

## AMEAÇAS À CONSERVAÇÃO DO PATRIMÔNIO ESPELEOLÓGICO EM LITOLOGIAS FERRÍFERAS

## THREATS TO CONSERVATION OF SPELEOLOGICAL HERITAGE IN BANDED IRON LITHOLOGIES

*André Afonso Ribeiro*

*Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas/Instituto Chico Mendes*

*E-mail: andre.ribeiro@icmbio.gov.br*

### Resumo

Desde 2008 a legislação vigente relacionada à conservação do patrimônio espeleológico estabelece que no âmbito do licenciamento ambiental, estudos devem ser elaborados pelos empreendedores e avaliados pelos órgãos ambientais para a solicitação e autorização de impactos aos ecossistemas cavernícolas. Em determinadas situações, os órgãos ambientais só poderão autorizar esses impactos caso sua compensação seja formalmente definida. No Brasil, aproximadamente 17% das cavernas registradas encontram-se abrigadas em canga e formações ferríferas, situadas em locais com alto interesse mineral. Após cinco anos do início da aplicação da legislação vigente, 4% das cavernas nestas litologias já tiveram sua supressão autorizada pelos órgãos ambientais, o que configura cenário de extrema preocupação a respeito da conservação do patrimônio espeleológico nacional, exigindo de todos os setores envolvidos o aprofundamento as discussões e do setor governamental a promoção de políticas públicas específicas e efetivas para conservação desse patrimônio.

**Palavras-chave:** Espeleologia, Conservação, Licenciamento ambiental, Formação ferrífera, Canga, Carajás, Quadrilátero Ferrífero.

### Abstract

Since 2008 the current legislation related to the conservation of speleological heritage determines that under the environmental licensing procedures, studies shall be done by interested companies and evaluated by environmental agencies for the request and authorization of impacts to cave ecosystems. In certain situations, environmental agencies may only authorize these impacts if its compensation is formally defined. In Brazil, about 17% of registered caves are located in banded iron formations and *canga* on sites where there is high mining interest. After five years of implementation of current legislation, 4% of the caves in these lithologies had their destruction authorized by environmental agencies, which represents extreme concern scenario regarding the conservation of the speleological heritage, demanding of all sectors involved deepening

discussions and requires government sector to promote special and effective public policies.

**Keywords:** Speleology, Conservation, Environmental licensing, Banded iron formation, *Canga*, Carajás, Quadrilátero Ferrífero.

## 1. INTRODUÇÃO

Os primeiros instrumentos normativos no Brasil que abordaram de forma específica a conservação do patrimônio espeleológico foram as Resoluções do CONAMA nº 9 de 1986 que criou a "Comissão Especial para estudos do Patrimônio Espeleológico" e no ano seguinte a Resolução CONAMA nº 5 de 1987, que aprovou o "Programa Nacional de Proteção ao Patrimônio Espeleológico".

Entretanto, somente em 1990 foram inseridas na legislação ambiental brasileira, regras a respeito da preservação e do uso do patrimônio espeleológico, por meio da Portaria IBAMA nº 887 e da publicação do Decreto 99.556, em 1º de outubro daquele ano.

Considerando as particularidades dos ecossistemas cavernícolas, suas fragilidades e as atividades que ameaçavam sua necessária conservação, o mencionado Decreto estabeleceu a preservação de todas as cavidades naturais subterrâneas no país, permitindo apenas usos relacionados a atividades técnico-científicas, étnico-culturais, turísticas, recreativas ou educativas.

Em 2004, com a edição da Resolução CONAMA nº 347, novas regras foram trazidas no sentido de regulamentar o licenciamento ambiental de atividades com potencial de degradação do patrimônio espeleológico, bem como os procedimentos para autorização de atividades turísticas e de pesquisas científicas no interior de cavernas.

Contudo, o crescimento econômico do país e desenvolvimento de sua infraestrutura, em especial por atividades como instalação de hidrelétricas, construção de rodovias e mineração, motivou setores da sociedade a iniciar debates e articulações políticas no intuito de que fossem promovidas alterações nas regras do licenciamento ambiental em áreas com ocorrência de cavernas.

Como resultado desse cenário, em 2008 o governo federal publicou o Decreto 6.640 que, entre outros pontos, introduziu no arcabouço jurídico brasileiro a possibilidade de supressão de cavernas, bem como o novo conceito de relevância de cavidades naturais subterrâneas, que passaram a ser classificadas em graus máximo, alto, médio e baixo de relevância, sendo somente as de máxima relevância protegidas de impactos negativos irreversíveis.

A metodologia para definição do grau de relevância de cavidades foi estabelecida dez meses após o Decreto 6.640, por meio da publicação da Instrução Normativa nº 2, do Ministério do Meio Ambiente, em 20 de agosto de 2009.

Assim, temos atualmente pouco mais de cinco anos do início da aplicação das novas regras trazidas pelo Decreto 6.640.

Nesse contexto, o objetivo deste artigo é apresentar análise sobre a situação relacionada ao licenciamento ambiental de empreendimentos que impactam o patrimônio espeleológico abrigado em canga e formação ferrífera.

Este tema pode ser considerado bastante recente, uma vez que antes da edição do Decreto 6.640/2008 número reduzido de pesquisas científicas ou estudos técnicos era desenvolvido nesses litotipos, seja pelas universidades ou pelos grupos de espeleologia. Assim, a importância desse patrimônio vem sendo revelada no país, já em contexto de grande ameaça a sua conservação.

As principais áreas com registros de cavernas nessas litologias (Figura 1), e que serão abordadas nas discussões, encontram-se no Quadrilátero Ferrífero, em Minas Gerais e na Serra dos Carajás, no Pará (Piló & Auler, 2013). Nessas áreas, com extenso histórico de exploração do minério de ferro, têm se registrado, ao longo dos últimos anos, aumento os conflitos com a conservação do patrimônio espeleológico.

