

insuficientes, as ações desenvolvidas em Rio Verde indicam que as instituições podem interferir na dimensão econômica e na dimensão ecológica, alterando os padrões de conduta. O ‘estilo’ de desenvolvimento dependerá da qualidade das respostas processadas no jogo de forças sociais entre o mercado, a sociedade civil e o Estado, que dependerá da qualidade da consciência pública, da percepção da realidade e dos problemas vividos, de sua capacidade de organização para impulsionar mudanças, da habilidade dos movimentos sociais em atrair forças, estabelecer alianças, liderar o processo de realização do desenvolvimento.

Dessa forma, a dimensão institucional assume uma posição central, uma vez que as instituições exercem o papel de articulação entre os interesses dos diferentes grupos e esferas sociais, incluindo aqui o mercado, a ciência e a tecnologia e o poder público, articulando, assim, as dimensões do tripé da sustentabilidade – social, ecológica e econômica.

Se o desenvolvimento implica na invenção de um projeto que depende da cultura, que, por sua vez, é dinâmica e construída na interação entre as pessoas e entre as gerações, é possível a construção de outra racionalidade, intensificando o debate sobre os objetivos do desenvolvimento e sobre as relações que se estabelecem nas sociedades e entre estas e o ambiente. Se esse é o mérito do debate em torno do desenvolvimento sustentável, faz-se necessário assumi-lo.

Referências

- SACHS, I. *Ecodesenvolvimento: crescer sem destruir*. São Paulo: Vértice, 1986.
- GOIÁS. Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento do Estado de Goiás. *Ranking dos Municípios Goianos: 2009*. Goiânia: SEPLAN, 2010.
- GUIMARÃES, G. M. A. *Agronegócio, desenvolvimento e sustentabilidade: um estudo de caso em Rio Verde – GO*. 2010. Tese. Programa de Doutorado em Ciências Ambientais. Universidade Federal de Goiás. 2010. 168p.
- LEFF, E. *Saber ambiental: sustentabilidade, racionalidade, complexidade, poder*. Petrópolis, RJ: Ed. Vozes, 2001.
- SEN, Amartya. *O desenvolvimento como liberdade*. São Paulo: Companhia das Letras, 2000.
- SILVA A. R. P. Pólo regional ou cluster: o caso do município de Rio Verde, Goiás - Brasil. *Caminhos de Geografia* 5(13), p. 41-55, out/2004. Disponível em: <http://www.ig.uf.br/caminhos_de_geografia.html>. Acesso em: 23 mar. 2007.



UMA VISÃO MACROSCÓPICA DO CERRADO BRASILEIRO

Jose Alexandre F. Diniz Filho, Luis Mauricio Bini e Rafael Dias Loyola¹

Quando comparado com outros biomas brasileiros, a conservação do bioma Cerrado tem sido discutida apenas recentemente. De fato, de acordo com Emma Marris, correspondente da revista *Nature*, o Cerrado pode ser considerado o “ecossistema esquecido” (MARRIS, 2005). Em função de suas características ambientais e posição geográfica mais central no continente sul-americano, esse bioma possui um grande número de espécies endêmicas (ou seja, encontradas apenas nesse bioma), principalmente de plantas. Em virtude da expansão das fronteiras agrícolas a partir da década de 1950 e do aumento da ocupação humana no Centro-Oeste brasileiro, houve uma grande perda de áreas naturais no Cerrado. Assim, em função dessas duas características (endemismo de plantas e nível elevado de ameaça), o Cerrado tornou-se conhecido como um dos *hotspots* globais de biodiversidade (MYERS et al., 2000). Apesar disso, os padrões de biodiversidade na região do Cerrado continuam, em grande parte, ainda desconhecidos, sendo que os poucos estudos mais detalhados estão concentrados em locais próximos aos grandes centros urbanos (como Goiânia e Brasília), tendo sido desenvolvidos principalmente em escalas locais.

