

RELATÓRIO EXECUTIVO FINAL

TCCE 2/2020 - Subprojeto 3: TESTE DE METODOLOGIAS PROPOSTAS EM LEGISLAÇÃO AMBIENTAL RELACIONADAS À FAUNA SUBTERRÂNEA E PROPOSIÇÃO DE NOVAS ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA CONSERVAÇÃO DE CAVERNAS

Coordenadora: Maria Elina Bichuette

Equipe auxiliar: Dr. Jonas Eduardo Gallão, Dra. Jessica Scaglione Gallo, Dra. Tamires Zepon, Biólogo Marcus V. A. Duarte, Bióloga Laura Ferreira dos Santos, MSc. Carlos M. Orozco-Lopez

Vigência: Junho/2021- Fevereiro/2025

1. Introdução

Os projetos para licenciamento ambiental em que há utilização de ambiente natural subterrâneo (do qual os mais conhecidos são as cavidades), necessitam de estudos balizados pelas Instruções Normativas que classificam as cavidades em termos de relevância. O presente projeto apresenta como finalidade principal realizar testes destas classificações, tanto para analisarmos a robustez dos testes indicados como também para propormos novas metodologias para avaliação de impactos em cavidades. No presente realizamos amostragens em diversas regiões do Brasil, tanto em terrenos cársticos como não-cársticos, bem como em cavidades dentro e fora de Unidades de Conservação. Além disso, conduzimos análises de Distinção Taxonômica (Beta) para verificação da relevância biótica de cavidades amostradas em uma das regiões consideradas no projeto (Serra do Ramalho, Bahia). Produzimos amplo material de divulgação a fim de diminuir a distância entre academia, órgãos governamentais e sociedade civil, com a finalidade de efetiva conscientização e proteção do meio subterrâneo. Esse material tem sido distribuído em diversas localidades com ocorrência de cavernas no Brasil (escolas, comunidades, mateiros, guardiões de cavernas, etc).

O escopo do projeto, com proposta de três anos (36 meses), foi testar atributos e critérios de classificação de cavidades de acordo com a IN número 2 de 30 de Agosto de 2017, visando a propor métodos robustos para efetiva classificação e demonstrar com robustez que metodologias mais simples de análises podem responder assertivamente ao demandado na legislação. Conduzimos o projeto por 42 meses, 6 meses a mais do proposto, devido à pandemia.

As áreas escolhidas encontram-se tanto em propostas de Áreas Prioritárias (como o PAN São Francisco), como em áreas onde há lacunas sobre a fauna subterrânea. Desta maneira, os resultados também subsidiarão propostas para novas áreas prioritárias. Assim sendo, consideramos áreas em entorno de Unidades de Conservação (na região do Alto Ribeira e Alto Paranapanema), áreas inseridas em Unidades de Conservação, áreas desconhecidas em termos de fauna subterrânea e fora de Unidades de Conservação (região da Serra do Ramalho na Bahia), áreas com UCs pequenas e próximas a impactos reais, como atividades agropecuárias e projetos/instalação de PCHs (Nobres, Curvelândia e Cáceres, no estado do Mato Grosso) e áreas com impacto atual de solicitação de supressão de cavernas em andamento (estado do Maranhão e Quadrilátero Ferrífero em Minas Gerais). Ainda, houve a inclusão de outras regiões: Pains/MG; Paripiranga/BA, Nordeste de Goiás (São Domingos, Posse e Nova Roma). O Alto Ribeira e Alto Paranapanema são duas regiões ameaçadas por atividades antropogênicas como mineração para produção de cimento (em pequena e grande escala) e pequenas centrais hidrelétricas; neste caso, consideramos os entornos das unidades de conservação: Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira / PETAR; Parque Estadual Intervalos / PEI; Parque Estadual Caverna do Diabo / PECD.

O projeto teve, portanto, dois objetivos centrais: **a.** Testar atributos e critérios de Instruções Normativas propondo metodologias robustas e objetivas para avaliação de relevância e impactos sobre a fauna subterrânea bem como para os ambientes subterrâneos; **b.** Produzir conhecimento para um banco de dados sobre fauna, preenchendo lacunas de conhecimento acerca da diversidade dessa biota.

2. Atividades desenvolvidas x planejadas:

2.1. Planejadas:

- a. Testar atributos de relevância máxima em cavidades que estão localizadas em áreas de entorno, ou seja, externamente às áreas delimitadas para proteção (parques nacionais/estaduais, monumentos, dentre outras) e não protegidas em relação aos impactos reais ou potenciais;
- b. Testar novas metodologias de análise para avaliar relevância;
- c. Testar impactos em populações-chave da fauna e propor monitoramentos efetivos e objetivos, evitando-se impactos do monitoramento nestas, como sobre coleta;
- d. Propor medidas protetoras de habitats subterrâneos de acordo com litologias e singularidades destes;
- e. Produzir material de divulgação (informativos, maquetes, livro didático) para o conhecimento chegar em tomadores de decisão e escolas/educadores;

- f. Realizar 20 viagens para as áreas elencadas neste projeto de acordo com as lacunas de conhecimento (desde conhecimento básico como diversidade da fauna subterrânea ou mais complexos como potenciais e/ou reais impactos sobre a fauna), necessidade de estudos para priorizar conservação.

2.2. Desenvolvidas:

- a. Teste de análise de relevância (máxima e alta) para cavidades de quatro regiões contempladas no estudo (dentro e fora de Unidades de Conservação);
- b. Teste de nova análise: Diversidade Filogenética para cavernas de duas regiões contempladas no estudo (comparando-se com a análise realizada no **item a**);
- c. Testar impactos em populações-chave da fauna e propor monitoramentos efetivos e objetivos, evitando-se impactos do monitoramento nestas, como sobre coleta (**parcialmente atingido**);
- d. Proposição de medidas de proteção de acordo com análise alternativa de Diversidade e Fragilidade (*Taxonomic Distinctness*);
- e. Produção de diversos *Folders*, *Cards* e *Miniquias* (digital e impressos);
- f. Realização de 29 viagens para áreas contempladas no projeto original e adicionais, ultrapassando o proposto.

3. Metodologia (proposta no projeto original e mantida):

3.1. Expedições:

Cabe ressaltar que as viagens de campo tiveram início no ano de 2022, sendo os anos de 2023 e 2024 os principais para tais atividades. Ainda, houve viagens em 2025 (janeiro/fevereiro). Também utilizamos dados de coletas anteriores utilizando a coleção científica do **Laboratório de Estudos Subterrâneos (LES)**, atualmente com mais de 31.000 lotes depositados e cerca de 20.000 lotes ainda para serem processados. As viagens de campo possibilitaram, além das amostragens e descobertas de espécies novas, a obtenção de dados *in loco* para teste das legislações, e *status* populacional de duas populações ameaçadas (*Spelaeobochica muchmorei* e *Leodesmus yporangae*).