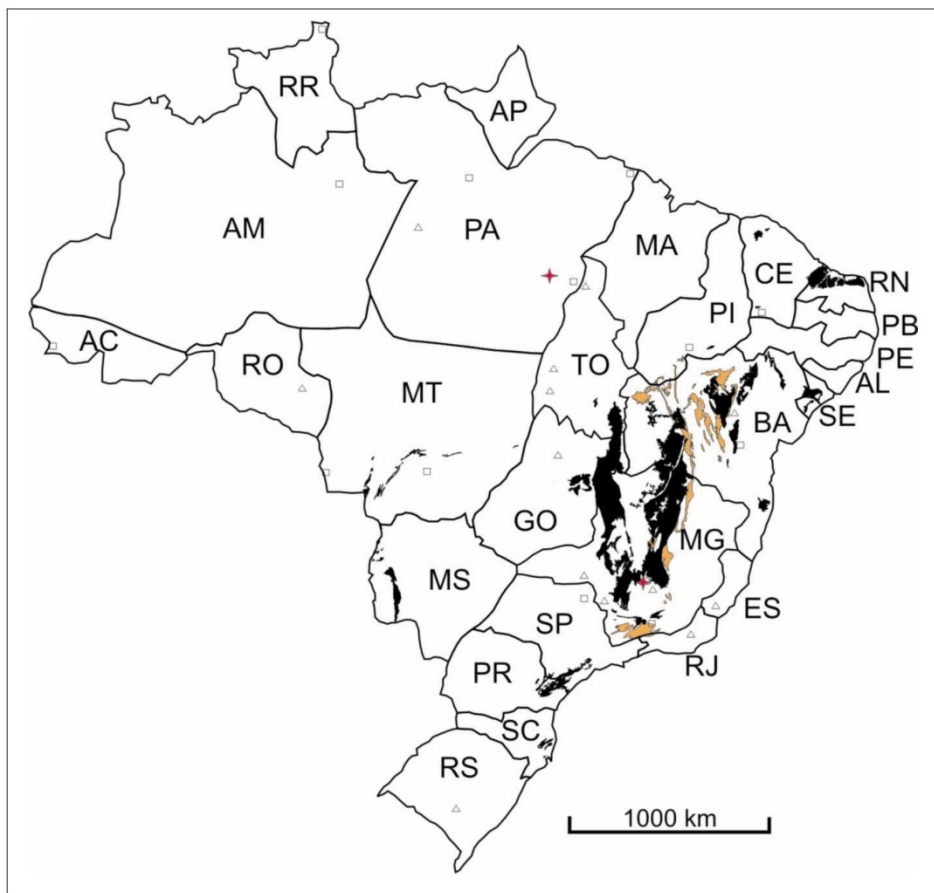


Figura 1. Mapa com as principais litologias que apresentam cavernas. Rochas carbonáticas estão representadas em preto. Rochas siliciclásticas estão representadas em laranja. As principais áreas de canga e formação ferrífera que apresentam cavernas estão representadas por estrelas vermelhas. (Piló & Auler, 2013)

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

As informações utilizadas para as análises efetuadas no presente trabalho são todas de acesso público e constam nos processos de compensação espeleológica (conforme §3º, artigo 4º do Decreto 99.556/90), bem como nos processos de autorização para o licenciamento em unidades de conservação federais (conforme §3º, artigo 36 da Lei 9.985/2000), em tramitação no Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade.

As informações sobre o patrimônio espeleológico brasileiro tiveram como fonte a base de dados geoespacializados das cavernas do Brasil, organizada pelo Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (CECAV)<sup>1</sup>. Os dados sobre títulos minerários utilizados são os disponibilizados pelo Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM)<sup>2</sup>. Em relação às unidades de conservação, os dados são provenientes do Cadastro Nacional de Unidades de Conservação (CNUC)<sup>3</sup>, mantido pelo Ministério do Meio Ambiente.

Os arquivos vetoriais, em formato shape, foram analisados por meio do programa ArcGIS 10.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na base de dados geoespacializados das cavernas do Brasil<sup>4</sup>, dados de 31 de março de 2015, constam 2.534 cavidades naturais subterrâneas abrigadas em litologias ferríferas.

Considerando-se o universo de 14.710 cavernas registradas na base de dados, essa litologia corresponde atualmente a 17,2% desse total, constando como segundo grupo litológico em número de cavernas no Brasil, atrás apenas das rochas carbonáticas.

Pesquisas recentes desenvolvidas no país têm indicado algumas possibilidades para a gênese de cavernas em canga e formação ferrífera. Piló & Auler (2009) trazem descrições das cavernas em Carajás, tecendo análises sobre aspectos espeleogenéticos e cronológicos. Calux (2013) estuda esses processos em cavernas no Quadrilátero Ferrífero. Parker et al. (2013a) e Parker et al. (2013b) apontam evidências de contribuições microbiológicas nos processos de gênese em cavernas em minério de ferro em Carajás e no Quadrilátero Ferrífero. Dutra (2013) apresenta compilação das teorias atuais sobre a espeleogênese em litologias ferríferas, listando os diferentes tipos de processos erosivos, de desabamento e de dissolução.

Estudos espeleológicos nos processos de licenciamento ambiental também têm demonstrado a importância de características geológicas e geomorfológicas dessa

---

<sup>1</sup> Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/cecav/downloads/mapas.html>.

<sup>2</sup> Disponível em <http://www.sigmine.dnpm.gov.br>.

<sup>3</sup> Disponível em: <http://www.mma.gov.br/areas-protegidas/cadastro-nacional-de-ucs>.

<sup>4</sup> Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/cecav/downloads/mapas.html>.

tipologia de cavernas, como a ocorrência de espeleotemas raros ou únicos, morfologias únicas, além de dimensões notáveis em extensão, área ou volume.

