



LICENCIAMENTO AMBIENTAL EM ÁREAS COM CAVIDADES NATURAIS SUBTERRÂNEAS: ASPECTOS DA GEODIVERSIDADE E BIODIVERSIDADE

DOI: <http://dx.doi.org/10.55449/conresol.6.23.XV-009>

FERREIRA, Alexandra Samira Câmara (*), CANELA, Alice de Castro, GRIGIO, Alfredo Marcelo

*Acordo de Cooperação Técnica-Científica n° 02/2020 entre a FUNCITERN e o IDEMA. Contato: alexandrasamira.nucidema@gmail.com

RESUMO

As cavidades naturais subterrâneas são reconhecidas como Patrimônio Mundial segundo a União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN, 2008), onde seus ecossistemas são considerados frágeis; contendo muitas vezes além do corpo rochoso, conteúdo mineral e hídrico, flora, fauna, sítios paleontológicos e arqueológicos. Segundo o Anuário Estatístico do Patrimônio Espeleológico do Brasil de 2022 (ICMBio, 2023), o país possui 23.378 cavidades naturais e o Estado do Rio Grande do Norte possui 1.372 cavidades naturais. Onde o Estado constitui uma das maiores exposições de rochas carbonáticas do Brasil, além da presença de feições cársticas; como cavernas, dolinas e fraturas dissolvidas. Diante dos aspectos da Geodiversidade, Biodiversidade e Regulação que envolvem as cavidades naturais subterrâneas, visando a importância da manutenção destes patrimônios naturais e a análise minuciosa da viabilidade ambiental em processos de licenciamento ambiental de empreendimentos; o estudo vem por contribuir com a inter e intra relação entre o licenciamento ambiental e os Sistemas Cársticos Subterrâneos. E assim apoiar no cumprimento do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 15 (ODS 15) sobre "Vida na terra", sendo um dos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável estabelecidos pelas Nações Unidas em 2015. O ODS 15 traz consigo o propósito de "Proteger, restaurar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerenciar florestas de forma sustentável, combater a desertificação e interromper e reverter a degradação da terra e interromper a perda de biodiversidade". Os 17 ODS são parte da Resolução 70/1 da Assembleia Geral das Nações Unidas sob o tema global: "Transformando o nosso mundo"; partindo de quatro principais dimensões: social, ambiental, econômica e institucional. Os ODS defendem que é necessário levar o mundo a um caminho sustentável com medidas transformadoras. Assim, foram definidos os 17 objetivos e as 169 metas globais interconectadas, a serem atingidos até 2030. Conhecida popularmente como a "Agenda 2030" para o Desenvolvimento Sustentável.

PALAVRAS-CHAVE: Licenciamento Ambiental, Geodiversidade, Biodiversidade, Patrimônio Espeleológico, Sustentabilidade.

ABSTRACT

Underground natural cavities are recognized as World Heritage Sites according to the International Union for Conservation of Nature (IUCN, 2008), where their ecosystems are considered fragile; often containing besides the rocky body, mineral and water content, flora, fauna, paleontological and archaeological sites. According to the Statistical Yearbook of Speleological Heritage of Brazil 2022 (ICMBio, 2023), the country has 23,378 natural cavities and the State of Rio Grande do Norte has 1,372 natural cavities. Where the State constitutes one of the largest exposures of carbonate rocks in Brazil, besides the presence of karstic features; such as caves, dolines and dissolved fractures. In view of the aspects of the Geodiversity, Biodiversity and Regulation that involve the underground natural cavities, aiming at the importance of the maintenance of these natural patrimonies and the detailed analysis of the environmental viability in processes of environmental licensing of enterprises; the study comes for contributing with the inter and intra relation between the environmental licensing and the Underground Karstic Systems. And thus support the fulfillment of Sustainable Development Goal 15 (SDG 15) on "Life on Earth", being one of the 17 Sustainable Development Goals established by the United Nations in 2015. SDG 15 carries the purpose of "Protect, restore, and promote the sustainable use of terrestrial ecosystems, sustainably manage forests, combat desertification, and halt and reverse land degradation and halt biodiversity loss." The 17 SDGs are part of the United Nations General Assembly Resolution 70/1 under the global theme: "Transforming our World"; starting from four main dimensions: social, environmental, economic, and institutional. The SDGs argue that it is necessary to lead the world on a sustainable path with transformative measures. Thus, the 17 goals and 169 interconnected global targets were defined, to be achieved by 2030. Popularly known as the "2030 Agenda" for Sustainable Development.

KEYWORDS: Environmental Licensing, Geodiversity, Biodiversity, Speleological Heritage, Sustainability.



INTRODUÇÃO

As cavidades naturais subterrâneas, popularmente conhecidas como Cavernas, tem sua história de utilização que remete a origem do homem. Onde em tempos pré-históricos tinham uso como abrigos pelos humanos arcaicos, a exemplo e prova disso foram os primeiros achados de fósseis como o esqueleto do Homem Tautavel com cerca de 450 mil anos encontrado em caverna de calcário em Tautavel, França. Outro exemplo foi o surgimento das primeiras pinturas rupestres, com idade entre 350.000 e 10.000 a.c., encontradas em complexo de cavernas em Lascaux, França.

Os estudos das cavidades naturais surgiram como ciência no século XIX com Édouard-Alfred Martel em 1888 onde iniciou suas explorações de cavernas na França, com registros de documentação espeleométrica e de coleta de dados relacionados a geologia, biologia e paleontologia. E a partir daí surgiu uma nova ciência: Espeleologia, a ciência que estuda cavernas naturais, onde sua palavra vem do grego *spêlaion* ou do latim *spelaeum*, que significa Caverna.

Logo, a Espeleologia é a ciência que estuda as cavidades naturais e outros fenômenos cársticos associados, nas vertentes da sua formação, constituição, características físicas, formas de vida e de sua evolução ao longo do tempo. Tão remota quanto origem das cavernas está a curiosidade dos homens sobre essas formações geológicas. Que embora sempre se remeta aos aspectos da geologia, as cavernas vão além dos aspectos do meio físico, não é à toa que a espeleologia é uma ciência a parte. Uma vez que não estuda tão somente os aspectos físicos e químicos das rochas, e sim, toda a vida que está no entorno e dentro das cavernas, suas relações e interdependências. Trazendo consigo inúmeras ciências que contribuem para o conhecimento espeleológico. A exemplo da Bioespeleologia (biologia subterrânea), Geoespeleologia (atributos físicos das cavernas), Climatologia, Arqueologia, Paleontologia, Química, dentre outras.