O projeto contemplou três anos e meio de execução (42 meses), já que o ano de sua aprovação (Junho/2021), coincidiu com a pandemia de SarsCov2, o que impossibilitou algumas atividades. Ainda assim, conduzimos, em 2021, o planejamento dos campos e utilizamos material depositado na coleção do LES para estudos

taxonômicos, além do início das orientações e supervisões, solicitação de licenças de coleta e produção de material de divulgação.

No total, foram efetuadas 29 campanhas/expedições (9 a mais do proposto no projeto original) para diversas regiões no Brasil, contemplando 116 cavidades. A Tabela 1 apresenta esses locais e datas. Focamos em áreas com lacunas de conhecimento (desde conhecimento básico como diversidade da fauna subterrânea ou mais complexos como potenciais e/ou reais impactos sobre a fauna), necessidade de estudos para priorizar conservação, etc. Foram efetuadas amostragens de fauna, contemplando habitats terrestres e aquáticos. Registramos diversos atributos, considerando-se sistemas de cavernas, geológicos (incluindo geomorfologias e tipos de rochas/litologias distintos), correlacionando com: presença de troglóbios raros e relictos, populações troglóbias ou em diferenciação isoladas, ocorrência de interações ecológicas únicas, singularidades faunísticas (Diversidades Beta – neste caso a análise de Distinção Taxonômica comparando-se sistemas/cavernas e detectando fragilidades).

Tabela 1. Dados das Expedições conduzidas ao longo dos 42 meses de projeto. Em alguns casos também utilizamos dados coletados anteriormente pelo LES.

Datas das Expedições	Região	Cavidades estudadas (N)	Litologias	Campanhas (N)
Janeiro/2022; Novembro/2022	Chapada Diamantina/BA; Santa Luzia/BA	5	Arenito e Quartzito	2
Julho/2021; Setembro/2021; Abril/2022; Outubro/2023 (+ dados coletados entre 2008 e 2020)	Serra do Ramalho/BA	29		4
Outubro/2021; Novembro/2021; Fevereiro/2022; Março/2022; Outubro/2022; Fevereiro/2023; Março/2023; Novembro/2023; Maio/2024; Novembro- Dezembro/2024	PECD/SP; PETAR/SP, PEI/SP e entorno	21	Calcário	10
Junho/2022; Julho/2023; Junho/2024	Mato Grosso do Sul (municípios de Bonito, Bodoquena e Corumbá)	5	Calcário	3
Abril/2023; Dezembro/2024 (+ dados coletados em 2016 e 2017)	Nobres/MT, Curvelândia/MT, Parque Nacional da Chapada dos Guimarães/MT e Cáceres/MT	21	Calcário e Arenito	3
Abril/2023	Pains/MG	5	Calcário	1
Abril-Maio/2023	Caeté/MG	3	Minério de Ferro	1
Outubro/2023	Parque Nacional do Juruena/MT	3	Arenito	1
Março/2024	Caicó/RN; Maranhão (municípios de	4	Calcário e Arenito	1
Julho/2024 (+ dados coletados em 2021)	Nordeste de Goiás (município de São Domingos)	12	Calcário	1
Dezembro/2024	Paripiranga/BA	3	Calcário	1
Janeiro-Fevereiro/2025	Nordeste de Goiás (municípios de Nova Roma e São Domingos)	5	Calcário	1
TOTAL		116 cavernas	4 litologias	29 campanhas

3.2. Análise de Diversidade Filogenética

A **Diversidade Filogenética** é uma forma de medir a diversidade de uma comunidade, levando em conta as relações evolutivas entre as espécies. Essa abordagem parte do princípio de que uma comunidade será mais diversa quanto mais distintas filogeneticamente forem as espécies que a compõem. Assim, uma comunidade composta por espécies distribuídas entre vários gêneros e ou várias famílias tende a apresentar maior diversidade filogenética em comparação a uma comunidade em que a maioria das espécies pertence a um único gênero (Faith 1992).

A partir da década de 1990, a abordagem focada em espécies filogeneticamente próximas ganhou destaque devido à sua relevância na definição de prioridades para a conservação. Isso se deve ao fato de que a extinção de uma espécie sem parentes próximos dentro de uma comunidade tende a resultar em uma perda maior de informação genética, se comparada à extinção de uma espécie com parentes próximos (May 1990). Por esse motivo, uma estratégia de conservação mais eficaz envolve a criação de reservas que englobam a maior diversidade filogenética possível.

A relação filogenética entre duas espécies é melhor representada pela idade do evento de especiação de seu ancestral comum mais recente. Faith (1992) foi pioneiro ao propor o índice PD (*phylogenetic diversity*), uma medida de diversidade filogenética fundamentada na idade da especiação. O índice PD é calculado pela soma dos comprimentos dos ramos da árvore filogenética das espécies de uma comunidade (Faith 1992), sendo que ramos mais longos indicam tempos evolutivos mais extensos e, provavelmente, grupos taxonômicos mais distintos.

Assim, o valor da PD de uma comunidade depende tanto do número de espécies quanto das diferenças filogenéticas entre elas (Faith 1992). Contudo, calcular a PD de grandes comunidades é desafiador, pois exige o sequenciamento de todas as espécies, o que nem sempre é viável. Além disso, a taxa de mudança molecular de um gene pode variar entre diferentes linhagens da comunidade, dificultando a análise (Webb 2000). Para superar essas limitações e estimar melhor a diversidade filogenética, é necessário sequenciar múltiplos genes (Webb 2000).

Uma alternativa mais simples para avaliar relações filogenéticas é considerar a topologia de uma filogenia. Aplicando esse conceito às árvores filogenéticas, o grau de parentesco entre duas espécies pode ser determinado pela distância topológica entre elas, ou seja, pelo número de nós ou conexões que as separam dentro da árvore filogenética. Essa abordagem atribui um valor taxonômico a cada espécie dentro das métricas de diversidade, criando o conceito de distinguibilidade taxonômica (*Taxonomic Distinctiveness*).

Uma medida promissora baseada em distâncias topológicas é a distinção taxonômica (Δ^* , taxonomic distinctness) (Warwick & Clarke 1995, 1998). Essa métrica destaca-se por sua facilidade de cálculo, sua ampla aplicação em diversas comunidades e, sobretudo, por sua robustez frente às variações na amostragem (Clarke & Warwick 1998). Assim, a distinção taxonômica foi modificada para minimizar o impacto excessivo da abundância das espécies na estimativa da diversidade taxonômica. Seu cálculo é baseado no número esperado de nós que separam quaisquer dois indivíduos pertencentes a espécies distintas dentro de uma comunidade (Clarke & Warwick 1998).