Importante destacar que, além de suas características espeleogenéticas e seus atributos geológicos e geomorfológicos, estudos sobre a fauna subterrânea realizados em cavernas em litologias ferríferas, com destaque para o realizado por Silva et al. (2011), indicam que além da alta riqueza de espécies observada e da ocorrência de grande concentração de espécies troglóbias, a composição faunística encontrada nessas cavernas é distinta das demais litologias (Figura 2). Entende-se, portanto, que esse fato, por si só, justificaria um olhar diferenciado dos órgãos ambientais nos processos de licenciamento, uma vez que correspondem a ecossistemas cavernícolas diferenciados dos encontrados nas demais litologias.

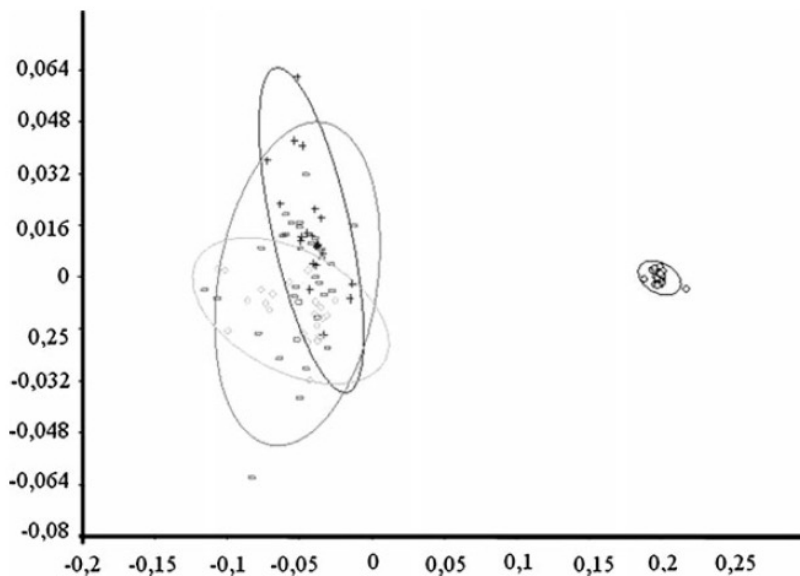


Figura 2. Gráfico de escalonamento multidimensional não métrico (MDS) mostrando a composição de espécies em cavernas abrigadas em rochas carbonáticas (+), siliciclásticas (◇), ígneas (□) e ferríferas (○). (Silva et al., 2011).

Essas pesquisas e estudos revelam, de forma inequívoca, a elevada importância de conservação dessas cavernas e suas áreas de influência, tanto sob o ponto de vista da geodiversidade, quanto da biodiversidade.

Enquanto não há consenso científico sobre os processos que atuaram para formação dessas cavernas e novas pesquisas são realizadas na área de bioespeleologia, algo recorrentemente observado nos estudos espeleológicos dos processos de licenciamento ambiental é a forte correlação da localização de cavidades naturais subterrâneas com as rochas portadoras de minério de ferro. Tal fato potencializa de forma significativa os conflitos de interesse entre as atividades minerárias e a preservação desses ambientes cavernícolas.

Considerando-se a legislação vigente, em especial o artigo 4º do Decreto 99.556/90, a regra prioritária para impactos em cavernas com alto grau de relevância é a preservação de duas outras com alto grau de relevância e similaridade de atributos, na área do empreendimento. Para as cavernas de média e baixa relevância não há obrigação legal de preservação de cavernas, podendo haver apenas outras iniciativas, como projetos e atividades que venham a contribuir com a conservação do patrimônio espeleológico.

Entretanto, mesmo para as cavidades com alto grau de relevância, o Decreto traz a possibilidade de que o Instituto Chico Mendes negocie com o empreendedor outras formas de compensação (§3º, artigo 4º, Decreto 99.556/90). Uma das condições para execução dessa excepcionalidade é o ateste do órgão licenciador de que não há possibilidade de preservação de cavernas com alto grau de relevância na área do empreendimento.

No âmbito do Instituto Chico Mendes, os procedimentos técnicos e administrativos para a abertura e execução de processos que tratem dessas outras formas de compensação são tratados pela Instrução Normativa nº 30/2012. Esta IN traz como regra para a compensação a obrigatoriedade de execução de pelo menos uma das seguintes alternativas: criação de unidade de conservação (UC) da categoria Reserva Particular do Patrimônio Natural – RPPN; estudos para criação de UC federal de proteção integral, com a aquisição e doação ao Instituto Chico Mendes das propriedades inseridas na proposta; regularização fundiária e consolidação territorial em UC federais. De forma complementar, as propostas de compensação poderão prever a elaboração de planos de manejo de UC; realização de pesquisas e/ou aquisição de bens e serviços.

Nesse contexto, as principais áreas de conflito atualmente, nas quais ocorrem cavernas em canga e formação ferrífera são a Serra dos Carajás e o Quadrilátero Ferrífero, com situações distintas no que se refere à conservação do patrimônio espeleológico, entretanto ambas com grau de ameaça elevado devido, sobretudo, ao forte interesse mineral.

A Serra dos Carajás contempla as feições geomorfológicas inseridas na Floresta Nacional (FLONA) de Carajás, como as Serras Sul, Norte, do Tarzan, assim como feições localizadas no entorno da unidade, como a Serra da Bocaina, Serra Leste, Serra Arqueada, dentre outras. A FLONA de Carajás, unidade de conservação federal do grupo de uso sustentável, foi criada em 2 de fevereiro de 1998. O Decreto de criação da unidade prevê a possibilidade de mineração em seu interior, uma vez que a atividade de exploração já vinha sendo desenvolvida na área desde a década de 80.

Por se tratar de unidade de conservação federal, o licenciamento ambiental das atividades de mineração no interior da FLONA é de responsabilidade do Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - Ibama, conforme preconizado na Lei Complementar 140/2011.