No Brasil os estudos das cavidades naturais tiveram início no século XIX, entre os anos de 1835 e 1844, quando cavernas de Minas Gerais e da Bahia passaram a ser constantemente visitadas, com o objetivo de exploração de salitre, matéria prima para a fabricação de pólvora. Trazendo como resultado dos estudos em campo a descoberta de cerca de 115 espécies de fósseis e mapeamento das cavernas. E por volta dos anos de 1950 o estudioso Richard Krone desenvolveu estudos arqueológicos e paleontológicos na região do Vale do Ribeira, sul de São Paulo, trazendo o primeiro cadastro espeleológico brasileiro com catalogação, mapas e fotografias.

Quanto a regulamentação, a nível internacional, a Convenção do Patrimônio Mundial reconheceu a Geodiversidade desde o início de seu trabalho (UNESCO, 1972). Já a União Internacional para a Conservação da Natureza, ao realizar seu trabalho de Gestão sobre o Patrimônio Mundial, coopera com uma série de organizações especializadas focadas em Ciência da Terra, incluindo a União Internacional de Ciências Geológicas, a Associação Internacional de Geomorfólogos e a União Internacional de Espeleologia. Onde as cavidades naturais subterrâneas são consideradas bens do Patrimônio da Geodiversidade e Biodiversidade Mundial e estão inseridas no Sistema de Categorias de Gestão de Áreas Protegidas como Patrimônio Espeleológico, sendo classificadas como Monumento Natural (IUCN, 2008).

O método de categorização da IUCN é atualmente dominante a nível internacional, tendo sido adaptado por múltiplos governos nacionais e infra-nacionais e por organizações internacionais, entre as quais a Organização das Nações Unidas e a Convenção sobre a Diversidade Biológica. A Geodiversidade e a Geoconservação também são relevantes para as políticas e estratégias da IUCN e contribuem para muitas das áreas de trabalho da IUCN, tais como: mudanças climáticas, gestão de ecossistemas, direito ambiental, áreas protegidas, ciência e conhecimento, água e Patrimônio Mundial.

Já no Brasil, a lei é clara: “As cavidades naturais subterrâneas são consideradas bens da União. Onde constituem um ecossistema sensível, em que pequenas alterações podem causar ameaças sérias à sua integridade” e “Constituem patrimônio cultural brasileiro”; nos termos da Constituição Federal (BRASIL, 1988, p.20 e 216). Demais deliberações legais ao longo do tempo nortearam a importância na conservação deste Patrimônio, criando setor específico com a finalidade de conservação e gestão do Patrimônio Espeleológico Nacional, o Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas - CECAV, ligado ao Instituto Chico Mendes - ICMBio.

A nível regional, o Estado do Rio Grande do Norte atrai empresas à procura da extração mineral, assim como, outras atividades econômicas em que na sua fase de instalação acarreta danos irreparáveis ao Bioma da Caatinga, e consequentemente, às cavidades naturais subterrâneas. Diante dos aspectos da Geodiversidade, Biodiversidade e Regulação, da manutenção destes patrimônios e da análise minuciosa nos processos de licenciamento; vale destacar a importância de apresentação de estudos em formato de diagnóstico como parte da análise de viabilidade ambiental dos empreendimentos. A fim de obter dados de geoespeleologia, bioespeleologia e mapeamento topográfico de detalhe. E assim caracterizar o ecossistema cavernícola nos âmbitos local e regional. E com esse conjunto de informações definir uma área de influência externa que possa garantir a preservação do sistema cavernícola. E consequentemente, um



processo de licenciamento ambiental eficiente e eficaz. Adotando medidas cautelares, compensatórias, mitigadoras, de controle e de monitoramento como forma adequada para a conservação do Patrimônio Espeleológico do Estado.

Vindo a contribuir ao Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 15 (ODS 15), estabelecido pelas Nações Unidas em 2015, onde traz metas a serem alcançadas até 2030, sendo as nove "metas de resultados": Conservar e restaurar ecossistemas terrestres e dulciaquícolas; acabar com a desflorestação e restaurar florestas degradadas; parar a desertificação e restaurar terras degradadas; assegurar a conservação de ecossistemas montanhosos, proteger a biodiversidade e habitats naturais; proteger acesso a recursos genéticos e a partilha justa dos benefícios; eliminar caça furtiva e o tráfico de espécies protegidas; prevenir espécies invasoras em ecossistemas terrestres e aquáticos; e integrar ecossistemas e biodiversidade no planejamento governamental.

CONSERVAÇÃO DO PATRIMÔNIO ESPELEOLÓGICO

As cavidades naturais subterrâneas ou cavernas constituem ecossistemas peculiares, devido à ausência de luz e de verde vegetal dentro delas. Uma caverna abrange um complexo sistema de canais horizontais e verticais subterrâneos formados pela ação da água sobre a rocha matriz ou pelo desmoronamento de rochas. (GANEM, 2009). Fenômenos ocorridos a milhões de anos, onde a água é o principal elemento formador das cavernas calcárias, também denominadas cársticas. O ambiente cárstico além de ser constituído por cavernas dispersas, agrupadas e/ou interligadas formando sítios espeleológicos, muitas vezes constituem também por sítios geológicos, arqueológicos e paleontológicos importantes. E que abrigam espécies endêmicas e ameaçadas de extinção.

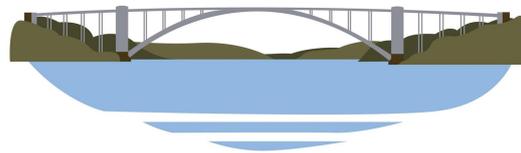
Não podemos deixar de citar a importância das cavernas para a paleontologia e para a arqueologia. A proteção proporcionada pelo teto, a ausência de luz e de raízes de plantas que adentram e as condições alcalinas do solo e da água transformam as grutas em ambientes muito favoráveis à conservação dos fósseis, tornando depósitos paleontológicos e arqueológicos muito mais ricos que os de superfície. As cavernas também são importantes reservatórios de água e devido à sua grande beleza cênica e a suas formas diferentes, possibilitam o desenvolvimento de pesquisas científicas, atividades de lazer e de ecoturismo.

