

Cientistas das profundezas

Pesquisadores de Rio Claro se embrenham nas cavernas do Alto Ribeira para investigar o impacto do turismo sobre o microclima desses delicados sistemas

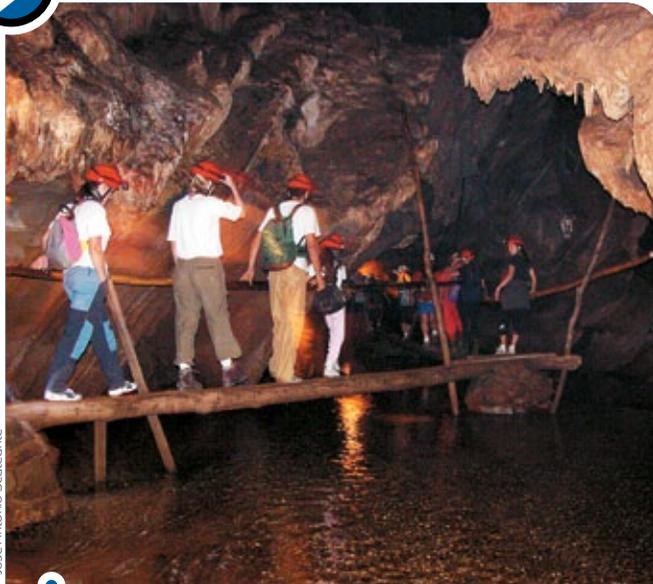
Pablo Nogueira

SALÃO DOS DISCOS
Área da caverna Santana é um dos locais fechados à visitação e que são monitorados na pesquisa

Em meio à penumbra, Heros Augusto Santos Lobo, 32, caminhava rapidamente, olhando para o pequeno aparelho que tinha nas mãos. Concentrado, não reparou na enorme coluna de pedra calcária que descia do teto, bem no seu caminho, e acertou-a com uma poderosa cabeçada. O choque da rocha com o plástico endurecido do seu capacete gerou um ruído surdo, além de risadas nas pessoas que estavam ao seu lado. Afinal, em cinco minutos, aquela era a quarta vez que o capacete colidia com a gigantesca estalactite. Heros também riu, antes de explicar que cabeçadas em rochas são acontecimentos cotidianos para quem trabalha na área da espeleologia, o estudo científico das cavernas.

Turismólogo de formação, Lobo atualmente cursa o doutorado no Instituto de Geociências e Ciências Exatas de Rio Claro. Desde setembro de 2008, ele viaja quinzenalmente ao Petar (Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira), na região de Iporanga (SP), a fim de monitorar sistematicamente os efeitos causados pela visitação turística a uma das maiores cavidades naturais da região, a caverna Santana. No começo de novembro, a equipe de **Unesp Ciência** o acompanhou em uma de suas excursões a campo.

A pesquisa, financiada pela Capes, visa mostrar que, ao contrário do que possa parecer para os leigos, o meio ambiente encontrado no interior das cavernas é delicado, como nos explicou posteriormente



José Antonio Scaleante

TRÁFEGO LENTO

Em anos de pico, a Santana chegou a receber 1.200 visitantes num único dia



PREPARATIVOS

Heros, observado pelo repórter, testa os equipamentos que serão instalados durante a excursão à caverna



MEDIDOR DE CO₂

Aparelho avalia se respiração humana contribui na dissolução de minerais



Fotos: Guilherme Gomes

BELEZA SUPRATERRÂNEA

Além das cavernas, o Petar é conhecido como uma das últimas áreas de Mata Atlântica que sobreviveram ao desmatamento gerado pela colonização e pela agricultura

o orientador do trabalho, o geólogo José Alexandre de Jesus Perinotto. “O simples pisoteio nas galerias já causa impacto. E estruturas como estalactites e estalagmites [formações rochosas sedimentares originadas, respectivamente, no teto e no chão de uma gruta] são muito frágeis. A presença humana pode causar danos irreversíveis.”

Era por volta das 10h quando entramos na Santana. Logo percebemos que a aventura é parte indissociável desse tipo de pesquisa. A caverna tem formato labi-

rítico, e os corredores possuem trechos de estrangulamento, onde só uma pessoa pode passar de cada vez – às vezes agachada. À medida que se avança na trilha, surgem várias pequenas subidas, e no ponto mais extremo do circuito turístico o visitante terá subido mais de 50 metros em relação ao local de entrada.

