



Onça-pintada: risco de ter que se instalar em áreas pouco ideais

O futuro da natureza e da agricultura

Modelos matemáticos ajudam a antever os efeitos do aquecimento global no país

MARIA GUIMARÃES

Daqui a um século, as mudanças climáticas prometem causar alterações profundas na natureza e na agricultura brasileiras. É possível que a onça-pintada, o maior felino das Américas, não encontre áreas ideais para viver na Amazônia. O Cerrado, por sua vez, pode sumir de vez do oeste do estado de São Paulo. E as perdas no cultivo de soja no Brasil correm o risco de chegar a 40%, ou seja, a um prejuízo anual de R\$ 4,3 bilhões. Essas são algumas das projeções feitas por pesquisadores preocupados com as transformações no clima projetadas pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC). O que permite aos ecólogos e agrônomos tirar os olhos do presente e mirar o futuro são modelos matemáticos que buscam resumir em poucos parâmetros as condições ambientais essenciais para cada espécie e simular o que pode acontecer com o clima em diferentes cenários de concentração de gases na atmosfera.

“As unidades de conservação atuais podem não servir para preservar as espécies”, alerta Paulo De Marco Júnior, da Universidade Federal de Goiás (UFG). Ele lidera, junto com José Alexandre Diniz-Filho, o Laboratório de Ecologia Teórica e Síntese, um dos principais grupos de pesquisa brasileiros no uso de modelos ecológicos. Para o ecólogo da UFG, não adianta escolher uma área de floresta a ser protegida se ela tiver

poucas chances de, no futuro, abrigar a diversidade biológica que se deseja manter. É o caso da onça-pintada (*Panthera onca*), tema do doutorado de Natália Tôres sob orientação de Diniz-Filho.

A partir de 1.053 registros de onças no banco de dados do Instituto Onça-pintada, Natália definiu, com base em parâmetros de precipitação e temperatura, as condições climáticas ideais para as onças. Embora elas possam viver em ambientes muito variados – desde as matas densas, úmidas e escuras do coração da Amazônia até a aridez da Caatinga –, estudos com armadilhas fotográficas e monitoramento desses grandes felinos revelam que eles preferem florestas mais fechadas e áreas próximas a cursos d’água, com temperaturas entre 20 e 25 graus Celsius (°C) e chuva durante a maior parte do ano. O modelo passou no primeiro teste: foi produzido com base na distribuição atual das onças e em seguida aplicado às condições climáticas do passado. A distribuição encontrada nesse exercício de previsão do passado coincide com os dados históricos – de quando as onças circulavam por praticamente todo o Brasil, em uma área duas vezes maior do que a de hoje, e povoavam o imaginário popular.

Os dados de Natália foram publicados no final de 2008 na *Cat News* e preveem para os próximos 100 anos uma redução grande nas áreas mais adequadas para as onças. Na Amazônia, por exemplo, essas zonas ideais poderão

Não adianta proteger uma área de floresta se ela tiver poucas chances no futuro de abrigar a diversidade biológica que se deseja manter

estar restritas ao chamado arco do desmatamento, que inclui o norte de Mato Grosso e o sul do Pará, onde há maior pressão por plantio de soja e cana-de-açúcar. O desafio agora é encontrar por ali áreas capazes de sustentar populações desses grandes predadores e que possam ser preservadas.

“É importante ressaltar que o modelo indica o potencial de ocorrência da espécie, não onde ela necessariamente estará”, lembra Natália. Ela acrescentará ao modelo informações mais detalhadas, como o tamanho das manchas de vegetação. Com isso, pretende indicar áreas prioritárias para a preservação da onça. No sul da Amazônia, uma área promissora está ao longo do rio Araguaia, que nasce na fronteira entre Mato Grosso e Goiás e se estende para o norte até desaguar no Tocantins, no ponto de encontro entre Maranhão, Pará e Tocantins. “Ali ainda existem áreas bem preservadas”, conta Natália, “e é um corredor importante para a onça-pintada porque conecta a Amazônia e o Cerrado”. E coincide com parte da área que deve se manter ideal para ela no futuro, previsão que deve ser melhorada por análises mais detalhadas. O climatologista Carlos Nobre, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), se surpreende que o modelo não destaque a permanência de onças no oeste da Amazônia. “Todos os modelos preveem que ali haverá florestas densas e úmidas”, afirma.