Duas grandes feições geomorfológicas se destacam na paisagem da FLONA de Carajás, decorrentes de extensos afloramentos de rochas ferríferas da Formação Carajás, pertencente ao Grupo Grão Pará, de idade arqueana (Macambira, 2003), com coberturas de canga, denominadas Serra Norte e Serra Sul (Piló et al., 2015). Essas serras

correspondem a uma das maiores reservas de minério de ferro do mundo (Piló & Auler, 2009).

Atualmente encontram-se registradas 1.729 cavidades naturais subterrâneas na Floresta Nacional de Carajás e seu entorno, configurando-se como a principal província espeleológica em litologias ferríferas do país.

Com o entendimento de que Carajás tem elevada importância tanto para a exploração de recursos minerais quanto para a conservação ambiental, desde 2002 com a emissão pelo IBAMA da licença de operação nº 267, existe previsão da elaboração de estudos para a definição de áreas de canga no interior da Floresta Nacional que serão destinadas à preservação.

Apesar de até o momento não haver decisão sobre este tema, nos últimos anos foi registrado importante avanço nas discussões e levantamento de informações, no âmbito do projeto “Estratégia para Conservação da Savana Metalófila da Floresta Nacional de Carajás”, coordenado pelo Instituto Chico Mendes.

De forma resumida, o objetivo do projeto é o de identificar, por meio do uso de ferramentas de planejamento sistemático da conservação, quais corpos das Serras Sul e Norte de Carajás apresentam maior importância e representatividade de atributos ambientais relacionados à flora, fauna, espeleologia e geoambientes mapeados, e que deverão ser considerados no zoneamento do plano de manejo da FLONA como áreas preferencialmente destinadas à preservação ou à mineração.

Já o Quadrilátero Ferrífero é parte da própria história da mineração no país. Há quase 300 anos a região vem sendo intensamente explorada. Ocupando área aproximada de 7.000 km<sup>2</sup>, ao sul de Belo Horizonte, é uma das mais importantes províncias minerais do Brasil.

Conforme apresentado pelo Serviço Geológico do Brasil (2015):

*“a região foi responsável por toda a riqueza e prosperidade experimentadas, durante séculos, por Minas Gerais. Estes méritos, no entanto, vieram acompanhados por uma triste herança deixada pela exploração dos recursos minerais e, também, pela atividade mineradora em si: a degradação do meio físico com o aumento da dispersão de metais pesados associados à exploração do ouro. Somente agora mecanismos de controle dos impactos associados à mineração estão sendo implementados”.*

Drummond et al. (2005) apontam o Quadrilátero como uma das áreas prioritárias para conservação no Estado de Minas Gerais. Carmo (2010), ao avaliar o estado de conservação dos ecossistemas associados às cangas no Quadrilátero Ferrífero, conclui que 40% das áreas de canga já foram irreversivelmente perdidas, e que de acordo com índice de vulnerabilidade, 80% das áreas remanescentes encontram-se como “criticamente em perigo”.

Nesse contexto, observa-se claramente que as duas áreas em análise: Serra dos Carajás e Quadrilátero Ferrífero apresentam características ambientais que as colocam

como de extremo interesse tanto para as atividades de exploração mineral quanto para a conservação dos seus ecossistemas.

Como indicadores do nível de conflito desses interesses podem ser avaliados o grau de sobreposição entre a localização das cavernas nas duas áreas de análise e os polígonos de concessão de lavra emitidos pelo Ministério de Minas e Energia, bem como o percentual de cavernas no interior de unidades de conservação dos grupos de proteção integral e uso sustentável.

No caso da FLONA Carajás e seu entorno observa-se que 95,9% das cavernas encontram-se no interior de polígonos já concedidos para atividades minerárias (Figura 3).

Em relação às unidades de conservação, das 1.729 cavernas registradas na região de Carajás, existem 1.302, ou 75,3%, localizadas no interior da Floresta Nacional (Figura 4). Não há nessa área cavernas protegidas por unidades de proteção integral. Destaca-se, entretanto, que há iniciativa no âmbito do licenciamento ambiental do corpo S11D, localizado na Serra Sul no interior da FLONA Carajás, para criação de unidade de proteção integral na região da Serra da Bocaina, conforme previsto no item 2.9 b das condicionantes da Licença de Instalação nº 947, emitida pelo IBAMA em julho de 2013.

A Serra da Bocaina é área contígua aos limites da FLONA Carajás em sua porção sudeste, possuindo registros de 241 cavernas, com boa parte delas já classificadas com graus máximo ou alto de relevância. A criação de um Parque Nacional ou unidade de outra categoria de proteção integral pode ser considerada como importante avanço para preservação do patrimônio espeleológico em canga e formação ferrífera no país.