A umidade elevada faz com que a rocha fique perpetuamente molhada e escorregadia – a ponto de até um pesquisador experiente como José Antônio Scaleante, ou apenas

Scala, colaborador de Lobo, não escapar de um escorregão. A luz das lanternas dos capacetes atrai grandes quantidades de mosquitos para as proximidades do rosto, e volta e meia alguém engole um inseto e começa a tossir. Os impactos da cabeça no teto e nas paredes acontecem o tempo todo. “No começo as pessoas se perguntam se realmente têm que usar capacete, mas logo já estão muito felizes de o terem trazido”, conta Scala, divertindo-se, enquanto tentamos desviar de uma ponta e outra.

Falta de manejo

No passado, a região onde hoje se localiza o Petar esteve no fundo do mar, o que resultou na formação de grandes quantidades de rocha de base carbonática. A combinação dessa rocha com água abundante e a grande variação de relevo que existe na região resultou no surgimento de um sem-número de cavernas. Cerca de 500 já foram identificadas, das quais pouco mais da metade fica na área do parque. O Petar foi criado em 1958, mas só começou a ser explorado sistematicamente por espeleólogos a partir dos anos 1970.

A década seguinte viu a chegada dos primeiros turistas, atraídos também pela exuberante vegetação de Mata Atlântica preservada e por sua localização, não muito distante da capital paulista. Em pouco

tempo, os municípios do entorno se tornaram destino de ônibus de excursões, muitas delas organizadas por escolas e universidades. “Algumas escolas enviam seus alunos para cá todo ano há mais de duas décadas”, conta Scala, que possui uma pousada na região.

A média anual de visitantes no parque alcançou um pico de 60 mil em 2004, antes de se estabilizar num patamar entre 35 mil e 40 mil. Com o crescimento vieram os problemas. Em 2003 um turista embriagado morreu afogado num rio, o que levou ao fechamento do camping que funcionava dentro do parque e à obrigatoriedade do uso de guias para visitar as cavernas. Em 2005 uma jovem despencou de um paredão enquanto praticava rapel.

Desde 2001 o Ministério Público cobrava do governo do Estado, sem sucesso, a elaboração de um plano de manejo do parque que determinasse regras de visitação, exploração e conservação das áreas. O plano, porém, não foi elaborado. Em fevereiro de 2008, atendendo ao Ministério Público, o Ibama multou o parque e interditou a visitação a cerca de 30 cavernas. A interdição só foi parcialmente suspensa depois que a direção do parque se comprometeu a elaborar um plano de manejo geral para a unidade de conservação, e outros, específicos, para as prin-

cipais cavernas. Os três meses em que as cavernas ficaram fechadas fizeram com que o número de visitantes chegasse a zero, o que abalou a economia da região. Restaurantes e pousadas tiveram de demitir seus funcionários. Dos cerca de 200 moradores que trabalhavam como guias, cerca da metade abandonou a profissão.

Desde 2002 Lobo se ocupava da questão do manejo das cavernas na região, tendo inclusive feito um estudo prévio que estimou em 120 o total de pessoas que poderiam entrar na Santana a cada dia. Por isso, quando houve a interdição no ano passado, as autoridades públicas o convidaram a participar da vistoria que, após três meses, liberou novamente a visitação. Também exortaram a direção do parque a

aproveitar a metodologia que o espeleólogo está desenvolvendo em sua pesquisa, a fim de que se possam obter diagnósticos semelhantes nas demais cavernas.

De acordo com Lobo, a maior parte dos estudos das condições climáticas em cavernas no Brasil é realizada de forma pontual. Em geral, um pesquisador vai ao local de tempos em tempos para medir parâmetros considerados chave, como temperatura e umidade do ar. Com o desenvolvimento tecnológico, porém, é possível usar aparelhos que registram as variações periodicamente, a cada meia hora, ou menos. Ao visitar o local, o pesquisador recolhe as informações armazenadas nos medidores ao longo de semanas. Isso permite um acompanhamento quase em tempo real das mudanças que ocorreram no ambiente naquele período. Pesquisas semelhantes foram feitas poucas vezes por aqui, como na gruta de Ubajara, no Ceará, que foi objeto de pesquisa por seis meses, e nas grutas de Nossa Senhora Aparecida e Lago Azul, na região de Bonito, no Mato Grosso do Sul, monitoradas por um ano. Estas últimas foram coordenadas por Paulo César Boggiani, do Instituto de Geociências da USP, que é também co-orientador de Lobo. A pesquisa do doutorando da Unesp começou em março deste ano e deve se estender até junho do ano que vem.



