeita a oscilações diárias de temperatura, exposição ao vento e restrições hídricas, a vegetação nos campos rupestres é tipicamente xeromórfica (e.g., Giulietti *et al.*, 1997), dominada por plantas com grande capacidade de fixação ao substrato e tolerantes à dessecação ou resistentes ao

estresse hídrico. As folhas são geralmente coriáceas e fibrosas, estando reduzidas a espinhos em cactos ou formando tanques de água em bromélias. Os estômatos ficam muitas vezes protegidos e vários grupos apresentam fisiologia especializada como metabolismo C4 e CAM (Metabolismo do Ácido Crassuláceo), mantendo-os fechados durante o dia e realizando as trocas gasosas à noite, quando a transpiração é menor.

Nas regiões mais úmidas e com solos mais profundos, existe um grande número de plantas anuais ou com ciclo reprodutivo curto, capazes de se desenvolver nos períodos favoráveis, ou com gemas protegidas na superfície do solo, como em gramíneas. Nos solos mais rasos e pobres, são mais comuns as plantas perenes com desenvolvimento lento e gemas protegidas entre folhas ou em ramos velhos. Nas canelas-de-ema (*Vellozia* spp., Velloziaceae), por exemplo, as bainhas foliares, persistentes e intercaladas por raízes adventícias, formam um pseudotrunko resinoso que protege as gemas do fogo e da insolação. As epífitas, sobretudo orquídeas e bromélias, são pouco diversificadas nessas áreas abertas e os trofóforos parecem se restringir a poucas espécies de velósias.

Devido à dominância marcante de alguns grupos de plantas, principalmente monocotiledôneas, e às convergências morfológicas recorrentes entre táxons não relacionados, os campos rupestres compõem uma paisagem de fisionomia aparentemente uniforme (Giulietti *et al.*, 1987). Numa escala mais fina, no entanto, essa fitofisionomia inclui desde campos limpos e sujos, em solos arenosos, mais baixos e com declives suaves, até afloramentos rochosos, em encostas íngremes e topos de morros, passando por solos pedregosos e baixadas brejosas. Extremos, no entanto, ocorrem de maneira contígua, muitas vezes se mesclando. Nos afloramentos, rochas nuas ou cobertas por líquens e plantas rupícolas formam covas com diferentes níveis de sombreamento e umidade e são intercaladas por valas e entremeios (Conceição & Pirani, 2005).

A heterogeneidade de substrato, topografia e microclima é refletida na estrutura das comunidades e na composição florística dos campos rupestres, agregando vários microambientes em espaços restritos (Conceição & Giulietti, 2002; Vitta, 2002; Conceição & Pirani, 2005; Conceição *et al.*, 2005). Os solos arenosos e profundos, com menor drenagem e pobres em nutrientes são dominados pelas gramíneas (Poaceae), enquanto os afloramentos rochosos, com solos mais rasos, maior proporção de partículas finas e teores mais elevados de matéria orgânica, são dominados pelas Velloziaceae. São comuns nos campos gerais, outras famílias graminóides, como Cyperaceae, Eriocaulaceae e Xyridaceae, além de alguns gêneros de Gentianaceae e Orchidaceae. Em áreas mais encharcadas, frequentemente associadas a córregos e solos húmicos, são encontradas também saprófitas, como as Burmanniaceae, e plantas carnívoras, como Droseraceae e Lentibulariaceae. A vegetação nos afloramentos é mais arbustiva, destacando-se, além das canelas-de-ema (Velloziaceae), espécies de Amaryllidaceae, Bromeliaceae, Cactaceae, Compositae, Cyperaceae, Ericaceae, Euphorbiaceae, Gutiferae, Melastomataceae, Leguminosae, Malpighiaceae, Rubiaceae e Orchidaceae, além de algumas licófitas e samambaias leptosporangidas.

## ESTUDOS FLORÍSTICOS NA CADEIA DO ESPINHAÇO

Os estudos florísticos nos campos rupestres da Cadeia do Espinhaço se intensificaram a partir da década de 1970 e, na década de 1980, foram publicadas a Flórmula de Mucugê (Harley & Simmons, 1986), na Bahia, e a lista de plantas terrestres da Serra do Cipó (Giulietti *et al.*, 1987). Na década de 1990, merece destaque o lançamento da Flora do Pico das Almas (Stannard, 1995), na Bahia, e, na década de 2000, a lista de espécies de Catolés (Zappi *et al.*, 2003), no sul da Chapada Diamantina, e o início da publicação da flora de Grão-Mogol (Pirani *et al.*, 2003), no norte da porção mineira do Espinhaço.

