

MARIA DE LURDES NUNES ENES DAPKEVICIUS
& CRISTINA RIQUELME GABRIEL*

VIDA MICROBIANA NAS GRUTAS DOS AÇORES

*UNIVERSIDADE DOS AÇORES, DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, CITA-A

QUANDO SE ENTRA NUMA GRUTA, SENTIMO-NOS NUM LUGAR estranho e inóspito. À medida que vamos caminhando, penetramos num ambiente cada vez mais escuro, frio e húmido (imagem 1). Se ligarmos a luz dos nossos frontais, vamos descobrir um mundo mineral, rochoso, onde as formações geológicas podem assumir formas de rara beleza, mas onde não parece haver lugar para que a vida prospere. Contudo, as primeiras impressões podem ser enganosas: os bacteriologistas têm vindo a descobrir uma enorme diversidade de vida microscópica nestas câmaras rochosas subterrâneas. Num ambiente onde não há luz e a matéria orgânica escasseia, de que vivem estes microrganismos? Onde vão buscar a energia necessária para se manterem vivos e prosperarem? Que impacto têm nas grutas que colonizam? Como podem afetar as nossas vidas? Como garantir a sua conservação?

A falta de luz e de matéria orgânica (as duas principais fontes de energia no mundo da superfície) fazem com que as grutas sejam consideradas ambientes extremos, onde até mesmo formas de vida tão simples como as bactérias têm dificuldade em instalar-se. Num ambiente extremo, as bactérias respondem ao stress que as condições inóspitas lhes impõem cooperando entre si e formando comunidades complexas onde encontram proteção contra a dureza do ambiente.

Em certos tubos de lava, as comunidades microbianas são visíveis, muito extensas e são uma das características marcantes da cavidade, contribuindo para a sua beleza (imagem 2). Estas extensas manchas de cor esbranquiçada, bege ou amarela são comunidades microbianas muito complexas (biofilmes), onde convivem e interdependem microrganismos



IMAGEM 1 Gruta dos Balcões, Ilha Terceira. Foto: Pedro Cardoso



IMAGEM 2 Gruta da Terra Mole, Ilha Terceira. Foto: Pedro Cardoso

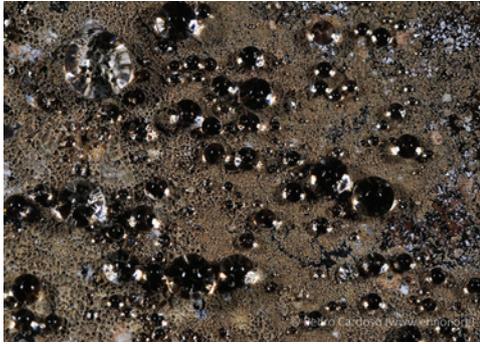
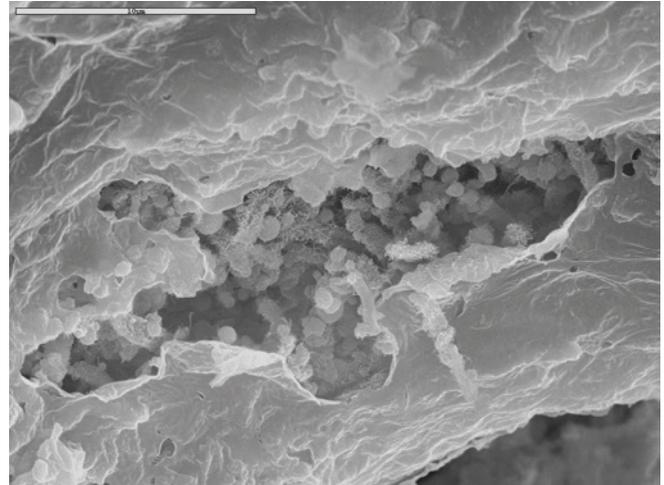