OBRA DAS ÁGUAS Rios pré-históricos criaram as monumentais paisagens do Petar, como a entrada da caverna do Morro Preto

Em 2008 o MP solicitou a interdição das cavernas. A direção do Petar assumiu o compromisso de elaborar planos de manejo que especificam a quantidade de pessoas que podem visitá-las a cada dia. Para estabelecer esses parâmetros, a pesquisa é essencial





PESQUISA EM RITMO DE AVENTURA

Trajetos dentro da caverna podem levar o pesquisador a cruzar lagos andando e a se equilibrar na rocha escorregadia

À prova d'água, mas não de umidade

Na expedição que acompanhamos, Lobo posicionou termo-higrômetros em 11 pontos da caverna. Esses dispositivos mensuram variações de umidade e de temperatura no ar. Um dos aparelhos foi colocado para monitorar também as variações de temperatura na água, e um outro na superfície de uma rocha, num dos salões mais internos. Só a instalação e operação destes dispositivos já é uma aventura tecnológica à parte. "A umidade no interior da caverna é de 99,9%, e não existem aparelhos comerciais desenvolvidos para funcionar nessas condições", explica. O espeleólogo conta que no começo dos testes, ao conectar um termo-higrômetro ao seu laptop para recuperar os dados registrados, descobriu que ele estava cheio de água. "Como o fabricante dizia que o aparelho era capaz de operar sem vazamentos a 1m de profundidade, enviei o produto para a assistência técnica." A peça foi mandada ao fabricante, que a devolveu com um aviso. "Ele dizia que podia garantir o bom uso debaixo d'água, mas não dentro de uma caverna úmida", lembra Lobo, rindo.

A fim de contornar os transtornos, ele está

recorrendo aos serviços da Solbet, empresa nacional que se especializou em fabricar aparelhos sob medida para as diferentes necessidades de pesquisadores brasileiros da área ambiental. Na visita, Lobo levou uma bateria para aumentar a autonomia de um medidor de CO₂, um termo-higrômetro e um contador de pessoas desenvolvidos pela empresa brasileira especialmente para operar nas condições de elevada umidade das cavernas. Outra vantagem da tecnologia nacional é o custo. O contador de pessoas feito aqui saiu por R\$ 1.200, metade do preço de um produto similar importado e

Não é qualquer equipamento que consegue operar satisfatoriamente num ambiente onde a umidade do ar chega a 99,9%. Mas já estão surgindo aparelhos de tecnologia nacional concebidos para uso na pesquisa espeleológica

muitas vezes inadequado para as condições ambientais das cavernas.

Com 5 km de seus caminhos já mapeados, e uma extensão total que pode passar dos 9 km, a Santana ocupa um lugar de destaque na pesquisa espeleológica brasileira. Trata-se da caverna mais bem estudada do país – atualmente abriga pelo menos outras três pesquisas de diferentes instituições. Uma mede a concentração de radônio, um gás potencialmente nocivo à saúde, em certas partes da área acessível aos turistas. Outra se dedica a registrar as variações paleoclimáticas da América do Sul nos últimos milhares de anos. Uma terceira, coordenada por Scala, procura avaliar o tempo médio que os grupos de visitantes precisam para percorrer os 490 m do trajeto destinado à visitação.

Aliás, um estudo feito por Scala na Santana afetou o turismo de caverna em todo o Brasil. Nos anos de 2002 e 2003, ele pesquisou o impacto causado pelas lanternas carbureteiras usadas pelos turistas. O equipamento gera luz a partir da reação química entre água e carbureto, gerando gás acetileno. Esse gás é queimado e gera uma chama brilhante e clara, que resulta num fecho de luz que alcança 15 m. Antes da interdição, a Santana chegou a receber 1.200 visitantes por dia, sofrendo o impacto de 11 carbureteiras em ação ao mesmo tempo. A pesquisa mostrou que os resíduos gerados se depositavam sobre as paredes e estruturas da caverna, provocando sujeira e desgaste. O resultado foi a proibição de seu uso por turistas nas cavernas de São Paulo, o que aos poucos vem sendo seguido em todo o Brasil – proibição condicionada, porém, ao plano de manejo de cada caverna.

