



Cavernas do Brasil

Relatório de conclusão da Ação 4.2

PAN Cavernas do Brasil

Autores em ordem alfabética: Allan Calux,
Cláudia Alves, Cristiano Ferreira, José Carlos
Reino, Mylene Born, Tiago Silva

Ação 4.2: Identificar áreas prioritárias para ações de prospecção e inventário sobre o patrimônio espeleológico.

Produto: Mapa de áreas prioritárias para prospecção.

Resultado esperado: Mapa de áreas prioritárias para prospecção utilizado nas expedições para prospecção de cavernas.

Autores: Allan Silas Calux (SBE), Cláudia Simone da Luz Alves (CECAV), Cristiano Fernandes Ferreira (CECAV), José Carlos Ribeiro Reino (CECAV), Mylene Berbert Born (CPRM), Tiago Castro Silva (CECAV).

Colaboradores: Centro de Estudos em Biologia Subterrânea (UFLA), Sociedade Nordestina de Espeleologia - Espeleonordeste, Grupo espeleológico de Apiaí - GESAP, Grupo de Estudos Espeleológicos do Paraná - Açungui (GEEP-AÇUNGUI), Grupo Mundo Subterrâneo de Espeleologia, Grupo Universitário de Pesquisas Espeleológicas - GUPE, Meandros Espeleo Clube.

Prazo: 2023

Ação 4.2 do PAN Cavernas do Brasil foi realizada com apoio do TCCE ICMBio/Vale nº 01/2022. O termo de compromisso de compensação espeleológica foi firmado entre a Vale S.A. e o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), com gestão operacional realizada pelo Instituto Brasileiro de Desenvolvimento e Sustentabilidade (IABS).

Termo de compromisso



Coordenação Executiva



Gestão Operacional



SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	1
METODOLOGIA	4
RESULTADO	7
ANEXOS	9
ANEXO 1 - Formulário enviado aos grupos de espeleologia.....	10
ANEXO 2 - Tabela com respostas ao formulário	12
ANEXO 3 - Observações quanto ao detalhamento das áreas indicadas	13
AMAPÁ - Lateritas de Mazagão e Cajari	15
PARÁ - Estação Ecológica do Jari	16
PARÁ - Região da Transamazônica.....	17
PARÁ - Calha Norte.....	22
PARÁ - Serra do Maicuru	23
TOCANTINS - Região de Aurora e Taguatinga	24
MATO GROSSO - Região Central	25
GOIÁS - Dolinas de Barbosilândia	28
GOIÁS - Mundo Novo	28
RIO GRANDE DO NORTE	30
BAHIA - Região de Paripiranga, Uauá e Canudos	42
BAHIA - Região de Iraquara	49
BAHIA - Região da Serra do Ramalho	52
MINAS GERAIS - Região Centro-Norte	57
MINAS GERAIS - Região de Natalândia	76
MINAS GERAIS - Região do Vale do Jequitinhonha e Mucuri	79
ESPÍRITO SANTO - Região de Pancas	83
SÃO PAULO - Região do PETAR	86
PARANÁ	89
SANTA CATARINA.....	104

INTRODUÇÃO

O Plano de Ação Nacional para Conservação (PAN) de Cavernas do Brasil foi elaborado em 2021 por meio de encontros virtuais e uma oficina presencial que contou com 25 participantes de 14 instituições, entre pesquisadores, especialistas, terceiro setor e instituições públicas. Esse PAN tem abrangência nacional e possui como alvos de conservação, além do patrimônio espeleológico associado às cavidades naturais subterrâneas, 169 espécies ameaçadas de extinção constantes da Lista Nacional de Espécies Ameaçadas de Extinção. O objetivo geral do PAN Cavernas do Brasil é prevenir, reduzir e mitigar os impactos e danos antrópicos sobre o patrimônio espeleológico brasileiro, espécies e ambientes associados, em cinco anos. Como desdobramento deste objetivo foram estipulados quatro objetivos específicos:

1. Prevenção e redução dos impactos das atividades e empreendimentos efetiva ou potencialmente poluidores ou degradadores do patrimônio espeleológico brasileiro.
2. Prevenção e redução dos danos oriundos do uso desordenado e restauração do patrimônio espeleológico brasileiro e ambientes associados.
3. Promoção da sustentabilidade nos usos turístico, desportivo, científico, educativo e cultural do patrimônio espeleológico.
4. Ampliação, divulgação e disseminação do conhecimento técnico científico e valorização do patrimônio espeleológico brasileiro e ambientes associados.

No âmbito do objetivo específico nº 4, tem-se a ação 4.2 que foi definida como: *Identificar áreas prioritárias para ações de prospecção e inventário sobre o patrimônio espeleológico*. Como resultado desta ação espera-se obter um mapa de áreas prioritárias para prospecção utilizado nas expedições para prospecção de cavernas.

O desenvolvimento da Ação 4.2 iniciou-se em fevereiro de 2022. Inicialmente, a equipe de elaboração foi composta por quatro membros, sendo dois deles pertencentes ao quadro de analistas ambientais do CECAV, um membro vinculado ao Serviço Geológico do Brasil (SCG-CPRM) e outro vinculado à Sociedade Brasileira

de Espeleologia (SBE). A partir de setembro de 2023, outros dois analistas ambientais do CECAV se juntaram ao grupo para conclusão do trabalho.

Durante as primeiras reuniões do grupo, verificou-se que a ação 2.5 do PAN da Bacia do São Francisco possuiu um objetivo semelhante ao desta ação 4.2. Diante disso, a primeira proposta do grupo foi seguir a metodologia adotada na ação 2.5 do PAN da Bacia do São Francisco atualizando as camadas e ampliando a área de abrangência.

Entretanto, após analisarem os resultados da reprodução e atualização da metodologia da ação 2.5, os participantes concluíram que o produto não atendia ao resultado esperado para esta Ação 4.2 pelos seguintes motivos:

- Não se identificou viável a atualização da camada resultante da Ação 7.2 (categorias 3 e 4) devido à complexidade inerente ao processo de definição das Áreas Prioritárias para Conservação do Patrimônio Espeleológico.
- Mesmo se não fosse atualizada, as categorias 3 e 4 das Áreas Prioritárias para Conservação do Patrimônio Espeleológico agrupam ações além de prospecção espeleológica gerando um fator de confusão. Como exemplo desta situação tem-se a região de Cristópolis e Catolândia, na Bahia, onde se encontra uma grande concentração de hexágonos das categorias 3 e 4 justapostos, totalizando 2200 km², e com baixíssima densidade de cavernas ou até ausência delas. A princípio, poderia ser um núcleo de alto interesse para prospecção espeleológica. Porém, ao analisar as características geológicas da região observa-se o predomínio de arenitos da formação Urucuia com baixa potencialidade de ocorrência de cavernas.

Diante desta constatação, optou-se por não mais reproduzir e atualizar a metodologia da Ação 2.5, mas adotar uma nova estratégia: sobreposição do mapa de Potencialidade de Ocorrência de Cavernas (CECAV, 2012) com as cartas geológicas produzidas pela CPRM, com o objetivo de selecionar aqueles litotipos em interseção que têm muito alta potencialidade de ocorrência de cavernas.

Contudo, esta última proposta foi descartada após verificação de campo constatar que uma das áreas indicadas como de alta potencialidade de ocorrência de cavernas tratava-se de uma planície aluvial. Além disso, acredita-se que seria necessária a inclusão de outras camadas de informação, como relevo,

geodiversidade e vulnerabilidade, por exemplo, não disponíveis para todo território nacional ou em escalas inadequadas para seguir com esta proposta. Então, uma terceira metodologia foi sugerida: definição de lacunas de ação prospectiva em áreas com alto potencial de ocorrência de cavernas sujeitas a pressões antrópicas, tomando como base o mapa de regiões espeleológicas constante no livro Cavernas, Atlas do Brasil Subterrâneo.

Esta terceira alternativa também se mostrou inviável, pois o mapa de regiões espeleológicas não foi disponibilizado e sua reprodução mostrou-se um tanto custosa tecnicamente (envolve conhecimentos geológicos de vastas áreas do país) e dispendiosa de tempo (membros do grupo encontraram dificuldade em destinar tempo à realização da tarefa).

Além disso, o grupo preocupava-se com o prazo final para execução da ação, afinal de contas, após 7 reuniões e depois de 1 ano de trabalho, nenhum resultado concreto havia sido alcançado, com todas as alternativas frustradas. Diante destes fatos, tendo em vista a impossibilidade de se aplicar uma metodologia semiautomatizada para a totalidade do território nacional (seja pela ausência de dados ou pela inadequabilidade de escala deles), optou-se por simplificar a metodologia, adotando uma linha mais qualitativa e baseada na experiência do grupo de colaboradores e dos grupos de espeleologia.

Ponderou-se também que a produção de um mapa de áreas prioritárias para prospecção para todo território nacional, como estava sendo pensado, não teria muita aplicação em curto ou médio prazo. Afinal de contas, prospecção espeleológica é uma atividade que demanda muitos recursos financeiros e humanos, que são limitados. Ressalta-se que o estabelecimento de áreas prioritárias resultante desta ação atenderá a esta edição do PAN, mas não esgotará a demanda. Assim, em uma nova edição do PAN, novos conjuntos de áreas poderão ser indicados. Ou mesmo, entende-se que pode se tornar um trabalho contínuo, com publicações regulares destas áreas prioritárias vinculadas a editais para financiamento de expedições.

METODOLOGIA

A definição das áreas prioritárias para prospecção espeleológica partiu da elaboração de um formulário eletrônico destinado aos grupos de espeleologia, solicitando que fossem indicadas 10 áreas que consideram prioritárias para prospecção, tanto na região de atuação do grupo, como no território nacional como um todo ([Anexo 1](#)). Este formulário foi encaminhado via e-mail a todos os grupos de espeleologia cadastrados na base da SBE. Por um período de 35 dias, o formulário permaneceu aberto para receber as colaborações. Comunicados no site do CECAV e na Espeleoinfo nº 28/2023 também foram publicados informando sobre a iniciativa da ação 4.2, a existência do formulário e convidando à colaboração. A essas indicações somou-se algumas áreas identificadas pelos próprios membros do grupo de desenvolvimento da Ação 4.2., sugeridas por serem carentes de pesquisa, mas que têm potencial para ocorrências de cavidade devido à litologia e características geomorfológicas.

No formulário, foi solicitado que, se possível, fossem encaminhados os polígonos das áreas e, no caso de impossibilidade, que fossem descritas as áreas para posterior espacialização por parte dos membros da Ação 4.2. Essa espacialização teve como bases geográficas os limites municipais e os limites de unidades de conservação.

Durante a primeira Monitoria do PAN, em outubro de 2023, os participantes da Oficina deliberaram que o formulário deveria ser aberto também aos grupos de pesquisa que lá estavam, representados pelo Prof. Rodrigo Lopes (UFLA) e Prof. Enrico Bernard (UFPE). O formulário foi então aberto por mais 15 dias para contribuição destes grupos.

No intuito de se obter áreas com limites que tivessem algum sentido ambiental, e não meramente político, aplicou-se às áreas espacializadas algumas ferramentas de geoprocessamento, tendo como subsídios as seguintes camadas:

- Cavernas cadastradas no CANIE até setembro de 2022.
- Unidades geológicas disponibilizadas pelo SGB-CPRM na maior escala disponível.

- Mapa da potencialidade de ocorrência de cavernas (CECAV, 2012).
- As próprias áreas indicadas pelos Grupos de Espeleologia.

Resumidamente, as etapas de geoprocessamento dessas camadas foram as seguintes: Selecionar a unidades geológicas com sobreposição com as áreas indicadas e com os pontos das cavernas constantes no CANIE, a fim de identificar aquelas unidades com potencial ocorrência de cavernas. Paralelamente a isso, foi feita uma interseção das unidades geológicas com as áreas de Muito Alta e Alta potencialidade de ocorrência de cavernas (CECAV, 2012). Os resultados destas duas etapas foram unidos, resultando nas Áreas Prioritárias para Prospecção Espeleológica (Figura 1). Durante este processo, avaliações qualitativas quanto à geologia das áreas resultantes também foram feitas e observações importantes foram juntadas ao [Anexo 3](#), que deve **obrigatoriamente ser consultado antes de se usar o mapa resultante desta ação para qualquer fim.**

Foram utilizados os seguintes mapas geológicos:

- Bahia (CPRM 1:1.000.000, 2015).
- Espírito Santo (CPRM 1:400.000, 2018).
- Mato Grosso (CPRM 1:1.000.000, 2015).
- Minas Gerais, 1:1.000.000 (CPRM, versão 2020).
- Pará (CPRM 1:1.000.000, 2015).
- Paraná, 1:600.000 (CPRM, 2021).
- Rio Grande do Norte (CPRM 1:500.000, Versão 2021).
- Santa Catarina, 1:500.000 (CPRM, 2014).
- São Paulo (CPRM 1:750.000, 2015).

Esses mapas com as unidades geológicas foram obtidos no seguinte endereço: <https://geosgb.sgb.gov.br/geosgb/downloads.html>

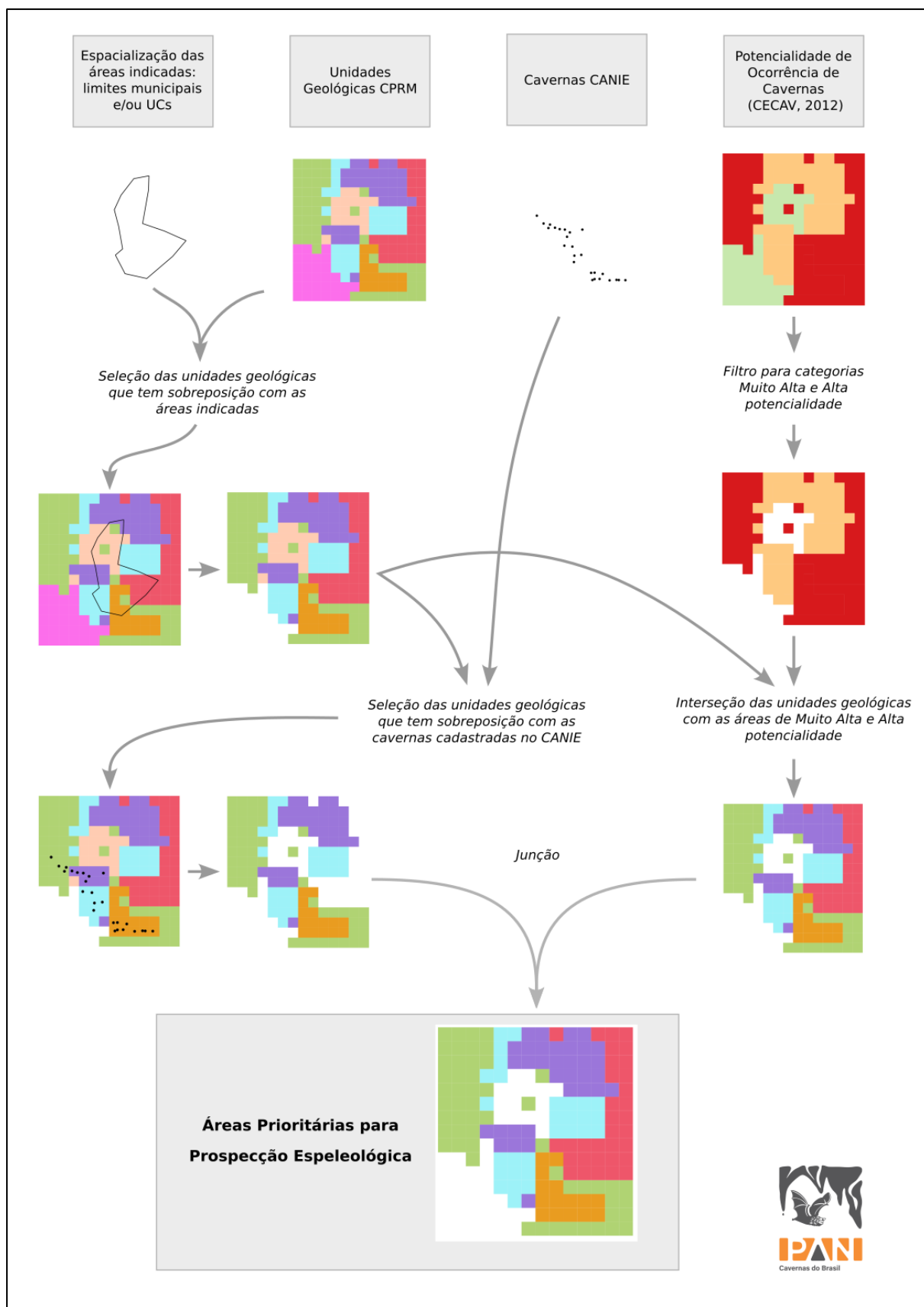


Figura 1 - Resumo dos procedimentos de geoprocessamento adotados no detalhamento das áreas indicadas pelos grupos de espeleologia.

RESULTADO

Seis grupos de espeleologia responderam ao formulário. São eles: Espeleonordeste - Sociedade Nordestina de Espeleologia, GESAP - Grupo Espeleológico de Apiaí, Grupo Mundo Subterrâneo de Espeleologia, Grupo Universitário de Pesquisas Espeleológicas - GUPE, Grupo de Estudos Espeleológicos do Paraná - Açungui (GEEP-AÇUNGUI) e Meandros Espeleo Clube. Esses grupos indicaram ao todo 26 áreas, compreendendo os estados do Amazonas, Pará, Mato Grosso, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Sergipe, Alagoas, Bahia, Minas Gerais, São Paulo, Paraná e Santa Catarina. Houve ainda indicações de 17 áreas, por parte dos grupos de pesquisa e membros do grupo de elaboração desta ação, que se localizam nos estados de Amapá, Goiás, Espírito Santo, Pará e Tocantins ([Anexo 2](#)). Ao final do processo de espacialização e detalhamento das áreas indicadas produziu-se o mapa de áreas prioritária para prospecção espeleológica (Figura 2 - Áreas prioritárias para prospecção espeleológica resultantes da Ação 4.2 do PAN Cavernas do Brasil.Figura 2).

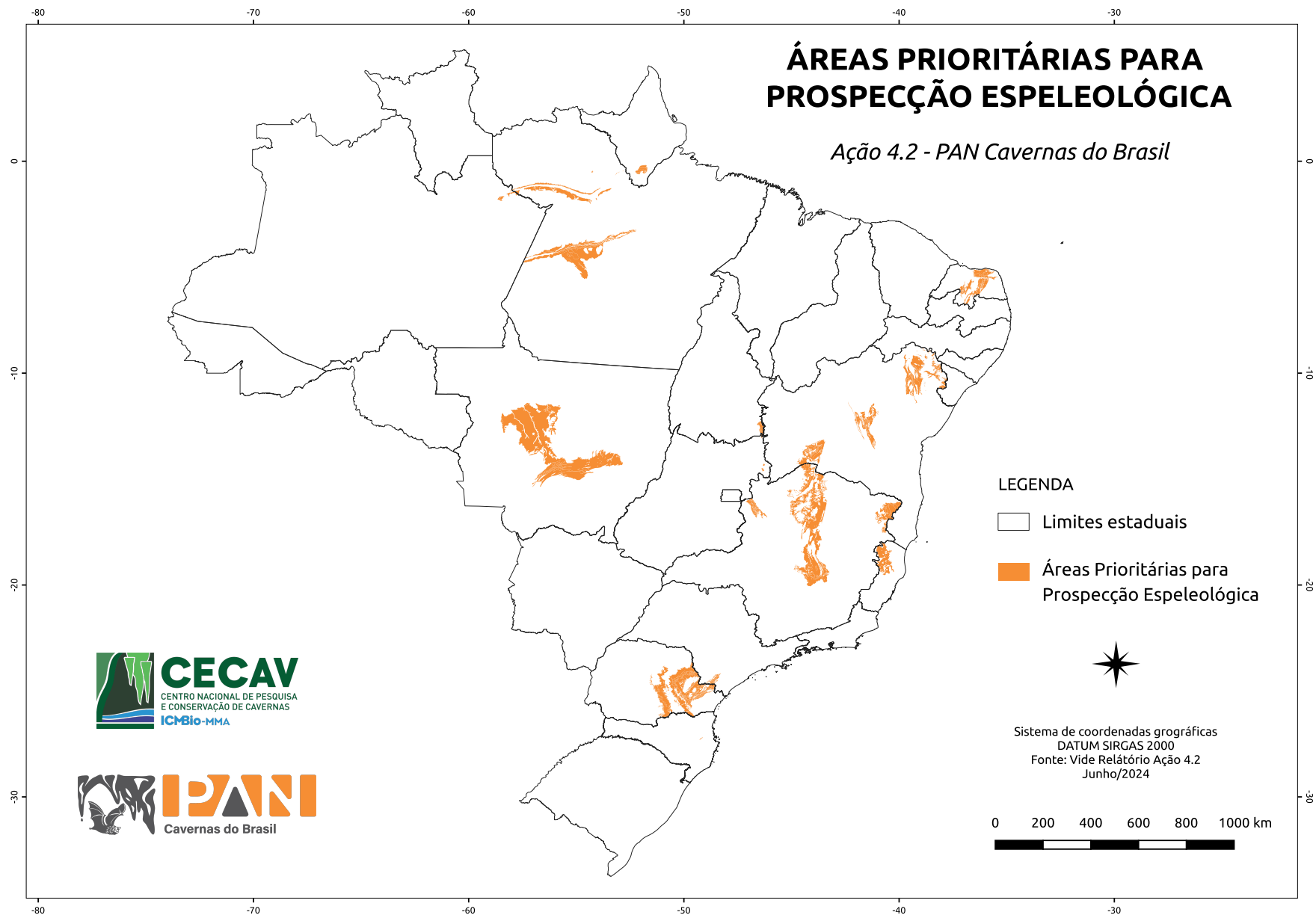


Figura 2 - Áreas prioritárias para prospecção espeleológica resultantes da Ação 4.2 do PAN Cavernas do Brasil.

ANEXOS

ANEXO 1 - Formulário enviado aos grupos de espeleologia

Áreas Prioritárias para Prospeção Espeleológica - 2023 - PAN Cavernas do Brasil

O Plano de Ação Nacional (PAN) Cavernas do Brasil, publicado em 09/08/2022, possui a **ação 4.2** que se destina a **identificar áreas prioritárias para ações de prospecção e inventário sobre o patrimônio espeleológico**. O seu principal produto será um mapa que direcionará prospecções sistemáticas futuras, cujos recursos já estão provisionados em outra ação do PAN. Como primeiro passo, a estratégia de trabalho será compilar, a partir da experiência e conhecimento de associações espeleológicas e grupos de pesquisa, uma lista indicativa de áreas potenciais. Com base nas contribuições oriundas de cada grupo, sistematizadas por meio deste formulário eletrônico, a delimitação das áreas prioritárias poderá ser refinada com o processamento de dados complementares que estejam disponíveis em sistemas públicos de informação, a depender de cada contexto apontado.

Link para o PAN: <https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/biodiversidade/pan/pan-cavernas-do-brasil>

*Fotos: Allan Calux e Mylene Berbert Born

Instruções de preenchimento

- A resposta deverá representar a contribuição da associação espeleológica ou grupo de pesquisa. Respostas individuais serão desconsideradas.
- Indique, em ordem de prioridade, no máximo 10 áreas na **área de atuação** do grupo e 10 áreas em outras regiões do **Brasil** onde o grupo deseja atuar.
- As informações geoespaciais (**polígono**), mesmo que aproximadas, poderão ser encaminhadas ao e-mail (tiago-castro.silva@icmbio.gov.br) seja em formato *shapefile* ou polígonos traçados no Google Earth (*kml* ou *kmz*), contendo como **assunto** o nome do grupo atuante. No caso de *shapefile*, informar o **DATUM** e o **sistema de coordenadas**.
- Recomenda-se que o nome da área indicada esteja contido no **nome do arquivo** do *kml* ou na **tabela de atributos** do *shapefile*.
- Não há discriminação quanto à escala de abrangência.
- O prazo limite para resposta é **31/05/2023**.
- Dúvidas sobre o preenchimento poderão ser encaminhadas ao e-mail (tiago-castro.silva@icmbio.gov.br).

Identificação

Nome da associação espeleológica ou grupo de pesquisa:

E-mail para contato:

Região(ões) de atuação da associação espeleológica ou grupo de pesquisa:

Região de atuação

Liste em **ordem de prioridade** (sendo "área 1" a mais prioritária), com uma breve justificativa, as áreas mais importantes para prospecção espeleológica **na área de atuação do grupo**. Enviar **arquivos geoespaciais** para o e-mail (tiago-castro.silva@icmbio.gov.br).

Área 1 (Nome da localidade, região e município(s) envolvido(s))

Área 1 (Justificativa)

(Espaços para indicar mais nove áreas)

Brasil

Liste em **ordem de prioridade** (sendo "área 1" a mais prioritária), com uma breve justificativa, as áreas mais importantes para prospecção espeleológica **no Brasil**. Enviar **arquivos geoespaciais** para o e-mail (tiago-castro.silva@icmbio.gov.br).

Área 1 (Nome da localidade, região e município(s) envolvido(s))

Área 1 (Justificativa)

(Espaços para indicar mais nove áreas)

Obrigado!

Agradecemos sua contribuição para a conservação do patrimônio espeleológico. Não esqueça! Se tiver arquivos geoespaciais das áreas indicadas envie-os ao e-mail tiago-castro.silva@icmbio.gov.br

ANEXO 2 - Tabela com respostas ao formulário

Anexo 2 – Repostas ao Formulário.xlsx

ANEXO 3 - Observações quanto ao detalhamento das áreas indicadas

Para o processamento, as áreas foram individualizadas e seguiu-se a metodologia descrita. Foram utilizados os mapas geológicos estaduais disponibilizados pelo SGB-CPRM. Cada estado apresenta uma escala. Mapas com escalas maiores (1:250.000 e 1:100.000) não foram encontrados para as áreas selecionadas. Assim, foram utilizadas as seguintes escalas no processamento: estados da Bahia, Mato Grosso, Minas Gerais e Pará: 1:1.000.000; São Paulo: 1:750.000; Paraná: 1:600.000; Rio Grande do Norte e Santa Catarina: 1:500.000; e Espírito Santo 1:400.000.

As diferenças de escalas nos mapas geológicos e de potencialidade não foram consideradas no geoprocessamento dessas áreas. Talvez algumas inconsistências nas áreas prioritárias sejam por conta dessa incompatibilidade de escalas.

A metodologia em si respondeu bem e gerou um resultado aceitável. Alguns ajustes puderam ser feitos para eliminar os “ruídos” gerados nos mapas (polígonos muito pequenos).

Como critérios para definição das áreas prioritárias, conforme a metodologia, foram adotadas:

1. Unidades geológicas com cavidades naturais subterrâneas cadastradas no Canie. Foi considerada toda a extensão da unidade geológica identificada na área selecionada (continuidade espacial).
2. Unidades correspondentes às áreas identificadas como de “Muito Alto” e “Alto” potencial no Mapa de Potencialidades do CECav (2012). Obs. Algumas áreas com médio ou baixo potencial (Cecav, 2012) que tenham registro de cavernas foram mantidas, com base no critério 1.
3. O cruzamento dos dois mapas (geologia x potencial) gerou o mapa com litologias prioritárias para a prospecção por área.

Depósitos aluvionares

Em algumas áreas propostas pelos grupos de espeleologia, a metodologia selecionou áreas de domínio de depósitos aluvionares, tendo em vista haver registro

de cavernas dentro dos limites espaciais dessas unidades, conforme os mapas geológicos utilizados. Entretanto, verificou-se que em alguns casos as cavernas localizadas nessas coberturas recentes ocorrem em afloramentos de unidades geológicas mais antigas, subjacentes e com maior potencial para a ocorrência de cavernas. Geralmente, configuram pequenos afloramentos de rochas carbonáticas, sugerindo serem lentes ou janelas cársticas que ocorrem próximas aos contatos litológicos com unidades adjacentes. Tal fato se deve a escala dos mapeamentos geológicos considerados, que não permitem a delimitação de feições com pequena extensão espacial, como essas com cavernas identificadas nos domínios dos depósitos aluvionares.

Assim, foram mantidas apenas as áreas de depósitos aluvionares que apresentaram maior número de cavernas, inclusive com ocorrências em porções mais internas. Àquelas com reduzido número de registros foram retiradas no refinamento da seleção, seja por compreenderem áreas com pequena distribuição espacial, ou mesmo com ampla distribuição. Nestes casos, pela metodologia absorver grandes áreas de ocorrência de coberturas recentes devido à continuidade espacial dessas unidades nos mapas geológicos utilizados, a seleção chegou a englobar extensões territoriais de caráter regional, dificultando a indicação de áreas mais bem delimitadas como potenciais para as futuras prospecções espeleológicas.

Tais características de ocorrência, apesar de revelarem um viés da escala dos mapas geológicos adotados podem, por sua vez, favorecer a prospecção com foco nos limites dos contatos litológicos entre esses depósitos e unidades carbonáticas adjacentes, entre outras (arenitos, p.ex.), bem como em afloramentos com topografia proeminente localidades mais internas. Portanto, recomenda-se que as estratégias de prospecção espeleológica considerem o refinamento de informações acerca das áreas de ocorrência de depósitos aluvionares com registro de cavernas, como o uso de imagens de satélite e mapas geológicos e geomorfológicos de detalhe, com o objetivo de investigar as bordas e afloramentos de rochas mais propícias a ocorrência de cavernas nessas unidades recentes.

AMAPÁ - Lateritas de Mazagão e Cajari

Códigos: G7A6 ([Anexo 2](#))

No sul do Estado do Amapá, às margens da BR 156 entre Mazagão e Laranjal do Jari ocorrem extensas superfícies lateríticas que abrigam cavernas desta tipologia sem, contudo, terem sido sistematicamente prospectadas. Parte da área selecionada abrange a Reserva Extrativista Rio Cajari, administrada pelo ICMBio (Figura 3). A delimitação foi realizada pelo Google Earth e a inexistência de outras bases de apoio não permitiu uma abrangência mais precisa das áreas de cerrado sobre essas superfícies de canga. Sugere-se que um refinamento seja realizado pós campo exploratório para melhor delimitação ou extensão da área de atuação.

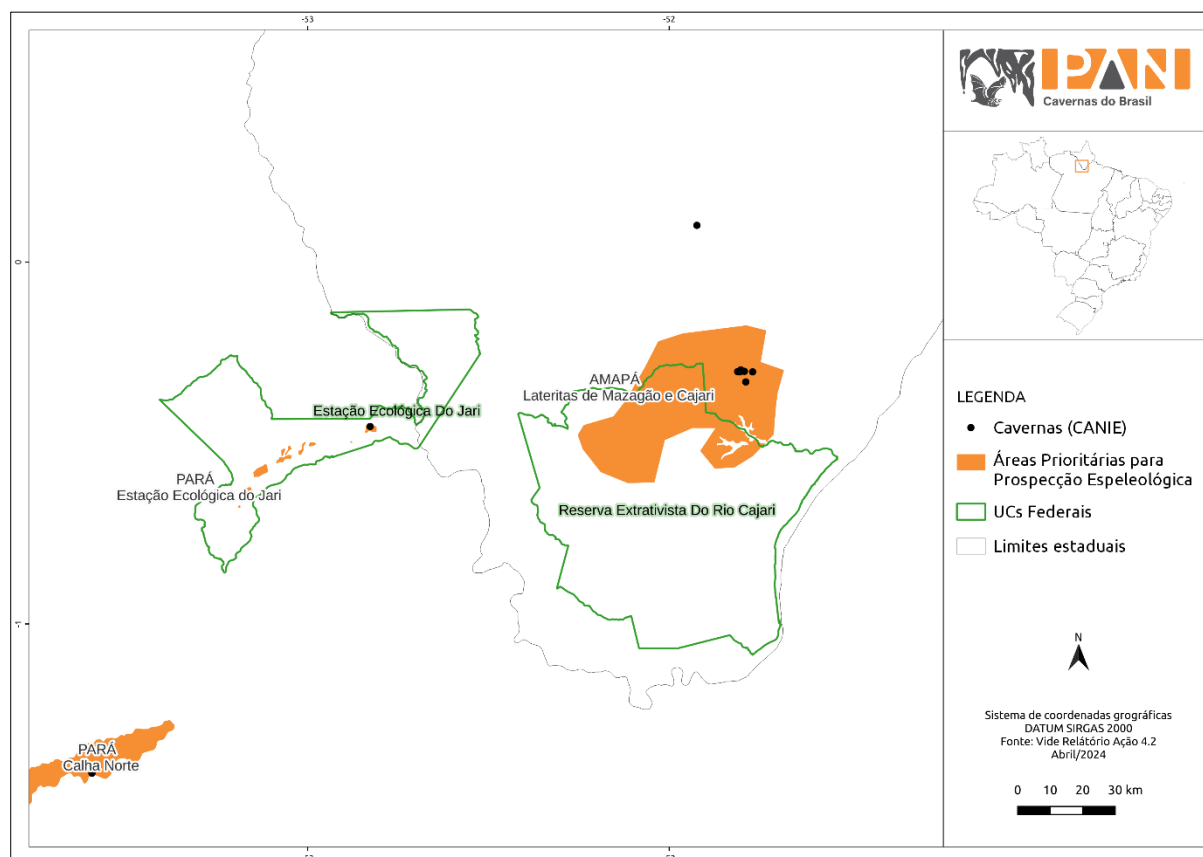


Figura 3 - Áreas prioritárias para prospecção espeleológica no estado do Amapá.