IMAGEM 3 Tapetes bacterianos das paredes da gruta da Terra Mole. Fotografia macro de Pedro Cardoso. Microfotografia (SEM) de Diana Northup e Mike Spilde



de grupos taxonómicos muito diversos (imagem 3). Nestes biofilmes, os microrganismos trocam informação e metabolitos, garantindo assim a sua sobrevivência. Nestes tapetes, em estudos realizados pela Universidade dos Açores em colaboração com a Universidade do Novo México (E.U.A.) foram identificadas bactérias pertencentes a quinze dos quase trinta filos bacterianos presentemente reconhecidos (imagem 4). Os filamentos encontrados num maior número de grutas são nomeadamente, Proteobacteria, Actinobacteria, Acidobacteria e Nitrospira os quais incluem uma grande variedade de subgrupos bacterianos. Estudos realizados por um grupo do Museu de Ciências de Madrid revelaram a presença de microrganismos inclusivamente em espeleotemas da Gruta dos Buracos (Ilha Terceira) (imagem 5). Estudos ainda não publicados realizados na Universidade dos Açores demonstraram que até as superfícies rochosas aparentemente não colonizadas albergam uma considerável diversidade de microrganismos.

O estudo dos microrganismos que habitam os tubos de lava está apenas a dar os seus primeiros passos. Os microbiologistas não têm ainda meios para cultivar a maioria dos microrganismos das grutas, o que dificultou durante muitos anos o seu estudo. O advento das técnicas de biologia molecular veio contornar este problema e trouxe consideráveis avanços no conhecimento da geomicrobiologia. Contudo, estes desenvolvimentos são recentes e, por este motivo, há ainda poucos dados sobre a forma como estes microrganismos interagem entre si e sobre a estrutura destas comunidades. Sabe-se que são a base da cadeia trófica nas grutas e o suporte da vida macroscópica nestes ambientes, por assegurarem a obtenção de energia a partir dos minerais que constituem as cavidades. Tal como nos ambientes terrestres, são os microrganismos que completam os ciclos biogeoquímicos dos elementos (do carbono, do azoto, etc.) nas grutas. Estas suas atividades metabólicas contribuem para a morfologia da gruta ao degradarem os materiais rochosos para libertarem nutrientes essenciais (carbono, azoto, enxofre, fósforo) e ao promoverem o crescimento de certas formações, como as acumulações esbranquiçadas de sílica a que os espeleólogos de língua inglesa chamam *moonmilk* (literalmente, “leite da lua”) (imagem 6). Estas acumulações biogénicas de sílica estarão na origem de um dos maiores depósitos de escoriamentos de opala do mundo, no Algar do Carvão (Ilha Terceira) (imagem 7). Nas grutas, nem tudo o que parece é. Estru-

turas que parecem puramente minerais podem, na verdade, ter uma assinatura biológica. Distinguir o que é biológico do que é apenas mineral não é uma tarefa fácil nestes ambientes, mas é de importância extrema para compreender as grutas enquanto ecossistemas e os conhecimentos adquiridos podem ser aplicados a outros ambientes extremos. A título de exemplo, a pesquisa de vida nas grutas tem servido de modelo para a procura de vida no espaço. As comunidades microbianas são uma parte importante das cavidades vulcânicas, são o suporte básico da vida nestes ambientes e são indispensáveis para a sua beleza. A sua preservação é, por isso, essencial para a conservação destes locais.

A necessidade duma maior compreensão da microbiologia das grutas conduziu a um esforço de pesquisa nos últimos anos, que levou à descoberta de vários novos géneros e espécies de bactérias, como os membros dos géneros *Spirillospora*, *Catellasporea* e *Nonomuraea*, que foram descobertos numa gruta do Norte da Tailândia, as espécies *Agromyces subbeticus* sp. nov. (duma gruta do Sul de Espanha) e *Aurantimonas altamirensis* sp. nov. (da gruta de Altamira, em Espanha). Nos Açores, algumas das sequências de ADN amostradas possuíam baixa semelhança (menos de 90%) com outras conhecidas e poderão corresponder a nova biodiversidade.

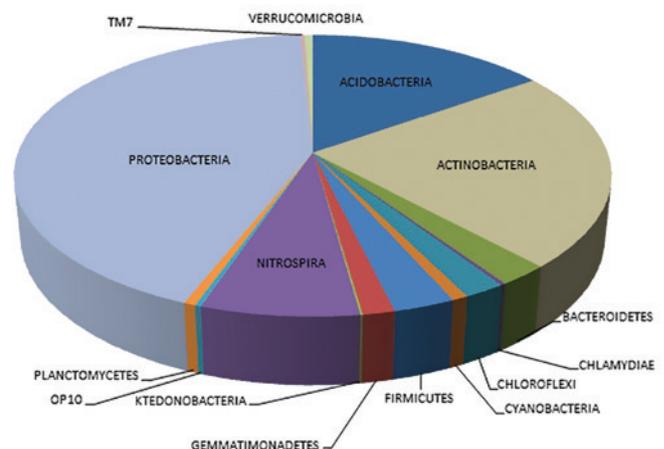


IMAGEM 4 Filos bacterianos identificados em grutas das ilhas Terceira e Pico.