A pesquisadora não esquece que a onça é capaz de viver em ambientes muito diferentes e, portanto, a redução de áreas ideais não significa necessariamente o fim desses felinos. “As mudanças climáticas não devem afetar a distribuição geral”, reflete, “mas, se a qualidade do ambiente tiver efeito sobre a abundância dos animais, pode ser preocupante para a persistência das populações no longo prazo”. Ela agora busca reunir as informações para sugerir áreas de preservação, que deverão necessariamente levar em conta o tama-

nho das áreas remanescentes – grandes predadores precisam de muito espaço para obter recursos suficientes.

Mais sensíveis às condições ambientais e menos móveis, os anfíbios são bons indicadores do que acontece com as florestas. “Eles dependem da temperatura e da umidade do meio, por isso são restritos a seu ambiente”, diz João Giovanelli, da Universidade Estadual Paulista (Unesp) em Rio Claro, que usou modelos ecológicos para investigar distribuições futuras de anfíbios da Mata Atlântica – sapos restritos ao alto de montanhas e uma perereca com preferências mais flexíveis.

Considerando um cenário para 2100 com o dobro de gás carbônico (CO₂) do que havia na era pré-industrial (uma das possibilidades previstas por outros pesquisadores), algumas espécies dos pequenos sapos dourados do gênero *Brachycephalus*, do tamanho da unha do dedão de uma pessoa, podem desaparecer. Eles só habitam áreas de Mata Atlântica úmida de altitude, onde o aumento de temperatura pode alterar o regime de neblinas e eliminar grande parte dessas florestas, que passariam a crescer dezenas ou centenas de metros montanha acima – desde que encontrem condições propícias. Mesmo que aconteça, esse processo de migração da floresta demora e os minúsculos sapos, que parecem pingos de ouro sobre as folhas que formam um tapete no chão da floresta, podem não ter onde esperar. Assim, os *Brachycephalus* podem perder mais da metade de sua distribuição e diversas espécies podem ser extintas, de acordo com o capítulo do grupo da Unesp, que inclui o zoólogo Célio Haddad, no livro *A biologia e as mudanças climáticas no Brasil*, editado por Marcos Buckeridge, da Universidade de São Paulo, e publicado no ano passado pela editora RiMa.

Giovanelli mostra também que nem todas as espécies sairão prejudicadas.

A perereca *Hypsiboas bischoffi*, por exemplo, pode tirar proveito de períodos menos intensos de frio em algumas áreas do Rio Grande do Sul e aumentar sua distribuição em 57%.

Ambientes móveis - A modelagem ecológica pode ajudar a prever o destino de ecossistemas inteiros. É o que faz o grupo de Carlos Nobre. “Definimos o bioma por um conjunto de parâmetros climáticos, que incluem umidade do solo, temperaturas, evapotranspiração das plantas e resistência ao fogo, entre outros”, explica o climatologista. O grupo estima, por exemplo, que no final deste século o Uruguai, hoje muito frio, poderá abrigar Mata Atlântica. Os resultados, publicados em 2007 na *Geophysical Research Letters*, indicam também que em certas regiões da Amazônia só resistirão plantas adaptadas a condições de savana. “Mas o modelo não permite falar de migração dos biomas, que é um processo ecológico muito complexo e demorado”, avisa.

A botânica Marinez Siqueira, do Jardim Botânico do Rio de Janeiro, concentrou seu trabalho de doutorado, orientado por Giselda Durigan, do Instituto Florestal do Estado de São Paulo, no efeito das mudanças climáticas sobre as árvores do Cerrado, a vegetação típica do Brasil Central. Um resultado desse trabalho foi o artigo publicado em 2003 na *Biota Neotropica*, em que Marinez modelou a distribuição de 162 espécies de árvores e prevê, em 50 anos, uma redução drástica da área ocupada pela maior parte delas. As condições melhores para o Cerrado devem se deslocar para o sul da região hoje ocupada por esse ecossistema, chegando perto da fronteira entre os estados de São Paulo e Mato Grosso do Sul.