PARÁ - Estação Ecológica do Jari

Códigos: G7A7 ([Anexo 2](#))

A Estação Ecológica do Jari representa um contraforte entre a calha do rio Amazonas ao sul e o escudo das Guianas a norte, abrigando ambientes elevados e de alta energia frente às planícies lindeiras e com materiais muito propícios à formação de cavernas.

São ocorrências de superfícies lateríticas com vegetação savânica no meio da floresta amazônica densa num contexto de topo de relevo tabular siliciclástico (Grupo Trombetas). Apesar de selecionada somente as superfícies lateríticas, com duras carapaças que sustentam cavernas, toda a área da ESEC Jari apresenta potencial espeleológico, especialmente a extensa linha de escarpa arenítica com seus mais de 80m de desnível e 70km de extensão. São conhecidas aos menos três cavernas na região, sendo apenas uma cadastrada no CANIE, justamente a que ocorre próxima à sede da ESEC, constituída de cangas e arenito laterizado (Figura 3). São poucas as imagens disponíveis da área (Google Earth) e talvez um mapeamento mais acurado, com imagens espectrais possa expor outros afloramentos lateríticos.

PARÁ - Região da Transamazônica

Códigos: G2A2 e G2A1 ([Anexo 2](#))

O município de Aveiro tem grande extensão territorial, porém a maior parte está coberta por floresta densa, dificultando a prospecção. Sob a cobertura vegetal, predominam os arenitos caulínicos da Formação Alter do Chão, sem registro de cavernas.

Em Rurópolis, as cavernas registradas ocorrem ao norte do município. Nessa região, os registros estão ao longo da rodovia Transamazônica, onde o acesso é melhor e onde se encontra a litologia mais favorável à ocorrência de cavidades.

As principais ocorrências foram registradas nos arenitos conglomeráticos do Membro Lontra (Formação Maecuru), Formação Ererê e Grupo Curuá, ambas constituídas de arenitos, e Formação Itaituba, composta de rochas calcissilicáticas. As ocorrências do Grupo Iriri (76 cavernas) e granitóides indiferenciados (20 cavernas) foram registradas próximas às bordas, no contato com os arenitos (Tabela 1).

Tabela 1 - Quantidade de cavernas por unidade geológica.

Unidade geológica	Hierarquia	Litotipo	Quantidade de cavernas
Iriri	Grupo	andesito, tufo riolítico, tufo riodacítico, dacito, tufo dacítico, tufito, riolito, riodacito	76
Lontra (Formação Maecuru)	Membro	arenito, conglomerado	52
Ererê	Formação	arenito, folhelho, siltito	14
Itaituba	Formação	arenito, calcilutito, evaporito	20
Granitos Tipo I indiferenciados	Corpo		11
Granitos Tipo A Indiferenciados	Corpo	sienogranito, quartzo sienito, monzogranito	9
Curuá	Grupo	arenito, folhelho, siltito	5
Buiçu	Formação	argilito, conglomerado, tufito, siltito, arenito arcoseano, brecha piroclástica	1
Nova Olinda	Formação	arenito, evaporito, folhelho, siltito	1

Na Formação Itaituba encontra-se a Caverna Paraíso, de grande extensão. Essa formação se estende ao longo da Transamazônica, porém, os registros estão localizados no município de Aveiro e Itaituba, a oeste da área indicada. Na Figura 4 (a-f), estão dispostas as unidades com ocorrência de cavernas na região estudada.

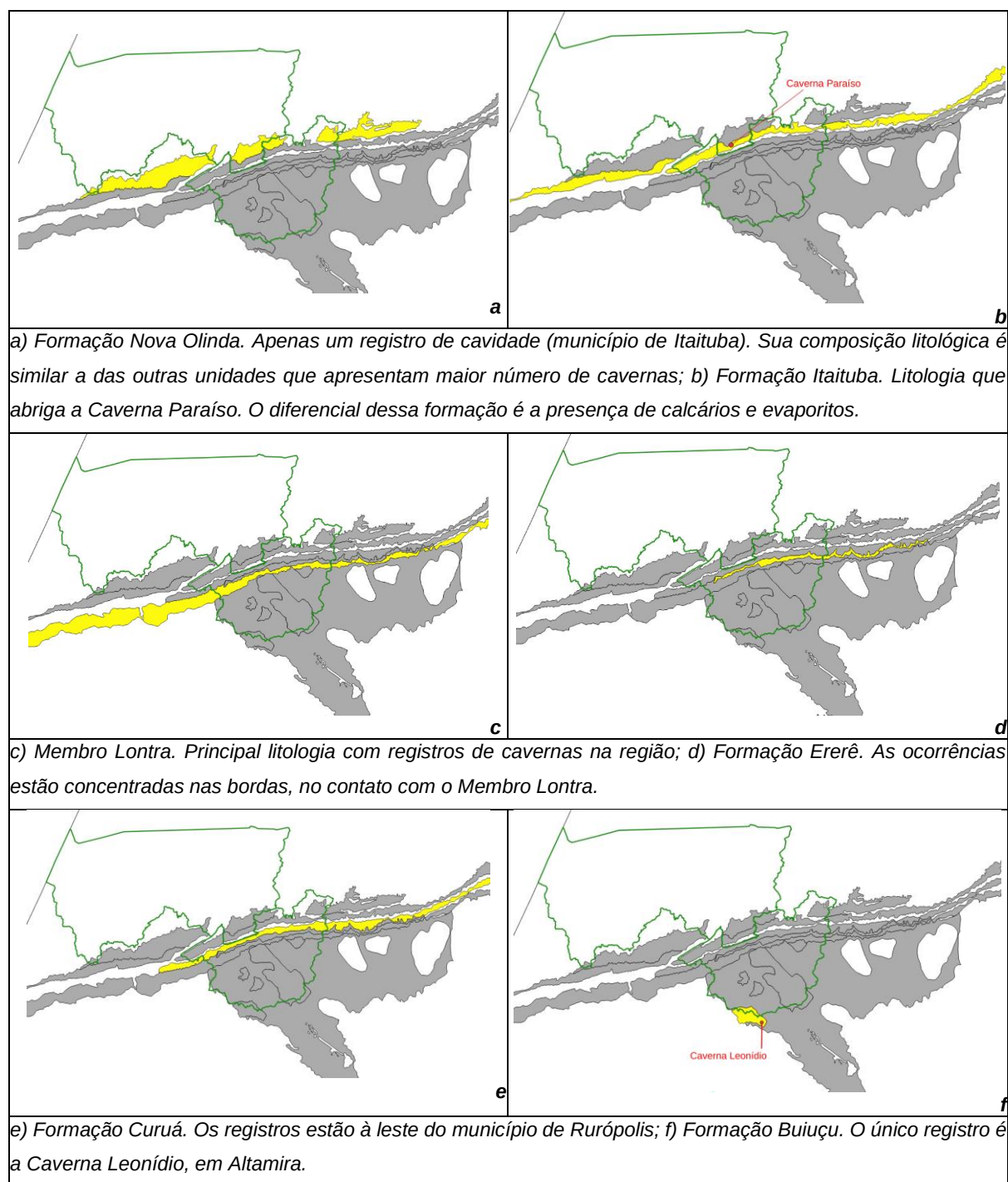


Figura 4 - Área de ocorrência das formações Nova Olinda (a), Itaituba (b), Membro Lontra (c), Ererê (d), Curuá (e) e Buiçu (f).

Caberia investigar, em campo, se as ocorrências em rochas vulcanoclásticas (Figura 5) são reais ou apenas aparentes devido à escala dos mapas utilizados (as ocorrências reais estariam em arenitos subjacentes ou adjacentes a esses corpos granitóides e vulcanoclásticos).

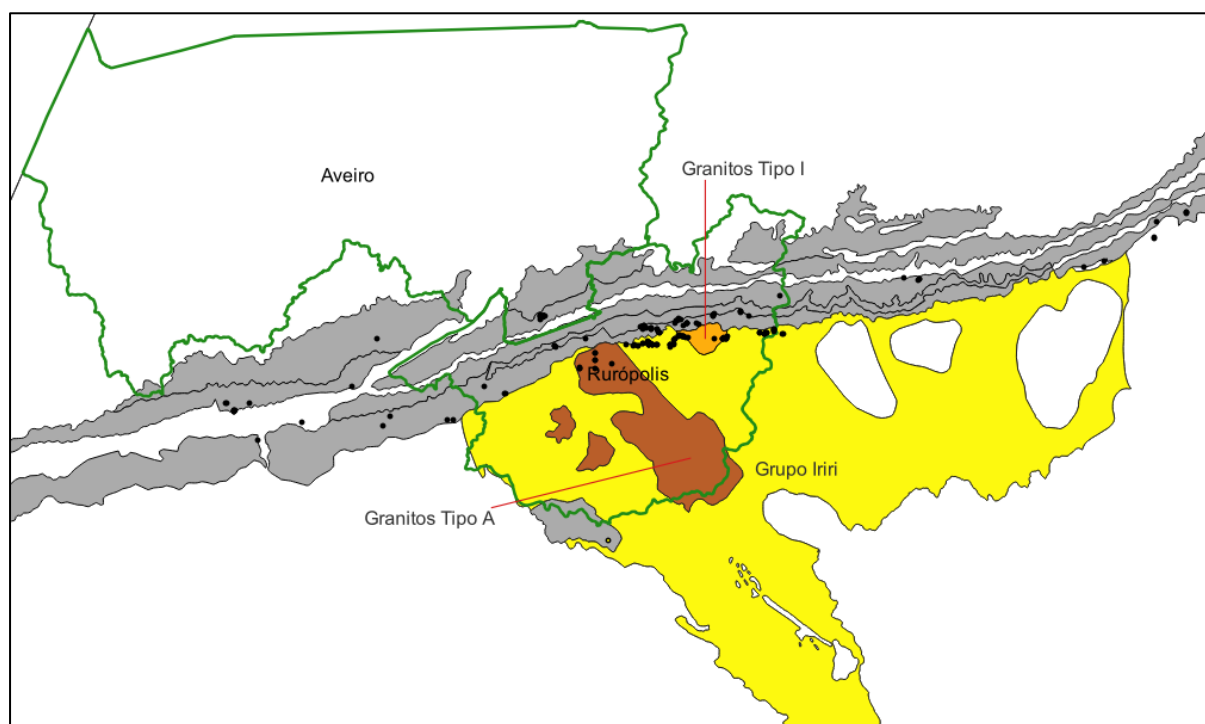


Figura 5 - Registros de cavidades em granitóides e vulcanoclásticas (Grupo Irii) no município de Rurópolis/PA.

Durante o processamento dos dados, algumas unidades geológicas com extensão territorial insignificante na área de estudo e sem presença de cavernas foram retiradas da amostra. São elas: Depósitos aluvionares, Diabásio Penatecaua, formações Alter do Chão, Monte Alegre e Salustiano (Figura 6).

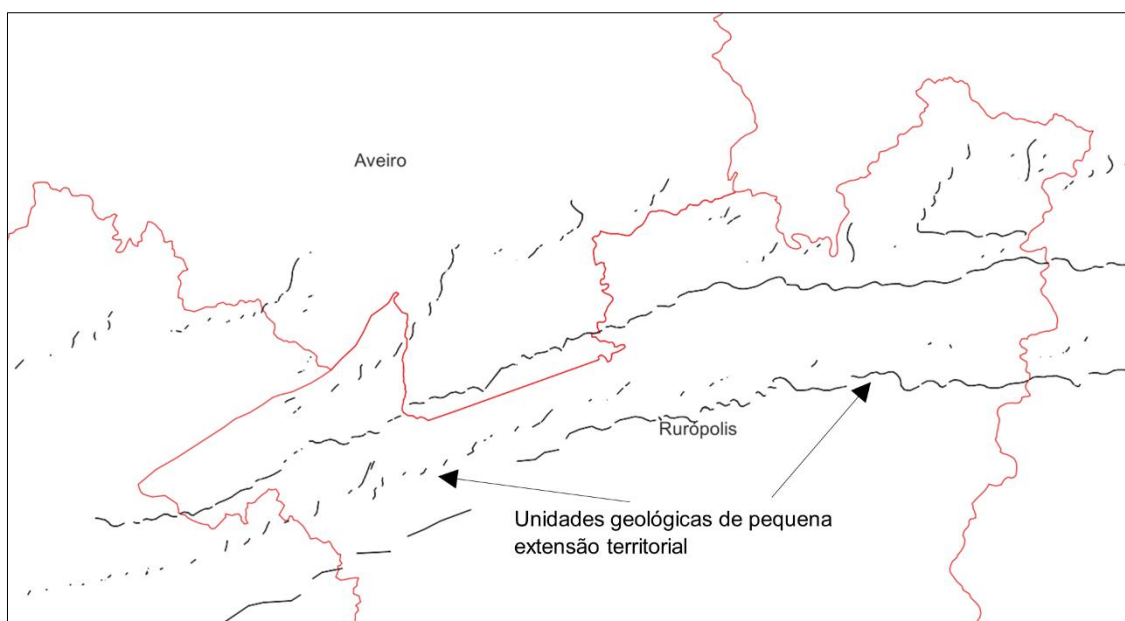


Figura 6 - Unidades geológicas de pequena representatividade na área analisada.

Ao longo da Transamazônica, há vários registros de cavernas nas mesmas formações geológicas representadas na Tabela 1. Assim, as áreas prioritárias para a região de Aveiro e Rurópolis seriam as áreas de ocorrência dessas formações e os contatos com corpos graníticos e vulcanoclásticos.

O resultado da seleção de áreas prioritárias para prospecção espeleológica no Pará na região Transamazônica pode ser visto na Figura 7.

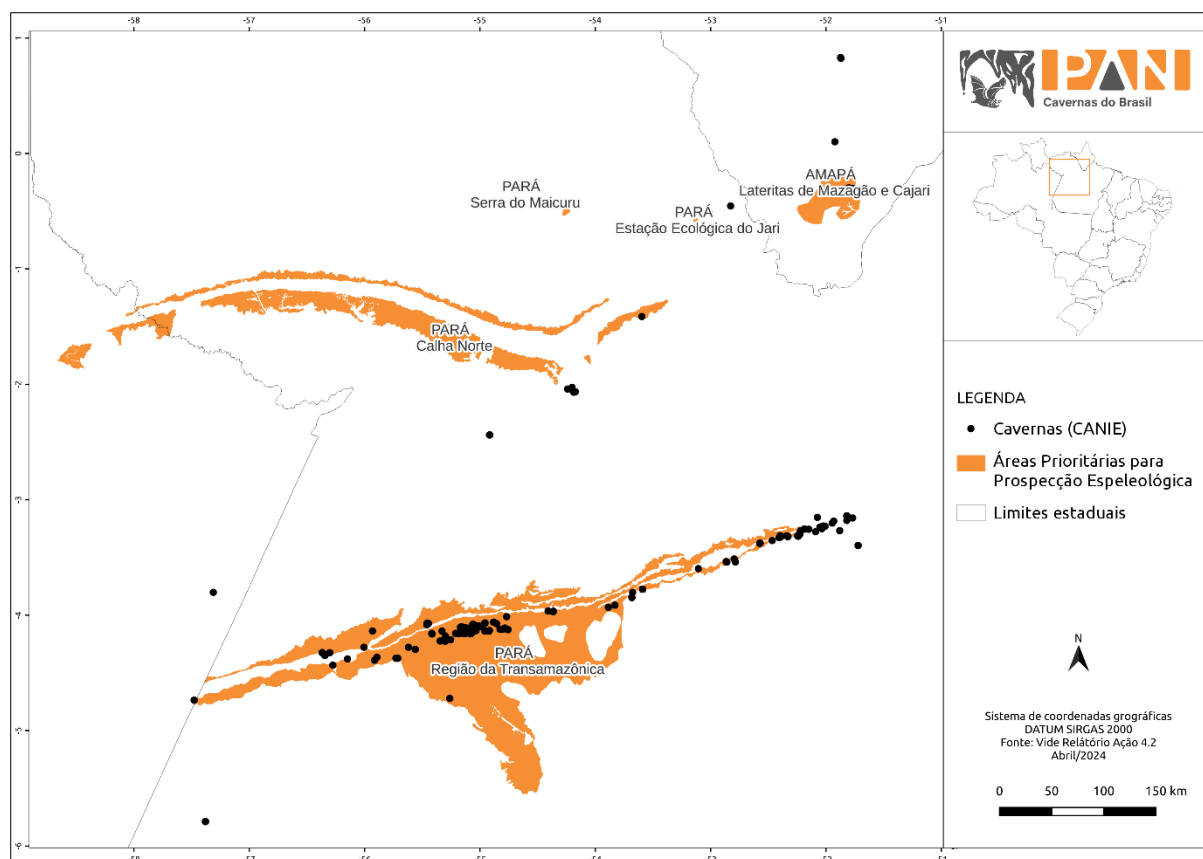


Figura 7 - Áreas prioritárias para prospecção espeleológica no estado do Pará.

PARÁ - Calha Norte

Códigos: G9A1 ([Anexo 2](#))

A região aqui denominada Calha Norte possui grande extensão territorial e é recoberta por floresta densa. A área de interesse espeleológico recobre porções territoriais dos Estados do Amazonas e Pará. Os acessos são incipientes, o que constitui um dos principais desafios para a pesquisa espeleológica na área.

De forma simplificada, a área de interesse é caracterizada pela presença de arenitos, siltitos, folhelhos, evaporitos e, mais raramente, calcários. A unidade geológica com maior potencial para ocorrência de cavernas é a Formação Nova Olinda.

O resultado da seleção de áreas prioritárias para prospecção espeleológica no Pará na Calha Norte pode ser visto na Figura 7.

PARÁ - Serra do Maicuru

Códigos: G9A2 ([Anexo 2](#))

A Serra do Maicuru, localizada a cerca de 170 km do município de Monte Alegre, no Estado do Pará, está inserida nas proximidades da REBIO do Maicuru. No entanto, a serra em si não está protegida pela unidade de conservação.

A área constitui-se como um Complexo alcalino-ultrabásico-carbonalítico com presença de dunitos, piroxenitos, sienitos, traquitos e carbonatitos, intrudidos nas litologias do Complexo Guianense. O intemperismo químico das rochas intrusivas deu origem aos lateritos fofáticos e titaníferos, sendo que os primeiros representam o maior depósito de fosfato até hoje descoberto, na Amazônia. Nesta área, o potencial espeleológico está principalmente relacionado aos encouraçamentos lateríticos.

O resultado da seleção de áreas prioritárias para prospecção espeleológica no Pará na Serra do Maicuru pode ser visto na Figura 8.

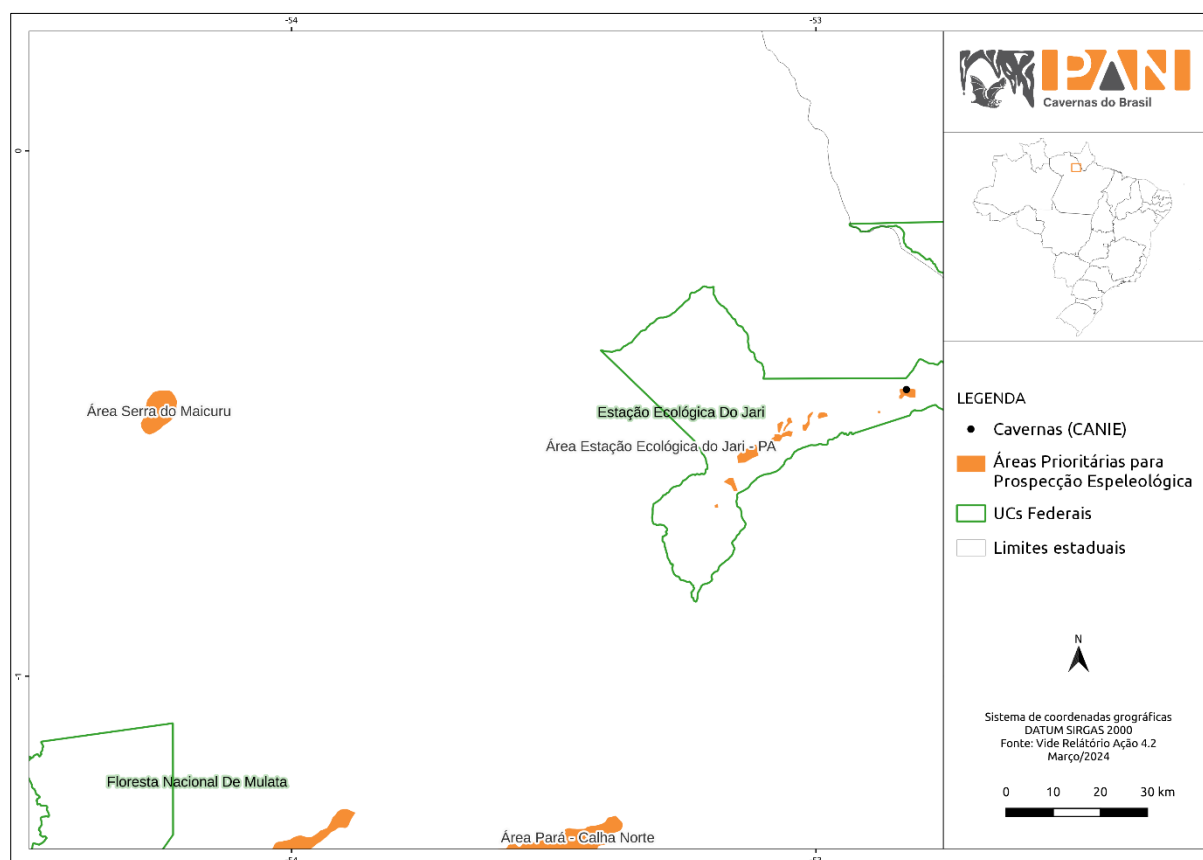


Figura 8 - Áreas prioritárias para prospecção espeleológica no estado do Pará.

TOCANTINS - Região de Aurora e Taguatinga

Códigos: G7A1 ([Anexo 2](#))

Esta região apresenta extensas áreas de calcários aflorantes (G. Bambuí) no contexto de borda de cuesta, representada pela Serra Geral de Goiás (Grupo Urucua). A presença da Serra Geral garante aportes hídricos perenes às áreas cársticas próximas, servindo como indutora da carstificação. Apesar de cerca de 500 cavernas já identificadas no local (CANIE, 2022) a área apresenta um enorme potencial, tendo em vista a quantidade de morros e extensão de afloramentos sem qualquer registro de cavernas ou atividades de prospecção. A delimitação se deu com o uso do Google Earth e o conhecimento expedito dos autores em passagens pela região, que possui grande potencial para novas cavernas, bem como a criação de unidades de conservação. Também é particularmente pressionada por atividades agropecuárias, mineração e outros potenciais danos ao patrimônio espeleológico. O resultado da seleção de áreas prioritárias para prospecção espeleológica pode ser visto na Figura 9.

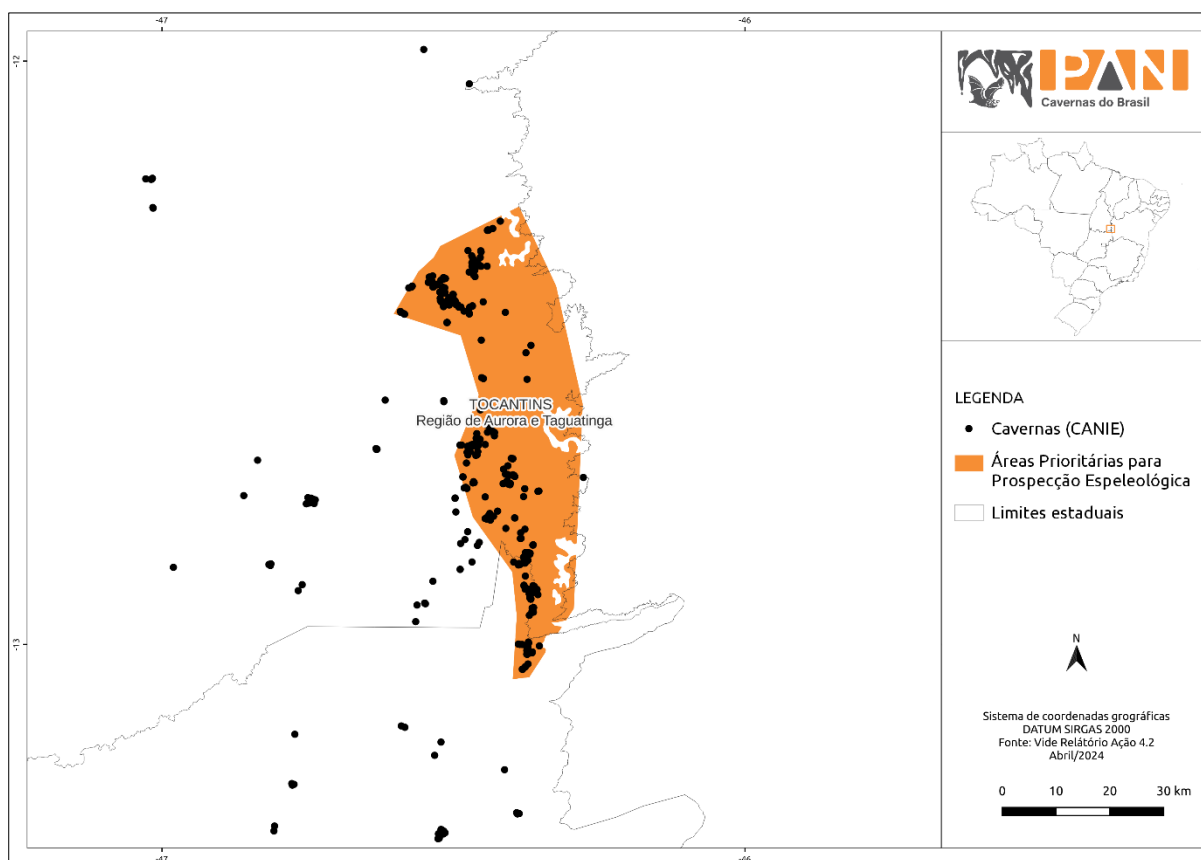


Figura 9 - Área prioritária para prospecção espeleológica no estado do Tocantins.

MATO GROSSO - Região Central

Códigos: G2A3 ([Anexo 2](#))

Área indicada pelo grupo espeleológico Meandros Espeleo Clube. De acordo com o grupo, na região ocorrem muitas cavernas, pouco estudadas e há crescente demanda turística.

As cavernas ocorrem principalmente nas formações Araras, Diamantino e Raizama. A Formação Araras, em outros mapas do SGB-CPRM e na literatura, é referida como Grupo Araras, tendo como membro superior a Formação Nobres.

Os registros de cavidades estão distribuídos conforme Tabela 2.

Tabela 2 - Quantidade de cavernas por unidade geológica.

Unidade Geológica	Hierarquia	Litotipo 1	Litotipo 2	Quantidade de cavernas
Araras - Membro Superior	Formação	dolomito	argilito, arenito, sillexito, siltito	148
Raizama	Formação	arenito, siltito	arcóseo, argilito, conglomerado	17
Diamantino	Formação	folhelho, argilito, siltito	arcóseo	10
Cuiabá - Subunidade 7	Grupo	metaconglomerado	filito	6
Salto das Nuvens	Formação	conglomerado polimítico, arenito conglomerático	arenito, siltito, marga, argilito	1
Puga	Formação	arenito, lamito, diamictito		1

Para essa região, foram desconsideradas as formações Bauxi e coberturas detrito-lateríticas ferruginosas, que aparecem apenas como linhas no mapa.

Na Figura 10 estão demonstradas as litologias de ocorrência de cavernas na região de Nobres, MT.

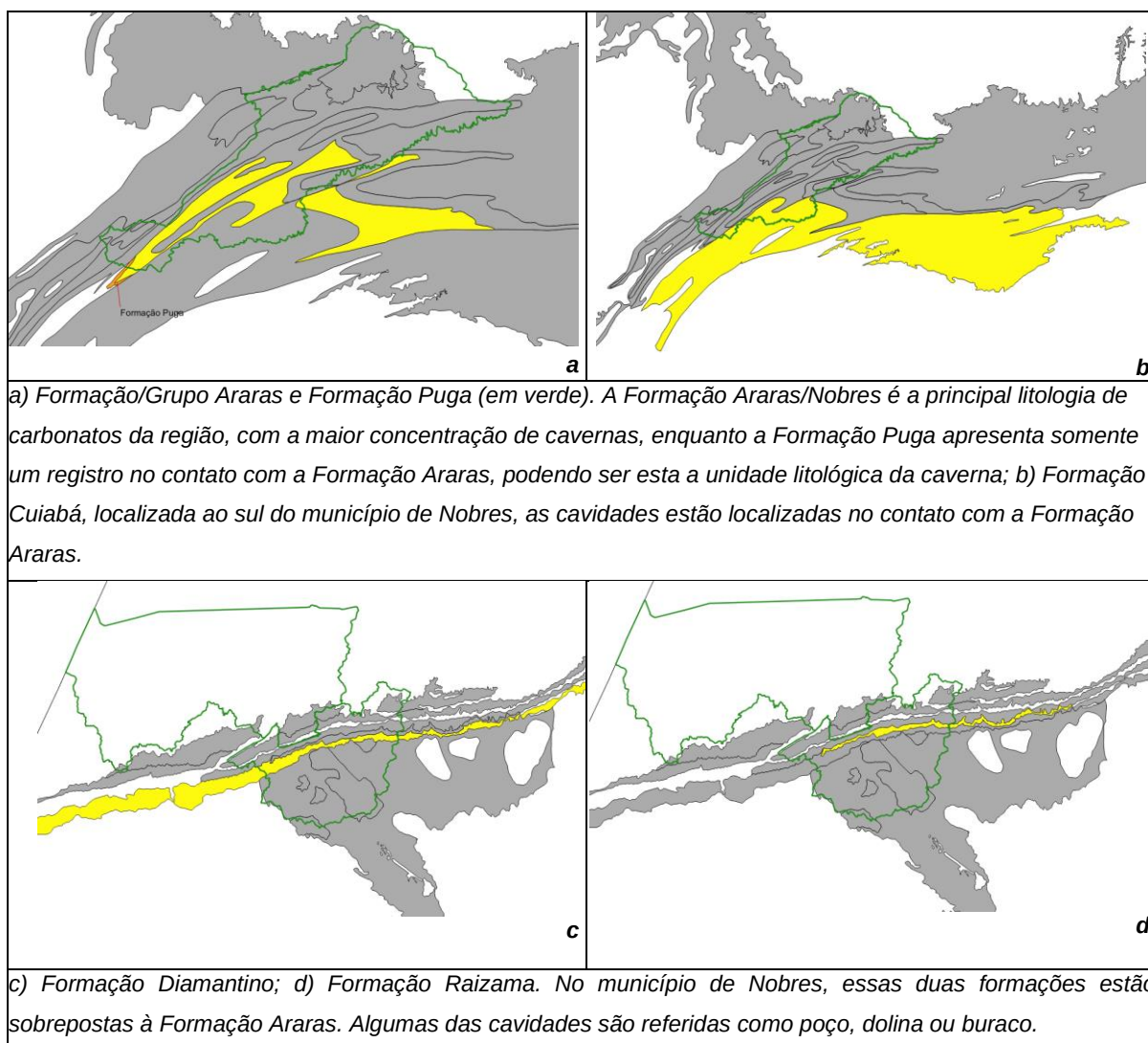


Figura 10 - Unidades geológicas com ocorrências de cavidades na região de Nobres, MT.