Lino & Allieve (1980) ressaltam que as cavernas calcárias se destacam não apenas pelo maior número, mas também pela profusão e beleza dos espeleotemas e pela maior diversidade biológica. É nas grutas calcárias que ocorreremos mais belos espeleotemas, que resultam da deposição mineral nas paredes, no teto e no chão das cavernas. Como exemplos de espeleotemas podemos citar os estalactites e estalagmites, as cortinas, as represas de travertino, as pérolas de caverna, os canudos, oscálices, as flores de calcita, de gipsita e de aragonita, cabelos de anjo, agulhas, dentes de cão e os vulcões.

Como já foi citado anteriormente, as peculiaridades e a importância das áreas cársticas e dos ambientes cavernícolas vêm sendo reveladas por pesquisadores e espeleólogos ao longo do tempo. Nas últimas décadas houve maior compreensão dessa importância pelos vários setores das sociedades o que motivou muitos países, entre eles o Brasil, a incluir em sua legislação ambiental normas específicas a respeito da conservação do patrimônio espeleológico.

No Brasil, a primeira Lei Federal que abordou o tema foi a nº 3.924, de 26 de julho de 1961, sobre os monumentos arqueológicos e pré-históricos. Em seu artigo 2º, a lei dispõe que serão protegidos, pelo Poder Público, os sítios nos quais se encontram vestígios positivos de ocupação pelos paleoameríndios, tais como grutas, lapas e abrigos sob rocha. Os primeiros instrumentos no Brasil que abordaram exclusivamente o patrimônio espeleológico foram a Resolução CONAMA nº 9, de 24 de janeiro de 1986, que criou a "Comissão Especial para Estudos do Patrimônio Espeleológico" e, no ano seguinte, a Resolução CONAMA nº 5, de 6 de agosto de 1987, que aprovou o Programa Nacional de Proteção ao Patrimônio Espeleológico. Marco histórico legislativo, a Constituição Federal promulgada em 1988 definiu em seu artigo 20 os bens da União, incluindo em seu inciso X, juntamente com os sítios arqueológicos e pré-históricos, as cavidades naturais subterrâneas.

Em 1990 foram inseridas na legislação ambiental brasileira as primeiras regras a respeito da preservação e do uso do patrimônio espeleológico, por meio da Portaria nº 887, de 15 de junho, do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA, e da publicação do Decreto nº 99.556, em 1º de outubro daquele ano. Tendo em vista as particularidades dos ecossistemas subterrâneos, suas fragilidades, potenciais ameaças e 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. Sob esse contexto, em 5 de junho de 1997 o IBAMA cria em sua estrutura o Centro Nacional de Estudo, Proteção e Manejo de Cavernas - CECAV, único ente do governo federal dedicado exclusivamente à gestão ambiental do patrimônio espeleológico nacional.



A Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000, que instituiu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza - SNUC, apresenta entre seus objetivos descritos no artigo 4º a necessidade e a importância de proteção, por meio da criação e da gestão de unidades de conservação, de características relevantes de natureza espeleológica. Contudo, as primeiras unidades de conservação criadas para proteção do patrimônio espeleológico são bem anteriores ao SNUC, a exemplo do Parque Estadual do Alto Ribeira, no Estado de São Paulo, criado por meio do Decreto nº 32.283, de 19 de maio de 1958, e, em âmbito federal, do Parque Nacional de Ubajara, pelo Decreto nº 45.954, de 30 de abril de 1959. Atualmente, dezenas de unidades de conservação federais, estaduais, municipais e particulares têm como objetivo a conservação de amostras representativas de nosso patrimônio espeleológico. Importantes cavernas também se encontram protegidas no interior de terras indígenas e territórios quilombolas.

Em setembro de 2004, o Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA aprovou a Resolução nº 347, que trouxe novas regras no sentido de regulamentar o licenciamento ambiental de atividades com potencial de degradação do patrimônio espeleológico, inserindo na legislação conceitos como os de área de influência sobre o patrimônio espeleológico e de plano de manejo espeleológico. Estabeleceu também procedimentos para autorização de atividades turísticas e de pesquisas científicas no interior de cavernas, além de instituir o Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas - CANIE. A citada Resolução também significou a primeira tentativa de conferir diferentes graus de relevância às cavernas, por meio do previsto em seu artigo 2º, inciso II, que instituiu o conceito de “cavidade natural subterrânea relevante para fins de anuência pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA no processo de licenciamento”, estabelecendo critérios para sua aplicação.

Entretanto, em dezembro de 2010 esse conceito foi revogado, por meio do previsto no artigo 8º da Resolução CONAMA nº 428. Por meio da Lei nº 11.516, de 28 de agosto de 2007, foi criado o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, autarquia federal vinculada ao Ministério do Meio Ambiente. E o CECAV passa, então, a compor a estrutura desse novo Instituto, com alterações em parte de suas atribuições e nova denominação: Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas. Atualmente, a estrutura regimental do Instituto Chico Mendes é definida pelo Decreto nº 8.974, de 24 de janeiro de 2017, que contém em seu Anexo I um conjunto de atribuições relacionadas a ações de proteção e conservação da biodiversidade, incluindo o patrimônio espeleológico nacional.

O ano de 2008 foi marcado no histórico da legislação ambiental devido à publicação do Decreto Federal nº 6.640, que alterou dispositivos do Decreto Federal nº 99.556/1990 e, entre outros pontos, introduziu no arcabouço jurídico brasileiro a possibilidade de impacto ambiental irreversível em cavernas, bem como o novo conceito de relevância de cavidades naturais subterrâneas, que passaram a ser classificadas em quatro graus de relevância: máximo, alto, médio e baixo, sendo que somente aquelas com máximo grau de relevância estão legalmente resguardadas de sofrerem impactos negativos irreversíveis. O citado decreto instituiu ainda, no rito do licenciamento ambiental, formas de compensação de danos ambientais relacionadas especificamente ao patrimônio espeleológico. Conforme previsto na nova redação do artigo 5º do Decreto nº 99.556/1990, cabe ao Ministério do Meio Ambiente a competência para definição da metodologia para classificação do grau de relevância de cavidades naturais subterrâneas. Assim, entre janeiro e março de 2009, o Instituto Chico Mendes, por meio do CECAV, coordenou tecnicamente o processo de construção da metodologia, que envolveu a participação de dezenas de pesquisadores e de instituições concernentes ao tema. A metodologia para definição do grau de relevância de cavernas foi estabelecida dez meses após a publicação do Decreto nº 6.640/2008, por meio da publicação da Instrução Normativa nº 2 do Ministério do Meio Ambiente, de 20 de agosto de 2009.