Marinez agora detalha o que deve acontecer em São Paulo, como apresentou em painel na Conferência Internacional sobre Informática da Biodiversidade, que aconteceu este ano em Londres. Em projeções para 2020



Cerrado: clima cada vez menos propício na região central

e 2080, ela mostra que as condições climáticas ideais para o Cerrado deverão se deslocar para o leste do estado, próximo à serra do Mar – hoje domínio da Mata Atlântica. “Mas isso não quer dizer que o Cerrado vá invadir áreas de Mata Atlântica.”

O fato é que a distribuição das espécies, em um nível regional e local, não é definida apenas pelo clima. “Só temperatura e precipitação não definem a ocorrência de espécies de Cerrado”, afirma a pesquisadora do Jardim Botânico carioca. As espécies que conseguem se manter numa determinada região são em parte determinadas pela capacidade de retenção de água pelo solo – uma categoria de dados que não foi considerada nos modelos que ela usou. Mudar isso será o próximo passo.

Modelos mais completos ajudarão a imaginar o destino de aves do Cerrado. O ecólogo Miguel Ângelo Marini, da Universidade de Brasília (UnB), liderou um estudo que fez projeções de onde estarão 26 espécies de aves em 2030, 2065 e 2099. Segundo os resultados,

publicados em junho no *site* da *Conservation Biology*, a maior parte dessas aves deve se deslocar, em média, 200 quilômetros para sudeste – justamente a região mais urbanizada do país. No estado de São Paulo, por exemplo, estima-se que reste menos de 1% do Cerrado original. “Não adianta só o clima estar bom para as aves se a vegetação do Cerrado demorar muito para chegar”, diz Marini, que estima uma diminuição nas áreas ocupadas por todas as espécies estudadas, o que poderá tornar ainda mais raras as aves que já têm distribuição restrita. Analisando as áreas conservadas ele mostrou, em artigo aceito na *Biological Conservation*, que as aves de Cerrado já estão pouco protegidas hoje – e no futuro estarão ainda menos. “Estamos identificando possíveis locais para novas unidades de conservação em regiões de Minas Gerais onde existe sobreposição entre o clima de hoje e o de daqui a 50 anos.”

Planejar a preservação com os olhos no futuro parece ser essencial – talvez as áreas definidas como prioritárias

no estado de São Paulo durante um *workshop* de especialistas em 2007 não tenham condições climáticas de abrigar Cerrado em 2080, de acordo com as projeções de Marinez. “As áreas de Cerrado que já existem no leste do estado passam a ter importância maior”, afirma. É o caso dos enclaves de Cerrado do Vale do Paraíba, na porção norte do estado de São Paulo, entre as serras do Mar e da Mantiqueira, uma região já muito alterada pela atividade humana e onde restam poucos fragmentos de vegetação natural. Mesmo assim, Marinez acredita que valha a pena estabelecer áreas de preservação por ali.

Risco calculado - Os mesmos princípios podem ajudar a planejar o plantio das principais lavouras brasileiras. É o que a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) tem feito, em parceria com a Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) e o Inpe, e com apoio da Embaixada do Reino Unido. Segundo uma publicação coordenada pelo engenheiro agrônomo Hilton Sil-

veira Pinto, da Unicamp, e pelo engenheiro agrícola Eduardo Assad, da Embrapa, e lançada no ano passado, se nada for feito o aquecimento global pode ser responsável já em 2020 por prejuízos de R\$ 7,4 bilhões por ano nas safras de grãos. Em 2070 esse valor pode chegar a R\$ 14 bilhões anuais. O relatório analisou onde estarão as condições ideais para as nove culturas mais representativas do Brasil, que juntas correspondem a 86% da área plantada no país: algodão, arroz, café, cana-de-açúcar, feijão, girassol, mandioca, milho e soja.