Alguns estudos mostraram que a diversidade filogenética, uma medida da relação entre espécies considerando sua proximidade evolutiva, é mais sensível para detectar respostas das comunidades às mudanças ambientais (Cianciaruso et al. 2009). Isso ocorre porque os índices tradicionais de diversidade possuem limitações na previsão do funcionamento dos ecossistemas.

Segundo Faith (1992), a conservação deve priorizar a preservação do máximo possível dessa variação hierárquica, independentemente da identidade taxonômica envolvida. Nesse contexto, um índice de diversidade filogenética demonstrou ser mais eficiente para a formulação de estratégias de conservação do que os índices tradicionais (Cianciaruso et al. 2009), sendo também utilizado para fins de conservação ao comparar a distinção taxonômica com índices alfa em fauna de cavernas (Gallão & Bichuette 2015).

Diferentemente de um índice tradicional de diversidade, a distinção taxonômica considera a presença de espécies raras e espécies comuns uma vez que espécies raras são mais filogeneticamente distantes das outras espécies em uma comunidade (Warwick & Clarke 1998; Cianciaruso et al. 2009). Além de levar em conta a contribuição relativa de cada espécie em uma comunidade, utilizando o número de espécies e a distribuição de indivíduos, a distinção taxonômica também incorpora o valor taxonômico de cada espécie.

A distinção taxonômica, portanto, é estimada pelo número esperado de nós entre dois indivíduos de espécies distintas sorteados aleatoriamente do conjunto completo de espécies. Quanto maior o número de nós ou ligações entre eles, maior será a distinção de uma determinada espécie (Warwick & Clarke 1998; Cianciaruso et al. 2009). Além disso, o índice de Distinção Taxonômica é uma medida robusta em comparação com os índices tradicionais de diversidade, pois é independente do esforço de amostragem (Warwick & Clarke 1998).

Utilizando o pacote Vegan no *software R* (versão 3.4.0) (R Core Team 2017), o índice de distinção taxonômica compara as relações filogenéticas dentro de uma comunidade, considerando cada localidade (neste caso, as cavernas). Assim, cavernas que apresentam espécies filogeneticamente próximas possuem valores de distinção

taxonômica mais baixos em comparação às cavernas com espécies filogeneticamente mais distintas. Valores mais elevados de distinção taxonômica indicam maior singularidade de um ambiente.

Testamos os atributos de relevância presentes em Instrução Normativa número 2 (2017) para as três regiões: Alto do Ribeira (Gruta da Tapagem/PECD), Nordeste de Goiás e Quadrilátero Ferrífero. Alternativamente, realizamos uma análise de Diversidade Filogenética para 30 cavidades da Serra do Ramalho/BA. Essas análises foram conduzidas para se verificar as respostas a diferentes análises (legislação vigente e propostos aqui). estamos finalizamos o manuscrito com a comparação das duas análise, o qual deve ser submetido até Junho/2025. este atraso se deveu ao grande volume de dados a serem tratados, desde a confirmação das espécies ou morfotipos, até a organização das planilhas e matrizes de dados (**vide lista de táxons no ANEXO 7 do tópico 15**).

O texto com a análise e os dados brutos desta análise encontram-se no **ANEXO 3 do tópico 11**.

3.3. Mapa com polígonos de distribuição de fauna aplicável à conservação

O primeiro passo para a confecção de um mapa de biodiversidade é a coleta de dados espaciais e biológicos. Esses dados devem ser organizados de maneira que cada ponto ou área contenha informações sobre a biodiversidade, como a presença de espécies específicas, tipos de ecossistemas ou índices de diversidade biológica. A escolha da ferramenta ou software para criar o mapa é crucial. Algumas das opções mais comuns incluem: **QGIS (Quantum GIS)** - plataforma de código aberto muito utilizada para criar mapas geoespaciais. Permite importar dados espaciais (como *shapefiles* ou dados *raster*) e realizar análises espaciais complexas; **ArcGIS** - ferramenta mais avançada, com muitos recursos pagos, mas com funcionalidades de análise espacial poderosas; **Google Earth Engine** - plataforma para análise de grandes volumes de dados geoespaciais, muito útil quando se trabalha com imagens de satélite e dados ambientais.

Se os dados estiverem em formato de pontos (como observações de espécies), será necessário criar polígonos representando áreas de interesse, como zonas de biodiversidade, habitats, ou áreas de proteção ambiental. Isso pode ser feito manualmente ou automaticamente, dependendo do *software* e dos dados disponíveis. Os polígonos no mapa representam áreas com características específicas relacionadas à biodiversidade. Esses polígonos podem ser criados a partir de dados de contorno,

como limites de áreas de preservação, ou pela análise de zonas com alta concentração de espécies.

Essa abordagem inovadora de mapeamento *GIS* em Biodiversidade maximiza os recursos, aprimora a precisão dos dados e garante a sustentabilidade de longo prazo de ecossistemas vitais. Ao dividir as áreas protegidas em seções menores e gerenciáveis possibilita-se o monitoramento eficiente e os esforços de conservação. A produção desses mapas pode ser por meio de *Shapes* disponíveis em diferentes plataformas abertas no Brasil, utilizando-se as coordenadas precisas. Entretanto, há também plataformas robustas que possuem tutoriais, de acordo com as perguntas do projeto, tais como a MAPOG (<https://www.mapog.com/>). a MAPOG é uma plataforma estrangeira, com custo.

A ocorrência e distribuição das espécies da região da Serra do Ramalho/BA foi mapeada de acordo com os dados existentes na literatura (cerca de 20%) e 80% de dados obtidos nas nossas expedições. Todos os mapas (combinação) foram gerados utilizando o sistema de informação geográfica *QGIS 3.2* (<http://qgis.osgeo.org>), utilizando um *grid* de 2 km² para evidenciar a alta concentração de registros em cavernas, distribuídas em menos de 60 km².

O mapa produzido com a discussão relacionada encontra-se no **ANEXO 3 do tópico 11**.

3.4. Monitoramento de população-chave - *Spelaeobochica muchmorei* e *Leodesmus yporangae*:

Em três ocasiões monitoramos essas populações na caverna Ressurgência das Areias de Águas Quentes (parte do Sistema Areias) na região do Alto Ribeira. Ambas as espécies estão inseridas na Lista de Fauna Ameaçada de Extinção e suas populações ocorrem em uma caverna acessível e sem proteção, pois seu acesso está fora do Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira (PETAR).

Estas espécies ocorrem na zona afótica da cavidade, mas em locais que são passagem de pessoas, onde observou-se os seguintes impactos: pisoteio e presença de lixo orgânico e inorgânico (principalmente plástico).

Para o monitoramento realizamos contagens por meio de Censos Visuais e definição de abundância total e densidade populacional, além da localização dessas populações na cavidade e seus microhabitats (Zonação e substratos).

3.5. Material de Divulgação e Workshops/Congressos/Simpósios:

Parte dos resultados foi utilizado na produção de material de linguagem acessível, utilizando plataformas específicas, como *Canva* (<https://www.canva.com/>).