IMAGEM 5 Espeleotemas da Gruta dos Buracos, Ilha Terceira. Foto: Airidas Dapkevicius

Em ambientes extremos, como os tubos de lava, os microrganismos têm que cooperar para sobreviver. A natureza complexa dos substratos donde os microrganismos podem retirar o seu alimento faz com que seja muito pouco provável que um só microrganismo seja capaz de levar a cabo todas as reações metabólicas necessárias para o seu crescimento. Nas grutas, os microrganismos apresentam diversas estratégias de cooperação. A mais visível é a organização em biofilmes, que lhes confere proteção quer contra outros habitantes das grutas e contra as condições adversas. A proximidade espacial entre microrganismos no interior dos biofilmes promove a comunicação entre células microbianas vizinhas. Usando uma metáfora linguística, a linguagem que as bactérias usam para comunicar entre si é uma linguagem química, em que as “palavras” são moléculas sinalizadoras difusíveis.

A libertação destas moléculas sinalizadoras leva os membros do biofilme a adotarem comportamentos diferentes consoante a molécula libertada. Este sistema sofisticado e complexo de comunicação envolve um número elevadíssimo de moléculas (metabolitos secundários, enzimas). As potencialidades destas moléculas começam a ser estudadas, com resultados surpreendentes. Algumas delas têm atividades antibacterianas, antifúngicas, antivirais, anti carcinogénicas, insecticidas, algicidas ou imunossupressoras, podendo encontrar aplicação nas diversas indústrias biotecnológicas. Nos últimos cinco anos, temos vindo a estudar o potencial antibiótico de microrganismos dos tapetes dos tubos de lava dos Açores, com resultados promissores. Isolados pertencentes a filos bem conhecidos como produtores de antibióticos (ex.: actinomicetas), mas também alguns pertencentes a grupos taxonómicos



IMAGEM 6 Pequenos depósitos de moonmilk na Gruta da Ribeira do Fundo, Ilha do Pico. Foto: Kenneth Ingham

menos estudados (géneros *Collimonas* e *Ensifer*) inibiram *in vitro* importantes patogénicos humanos e de animais (imagem 8). Decorrem ainda, na Universidade dos Açores, estudos sobre o potencial biotecnológico destes microrganismos, tendo em vista a obtenção de enzimas para diversos processos industriais. As potencialidades dos microrganismos dos tubos de lava podem trazer um retorno económico para a Região e constituem um argumento adicional para a conservação destas comunidades microbianas.

Os seres humanos constituem a principal ameaça à conservação duma gruta, quer enquanto gestores destes espaços naturais, quer como visitantes ou até mesmo como cientistas. Os gestores e o pessoal das grutas são quem, em última instância, é responsável pela sua conservação. Contudo, ao serem alvo de pressões políticas e por a área da geomicrobiologia ainda carecer de desenvolvimento, poderão tomar, por vezes, decisões menos adequadas. Os visitantes humanos, por sua vez, podem introduzir nas grutas novos microrganismos e aumentar a quantidade de matéria orgânica disponível, danificando as comunidades microbianas autóctones, para além de poderem produzir danos diretos, acidentais ou voluntários (quebra de espeleotemas, remoção de parte dos tapetes microbianos) (imagem 9). Vários países (por exemplo, Reino Unido, Irlanda, Canadá, Nova Zelândia, alguns estados do EUA) possuem Códigos de Conduta para Visitantes de grutas, nos quais prescrevem os comportamen-

IMAGEM 7 Escorrimentos de opala do Algar do Carvão, Ilha Terceira. Foto: Airidas Dapkevicius