A Formação Salto das Nuvens (em destaque na Figura 11) ocupa uma pequena porção no norte da área indicada pelo grupo e uma extensa área no entorno. Pelo mapa de potencialidade, a área dessa Formação é considerada de médio potencial, embora haja somente 1 registro de cavidade (abrigo) na borda da unidade. Tanto essa unidade quanto as unidades circundantes são compostas de arenitos e conglomerados, de modo que não é possível inferir o potencial da Formação Salto das Nuvens utilizando apenas o geoprocessamento. Para este caso, sugerimos investigar, em campo, a porção norte do município de Nobres, onde ocorre essa litologia, para averiguar sua potencialidade ou descartar como litologia improvável de ocorrência de cavernas.

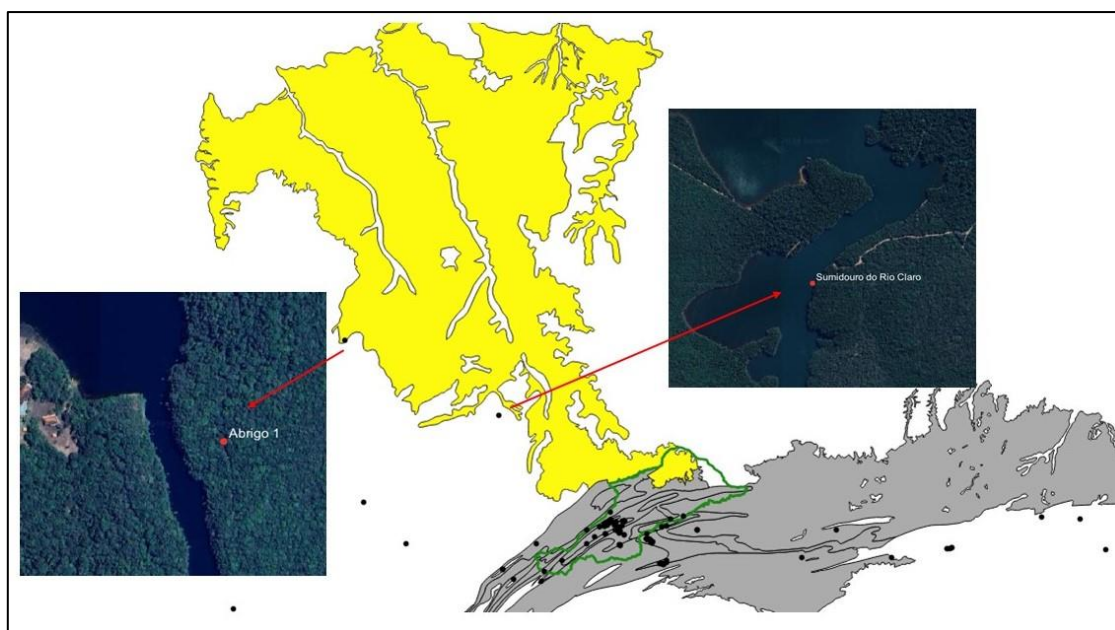


Figura 11 - Unidades geológicas do entorno do município de Nobres. Em destaque a unidade Salto das Nuvens, de grande extensão, e registro de abrigo próximo a leito de rio.

O resultado da seleção de áreas prioritárias para prospecção espeleológica no estado do Mato Grosso pode ser visto na Figura 12.

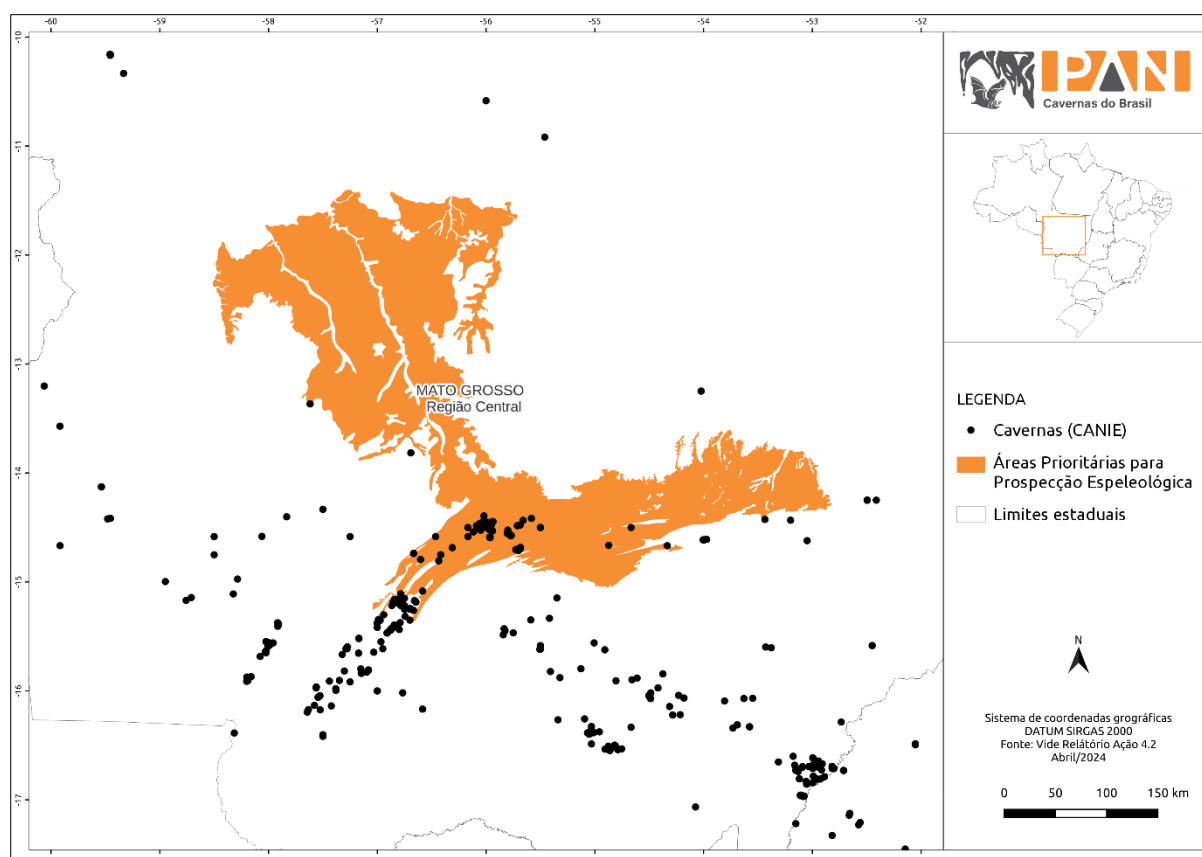


Figura 12 - Áreas prioritárias para prospecção espeleológica no estado do Mato Grosso.

GOIÁS - Dolinas de Barbosilândia

Códigos: G7A2 ([Anexo 2](#))

Em estudo recente de detecção de dolinas por sensoriamento remoto foram identificados alguns alvos nesta pequena porção da APA Nascentes do Rio Vermelho, nordeste de Goiás. Muitas das dolinas observadas em campo não geraram alvos por sensoriamento remoto e boa parte delas apresenta entradas de cavernas ainda não devidamente registradas. O contexto geomorfológico é caracterizado pela presença de drenagens encaixadas cortando sedimentos arenosos da retração da escarpa da Serra Geral (areias do Urucuia) e dos calcários da Formação Lagoa do Jacaré sotopostos. Esses desníveis altimétricos dados pela drenagem favorecem a formação de dolinas, sumidouros e sistemas subterrâneos de cavernas ativas. Muitas dessas áreas ainda não foram densamente e sistematicamente prospectadas, causando um vazio de informações que seriam úteis à gestão da APA no contexto de elaboração do plano de manejo. O resultado da seleção de áreas prioritárias para prospecção espeleológica no estado de Goiás pode ser visto na Figura 13.

GOIÁS - Mundo Novo

Códigos: G7A4 ([Anexo 2](#))

Na região nordeste do estado de Goiás, em uma região pouco estudada, adjacente à APA Nascentes do Rio Vermelho, ocorrem planaltos carbonáticos com sistema de depressões poligonais identificadas por detecção automática via sensoriamento remoto. Em toda a região somente nove cavernas estão cadastradas no CANIE, mas ocorrem inúmeras dolinas ainda não devidamente vistoriadas. Os planaltos são cortados por profundos cânions, como o do Rio Corrente, impondo um gradiente altimétrico importante para o desenvolvimento da carstificação no local. O resultado da seleção de áreas prioritárias para prospecção espeleológica no estado de Goiás pode ser visto na Figura 13.

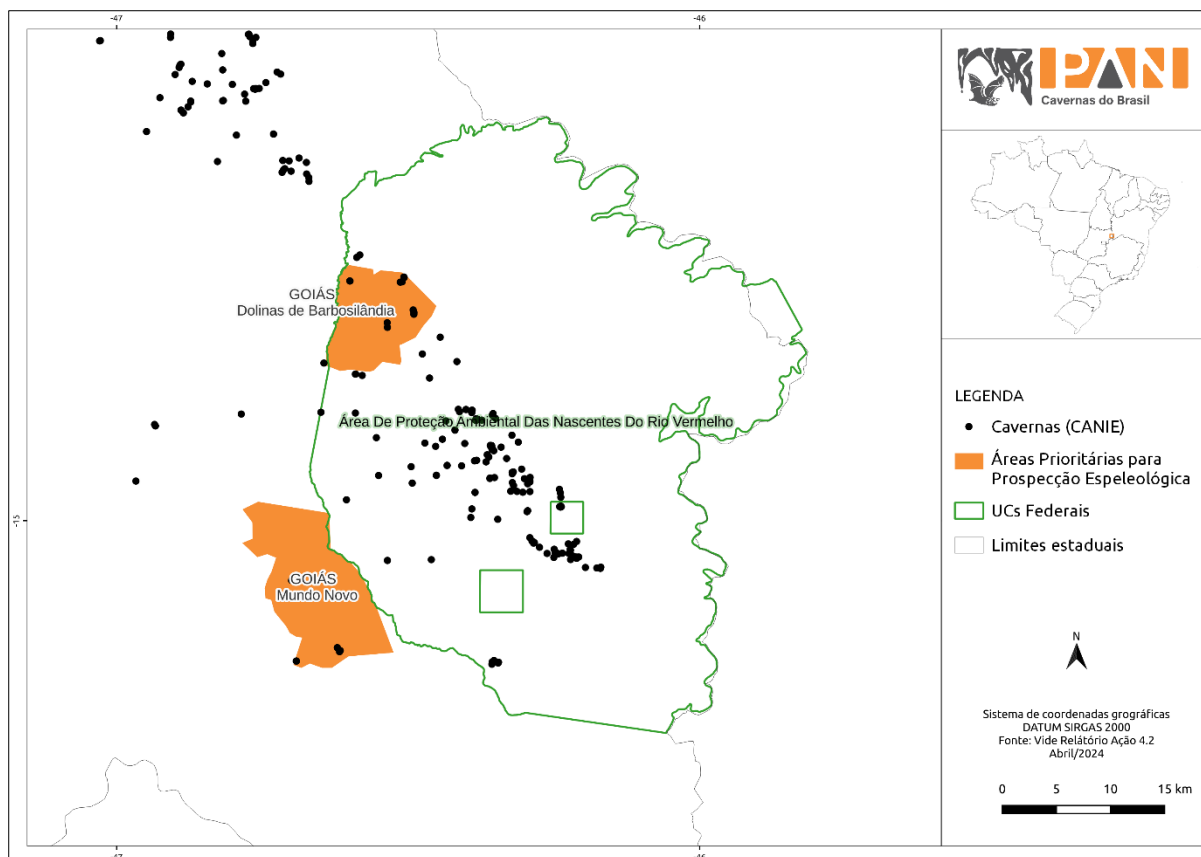


Figura 13 - Áreas prioritárias para prospecção espeleológica no estado de Goiás.

RIO GRANDE DO NORTE

Códigos: G6A1, G6A2, G6A3 ([Anexo 2](#))

Optou-se por reunir as três áreas indicadas no Rio Grande do Norte em razão da relativa proximidade, bem como por serem as únicas indicadas para o estado, permitindo verificar a continuidade das unidades geológicas potenciais à ocorrência de cavernas.

As unidades geológicas com registro de ocorrência de cavernas constam na Tabela 3.

Tabela 3 - Quantidade de cavernas por unidade geológica.

Unidade geológica	Hierarquia	Litotipo1	Litotipo2	Quantidade de cavernas
Jandaíra, litofacies doloesparito	Formação	Doloesparito		20
Jucurutu, litofacies mármore	Formação	Mármore	Rocha calcissilicática	19
Depósitos aluvionares		Areia, Areia arcoseana	Silte, Cascalho, Argila, Conglomerado polimítico	15
Intrusiva Itaporanga	Suite	Biotita granito porfirítico	Monzonito, Granodiorito, Granito, Gabro, Diorito	12
Jandaíra	Formação	Folhelho, Calcarenito, Calcilito	Evaporito, Siltito	9
Jucurutu	Formação		Rocha calcissilicática, Muscovita quartzito, Mármore, Gnaiss, Xisto, Biotita xisto, Biotita gnaiss	9
Jucurutu, litofacies ferrífera	Formação	Formação ferrífera bandada		8
Jandaíra, litofacies dolomicrito	Formação	Dolomicrito		5
Caicó, unidade ortognaiss	Complexo		Augen gnaiss, Ortognaiss granodiorítico, Metagranito, Migmatito	3

Caicó	Complexo	Augen gnaisse, Paragnaisse, Ortognaisse, Rocha metaultramáfica, Metamáfica, Migmatito, Anfibolito, Rocha calcissilicática, Mármore	2
Seridó	Formação	Metavulcânica básica, Quartzito, Mármore, Granada-biotita xisto, Filito, Xisto aluminoso, Clorita xisto, Biotita-quartzito xisto	1

Nesta seção, serão tratadas apenas as unidades geológicas com cavernas. As demais unidades selecionadas em razão do potencial Muito Alto e Alto (CECAV, 2012) não serão indicadas nas tabelas, tampouco comentadas, pois, em geral, são em número maior e exigem refinamentos de informações específicas posteriores voltados às prospecções espeleológicas futuras.

O maior número de cavidades cadastradas na área selecionada pela metodologia ocorre em um conjunto de unidades geológicas relacionadas à Formação Jandaíra, ou seja, a formação indivisa e duas litofácies (doloespárito e dolomicrito), totalizando 34 registros. Entretanto, cabe destacar que esse conjunto de unidades ocorre, em quase sua totalidade, fora dos limites municipais das três áreas indicadas e foi agregado à análise em razão da metodologia utilizada, uma vez que ao norte dos municípios de Lajes e Jardim de Angicos há pequenas sobreposições com áreas de ocorrência dessa Formação. Portanto, foi considerada toda a continuidade espacial dessas ocorrências para além dos limites municipais, fator que fez com que fosse contemplado um elevado número de cavernas cadastradas nas unidades geológicas relacionadas, resultado de esforços de prospecção pretéritos realizados por grupos de espeleológica ou mesmo pelo CECV. Assim, diante de um considerável viés de esforço amostral, o potencial para a ocorrência de novas cavernas nesse conjunto de rochas, localizadas em extensa área ao norte dos municípios mencionados, deve ser analisado sob esse ponto de vista. Não obstante, ainda há vasta área de ocorrência da Formação Jandaíra sem o registro de cavernas (Figura 14).

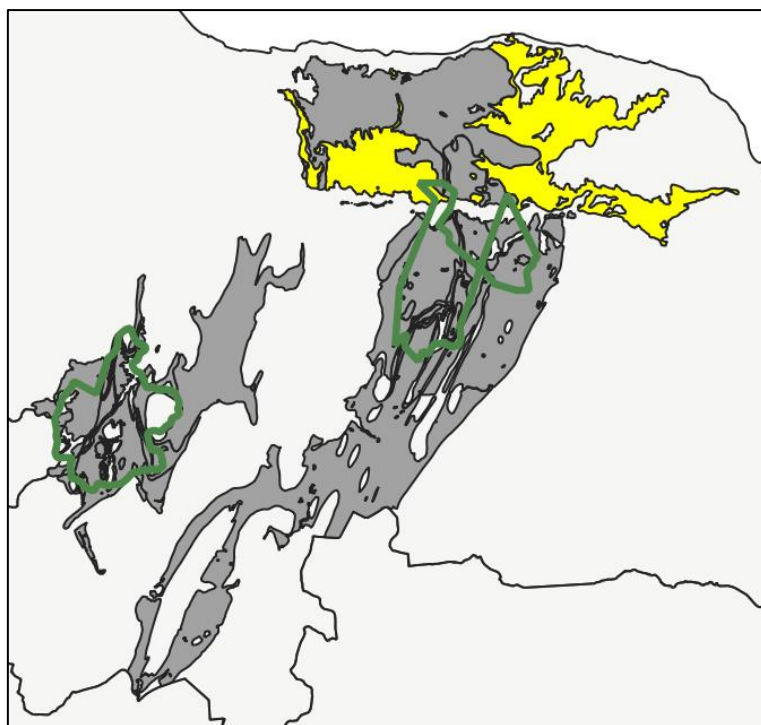


Figura 14 - Formação Jandaíra destacada em amarelo. Em cinza, demais áreas prioritárias para prospecção espeleológica no Rio Grande do Norte. Em verde, limites dos municípios indicados.

A Formação Jucurutu, indicada como justificativa das áreas G6A1 e G6A3, possui três unidades no mapa geológico utilizado, sendo a Jucurutu (indivisa) e mais duas litofácies (mármore e formação ferrífera). No total, reúnem 36 registros de ocorrências de cavernas, a maior parte localizada na porção norte do município homônimo, que possui boa parte do seu território recoberto pelo conjunto de litotipos associados à Formação e litofácies (Figura 15).

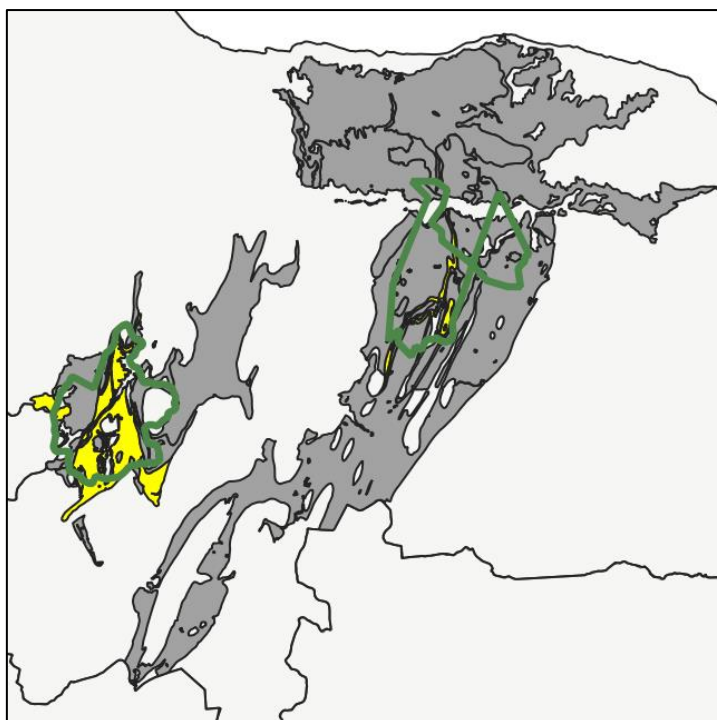


Figura 15 - Ocorrência da Formação Jucurutu (indivisa) e litofácies (mármore e formação ferrífera) destacadas em amarelo. Em cinza, demais áreas prioritárias para prospecção espeleológica no Rio Grande do Norte. Em verde, limites dos municípios indicados.

O segundo maior número de cavernas cadastradas (CANIE) está localizado na Litofácies Jucurutu Mármore, predominantemente ao norte do município de Jucurutu, com 18 registros, em uma estreita faixa que se prolonga para a porção sul do município de São Rafael (Figura 16). Há ainda uma cavidade cadastrada no município de Lajes (área G6A1), também localizada em uma estreita faixa que segue até o município de Cerro Corá (Figura 17).

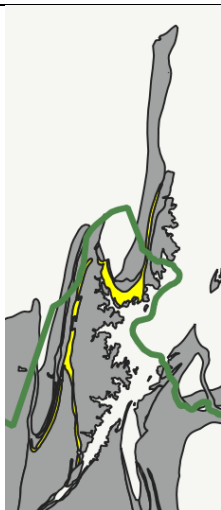


Figura 16 - Litofácies Jucurutu Mármore (em amarelo) ao norte do município de Jucurutu, em faixa estreita até o município de São Rafael. Em cinza, demais áreas prioritárias para prospecção espeleológica no Rio Grande do Norte. Em verde, limites dos municípios indicados.



Figura 17 - Faixa da Litofácies Jucurutu Mármore (em amarelo) no município de Lajes (área G6A1), que se prolonga para Cerro Corá. Em cinza, demais áreas prioritárias para prospecção espeleológica no Rio Grande do Norte. Em verde, limites dos municípios indicados.

Na Formação Jucurutu (indivisa) há um total de nove registros de cavernas, sendo apenas um no município homônimo, mas sua área de ocorrência se estende para os municípios adjacentes: Campo Grande (a oeste), São Fernando, Caicó (com 6 cavernas neste), Florânia e Cruzeta (ambos à sul) e São Rafael (ao norte) (Figura 18). A referida unidade geológica também ocorre na área G6A1 (a leste), com 2 (dois) registros no município de Lages, mas adentrando no município de Pedra Preta, ao norte e de Cerro Corá, ao sul (Figura 19).

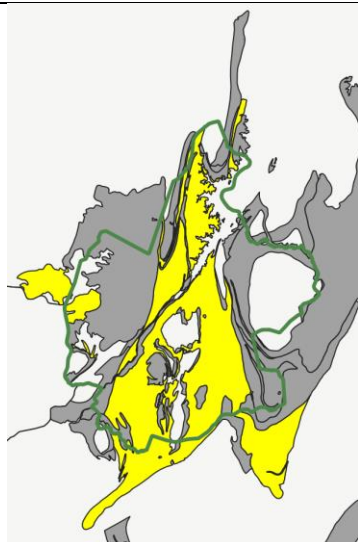


Figura 18 - Formação Jucurutu indivisa (em amarelo) ao norte do município de Jucurutu e adjacências. Em cinza, demais áreas prioritárias para prospeção espeleológica no Rio Grande do Norte. Em verde, limites dos municípios indicados.

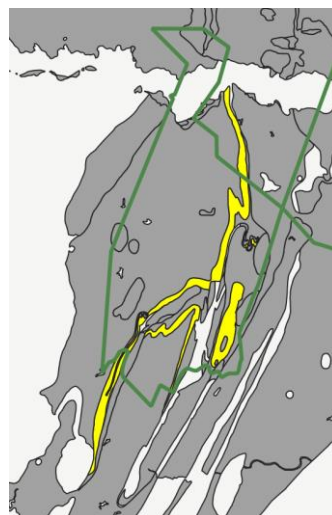


Figura 19 - Formação Jucurutu indivisa (em amarelo) ao norte do município de Lages e adjacências. Em cinza, demais áreas prioritárias para prospeção espeleológica no Rio Grande do Norte. Em verde, limites dos municípios indicados.

Por sua vez, a Litofácies Jucurutu Formação Ferrífera conta com oito cavernas cadastradas, todas localizadas ao norte do município de Jucurutu (Figura 20). Apesar de limitada a essa única ocorrência, conforme a metodologia adotada, o número de cavernas identificado nessa pequena área permite sugerir a adequação da sua classificação como de alto potencial para a ocorrências de novas cavidades em rochas ferríferas. Nesse sentido, recomenda-se o refinamento das informações necessárias às futuras prospeções espeleológicas, principalmente por meio de mapeamentos geológicos de detalhe capazes de investigar outras áreas dessa Litofácies, a exemplo daquelas localizadas no município de Cruzeta, de pequenas dimensões, mas de provável interesse à espeleologia.

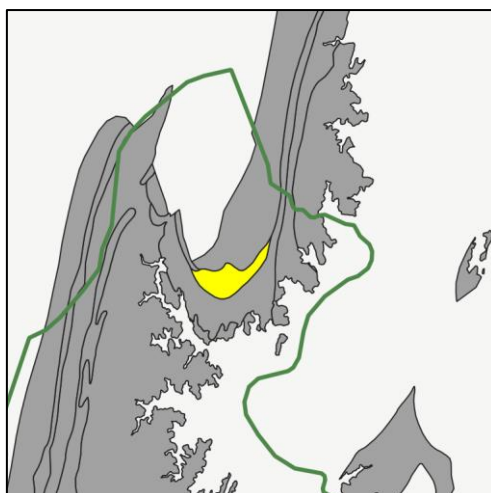


Figura 20 - Litofacies Jucurutu formação ferrífera (em amarelo), ao norte do município homônimo. Em cinza, demais áreas prioritárias para prospecção espeleológica no Rio Grande do Norte. Em verde, limites dos municípios indicados.

Situação semelhante à Formação Jandaíra ocorre para o domínio dos Depósitos Aluvionares, selecionado pela metodologia devido a pequenas sobreposições ao norte do município de Lajes e Jardim de Angicos (Figura 21 e Figura 22).

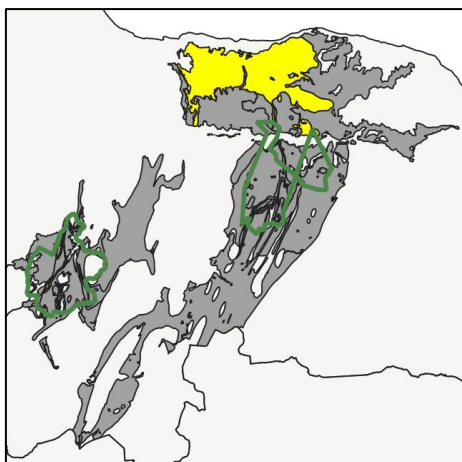


Figura 21 - Depósitos aluvionares (em amarelo). Em cinza, demais áreas prioritárias para prospecção espeleológica no Rio Grande do Norte. Em verde, limites dos municípios indicados.

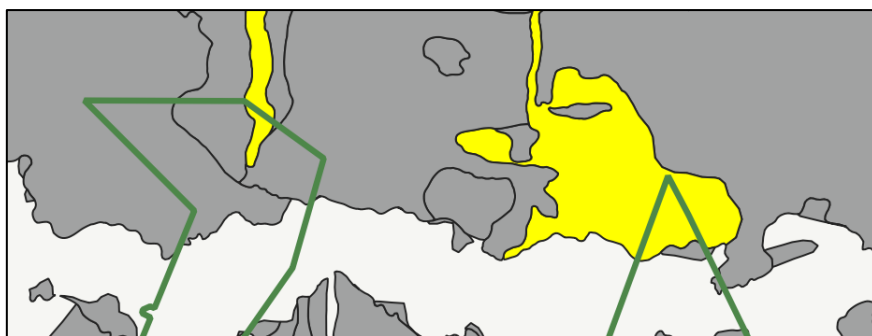


Figura 22 - Detalhe da sobreposição dos municípios de Lajes (em verde, à esquerda) e Jardim de Angicos (em verde, à direita) com áreas mapeadas dos Depósitos Aluvionares. Em cinza, demais áreas prioritárias para prospecção espeleológica no Rio Grande do Norte.

Por outro lado, no que pese possuir o registro de 15 (quinze) cavidades, no recorte apresentado, observa-se nas imagens de satélite que tais ocorrências se dão em afloramentos (lentes) de rochas carbonáticas da Formação Jandaíra, unidade adjacente espacialmente (Figura 23 e Figura 24). Portanto, essa característica de ocorrência, apesar de revelar um viés da escala de detalhe do mapeamento adotado pode, por sua vez, favorecer a prospecção com foco nas proximidades dos seus limites com as unidades carbonáticas (Jandaíra), bem como em afloramentos com topografia proeminente em outras localidades, mais internas.

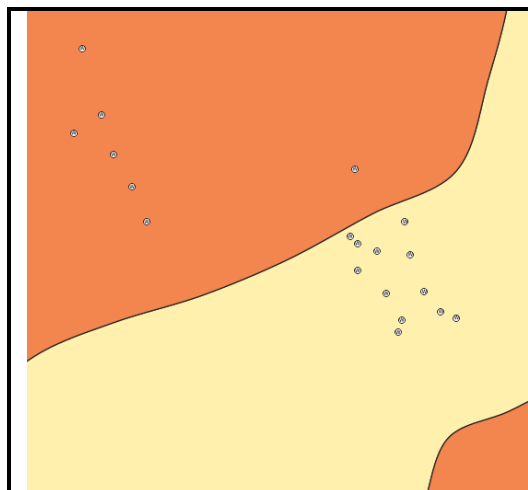


Figura 23 - Pontos das cavernas registradas nos depósitos aluvionares (em laranja) e na Formação Jandaíra (em amarelo), adjacente.

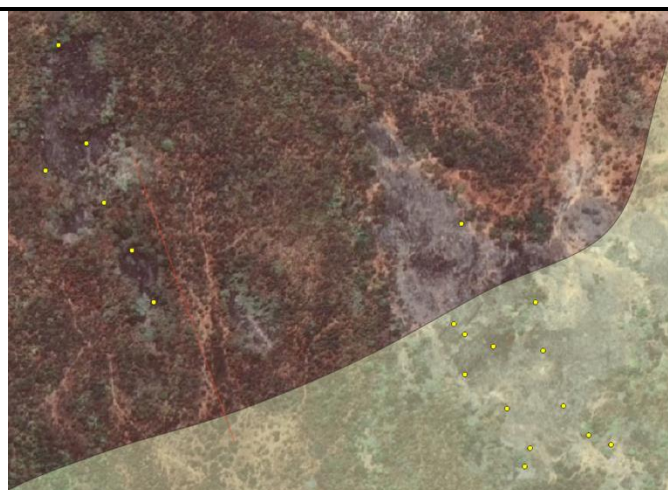
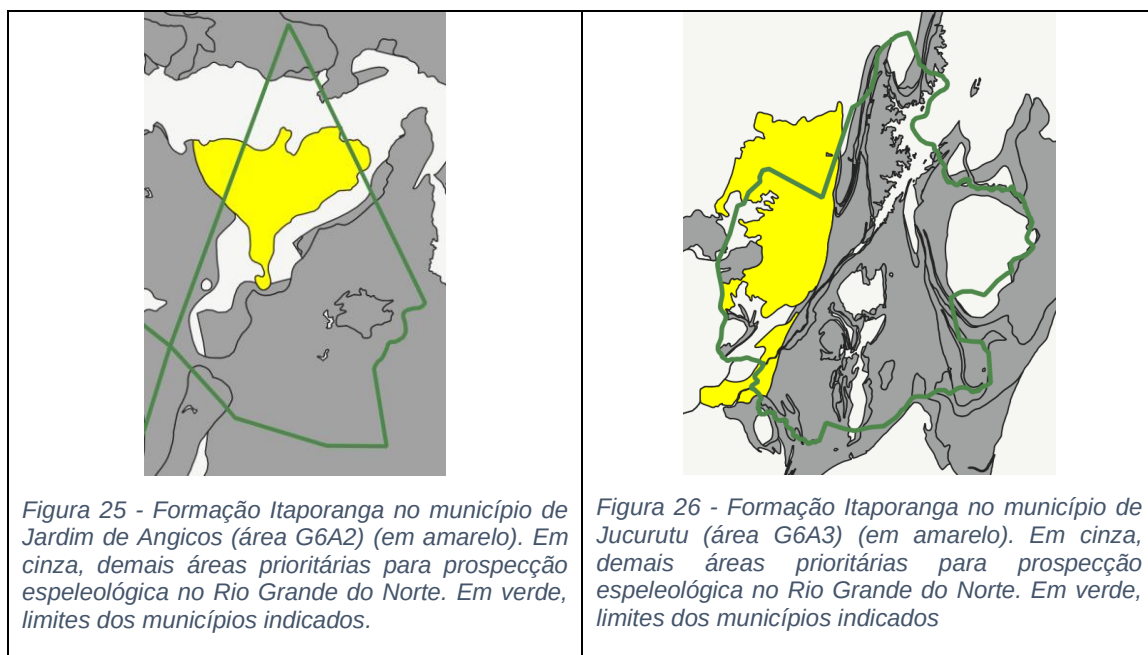


Figura 24 - Em ambos os casos, as cavernas (pontos amarelos) ocorrem em afloramentos de rochas carbonáticas da Formação Jandaíra (coloração acinzentada), apesar da distinção das unidades geológicas na escala do mapeamento utilizado.