A abordagem local, na qual a biodiversidade é estudada de forma detalhada e em escalas reduzidas (variando de m² a poucos km²), é utilizada constantemente

¹ Departamento de Ecologia, ICB/ UFG.

em estudos ecológicos. Apesar da sua importância, perde-se, nesse caso, a capacidade de ter uma visão mais ampla dos padrões de biodiversidade e sobre como essa biodiversidade está estruturada em função de características do ambiente e de processos históricos. Aliás, o debate entre a validade de estudos detalhados em escala local frente a estudos em escalas geográficas mais amplas existe há muito na Ecologia. Entretanto, apenas a partir dos anos de 1990, com a criação do termo *macroecologia*, foi possível de fato entender as vantagens e desvantagens de investigar padrões e processos ecológicos em escalas amplas (BROWN, 1995).

Em relação à conservação da biodiversidade, estratégias locais têm sido dominantes por gerarem respostas mais rápidas e efetivas. Contudo, deve haver um balanço entre a escala local e regional, uma vez que sem uma avaliação dos padrões em ampla escala, estratégias locais de conservação podem ser redundantes e pouco eficientes para conservar a biodiversidade de uma grande região ou bioma como um todo. Devido a problemas conceituais e metodológicos, ainda é difícil acoplar essas duas percepções (local e regional) e, portanto, os diferentes grupos de pesquisa acabam “optando” por uma das duas abordagens, mas que na prática deveriam ser complementares. Em meio a essas dificuldades, foi proposto que o termo “Biogeografia da Conservação” fosse utilizado para descrever uma série de procedimentos delineados para estabelecer estratégias de conservação a partir de dados em escalas amplas (WHITTAKER et al., 2005).

Nesse contexto da Biogeografia da Conservação, em 2003 iniciamos estudos focados no Cerrado, com apoio do CNPq/SECTEC-GO por meio de um projeto PRONEX (Programa de Apoio a Núcleos de Excelência – CNPq) com o objetivo principal de avaliar padrões regionais de biodiversidade e delinear estratégias gerais para a conservação desse bioma (ver DINIZ-FILHO et al. 2009a, para uma revisão). Para tanto, foi definida uma malha com 181 quadrículas, ou células (que podem ser definidas como as unidades básicas de estudos em escalas biogeográficas ou macroecológicas), com 1° de latitude e longitude cobrindo todo o bioma, e sobre essa malha padronizada foram sobrepostas as distribuições geográficas das espécies, assim como dados sócio-econômicos e ambientais. Apresentamos, a seguir, alguns dos principais resultados desse projeto.

Padrões Geográficos e Conhecimento sobre a Biodiversidade

Inicialmente, nós mapeamos as distribuições geográficas (extensões de ocorrência, ou seja, em quais das 181 células as espécies ocorrem) de um total de 1.213 espécies de anfíbios, lagartos e serpentes, aves e mamíferos, a partir de revisões detalhadas da literatura zoológica (ver DINIZ-FILHO et al., 2008 para detalhes). Após o mapeamento das distribuições geográficas, contamos o número de espécies que ocorre em cada quadrícula, o que permite avaliar os padrões geográficos da riqueza de espécies (S). Esses valores S podem ser então correlacionados com diferentes características ambientais, tais como temperatura e relevo, por exemplo, para os diferentes grupos de espécies.

Para aves e mamíferos, os padrões de riqueza S são significativamente correlacionados com características do clima, principalmente com uma medida de evapotranspiração realizada (AET), que indica o balanço entre disponibilidade de água e energia em uma região. Essa característica, de modo geral, explica uma grande parte da variação na riqueza de espécies em grandes escalas, sendo que regiões com climas mais quentes e úmidos tendem a sustentar um maior número de indivíduos e, conseqüentemente, de espécies. Entretanto, para os demais grupos (anfíbios e répteis) os padrões não são claros. As variações espaciais da riqueza de répteis são aleatórias (a princípio por um efeito muito forte de vieses de amostragem e falta de conhecimento), mas os de anfíbios possuem uma relação negativa com as características climáticas, o que é pouco usual.