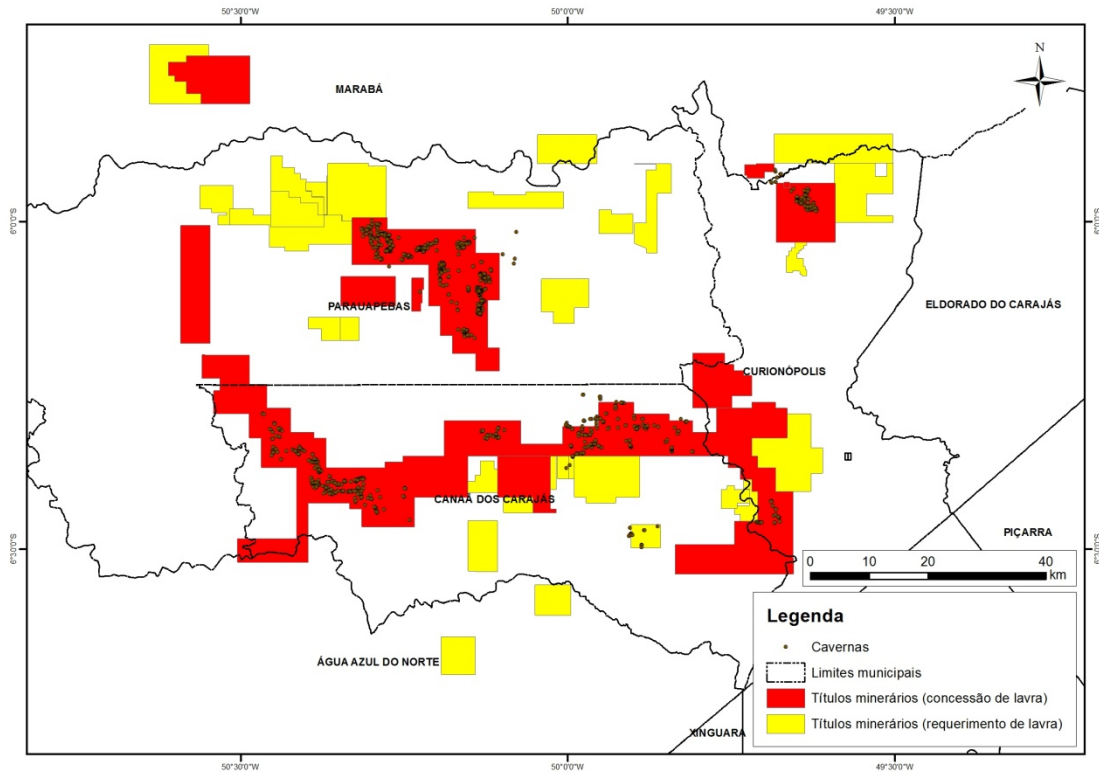


Figura 3. Cavernas e títulos minerários na região de Carajás (elaborado pelo autor)

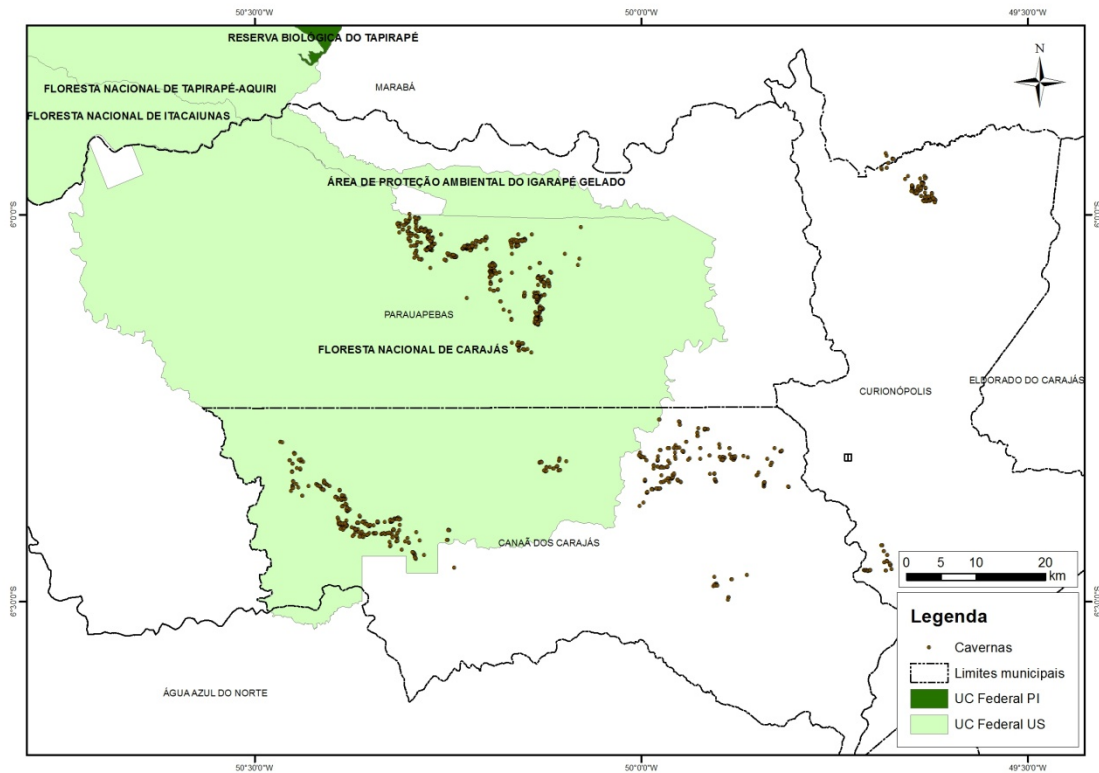


Figura 4. Cavernas e unidades de conservação na região de Carajás (elaborado pelo autor)

No caso do Quadrilátero Ferrífero a sobreposição destes dados traz os seguintes números: do total de 759 cavernas registradas na região, 449 cavernas (59,2%), encontram-se no interior de polígonos de concessão de lavra, enquanto que outras 149, (19,6%) do total de cavernas, estão situadas em polígonos de requerimento de lavra (Figura 5). Nesse cenário, observa-se então que 78,8% das cavernas do Quadrilátero Ferrífero localizam-se em áreas de potencial conflito.

Em relação às unidades de conservação (Figura 6), existem atualmente 41 cavernas no Parque Nacional da Serra do Gandarela, unidade de conservação federal de proteção integral; 98 cavernas distribuídas em cinco unidades estaduais de proteção integral (Parque Estadual Serra do Rola Moça, Estação Ecológica de Fechos, Monumento Natural Estadual Serra da Moeda, Parque Estadual Serra do Ouro Branco e Parque Estadual do Itacolomi); além de outras três cavernas em unidades municipais (Parque Natural Municipal das Andorinhas e Monumento Natural Municipal Gruta Nossa Senhora da Lapa, ambas em Ouro Preto/MG). No total, 142 cavernas (18,7%), estão protegidas de alterações causadas por interferências humanas, admitido apenas o uso indireto dos seus atributos naturais.

Outras 229 cavidades naturais subterrâneas estão localizadas em unidade de conservação estadual de uso sustentável, a Área de Proteção Ambiental Sul Região Metropolitana de Belo Horizonte.