Além disso, houve a organização e participação de/em Workshops, Congressos e Simpósios de Biologia Subterrânea. este último organizado dentro dos *Congressos Brasileiros de Zoologia*, cancelados pela **Sociedade Brasileira de Zoologia (SBZ)**, <https://sbzoologia.org.br/index.php>) (vide tópico 13).

4. Resultados alcançados (planejados e derivados) e Produtos:

4.1. Planejados:

- a. Produção e distribuição de material de divulgação, com linguagem acessível; desenvolvimento de *miniguias* (vide tópico 12);
- b. Palestras e cursos, remotos e presenciais, apresentadas com utilização de instrumentos audiovisuais (simpósios virtuais nos anos de 2021 e presenciais e/ou virtuais à partir de 2022) para explanação de conceitos, metodologias de avaliação e análise de cavidades; Organização de eventos (vide tópico 13);
- c. Condução e Finalização da Análise de Dados relacionada à Diversidade Filogenética (um dos testes para detecção de cavernas frágeis para tomadas de decisões) – cavernas da região da Serra do Ramalho, Bahia (vide tópico 11). Para esta análise a lista de fauna cavernícola foi elaborada ao longo dos anos de 2022, 2023 e 2024 (considerando-se táxons das categorias troglóbia, troglófila e troglóxena), pelo ex-Bolsista do projeto Jonas Eduardo Gallão. Tratou-se de um trabalho criterioso e detalhado, envolvendo uma lista faunística de 622 táxons para análise;
- d. Submissão de mais de 60 manuscritos (sobre descrição de novas espécies e outros temas, com material proveniente das áreas contempladas no Projeto (cavernas de SP, MT, BA, MG), além de trabalhos adicionais (não planejados), desde capítulos de livros a artigos em periódicos. Todos estes trabalhos têm tópicos relacionados às cavernas/habitats subterrâneos e a maioria, cerca de 70% dos 54 trabalhos publicados (e três já aceitos), possui tópicos sobre conservação e legislação espeleológica brasileira, cabe ressaltar que os agradecimentos ao financiamento via TCCE estão contemplados nestes trabalhos (**os trabalhos publicados constam do tópico 16**);
- e. Orientação de quatro (4) Bolsistas de Iniciação Científica (IC), dois (2) Bolsistas Técnicos (BT) e dois (2) Bolsistas de Pós-Doutorado (PD), fundamentais para o bom andamento do projeto. Ainda, a orientação de Bolsistas em início de carreira

possibilitou a esses estudantes o convívio no laboratório e, três deles decidiram-se pela realização de Pós-graduação com fauna subterrânea (Dayana Ferreira Torres, Marcus Duarte e Laura Ferreira dos Santos). Todos os Bolsistas participaram de viagens de campo (expedições), de congressos e simpósios (com apresentação de trabalhos), submeteram e publicaram trabalhos e auxiliaram nas confecções dos materiais de divulgação (**vide tópico 9**).

- f. Monitoramento de populações-chave (troglóbias e ameaçadas): as duas populações monitoradas (*Spelaobochica muchmorei* - Sm e *Leodesmus yporangae* - Ly) apresentaram densidades e abundâncias baixas ao longo de três ocasiões de visita na cavidade (estação chuvosa, estação seca, estação chuvosa). Para Sm as densidades variaram entre 2-3 indivíduos.m⁻² e as abundâncias entre 5-10 indivíduos; para Ly, as densidades foram ainda menores, entre 1 e 3 indivíduos.10m⁻² e as abundâncias não ultrapassaram 12 indivíduos. Cabe ressaltar que ele apresentava elevadas densidades e abundâncias entre os anos 2000-2004, quando realizamos monitoramento na caverna, ultrapassando 60-70 indivíduos em um banco de sedimento de cerca de 20m². O local de ocorrência das duas espécies são passagens para visitantes. A visitação tem aumentado nessa cavidade nos últimos cinco anos. É urgente o controle dessa visitação, visto que a caverna **Ressurgência das Areias de Águas Quentes** é uma janela do Sistema Areias, uma das principais cavernas do Brasil quanto à fauna subterrânea, localidade-tipo de mais de 16 espécies, a maioria Lista de Fauna Ameaçada de Extinção. Tal fato elenca esta cavidade para **Relevância Máxima**.

4.2. Não planejados/Adicionais (são consequência do projeto, portanto de grande relevância) e Produtos derivados:

- g. Participação em diversos encontros/congressos/simpósios, com apresentação de trabalhos pelos Bolsistas e pela Coordenadora (presenciais em 2022) (**vide tópico 14**). Os agradecimentos ao agente financiador sempre foram inseridos/considerados: **36^o Congresso Brasileiro de Espeleologia, Brasília, DF (Abril/2022)** - participação em Mesa-redonda sobre Transdisciplinaridade na área da Espeleologia; **24th International Conference on Subterranean Biology, Romênia, Cluj (Julho/2022)** - apresentação de Trabalho por Tamires Zepon sobre fauna aquática subterrânea brasileira e ameaças; **18th International Congress of Speleology, França (Julho/2022)** - apresentação de palestra e três trabalhos (Maria Elina Bichuette e Jonas Gallão); **XXXIV Congresso Brasileiro de Zoologia, Curitiba, PR (Agosto/2022)** -