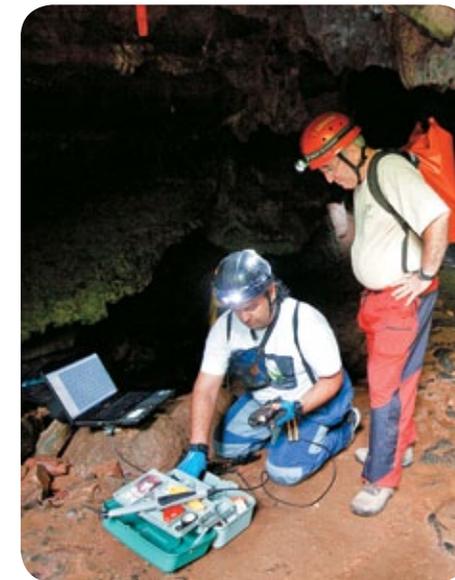
Lobo leva cerca de três horas no percurso turístico, parando nos medidores para coletar os dados. Na vez em que o acompanhamos, porém, muito tempo foi gasto tentando fazer com que o novo aparelho que registra a presença de CO₂ funcionasse, por conta das condições adversas de umidade. Por isso, ele não chegou a coletar os dados do termo-higrômetro localizado no salão São Paulo. Este salão fica na região restrita da caverna, e a caminhada até lá leva uma hora para ir e outra para voltar.

Um dos detectores de CO₂ trazidos nesta visita e colocado num dos salões mais visitados pelos turistas pode ajudar a esclarecer um dos principais pontos do estudo. Além da alta umidade do ar, próxima dos 100%, outra característica do microclima encontrado no interior das cavernas é uma certa estabilidade térmica, que não registra grandes oscilações. Na região do Petar, a média de temperatura varia em torno dos 18°C. O ar possui também uma abundância maior de CO₂. Na Santana, a concentração do gás num dos salões interiores chega a uma faixa de 1.100 ppm (partes por milhão) – 150% maior do que a medida no ambiente externo.

Mineral extinto

Os cientistas já sabem que a combinação de variação de temperatura e aumento da concentração de gás carbônico pode resultar em uma ação do gás sobre espeleotemas. Essas estruturas características de calcário que se encontram no interior da caverna são dissolvidas em um mecanismo conhecido como corrosão por condensação. Uma vez que a presença humana gera alterações na temperatura da caverna, e nossa respiração provoca picos de CO₂ no ambiente, os cientistas se questionam se a visitação humana pode representar perigo para as estalactites e estalagmites. "Essa é uma das hipóteses centrais da tese. Quero ver o quanto a presença humana está alterando um mecanismo natural", explica o pesquisador. Mas há bons motivos para pensar que isso realmente esteja acontecendo. Um exemplo citado pelos exploradores é o da caverna Cristal, situada na região. Ela era conhecida por abrigar um raro mineral da classe dos evaporitos, o "cabelo de anjo", encontrado em poucos lugares do mundo. A caverna foi aberta à visitação pública no fim dos anos 1990. Quando em 2003 um grupo de pesquisadores foi mapear a Cristal, não encontrou mais o mineral.

Tão importante quanto os dados que a pesquisa vai gerar, porém, é a maneira como ela vai ser feita. Lobo está tentando desenvolver uma metodologia que, além de eficaz, possa ser reproduzida em outras cavernas e que tenha baixo custo.



ALTA SENSIBILIDADE

Heros e Scala instalam aparelhos para medir temperatura na superfície da pedra e contar número de visitantes nas trilhas

Tais características poderiam permitir sua replicação em larga escala, em território nacional. Para Fábio Leonardo Tomaz, diretor do Petar, a pesquisa pode ajudar a padronizar os critérios usados na regulação de visitas a cavernas. "Atualmente, o procedimento mais comum é basear-se em informações como o uso histórico e a duração do passeio para calcular a quantidade de pessoas que podem passar por lá diariamente. Essa abordagem é limitada, porque não revela qual é a verdadeira capacidade de carga daquela cave", diz ele.

Com informações precisas sobre parâ-

metros, como a quantidade de calor trazida para o ambiente pelos visitantes, será possível avaliar o impacto sobre os espeleotemas e, assim, definir, caso a caso, a quantidade ótima de visitantes. O desenvolvimento dessa metodologia é ainda mais importante agora. A direção do parque estima que o número de turistas chegue a 100 mil por ano nos próximos anos. Todos atraídos pelas cavernas. "Como unidade de conservação, nosso objetivo é assegurar que a visitação ocorra com o mínimo de impacto possível. Por isso essa pesquisa é tão interessante para nós", afirma Tomaz.