As rochas granitóides da Formação Itaporanga destacadas na justificativa da área G6A2, município de Jardim de Angicos, apresentam um total de 12 (doze)

registros de cavernas, estando onze localizadas no referido município (Figura 25). Porém, contribuíram para a seleção de significativas parcelas da área G6A3 com ocorrências dessa unidade geológica, com relativa extensão territorial e diversos afloramentos visíveis por imagens de satélite, destacando-se como área potencial à prospecção espeleológica, a depender do refinamento das informações disponíveis (Figura 26).



Apesar de não indicadas na justificativa da área G6A1, as rochas granitóides localizadas no município de Lajes possuem três registros de cavernas na Unidade Caicó (ortognaisses), as quais ocorrem em um pequeno corpo arredondado, com aproximadamente 6 km de extensão (N-S) (Figura 27). No limite leste desse município outros dois corpos, da mesma Unidade, com formato e extensão semelhantes foram selecionados, inclusive com afloramentos de rochas visíveis em imagens de satélite. Além desse limite, ainda à leste, a ocorrência dessas rochas em maior extensão (N-S) complementa a área potencial para prospecções espeleológicas na referida Unidade.

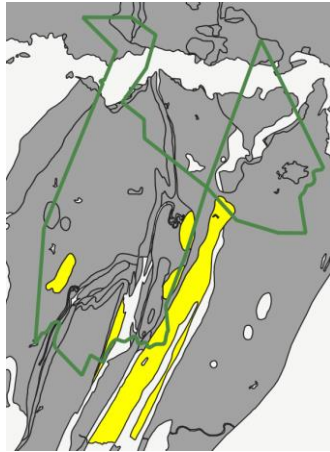
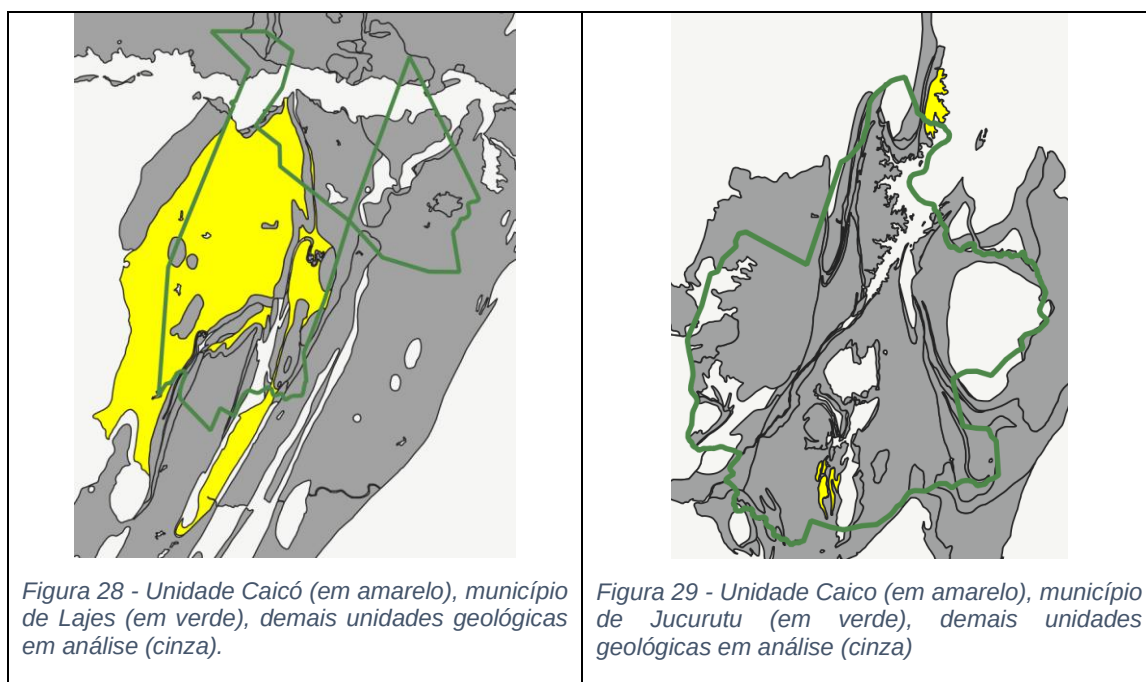


Figura 27 - Unidade Caicó (ortognaisses) (em amarelo) entre as áreas G6A1 e G6A2. Em cinza, demais áreas prioritárias para prospecção espeleológica no Rio Grande do Norte. Em verde, limites dos municípios indicados.

Também há registro de 2 (duas) cavernas, uma no município de Lajes e outra de Fernando Pedroza, na unidade geológica Complexo Caíco, cuja assembleia de litotipos incluem rochas granitóides e carbonáticas (Figura 28). Entretanto, considerando a ausência de informações sobre a litologia hospedeira dessas cavernas, a grande distribuição espacial dessa unidade exigirá o refinamento de informações voltadas à prospecção espeleológica. Vale ressaltar que, no caso da área G6A3, no município de Jucurutu, apesar de não haver registro de cavernas no Complexo Caicó, a extensão espacial de suas ocorrências é menor, localizadas nas extremidades norte e sul do município (Figura 29)



Cabe ainda esclarecer sobre a seleção da Formação Seridó. Apesar de possuir apenas um registro de caverna, é a unidade geológica com maior área de distribuição entre as áreas indicadas pelo grupo Espeleonordeste. A única cavidade considerada ocorre em um afloramento de dimensões reduzidas, com cerca de 60 metros, na porção centro-sul da área G6A2, município de Jardim de Angicos. Apesar de em sua assembleia de rochas conter dois litotipos potenciais aos cavernamentos, ou seja, mármore e quartzitos, a grande extensão espacial conformada pela continuidade dessa unidade no mapeamento geológico adotado requer um refinamento de informações voltadas às prospecções espeleológicas futuras.

Por fim, observou-se que, no interior da área total selecionada, o resultado não contemplou alguns polígonos de unidades geológicas potenciais à ocorrência de cavernas e/ou que já possuem registros. Esse fato ocorreu em razão da versão do mapa geológico utilizado (CPRM, 2021), o qual apresenta diferenças nas áreas de ocorrência da Formação Jandaíra e suas litofácies na porção norte da seleção final em relação à versão anterior (CPRM, 2006). Dessa forma, os limites municipais usados na espacialização das áreas sugeridas pelo grupo espeleológico também apresentam diferentes resultados para cada uma das versões dos mapas, em virtude da sobreposição ou não com as unidades geológicas consideradas, conforme a metodologia adotada. Assim, visto que a metodologia adotou como premissa o uso das versões mais atualizadas dos mapas geológicos elaborados pela CPRM, decidiu-

se por mantê-lo como camada de entrada, mas com esses polígonos sendo inseridos no processamento final (Figura 30). Anteriormente considerados como uma área única de ocorrência da Formação Jandaíra, atualmente são descritos como outras unidades geológicas e contemplam mais 11 (onze) registros de cavernas, além daquelas apresentadas na Tabela 3, assim distribuídos:

- 7 cavidades nos Depósitos aluvionares antigos;
- 2 cavidades, Formação Jandaíra;
- 1 cavidade na litofácies Jandaíra, doloesparito;
- 1 cavidade na litofácies Jandaíra, dolomicrito.

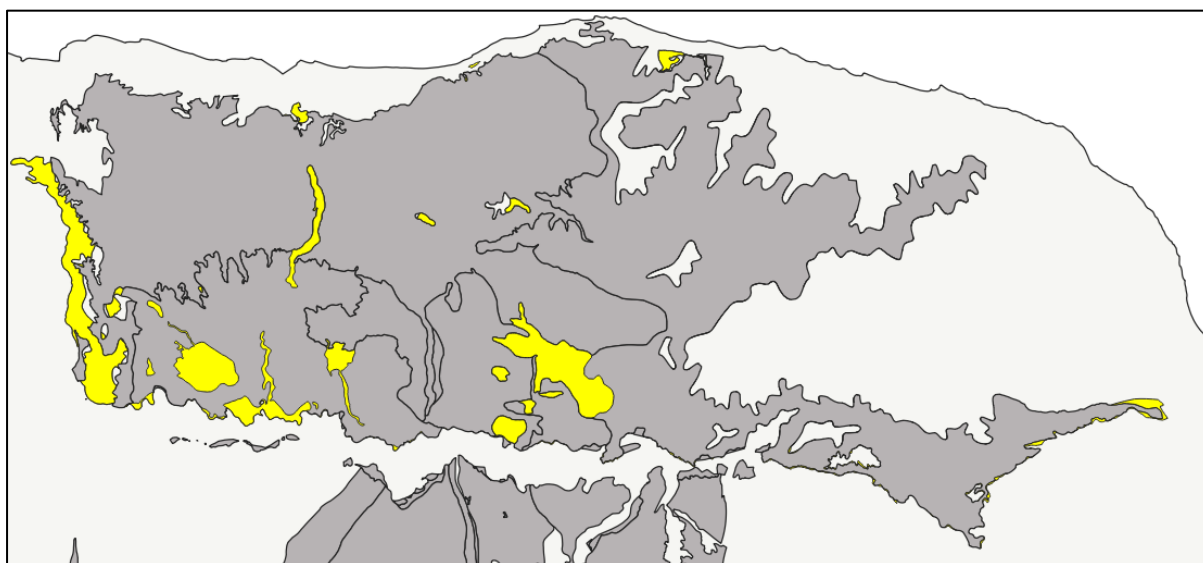


Figura 30 – Em amarelo, áreas adicionadas às áreas prioritárias para prospecção espeleológica com base na comparação entre as versões dos mapas geológicos disponíveis (CPRM, 2006 e 2021).

Apesar do maior número de registros estar localizado no domínio dos depósitos aluvionares, essas ocorrências se dão, de fato, em pequenos afloramentos de rochas carbonáticas, as quais possivelmente configuram lentes ou janelas cársticas da litofácies Jandaíra, doloesparito circundante.

O resultado da seleção de áreas prioritárias para prospecção espeleológica no estado do Rio Grande do Norte pode ser visto na Figura 31.

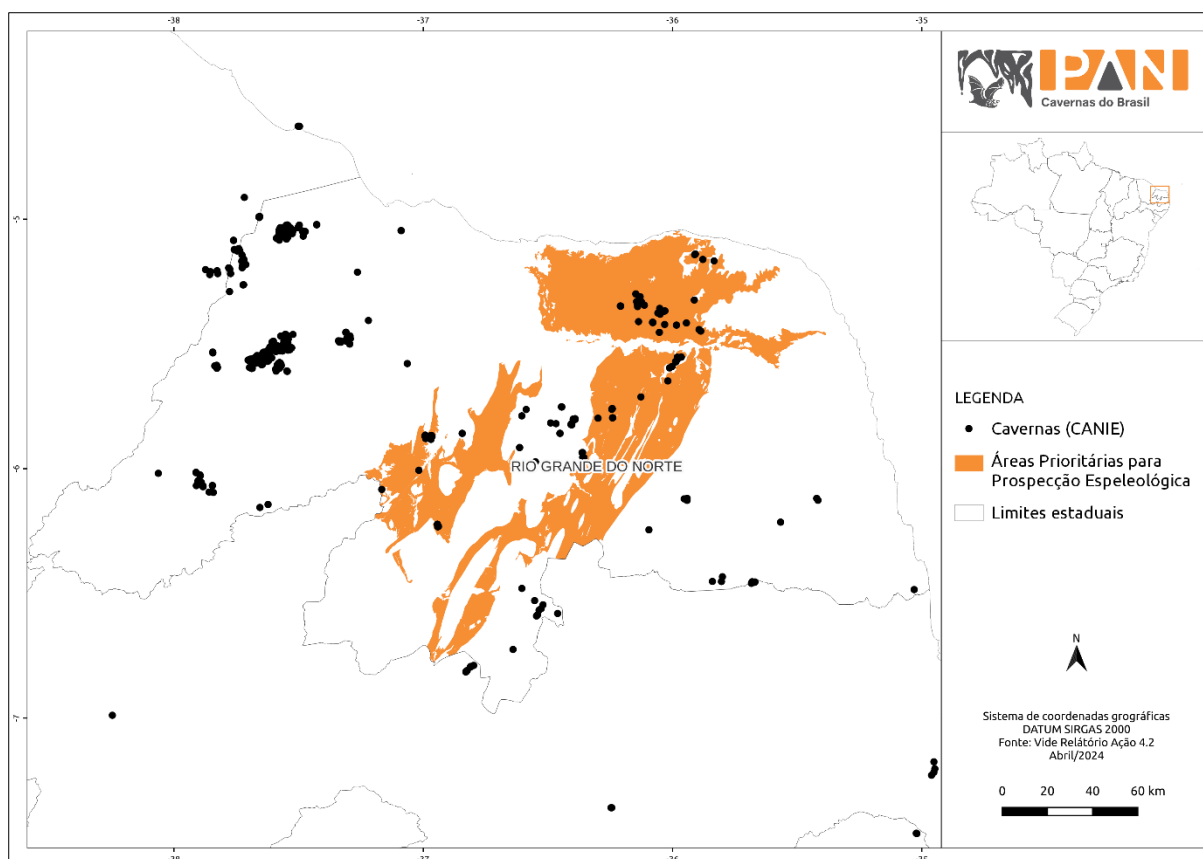


Figura 31 - Áreas prioritárias para prospecção espeleológica no estado do Rio Grande do Norte.

BAHIA - Região de Paripiranga, Uauá e Canudos

Códigos: G5A1, G5A2 ([Anexo 2](#))

Optou-se por reunir as duas áreas em razão da continuidade espacial, permitindo verificar também a continuidade das unidades geológicas potenciais à ocorrência de cavernas.

As unidades geológicas com registro de ocorrência de cavernas constam na Tabela 4.

Tabela 4 - Quantidade de cavernas por unidade geológica.

Unidade geológica	Hierarquia	Litotipo1	Litotipo2	Quantidade de cavernas
Olhos D'água	Formação	Metaritmito, Filito, Mármore dolomítico, Mármore, Metachert, Rocha metapelítica		81
Suíte intrusiva Serra do Catu - Plúton sem denominação	Corpo	Quartzo monzonito, Quartzo sienito		5
Acauã (unidade 1) e Juetê	Formação	Calcilutito, Calcarenito	Arenito, Ortoconglomerado	5
Aliança	Formação	Conglomerado, Folhelho, Calcilutito, Arenito, Arenito conglomerático		2
Sergi	Formação	Arenito, Conglomerado, Rocha pelítica, Arenito conglomerático		1
Frei Paulo - Unidade 1	Formação	Metaritmito, Metavulcânica intermediária, Filito, Metavulcânica máfica, Metagrauvaca		1
Ortognaisses e supracrustais-Santa Luz	Unidade	Migmatito, Kinzigito, Rocha calcissilicática, Quartzito ferruginoso, Rocha metaultramáfica, Ortognaisse, Parognaisse, Rocha metamáfica	Mármore	1

A Formação Olhos D'água constitui a principal unidade geológica com ocorrência de cavernas nas áreas consideradas, com 81 (oitenta e um) registros localizados integralmente no município de Paripiranga. Entretanto, a faixa que contém os registros de cavernas se prolonga para oeste, no município de Aduana. Outras duas áreas são indicadas para a prospecção espeleológica, sendo uma um

pouco mais ao norte das ocorrências já registradas, bem como duas faixas entre os municípios de Uauá e Canudos, ainda sem ocorrências cadastradas (Figura 32).

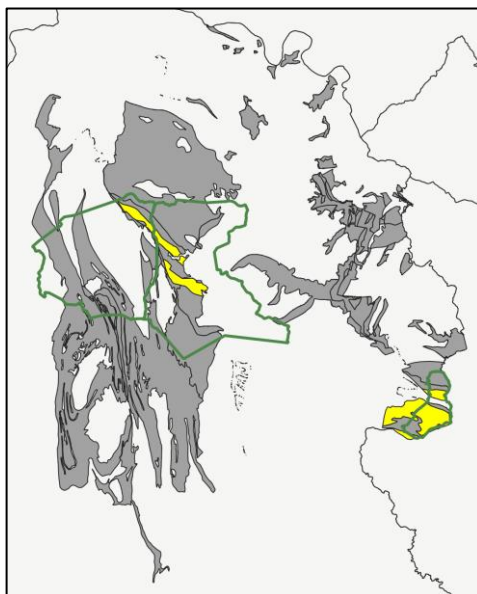


Figura 32 - Formação Olhos D'água (em amarelo). Em cinza, demais áreas prioritárias para prospecção espeleológica na Bahia (norte). Em verde, limites dos municípios indicados (à direita Paripiranga e à esquerda, Uauá e Canudos).

As cavernas em rochas granitóides da Suíte Intrusiva Serra do Catu estão localizadas no município de Santa Brígida, com apenas mais uma pequena área de ocorrência dessa unidade no município de Paulo Afonso e, portanto, apesar do potencial para novas ocorrências, não se vislumbra um aumento significativo das mesmas nessa unidade, principalmente pela reduzida área de exposição, conforme mapeamento geológico utilizado (Figura 33).

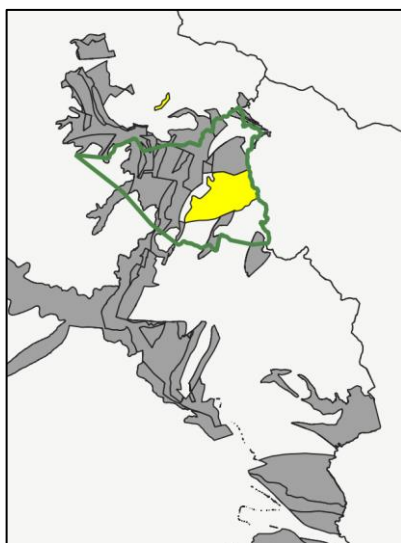


Figura 33 - Suíte Intrusiva Serra do Catu (em amarelo). Em cinza, demais áreas prioritárias para prospecção espeleológica na Bahia (norte). Em verde, limites do município de Santa Brígida.

Os registros de cavernas associados à Formação Acauã (unidade 1) e Juetê se limitam aos municípios de Uauá e Canudos, mas com continuidade espacial no sentido sul, indicando o potencial de uma expressiva área no município de Euclides da Cunha. A proximidade dessa unidade com as áreas da Formação Olhos D'água nos municípios de Uauá e Canudos sugere avaliar a oportunidade de agrupá-las nas estratégias de prospecção espeleológica na região (Figura 34).

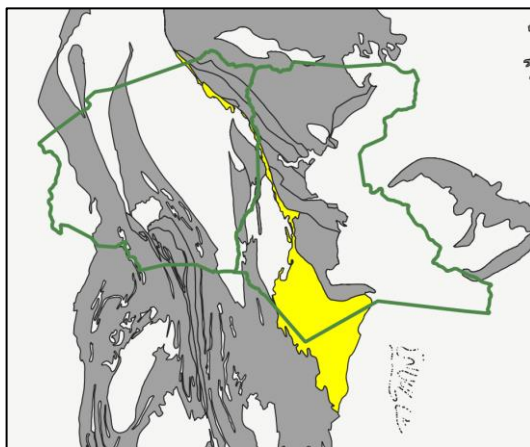


Figura 34 - Formação Acauã (unidade 1) e Juetê (em amarelo). Em cinza, demais áreas prioritárias para prospecção espeleológica na Bahia (norte). Em verde, limites dos municípios de Uauá e Canudos.

Apesar de contar com apenas duas ocorrências de cavernas, ambas no município de Santa Brígida, a Formação Aliança apresenta outras áreas indicadas à prospecção, sendo uma ao sul, no município de Jeremoabo e outras em direção ao norte do Estado, nos municípios de Paulo Afonso, Glória e Rodelas (Figura 35).

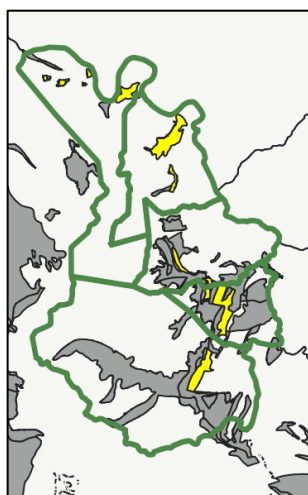


Figura 35 - Formação Aliança (em amarelo). Em cinza, demais áreas prioritárias para prospecção espeleológica na Bahia (norte). Em verde, limites dos municípios de Rodelas (ao norte), Glória, Paulo Afonso, Santa Brígida e Jeremoabo (ao sul).

Entretanto, a análise do potencial à prospecção espeleológica da Formação Aliança deve ser tratada em conjunto com a da Formação Sergi, a qual conta com apenas um registro de caverna no município de Santa Brígida, em uma serra de formato alongado, sentido SW, com afloramentos de rocha que se destacam nas imagens de satélite. Uma vez que as duas cavernas inseridas no contexto da Formação Aliança estão localizadas bem próximas aos afloramentos da Formação Sergi infere-se a possibilidade de ocorrerem, de fato, nesta outra unidade geológica. Portanto, a estratégia de prospecção espeleológica nessa região deverá considerar a validação dessas ocorrências em conjunto, para ambas as unidades, de modo a refinar os respectivos potenciais, inclusive com um possível reposicionamento das coordenadas geográficas das cavidades em desfavor da Formação Aliança como área potencial a cavernamentos. Essa estratégia também deverá considerar as demais áreas de exposição da Formação Sergi que ocorrem ao norte, em direção ao município de Paulo Afonso e ao sul, no município de Jeremoabo (Figura 36).

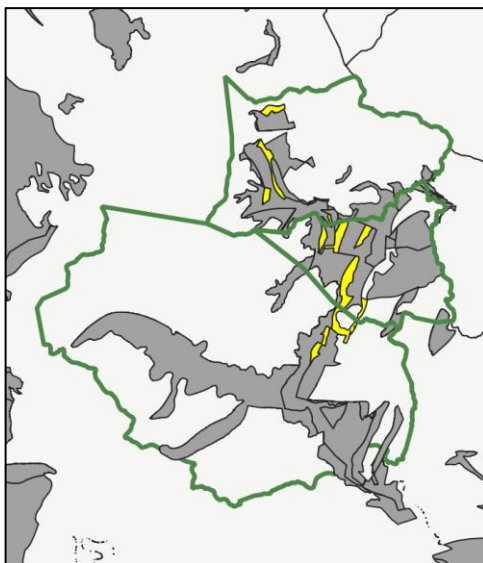


Figura 36 - Formação Sergi (em amarelo). Em cinza, demais áreas prioritárias para prospecção espeleológica na Bahia (norte). Em verde, limites dos municípios de Paulo Afonso (ao norte), Santa Brígida e Jeremoabo (ao sul).

A Formação Frei Paulo - Unidade 1 possui apenas um registro de caverna, no município de Paripiranga, localizado em um afloramento isolado que, com o auxílio de imagens de satélite, apresentam características visuais semelhantes àsquelas de outros afloramentos próximos, também com cavernas, porém inseridos no contexto da Formação Olhos D'água. Assim, permite inferir se tratar de uma lente daquela unidade no interior desta, que não foi contemplada na escala do mapeamento utilizado. Por sua distribuição espacial ocorrer além do município de Paripiranga e

cercanias, havendo mais duas faixas entre Canudos e Uauá, recomenda-se ao grupo de espeleologia a validação prévia desta ocorrência antes de adotar a Formação Frei Paulo como unidade potencial à prospecção espeleológica (Figura 37).

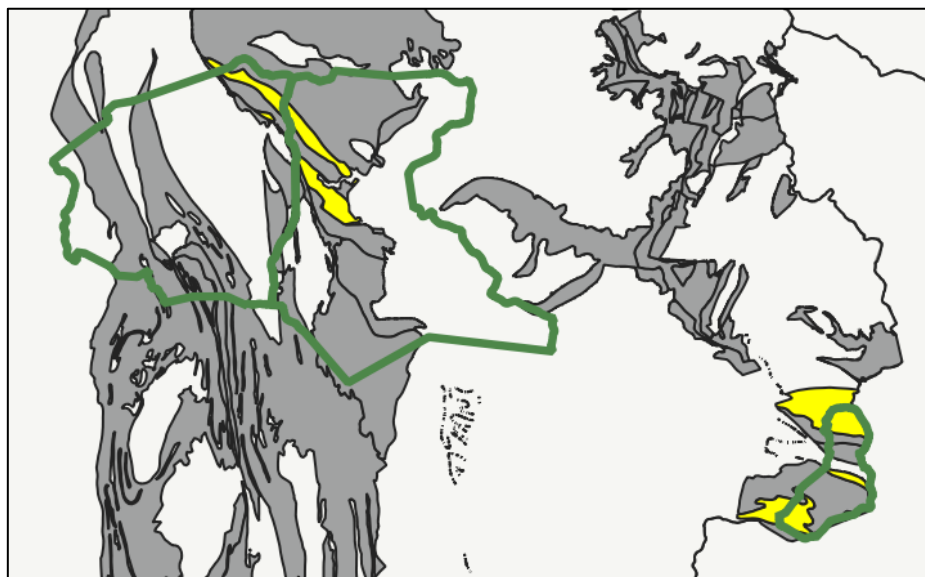
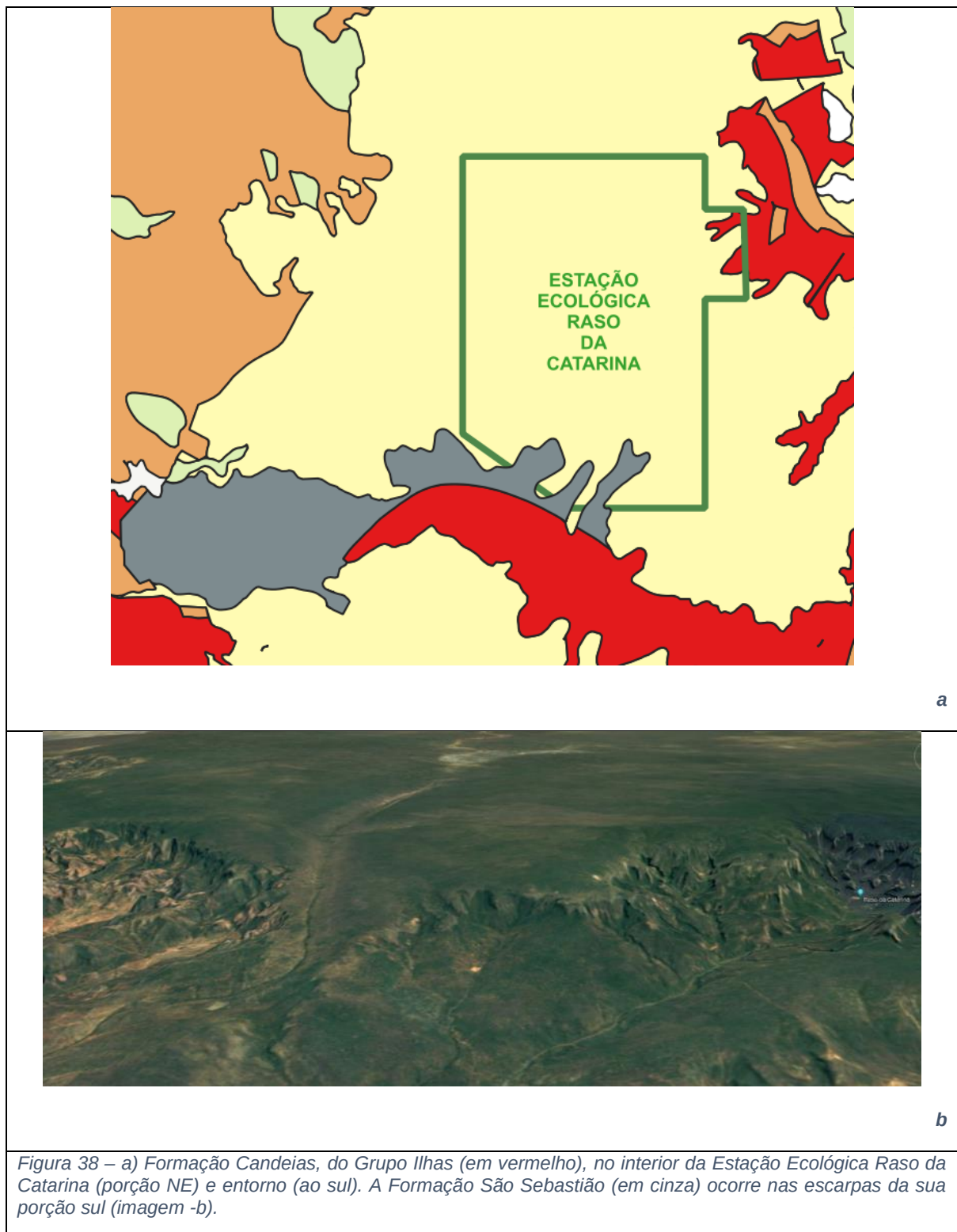


Figura 37 - Formação Frei Paulo - Unidade 1 (em amarelo). Em cinza, demais áreas prioritárias para prospecção espeleológica na Bahia (norte). Em verde, limites dos municípios de Uauá e Canudos (à esquerda) e Paripiranga (à direita).

Considerando as informações apresentadas pelo Grupo Mundo Subterrâneo de Espeleologia, referente ao potencial para ocorrências de cavernas na Estação Ecológica Raso da Catarina e proximidades, algumas observações são pertinentes. De acordo com a metodologia aqui adotada, no interior da referida Unidade de Conservação foi identificada uma pequena área, em sua porção NE, correspondente às litologias da Formação Candeias e do Grupo Ilhas (em vermelho - Figura Jiraya), cuja seleção se deu em razão da sua classificação em muito alto potencial de ocorrência de cavernas (CECAV, 2012), uma vez que essas unidades geológicas não possuem, até o momento, registro de cavidade. Ao sul da Estação Ecológica, mas no seu entorno, o Grupo Ilhas apresenta maior distribuição espacial e se mantêm como área potencial à prospecção espeleológica. Entretanto, cabe salientar que uma outra unidade geológica, a Formação São Sebastião (Arenito, Siltito, Folhelho, Argilito), configura boa parte das escarpas existentes na porção sul e sudoeste da Estação Ecológica (Figura 38-b), e que por haver sido considerada como de médio potencial (CECAV, 2012), não foi contemplada na presente metodologia (em cinza -Figura 38-a). Portanto, recomenda-se que durante o refinamento das informações voltadas à

definição das estratégias de prospecção na região sejam consideradas tais feições internas aos limites da EE.



O resultado da seleção de áreas prioritárias para prospecção espeleológica no estado da Bahia pode ser visto na Figura 39.