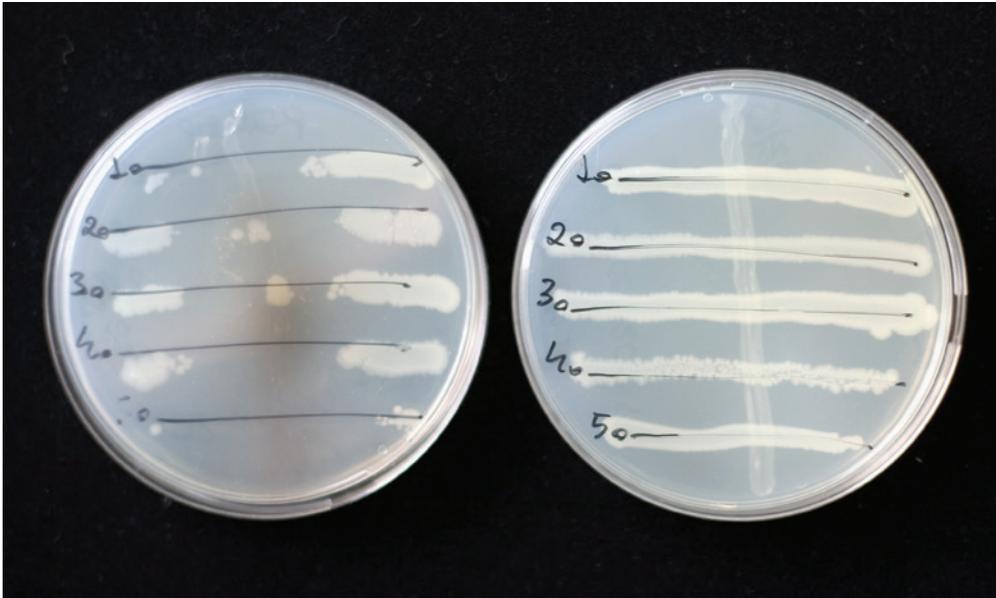


IMAGEM 8 Ação de isolados bacterianos obtidos a partir de tapetes de grutas dos Açores sobre microrganismos patogénicos. Os microrganismos das grutas foram inoculados verticalmente e os patógenos horizontalmente. O isolado da esquerda inibe todos os patógenos testados, enquanto o da direita não tem ação inibidora. Foto: Airidas Dapkevicius

tos a adotar/evitar durante as visitas. Os visitantes são informados sobre este código e, nalguns casos, têm que assinar um compromisso de respeito pelas regras do Código antes de iniciar a visita. Estes Códigos visam minimizar o impacto negativo das visitas sobre as grutas e a vida que hospedam. Seria interessante coligir um documento deste tipo aplicável à Região. Alguns comportamentos são obviamente danosos para o património subterrâneo do Arquipélago, mas outros são mais difíceis de intuir. Apresentam-se, abaixo, sugestões de comportamentos orientados para a conservação das grutas e da vida que albergam. Em grutas turísticas, as entidades responsáveis têm a possibilidade de exercer maior influência sobre o comportamento dos visitantes. Contudo, são muitas as cavidades que, não sendo turísticas, são de acesso relativamente fácil e são visitadas por quem procura aventuras, frequentemente com poucos conhecimentos de espeleologia e baixa sensibilidade para a conservação dos ambientes visitados. Para além disso, muitas das grutas dos Açores situam-