Até o momento, foram publicadas monografias para aproximadamente metade das famílias da Serra do Cipó e 75% das famílias de Grão-Mogol. Vários estudos florísticos também têm sido elaborados para grupos particulares, tanto na porção mineira quanto na porção baiana do Espinhaço. Em sua maior parte, eles são temas utilizados para a formação de várias gerações de sistematas e servem de base para estudos em vários campos da biologia. No entanto, ainda são raras as obras que colocam esse conhecimento de maneira simples e

acessível ao grande público. O livro de Harley & Giulietti (2004), compartilhando com o leitor a experiência obtida pelo casal durante décadas de estudos florísticos na Chapada Diamantina, é uma exceção.

Os levantamentos florísticos em áreas de campos rupestres são garantias de novidades taxonômicas. Estima-se que um quarto das espécies novas descritas no Brasil entre 1997-2002 seja proveniente dos campos rupestres (Zappi *et al.*, 2002). A Flora de Grão-Mogol, por exemplo, proporcionou o reconhecimento de aproximadamente 60 espécies novas em mais de 20 famílias (Pirani *et al.*, 2003). Em Catolés, foram pelo menos 20 espécies novas, sete em Compositae (Zappi *et al.*, 2003), família que já havia apresentado 42 espécies novas no Pico das Almas (Harley, 1995), apenas 80km de distância de Catolés. A diversidade de Compositae na Chapada Diamantina tem sido tão notável que a discrepância morfológica de algumas espécies tem sido evidenciada através da descrição de gêneros monoespecíficos: *Bahianthus*, *Bishopiella*, *Catolesia* e *Semiria*.

Estudos detalhados em grupos diversificados nos campos rupestres também levam seguramente a novas descobertas taxonômicas. O levantamento das Asclepiadoideae (Apocynaceae) do Espinhaço de Minas Gerais (Rapini *et al.*, 2001), por exemplo, detectou sete espécies novas, algumas delas em áreas relativamente bem coletadas, como o Sul da Cadeia e a Serra do Cipó, e propiciou o reconhecimento de *Minaria* (Konno *et al.*, 2006; Figura 1), gênero com centro de diversidade no Espinhaço de Minas Gerais, mas até então taxonomicamente críptico, com espécies classificadas em gêneros pouco relacionados. A revisão taxonômica de *Richterago* (Compositae) é outro exemplo. O gênero está concentrado nos campos rupestres da Cadeia do Espinhaço, e sua revisão taxonômica propiciou o reconhecimento de cinco espécies novas (Roque, 2001), aumentando em quase 50% o número de espécies no gênero.

## DIVERSIDADE E PADRÕES DE DISTRIBUIÇÃO

A Cadeia do Espinhaço é o centro de diversidade de vários grupos de plantas e estima-se que sua flora inclua mais de 4.000 espécies (Giulietti *et al.*, 1997). Todavia, essa estimativa ainda parece bastante modesta. Somente a Serra do Cipó, com aproximadamente 200km<sup>2</sup>, menos que 5% da Cadeia, abriga mais que um terço dessa diversidade (Giulietti *et al.*, 1987). A região, no entanto, continua apresentando espécies e ocorrências novas regularmente (e.g., Rapini *et al.*, 2002) e,



**FIGURA 1** – *Minaria magisteriana* (Rapini) T.U.P.Konno & Rapini, touceira em primeiro plano, aparecendo entre rochas, em ambiente típico de campos rupestres. O gênero *Minaria* foi descrito recentemente (Konno *et al.*, 2006) e possui 19 espécies, das quais 14 são endêmicas de pequenas áreas em campos rupestres; cinco delas eram desconhecidas até 2000. Essa espécie foi descrita somente em 2002 e é endêmica da Serra do Cipó, sendo conhecida por apenas duas pequenas populações, ambas de fácil acesso e fora dos limites do Parque Nacional.

confrontando a lista de Giulietti *et al.* (1987) com monografias mais recentes para a Serra do Cipó, é possível observar um acréscimo substancial no número de espécies em várias famílias.

Elementos de outras formações vegetais, sobretudo dos cerrados, são frequentes na flora dos campos rupestres e alguns representantes são compartilhados com as restingas, ambientes com condições edáficas e climáticas semelhantes às encontradas nas serras do Espinhaço. Uma grande proporção de sua diversidade é exclusiva dos campos rupestres, eventualmente aparecendo de maneira disjunta no Espinhaço, no sul de Minas Gerais, em Goiás e nos Tepuis. A maioria dessas espécies, no entanto, apresenta distribuição restrita e a composição florística dos campos rupestres do Espinhaço é marcada pela alta taxa de endemismos, talvez a maior dentre as formações vegetais brasileiras (Giulietti *et al.*, 1987, 1997; Giulietti & Pirani, 1988; Harley, 1995).