- apresentação de trabalhos por Marcus Duarte, Dayana F. Torres e Jessica Gallo (com co-autorias de Maria Elina Bichuette e Jonas Gallão); **XXIV Encontro Brasileiro de Ictiologia, Gramado, RS (Setembro/2022)** - palestrante/apresentação de trabalho por Maria Elina Bichuette: **a. Diversidade e Fragilidades dos Peixes Subterrâneos Brasileiros, b. Dados morfológicos de população troglomórfica de *Pimelodella* (bagre subterrâneo), c. A ictiofauna da Chapada Diamantina, Bahia; VI Encontro Nordestino de Espeleologia (ENE), Santa Luzia, Bahia (Novembro/2022)** - Palestra em Mesa Redonda sobre a Bioespeleologia nordestina e Minicurso sobre Biologia Subterrânea; **37º Congresso Brasileiro de Espeleologia, Curitiba, PR (Julho/2023)** - participação em Mesa Redonda sobre Mulheres na Espeleologia (debatedora); **I Encontro de Estudos Subterrâneos (EES), UFSCar, São Carlos, SP (Dezembro/2023)** - organização e coordenação, palestras e mesas redondas relacionadas à conservação em cavernas; **XXXIV Congresso Brasileiro de Zoologia, Porto de Galinhas, PE (Fevereiro/2024)** - organização do **V Simpósio de Biologia Subterrânea (coordenadora)** com apresentação de 18 resumos; **XXV Encontro Brasileiro de Ictiologia, Palmas, TO (Janeiro/2025)** - apresentação de três trabalhos (co-autores - Amanda Miranda Micelli, André Esguícero e Luana Marçal Sorroche) e participação em Mesa Redonda sobre “Peixes e Ambientes Extremos”;
- h. Descrição de 68 novos táxons para a ciência, a maioria troglóbios (*destacados em vermelho*): *Neocarus jonasi* Araújo & Duarte 2021; *Pseudochthonius ramalho* Assis, Schimonsky & Bichuette 2021; *Coarazuphium auleri* Pellegrini & Vieira 2021; *Girardia corumbataiensis* Morais & Leal-Zanchet 2021; *Girardia nobresis* Morais & Leal-Zanchet 2021; *Arinosaster patriciae* Volkmer-Ribeiro, Tavares-Frigo, Ribeiro & Bichuette 2021; *Xangoniscus lapaensis* Campos-Filho, Gallo & Bichuette 2022; *Xangoniscus lobo* Campos-Filho, Gallão & Bichuette 2022; *Pectenoniscus pankaru* Campos-Filho, Torres & Bichuette 2022; *Pectenoniscus fervens* Campos-Filho, Taiti & Bichuette 2022; *Ctenus igatu* Polotow, Cizauskas & Brescovit 2022; *Coarazuphium bambui* Pellegrini & Vieira 2022; *Strongylosomides troglobius* Golovatch, Bouzan & Gallo 2022; *Rotundotergum elevatum* Golovatch, Bouzan & Gallo 2022; *Iulidesmus silvestrii* Golovatch & Gallo 2022; *Onciurossoma troglobium* Golovatch & Gallo 2022; *Phaneromerium troglopterygotum* Golovatch & Gallo 2022; *Moojenodesmus schubarti* Golovatch & Gallo 2022; *Idiopyrgus adamanteus* Salvador, Silva & Bichuette 2022; *Idiopyrgus minor* Salvador, Silva & Bichuette 2022; *Pseudochthonius olegario* Schimonsky 2022; *Spelaeogammarus ginae* Bueno & Penoni 2022; *Metaprosekia utiariti* Campos-Filho, Sfenthourakis & Bichuette 2023; *Trichorhina*

araguaia Campos-Filho, López-Orozco & Taiti 2023; Trichorhina yakupyran
 Campos-Filho, Carpio-Díaz & Bichuette 2023; Trichorhina quadriocellata
 Campos-Filho, Borja-Arrieta & Bichuette 2023; Trichorhina alphard Campo-Filho,
 Sfenthourakis & Taiti 2023; Trichorhina acru Campos-Filho, Sfenthourakis &
 Bichuette 2023; *Trichorhina baiana* Campos-Filho, Gallão & Bichuette 2023;
 Trichorhina crucis Campos-Filho, López-Orozco & Sfenthourakis 2023;
 Trichorhina mineira Campos-Filho, Carpio-Díaz & Taiti 2023; Trichorhina
 marianae Campos-Filho, Gallão & Bichuette 2023; Trichorhina bessiae Campos-
 Filho, Carpio-Díaz & Bichuette 2023; Trichorhina jurai Campos-Filho, Gallão &
 Bichuette 2023; *Caraiboscia jabutiensis* Campos-Filho, Taiti & Bichuette 2023;
 Novamundoniscus kayabi Campos-Filho, Sfenthourakis & Araujo 2023;
 Novamundoniscus mandacaru Campos-Filho, Araujo & Bichuette 2023;
 Novamundoniscus canopus Campos-Filho, Gallo & Gallão 2023; Circoniscus
 caeruleus Campos-Filho, Sfenthourakis & Bichuette 2023; Trichorhina
 amplitelson Campos-Filho, Carpio-Díaz & Borja-Arrieta 2023; Diploexochus
 carrapicho Campos-Filho, López-Orozco & Taiti 2023; Diploexochus exu
 Campos-Filho, Sfenthourakis & Bichuette 2023; *Gabunillo enfurnado* Campos-
 Filho, Sfenthourakis & Bichuette 2023; *Venezillo moreirai* Campos-Filho, Carpio-
 Díaz & Bichuette 2023; *Venezillo garimpeiro* Campos-Filho, Borja-Arrieta &
 Bichuette 2023; *Venezillo dioi* Campos-Filho, Araujo & Taiti 2023; *Venezillo limai*
 Campos-Filho, Carpio-Díaz & López-Orozco 2023; *Venezillo muriloi* Campos-
 Filho, Sfenthourakis & Taiti 2023; *Helicina marfisae* Salvador, Silva & Bichuette
 2023; *Pseudochthonius lubueno* Assis, Schimonsky, Gallão & Bichuette 2023;
Spelaeometra hypogea Cordeiro & Moreira 2023; *Loxosceles boqueirao* Bertani
 & Gallão 2024; *Loxosceles planetaria* Bertani & Gallão 2024; *Loxosceles*
bodoquena Bertani & Gallão 2024; *Cryptops* (*Trigonocryptops*) *didi* Borges &
 Chagas-Jr 2024; *Xangoniscus chaimowiczi* López-Orozco, Borja-Arrieta &
 Campos-Filho 2024; *Xangoniscus jonasi* López-Orozco, Bichuette & Campos-
 Filho 2024; *Xangoniscus antiquus* López-Orozco, Carpio-Díaz & Campos-Filho
 2024; *Kadiweuoniscus rebellis* López-Orozco, Campos-Filho & Bichuette 2024;
Circoniscus mendesi López-Orozco, Campos-Filho & Bichuette 2024;
Circoniscus xikrin López-Orozco, Campos-Filho & Carpio-Díaz 2024;
Spaeleoleptes gimli Pereira, Gallão, Bichuette & Pérez-González 2024;
Idiopyrgus eowynae Salvador & Bichuette 2024; *Idiopyrgus meriadoci* Salvador
 & Bichuette 2024; *Girardia patiensis* Morais & Leal-Zanchet 2025; *Girardia alba*
 Morais & Leal-Zanchet 2025; *Hyaella sumida* Penoni & Bueno 2025; *Hyaella*
ceciliae Penoni & Bueno 2025;