Logo após a IN nº 2/2009, o Ministério do Meio Ambiente também publicou a Portaria nº 358, de 30 de setembro de 2009, que instituiu o Programa Nacional de Conservação do Patrimônio Espeleológico, importante marco legal para a conservação das cavernas brasileiras. O Programa, com seus princípios e diretrizes definidos, foi estruturado em seis componentes abrangendo praticamente todas as áreas relacionadas à conservação do patrimônio espeleológico: conhecimento; conservação; utilização sustentável; monitoramento, avaliação, prevenção e mitigação de impactos; divulgação; e fortalecimento institucional.

Em 2012 um Comitê Técnico Consultivo, com representantes de todos os setores da sociedade relacionados à conservação do patrimônio espeleológico, foi criado pelo Instituto Chico Mendes, por meio da Portaria nº 32/2012, com objetivos de acompanhar e avaliar a aplicação da IN do Ministério do Meio Ambiente nº 2/2009 nos processos de licenciamento ambiental, bem como de propor ao Ministério do Meio Ambiente o aprimoramento das regras técnicas existentes. As reuniões do Comitê ocorreram entre junho de 2012 e outubro de 2016. A aplicação da metodologia prevista na referida IN passou também a ser avaliada e debatida em praticamente todos os eventos técnicos e científicos relacionados à espeleologia. Após alguns anos de avaliação da utilização da metodologia para classificação do grau de relevância de cavernas no rito do licenciamento ambiental e com o avanço do conhecimento e descobertas científicas na área da espeleologia, o ICMBio/CECAV desenvolveu nova metodologia e a levou como proposta ao Comitê Técnico



Consultivo, resultando posteriormente na publicação da Instrução Normativa nº 2, de 30 de agosto de 2017, do Ministério do Meio Ambiente.

Entre os aprimoramentos da nova IN, pode-se destacar como uma das principais alterações a avaliação de conjuntos de atributos para definição dos graus de relevância alto, médio e baixo, diferentemente do previsto na norma anterior, na qual a presença de apenas determinado atributo poderia conferir o grau alto ou médio de relevância a uma caverna, assim como nova forma de cálculo para avaliação da importância dos atributos espeleométricos. Complementarmente, citam-se as normas do Ministério do Meio Ambiente e do Instituto Chico Mendes que tratam de questões relacionadas ao licenciamento ambiental e que possuem dispositivos específicos no tocante ao patrimônio espeleológico. Ambas objetivando a conservação do Patrimônio Espeleológico Brasileiro e orienta todos os procedimentos dos quais os órgãos licenciadores devem seguir nos processos de licenciamento ambiental dos empreendimentos e/ou atividades com potencial impacto às cavidades naturais subterrâneas.

FORMAÇÃO DE CAVERNAS E DOLINAS

As cavernas são cavidades naturais com ocorrência bastante comum e podem ser originárias de tipos distintos de rochas. Segundo White e White (2013), a formação carste é o tipo de paisagem na qual a dissolução química predomina sobre os processos mecânicos, os mesmos afirmam que as rochas que apresentam mais de 15-20% de componentes insolúveis raramente desenvolvem feições cársticas. Pelas estimativas dos autores supracitados os terrenos com embasamento cristalino onde predominam rochas duras como granito, gnaisses não seriam apropriados para o desenvolvimento de cavernas, entretanto na literatura há ocorrência de cavernas nos mesmos. Portanto, para evitar equívocos morfogênicos adotou-se a interpretação de Andreychouket *al.* (2009) na utilização dos termos carste tradicional ou carste não-tradicional para fazer a diferenciação entre o carste desenvolvido em carbonatos (tradicional) dos que são desenvolvidos em outras litologias (não-tradicional). A presença de uma cavidade natural subterrânea não constitui subsídio suficiente para qualificar uma área como sendo um sistema cárstico sendo necessário realizar uma gama de estudos detalhados, para que sejam estabelecidas as relações evolutivas entre superfície e o subterrâneo. (SOCIEDADE BRASILEIRA DE ESPELEOLOGIA, 2021).

Os terrenos cársticos costumam conter rios que eventualmente tornam-se subterrâneos quando adentram aos sumidouros. Outras feições comuns nos carstes são as depressões circulares no terreno denominadas dolinas. As dolinas atuam como sítios de captação dos fluxos de águas superficiais que normalmente são acesso aos sistemas cavernícolas. (SOCIEDADE BRASILEIRA DE ESPELEOLOGIA, 2021). Constituída por um sistema de canais horizontais e/ou verticais, fraturas e estruturas geológicas de variações irregulares, as cavernas formam um complexo sistema de condutos de excepcional beleza cênica, onde a ação da água, em algum momento do tempo geológico e por meio de diferentes processos, dissolveu a rocha matriz. (ICMBio, 2021). A quantidade substancial de água nos condutos subterrâneos muitas vezes com dimensões imperceptíveis e inacessíveis à exploração humana constituem grandes aquíferos com relevância hidrogeológica alta, devido à vulnerabilidade à impactos ambientais naturais e mais ainda aos impactos antrópicos.

A presença da água também é de suma importância para a morfologia cavernícola uma vez que os fluxos de água são responsáveis pela formação dos “temas”, feições oriundas da dissolução da rocha pelos fluxos de soluções aquosas no interior das cavernas. Estas feições são denominadas espeleotemas, e para além da beleza cênica, a composição química de alguns espeleotemas são elementos usados para recompor o paleoclima e janelas para o entendimento para o clima atual. (SOCIEDADE BRASILEIRA DE ESPELEOLOGIA, 2021).

GEODIVERSIDADE CAVERNÍCULA

A geodiversidade cavernícola refere-se à variedade dos elementos geológicos e físicos da natureza, como minerais, rochas, solos, fósseis, formas de relevo, e processos geológicos e geomorfológicos ativos. Juntamente com a biodiversidade, a geodiversidade constitui a diversidade natural do planeta terra, assim como o sistema cavernícola. A vasta geodiversidade cavernícola ocorre em escalas milimétricas a métricas, alguns temas representativos são: dutos de dissolução - feições que evidenciam a ação da água na formação de cavidades; alvéolos - cavidades formadas nos tetos, paredes com formas arredondadas; espeleotemas diversos e seus tempos de formação variam bastante dependendo de fatores como volume de água circulante, teor de CO₂ na água, velocidade de gotejamento. Alguns exemplos de espeleotemas são: stalactite – tema formado no teto da caverna a partir da dissolução da rocha e reprecipitação mineral, estalagmite – tema igualmente formado a partir da dissolução da rocha e reprecipitação mineral no piso da caverna,



couve-flor – tema formação pela remobilização mineral em forma botrioidal similar a um couve-flor nas paredes e teto da caverna. (BRILHA, 2014, DANTAS *et al.* 2013).