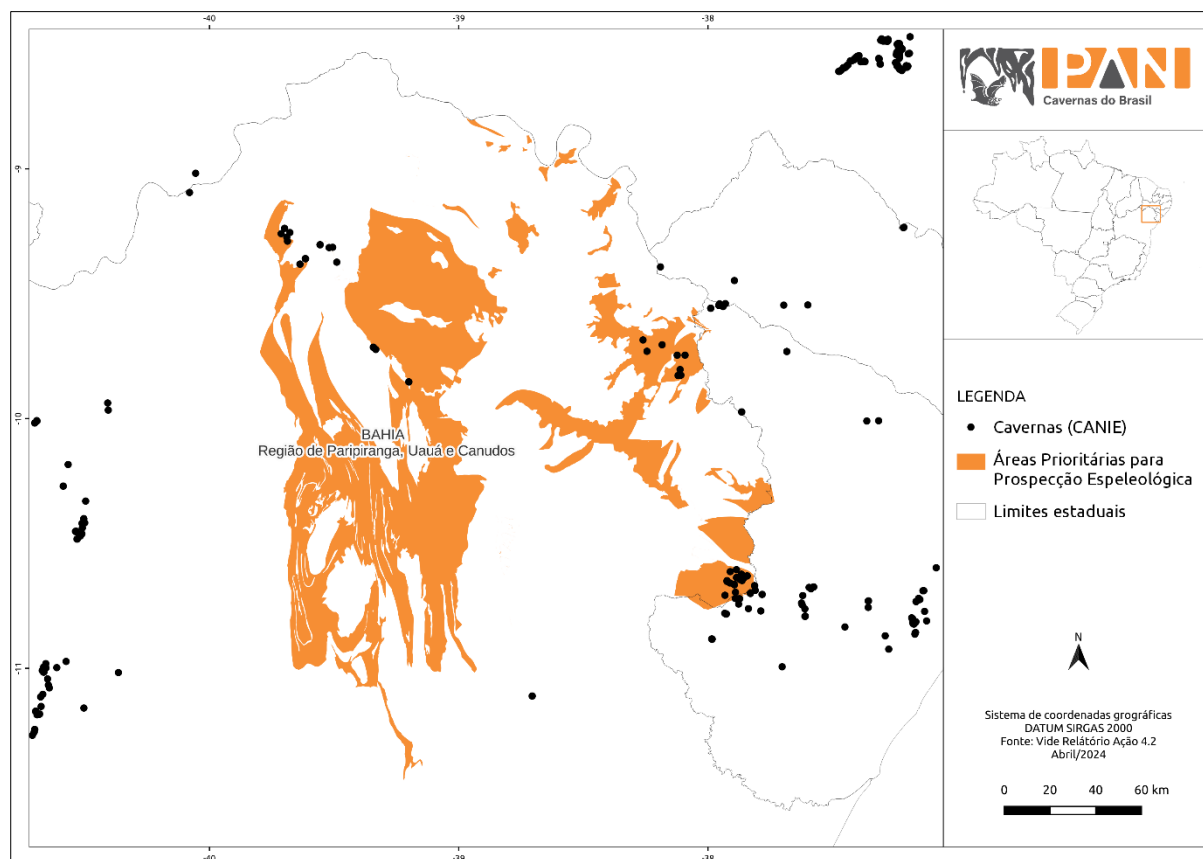


Figura 39 - Áreas prioritárias para prospecção espeleológica no estado da Bahia.

BAHIA - Região de Iraquara

Códigos: G2A5 ([Anexo 2](#))

Área indicada pelo grupo Meandros Espeleo Clube. Segundo as informações fornecidas pelo grupo, as cavernas podem ou não estar ligadas ao sistema APA Doce-Pratinha. Nessa região, predomina a agricultura com uso de agrotóxicos e as ocorrências estão em áreas particulares.

Há uma grande quantidade de cavernas em rochas calcárias das unidades Jussara e Nova América (ambas da Formação Salitre), com grande afloramento na região. A Formação Salitre se estende para norte e sul do município de Iraquara, onde também estão registradas inúmeras cavernas (Tabela 5).

Tabela 5 - Quantidade de cavernas por unidade geológica.

Unidade Geológica		Hierarquia	Litotipo	Quantidade de cavernas
Formação Salitre	Nova América	Unidade	calcilutito, calcarenito	87
	Nova América - Subunidade Lapão	Unidade	calcário, calcarenito oolítico, dolomito, silexito	17
	Jussara Superior	Unidade	calcirrudito, calcilutito, calcarenito	9
	Jussara Médio e Inferior	Unidade	calcilutito, calcarenito, siltito, calcissiltito, arcóseo	26
Caboclo - fácies 4		Formação	argilito, siltito, calcarenito, arenito, ritmito, calcário, estromatolítico, arenito conglomerático, lamito	15
Tombador - fácies 2		Formação	arenito conglomerático, arenito	24
Morro do Chapéu - fácies 3		Formação	arenito	5
Morro do Chapéu - fácies 2		Formação	arenito	1
Bebedouro			diamictito, arenito, grauvaca, rocha pelítica	1
Açuruá		Formação	metasiltito, ardósia, conglomerado, folhelho, siltito, metarenito	1

Nas bordas dos afloramentos da Formação Salitre ocorrem metarenitos da Formação Tombador e metacalcarenitos da Formação Caboclo, além de outras coberturas lateríticas. O município de Iraquara apresenta muito potencial para

descoberta de novas cavidades, pois há várias regiões não exploradas de rochas calcárias, principalmente no centro, leste e norte do município, além de extensas áreas no entorno (Figura 40).

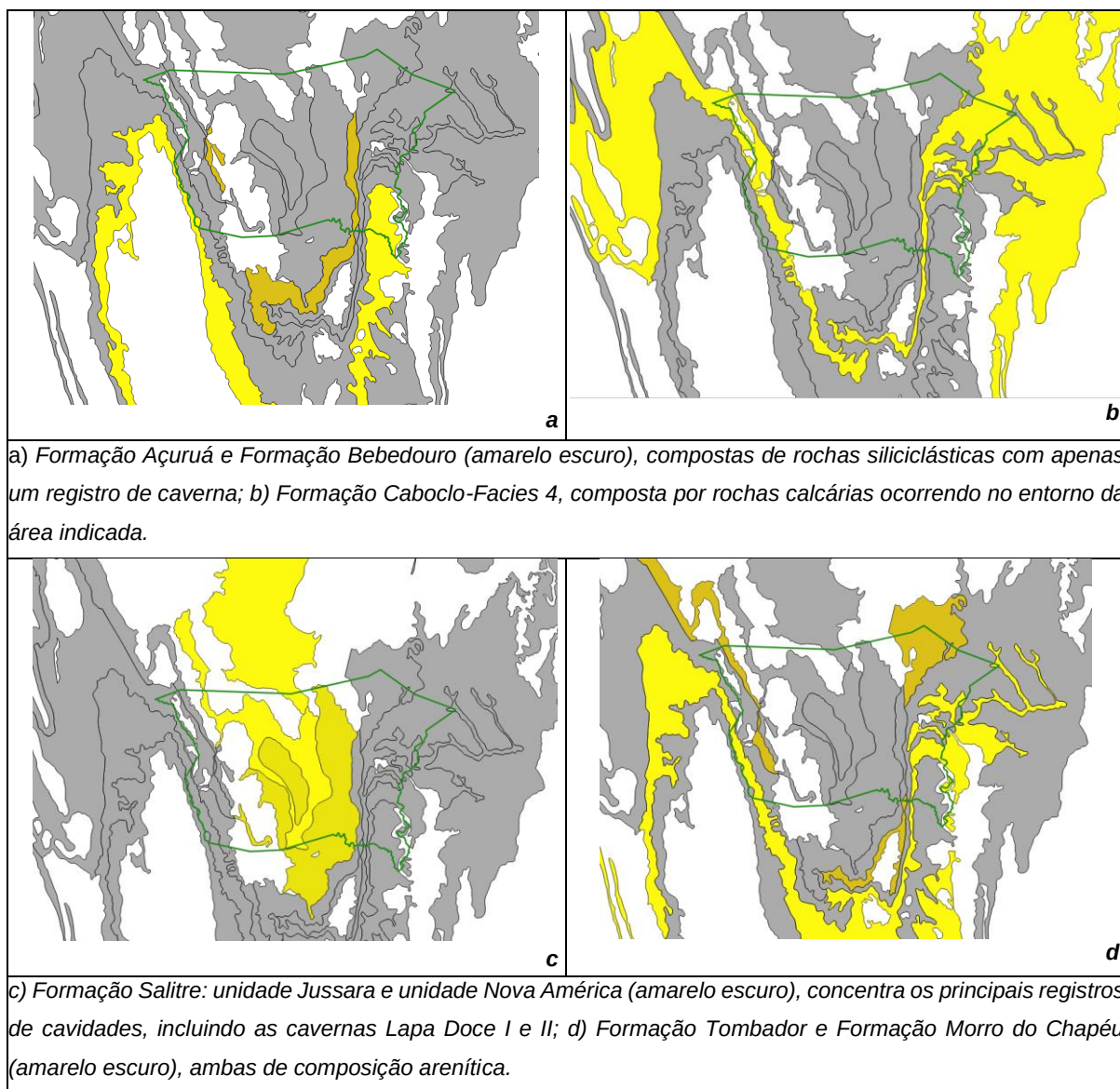


Figura 40 - Área de ocorrências das litologias com cavidades subterrâneas na região de Iraquara, BA.

O resultado da seleção de áreas prioritárias para prospecção espeleológica no estado da Bahia pode ser visto na Figura 41.

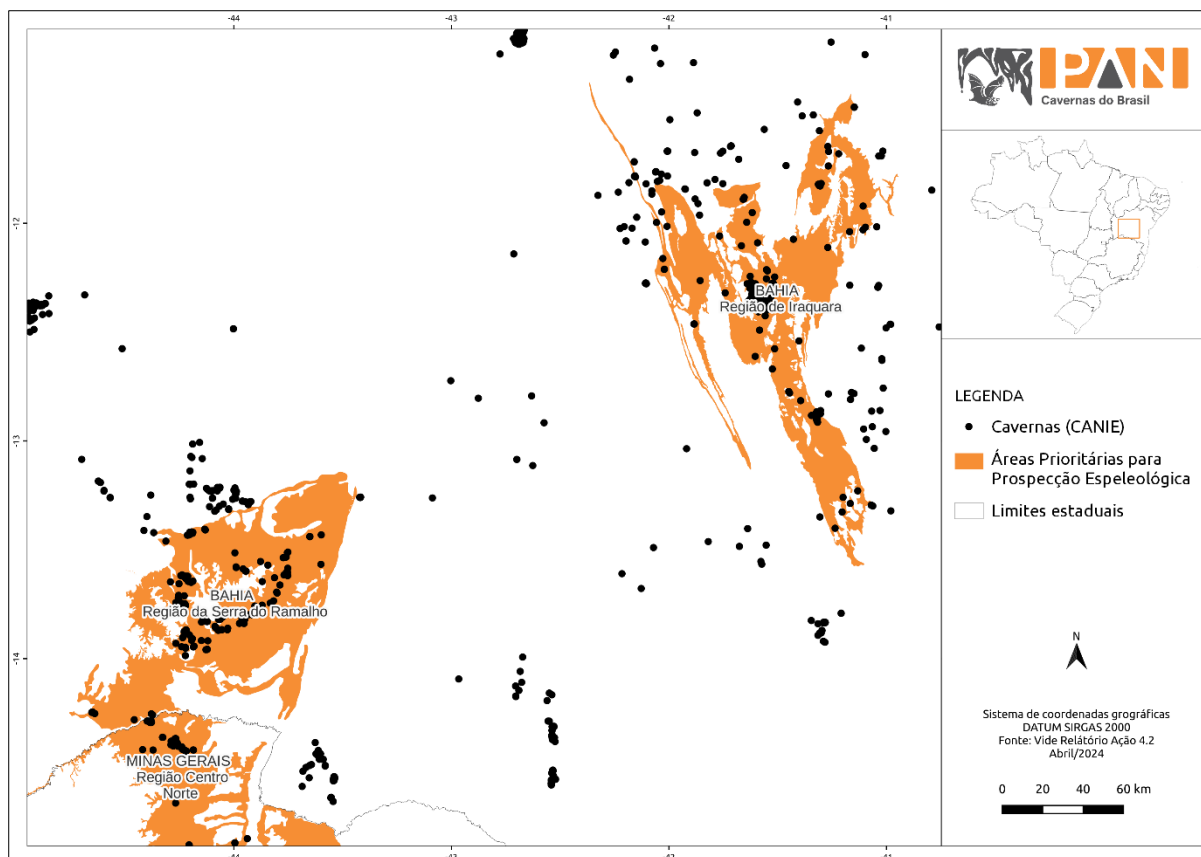


Figura 41 - Áreas prioritárias para prospecção espeleológica no estado da Bahia.

BAHIA - Região da Serra do Ramalho

Códigos: G8A5, G8A6 ([Anexo 2](#))

O uso do município de Serra do Ramalho para a espacialização da área sugerida não se mostrou adequado, apesar dos afloramentos de rochas carbonáticas terem suas ocorrências iniciais na porção central do município. A metodologia absorve uma grande área de afloramentos do Grupo Urucuia, devido à continuidade dessa unidade no mapa geológico utilizado (CPRM, 2003), conferindo à seleção uma extensão territorial de caráter regional (Figura 42) e, portanto, dificultando a indicação de áreas mais bem delimitadas como potenciais para as futuras prospecções espeleológicas.

Com o auxílio das imagens de satélite, observa-se o prolongamento desses afloramentos de rochas carbonáticas em sentido sudoeste, rumo ao município de São Félix do Coribe, se estendendo por Coribe até Feira da Mata (Figura 42-a).

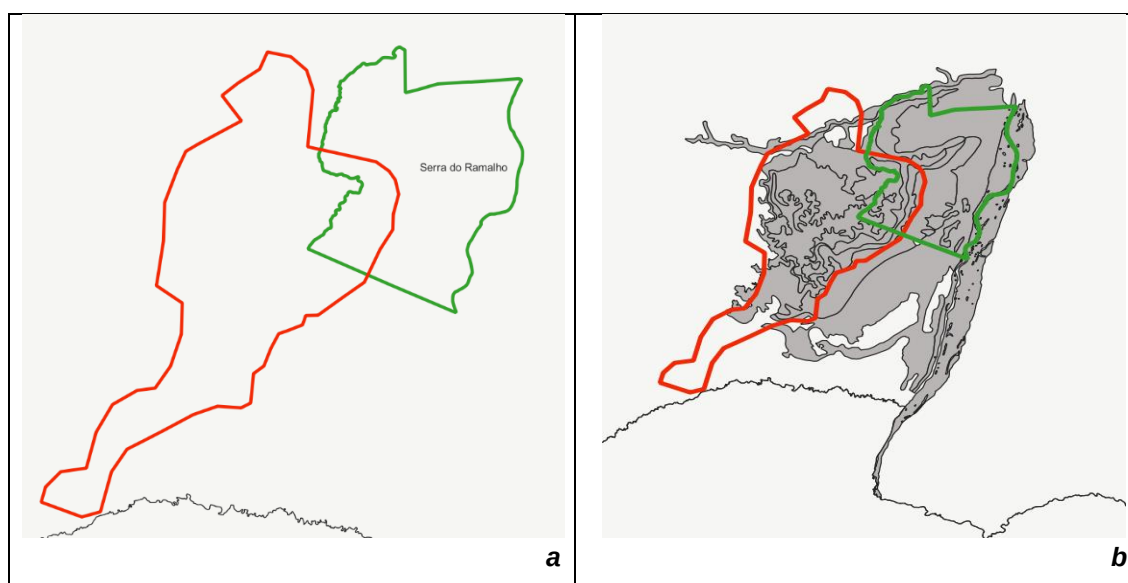


Figura 42 - a) Reduzida sobreposição espacial entre o limite do município de Serra do Ramalho (verde) e o polígono com afloramentos de rochas carbonáticas, traçado por meio de identificação visual em imagens de satélite (vermelho); b) Unidades geológicas selecionadas (cinza) com base no município da Serra do Ramalho apresentam média sobreposição com a faixa de rochas carbonáticas. Resultados melhores foram alcançados com a inclusão dos municípios de São Felix do Coribe e Feira da Mata (Figura 43).

Dessa forma, a espacialização utilizando os municípios de São Félix do Coribe e Feira da Mata resultaram em uma proposta mais adequada aos objetivos deste trabalho, tanto por eliminar o problema envolvendo a seleção do Grupo Urucuia,

quanto por propiciar a seleção dos afloramentos carbonáticos sugeridos em sua totalidade Figura 43.

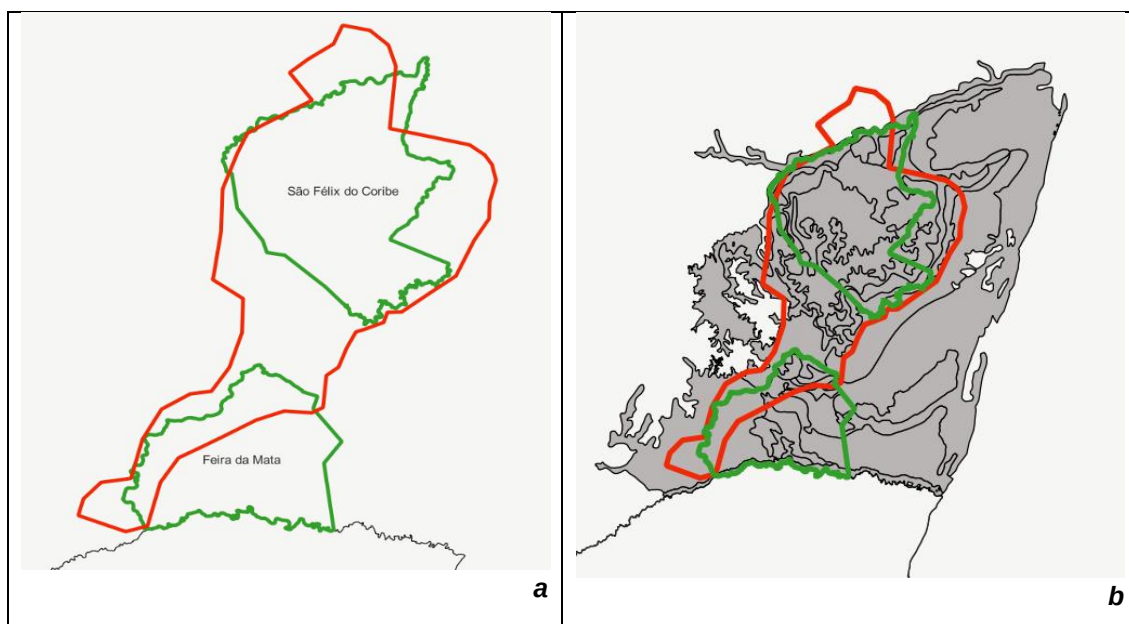


Figura 43 - a) Alta sobreposição espacial dos municípios de São Felix do Coribe e Feira da Mata com o polígono dos afloramentos de rochas carbonáticas delimitado por meio de imagens de satélite (vermelho). B) as unidades geológicas selecionadas (cinza) apresentam alta sobreposição com a faixa de rochas carbonáticas (vermelho).

Por sua vez, apesar de localizado entre os municípios de São Félix do Coribe e Feira da Mata, e ser transpassado pela faixa de rochas carbonáticas investigada, o uso do município de Coribe para a espacialização inicial também resulta na seleção de extensa área do Grupo Urucuia sendo, portanto, descartado.

O mesmo ocorre para outra área indicada para o sudoeste da Bahia, a qual foi inicialmente tratada com base na espacialização do município de Cocos, com a metodologia englobando o Grupo Urucuia (Figura 44) e refletindo o mesmo problema na delimitação de áreas mais bem definidas. Por outro lado, não contempla a maior parte dos afloramentos carbonáticos informados como alvo da área sugerida (Figura 44), fatores que levaram a também descartar o uso desse município.

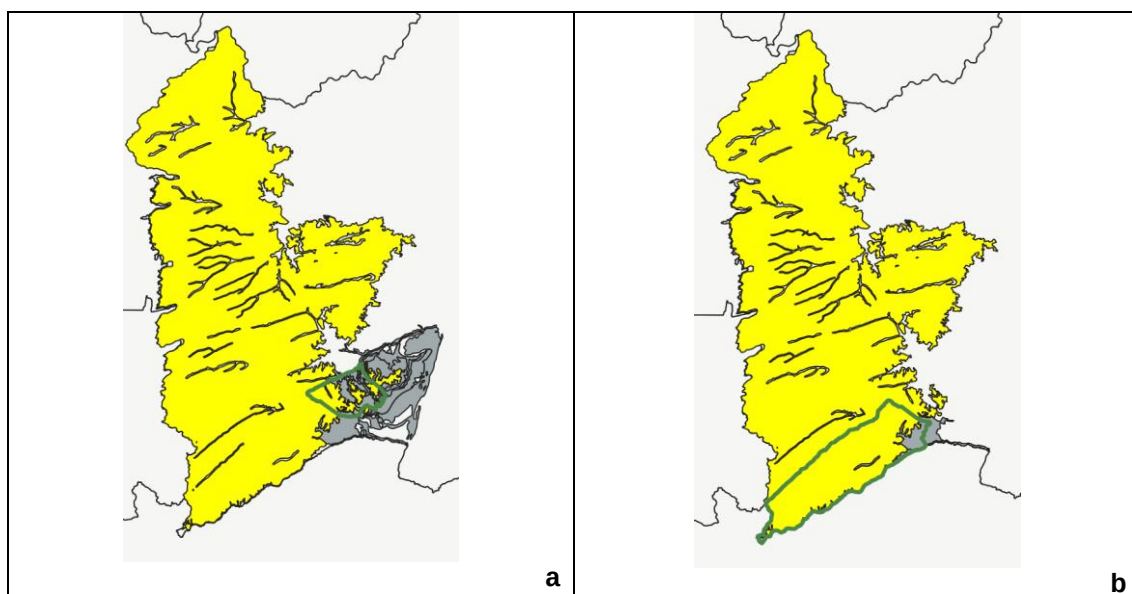


Figura 44 - a) Grupo Urucuia (amarelo) usando município de Coribe (verde). b) Grupo Urucuia utilizando município de Cocos (verde).

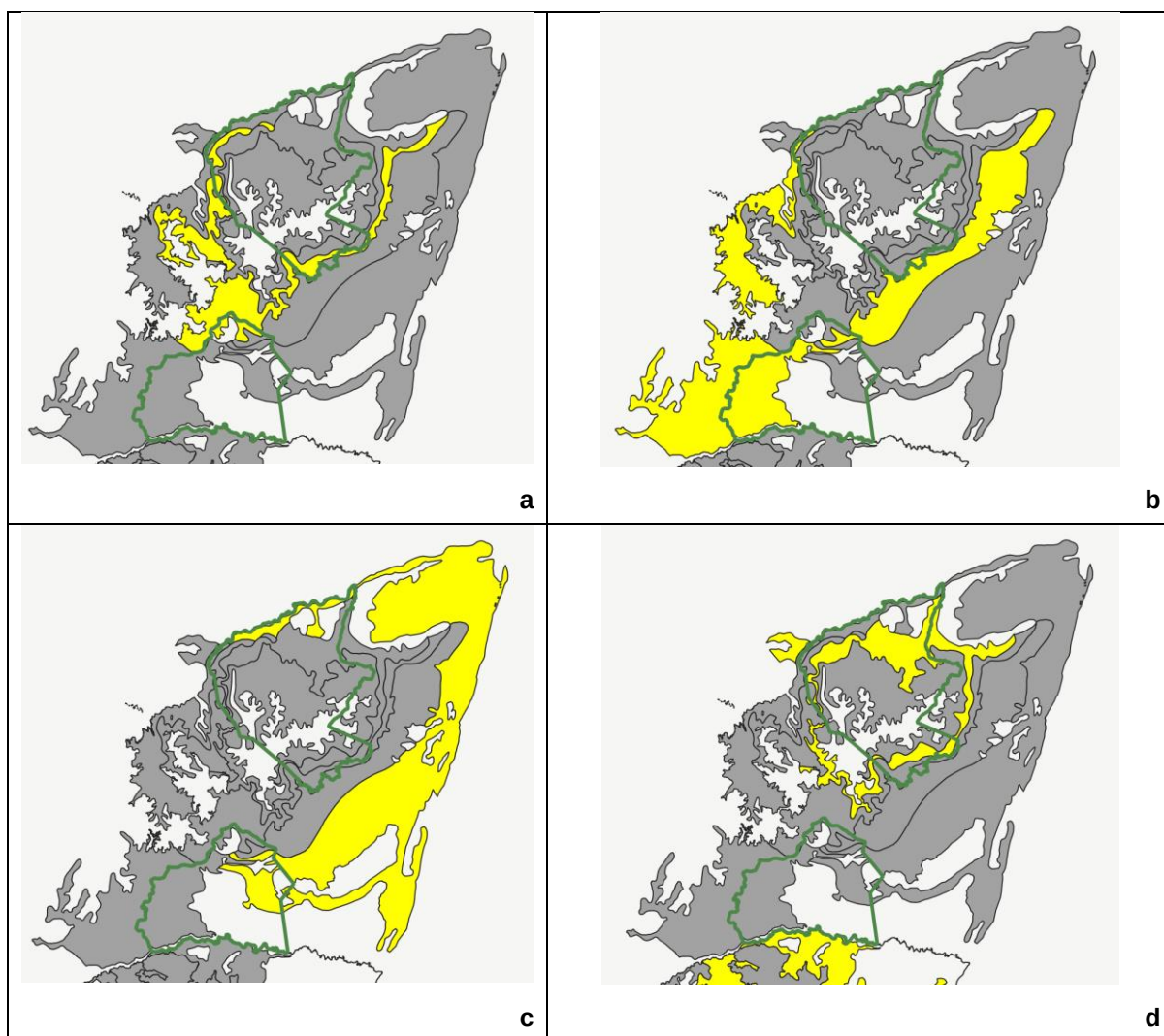
Espacialização São Félix do Coribe e Feira da Mata

A Formação Sete Lagoas se destaca como principal unidade geológica com registros de cavernas, estendendo-se desde o município de Serra do Ramalho (ao norte) até Cocos (ao sul). Apesar do expressivo número de cavidades associado a mesma, em suas fácies 1 e 2, possui uma grande área ainda sem ocorrências cadastradas entre os limites dos municípios de Cocos e Feira da Mata, indicando uma área promissora para futuras prospecções espeleológicas (Tabela 6).

Tabela 6 - Quantidade de cavernas por unidade geológica.

Unidade Geológica	Hierarquia	Litotipo1	Litotipo2	Quantidade de Cavernas
Sete Lagoas - fácies 2	Formação	Calcarenito, Dolomito		138
Sete Lagoas - fácies 1	Formação	Argilito, Ritmito, Marga	Silexito,	35
Paraopeba	Subgrupo	Calcarenito, Dolomito, Folhelho, Ritmito, Marga	Arcóseo, Siltito, Argilito,	22
Serra de Santa Helena	Formação	Siltito, Folhelho	Marga	20
Lagoa do Jacaré	Formação	Calcarenito, Siltito	Marga	11
Urucuia	Grupo	Arenito conglomerático, Rocha pelítica, Arenito	Conglomerado	2

A região de Tabuleirinho, ao norte da Serra do Ramalho, localiza-se na porção norte da área selecionada como de ocorrência da Formação Serra de Santa Helena, e de fato não possui registros de cavidades. Essa região se encontra bem próxima a outra área com vários afloramentos de rochas carbonáticas atribuídas à Formação Lagoa do Jacaré, à leste, também sem cavernas cadastradas. Portanto, configura outra área com potencial para novas prospecções (Figura 45).



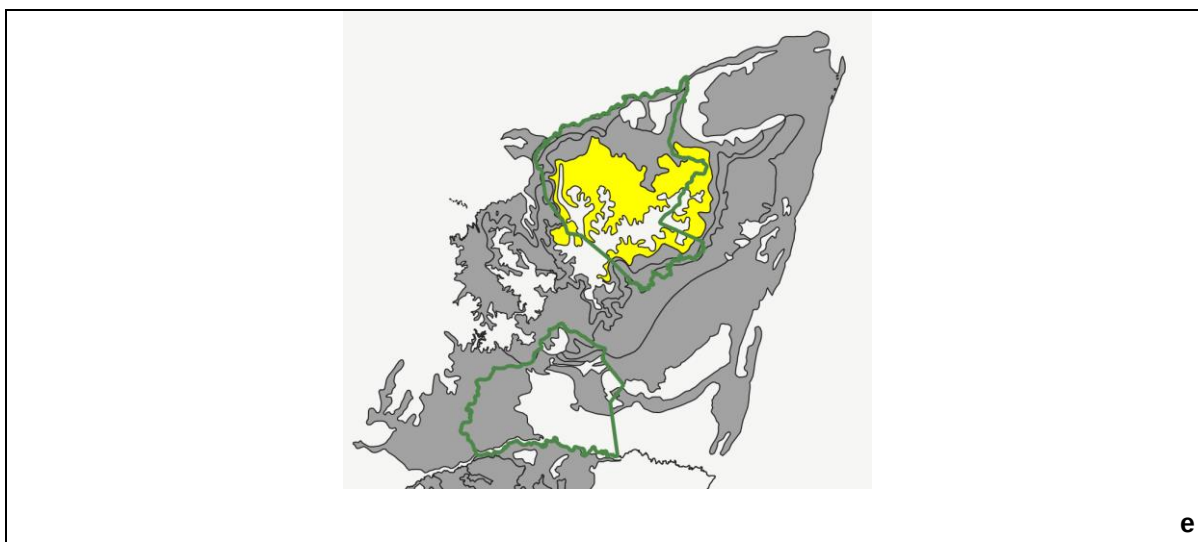


Figura 45 - Unidades geológicas selecionadas (cinza) e os municípios de São Félix do Coribe (ao norte) e Feira da Mata (ao sul), ambos em verde, com destaque (em amarelo) para: a) Área de ocorrência da Formação Sete Lagoas – fácies 2; b) Área de ocorrência da Formação Sete Lagoas – fácies 1; c) Área de ocorrência da Formação Paraopeba; d) Área de ocorrência da Formação Serra de Santa Helena, na Região do Tabuleirinho, com outras áreas de ocorrência estendendo-se para o sul, no Estado de Minas Gerais; e) Área de ocorrência da Formação Lagoa do Jacaré.

Por fim, cabe esclarecer que uma pequena porção da área de afloramentos carbonáticos delimitada visualmente, ao norte do Rio Corrente, não foi incluída na seleção, visto que a espacialização com base nos municípios sobrepostos, a saber, Santa Maria da Vitória e Santana extrapolaria em demasia a quantidade e extensão territorial de unidades geológicas, além daquelas de interesse para as áreas sugeridas. Não obstante, corresponde à área de ocorrência das formações Sete Lagoas, Paraopeba e Serra de Santa Helena e, apesar de contar com cerca de vinte registros de cavernas, pode ser considerada área potencial à prospecção espeleológica, desde que não tenham sido esgotados os esforços nesse sentido.

O resultado da seleção de áreas prioritárias para prospecção espeleológica no estado da Bahia pode ser visto na Figura 41.

MINAS GERAIS - Região Centro-Norte

Região de Manga

Códigos: G7A3 ([Anexo 2](#))

Na margem esquerda do Rio São Francisco, logo a oeste da cidade de Manga, ocorrem extensas áreas ainda relativamente preservadas que formam um campo de grandes dolinas no contato de sedimentos móveis e calcários do Grupo Bambuí. A detecção automática realizada com dados SRTM demonstrou alto potencial para novas ocorrências espeleológicas. Ainda não há um trabalho de validação destas feições depressivas, que podem levar a entradas de sistemas cavernícolas. Apenas duas cavernas estão registradas na área, em locais de afloramentos residuais de calcário. Estas cavernas estão inseridas no Parque Estadual Mata Seca, que abrange parte da área selecionada para prospecção.

O resultado da seleção de áreas prioritárias para prospecção espeleológica no estado de Minas Gerais na região de Manga pode ser visto na Figura 46.