- i. *Participação em Discussões relacionadas aos **Planos de Ações Territoriais do Alto Ribeira (PAT)** com agentes de órgãos ambientais estaduais (SP e PR) para produção de mapas de proteção de espécies subterrâneas ameaçadas do estado de São Paulo e PR (participação de Maria Elina Bichuette e Jonas Gallão. Esta discussão teve início em Agosto/2022 e continua na atualidade;*
- j. *Participação em Sociedades Científicas: Maria Elina Bichuette foi Presidente da **International Society for Subterranean Biology (ISSB)**, gestão: 2022-2024.*
- k. *Participação como membro no **Conselho do Patrimônio Espeleológico de São Paulo (CESP)** - conselheira pela UFSCar e IBES, cancelado pela Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente (SIMA), SP;*
- l. *Orientação de alunos de graduação, pós-graduação e supervisão de pós-doutorados, com resultados pertinentes ao presente projeto (18 orientações/supervisões no total): **Dayana Ferreira Torres**. Assembleias de morcegos influenciam comunidades de invertebrados subterrâneos atuam sobre a dinâmica de cavernas calcárias e ferríferas no Brasil? 2023. Dissertação (Mestrado em Programa de Pós-graduação em Ecologia e Recursos Naturais) - Universidade Federal de São Carlos, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. Orientador: Maria Elina Bichuette; **Lígia Maria Saback Moreira Dornellas**. Avaliação do impacto ambiental sobre a fauna de cavernas causado pelo avanço da supressão vegetal na Serra do Sapó, Minas Gerais. 2022. Dissertação (Mestrado em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre) - Universidade Federal de Minas Gerais. Co-orientador: Maria Elina Bichuette; **Jessica Scaglione Gallo**. Diferenciação de diplópodes epígeos e hipógeos do Neotrópico: uma abordagem morfológica, molecular e ecológica. 2024. Tese (Doutorado em Programa de Pós-graduação em Biologia Comparada) - FFCLRP-USP, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. Orientador: Maria Elina Bichuette; **Tamires Zepon**. 2022. Universidade Federal de São Carlos, Instituto Brasileiro de Desenvolvimento e Sustentabilidade. Supervisão de Pós-Doutorado. Supervisor: Maria Elina Bichuette; **Jonas Eduardo Gallão**. 2023. Universidade Federal de São Carlos, Instituto Brasileiro de Desenvolvimento e Sustentabilidade. Supervisão de Pós-Doutorado. Supervisor: Maria Elina Bichuette; **Bianca Claro Mafra Oliveira**. Distribuição e morfologia das ordens Amphipoda e Spelaeogriphacea (Crustacea: Malacostraca) em cavernas no Brasil. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Federal de São Carlos. Orientador: Maria Elina Bichuette; **Ana Clara Capa Tuão**. Ontogenia e Longevidade em Peixes de Águas Subterrâneas Brasileiras (Ostariophysi: Siluriformes, Characiformes). 2024. Iniciação Científica. (Graduando em*

Ciências Biológicas) - Universidade Federal de São Carlos, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. Orientador: *Maria Elina Bichuette; **Bianca Claro Mafra de Oliveira***. *A diversidade subterrânea dos Amphipoda (Crustacea: Malacostraca) no Brasil: Distribuição, Conservação e Divulgação*. 2023. Iniciação Científica. (Graduando em Ciências Biológicas) - Universidade Federal de São Carlos, Instituto Brasileiro de Desenvolvimento e Sustentabilidade. Orientador: *Maria Elina Bichuette; **Emilly Letícia da Silva***. *Distribuição e Ecologia de Isópodes de habitats subterrâneos no Brasil, com ênfase na família Armadillidae (Malacostraca: Oniscidea)*. 2023. Iniciação Científica. (Graduando em Ciências Biológicas) - Universidade Federal de São Carlos, Instituto Brasileiro de Desenvolvimento e Sustentabilidade. Orientador: *Maria Elina Bichuette; **Maria Fernanda Castilho Zancheta***. *Diversidade e Conservação da Fauna Subterrânea Brasileira com enfoque em Isopoda (Oniscidea)*. 2023. Iniciação Científica. (Graduando em Ciências Biológicas) - Universidade Federal de São Carlos, Instituto Brasileiro de Desenvolvimento e Sustentabilidade. Orientador: *Maria Elina Bichuette; **Thalia Rodovanski da Silva***. *Anatomia comparada do encéfalo e sistema sensorial em bagres subterrâneos e epígeos da Chapada Diamantina, Bahia (Siluriformes, Trichomycteridae, Copionodontinae)*. 2023. Iniciação Científica. (Graduando em Ciências Biológicas) - Universidade Federal de São Carlos. Co-orientador: *Maria Elina Bichuette; **Marcus Vinícius da Silva Agua Duarte***. *Projeto Biodiversidade Troglófilo Brasil (PBIOTROGLOPHILEBR): uma riqueza subestimada*. 2023. Iniciação Científica. (Graduando em Ciências Biológicas) - Universidade Federal de São Carlos, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. Orientador: *Maria Elina Bichuette; **Marcus Vinícius da Silva Agua Duarte***. *Organização de um banco de dados da biodiversidade subterrânea brasileira com ênfase nos troglófilos*. 2022. Iniciação Científica. (Graduando em Ciências Biológicas) - Universidade Federal de São Carlos, Instituto Brasileiro de Desenvolvimento e Sustentabilidade. Orientador: *Maria Elina Bichuette; **Vinícios Donizete de Souza***. *Curadoria de coleções biológicas - peixes ósseos de habitats subterrâneos (Osteichthyes)*. 2024. Orientação de outra natureza. (Ciências Biológicas) - Universidade Federal de São Carlos, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. Orientador: *Maria Elina Bichuette; **Laura Ferreira dos Santos***. *Curadoria, Diversidade, Conservação e Divulgação de Fauna Subterrânea Brasileira com enfoque em Gastropoda (Mollusca)*. 2023. Orientação de outra natureza. (Ciências Biológicas) - Universidade Federal de São Carlos, Instituto Brasileiro de Desenvolvimento e Sustentabilidade. Orientador: *Maria Elina Bichuette; **Luana Marçal Sorroche***. *A piaba branca*

Stygichthys typhlops Brittan & Böhlke 1965 do Norte de Minas Gerais: ampliando o conhecimento e a divulgação de um peixe emblemático e ameaçado de águas subterrâneas brasileiras. 2024. Orientação de outra natureza - Universidade Federal de São Carlos, Instituto Brasileiro de Desenvolvimento e Sustentabilidade. Orientador: Maria Elina Bichuette; **Laura Ferreira dos Santos**. Estado da arte e elaboração de chaves dicotômicas para espécies de gastrópodes (Mollusca: Gastropoda) das cavernas dos estados da Bahia e São Paulo. Início: 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Federal de São Carlos. Orientador: Maria Elina Bichuette.

5. Principais desafios encontrados

O projeto teve início apenas em **Janeiro/2021**, quando da tramitação oficial com o CECAV/IABS. Naquele momento estávamos no auge da pandemia, o que levou a um atraso substancial na parte relacionada às expedições e necessidades de adequações para termos resultados para análises, já que tínhamos que tomar as medidas de prevenção ao contágio pelo vírus SARS CoV2 e efetiva proteção da saúde dos alunos e equipe em geral. Naquela ocasião, definimos a estratégia de iniciar alguns objetivos que seriam do final da vigência do projeto, o que possibilitou um bom andamento do projeto. Por exemplo, a atribuição e orientação/supervisão de Bolsistas (Pós-Doutorado/Iniciação Científica/Técnica), os quais efetuaram estudos com material já coletado e geraram publicações em periódicos, participação em congressos com apresentação de trabalhos, produção de material de divulgação, organização e elaboração de listagens faunísticas para análises, submissão de pedidos de autorização de coletas para órgãos federais (SISBIO/ICMBio) e estaduais (Fundação Florestal/SP) (**vide tópicos 9, 12, 14 e 15**).