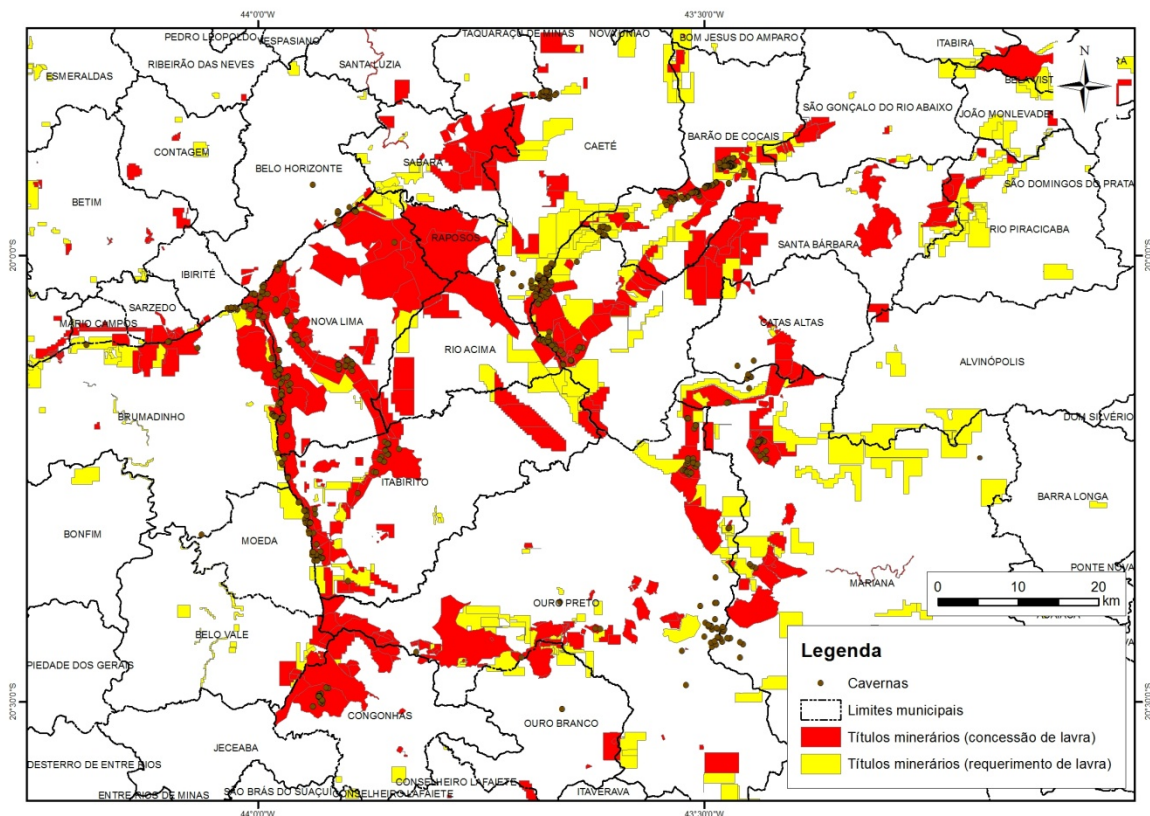


Figura 5. Cavernas e títulos minerários na região do Quadrilátero Ferrífero (elaborado pelo autor)

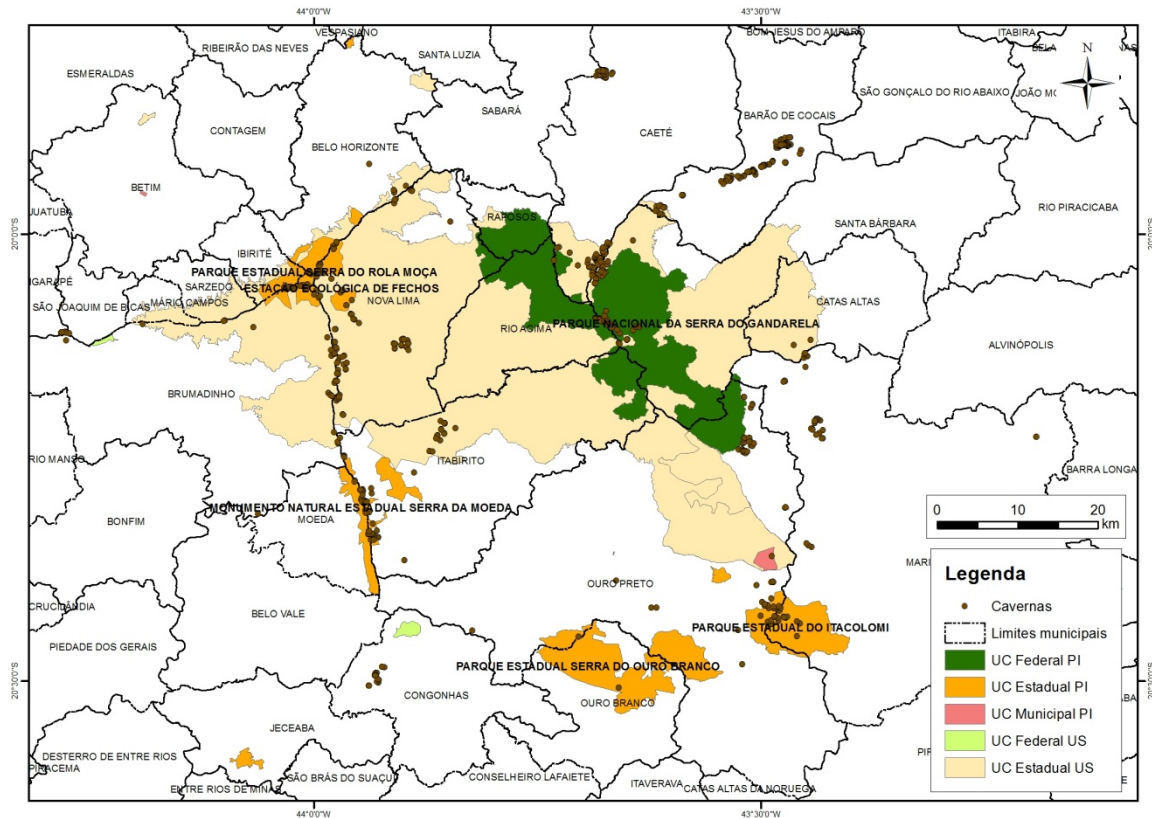


Figura 6. Cavernas e unidades de conservação na região do Quadrilátero Ferrífero (elaborado pelo autor)

Pelo contexto apresentado acima, observa-se, portanto cenário preocupante em relação à conservação do patrimônio espeleológico brasileiro abrigado em canga e formação ferrífera.