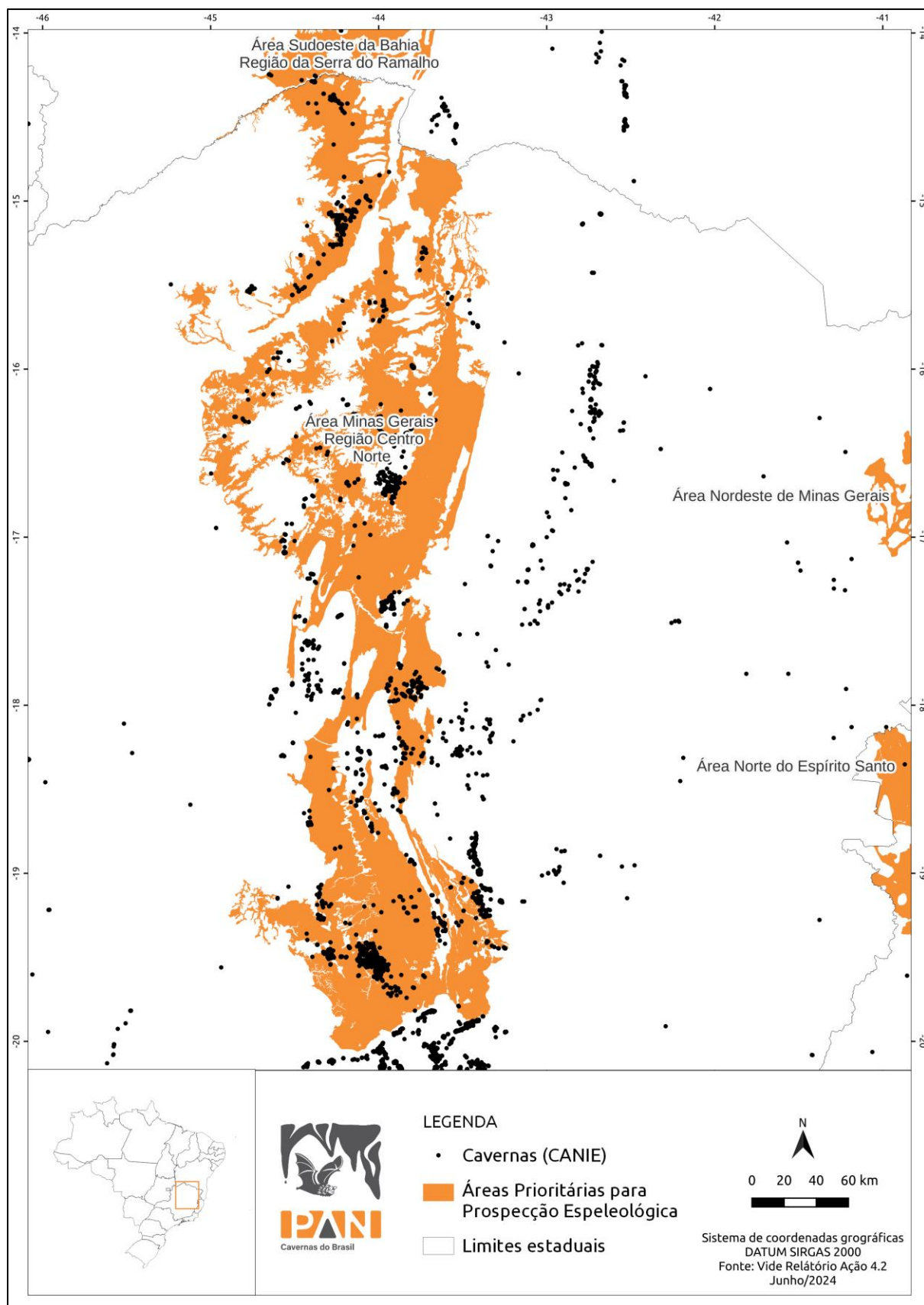


Figura 46 - Áreas prioritárias para prospecção espeleológica no estado de Minas Gerais, região Centro-Norte.

Região de Itacarambi e Januária

Códigos: G7A3, G7A5, G8A1, G8A2, G8A3 ([Anexo 2](#))

Geologicamente, as cavernas estão concentradas no Subgrupo Paraopeba (Formação Sete Lagoas, Formação Lagoa do Jacaré, Formação Serra de Santa Helena), constituído de rochas calcárias, que compõe o Grupo Bambuí em Minas Gerais. As coberturas lateríticas e o Grupo Urucuia, arenítico, repousam sobre as formações calcárias (Tabela 7).

As litologias locais podem ser resumidas conforme Tabela 7.

Tabela 7 - Quantidade de cavernas por unidade geológica.

Unidade geológica	Hierarquia	Litotipo	Quantidade de cavernas
Serra de Santa Helena	Formação	metassiltito, metargilito, metarenito, calcário, calcário dolomítico, calcário calcítico, folhelho, argilito, arenito, marga	318
Sete Lagoas	Formação	metamarga, metacalcário, dolomito, siltito, argilito, dolarenito, calcarenito, calcissiltito	253
Lagoa do Jacaré	Formação	metargilito, metassiltito, metamarga, siltito, calcilutito, calcarenito	24
Urucuia	Grupo	conglomerado, pelito, arenito conglomerático, arenito	12
Coberturas detrítico-lateríticas com concreções ferruginosas		cascalho, argila, laterita	9

No Grupo Urucuia e nas coberturas lateríticas, os registros de cavernas ocorrem próximo ao contato com as rochas do Subgrupo Paraopeba que podem constituir as rochas hospedeiras dessas cavidades subterrâneas, dada à natureza friável dos arenitos Urucuia e coberturas detríticas. Após análise, optou-se por retirar essas unidades, visando não contaminar a amostra, pois ocupam uma área muito extensa, conforme mostrado na Figura 47.

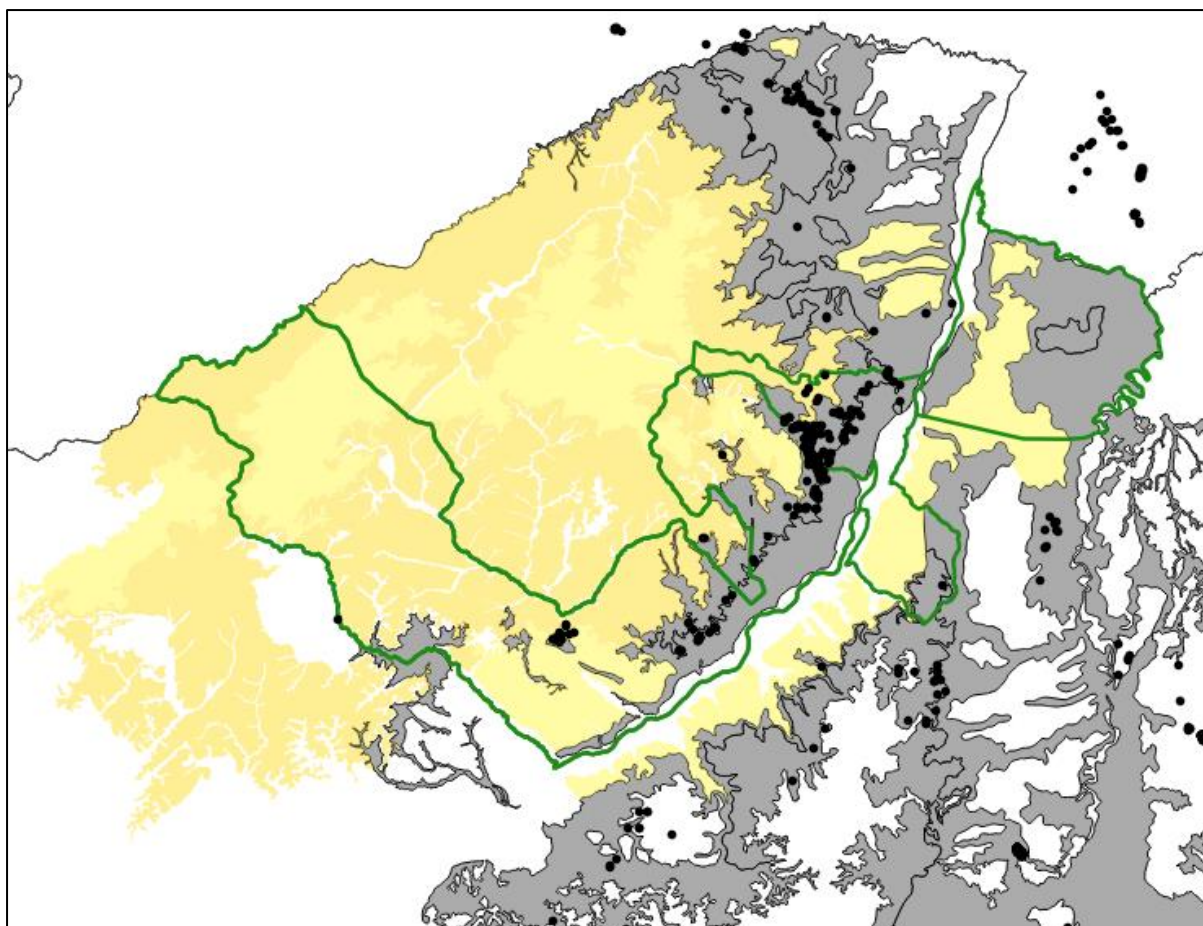


Figura 47 - Ocorrência do Grupo Urucuia (amarelo escuro) e coberturas lateríticas (amarelo claro) sobre rochas calcárias (cinza) na região de Itacarambi e Januária, MG.

As rochas calcárias estão distribuídas principalmente no leste da área, se estendendo para norte e sul. A maior extensão é ocupada por rochas da Formação Santa Helena, conforme visto na Figura 48.

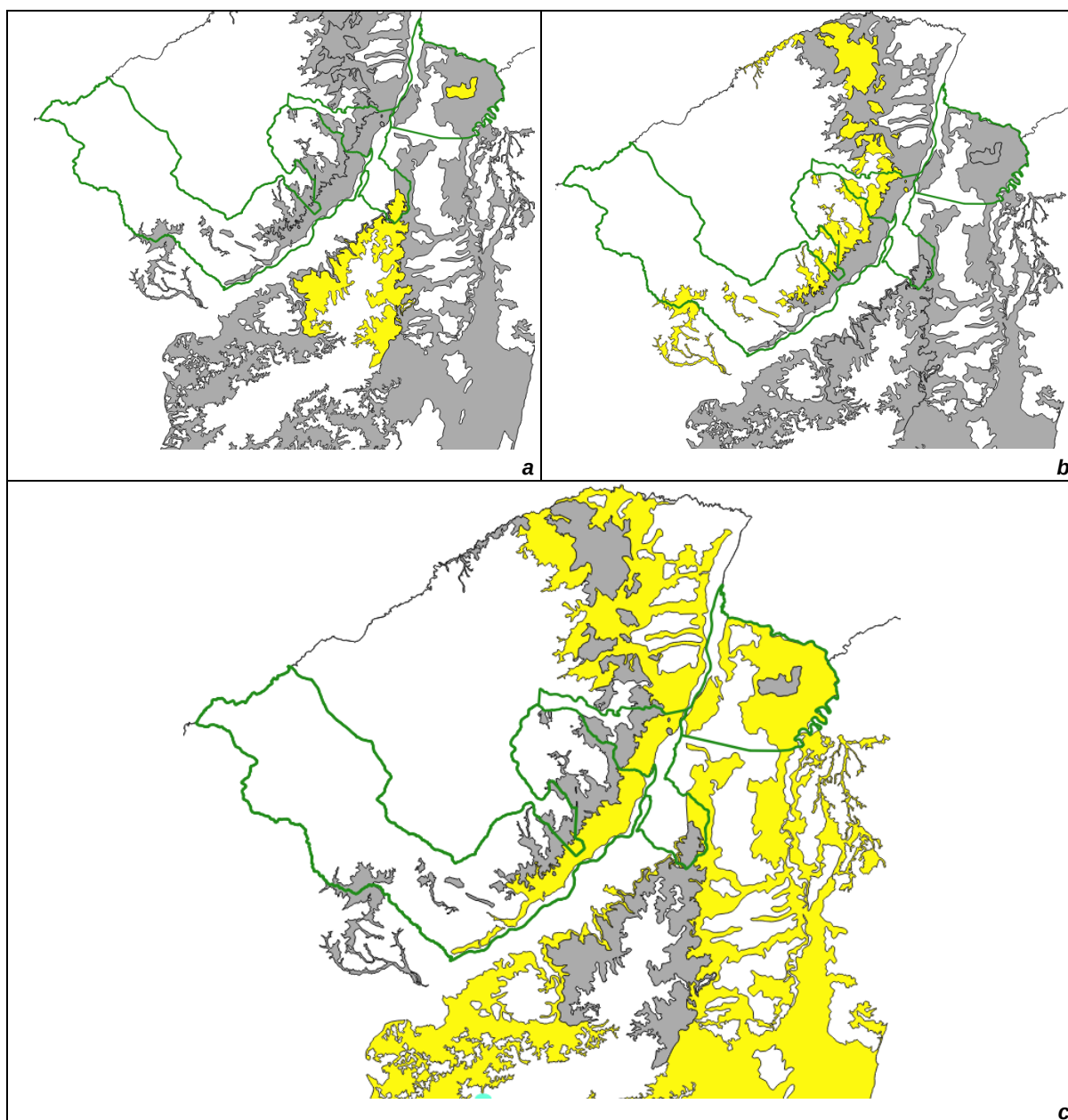


Figura 48 - Área de ocorrências de rochas calcárias: a) Formação Lagoa do Jacaré; b) Formação Sete Lagoas e c) Formação Santa Helena.

Nos municípios adjacentes, há ocorrência de cavernas nessas mesmas formações calcárias, possibilitando estender o mapeamento para áreas circunvizinhas ao norte da área estudada, como os municípios de São João das Missões, Juvelinia, Montalvânia, Manga e Miravânia.

O resultado da seleção de áreas prioritárias para prospecção espeleológica no estado de Minas Gerais na região de Itacarambi e Januária pode ser visto na Figura 46.

Região de Xacriabá e Peruaçu

Códigos: G7A5 ([Anexo 2](#))

Próximo à cidade de Itacarambi-MG, na margem esquerda do Rio São Francisco e em parte significativa da Terra Indígena Xacriabá em sobreposição ao PARNA Cavernas do Peruaçu, ocorrem grandes e profundas depressões cársticas não validadas que podem abrigar significativos sistemas espeleológicos. O contexto local é representado pela transição entre os sedimentos siliciclásticos do Grupo Urucuia sobrepostos aos carbonatos do Grupo Bambuí, atualmente expostos pela regressão erosiva imposta pelo nível de base regional (Rio São Francisco). Algumas depressões, de carste subjacente, são inteiramente alimentadas pelo aquífero Urucuia, permitindo aportes hidrológicos aos sistemas subjacentes de forma praticamente contínua. A área delimitada está justaposta à área do Cânion do rio Peruaçu e pode explicar muito sobre a evolução dos imponentes sistemas espeleológicos locais. Entretanto as atividades de prospecção nesta área requerem um arranjo institucional e sensibilização dos atores de forma que os envolvam e permitam o acesso aos locais mais importantes (Funai, lideranças indígenas etc.).

O resultado da seleção de áreas prioritárias para prospecção espeleológica no estado de Minas Gerais na região de Xacriabá e Peruaçu pode ser visto na Figura 49.

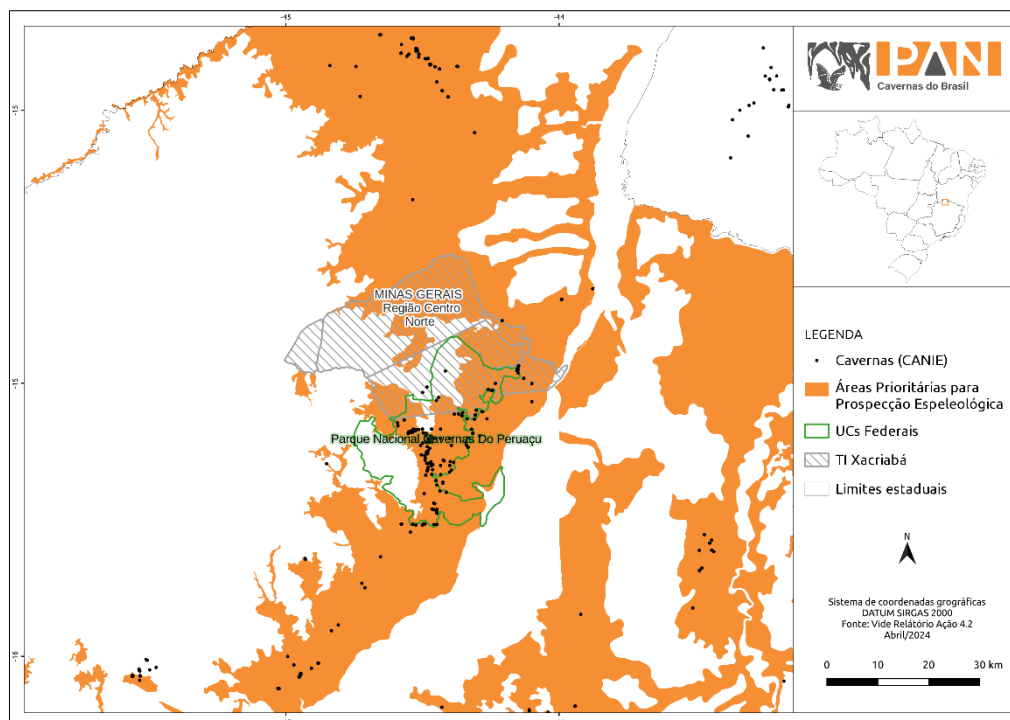


Figura 49 - Áreas prioritárias para prospecção espeleológica no estado de Minas Gerais, na região de Xacriabá e Peruaçu.

Região da Serra do Intendente

Códigos: G8A7 ([Anexo 2](#))

A delimitação das unidades espaciais iniciais de análise, neste caso, recebeu um tratamento diferenciado em virtude de alguns fatores. Ao considerar a área sugerida pela UFLA, ou seja, a Serra do Intendente (MG), entre Lapinha da Serra e Conselheiro Mata foram selecionados os limites dos municípios: Conceição do Mato Dentro, Congonhas do Norte, Diamantina, Gouveia, Monjolos, Santa de Pirapama e Santana do Riacho. Entretanto, ao empregar a metodologia foram identificadas 28 unidades geológicas potenciais à prospecção espeleológica, cuja distribuição espacial alcançou uma extensa área territorial (Figura 50 e Figura 51; Tabela 8).

Tabela 8 - Quantidade de cavernas por unidade geológica considerando como unidade espacial de análise os municípios entre Lapinha da Serra e Conselheiro Mata.

Unidade geológica	Hierarquia	Litotipo1	Litotipo2	Quantidade de cavernas
Galho do Miguel	Formação	Quartzito		284
Sete Lagoas	Formação	Metapelito	Metamarga, Metacalcário, Dolomito, Siltito, Argilito, Dolarenito, Calcarenito, Calcissiltito	192
Sopa-Brumadinho	Formação	Metaconglomerado	Metapelito, Quartzito, Filito, Xisto	178
Meloso	Formação	Filito, Quartzito	Xisto, Quartzito micáceo, Metarenito, Quartzito-mica xisto	89
Serra de Santa Helena	Formação	Siltito	Metassiltito, Metargilito, Metarenito, Calcário, Calcário dolomítico, Calcário calcítico, Folhelho, Argilito, Arenito, Marga	88
Jacém	Formação	Quartzito	Quartzito xisto, Filito	79
Serra do Sapo	Formação	Itabirito	Rocha metaultramáfica, Quartzito, Filito	79
Itapanhoacanga	Formação		Metaconglomerado, Formação ferrífera bandada, Filito, Metarenito, Quartzito	70
Chapada Acauã	Formação	Metadiamictito	Metapelito, Quartzito ferruginoso, Grafita xisto	58
Lagoa do Jacaré	Formação	Metacalcarenito	Metargilito, Metassiltito, Metamarga, Siltito, Calcilutito, Calcarenito	55
Basal de Guanhões, metagranitóides	Unidade	Metagranodiorito, Metagranito	Quartzito monzonito, Metatonalito	36

Macaúbas	Grupo		Metassiltito, Metarritmito, Metarenito, Metadiamictito, Metaconglomerado, Metacalcário dolomítico, Metacalcário, Quartzito, Mica xisto, Grafita xisto, Filito, Metamafito, Metaultramafito, Metarcóseo, Rocha calcissilicática, Formação ferrífera ban	25
Córrego Pereira	Formação	Quartzito, Mica quartzito		21
Santa Rita	Formação	Metassiltito, Metargilito	Quartzito, Filito	20
Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas	Não definida	Areia	Cascalho, Argila, Laterita	17
Borrachudos	Suíte	Granito	Quartzo monzonito, Álcali-feldspato granito, Augen gnaiss, Ortognaiss	15
Conceição do Mato Dentro	Suíte	Metarriolito	Metavulcânica intermediária, Metavulcânica félsica, Metandesito, Metadacito	9
Serra do Catuni	Formação	Metassiltito, Quartzito	Metaconglomerado polimítico, Mármore, Filito, Xisto, Metadiamictito	8
São João da Chapada	Formação		Quartzito, Metaconglomerado, Filito	6
Serra Negra de Guanhães	Formação		Rocha metaultramáfica, Quartzito, Quartzito xisto, Gnaiss, Formação ferrífera bandada, Anfíbolito	4
Rio Pardo Grande	Formação	Metassiltito, Metargilito	Quartzito, Mármore dolomítico	3
Duas Barras	Formação	Metarenito, Metaconglomerado		3
Costa Sena	Grupo	Xisto	Granito, Rocha metavulcânica máfica, Gnaiss, Formação ferrífera bandada	2
Córrego dos Borges	Formação	Metarenito	Metaconglomerado, Quartzito ferruginoso, Filito	1
Rio Mata Cavalo	Grupo		Metamafito, Metavulcânica félsica, Rocha metaultramáfica, Metabasalto komatiítico, Quartzito, Formação ferrífera bandada, Xisto	1
Macaúbas, quartzito	Litofácies	Quartzito	Metassiltito	1
Granito Jacém	Corpo	Granito		1

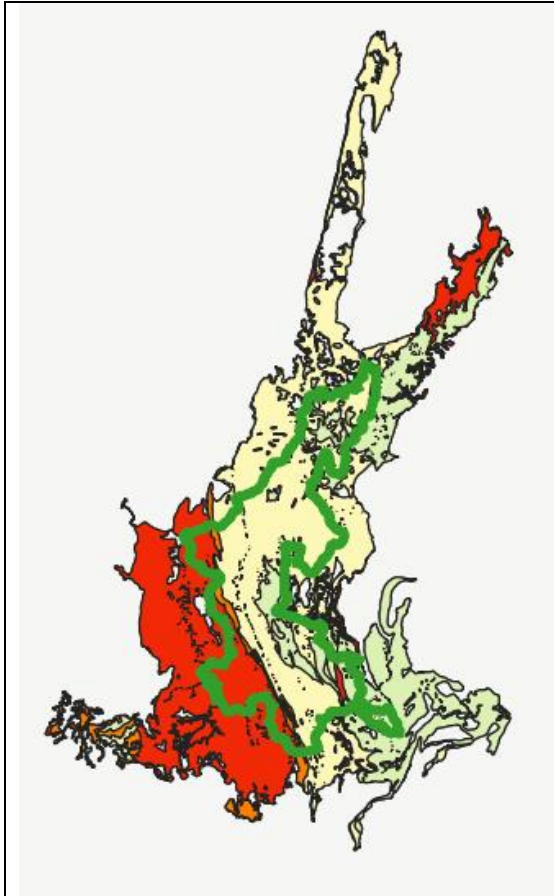


Figura 50 - Potencialidade de ocorrências de cavernas (CECAV,2012). Em vermelho, áreas de muito alto potencial e, em laranja, alto potencial. Em verde, os limites externos dos municípios de Conceição do Mato Dentro, Congonhas do Norte, Diamantina, Gouveia, Monjolos, Santa de Pirapama e Santana do Riacho

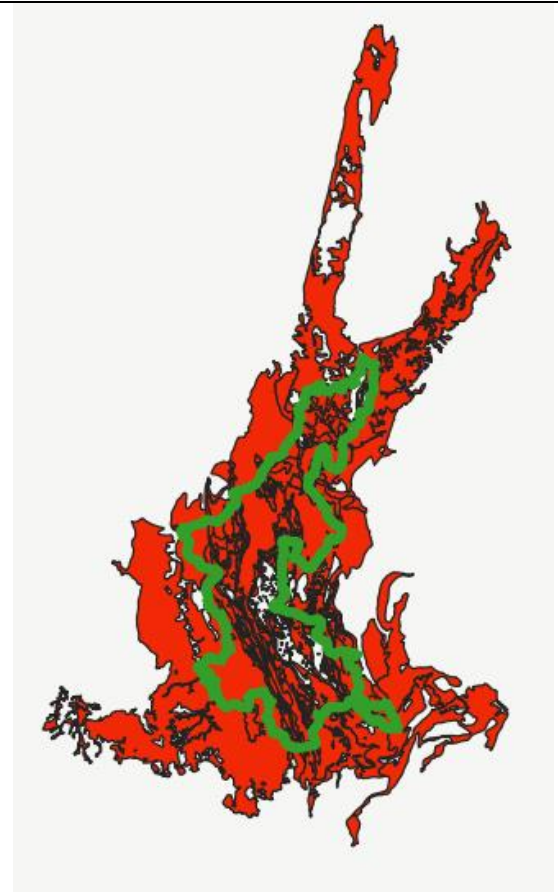


Figura 51 - Áreas potenciais à prospecção espeleológica, com base nas unidades geológicas com ocorrências de cavernas (em vermelho).

Por outro lado, utilizando-se os limites municipais, boa parte da área não corresponde a áreas de muito alto ou alto potencial de ocorrências de cavernas (CECAV, 2012), como pode ser observado na Figura 52.

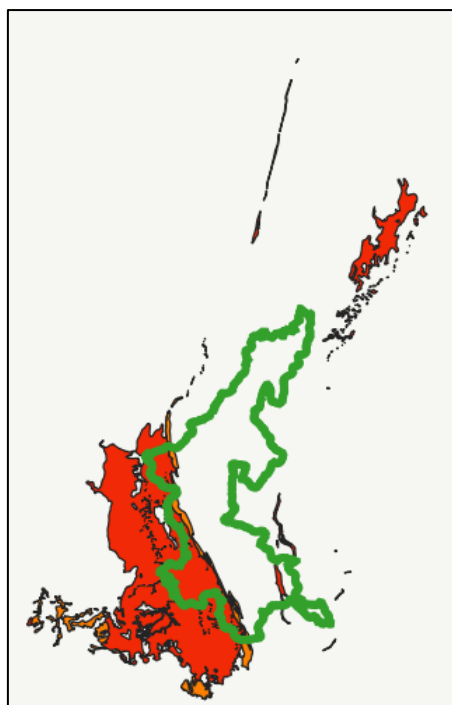


Figura 52 - Boa parte da área dos municípios indicados não corresponde a áreas de muito alto ou alto potencial de ocorrências de cavernas (CECAV, 2012) (área em vermelho).

Buscou-se, portanto, uma alternativa com foco na Serra do Intendente. Utilizando como unidade espacial inicial uma camada com os limites do Parque Estadual da Serra do Intendente (IEF-MG), obteve-se um refinamento nas unidades geológicas potenciais à prospecção relacionadas à Serra em si, com boa sobreposição a essa feição do relevo (Figura 53 e Tabela 9).

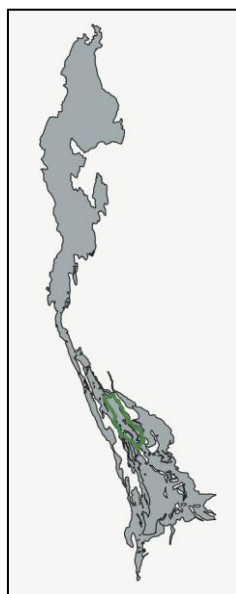


Figura 53 - Área potencial à prospecção espeleológica com base nos limites do Parque Estadual da Serra do Intendente (IEF-MG).

Tabela 9 - Quantidade de cavernas por unidade geológica considerando como unidade espacial de análise os limites do Parque Estadual da Serra do Intendente (IEF MG).

Unidade geológica	Hierarquia	Litotipo1	Litotipo2	Quantidade de cavernas
Galho do Miguel	Formação	Quartzito		282
Sopa-Brumadinho	Formação	Metaconglomerado	Metapelito, Quartzito, Filito, Xisto	58

No caso específico do Parque Estadual da Serra do Intendente, há registro de apenas duas cavidades, a Gruta da Bocaina e Abrigo da Trilha, ambas localizadas no município de Conceição do Mato Dentro, nos domínios dos quartzitos da Formação Galho do Miguel, com maior distribuição na área do Parque (Figura 54, Figura 55 e Figura 56).

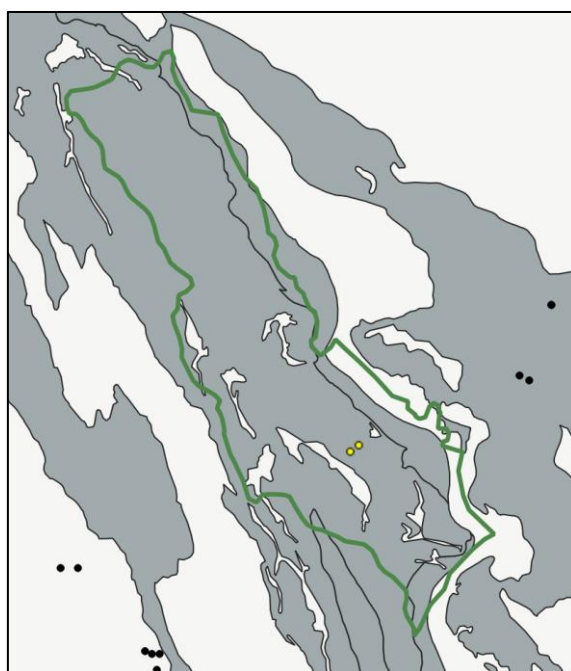


Figura 54 - Destaque para as duas cavidades (pontos amarelos) registradas no interior do PE Serra do Intendente (em verde). Em cinza, áreas prioritárias para prospecção espeleológica.

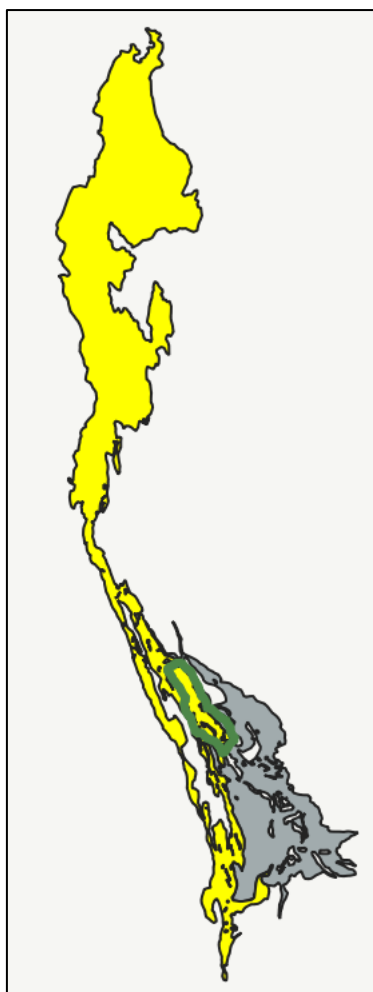


Figura 55 - Distribuição da Formação Galho do Miguel na área potencial. Em verde, limite do PE Serra do Intendente. Em cinza, área potencial para prospecção espeleológica.

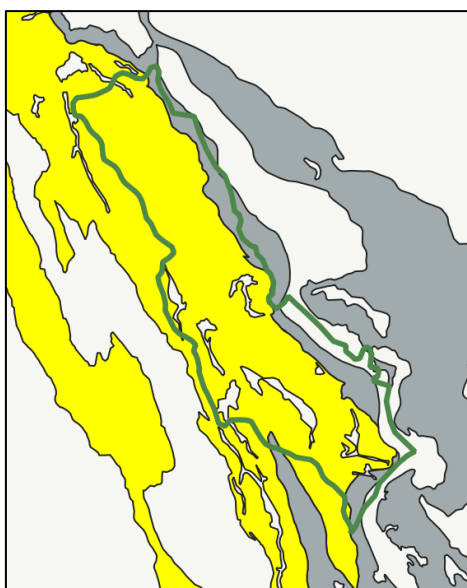


Figura 56 - Detalhe da área de ocorrência da Fm. Galho do Miguel no PE Serra do Intendente (em verde). Em cinza, área potencial para prospecção espeleológica.

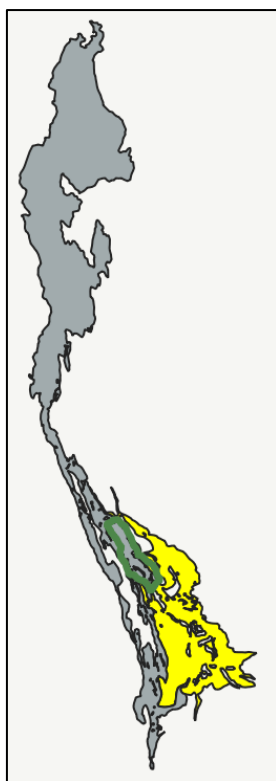


Figura 57 - Distribuição da Formação Sopa Brumadinho na área potencial. Em verde, limite do PE Serra do Intendente. Em cinza, área potencial para prospecção espeleológica.