BIODIVERSIDADE E ECOLOGIA CAVERNÍCULA

Os ambientes rochosos e cavernícolas são ambientes que trazem uma peculiaridade e uma fisionomia singular quando se trata de fauna e flora, não deixando de mencionar que estes ambientes são riquíssimos em biodiversidade. Olhando por uma dimensão “macro” pode se deduzir juntamente com as ideias de autores como Lobo&Boggiani (2013), que as cavernas são ambientes que vão além da valorização paisagística, e que merecem ser preservadas pois apresentam um conjunto de elementos inter-relacionados, como os meios bióticos, climáticos, paleontológicos e geológicos, inferindo em patrimônio natural. Levando em consideração a Resolução CONAMA n.º 347/2004, os meios bióticos e abióticos devem caminhar sempre concomitantemente, como forma de manter o equilíbrio ecológico e integridade física das cavernas (BRASIL, 2004). No tocante ao ecossistema destes ambientes, a cobertura vegetal presente no seu entorno tem fundamental importância na manutenção da biodiversidade e nas condições microclimáticas, tanto externas como internas das cavernas (SILVA, et al., 2019). Já quanto a especificidade do meio biótico, existe uma sucessão de espécies animais que habitam os ambientes cavernícolas, que se distribuem de acordo com disponibilidade nutricional, como informa o Ganem (2009) e o Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas - CECAV. Sendo, portanto, considerados ambientes oligotróficos, necessitando de variantes do meio externo para incremento dos recursos tróficos, como a cobertura vegetal do entorno das cavidades e os materiais biológicos deixados pela fauna visitante, como fezes, guano e até mesmo restos mortais (ICMBIO/CECAV, 2013).

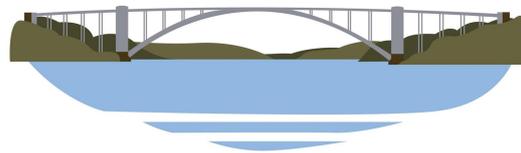
Segundo Trajano & Bichuette (2006) e Araújo et al. (2017), nas entradas cavernícolas, por ter maior luminosidade e umidade ideal, e a vegetação encontrada é de porte arbustivo/arbóreo, sendo visitados por *trogloxenos*, que utilizam cavernas como locais de abrigo, reprodução ou alimentação, mas que dependem de saídas periódicas ao meio *epígeo* para completar seus ciclos de vida. Nas primeiras etapas do interior das cavidades, encontra-se o meio intermediário de luminosidade, temperatura e umidade, encontram-se os *troglofilos*, que podem desenvolver todo o seu ciclo de vida tanto no meio interno como no meio externo, são bem generalistas quanto a sua distribuição nas zonas ambientais de uma caverna. Já no interior propriamente dito do ambiente cavernícola, vai aumentando a estabilidade quanto a temperatura ambiental e reduzindo a luminosidade, nesta fase surgem os *troglobios*, que são totalmente intrínsecos a este ambiente, que desenvolveram evolutivamente aptidões anatômicas, fisiológicas e comportamentais exclusivas (FERREIRA, et al. 2010). Além disso, conforme Grupo Bambuí (2009), estes possuem capacidade de resistência ao jejum, elevada capacidade de armazenamento de nutrientes, fraca resistência à desidratação, alta sensibilidade química e mecânica e poupança energética, com baixo metabolismo, ciclo longo de vida e produção de poucos ovos. Sendo importante mencionar que no interior das cavernas, além dos *troglobios*, também estão presentes algumas bactérias quimioautotróficas, fungos, algas e bactérias.

LICENCIAMENTO AMBIENTAL E O AMBIENTE CÁRSTICO

O início das atividades que envolvem o ambiente cárstico e as cavernas durante o processo de licenciamento ambiental ocorre por meio da prospecção espeleológica. Tal atividade tem como finalidade a descoberta de cavidades naturais subterrâneas que ainda não sejam de conhecimento popular e/ou científico. As execuções dos trabalhos de prospecção deverão seguir os procedimentos, orientações, normativas e legislação disponíveis na página do Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas – CECAV, vinculado ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio.

Cabendo ao órgão licenciador solicitar os estudos espeleológicos para a identificação das cavernas e de sua área de influência considerando a área total do futuro empreendimento e/ou atividade. Devendo solicitar ao responsável pelo empreendimento e/ou atividade em processo de licenciamento ambiental a elaboração, as suas expensas, dos estudos necessários para a avaliação dos impactos ao patrimônio espeleológico afetado e para a classificação do grau de relevância das cavidades naturais subterrâneas na área de influência do empreendimento, de acordo com a metodologia estabelecida na Instrução Normativa nº 2 - MMA, de 30 de agosto de 2017.

Para o levantamento espeleológico da área de influência do empreendimento, o CECAV disponibiliza em página eletrônica as Orientações Básicas a Realização de Estudos Espeleológicos. Para os estudos, poderão ser utilizados dados e informações já apresentadas em outros estudos ambientais no âmbito do licenciamento do respectivo empreendimento e/ou atividade, desde que estes possibilitem definir o grau de relevância das cavidades em estudo, conforme a Instrução Normativa nº 2-MMA e a avaliação dos responsáveis técnicos dos estudos ambientais.