Algumas espécies endêmicas ao Espinhaço ocorrem ao longo de toda a Cadeia (Giulietti *et al.*, 1987), porém várias são microendêmicas. Assim, apenas uma pequena parcela dessas espécies é compartilhada pelas porções mineira e baiana da Cadeia (e.g., Giulietti & Pirani, 1988; Rapini *et al.*, 2002) e a similaridade florística entre áreas do Espinhaço costuma ser surpreendentemente baixa, mesmo em localidades vizinhas (Zappi *et al.*, 2003; Conceição *et al.*, 2005; Azevedo & Berg, 2007). Alguns grupos (e.g., *Chamaecrista*, em Leguminosae, e *Cambessedesia*, em Melastomataceae) são igualmente diversos na porção mineira e na baiana, apresentando grande concentração de endemismos em ambas. Outros estão desigualmente distribuídos, com centro de diversidade na porção mineira (e.g. *Minaria*, em Apocynaceae, *Pseudotrimezia*, em Iridaceae, *Senna*, em Leguminosae, *Lavoisiera*, em Melastomataceae, e *Declieuxia*, em Rubiaceae) ou na porção baiana (e.g. *Marctia*, em Melastomataceae, *Calliandra*, em Leguminosae, além de gêneros da tribo

Gyptidinae, *Lasiolaena*, *Agrianthus* e *Stylotrichium*, em Compositae). A disjunção de 300km entre os campos rupestres de Minas Gerais e da Bahia parece representar uma barreira importante à migração de plantas e a diferenciação genética entre populações dessas duas porções tem sido notada também através de inversões na frequência relativa de alelos e através de alelos exclusivos (Borba *et al.*, 2001; Ribeiro *et al.*, 2007).

Apesar das diferenças florísticas entre os levantamentos realizados ao longo do Espinhaço (e.g., Giulietti *et al.*, 1987; Stannard, 1995; Pirani *et al.*, 2003; Zappi *et al.*, 2003), eles confirmam a grande diversidade e as altas taxas de espécies microendêmicas nos campos rupestres e concordam que existe uma grande diferença amostral entre eles. Discrepâncias no esforço amostral podem distorcer a percepção sobre centros de diversidade e endemismos (Rapini *et al.*, 2002), levando a conclusões equivocadas sobre relações florísticas e definições imprecisas acerca da distribuição das espécies (Gaston, 1994). Esse fenômeno é especialmente influente nos campos rupestres, onde uma parcela significativa da diversidade é composta por espécies pouco frequentes (Conceição *et al.*, 2005), aumentando as chances de falsas ausências. A grande concentração de espécies raras, seja pela distribuição espacialmente restrita ou pela baixa frequência com que aparecem nas comunidades, dificulta o acesso integral da diversidade dos campos rupestres e exige, então, a realização de levantamentos florísticos intensivos e prolongados.

## DIVERSIFICAÇÃO E VARIABILIDADE POPULACIONAL

A alta diversidade beta dos campos rupestres parece estar relacionada à sua distribuição descontínua ao longo do Espinhaço e às heterogeneidades macroespaciais (altitudinal, topográfica e latitudinal) e microespaciais (edáficas e microclimáticas). Uma das hipóteses para explicar sua diversificação está relacionada às oscilações climáticas durante o Quaternário. Nos períodos interglaciais, os campos rupestres ficariam retraídos às regiões mais elevadas das serras e, nos glaciais, ampliariam sua extensão para as regiões mais baixas. O processo de contrações e expansões sucessivas promoveria a diferenciação entre populações vicariantes durante os períodos mais quentes e úmidos e possibilitaria o fluxo gênico e eventuais hibridações entre elas durante os mais frios e secos (Harley, 1995; Giulietti *et al.*, 1997). Os limites de distribuição dos campos rupestres, no entanto, parecem ser estabelecidos principalmente por fatores edáficos e mudanças climáticas talvez fossem

insuficientes para promover a expansão dos campos rupestres ou sua invasão por matas ou cerrados. As disjunções entre os campos rupestres, portanto, seriam bem antigas e a distribuição das espécies estaria associada basicamente a sua capacidade de dispersão (Alves & Kolbek, 1994).