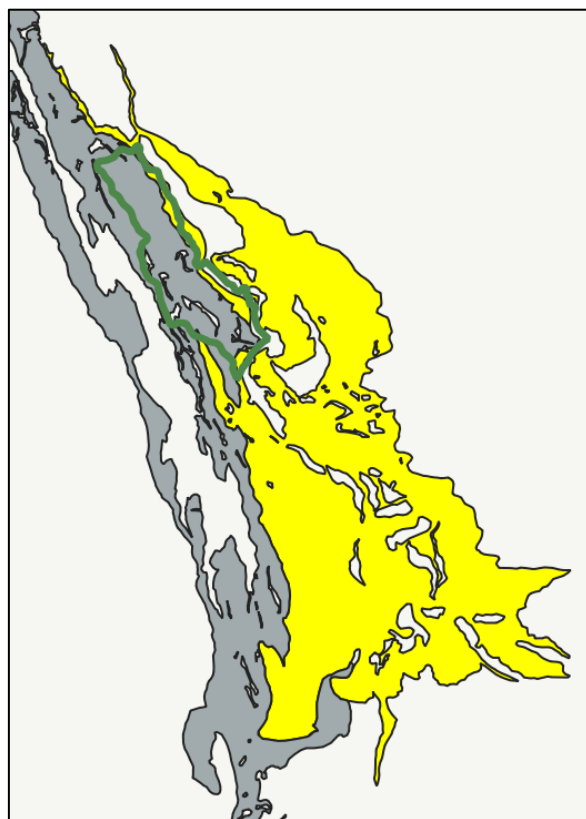


Figura 58 - Detalhe da área de ocorrência da Fm. Sopa Brumadinho no PE Serra do Intendente (em verde). Em cinza, área potencial para prospecção espeleológica.

Assim, a seleção permite identificar, dentro do PE, bem como nas proximidades, áreas com extensas ocorrências de quartzitos ainda sem cavidades identificadas e merecem constar em estratégias de prospecção espeleológica futuras.

A extensão de tais unidades geológicas para além dos limites do PE corrobora nesse sentido, ou seja, nelas já constam registros de outras 280 cavernas na Formação Galho do Miguel e mais 58 na Formação Sopa Brumadinho. A área potencial, assim delimitada, contempla a profusão de cavernas localizadas ao norte, nos municípios de Bocaiúva, Buenópolis, Diamantina e Olhos-d'Água, ao sul, nos municípios de Santana do Riacho, Morro do Pilar e Conceição do Mato Dentro e ao centro, em Gouveia e Monjolos. Também permite observar que há localidades, no centro da Serra sem registros de cavernas, no município de Congonhas do Norte e ao sul, em Itabira e Nova União (Figura 57 e Figura 58).

Entretanto, cabe salientar que ao utilizar os limites do PE Serra do Intendente como unidade espacial inicial de análise, a metodologia não contempla uma significativa parcela da Serra, à oeste da área potencial selecionada, a qual possui muitos registros de cavernas já cadastradas, mas também possui extensas áreas de rochas quartzíticas ainda passíveis de prospecção.

Essa porção da Serra à oeste se estende de norte a sul da área selecionada, contemplando os municípios de Buenópolis, Augusto de Lima, Diamantina, Monjolos, Gouveia, Santana de Pirapama, Santana do Riacho, Jaboticatubas e Taquaraçu de Minas. Mas, justamente em razão da quantidade e expressiva distribuição espacial desses municípios, a adoção de seus limites na metodologia levaria a mesma observação inicial ao dispersar o foco da análise dos quartzitos, em virtude da sobreposição de alguns desses municípios com outras 26 unidades geológicas com registros de cavernas, em várias litologias, além de outras sobrepostas a quatro desses municípios que não faziam parte da seleção inicial (Buenópolis, Augusto de Lima, Jaboticatubas e Taquaraçu de Minas).

Portanto, optou-se por considerar a seleção proposta, com base nos limites do PE Serra do Intendente, ressaltando que as estratégias de prospecção espeleológica deverão considerar a extensão da Serra até o seu limite oeste, inclusive refinando as informações de levantamentos já realizados nessa porção, com diversas cavernas

identificadas, para identificar eventuais lacunas, bem como o real potencial das unidades geológicas que compreendem as rochas quartzíticas na região.

O resultado da seleção de áreas prioritárias para prospecção espeleológica no estado de Minas Gerais na região da Serra do Intendente pode ser visto na Figura 46.

Região de Funilândia, Baldim e Lagoa Santa

Códigos: G2A6, G2A7, G2A9 ([Anexo 2](#))

De acordo com o grupo Meandros Espelo Clube, que iniciou um trabalho de mapeamento, na região de Baldim as cavernas estão em áreas particulares e há algumas dificuldades em obter autorização de entrada junto aos proprietários.

Baldim é município limítrofe de Funilândia, apresentando as mesmas litologias calcárias. Nesses dois municípios há muita área a ser explorada, pois há poucos registros de cavernas, embora estejam em litologias favoráveis à ocorrência. De acordo com os dados do CANIE, há 7 registros de cavernas em Baldim e 5 registros em Funilândia. Por outro lado, em Lagoa Santa, embora tenha litologia favorável, grande parte de seu território é ocupada por áreas urbanas ou de agricultura. Talvez esse seja um fator limitante para mapeamento de novas cavidades.

Nessa região, as ocorrências estão nas formações Sete Lagoas, Lagoa do Jacaré, constituídas por metacalcários e calcarenitos, e Formação Santa Helena constituída predominantemente de calcários, calcários dolomíticos e metarenitos (Tabela 10).

Tabela 10 - Quantidade de cavernas por unidade geológica.

Unidade geológica	Hierarquia	Litotipo	Quantidade de cavernas
Sete Lagoas	Formação	metamarga, metacalcário, dolomito, siltito, argilito, dolarenito, calcarenito, calcissiltito	1446
Serra de Santa Helena	Formação	metassiltito, metargilito, metarenito, calcário, calcário dolomítico, calcário calcítico, folhelho, argilito, arenito, marga	88
Belo Horizonte	Complexo	granodiorito, migmatito, ortogneisse	24
Lagoa do Jacaré	Formação	metargilito, metassiltito, metamarga, siltito, calcilutito, calcarenito	10

Há registro de cavernas sobre rochas metamórficas do Complexo Belo Horizonte, porém, as ocorrências encontram-se nas bordas do complexo metamórfico, no contato com a Formação Sete Lagoas (litologia mais provável para as cavernas). Importante esse detalhamento de campo, com verificação da litologia das cavidades, para aprimorar a metodologia de análise no futuro.

Na Figura 59 são mostradas as áreas de ocorrências das litologias na região de Funilândia, Baldim e Lagoa Santa.

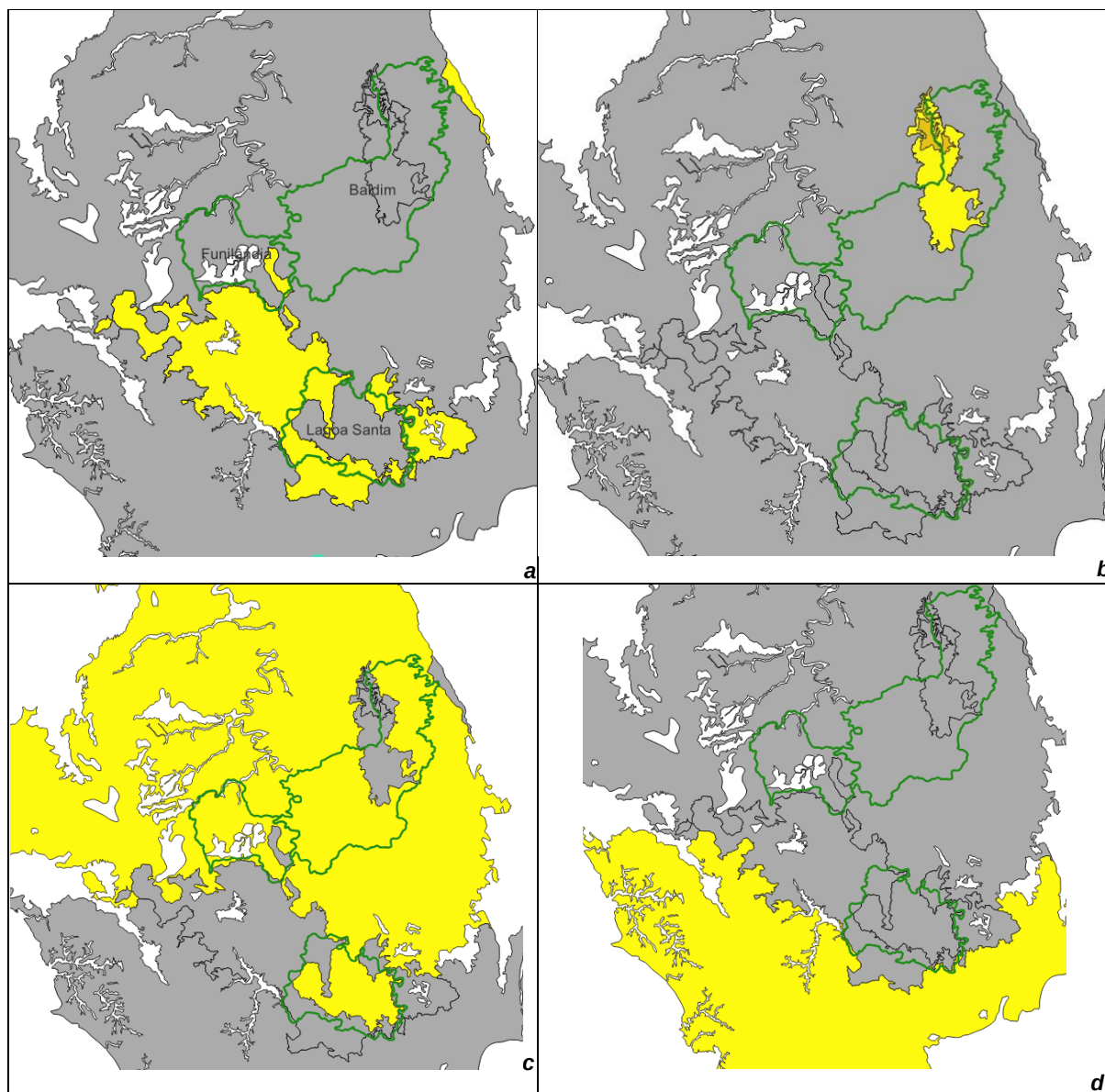


Figura 59 - Área de ocorrências de rochas calcárias em Funilândia, Baldim e Lagoa Santa. a) Formação Sete Lagoas; b) Formação Lagoa do Jacaré e Serra da Saudade (amarelo escuro); c) Formação Santa Helena; d) Complexo Belo Horizonte.

As principais cavernas registradas na região estão na Formação Sete Lagoas (Membro Lagoa Santa), como visto na Figura 59-a. Por ser uma região de predominância de rochas calcárias, há possibilidade de encontrar novas cavidades subterrâneas nas áreas não exploradas.

Uma observação quanto a indicação das áreas prioritárias para mapeamento é o município de Lagoa Santa que, embora possua grande parte de seu território

ocupado por áreas urbanas e de agricultura, dispõe de áreas não mapeadas com predomínio de rochas da Formação Sete Lagoas.

O resultado da seleção de áreas prioritárias para prospecção espeleológica no estado de Minas Gerais na região de Funilândia, Baldim e Lagoa Santa pode ser visto na Figura 46.

MINAS GERAIS - Região de Natalândia

Códigos: G8A4 ([Anexo 2](#))

De acordo com a descrição do Centro de Estudos em Biologia Subterrânea da UFLA há cavernas interessantes na região, com diversos níveis e pinturas rupestres. Todas estão localizadas em áreas particulares (fazendas pecuaristas). Esta área é parcialmente recoberta com folha geológica em escala 1:100.000.

Pela geologia, as cavernas estão em áreas de rochas calcárias do Subgrupo Paraopeba. Essa formação apresenta três fácies: arenito, calcário e calcarenito, conforme representado na Tabela 11.

Tabela 11 - Quantidade de cavernas por unidade geológica.

Unidade geológica	Hierarquia	Litotipo	Quantidade de cavernas
Paraopeba, calcário	Subgrupo	Dolomito, Siltito, Marga	33
Paraopeba	Subgrupo	Dolomito, Ritmito, Siltito, Folhelho, Argilito, Arcóseo, Arenito, Marga, Calcarenito	2

As rochas calcárias do subgrupo Paraopeba estão distribuídas nas formações Sete Lagoas, Lagoa do Jacaré, Santa Helena, Carrancas e Serra da Saudade. A base de dados do SGB/CPRM para essa região não tem a discriminação das unidades litológicas. O Grupo Paranoá aparece em uma faixa estreita de rochas metamórficas que se estende de norte a sul de Natalândia, sem registro de cavernas. Grande parte do município apresenta alterações antrópicas por conta dos cultivos agrícolas (Figura 60).

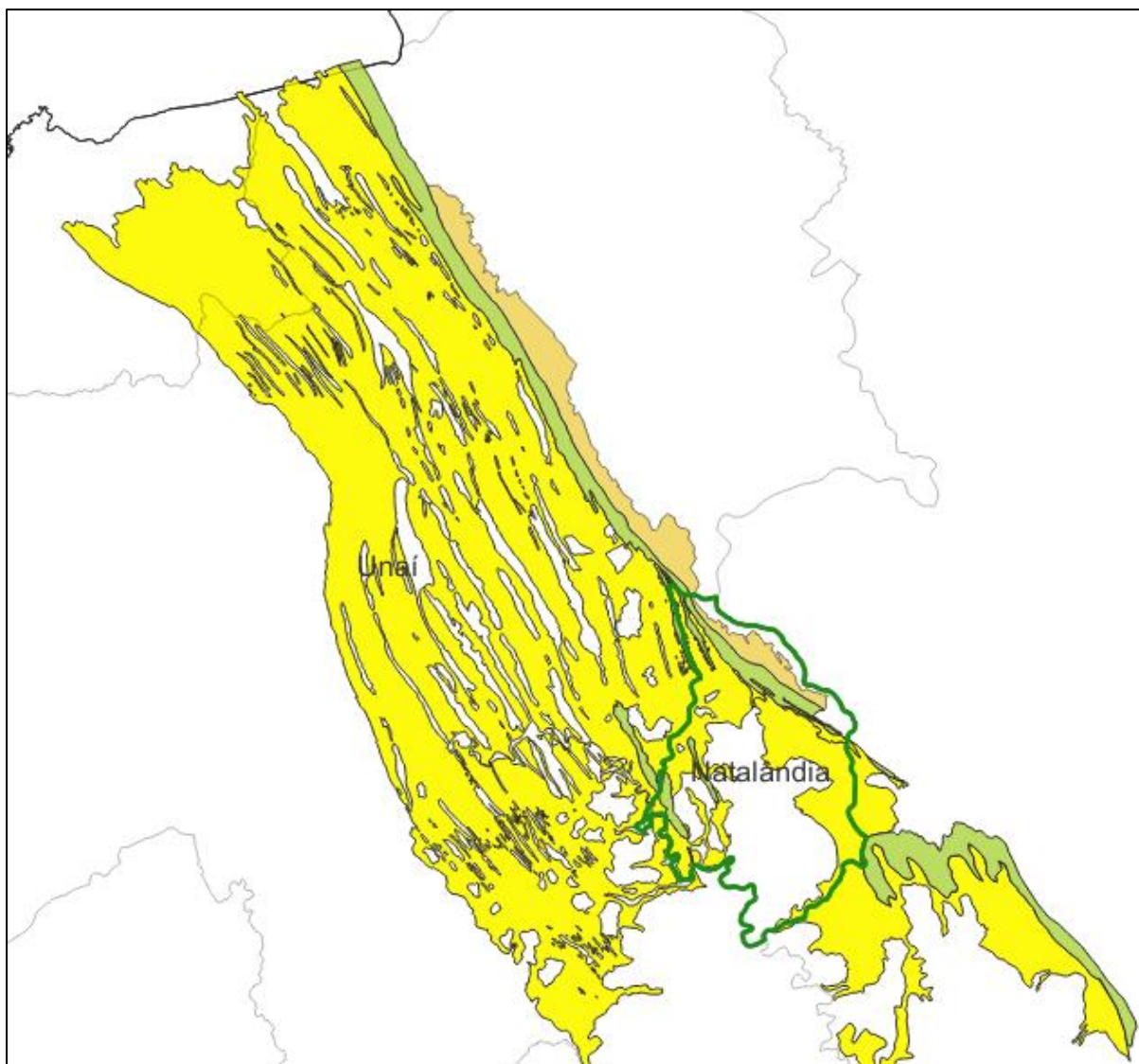


Figura 60 - Ocorrência do Subgrupo Paraopeba (em amarelo), com destaque para a unidade Serra da Saudade (cor mais escura), e Grupo Paranoá (em verde). No detalhe, as ocorrências dentro do município de Natalândia/MG.

O Subgrupo Paraopeba se estende no sentido norte para o município de Unai, onde há vários registros de cavernas (Figura 60). Nas áreas adjacentes ao município de Natalândia ocorrem outras formações com interesse geológico para cavernas, como o Grupo Vazante, constituído de arenitos, e o Grupo Paranoá, composto de rochas calcárias.

Essa é uma região interessante do ponto de vista geológico, pois há áreas não exploradas, com presença de rochas calcárias e areníticas. A estrutura geológica apresenta continuidade desde o município de Dom Bosco/MG até Formosa/GO, passando por Unai, Cabeceiras, Cabeceira Grande e Buritis.

O resultado da seleção de áreas prioritárias para prospecção espeleológica no estado de Minas Gerais na região de Natalândia pode ser visto na Figura 61.

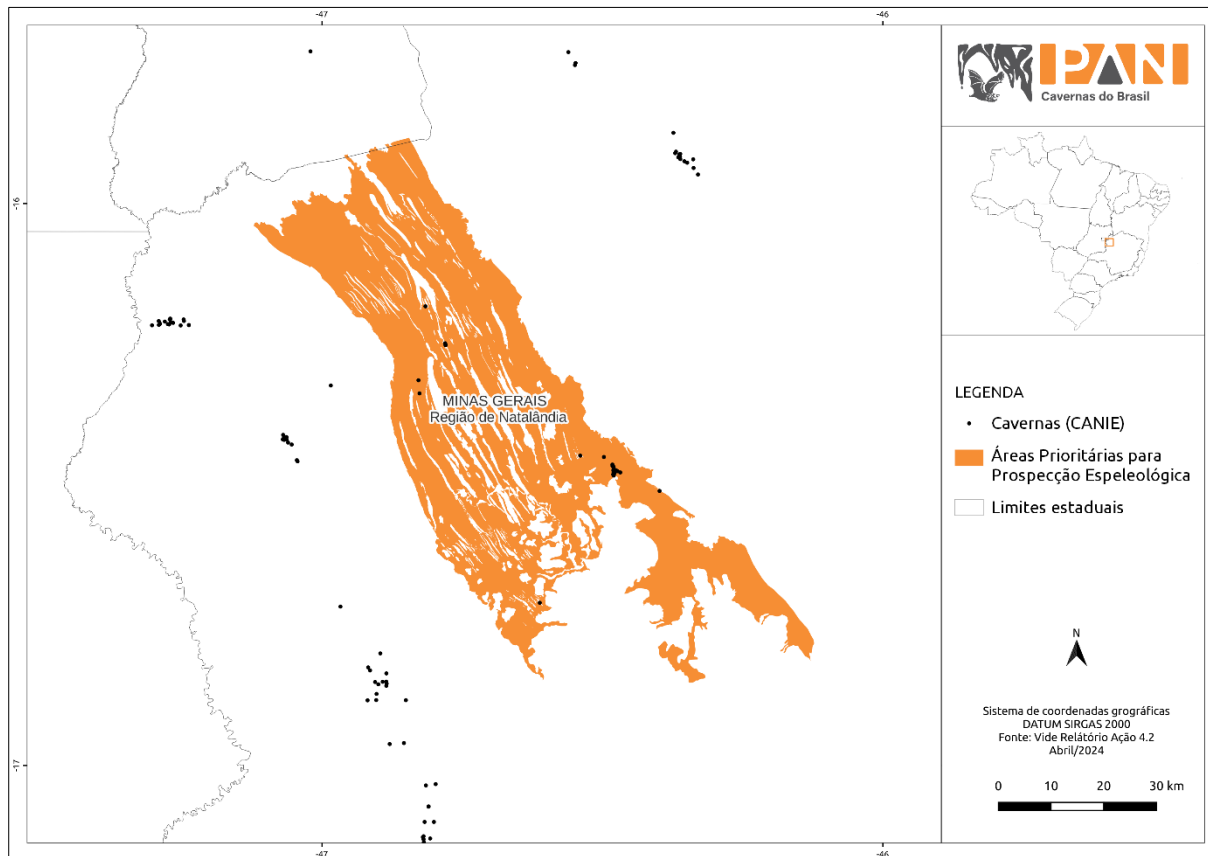


Figura 61 - Áreas prioritárias para prospecção espeleológica no estado de Minas Gerais na região de Natalândia.

MINAS GERAIS - Região do Vale do Jequitinhonha e Mucuri

Códigos: G8A8, G8A9 ([Anexo 2](#))

De acordo com a metodologia adotada, apenas a Unidade Jequitinhonha (kinzigito) foi selecionada como área potencial à prospecção espeleológica. Entretanto, esta seleção se dá em razão da sobreposição das unidades espaciais previamente definidas, municípios de Santa Maria do Salto e Rubim (G8A9), com o mapa geológico utilizado e a ocorrência de cavernas nas unidades geológicas identificadas (Tabela 12).

Tabela 12 - Quantidade de cavernas por unidade geológica considerando como unidade espacial de análise os municípios de Santa Maria do Salto e Rubim.

Unidade geológica	Hierarquia	Litotipo1	Litotipo2	Quantidade de cavernas
Jequitinhonha, kinzigito	Unidade	Kinzigito	Quartzito, Rocha calcissilicática, Mármore, Rocha máfica	2

Essas ocorrências correspondem às cavernas da Cachoeira do Reinaldo 1 e Cachoeira do Reinaldo 2, ambas localizadas no município de Felisburgo, ou seja, fora dos limites dos municípios sugeridos inicialmente (Figura 62).

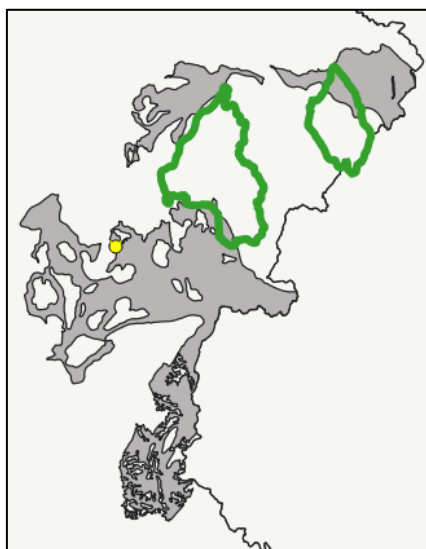


Figura 62 - Área potencial à prospecção espeleológica (em cinza), com apenas duas cavernas registradas (pontos amarelos). Em verde, limite dos municípios indicados.

Ao observar a potencialidade de ocorrência de cavernas (CECAV,2012), as áreas selecionadas configuram regiões de médio potencial, enquanto a região correspondente aos municípios sugeridos, bem como entre esses, predomina um baixo potencial (Figura 63). Porém, é justamente nessa área de baixo potencial que se encontram as rochas granitóides sugeridas como potenciais à prospecção espeleológica, mas que não foram absorvidas pela metodologia devido ao seu reduzido potencial (CECAV, 2012) e por não possuírem registro de cavidades.

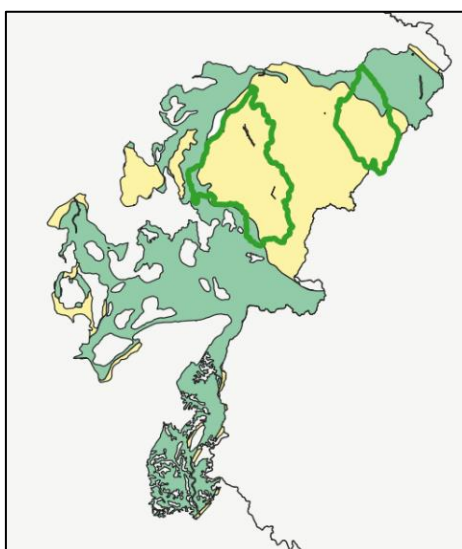


Figura 63 - Potencialidade de ocorrências de cavernas na região (CECAV,2012). Em verde, médio potencial. Em amarelo, baixo potencial.

Essas rochas granitóides correspondem aos litotipos das unidades geológicas Leucogranito Faísca, Granito Maranhão, Medina e Rubim (Tabela 13 e Figura 64).

Tabela 13 - Unidades geológicas com rochas granitóides.

Unidade geológica	Hierarquia	Litotipo1	Litotipo2
Granito Maranhão	Corpo	Sienogranito, Monzogranito, Álcali-feldspato granito	Granitóide rico em quartzo, Quartzo monzonito, Quartzo sienito, Granodiorito
Rubim	Suíte		Monzogranito, Tonalito
Leucogranito Faísca	Corpo	Leucogranito	
Medina	Suíte	Granito	

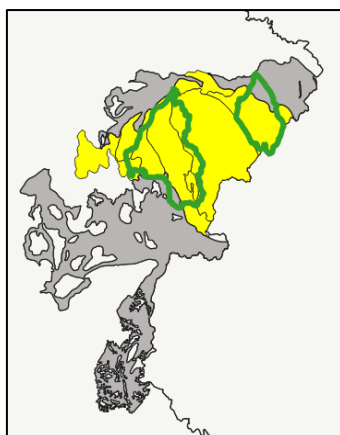


Figura 64 – Em amarelo, unidades geológicas com a ocorrência de granitos. Em cinza, áreas potenciais a prospecção espeleológica. Em verde, limite dos municípios indicados.

Considerando a reduzida extensão territorial desses granitos, bem como a simplicidade para delimitá-los no recorte do mapa geológico utilizado, foram inseridas na seleção final como uma etapa de refinamento do geoprocessamento adotado na metodologia, com base nos motivos exposto.

Portanto, recomenda-se que as estratégias de prospecção espeleológica voltada a investigação do potencial de ocorrência de cavernas nos granitos da região considerem essa área entre os municípios de Santa Maria do Salto e Rubim.

O resultado da seleção de áreas prioritárias para prospecção espeleológica no estado de Minas Gerais na região do Vale do Jequitinhonha e Mucuri pode ser visto na Figura 65.

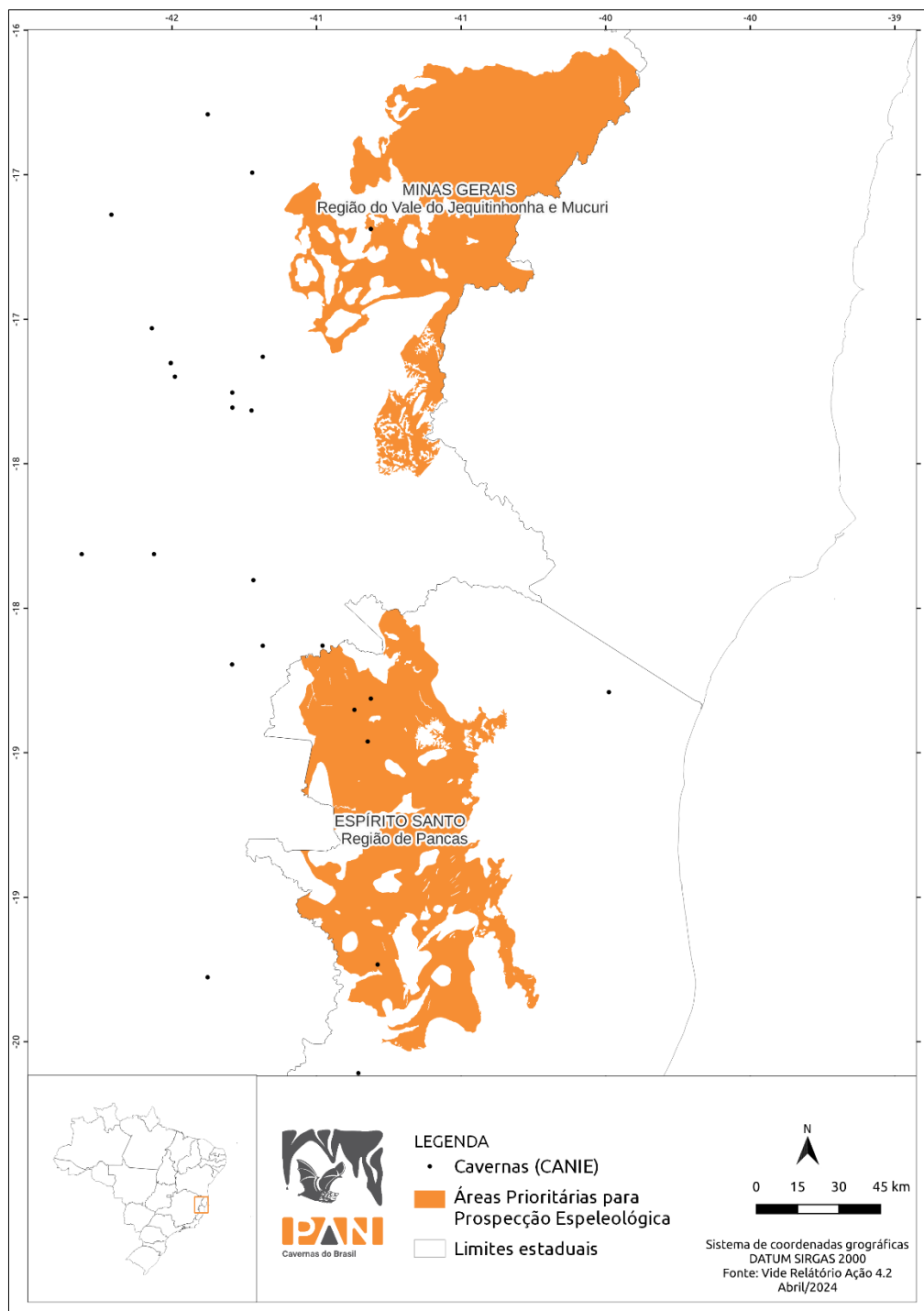


Figura 65 - Áreas prioritárias para prospecção espeleológica no estado de Minas Gerais na região do Vale do Jequitinhonha e Mucuri e no estado do Espírito Santo.

ESPÍRITO SANTO - Região de Pancas

Códigos: G8A10 ([Anexo 2](#))

A Suíte Carlos Chagas é a única unidade geológica com cavernas cadastradas na área sugerida pela UFLA e, de acordo com a metodologia adotada, recobre boa parte do município de Pancas (Tabela 14). Porém, essa suíte possui ampla distribuição espacial para norte, sugerindo a necessidade de uma estratégia de prospecção espeleológica regional, para além dos limites municipais indicados (Figura 66). Configura-se uma oportunidade expressiva territorialmente para novas ocorrências de cavernas em rochas granitóides no Espírito Santo.

Tabela 14 - Quantidade de cavernas por unidade geológica.

Unidade geológica	Hierarquia	Litotipo1	Litotipo2	Quantidade de cavernas
Carlos Chagas	Suíte	Leucogranito	Gnaiss granítico	4

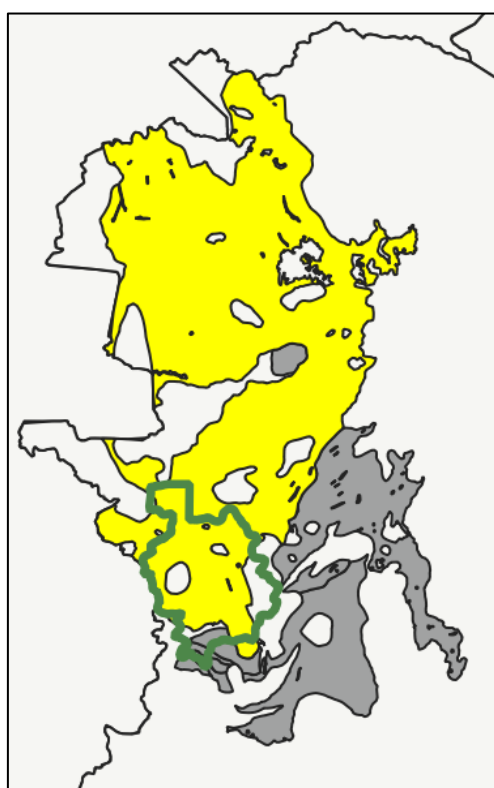


Figura 66 - Distribuição espacial ampla da Suíte Carlos Chagas (em amarelo). Em cinza, demais áreas prioritárias para prospecção espeleológica no Espírito Santo. Em verde, limite do município de Pancas.