E ainda, cabe ao órgão licenciador solicitar no curso do processo de avaliação de viabilidade ambiental esclarecimentos e complementações em decorrência da análise dos documentos, projetos e estudos apresentados. Como também; analisar e avaliar o grau dos impactos ao patrimônio espeleológico afetado, com base no art. 5º da Resolução CONAMA nº 347/2004; analisar e classificar o grau de relevância das cavidades naturais subterrâneas porventura existentes na área do empreendimento e potencialmente afetadas pelo mesmo, de acordo com a metodologia estabelecida na Instrução Normativa nº 2, de 30 de agosto de 2017, e prevista no Decreto nº 99.556, de 1º de outubro de 1990, alterado pelo Decreto nº 6.640 de 7 de novembro de 2008; realizar audiência pública de acordo com a legislação, quando couber; definir, no caso de empreendimento que ocasione impacto negativo irreversível em cavidade natural subterrânea com grau de relevância médio, medidas e ações, a serem adotadas e financiadas pelo empreendedor, que contribuam para a conservação e o uso adequado do patrimônio espeleológico brasileiro, especialmente das cavidades naturais subterrâneas com grau de relevância máximo e alto; definir, no caso de empreendimento que ocasione impacto negativo irreversível em cavidade natural subterrânea com grau de relevância baixo, a compensação ambiental de que trata o art. 36 da Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000, deverá ser prioritariamente destinada à criação e implementação de unidade de conservação em área de interesse espeleológico, sempre que possível na região do empreendimento; emitir parecer técnico conclusivo e, quando couber, parecer jurídico, com a avaliação dos impactos ao patrimônio espeleológico afetado, a classificação do grau de relevância das cavidades naturais subterrâneas e as formas de compensação, com base na análise dos estudos apresentados e observando os critérios estabelecidos no art. 5º da Resolução CONAMA nº 347/2004, e na Instrução Normativa MMA nº 2/2017; e por fim, deferimento ou não das autorizações ou licenças ambientais requeridas.

Por sua vez, a Resolução CONAMA nº 347/2004 estabelece no art. 4º que a localização, construção, instalação, ampliação, modificação e operação de empreendimentos e atividades, considerados efetiva ou potencialmente poluidores ou degradadores do patrimônio espeleológico ou de sua área de influência dependerão de prévio licenciamento pelo órgão ambiental competente, nos termos da legislação vigente.

A primeira fase dos estudos espeleológicos necessários no processo de análise de viabilidade ambiental dos empreendimentos e avaliação dos impactos ao Patrimônio Espeleológicos são os trabalhos de prospecção. Que devem ser precedidos de um estudo cartográfico da região, com ênfase na interpretação geológica. Além disso, devem ser elaborados mapas de campo com escalas diversas, abrangendo toda a área do empreendimento contendo a demarcação dos limites das áreas alvo do levantamento espeleológico definidas pelo empreendimento. Com base nas informações e dados colhidos em campo nas atividades de prospecção deverá ser elaborado um diagnóstico do potencial espeleológico onde deverá ser considerado toda a Área Diretamente Afetada - ADA e seu entorno de 250 m. Resultando em um relatório de caracterização e avaliação da situação atual do patrimônio espeleológico da área de estudo sob a título "Diagnóstico". Trazendo todas as informações dos aspectos dos meios abiótico e biótico, como também, aspectos associados. Nesta etapa, todas as cavidades identificadas devem ser caracterizadas e topografadas com um grau mínimo de precisão. E a partir dos resultados trazidos dos estudos de campo e relatório técnico apresentado, o órgão ambiental deve adotar medidas cautelares, compensatórias, mitigadoras, de controle e de monitoramento vinculados a licença ambiental como forma adequada de garantir a conservação do Patrimônio Espeleológico.

OBJETIVOS

Este artigo traz como objetivo contribuir com a inter e intra relação entre o licenciamento ambiental e os Sistemas Cársticos, visando enfatizar a importância da manutenção destes patrimônios naturais e a análise minuciosa da viabilidade ambiental em processos de licenciamento ambiental de atividades econômicas que possam acarretar danos irreparáveis ao Bioma Caatinga, e conseqüentemente, as Cavidades Naturais. Trazendo neste estudo a compilação de informações dos aspectos mais importantes da Geodiversidade, Biodiversidade e Regulação que envolve a conservação do Patrimônio Espeleológico dentro do processo de licenciamento ambiental. Uma vez que o licenciamento ambiental é um instrumento de análise de viabilidade ambiental dos projetos e atividades de determinado empreendimento, onde deve ser aplicado antes da implementação das atividades e sua prerrogativa deve ser aplicada a todos os tipos de projetos, especialmente aqueles que oferecem algum tipo de risco ambiental ao Patrimônio Espeleológico.

METODOLOGIA

É visto que no Brasil, o estudo do ambiente cavernícola é ainda incipiente, quando comparado a outros países. O que demonstram lacunas de conhecimento existentes, impedindo uma visão holística dos grandes padrões que regem o funcionamento e a estruturação das comunidades cavernícolas brasileiras, como menciona Ferreira (2009). Para tanto, a



princípio a metodologia utilizada foi pesquisa exploratória para caracterização, classificação e definição do objeto do estudo, baseando-se em questões usuais do próprio licenciamento ambiental, uso de pesquisa exploratória para levantamento bibliográfico e pesquisa bibliográfica, além de visitas técnicas em campo.

RESULTADOS

As áreas cársticas e as cavidades naturais subterrâneas compõem o patrimônio espeleológico nacional e abrigam atributos biológicos, ecológicos, geológicos, geomorfológicos, paleontológicos, arqueológicos, hidrológicos e cênicos, por vezes únicos ou raros, de importância científica, ambiental, histórica, cultural e socioeconômica. Não por outro motivo há uma legislação específica que trata da conservação desse patrimônio, sobretudo no que concerne ao rito e às normas do licenciamento ambiental.

Como já mencionado, a Constituição Federal de 1988 inseriu as cavidades naturais subterrâneas como bens da União, sendo sua gestão ambiental de responsabilidade dos órgãos que compõem o Sistema Nacional do Meio Ambiente - SISNAMA. Nesse contexto e considerando-se a legislação vigente, dependerão de aprovação de estudos espeleológicos específicos e/ou da autorização ou do licenciamento dos órgãos ambientais: empreendimentos ou atividades considerados efetiva ou potencialmente poluidores ou degradadores do patrimônio espeleológico ou de sua área de influência; empreendimentos ou atividades turísticas, culturais ou religiosas que utilizem o ambiente cavernícola; atividades com finalidade científica ou didática no âmbito do ensino superior em cavidades naturais subterrâneas; demais atividades no interior de cavernas, previstas em normas estaduais ou municipais ou em planos de manejo de unidades de conservação. Ou seja, a única possibilidade existente na legislação que permite que empreendimentos e/ou atividades sejam autorizados a realizar impactos negativos irreversíveis em cavidades naturais subterrâneas é por meio do licenciamento ambiental.

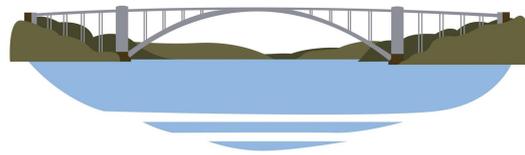
O licenciamento ambiental é um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente, estabelecida pela Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Entre as principais normas que o regulamentam estão as Resoluções do CONAMA nº 01, de 23 de janeiro de 1986, e nº 237, de 19 de dezembro de 1997, bem como a Lei Complementar nº 140, de 8 de dezembro de 2011.