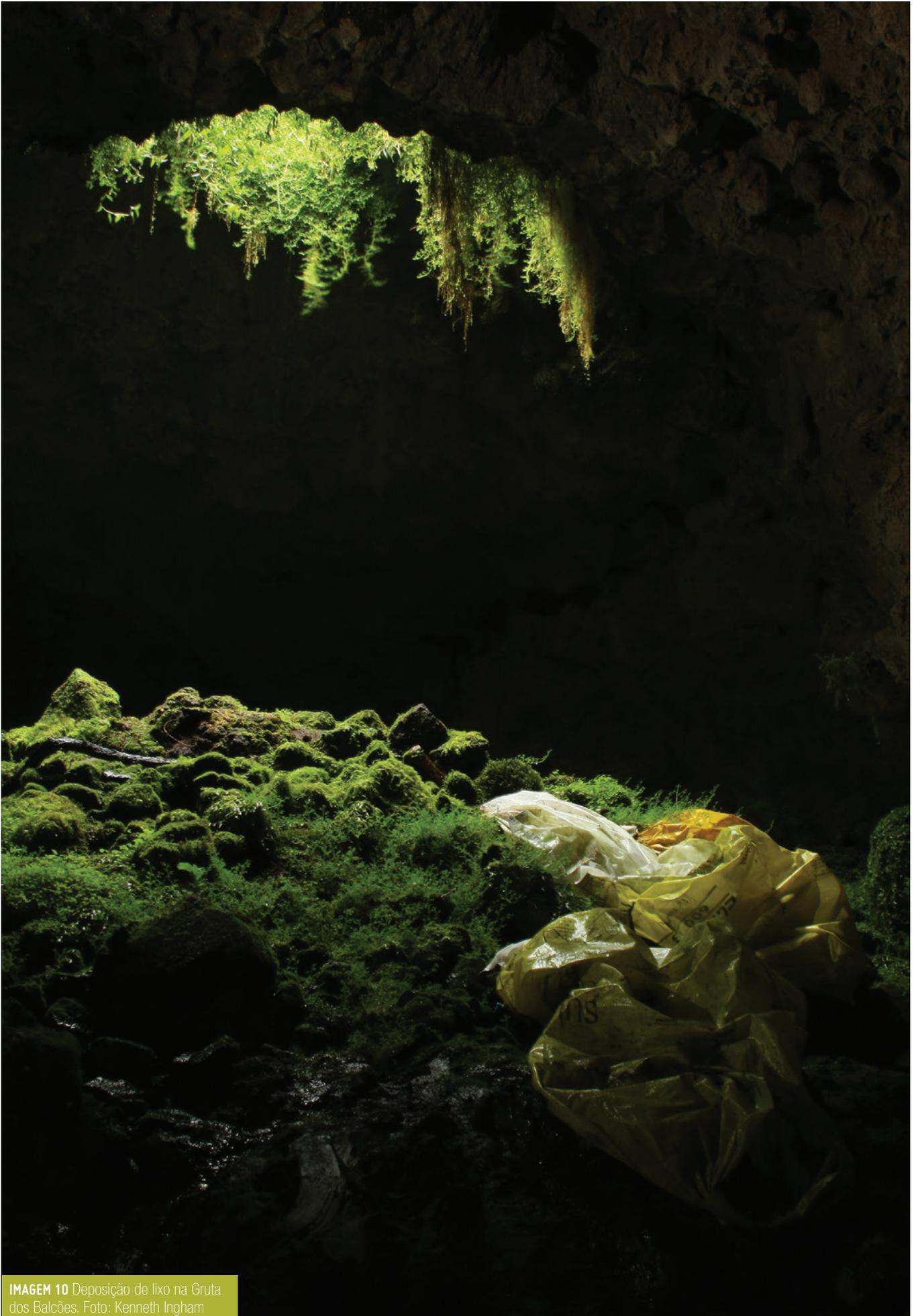
-se em terrenos privados, nalguns dos quais a natureza das atividades humanas conduzem à produção de resíduos cuja eliminação pode ser incómoda ou difícil. É importante mentalizar os proprietários destes terrenos e os seus utilizadores para o respeito pelos ambientes cavernícolas e empenhá-los no compromisso de não utilizarem as grutas nem as suas aberturas para o exterior como um local próximo e cómodo de eliminação de resíduos de várias naturezas (imagem 10).

SUGESTÕES DE COMPORTAMENTO DURANTE A VISITA A UMA GRUTA

- Duma gruta, trazer apenas fotos e boas memórias. Não recolher pedaços de formações, pedras, ossos, etc.
- Todas as visitas impactam as grutas. Antes de considerar uma visita a uma gruta que não seja turística, ponderar se esta é mesmo necessária. Se for apenas para fins recreativos, poderá existir outra gruta menos vulnerável a danos, que possa garantir o mesmo nível de satisfação para



IMAGEM 9 Tapetes microbianos vandalizados na Gruta dos Balcões. Foto: Kenneth Ingham



os visitantes. Ter em conta, na decisão final, o objetivo da visita, o tamanho e a experiência do grupo que vai participar e as possibilidades de danificar a gruta. Consultar Os Montañeiros em caso de dúvida.