O grupo considerou dois cenários. O pessimista estima um aumento de temperatura entre 2°C e 5,4°C até 2100, plausível caso não se faça nada para reduzir as emissões. O cenário mais otimista prevê um aumento de temperatura entre 1,4°C e 3,8°C até 2100, caso o crescimento da população humana se estabilize, os recursos naturais sejam preservados e se reduzam as emissões de gases causadores do efeito estufa. “Se o Brasil ficar estável na inação”, provoca Hilton Pinto, “os prejuízos serão esses”. As perdas na produção da soja, a cultura que mais deve sofrer, podem ultrapassar os R\$ 7 bilhões por ano em 2070, com perda de áreas cultiváveis sobretudo na Região Sul e no Cerrado nordestino. A menos de 10°C as plantas quase não crescem, e a partir de 40°C elas não florescem normalmente e tendem a perder as vagens. Além disso, durante a germinação e o período entre a floração e a produção dos grãos, a soja precisa de muita água.

As mudanças já estão acontecendo. “O café do oeste de São Paulo migrou para o nordeste do estado, na região mogiana”, conta Hilton Pinto. Em conversas com cafeicultores, ele averiguou que de 1995 para cá o florescimento tem sido cada vez mais comprometido por ondas de calor em meses normalmente pouco quentes, como setembro, que causam aborto de flores. Mas os danos não serão generalizados. “A cana gosta de temperaturas quentes e de teores mais altos de CO₂”, lembra. Segundo seus cálculos, mesmo que nada

EDUARDO CÉSAR



Girassol: área suficiente para escapar de clima inóspito e de pragas

seja feito para adaptar essa cultura às novas condições, a área adequada para sua produção pode aumentar em cerca de 150% já em 2020.

O grupo agora estima quanto o Brasil precisará investir na produção de plantas adaptadas às novas condições. Segundo o engenheiro agrônomo da Unicamp, cada novo cultivar custa R\$ 1 milhão por ano. Os dados estão numa nova publicação, centrada em mitigação e adaptação, que deve ser lançada ainda este mês. Como leva pelo menos dez anos para desenvolver uma nova variedade, a conta sobe para R\$ 10 milhões para cada uma delas.

As projeções podem ter aplicação direta na prática por meio do Zoneamento de Riscos Climáticos, que estima os riscos de plantio de cada cultura para cada município do país – uma probabilidade de sucesso de pelo menos 80% qualifica o lavrador para obter financiamento. “É um sistema que vale R\$ 19 bilhões em financiamento de agricultura familiar”, comenta o pesquisador.

Apesar de ter produção pequena no Brasil, o girassol é uma das plantas com maior área potencial para plantio, cerca de 4,4 milhões de quilômetros quadra-

dos – área que deve ser reduzida em até 18% até 2070 principalmente no agreste e no Cerrado nordestinos. Mais do que as mudanças climáticas, uma ameaça a essa cultura são as lagartas da borboleta *Chlosyne lacinia*, que comem as folhas e causam uma queda de até 80% na produtividade. Esse inseto conhecido no Brasil como praga de girassol foi o tema do trabalho da bióloga Juliana Fortes, da Universidade Federal de Viçosa, em parceria com De Marco. No trabalho, uma dissertação de mestrado orientada por Evaldo Vilela, a pesquisadora adotou um cenário que prevê um aumento de 2,6°C nos próximos 100 anos. Juliana verificou que produzir o modelo levando em conta a espécie como um todo pode levar a erros na distribuição prevista, porque no caso dessas borboletas cada subespécie tem exigências ambientais diferentes – e só *C. lacinia saundersii*, a mais comum no Brasil, é conhecida como praga de girassol.

Se forem reais, as mudanças climáticas podem ser boa notícia para o girassol: deve diminuir a sobreposição entre a lagarta e as áreas adequadas para o plantio das flores amarelas ricas em óleo. Mas a dissertação, aprovada este ano, também alerta: se a subespécie

C. lacinia lacinia, típica da América Central, foi introduzida no Brasil, ela poderá tirar proveito das mudanças do clima e se adaptar a boa parte do centro e do nordeste do país. “Se isso acontecer, em vez de uma diminuição da área no futuro, a possível hibridação da subespécie *lacinia* com a *saundersii* pode significar o aumento da área da espécie no Brasil”, imagina Juliana, temendo maiores danos ao girassol.