Importante destacar que todos os Termos de Compromisso Ambiental firmados entre o Instituto Chico Mendes e empreendedores até abril de 2015, no âmbito de processos de compensação espeleológica (§3º do artigo 4º do Decreto 99.556/90), são referentes a empreendimentos minerários para exploração de minério de ferro, os quais não identificaram a possibilidade de promover o previsto no §1º do artigo 4º do referido Decreto, ou seja, preservação de duas cavidades com alto grau de relevância para cada uma impactada de forma irreversível.

Considerando-se os processos em andamento: da Bahia Mineração (10 cavernas com autorização de supressão pelo órgão licenciador), da Ferrous Resources (2 cavernas com autorização de supressão pelo órgão licenciador), Gerdau (10 cavernas com autorização de supressão pelo órgão licenciador) e Samarco (17 cavernas com autorização de supressão pelo órgão licenciador), existem 39 cavernas com supressão autorizada e compensação acordada ou em tramitação no Instituto Chico Mendes. Somando-se a esse cálculo as 61 cavidades localizadas na Floresta Nacional de Carajás para as quais já houve impacto negativo irreversível ou o IBAMA já emitiu autorização para impactos, obtém-se o número de 100 cavernas neste tipo de situação no país.

Importante destacar que há em análise no IBAMA a solicitação para supressão de outras 45 cavernas em formação ferrífera na FLONA Carajás, além de número importante de processos em tramitação na Superintendência Regional de Regularização Ambiental - SUPRAM, órgão ambiental estadual de Minas Gerais, responsável pelos processos de licenciamento, com o mesmo tipo de solicitação.

Nesse cenário, do total de cavernas em canga e formação ferrífera registradas atualmente, 3,9% já sofreram impactos irreversíveis ou possuem autorização para supressão, com perspectiva de aumento significativo desse percentual ainda em 2015. Destaca-se ainda que as autorizações para impacto mediante licenciamento ambiental só tiveram início há aproximadamente cinco anos, com a publicação da IN MMA 2/2009 e elaboração dos primeiros estudos espeleológicos conforme metodologia estabelecida.

#### 4. CONCLUSÕES

O cenário apresentado evidencia a preocupante situação atual em relação à conservação do patrimônio espeleológico abrigado em litologias ferríferas.

São apresentadas sugestões de ações as quais se entende que poderão contribuir tanto para ampliar o conhecimento sobre esse patrimônio, quanto para alcançar as melhores oportunidades de se encontrar o premente e necessário equilíbrio entre uso e preservação do patrimônio espeleológico:

- aumento do número de pesquisas científicas em cavernas nessa litologia;
- aumento das atividades de prospecção e mapeamento dessas cavernas por parte dos grupos de espeleologia;
- aumento do estabelecimento do número de cavidades testemunho nos processos de licenciamento, por parte dos órgãos ambientais, exigindo aos empreendedores o cumprimento do previsto no §1º, artigo 4º do Decreto 99.556/90, mesmo nas situações em que isso implique na redução do minério a ser explorado;
- elaboração de estudos para subsidiar a criação e ampliação de unidades de conservação federais, estaduais, municipais e particulares para proteção desses ambientes, em especial a necessária ampliação do Parque Nacional da Serra do Gandarela, localizado no Quadrilátero Ferrífero, incorporando as áreas de ocorrência de canga e cavernas situadas no entorno da unidade;
- desenvolvimento de avaliação ambiental estratégica com enfoque nas unidades espeleológicas com maior grau de ameaça;
- alterações na legislação vigente, a fim de incorporar regras específicas para as cavernas em canga e formação ferrífera.

Após somente cinco anos de aplicação da nova legislação relacionada ao patrimônio espeleológico, houve perda de 4% das cavernas registradas em canga e formação ferrífera. A inserção na legislação de restrições e limites para impactos a esse

patrimônio em cada uma das unidades espeleológicas, com base em avaliação ambiental estratégica, aparece então como uma das alternativas que poderão vir a ser construídas.

Certamente, abordagens e pontos de vista distintos sobre o tema podem ser trazidos à discussão por outros setores, como o cálculo do percentual das reservas de minério de ferro que se encontram indisponíveis para a exploração devido à ocorrência de cavidades naturais subterrâneas com grau máximo de relevância.

Por todo o exposto, é clara a necessidade de que instituições como: Ministério do Meio Ambiente, Instituto Chico Mendes, IBAMA, órgãos estaduais de meio ambiente, Sociedade Brasileira de Espeleologia, grupos de espeleologia e demais ONG ambientalistas, representantes do setor empresarial, entre outras, promovam debates técnicos com todos os interessados para aprofundamento da discussão sobre o tema e consequente promoção de políticas públicas efetivas que levem à adequada conservação do patrimônio espeleológico nacional.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Decreto nº 99.556, de 1º de outubro de 1990. Dispõe sobre a proteção das cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional, e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, de 1º de outubro de 1990. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/1990-1994/D99556.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1990-1994/D99556.htm). Acesso em: 22/01/2015.