- Sempre que possível, o líder do grupo deve fazer uma visita prévia à gruta, para tomar conhecimento dos pontos que contêm elementos (espeleotemas, tapetes microbianos) mais sensíveis e decidir quais são os melhores pontos de apoio para os restantes membros do grupo.
- Progredir sem pressas dentro da gruta. Para além de permitir observar melhor e tirar maior partido da visita, diminuem as possibilidades de nos magoarmos ou danificarmos a gruta. É especialmente importante seguir estas recomendações quando fazemos a viagem de regresso e já estamos cansados.
- Se houver principiantes no grupo, garantir que têm sempre a seu lado um espeleólogo experiente que os possa ajudar se necessário, nas secções mais difíceis. Garantir que o grupo se desloca ao ritmo imposto pelo membro mais lento do grupo.
- Fazer as visitas em grupo, ajudando-se uns aos outros na progressão pela gruta. Não dividir o grupo, a não ser que isso seja necessário para reduzir o impacto. Os grupos deve ser pequenos – 4 elementos já é um bom número.
- Evitar ao máximo tocar nas paredes, especialmente onde existirem formações geológicas e/ou tapetes microbianos. Colocar os pés e as mãos cuidadosamente durante a progressão pela gruta.
- Ter atenção à posição da cabeça (nossa e dos restantes membros do grupo), especialmente nas secções mais baixas, onde um movimento em falso pode danificar estruturas importantes do teto.
- Minimizar a quantidade e o tamanho do equipamento que levamos para dentro das grutas. Em grutas ou secções mais sensíveis, não levar mochilas ou sacos para não danificar as formações existentes.
- O líder deve garantir que os membros do grupo não andam a vaguear pela gruta sem ser necessário.
- Deslocar-se apenas nos percursos marcados ou nos que são óbvios. Se não existirem, o grupo e o seu líder devem definir um percurso e manter-se nele.
- Lavar a roupa e o equipamento usados nas grutas com regularidade – dar especial atenção à higienização do calçado – para evitar introduzir na gruta fungos e bactérias estranhos a este ambiente.
- Se uma gruta ou parte desta apresenta sinais de degradação devidos a visitas, informar as entidades competentes e escolher um percurso alternativo, de forma a minimizar os danos.
- Se for necessário caminhar sobre escorrimentos de opa-

la, retirar todo o vestuário exterior e equipamento que estiver enlameado. Se tal não for possível, optar por não caminhar sobre as formações – pode-se voltar com equipamento adicional para fazê-lo.

- Tratar com respeito toda a vida subterrânea. Evitar danificá-la ou estragar as suas armadilhas (teias de aranha, por exemplo). É também de evitar apontar luz intensa e direta para os organismos cavernícolas. Isto inclui fotografá-los com *flash*.
- Qualquer colheita de material deverá ser feita apenas com permissão das entidades competentes (Secretaria Regional do Ambiente).
- Evitar fazer refeições dentro das grutas. Se for mesmo necessário, levar consigo um saco plástico e comer de modo a que todas as migalhas caiam lá dentro. Se isto não for feito, deixa-se demasiada matéria orgânica, alterando todo o equilíbrio trófico da gruta e podemos causar danos extensos e permanentes em toda a vida que lá se encontra.
- Não deixar nenhuns resíduos nas grutas, incluindo resíduos humanos (urina, fezes). Se a extensão da gruta a isso obrigar, levar recipientes para a recolha e remoção deste tipo de resíduos.
- Verificar sempre se não ficou equipamento esquecido – tal como não devemos trazer nada duma gruta, também nada deve ficar atrás.
- Quando for necessário utilizar equipamento de apoio no interior da gruta (material de marcação, cordas, etc.), ter atenção à sua colocação, evitando locais onde os mesmos possam danificar formações geológicas ou vida subterrânea (incluindo tapetes microbianos). Minimizar o uso deste tipo de equipamento, restringindo-o às situações em que é estritamente necessário.
- Respeitar a classificação das cavidades vulcânicas de acordo com as prioridades de conservação, não visitando para fins exclusivamente recreativos as que são mais sensíveis.
- Não acampar em grutas, a não ser que, pela sua extensão e pela natureza da visita/expedição, isso seja estritamente necessário.
- Deslocar-se com cuidado e gentileza dentro das grutas. A espeleologia não é uma atividade onde a velocidade seja determinante. Pelo contrário, a rapidez excessiva pode causar danos graves quer à própria gruta quer ao visitante.

Créditos das fotos: Pedro Cardoso, Kenneth Ingham e Airidas Dapkevicius

Microfotografia electrónica: cortesia de Diana Northup e Mike Spilde