Uma análise mais detalhada mostra que a riqueza de espécies de anfíbios decresce no sentido sul-norte e que está significativamente correlacionada com variáveis que refletem o grau de ocupação humana. Diversos estudos têm encontrado essa correlação entre riqueza de espécies

e ocupação humana em grandes escalas e Balmford *et al.* (2001) a interpretaram de duas formas: 1) uma maior população humana existe em locais de alta produtividade ecológica (por exemplo, por facilitar uma maior produtividade agrícola), e esse mesmo fator é o que permite a ocorrência de um maior número de espécies, conforme discutido acima, ou; 2) a correlação seria um artefato causado por um maior conhecimento das espécies em regiões mais ocupadas por humanos. Esses autores argumentam que, sob a primeira hipótese, a correlação apareceria independente do grau de conhecimento sobre diferentes grupos animais, e confirmam que ela é de fato a mais parcimoniosa para a riqueza de espécies na África sub-sahariana.

Por outro lado, para o Cerrado, o padrão de riqueza de anfíbios pode ser melhor explicado pelo processo de ocupação humana e pelo aumento de conhecimento. O maior número de espécies no sul do bioma pode ser explicado simplesmente porque, nessa região, há uma maior densidade populacional humana e, portanto, considerando o maior número de centros de pesquisas, há maiores probabilidades do descobrimento de novas espécies ou de registrar espécies já descritas pela ciência. Esse enviesamento (baixo conhecimento sobre os padrões de riqueza de espécies no norte do bioma) restringe marcadamente a proposição de estratégias adequadas para a conservação da biodiversidade nesse bioma. Por exemplo, uma análise de planejamento sistemático da conservação, baseada somente nesses dados, poderia indicar que as regiões mais ao sul do bioma seriam as mais adequadas para a conservação da biodiversidade. No entanto, essa análise seria fortemente enviesada pelo maior número de estudos na região sul. Além disso, considerando que em muitos casos as decisões devem ser tomadas com base em informações incompletas, o estabelecimento de áreas na região sul do bioma poderia gerar o que é conhecido na literatura especializada como “conflitos de conservação”. Nesses casos, áreas selecionadas para a conservação coincidiriam com as áreas que apresentam elevado potencial para atividades econômicas (e.g., agricultura e pecuária).



Desafiando os déficits de Linnaeus e Wallace

A falta de conhecimento sobre a biodiversidade apresenta dois componentes que podem ocorrer conjuntamente. Esses componentes são conhecidos na literatura biogeográfica como “deficits” de Linnaeus e Wallace (i.e., em homenagem aos dois grandes naturalistas dos séculos XVIII e XIX e precursores dos estudos em Sistemática e Biogeografia, respectivamente). O déficit de Linnaeus está relacionado com o desconhecimento sobre as espécies existentes no planeta, enquanto que o déficit de Wallace envolve o desconhecimento sobre as distribuições geográficas das espécies já descritas pela ciência. Assim, é preciso lidar com a seguinte situação: (i) Mesmo com informações incompletas, existe uma necessidade premente de escolher áreas para conservação. (ii) Essa escolha deve ser feita da forma mais eficiente possível, tendo em vista os poucos recursos disponíveis para a aquisição dessas áreas. (iii) Além disso, é preciso considerar o impacto da escolha dessas áreas sobre o crescimento econômico com o objetivo de minimizar os chamados *custos de oportunidade*.

Certamente, inventários florísticos/ faunísticos poderiam minimizar os problemas dos déficits sobre o conhecimento da biodiversidade, e diversas iniciativas têm sido feitas nesse sentido. No entanto, considerando as taxas atuais de degradação ou conversão de áreas naturais do Cerrado, algumas medidas emergenciais devem ser tomadas, com base apenas nas informações disponíveis. Nesse contexto, estudamos quais as características das espécies de anfíbios estariam relacionadas com as datas de descrição formal dessas espécies. Os resultados indicaram que espécies de menor porte e com menores distribuições geográficas foram descritas

apenas recentemente. Além disso, considerando a curva acumulada de espécies descobertas ao longo do tempo, estimamos que ainda existem pelo menos 29 espécies para serem descritas/descobertas até 2050.