A íntima associação das espécies endêmicas do Espinhaço com os campos rupestres sugere que seus indivíduos necessitam de condições bastante particulares para sobrevivência ou não são competitivos em outros ambientes (Alves & Kolbek, 1994). Essa especificidade ambiental é muitas vezes hipoteticamente associada à baixa diversidade genética (e.g., Lowry & Lester, 2006, e referências lá citadas). Espécies com distribuição restrita tendem a ser geneticamente menos diversas (Hamrick & Goldt, 1989; Gitzendanner & Soltis, 2000), mas ainda não está claro se a baixa diversidade é a causa ou a consequência. Além disso, essa suposta correlação entre diversidade genética e espécies raras tem sido desmistificada por uma série de exemplos (Gitzendanner & Soltis, 2000), inclusive nos campos rupestres do Espinhaço (Borba *et al.*, 2001; Gomes *et al.*, 2004; Viccini *et al.*, 2004; Franceschinelli *et al.*, 2006; Lambert *et al.*, 2006a; Pereira *et al.*, 2007), onde espécies de distribuição mais ampla apresentam menor diversidade quando comparadas às suas congêneras mais raras. Assim, outros fatores associados a plantas raras, como a baixa capacidade de dispersão e a idade da linhagem (Gaston, 1994), devem estar influenciando o tamanho da área de ocupação de algumas espécies.

Naturalmente fragmentadas por barreiras geográficas e por especificidades relacionadas a microhabitats, as populações dos campos rupestres possuem tamanhos reduzidos, sendo teoricamente mais susceptíveis a endogamia e a flutuações aleatórias das frequências alélicas (deriva genética). A endogamia levaria à redução de heterozigotos e a deriva genética, em última instância, à perda de alelos. Esses fenômenos atuando de maneira combinada contribuiriam para a redução rápida da diversidade genética e para estruturação das populações, podendo culminar com o isolamento reprodutivo e a diferenciação morfológica. Essa estruturação poderia estar acontecendo também numa escala menor, através de um gradiente ambiental proporcionado por fatores edáficos, por exemplo, criando uma situação propícia para diferenciações mesmo em subpopulações espacialmente próximas (Vitta, 2002).

A baixa variabilidade e a estruturação genética esperada em populações fragmentadas têm sido observadas

em espécies endêmicas do Espinhaço (Borba *et al.*, 2001; Franceschinelli *et al.*, 2006; Pereira *et al.*, 2007), porém esse não parece ser o padrão. A maioria das espécies endêmicas estudadas no Espinhaço apresenta níveis elevados de variabilidade genética, alguns deles maiores do que os listados para plantas em Hamrick & Goldt (1989). Estudos em gêneros com espécies representadas no Espinhaço (Borba *et al.*, 2001; Viccini *et al.*, 2004; Cavallari *et al.*, 2006; Azevedo *et al.*, 2007; Ribeiro *et al.*, 2007) sugerem que os níveis de variabilidade genética são característicos de cada grupo e, portanto, possivelmente condicionados por restrições filogenéticas.

A hibridação também pode desempenhar um papel importante na diversificação da flora dos campos rupestres. Cerca de um quarto das espécies de plantas são capazes de hibridarem e esse mecanismo parece ser comum em populações pequenas (Rieseberg, 1997; Mallet, 2007). Nos campos rupestres, isso não deve ser diferente e a existência de híbridos naturais tem sido evidenciada em espécies de cactos (Lambert *et al.*, 2006a,b) e orquídeas (Azevedo *et al.*, 2006). *Bulbophyllum weddellii* (Lindl.) Rchb. f. e *B. involutum* Borba, Semir, F. Barros (Orchidaceae), duas espécies morfologicamente distintas, mas com alta similaridade genética, parecem hibridar na Serra do Cipó e em Mucugê, apresentando introgressão com um de seus parentais em Mucugê (Azevedo *et al.*, 2006). Esse exemplo sugere que os campos rupestres podem funcionar como uma área de testes para combinações interespecíficas e híbridos não devem ser raros, mas apenas difíceis de serem detectados. A presença de poliplóides nas poucas contagens cromossômicas realizadas em espécies do Espinhaço (Melo *et al.*, 1997; Viccini *et al.*, 2006) reforçam essa possibilidade.

Muito pouco se conhece sobre a biologia das espécies do Espinhaço. Ainda assim, estudos na Chapada Diamantina (Conceição, 2006) têm revelado que a polinização nos campos rupestres é predominantemente biótica, realizada por insetos e aves, e a dispersão é predominantemente abiótica, anemocórica ou autocórica. Tal padrão sugere que a variabilidade genética observada nas populações de várias espécies de campos rupestres pode ser mantida essencialmente pelo fluxo gênico através da polinização, estando fortemente associado ao comportamento dos polinizadores. A dispersão, por outro lado, parece ser limitada e a dificuldade para os diásporos alcançarem ambientes favoráveis disjuntos pode ser a principal razão para distribuição restrita de várias espécies de campos rupestres.

## CONSERVAÇÃO

O Espinhaço é marcado, em praticamente toda a sua extensão, por uma ocupação humana antiga vinculada à extração de ouro ou diamantes e atividades associadas. No entanto, com o declínio das jazidas no final do século XIX, as cidades perderam importância e várias delas vivem atualmente de sua história, encontrando no turismo sua principal atividade econômica. Outras estão resignadas a atividades em pequena escala, como a agricultura de subsistência e o extrativismo.