Neste quesito o projeto cumpriu mais de 80% do proposto originalmente: formação de recursos humanos, elaboração e organização de listas faunísticas (para análises e publicações) e divulgação científica, descrições de dezenas de espécies, um número maior de expedições do proposto originalmente, orientação de pelo menos 10 trabalhos de formação e a nucleação destes orientandos (Jessica Scaglione Gallo e Jonas Eduardo Gallão são atualmente professores universitários e continuam com a linha de pesquisa em fauna subterrânea; Marcus Duarte é pós-graduando do PPGERN/UFSCar - Mestrado; Laura Ferreira dos Santos irá prestar o processo seletivo para pós-graduação em Biologia Comparada da USP).

As análises ecológicas relacionadas à biodiversidade de três outras regiões deverão ser finalizadas em Junho/2025 (SP - PETAR e PEI e entorno, Caeté/MG e Mato

Grosso – Nobres, Curvelândia, Parque Nacional da Chapada dos Guimarães e Cáceres) e agrupadas em único trabalho para submissão. As listagens faunísticas estão prontas para Bahia (Serra do Ramalho), MT e SP (parte, PEI e entorno e PECD). Esse atraso se deveu ao grande volume de dados e à necessidade de incluirmos estas análises (de relevância e filogenética) em um único trabalho para termos mais objetividade na proposta.

Para outras regiões temos dados gerais, mas há a necessidade de mais amostragens (e.g. Paripiranga/BA, Maranhão e Tocantins), pois faltam listas confiáveis de fauna registrada e ecologias. Além destas análises, as listas oriundas de outras regiões amostradas contribuíram para um trabalho de análise de défcies (*shortfalls*) e conservação de fauna subterrânea troglófila; tal trabalho já está aceito no periódico ***Biota Neotropica***, discutindo a relevância da fauna troglófila, negligenciada em estudos de conservação de cavernas (**vide tópico 17**).

Por fim, o objetivo era monitorar as populações-chave de troglóbios das espécies *Xangoniscus aganju* - Isopoda da Serra do Ramalho/BA; *Spelaeobochica muchmorei* - pseudoescorpião do PETAR/SP e *Pimelodella kronei* - bagre-cego de Iporanga/SP). Devido às dificuldades nos anos pandêmicos de 2021/2022 (2022 foi a volta das atividades, ainda controlada), decidimos monitorar duas populações ameaçadas de uma mesma cavidade, desprotegida do ponto de vista legal: *Spelaeobochica muchmorei* - Pseudoescorpião e *Leodesmus yporangae* - Diplopoda, ambas com ocorrência na caverna Ressurgência das Areias de Águas Quentes (região do Alto Ribeira/SP, parte do Sistema Areias).

6. Discussão:

Diferentemente de um índice tradicional de diversidade, a **Distinção Taxonômica** considera a presença de espécies raras e espécies comuns uma vez que espécies raras são mais filogeneticamente distantes das outras espécies em uma comunidade. Além disso, o índice de **Distinção Taxonômica** é uma medida robusta em comparação com os índices tradicionais de diversidade (Alfa), pois é independente do esforço de amostragem (Warwick & Clarke 1998). Uma única amostragem, suficientemente robusta pode ser utilizada na aplicação do índice. Trabalhos focados em cavidades no Brasil já aplicaram tal índice (Gallão & Bichuette 2015, Bichuette et al. 2019, do Monte & Bichuette 2020). Nesses trabalhos os autores discutem a questão da necessidade de uso de índices mais robustos e ao mesmo tempo, objetivos.

O uso de mapas de polígono para entender padrões e tendências de distribuição de diversidade tem sido utilizado para trabalhos com foco biogeográfico e sistemático. Poucos trabalhos discutem a importância do uso de polígonos para compreensão de

distribuição ou endemismo focando a fauna subterrânea (e.g. Niztu et al. 2018). Para o Brasil propomos pela primeira vez tal análise. O único mapeamento feito para fauna troglóbia brasileira, mostrando os impactos e ameaças foi o conduzido por Gallão & Bichuette (2018), sem a proposta dos polígonos. Neste trabalho os autores já detalham os impactos em diversas regiões no Brasil, trata-se de um trabalho base para discussão de conservação. A confecção de um mapa com polígonos mostrando padrões de biodiversidade é um processo complexo, que requer uma boa coleta de dados, análise espacial e um *software* adequado. A combinação dessas ferramentas ajuda a identificar padrões importantes de distribuição e abundância de espécies, e pode ser um recurso valioso para apoiar ações de conservação e tomada de decisões.

Gallão & Bichuette (2018) discutiram exaustivamente a questão de medidas plausíveis de conservação de táxons subterrâneos e, conseqüentemente, cavernas. O reconhecimento da importância e da fragilidade dos ambientes subterrâneos pelos órgãos governamentais está se tornando evidente com a inclusão da fauna subterrânea obrigatória em listas de espécies ameaçadas, já que, quando há essa inclusão, a caverna é categorizada como de relevância máxima evitando totalmente a destruição/supressão da caverna, portanto, a Lista Vermelha da IUCN se torna uma das ferramentas mais importantes para a proteção de cavernas no Brasil. Entretanto, embasar apenas na Lista Vermelha da IUCN inviabiliza tomadas de decisões, e mesclar métodos de análise é fundamental.

7. Conclusão:

Os atributos biológicos propostos para análise de relevância vigente (IN número 2 de 2017 de acordo com Decreto 6640 de 2008) traz pouca objetividade e interpretações dúbias. Na tentativa de aplicá-la em cavernas já sabidas como de Relevância Máxima (Nordeste de Goiás e Gruta da Tapagem), houve desde uma facilidade (Nordeste de Goiás) para categorizá-las até interpretações dúbias e dificuldade de aplicabilidade dos atributos (Gruta da Tapagem).

A análise de Diversidade Filogenética, juntamente com o mapa de polígonos, para a Serra do Ramalho, mostrou que, mesmo cavidades com potencial à fauna singular/troglóbia/endêmica, pode apresentar baixos valores de Distinção Taxonômica. este fato foi observado para algumas cavidades onde registramos impactos consideráveis, como retirada de água, desmatamento no entorno, empobrecendo a qualidade ambiental, depósito de lixo, bombas instaladas, pisoteio sobre o relevo cárstico e dentro de algumas cavidades (abrigo de criações). Assim, essa análise possibilita também a detecção de impactos. O mapa, ainda, além de agrupar pontos quentes e tendências de distribuição faunística troglóbia, sugere possíveis áreas para

agrupamento em unidades de conservação que possibilitem sua proteção. Os mapas são, portanto, preditíveis para definição de áreas prioritárias.