BRASIL. Decreto nº 6.640, de 7 de novembro de 2008. Dá nova redação aos arts. 1º, 2º, 3º, 4º e 5º e acrescenta os arts. 5-A e 5-B ao Decreto nº 99.556, de 1º de outubro de 1990, que dispõe sobre a proteção das cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional. *Diário Oficial da União*, de 7 de novembro de 2008. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/1990-1994/D99556.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1990-1994/D99556.htm). Acesso em: 22/01/2015.

BRASIL. Lei Complementar nº 140, de 08 de dezembro de 2011. Fixa normas, nos termos dos incisos III, VI e VII do caput e do parágrafo único do art. 23 da Constituição Federal, para a cooperação entre a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios nas ações administrativas decorrentes do exercício da competência comum relativas à proteção das paisagens naturais notáveis, à proteção do meio ambiente, ao combate à poluição em qualquer de suas formas e à preservação das florestas, da fauna e da flora; e altera a Lei no 6.938, de 31 de agosto de 1981. *Diário Oficial da União*, de 08 de dezembro de 2011. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/CCIVIL\\_03/LEIS/LCP/Lcp140.htm](http://www.planalto.gov.br/CCIVIL_03/LEIS/LCP/Lcp140.htm). Acesso em: 19/01/2015.

CALUX, A. S. *Gênese e desenvolvimento de cavidades naturais subterrâneas em formação ferrífera no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais*. 2013. 218 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2013.

CARMO, F. F. *Importância Ambiental e Estado de Conservação dos Ecossistemas de Cangas no Quadrilátero Ferrífero e Proposta de Áreas-Alvo para a Investigação e Proteção da Biodiversidade em Minas Gerais*. 2010. 90 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2010.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Dispõe sobre a criação de Comissão Especial para estudos do Patrimônio Espeleológico. *Resolução nº 9, de 24 de janeiro de 1986*. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=32>. Acesso em 21/01/2015.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Dispõe sobre o Programa Nacional de Proteção ao Patrimônio Espeleológico, e dá outras providências. *Resolução nº 5, de 06 de agosto de 1987*. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=56>. Acesso em 21/01/2015.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Dispõe sobre a proteção do patrimônio espeleológico. *Resolução nº 347, de 13 de setembro de 2004*. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=452>. Acesso em 21/01/2015.

DUTRA, G. Síntese dos processos de gênese de cavidades em litologias de ferro. In: RASTEIRO, M.A.; MORATO, L. (orgs.) CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 32, 2013. Barreiras. *Anais...* Campinas: SBE, 2013. p. 415-426.

DRUMMOND, G.M. et al (eds.). *Biodiversidade em Minas Gerais: um atlas para sua conservação*. 2ª ed. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas, 2005. 222 p.

IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Gabinete do Presidente. Dispõe sobre o uso das cavidades naturais subterrâneas. *Portaria nº 887, de 20 de junho de 1990*. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/cecav/downloads/legislacao.html>. Acesso em 19/01/2015.

ICMBIO. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Gabinete do Presidente. Estabelece procedimentos administrativos e técnicos para a execução de compensação espeleológica de que trata o art. 4º, § 3º, do Decreto nº 99.556, de 1º de outubro de 1990, alterado pelo Decreto nº 6.640, de 7 de novembro de 2008, para empreendimentos que ocasionem impacto negativo irreversível em cavidade natural subterrânea classificada com grau de relevância alto e que não possuam na sua área, conforme análise do órgão licenciador, outras cavidades representativas que possam ser preservadas sob a forma de cavidades testemunho. *Instrução Normativa nº 30, de 19 de setembro de 2012*. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/cecav/downloads/legislacao.html>. Acesso em 19/01/2015.

MACAMBIRA, J. B. *O ambiente deposicional da Formação Carajás e uma proposta de modelo evolutivo para a Bacia Grão Pará*. 2003. 200 f. Tese (Doutorado em Ciências, na área de Metalogênese) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2003.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Gabinete do Ministro. Instrução Normativa nº 2, de 20 de agosto de 2009. Dispõe sobre a metodologia para classificação do grau de relevância das cavidades naturais subterrâneas. *Diário Oficial da União*, Brasília, 21 de agosto de 2009, Seção 1, nº 160, p. 68-71.

PARKER, C. W. et al. Microbial iron cycling and biospeleogenesis: cave development in the Carajás Formation, Brazil. In: *International Congress of Speleology*, 2013, Brno. 2013 International Congress of Speleology Proceedings. Brno, 2013. p. 442-446.

PARKER, C. W. et al. *Microbial Reducibility of Fe(III) Phases Associated with the Genesis of Iron Ore Caves in the Iron Quadrangle, Minas Gerais, Brazil*. *Minerals*, v. 3, p. 395-411, 2013.

PILO, L. B.; AULER, A. S. Geoespeleologia das cavernas em rochas ferríferas da região de Carajás, PA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 30, 2009. Montes Claros. *Anais...* SBE, 2009. p. 181-186.

PILO, L. B.; AULER, A. S. Introdução à espeleologia. In: INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. *IV Curso de Espeleologia e Licenciamento Ambiental*. Brasília, 2013. p. 7-23.

PILO, L. B.; AULER, A. S.; MARTINS, F. Carajás National Forest: Iron Ore Plateaus and Caves in Southeastern Amazon. In: Vieira et al. (eds.). *Landscapes and Landforms of Brazil*. Springer, 2015. p. 273-283.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM. *Excursão Virtual pela Estrada Real no Quadrilátero Ferrífero. Aspectos geológicos, históricos e turísticos*. Disponível em: [http://www.cprm.gov.br/estrada\\_real/historia\\_mineracao.html](http://www.cprm.gov.br/estrada_real/historia_mineracao.html). Acesso em: 03/04/2015.

SILVA, M. S.; MARTINS, R.P.; FERREIRA, R.L. Cave lithology determining the structure of the invertebrate communities in the Brazilian Atlantic Rain Forest. *Biodiversity and Conservation*, vol. 20, n.8, p. 1713-1729, 2011.

Recebido em 04/2015.  
Aceito para publicação em 04/2015.