Devido à topografia irregular e ao solo impróprio para agricultura, os campos rupestres não parecem sofrer pressão antrópica acentuada. No entanto, estão sujeitos a queimadas frequentes. Em alguns pontos, estão sendo substituídos por monoculturas de eucaliptos e pinheiros. Em outros, principalmente próximos aos centros urbanos, o aumento no número de casas de veraneio e pousadas é surpreendente. São comuns também a coleta de toneladas de capítulos de sempre-vivas (principalmente Eriocaulaceae e Xyridaceae) para exportação, a retirada de orquídeas, cactos e bromélias para cultivo e a extração de diferentes espécies de canelas-de-ema (ou candombás) resinosas para combustível (Giulietti *et al.*, 1997). Muitas dessas populações são pequenas e a retirada de indivíduos nesses casos pode reduzir significativamente e de maneira irreversível sua variabilidade (e.g. Cavallari *et al.*, 2006), podendo desencadear um processo que culminará com sua extinção. A interferência humana nas comunidades dos campos rupestres, portanto, não é desprezível e já tem sido notada através da menor variabilidade genética e morfológica em populações de plantas do Espinhaço (e.g., Gomes *et al.*, 2004; Pereira *et al.*, 2007; Ribeiro *et al.*, 2007).

O grande número de espécies vegetais exclusivas dos campos rupestres rende à sua flora a condição de insubstituível. Suas espécies microendêmicas são muitas vezes representadas apenas por pequenas populações e estão por isso mais suscetíveis a episódios estocásticos naturais ou provocados pelo homem. Portanto, os campos rupestres são intrinsecamente ricos em espécies vulneráveis e necessitam de proteção especial (Burman, 1991). A consciência de que a flora das serras do Espinhaço deve ser conservada não é recente e tem sido reforçada a cada novo levantamento. Em meados de 1980, foram criados os Parques Nacionais da Serra do Cipó e da Chapada Diamantina. A partir de então, outras unidades de conservação cobrindo áreas importantes de campos rupestres foram estabelecidas, dentre elas o Parque Estadual de Grão-Mogol, em 1998, e o Parque Nacional das Sempre-Vivas, no Planalto de

Diamantina. Em 2005, então, a UNESCO decretou a porção mineira do Espinhaço Reserva da Biosfera.

Ainda são poucos os estudos capazes de estabelecer prioridades para a conservação da biodiversidade nos campos rupestres. Apesar de importantes, várias unidades de conservação não representam toda a heterogeneidade biológica regional e não possuem uma configuração ideal para conservação e manejo efetivo de sua biodiversidade (Funch & Harley, 2007). Para se proteger os campos rupestres é imprescindível conhecer as espécies que ali ocorrem e como elas estão distribuídas. Essa tarefa vem sendo realizada por várias gerações de pesquisadores e a alta concentração de espécies raras tem justificado a continuidade dos estudos florísticos na região. De posse desses dados, áreas mais ameaçadas e ricas em endemismos podem ser detectadas e sua conservação priorizada. Áreas ricas em endemismos, no entanto, não necessariamente maximizam a diversidade genética ou taxonômica (Reid, 1998). Algumas espécies podem representar linhagens evolutivamente mais isoladas, atrelando a si uma diversidade filogenética que nem sempre é refletida na riqueza taxonômica (Forest *et al.*, 2007). Estudos mais detalhados em espécies do Espinhaço, portanto, são essenciais para a detecção de padrões de diversidade que podem estar passando despercebidos, mas que também precisam ser preservados.

A grande heterogeneidade espacial e as condições ambientais extremas nos campos rupestres criam limitações múltiplas de recursos e propiciam a coexistência de um grande número de espécies (Tilman, 1994), o que é refletido na alta diversidade beta que caracteriza essa formação. Cada região possui uma composição florística única, mantendo padrões similares de riqueza em número de espécies e representatividade taxonômica (Conceição & Pirani, 2007). Assim, ao mesmo tempo em que essas regiões são igualmente importantes em termos de diversidade, não são equivalentes em termos de composição florística. Estratégias de conservação da biodiversidade nos campos rupestres não devem, portanto, estar restritas à criação de reservas pontuais (Rapini *et al.*, 2002). São necessárias também estratégias abrangentes, capazes de proteger os campos rupestres em toda sua extensão e de maneira permanente.