Sugerimos fortemente análises mais robustas e revisão dos atributos biológicos da IN número 2 de 2017 incorporando conceitos de **Diversidade Filogenética** (que mostra as cavidades especiais do ponto de vista filogenético e os impactos locais), além da utilização de mapas poligonais de distribuição e ocorrência da fauna. Esses métodos combinados de TD e mapas poligonais representam análises mais robustas do que índices tradicionais de Diversidade (Alfa), que embasaram grande parte da IN número 2 de 2017.

Por fim, a condução desse projeto foi desafiadora e, ao mesmo tempo, instigante. Foi possível compreender e corroborar ideias já presentes em artigos que temos publicado, sobre métodos de análises, dentre outros. Entretanto, pudemos amadurecer outras ideias e verificar que os caminhos da conservação precisam ser sempre discutidos. Nesse sentido, o financiamento do projeto possibilitou gerar, além de um volume enorme de dados, formação de recursos humanos, descobertas e descrições de dezenas de espécies novas para a ciência (muitas ainda em descrição) e divulgação desse conhecimento, o qual não deve ser engavetado. Portanto, agradeço essa oportunidade.

8. Recursos financeiros utilizados x previsão de gastos (importância dos serviços PJ contratados e os materiais permanentes adquiridos):

A utilização dos recursos sofreu poucas mudanças, sem necessidade de criação de novas alíneas, apenas com transposição de valores. Utilizamos o financiamento principalmente para o pagamento de Bolsistas (Pós-Doutorado/PD; Iniciação Científica/IC; Bolsa Técnica/BT – relacionado à formação de recursos humanos e treinamento técnico em curadoria de coleção científica, zoologia) e compra de material permanente, duas alíneas cruciais no projeto. Nesse último caso, foram adquiridos um Estereomicroscópio (Lupa), em Abril/2022 e uma câmera fotográfica digital (compra efetuada em Novembro/2022), além dos valores (alínea de diárias, transporte e serviços de terceiros) que tiveram uso principalmente em 2023 e 2024.

Cabe destacar a enorme assistência, o apoio e a paciência da equipe do IABS, os quais foram super ágeis e solícitos em responder quaisquer dúvidas e aflições relacionadas ao projeto, principalmente no momento que ele se iniciou, **pandêmico**. Sem o apoio institucional do IABS o projeto certamente não estaria no caminho de ser finalizado com sucesso.

9. ANEXO 1 - Orientações de estudantes de graduação e Supervisões de Pós-Doutorado (bolsistas do Subprojeto)
10. ANEXO 2 - Fotos gerais: Cavidades, paisagens, fauna (Autorias: AO LOBO, JE GALLÃO, AA GAMBARINI, ME BICHUETTE). Uso específico para este relatório.
11. ANEXO 3 - Análises de relevância e filogenética e mapa com polígonos, com proposta de metodologia alternativa à Instrução Normativa
12. ANEXO 4 - Produtos de Divulgação (*Cards* - CDVs, *Folders*, Miniguias)
13. ANEXO 5 - Coordenação, Organização e Participação de/em Workshops, Simpósios, Congressos, relacionados ao Subprojeto. Palestras e Cursos.
14. ANEXO 6 - Resumos publicados em Congressos/Simpósios/Encontros, Palestras e Cursos relacionados ao Subprojeto ou consequente deste
15. ANEXO 7 - Listas Faunísticas gerais (finalizadas para análises e em andamento de validação)
16. ANEXO 8 - Trabalhos publicados em periódicos científicos arbitrados e indexados (Janeiro/2021 a Março/2025)
17. ANEXO 9 - Manuscrito sobre a fauna troglófila brasileira (aceito para publicação, *Biota Neotropica*)

19. Referências Bibliográficas:

- Bichuette ME, Simões LB, Zepon T, von Schimonsky DM, Gallão JE (2019) Richness and taxonomic distinctness of cave invertebrates from the northeastern state of Goiás, central Brazil: a vulnerable and singular area. *Subterranean Biology* 29: 1-33. <https://doi.org/10.3897/subtbiol.29.30418>
- Brasil (2008) Ministério do Meio Ambiente - MMA. Decreto Nº 6.640, de 7 de Novembro de 2008. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2008/Decreto/D6640.htm [last access 20/03/2025]
- Cianciaruso MV, Silva IA, Batalha MA (2009) Diversidades filogenética e funcional: novas abordagens para a Ecologia de comunidades. *Biota Neotropica* 93: <http://www.biotaneotropica.org.br/v9n3/en/abstract?article+bn01309032009>
- Faith DP (1992) Conservation evaluation and phylogenetic diversity. *Biological Conservation* 61(1):1-10.
- Gallão JE, Bichuette ME (2015) Taxonomic distinctness and conservation of a new high biodiversity subterranean area in Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 87(1): 209–217. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201520140312>
- Gallão JE, Bichuette ME (2018) Brazilian obligatory subterranean fauna and threats to the hypogean environment. *ZooKeys* 746: 1-23. <https://doi.org/10.3897/zookeys.746.15140>
- May RM (1990) Taxonomy as destiny. *Nature* 347:129-130.
- Ministério do Meio Ambiente (2017) Normative Instruction number 2 from August, 30. http://www.icmbio.gov.br/cecav/images/stories/downloads/Legislacao/IN_02_2017_MMA_30Ago17.pdf [last access 07/03/2025]

- Monte BGO, Bichuette ME (2020). Taxonomic Distinctness of the subterranean fauna from Peruaçu Caves National Park state of Minas Gerais, eastern Brazil. *Biota Neotropica* 20(1): e20190810. <http://dx.doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2019-0810>
- Nitzu E, Vlaicu M, Giurginca A, Meleg IN, Popa I, Nae A, Baba S (2018) Assessing preservation priorities of caves and karst areas using the frequency of endemic cave-dwelling species. *International Journal of Speleology* 47: 43-52. Available at: <https://digitalcommons.usf.edu/ijs/vol47/iss1/4>
- R Core Team (2017) R: A Language and Environment for Statistical Computing. R foundation for statistical computing, Vienna. Available from URL: <http://www.R-project.org/>
- Warwick RM, Clarke KR (1995) New “biodiversity” measures reveal a decrease in taxonomic distinctness with increasing stress. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 129:301-305.
- Warwick RM, Clarke KR (1998) Taxonomic distinctness and environmental assessment. *Journal of Applied Ecology* 35: 532-543.
- Webb CO (2000) Exploring the phylogenetic structure of ecological communities: an example for rain forest trees. *American Naturalist* 156(1): 145-155.