Com base nesses resultados, BINI *et al.* (2006) desenvolveram um estudo de simulação no qual a probabilidade de descobrir novas espécies aumenta conforme o número de inventários ao longo das células diminuiu. A ideia é que, se um pesquisador está procurando uma nova espécie, deve procurar nos locais que ainda não foram investigados. No entanto, esse raciocínio pode ser muito simplista, pois é preciso incluir também restrições ambientais (ou seja, procurar nos locais que ainda não foram investigados, mas que também sejam adequados sob o ponto de vista ambiental). Com base nas simulações, mapas de 29 espécies hipotéticas (simuladas de acordo com as características que seriam esperadas para espécies de anfíbios que ainda não foram descritas pelos taxonomistas) foram criados, repetidas vezes. Como um resultado geral das condições especificadas no modelo de simulação, a maior parte dessas espécies ocorreria no norte do bioma. Em uma segunda etapa da análise, as 29 espécies hipotéticas foram somadas às 131 espécies conhecidas e, a partir desse novo conjunto de dados, foi possível verificar que o número mínimo de células que seria necessário para representar, pelo menos uma vez, todas as espécies de anfíbios aumentou de 17 (resultado obtido com as 131 espécies conhecidas na época) para aproximadamente 30 células (somando-se as 29 espécies hipotéticas). No entanto, mais importante ainda é que o número de células ao norte do bioma aumentou consideravelmente. Assim, utilizando o princípio da precaução, BINI *et al.* (2006) sugeriram que um maior número de unidades de conservação deveria ser criado na região mais ao norte do Cerrado.

Estratégias de Conservação e Mudanças Climáticas

A partir dos dados de ocorrência das espécies nas diferentes regiões do Cerrado, podemos definir o menor conjunto possível de células que representem todas as espécies. O princípio subjacente a esse processo é o da complementaridade, que pressupõe que as áreas são escolhidas de forma a atingir as metas de conservação (e.g., representar as espécies pelo menos uma vez), sendo que cada área deve ser complementar ao sistema montado com as outras áreas selecionadas (MARGULES E PRESSEY, 2000). Computacionalmente, esse é um problema de teoria da otimização e, para resolvê-lo, usamos métodos desenvolvidos especialmente para esse fim. É possível representar todas as espécies do Cerrado com um número relativamente pequeno de regiões, embora essa avaliação seja apenas inicial, e essa análise apenas indica quais regiões são mais importantes para estudos futuros em escala local. Estes estudos seriam necessários para verificar se, dentro das regiões selecionadas, existem locais apropriados para conservação e que sejam capazes de sustentar populações viáveis das espécies, ou mesmo se ainda existem opções economicamente viáveis para a implementação de estratégias de conservação. É possível ainda ampliar a complexidade dos modelos de otimização incorporando variáveis que expressem a intensidade regional de ocupação humana, tais como densidade populacional humana ou indicadores sócio-econômicos, ou mesmo as características biológicas das espécies (ver LOYOLA et al., 2009).

Finalmente, há um interesse cada vez maior sobre como as mudanças climáticas afetam a biodiversidade. Em um trabalho recente (DINIZ-FILHO et al., 2009b), nós utilizamos ferramentas computacionais para modelagem de nicho ecológico a fim de avaliar mudanças nas distribuições geográficas potenciais das espécies sob diferentes modelos climáticos. Apesar de ser difícil prever futuros conflitos de conservação, devido a incertezas sobre a dinâmica espacial da futura expansão das atividades humanas sobre o bioma e sobre as próprias mudanças climáticas, nossos resultados mostram que a expansão da distribuição das espécies devido às alterações do clima pode englobar regiões onde atualmente há a utilização da área do Cerrado para atividades agrícolas. Esse tipo de estudo pode subsidiar estratégias futuras para a manutenção das espécies no bioma.