Espécies raras podem contribuir de maneira significativa para o funcionamento das comunidades e, consequentemente, para a manutenção de sua biodiversidade (Lyons *et al.*, 2005). Isso é especialmente verdadeiro nos campos rupestres, onde uma grande parcela da flora é composta por espécies endêmicas. Trabalhos com espécies raras, no entanto, ainda são

escassos e dispersos (Bevill & Louda, 1999). Estudos combinando biologia reprodutiva, variabilidade genética, citologia, biogeografia e ecologia com resultados filogenéticos e filogeográficos em grupos representativos dos campos rupestres são fundamentais nesse momento. Eles produzirão informações robustas sobre os padrões evolutivos envolvidos na origem e manutenção de espécies raras e fornecerão dados valiosos para a elaboração de planos de manejo que poderão ser aplicados em todo o Espinhaço, auxiliando na conservação da biodiversidade dos campos rupestres, mesmo fora das unidades de conservação.

## CONCLUSÃO

Durante os séculos XVIII e XIX, a grande fonte de riqueza da Cadeia do Espinhaço esteve baseada na produção de minérios. Atualmente, ela está concentrada em sua biodiversidade. É necessário compreender a origem e manutenção dessa biodiversidade e aplicar o conhecimento científico de modo a garantir sua conservação. A sociedade deve estar ciente da importância desse patrimônio inigualável e contribuir para que sua preservação ultrapasse os limites estabelecidos pelas unidades de conservação. Os campos rupestres representam uma fonte incalculável de riqueza e, se bem cuidados, poderão ser mantidos indefinidamente.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos nossos colegas Abel A. Conceição, Ana Maria Giulietti-Harley, Luciano P. Queiroz, Eduardo L. Borba, Andréa Karla S. Santos e Silvana C. Ferreira por nos emprestarem um pouco da experiência deles com os campos rupestres do Espinhaço e ao Cássio van den Berg pela revisão do abstract.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvez, R.J.V. & J. Kolbek. 1994. Plant species endemism in savanna vegetation on table mountains (Campo Rupestre) in Brasil. *Vegetatio* 113: 125-139.
- Azevedo, C.O. & C. Berg. 2007. Análise comparativa de áreas de campo rupestre da Cadeia do Espinhaço (Bahia e Minas Gerais) baseada em espécies de Orchidaceae. *Sitientibus, série Ciências Biológicas* 7: 199-210.
- Azevedo, C.O., E.L. Borba & C. Berg. 2006. Evidence of natural hybridization and introgression in *Bulbophyllum involutum* Borba, Semir & F. Barros and *B. weddellii* (Lindl.) Rchb. f. (Orchidaceae)