Futuro em construção - O uso de modelos está cada vez mais disseminado e pode ser uma ferramenta essencial para fazer frente às mudanças climáticas, mas eles estão ainda sendo aprimorados à medida que o conhecimento cresce. Há dezenas de modelos diferentes e cada um dá peso distinto às diferentes variáveis climáticas. O que muitos pesquisadores fazem é aplicar vários desses modelos e usar os consensos entre eles para produzir os mapas de distribuição futura. “Nosso trabalho é fornecer projeções do clima futuro”, diz o climatologista José Antonio Marengo, coordenador do grupo de mudanças climáticas do Centro de Ciência do Sistema Terrestre, do Inpe. Ali uma equipe interdisciplinar constantemente melhora os modelos, inserindo mais dados e aprimorando a representação matemática de complexos processos que acontecem na natureza. “Os modelos são ferramentas matemáticas, e

todo modelo tem incertezas.” Para ele, é preciso levar essa incerteza em conta para saber onde as projeções são mais seguras – inclusive para buscar maneiras de melhorar o modelo onde ele não funciona. Sua equipe usa dados e informações – nacionais e internacionais – para desenvolver modelos regionais que forneçam mais detalhes sobre o clima do Brasil e da América do Sul, mas ainda não foi possível chegar ao nível de detalhe desejado para o país inteiro. “A confiabilidade das projeções tende a ser relativamente menor no Centro-Oeste e no interior da Região Sudeste, porque alguns processos de zonas continentais ainda não são bem representados nos modelos”, afirma. “E o Pantanal apresenta dificuldades ainda maiores, porque os modelos não lidam bem com as emissões e a representação hidrológica de um pântano daquelas dimensões.”

Marengo afirma que o Inpe trabalha com modelos que conhece em detalhe, mas é difícil obter dados climatológicos de certas regiões em séries de tempo longas, de alta qualidade e com registros diários, necessários para o estudo de extremos climáticos. “Se tivéssemos bases de dados mais finas, poderíamos fazer análises mais detalhadas – na escala de uma bacia no estado de São Paulo, por exemplo”, diz De Marco.

Além disso, é preciso conhecer os diversos modelos a fundo. “Não adianta só apertar o botão e ver a resposta”, conta Giovanelli. “É preciso conhecer o funcionamento do modelo e o banco de dados disponível sobre a espécie para saber se eles serão compatíveis com a pergunta que fazemos.”

Outra dificuldade enfrentada pelos modelos é ecológica: os lugares onde uma espécie existe não são necessariamente os únicos onde ela poderia existir. Assim como Marinez Siqueira não pode estar certa de que o Cerrado invadirá áreas de Mata Atlântica, as onças podem conseguir viver bem em áreas menos propícias e os sapos das montanhas talvez não sofram tanto quanto se espera diante das mudanças climáticas – segundo Haddad, já há registros de anfíbios típicos de Cerrado encontrados em plena Mata Atlântica. Para Paulo De Marco, isso não chega a ser um problema. “Fazemos projeções para o futuro usando espécies para as quais temos dados suficientes para representar sua distribuição e sua ecologia”, afirma. “Além disso, os trabalhos atuais mostram que o nicho ecológico atual de uma espécie é um bom predictor do nicho futuro.” Isso em situações normais. O ecólogo de Goiás explica que espécies invasoras, que mudam subitamente de hábitat, rapidamente se adaptam às novas condições.

O conhecimento oriundo dessas projeções torna as ferramentas mais confiáveis para fazer frente às mudanças ambientais causadas pelo homem que incluem também os efeitos amplificados do desmatamento, como mostra a matéria nas próximas páginas. ■



Cigarra-do-campo: migração para sudeste e menos hábitat adequado

CHARLES DUCA/CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VILA VELHA

► Artigos científicos

1. MARINI, M.A. *et al.* Predicted climate-driven distribution changes and forecasted conservation conflicts in a neotropical savanna. **Conservation Biology**. 2009.
2. SALAZAR, L.F. *et al.* Climate change consequences on the biome distribution in tropical South America. **Geophysical Research Letters**. v. 34. 2007.
3. SIQUEIRA, M.F. de; PETERSON, A.T. Consequences of global climate change for geographic distributions of Cerrado tree species. **Biota Neotropica**. v. 3, n. 2. 2003.
4. TÓRRES, N.M. *et al.* Jaguar distribution in Brazil: past, present and future. **Cat News**. Autumn 2008.