Conclusões

Os diversos exemplos discutidos acima para o bioma Cerrado mostram como estudos em escala regional (i.e., de bioma) são importantes para avaliar padrões e processos que originam e mantêm a biodiversidade e para auxiliar na sua conservação, permitindo entender as relações entre diversidade e ocupação humana, delinear as melhores configurações espaciais para criação de unidades de conservação e prever as respostas potenciais das espécies às mudanças climáticas. Embora esses estudos em grandes escalas precisem ser acoplados a estudos mais detalhados em escala local para fins práticos, as avaliações macroecológicas são importantes devido aos custos relativamente baixos e à abordagem dos problemas de conservação em uma escala ampla. Conhecendo-se a estrutura hierárquica dos padrões de biodiversidade, fica claro que esses estudos podem ser excelentes guias iniciais para a implementação efetiva de estratégias de conservação eficientes e de grande alcance geográfico.

Referências

BALMFORD, A.; MOORE, J.L.; BROOKS, T.; BURGESS, N.; HANSEN, L.A.; WILLIAMS, P. & RAHBEK, C. Conservation conflicts across Africa. *Science*, v. 291, p. 2616-2619, 2001.

BINI, L.M.; DINIZ-FILHO, J.A.F.; RANGEL, T.F.L.V.B.; BASTOS, R.P. & PINTO, M.P. Challenging Wallacean and Linnean shortfalls: knowledge gradients and conservation planning in a biodiversity hotspot. *Diversity and Distributions*, v. 12, p. 475-482, 2006.

BROWN, J.H. *Macroecology*. Chicago, University of Chicago Press, 1995, 283p.

DINIZ-FILHO, J.A.F.; BINI, L.M.; VIEIRA, C.M.; BLAMIRE, D.; TERRIBILE, L.C.; BASTOS, R.P.; OLIVEIRA, G. & BARRETO, B.S. Spatial patterns of terrestrial vertebrate species richness in the Brazilian Cerrado. *Zoological Studies*, v. 47, p. 146-157, 2008.

DINIZ-FILHO, J.A. F. et al. Macroecologia, biogeografia e áreas prioritárias para conservação no Cerrado. *Oecologia brasiliensis*, v. 13, p. 470-497, 2009a.

DINIZ-FILHO, J.A. F.; OLIVEIRA, G.; BINI, L. M.; LOYOLA, R. D., NABOUT, J. C. & RANGEL, T. F. L. V. B. Conservation biogeography and climate change in Brazilian Cerrado. *Natureza & Conservação*, v. 7, p. 8-18, 2009b.

LOYOLA, R. D., OLIVEIRA-SANTOS, L. G. R., ALMEIDA-NETO, M., NOGUEIRA, D. M., KUBOTA, U., DINIZ-FILHO, J.A. F. & LEWINSOHN, T.M. Integrating economic costs and biological traits into global conservation priorities for carnivores. *PLoS ONE*, v. 4, n. 8, p. e6807(online), 2009.

MARGULES, C.R. & PRESSEY, R.L. Systematic conservation planning. *Nature*, v. 405, p. 243-253, 2000.

MARRIS, E. 2005. The forgotten ecosystem. *Nature*, v. 437, p. 944-945, 2005.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R.A.; MITTERMEIER, C.G.; FONSECA, G.A.B. & KENTS, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, v. 403, p. 853-858, 2000.

WHITTAKER, R.J.; ARAÚJO, M.B.; JEPSON, P.; LADLE, R.J.; WATSON, J.E.M. & WILLIS, K.J. 2005. Conservation biogeography: assessment and prospect. *Diversity and Distributions*, v. 11, p. 3-23, 2005.