- in the Chapada Diamantina, Brazil, by using allozyme markers. *Revista Brasileira de Botânica* 29: 415-421.
- Azevedo, M.T.A., E.L. Borba, J. Semir & V.N. Solferini. 2007. High genetic variability in Neotropical myophilous orchids. *Botanical Journal of the Linnean Society* 153: 33-40.
- Bevill, R.L. & S.M. Louda. 1999. Comparisons of related rare and common species in the study of plant rarity. *Conservation Biology* 13: 493-498.
- Borba, E.L., J.M. Felix, V.N. Solferini & J. Semir. 2001. Fly-pollinated *Pleurothallis* (Orchidaceae) species have high genetic variability: evidence from isozyme markers. *American Journal of Botany* 88: 419-428.
- Burman, A. 1991. Saving Brazil's savannas. *New Scientist* 1758: 30-34.
- Cavallari, M.M., R.C. Forzza, E.A. Veasey, M.I. Zucchi & G.C.X. Oliveira. 2006. Genetic variation in three endangered species of *Encholirium* (Bromeliaceae) from Cadeia do Espinhaço, Brazil, detected using RAPD markers. *Biodiversity and Conservation* 15: 4357-4373.
- Conceição, A.A. 2006. Plant ecology in 'Campos Rupestres' of the Chapada Diamantina, Bahia. In: L.P. Queiroz, A. Rapini, A.M. Giuliatti. (Org.). Towards greater knowledge of the Brazilian semi-arid biodiversity. pp. 63-67. Ministério da Ciência e Tecnologia, Brasília.
- Conceição, A.A. & A.M. Giuliatti. 2002. Composição florística e aspectos estruturais de campo rupestre em dois platôs do Morro do Pai Inácio, Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. *Hoehnea* 29: 34-48.
- Conceição, A.A. & J.R. Pirani. 2005. Delimitação de habitats em campos rupestres na Chapada Diamantina, Bahia: Substrato, composição florística e aspectos estruturais. *Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo* 23: 85-111.
- Conceição, A.A. & J.R. Pirani. 2007. Diversidade em quatro áreas de campos rupestres na Chapada Diamantina, Bahia, Brasil: espécies distintas, mas riquezas similares. *Rodriguésia* 58: 193-206.
- Conceição, A.A., A. Rapini, J.R. Pirani, A.M. Giuliatti, R.M. Harley, T.R.S. Silva, A.K.A. Santos, C. Cosme, I.M. Andrade, J.A.S. Costa, L.R.S. Souza, M.J.G. Andrade, R.R. Funch, T.A. Freitas, A.M.M. Freitas & A.A. Oliveira. 2005. Campos Rupestres. In: F.A. Juncá, L. Funch & W. Rocha (org.). Biodiversidade e conservação da Chapada Diamantina. pp. 153-180. Ministério do Meio Ambiente, Brasília.
- Forest, F., R. Greyner, M. Rouget, T. Jonathan Davies, R.M. Cowling, D.P. Faith, A. Balmford, J.C. Manning, S. Proches, M. Bank, G. Reeves, T.A. Hedderson, & V. Savolainen. 2007. Preserving the evolutionary potential of floras in biodiversity hotspots. *Nature* 445: 757-760.
- Franceschinelli, E.V., C.M. Jacobi, M.G. Drummond & M.F.S. Resende. 2006. The genetic diversity of two Brazilian *Vellozia* (Velloziaceae) with different patterns of spatial distribution and pollination biology. *Annals of Botany* 97: 585-592.
- Funch, R.R. & R.M. Harley. 2007. Reconfiguring the boundaries of the Chapada Diamantina National Park (Brazil) using ecological criteria in the context of human-dominated landscape. *Landscape and Urban Planning* 83: 355-362.
- Gaston, K.J. 1994. *Rarity*. Chapman & Hall, London.
- Gitzendanner, M.A. & P.S. Soltis. 2000. Patterns of genetic variation in rare and widespread plant congeners. *American Journal of Botany* 87: 783-792.
- Giuliatti, A.M. & J.R. Pirani. 1988. Patterns of geographical distribution of some plant species from Espinhaço range, Minas Gerais and Bahia, Brazil. In: P.E. Vanzolini & W.R. Heyer (eds). pp. 39-69. Proceedings of a workshop on Neotropical distribution patterns. Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro.
- Giuliatti, A.M., N.L. Menezes, J.R. Pirani, M. Meguro & M.G.L. Wanderley. 1987. Flora da Serra do Cipó, Minas Gerais: Caracterização e lista de espécies. *Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo* 9: 1-152.
- Giuliatti, A.M., J.R. Pirani & R.M. Harley. 1997. Espinhaço range region. Eastern Brazil. In: S.D. Davis, V.H. Heywood, O. Herrera-MacBryde, J. Villa-Lobos & A.C. Hamilton (eds). *Centres of plant diversity. A guide and strategies for the conservation*, Vol. 3. The Americas. pp. 397-404. WWF/IUCN, Cambridge.
- Gomes, V., R.G. Collevatti, F.A.O. Silveira & G.W. Fernandes. 2004. The distribution of genetic variability in *Baccharis concinna* (Asteraceae), an endemic, dioecious and threatened shrub of rupestrian fields of Brazil. *Conservation Genetics* 5: 157-165.
- Hamrick, J.L. & M.J. Godt. 1989. Allozyme diversity in plant species. In: A.H.D. Brown, M.T. Clegg, A.L. Kahler & B.S. Weir (eds). *Plant population genetics, breeding and genetic resources*. pp 43-63. Sinauer, Sunderland.
- Harley, R.M. 1995. Introduction. In: B.L. Stannard (ed.). *Flora of the Pico das Almas, Chapada Diamantina, Bahia*. pp. 1-40. Royal Botanic Gardens, Kew.
- Harley, R.M. & A.M. Giuliatti. 2004. Flores Nativas da Chapada Diamantina. Trilhas botânicas ilustradas nas montanhas do Nordeste do Brasil. Rima, São Carlos.
- Harley, R.M. & N.A. Simmons. 1986. *Florula of Mucuge, Chapada Diamantina – Bahia, Brazil*. Royal Botanic Gardens, Kew.
- Konno, T.U.P., A. Rapini, D.J. Goyder & M.W. Chase. 2006. The new genus *Minaria* (Asclepiadoideae, Apocynaceae). *Taxon* 55: 421-430.
- Lambert, S.M., E.L. Borba & M.C. Machado. 2006a. Allozyme diversity and morphometrics of the endangered *Melocactus glaucescens* (Cactaceae), and investigation of the putative hybrid origin of *Melocactus* × *albicephalus* (*Melocactus ernestii* X *M. glaucescens*) in north-eastern Brazil. *Plant Species Biology* 21: 93-108.
- Lambert, S.M., E.L. Borba, M.C. Machado & S.C.S. Andrade. 2006b. Allozyme diversity and morphometrics of *Melocactus paucispinus* (Cactaceae) and evidence for hybridization with *M. concinnus* in the Chapada Diamantina, Northeastern Brazil. *Annals of Botany* 97: 389-403.
- Lowry, E. & S.E. Lester. 2006. The biogeography of plant reproduction: potential determinants of species' range sizes. *Journal of Biogeography* 33: 1975-1982.
- Lyons, K.G., C.A. Bringham, B.H. Traut & M.W. Schwartz. 2005. Rare species and ecosystem functioning. *Conservation Biology* 19: 1019-1024.
- Mallet, J. 2007. Hybrid speciation. *Nature* 446: 279-283.
- Melo, N.F., M. Guerra, A.M. Benko-Iseppon & N.L. Menezes. 1997. Cytogenetics and Cytotaxonomy of Velloziaceae. *Plant Systematics and Evolution* 204: 257-273.
- Pereira, A.C., E.L. Borba & A.M. Giuliatti. 2007. Genetic and morphological variability of the endangered *Syngonanthus mucugensis* Giul. (Eriocaulaceae) from the Chapada Diamantina,