Particularmente em relação à conservação do patrimônio espeleológico no rito do licenciamento ambiental, atualmente estão vigentes as seguintes normas: Decretos nº 99.556/90 e 6.640/2008, Resolução CONAMA nº 347/2004, Instrução Normativa nº 2/2017 do Ministério do Meio Ambiente e Instruções Normativas nº 1 e 4/2017 do Instituto Chico Mendes. O artigo 4º da Resolução CONAMA nº 347/2004 dispõe que: Art. 4º A localização, construção, instalação, ampliação, modificação e operação de empreendimentos e atividades, considerados efetiva ou potencialmente poluidores ou degradadores do patrimônio espeleológico ou de sua área de influência dependerão de prévio licenciamento pelo órgão ambiental competente, nos termos da legislação vigente. O artigo 5º-A do Decreto nº 99.556/1990 apresenta redação semelhante: Art. 5º-A. A localização, construção, instalação, ampliação, modificação e operação de empreendimentos e atividades, considerados efetiva ou potencialmente poluidores ou degradadores de cavidades naturais subterrâneas, bem como de sua área de influência, dependerão de prévio licenciamento pelo órgão ambiental competente. Nessas situações, portanto, é necessário que os órgãos licenciadores incluam os estudos espeleológicos entre os demais estudos solicitados ao empreendedor.

Um dos pontos fundamentais para uma efetiva avaliação dos impactos ambientais é que os estudos espeleológicos sejam parte integrante do Estudo Prévio de Impacto Ambiental - EIA ou do estudo ou relatório solicitado nas demais situações não sujeitas à elaboração de EIA/RIMA. A avaliação de impactos ao patrimônio espeleológico não deve jamais ser efetuada de forma isolada e, sim, conjuntamente com os demais potenciais impactos ambientais da atividade ou do empreendimento em análise. Para os empreendimentos novos, o processo deve ser iniciado com a elaboração do termo de referência pelo órgão ambiental licenciador. As atividades e os estudos a ela relacionados são aqueles que buscarão identificar a ocorrência de cavidades naturais subterrâneas nas suas áreas de influência. As atividades de identificação de ocorrência de cavernas devem compreender, ao menos, duas etapas: avaliação do potencial espeleológico e prospecção espeleológica.

CONCLUSÕES

Segundo o Anuário Estatístico do Patrimônio Espeleológico do Brasil de 2022 (ICMBio, 2023), o país possui 23.378 cavidades naturais e o Estado do Rio Grande do Norte possui 1.372 cavidades naturais. Dentro desse universo total de cavernas brasileiras, 4.390 cavidades naturais estão dentro do Bioma Caatinga. O Estado do Rio Grande do Norte ocupa atualmente o 4º lugar em quantidade de cavidades naturais no país, ficando atrás apenas dos estados da Bahia, Pará e



Minas Gerais. Em mesmo anuário traz o mapeamento do perfil das formações geológicas do total de 23.378 cavidades naturais brasileiras, sendo 12.267 cavernas formadas de rochas carbonáticas, 4.189 de rochas siliciclásticas, 3.060 de rochas ferruginosas e as demais distribuídas em outras litologias e algumas ainda sem classificação. Quanto a localização das cavidades naturais dentro de Unidades de Conservação, o Brasil possui atualmente 19,71% de cavernas dentro de unidades sob a gestão federal, 12,14% de cavernas dentro de unidades sob gestão estadual e 1,3% de cavernas estão dentro de unidades sob gestão municipal, no entanto, 66,85% estão fora do território de Unidade de Conservação. E ainda, no montante da quantidade de cavernas brasileiras, 9.882 cavernas estão dentro da região hidrográfica da Bacia do Rio São Francisco e 1.685 cavernas estão dentro da região hidrográfica do Atlântico Nordeste. Já em relação as atividades econômicas nas áreas com potencial espeleológico, 10.717 cavidades naturais estão inseridas em território que contempla atividades de extração mineral. Visto que, 35,48% dos empreendimentos e/ou atividades estão em fase de requerimento de lavra e 64,52% estão com concessão de lavra.

Os números acima elencados mostram que é de suma relevância estudar o ambiente cárstico para que sua preservação seja garantida. Portanto, para um bom licenciamento ambiental se faz necessário uma análise detalhada das cavernas através da multidisciplinaridade. Foi visto que a biodiversidade cavernícola está inter-relacionada com os aspectos e fatores exógenos abióticos, como a temperatura, a umidade e a luminosidade. E que apesar da sua especificidade são ambientes que carregam uma riqueza de espécies expressiva.

Ressaltando que o Estado do Rio Grande do Norte constitui uma das maiores exposições de rochas carbonáticas do Brasil, além da presença de feições cársticas, como cavernas, dolinas e fraturas dissolvidas. Onde mais de 90% das cavidades ocorrem em rochas carbonáticas da Formação Jandaíra; 6,04% em mármore da Formação Jucurutu; 2,31% em rochas graníticas e, cerca de 0,18%, em arenitos. E por ser um Estado rico em Geodiversidade, principalmente, este acaba sendo um forte atrativo para empreendimentos que buscam o extrativismo mineral dentre outras atividades associadas, podendo ocasionar possíveis danos a estes patrimônios naturais, quando não bem estudados e licenciados.

Por isso, para que a preservação deste ecossistema esteja garantida, se faz necessário um licenciamento ambiental eficaz e eficiente, com pedido e análise de estudos detalhados deste ambiente para que se tenha certeza onde há potencialidade de ocorrência de Cavidades Naturais e se adote medidas cautelares e mitigadoras.

Em suma o órgão licenciador deve solicitar, no mínimo, os seguintes produtos: mapa de potencial espeleológico e sua nota explicativa; mapa de caminhamento das atividades de prospecção espeleológica; mapa com as cavidades naturais subterrâneas identificadas; mapa topográfico de cada cavidade natural subterrânea; arquivos digitais geoespacializados referentes às atividades realizadas e produtos gerados. Nas situações em que as atividades de prospecção espeleológica identificarem a ocorrência de cavidades naturais subterrâneas na AID, deverão então ser efetuados os estudos para: avaliação dos impactos ambientais ao patrimônio espeleológico; subsidiar a classificação do grau de relevância das cavidades naturais subterrâneas identificadas; e definição das áreas de influência sobre o patrimônio espeleológico das cavidades com grau de relevância máximo e daquelas com grau de relevância alto, médio e baixo que não sofrerão impactos negativos irreversíveis diretos. A etapa de avaliação de impactos ambientais pode ser considerada como a mais importante de todo o processo de licenciamento ambiental, inclusive naquilo que se refere à conservação do patrimônio espeleológico e ao uso sustentável de áreas cársticas.

O artigo 5º da Resolução CONAMA nº 347/2004 apresenta alguns aspectos que devem ser considerados pelos órgãos licenciadores na avaliação de impactos ao patrimônio espeleológico, como: a intensidade, a temporalidade, a reversibilidade e a sinergia dos referidos impactos. Juntamente à avaliação de impactos ao patrimônio espeleológico que visará a identificar cavidades naturais subterrâneas sujeitas a impactos negativos irreversíveis, devem ser realizados os estudos para a classificação do grau de relevância de cada uma das cavidades naturais subterrâneas identificadas.

É atribuição do órgão ambiental licenciador classificar o grau de relevância das cavidades naturais subterrâneas, com base em análise técnica dos estudos realizados pelo empreendedor, bem como vistorias em campo. A classificação do grau de relevância de cada cavidade natural subterrânea deverá ser objeto de documento técnico formal do órgão ambiental e ser registrado no CANIE. Após sua definição, o único órgão que poderá rever a classificação do grau de relevância de uma caverna, mediante fatos novos comprovados por estudos técnico-científicos, é o Instituto Chico Mendes, conforme previsto no §9º, artigo 2º do Decreto nº 99.556/1990. A metodologia e os atributos que devem ser considerados para definição do grau de relevância de cavidades naturais subterrâneas são os que constam na Instrução Normativa nº 2/2017 do Ministério do Meio Ambiente. Deverá também ser estabelecido programa de monitoramento a ser implantado anteriormente à emissão da Licença de Instalação e que deverá ser executado durante toda a vigência da atividade ou do empreendimento, com foco na avaliação da integridade física e no equilíbrio ecológico dessas cavernas.

E assim garantir a lisura do processo de licenciamento ambiental, o cumprimento legal que envolve tanto o processo administrativo de licenciamento ambiental quanto da legislação específica que envolve Espeleologia, garantir a conservação do Patrimônio Espeleológico, e por fim, contribuir com as metas do Objetivo de Desenvolvimento



Sustentável 15 (ODS 15) estabelecido pelas Nações Unidas, onde traz metas a serem alcançadas até 2030. Metas estas de: “Conservar e restaurar ecossistemas terrestres e dulciaquícolas; acabar com a desflorestação e restaurar florestas degradadas; parar a desertificação e restaurar terras degradadas; assegurar a conservação de ecossistemas montanhosos, proteger a biodiversidade e habitats naturais; proteger acesso a recursos genéticos e a partilha justa dos benefícios; eliminar caça furtiva e o tráfico de espécies protegidas; prevenir espécies invasoras em ecossistemas terrestres e aquáticos; e integrar ecossistemas e biodiversidade no planeamento governamental”.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANDREYCHOUK, V.; DUBLYANSKY, Y; EZHOV, Y; LYSENIN, G. **Karst in the Earth's Crust: its distribution and principal types**. Poland: University of Silesia/ Ukrainian Academy of Sciences/ Tavrichesky National University-Ukrainian Institute of Speleology and Karstology, 2009.
2. ARAÚJO, et al. **Fauna cavernícola e os impactos ambientais ao patrimônio espeleológico do município de Martins**, Rio Grande do Norte, Brasil. SBE – Campinas, SP. Espeleo-Tema. v.28, n.2. 2017.
3. BRASIL. Constituição (1988): **Constituição da República Federativa do Brasil, 1988**. Disponível em: Constituição (planalto.gov.br) . Acesso em: 29 de setembro de 2021.
4. BRASIL. **Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente**. Resolução CONAMA n. 347, de 10 de setembro de 2004. Brasília: DOU, 2004.
5. BRILHA. **J.Patrimônio geológico e geoconservação: a conservação da natureza na sua vertente geológica**. Palimage Editores, Viseu, 2005. 190p.CAVALCANTI, L. C. S. Cartografia de Paisagens: fundamentos. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.
6. FERREIRA, R.L., PROUS, X., BERNARDI, L. F. O. e SOUZA-SILVA, M. **Fauna subterrânea do estado do Rio Grande do Norte: caracterização e impactos**. Revista Brasileira de Espeleologia, Vol. 1. N.1, 2010.
7. GANEM, R. S. **As Cavidades Naturais Subterrâneas e o Decreto nº 6.640/2008**. Biblioteca Digital da Câmara dos Deputados. Brasília - DF. Outubro, 2019.
8. **IUCN - União Internacional para Conservação da Natureza**. www.iucn.org. Acesso em: 29 de setembro de 2021.
9. «ICMBIO/CECAV. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade e Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas». **Espeleologia e Licenciamento Ambiental. 22 a 27 de abril de 2019**. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/cecav/images/stories/downloads/IV_Curso_de_Espeleologia_e_Licenciamento_Ambiental.pdf . Acesso em: 14/10/2021.
10. LOBO, H. A. S. e BOGGIANI, P. C. **Cavernas como patrimônio geológico**. Boletim Paranaense de Geociências nº 70. p. 190-199, 2013.
11. «Ministério do Meio Ambiente». www.icmbio.gov.br. **Anuário Estatístico do Patrimônio Espeleológico Brasileiro 2022**. Acesso em: 25 de março de 2023.
12. «SOCIEDADE BRASILEIRA DE ESPELEOLOGIA», <https://www.cavernas.org.br/geoespeleologia/visitado> em 14.10.2021.
13. TRAJANO, E. e BICHUETTE, M.E. **Biologia subterrânea: introdução**. São Paulo: Redespeleo, 2006. Disponível: http://www.lesbio.ufscar.br/assets/trajano_bichuette_2006_biologia_subterranea.pdf. Acesso em: 14/10/21.
14. WHITE, W.B.; WHITE, E.L. **Karst landforms: scope and processes in the early twenty-first century**. In: SHRODER, J.; FRUMKIN, A. (Ed.). Treatise on geomorphology. San Diego (CA): Academic Press, 2013. p. 14-22 (Volume 6, Karst Geomorphology).
15. «Instituto De Pesquisa Econômica Aplicada. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. 2023. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/ods/index.html>.