- Brazil: implications for conservation and taxonomy. *Botanical Journal of the Linnean Society* 153: 401-416.
- Pirani, J.R., R. Mello-Silva & A.M. Giuliatti. 2003. Flora de Grão-Mogol, Minas Gerais, Brasil. *Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo* 21: 1-24.
- Rapini, A., R. Mello-Silva & M.L. Kawasaki. 2001. Asclepiadoideae (Apocynaceae) da Cadeia do Espinhaço de Minas Gerais, Brasil. *Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo* 19: 55-169.
- Rapini, A., R. Mello-Silva & M.L. Kawasaki. 2002. Richness and endemism in Asclepiadoideae (Apocynaceae) from the Espinhaço Range of Minas Gerais, Brazil – a conservationist view. *Biodiversity and Conservation* 11: 1733-1746.
- Reid, W.V. 1998. Biodiversity hotspots. *Trends in Ecology and Evolution* 13: 275-280.
- Ribeiro, P.L., E.L. Borba, E.C. Smidt, S.M. Lambert, A. Selbach-Schnadelbach & C. Berg. 2007. Genetic and morphological variation in the *Bulbophyllum exaltatum* (Orchidaceae) complex occurring in the Brazilian “campos rupestres”: implications for taxonomy and biogeography. *Lankesteriana* 7: 97-101.
- Rieseberg, L.H. 1997. Hybrid origins of plant species. *Annual Review of Ecology and Systematics* 28: 359-389.
- Roque, N. 2001. Five new species of the genus *Richterago* Kuntze (Compositae, Mutisieae): an endemic genus from Brazil. *Novon* 11: 341-349.
- Stannard, B.L. (ed.). 1995. Flora of the Pico das Almas, Chapada Diamantina, Bahia. Royal Botanic Gardens, Kew.
- Tilman, D. 1994. Competition and biodiversity in spatially structured habitats. *Ecology* 75: 2-16.
- Viccini, L.F., D.C.S. Costa, M.A. Machado & A.L. Campos. 2004. Genetic diversity among nine species of *Lippia* (Verbenaceae) based on RAPD markers. *Plant Systematics and Evolution* 246: 1-8.
- Viccini, L.F., P.M.O. Pierre, M.M. Praça, D.C.S. Costa, E.C. Romanel, S.M. Souza, P.H.P. Peixoto & F.R.G. Salimena. 2006. Chromosome numbers in the genus *Lippia* (Verbenaceae). *Plant Systematics and Evolution* 256: 171-178.
- Vitta, F.A. 2002. Diversidade e conservação da flora nos campos rupestres da Cadeia do Espinhaço em Minas Gerais. In: E.L. Araújo, A.N. Moura, E.V.S.B. Sampaio, L.M.S. Gestrinári & J.M.T. Carneiro (eds). *Biodiversidade, conservação e uso sustentável da flora do Brasil*. pp. 90-94. Imprensa Universitária, Recife.
- Zappi, D.C., E. Lucas, B.L. Stannard, E. Lughadha, J.R. Pirani, L.P. Queiroz, S. Atkins, N. Hind, A.M. Giuliatti, R.M. Harley, S.J. Mayo & A.M. Carvalho. 2002. Biodiversidade e conservação na Chapada Diamantina, Bahia: Catolés, um estudo de caso. In: E.L. Araújo, A.N. Moura, E.V.S.B. Sampaio, L.M.S. Gestrinári & J.M.T. Carneiro (eds). *Biodiversidade, conservação e uso sustentável da flora do Brasil*. pp. 87-89. Imprensa Universitária, Recife.
- Zappi, D.C., E. Lucas, B.L. Stannard, E. Lughadha, J.R. Pirani, L.P. Queiroz, S. Atkins, N. Hind, A.M. Giuliatti, R.M. Harley, S.J. Mayo & A.M. Carvalho. 2003. Lista de plantas vasculares de Catolés, Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. *Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo* 21: 345-398.