Outras rochas granitóides presentes na área são consideradas como de alto potencial (CECAV, 2012). É o caso do Complexo Nova Venécia e sua litofácies granada-biotita gnaiss quartzoso. Entretanto, algumas de suas unidades territoriais foram consideradas no mapeamento de potencialidade como de baixo potencial (Figura 67), não sendo contempladas nas áreas prioritárias para prospecção espeleológica (áreas em cinza). Portanto, recomenda-se que tais unidades, principalmente aquela situada a NW da área, sejam consideradas nas estratégias de prospecção espeleológicas, inclusive a fim de atestar seu real potencial para a ocorrência de cavernas.

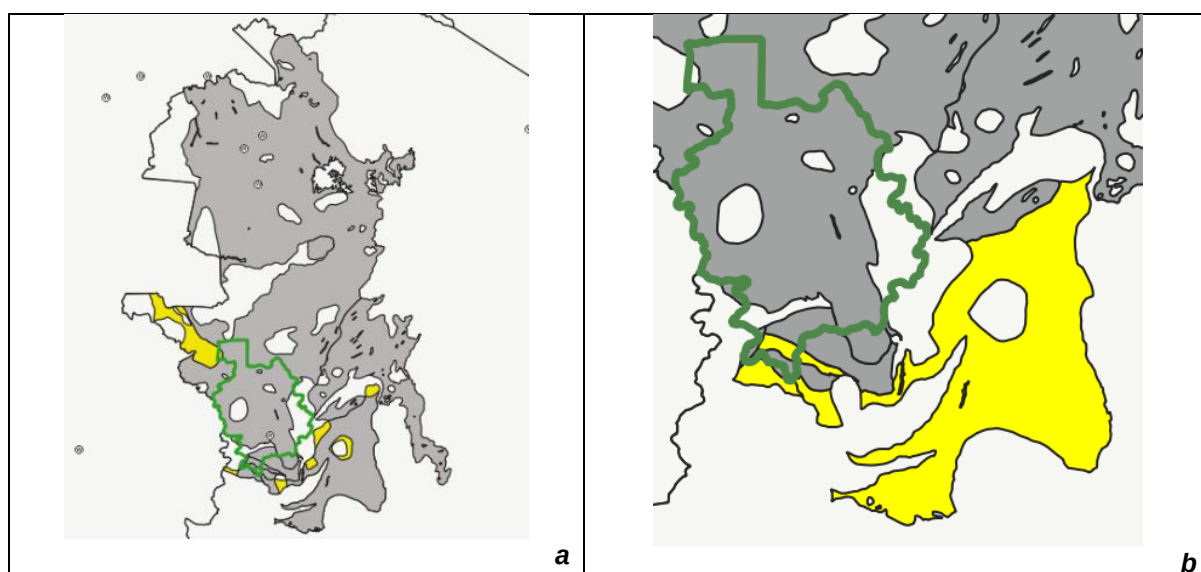


Figura 67 - a) Áreas do Complexo Nova Venécia e litofácies (em amarelo escuro) excluídas (baixo ou médio potencial) das áreas prioritárias para prospecção espeleológica no Espírito Santo (em cinza); b) Áreas do Complexo Nova Venécia e litofácies (em amarelo) mantidas (alto ou muito alto potencial). Em verde, limite do município de Pancas.

Já a unidade Charnockito Padre Paraíso tem uma parcela da sua ocorrência central considerada como de Muito Alto potencial (CECAV, 2012) e, portanto, foi contemplada pela metodologia. Porém, uma expressiva área de sua ocorrência ao norte da área, bem como outras menores ao sul (Figura 68) foram consideradas com reduzido potencial e, portanto, excluídas das áreas prioritárias para prospecção espeleológica (em cinza). Dessa forma, também se recomenda considerá-las nas estratégias de prospecção espeleológicas.

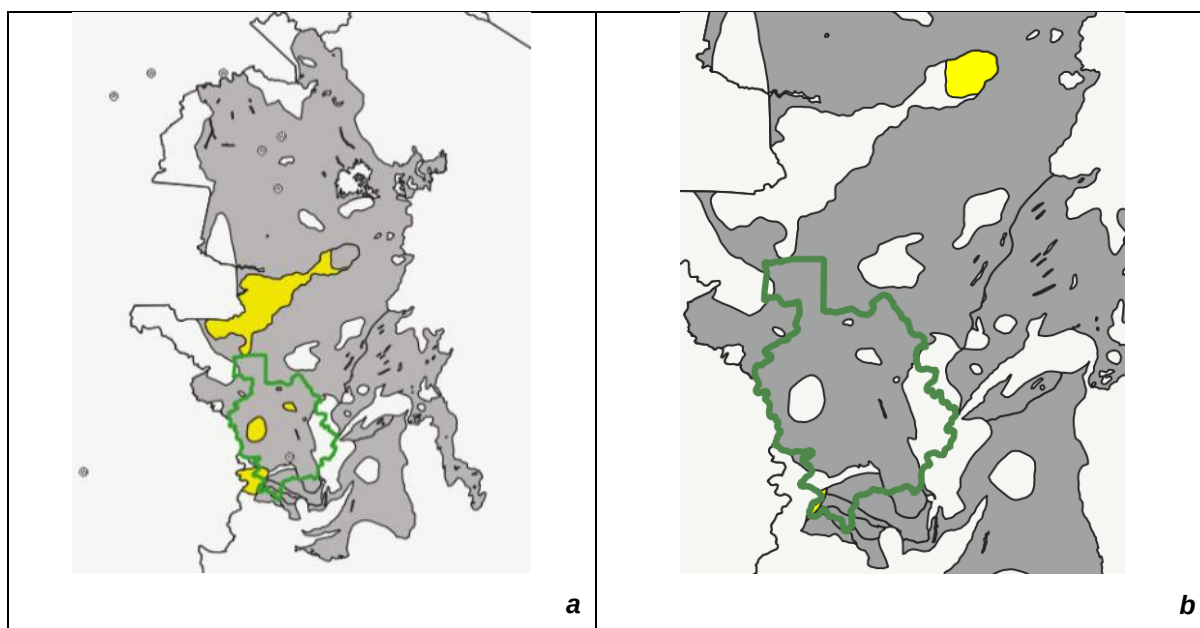


Figura 68 - a) Áreas do Corpo Charnokito Padre Paraíso (em amarelo escuro) excluídas (baixo ou médio potencial) das áreas prioritárias para prospecção espeleológica Espírito Santo (em cinza); b) Áreas do Corpo Charnokito Padre Paraíso (em amarelo) mantidas (alto ou muito alto potencial). Em verde, limite do município de Pancas.

O mesmo ocorre para a Suíte Ataléia, com áreas de médio e baixo potencial (CECAV, 2012) excluídas da seleção (Figura 69), mas que devem ser consideradas para além das indicadas no mapa final, sob a perspectiva de investigar seu real potencial para a ocorrência de cavernas nesses litotipos.

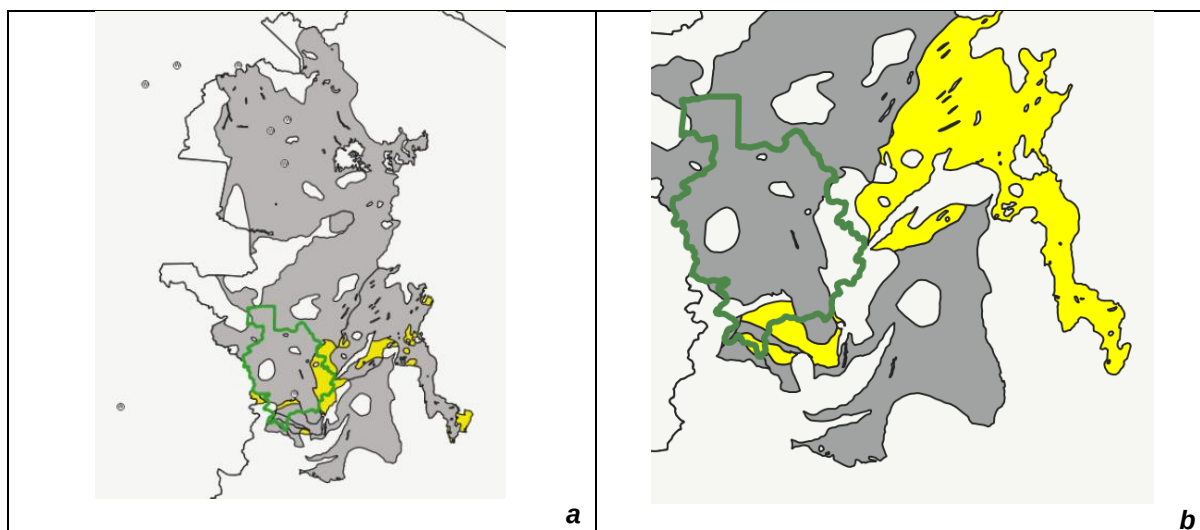


Figura 69 - a) Áreas da Suíte Ataléia (em amarelo escuro) excluídas (baixo ou médio potencial) das áreas prioritárias para prospecção espeleológica Espírito Santo (em cinza); b) Áreas da Suíte Ataléia (em amarelo) mantidas (alto ou muito alto potencial). Em verde, limite do município de Pancas.

O resultado da seleção de áreas prioritárias para prospecção espeleológica no estado do Espírito Santo pode ser visto na Figura 65.

SÃO PAULO - Região do PETAR

Códigos: G1A1 ([Anexo 2](#))

Região com rochas predominantemente calcárias e metareníticas, com bastante cavernas já registradas no CANIE. Na área há várias unidades de conservação como o Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira (PETAR) e o Parque Caverna do Diabo.

Trata-se de área com muito potencial para cavernas, comprovado pela densidade de cavernas já registradas e pela litologia de rochas calcárias e areníticas, com destaque para a Formação Furnas Lageado, como se vê na Tabela 15.

Tabela 15 - Quantidade de cavernas por unidade geológica.

Unidade geológica	Hierarquia	Litotipo 1	Litotipo 2	Quantidade de cavernas
Furnas Lageado, unidade carbonática	Formação	metacalcilutito, metacalcarenito	metasiltito, filito, xisto, metacalcário calcítico, metarenito	445
Furnas Lageado, unidade terrígena	Formação	metasiltito, filito, metaconglomerado, rocha metapelítica, metarenito		31
Serra da Boa Vista	Formação	metasiltito, metarenito conglomerático, filito, metarenito		70
Betari	Formação	metasiltito, filito, metaconglomerado oligomítico, metarenito	metarenito arcoseano	20
Formação Passa Vinte	Formação	metacalcário calcítico, metacalcário dolomito	filito, metamarga, metarenito	14
Iporanga, unidade metapelítica	Formação	metasiltito, ardósia, filito	metarenito, metarcóseo	14
Ribeirão das Pedras	Formação	metasiltito, metarritmito, filito, metachert, metarenito		2

Exceto por uma faixa no noroeste da área, onde ocorrem corpos graníticos, a litologia de carbonatos e rochas areníticas é predominante, existindo alguns locais possíveis de prospecção: área leste (Formação Iporanga) e áreas ao norte (formações Serra da Boa Vista e Furnas-Lageado), conforme mostrado na Figura 70.

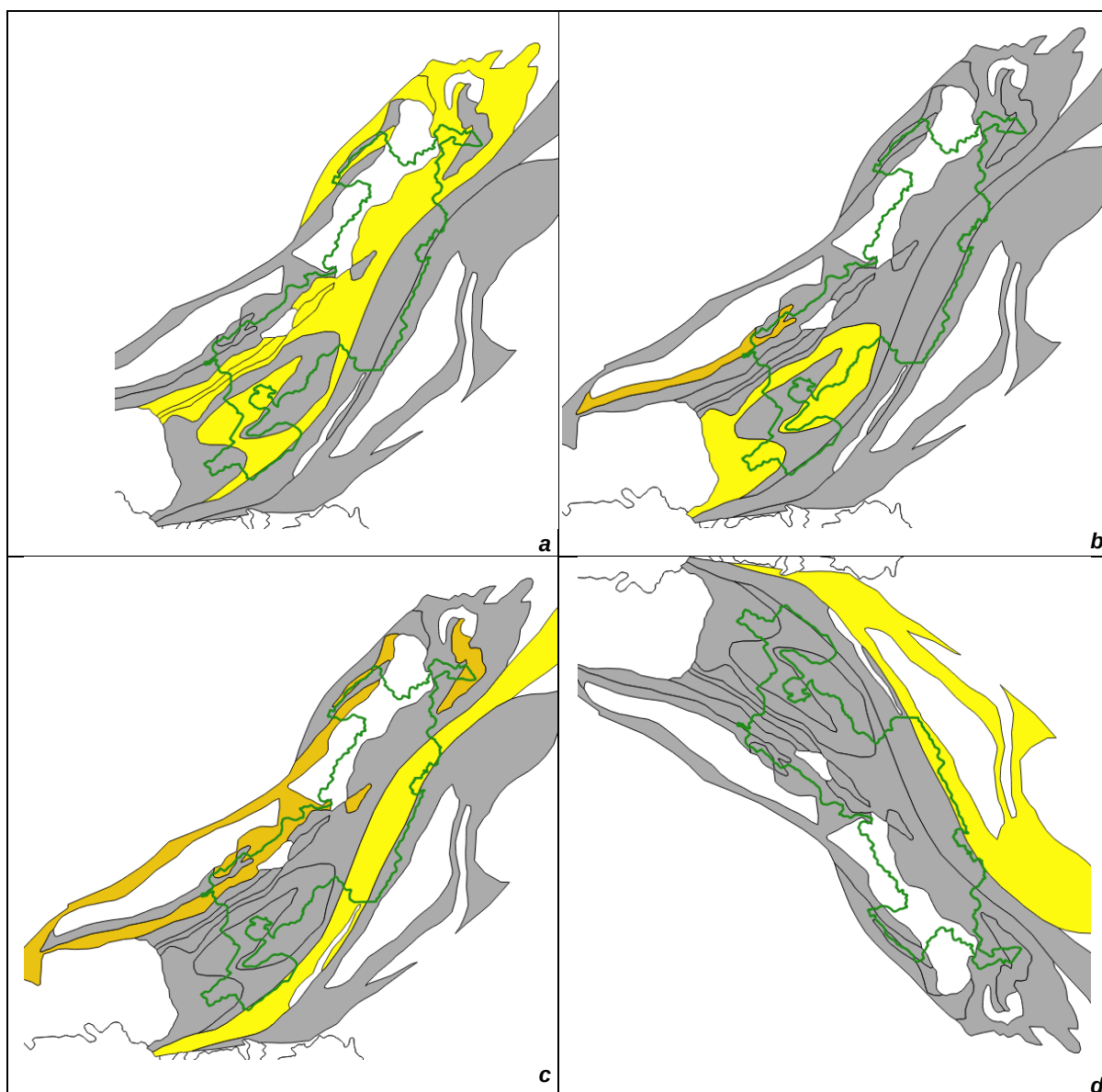


Figura 70 - Unidades geológicas encontradas na região do PETAR/SP, com predominância de cavidades subterrâneas na Formação Furnas-Lageado, de composição carbonática. a) Formação Furnas Lageado (fácies carbonática e terrígena-em amarelo escuro); b) Formação Betari e Formação Passa Vinte (amarelo escuro); c) Formação Iporanga e Formação Serra da Boa Vista (amarelo escuro); d) Formação Ribeirão das Pedras.

As rochas com potencial para cavidades se estendem para o entorno da área, abrindo novas possibilidades de prospecção. Nesse sentido, devido à grande quantidade de registros de cavernas, seria mais interessante estender o mapeamento para o entorno ou validar as cavernas já existentes.

O resultado da seleção de áreas prioritárias para prospecção espeleológica no estado de São Paulo pode ser visto na Figura 71.

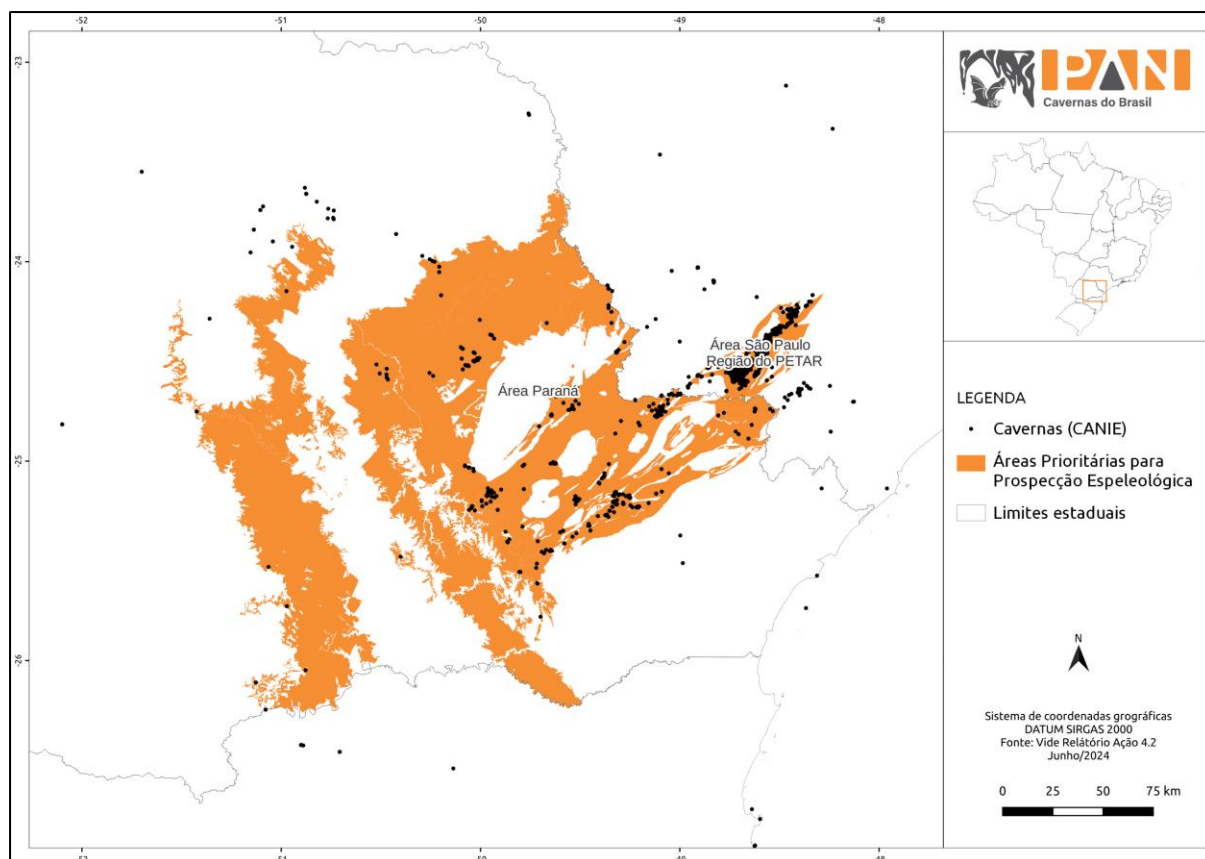


Figura 71 - Áreas prioritárias para prospecção espeleológica no estado de São Paulo na região do PETAR e no estado do Paraná.

PARANÁ

Códigos: G3A1, G3A2, G3A3, G3A5, G4A1, G4A2, G4B1, G4B2, G4B4 ([Anexo 2](#))

Escarpa Devoniana

O Grupo de Estudos Espeleológicos do Paraná - Açungui (GEEP-AÇUNGUI) e o Grupo Universitário de Pesquisas Espeleológicas – GUPE indicaram a Escarpa Devoniana como região promissora à descoberta de novas cavidades, considerando tanto o significativo número de cavernas já cadastradas, em prospecções pretéritas, quanto em razão da sua extensa área de ocorrência (áreas G3A5, G4A1 e G4B1). Assim, a espacialização das áreas indicadas pelos referidos grupos de espeleologia percebeu tratamento semelhante àquela dada à Serra do Intendente (MG), sendo comparado os resultados com o uso dos limites municipais indicados em relação aos da Área de Proteção Ambiental da Escarpa Devoniana (Instituto Água e Terra – IAT), conforme a metodologia adotada.

Considerando a extensão dos onze municípios indicados, a metodologia identificou a sobreposição com vinte oito unidades geológicas, cuja distribuição espacial alcançou uma extensa área territorial (Figura 72). Assim, ao comparar os limites da APA da Escarpa Devoniana com a extensão total das unidades geológicas identificadas, percebeu-se que os resultados não são os mais adequados para a abordagem dessa feição do relevo.

Por sua vez, com o uso dos limites da APA, a redução para dezessete unidades geológicas aprimorou o foco da análise na Escarpa, sendo, portanto, a unidade espacial de análise inicial adotada (Figura 73; Tabela 16).

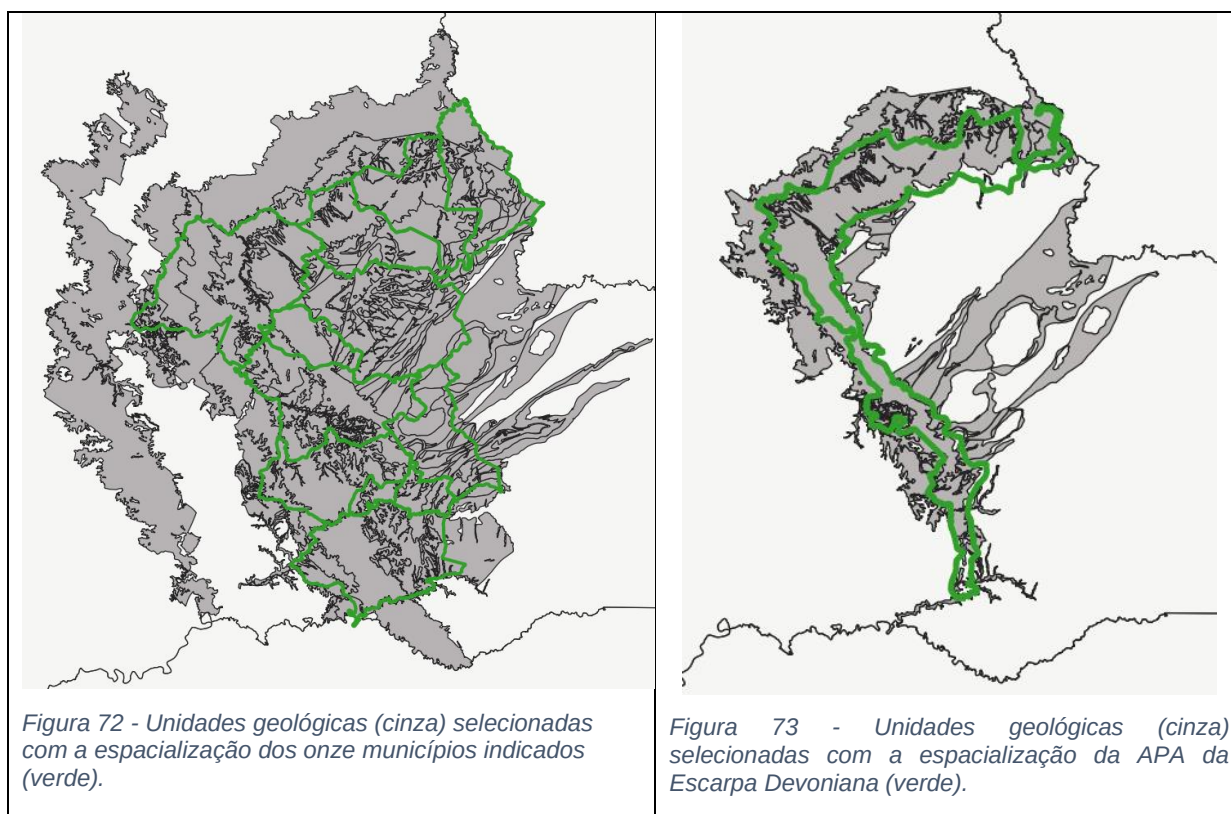


Tabela 16 - Quantidade de cavernas por unidade geológica considerando como unidade espacial de análise a APA da Escarpa devoniana (IAT – PR).

Unidade geológica	Hierarquia	Litotipo 1	Litotipo2	Quantidade de cavernas
Furnas	Formação	Arenito	Siltito, Conglomerado, Subarcóseo, Arcóseo	70
Formação Lagoa Azul	Formação		Ritmito, Folhelho, Diamictito, Arenito	19
Camarinha, conglomerática	Fácies		Arenito feldspático, Conglomerado, Brecha sedimentar, Arenito lítico	11
Tirania	Formação		Riolito, Rocha vulcânica piroclástica	10
Água Clara, xisto	Litofácies	Mica xisto, Filito grafitico	Quartzito, Rocha calcissilicática	9
Ponta Grossa	Formação	Folhelho	Pelito, Arenito fino	5
Tatupeva	Formação		Muscovita xisto, Granada-biotita xisto, Sericita xisto, Filito, Clorita xisto, Biotita xisto	4
Bairro dos Campos	Formação		Metachert, Metarenito, Metamarga, Metacalcário dolomítico, Metacalcário calcítico, Filito, Calcifilito	3

Granito Cerro Azul	Corpo		Monzogranito, Granodiorito, Sienogranito	Quartzo	monzonito,	3
Água Nova	Formação	Metarritmito, Filito	Metarenito, Metacalcário, Metabasito			2
Betara, xisto	Fácies	Quartzo-mica xisto	Filito, Metavulcânica félsica, Mica xisto, Quartzo xisto			2
Rio Piraí	Formação		Siltito, Arenito			2
Arenito Vila Velha	Membro		Folhelho, Arenito			1
Depósitos aluvionares	Não definida	Areia, arcoseana	Silte, Cascalho, Argila, Conglomerado polimítico			1
Arenito Lapa	Membro		Siltito, Diamictito, Arenito			1
Serra Geral	Grupo	Dacito	Basalto andesítico, Riodacito, Riólito, Basalto, Traquiandesito, Traquidacito, Andesito basáltico, Gabro, Diorito, Diabásio, Arenito lítico, Arenito, Tufito			1
Piraí-Mirim	Formação		Conglomerado			1

Especificamente no interior da APA da Escarpa Devoniana há 111 (cento e onze) cavidades cadastradas (CANIE), com predomínio das ocorrências nos arenitos da Formação Furnas (67), sendo distribuídas em nove municípios: Balsa Nova, Campo Largo, Jaguariaíva, Lapa, Palmeira, Piraí do Sul, Ponta Grossa, Sengés e Tibagi. Há, inclusive, algumas ocorrências muito próximas dos limites da APA, podendo este número ser maior em razão de eventuais desvios associados à captação de suas coordenadas geográficas.

A sobreposição da área de ocorrência da Formação Furnas com o resultado da metodologia adotada permite, portanto, utilizá-la como referência para as futuras estratégias de prospecção espeleológica (Figura 74), tanto no interior da APA como em porções circundantes, principalmente em razão de extensas áreas dessa Formação sem registro de cavidades.

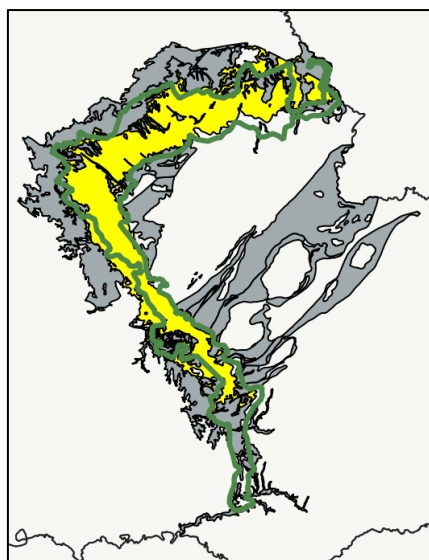


Figura 74 - Área de ocorrência da Formação Furnas (amarelo). Unidades geológicas (cinza) selecionadas com a espacialização da APA da Escarpa Devoniana (verde).

Em seguida, tem-se a Fácies Camarinha Conglomerática com 11 (onze) cavernas cadastradas, com duas pequenas áreas de ocorrência identificadas pela metodologia, ambas localizadas na porção SW do município de Campo Largo (Figura 75).

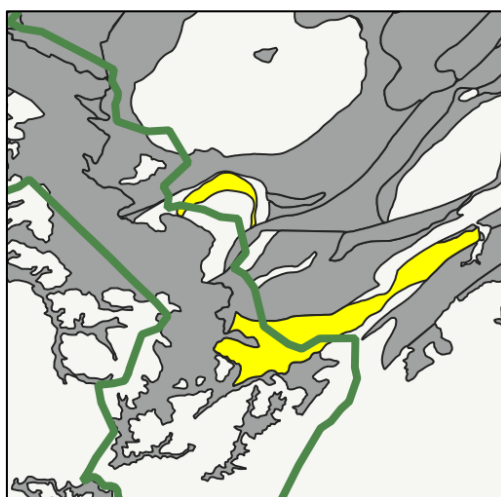


Figura 75 - Áreas de ocorrência da Fácies Camarinha Conglomerática (amarelo). Unidades geológicas (cinza) selecionadas com a espacialização da APA da Escarpa Devoniana (verde).

Por sua vez, a Formação Lagoa Azul possui 8 (oito) registros de cavidades e apresentou áreas um pouco mais extensas e distribuídas espacialmente como potenciais à prospecção espeleológica (Figura 76), inclusive por contar com arenitos entre seus litotipos, à exemplo da Fácies Camarinha, Conglomerática.

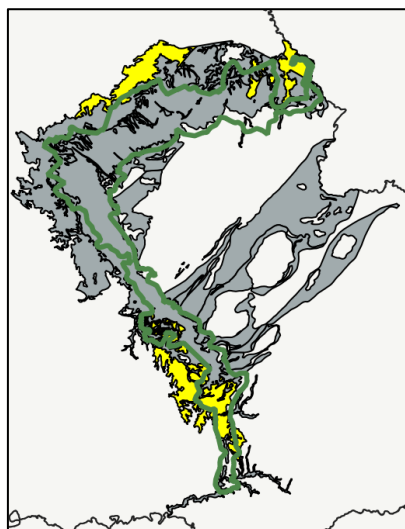


Figura 76 - Áreas de ocorrência da Formação Lagoa Azul, ao norte e ao sul da área total selecionada (amarelo). Unidades geológicas (cinza) selecionadas com a espacialização da APA da Escarpa Devoniana (verde).

As demais unidades geológicas selecionadas pela metodologia possuem poucos registros de cavidades e, apesar de conterem litotipos areníticos favoráveis a ocorrência de cavernamentos, possuem outras litologias consideradas de baixo potencial. Portanto, devem perceber um refinamento de informações durante as estratégias de prospecção espeleológica futuras.

O resultado da seleção de áreas prioritárias para prospecção espeleológica no estado do Paraná pode ser visto na Figura 71.

Carbonáticas Norte

O Grupo Universitário de Pesquisas Espeleológicas – GUPE indicou duas áreas com faixas carbonáticas (G4A2 e G4B2) que, apesar de bastante prospectadas, ainda apresentam porções sem registros de cavernas, ensejando mais esforços de prospecção espeleológica, mapeamento, entre outros.

Nessas áreas foram identificadas 26 (vinte e seis) unidades geológicas com registros de cavernas (Tabela 17).

Boa parte da área final é recoberta pela formação Furnas.

Tabela 17 - Unidades geológicas com registro de ocorrência de cavernas (CANIE).

Unidade Geológica	Hierarquia	Litotipo1	Litotipo2	Quantidade de cavernas
Furnas	Formação	Arenito	Siltito, Conglomerado, Subarcóseo, Arcóseo	70
Morro Azul	Formação		Metadolomito, Metarenito conglomerático	30
Mina de Furnas	Formação		Metapelito, Metacalcilutito, Metacalcarenito, Metabrecha carbonática	27
Bairro dos Campos	Formação		Metachert, Metarenito, Metamarga, Metacalcário dolomítico, Metacalcário calcítico, Filito, Calcifilito	25
Rio Branco 3	Formação	Metamarga	Metarritmito, Metadolomito, Metargilito, Metacalcarenito	21
Água Suja	Formação		Metassiltito, Metargilito, Metarenito, Metaconglomerado, Sericita xisto, Filito, Ardósia	20
Perau, Rocha calciossilicática	Litofácies	Rocha calciossilicática		14
Antinha, carbonática	Litofácies	Metacalcário dolomítico, Metacalcário calcítico	Metassiltito, Metarenito, Metacalcilutito, Metacalcarenito, Filito	13
Água Clara, xisto	Litofácies	Mica xisto, Filito grafitico	Quartzito, Rocha calciossilicática	10
Tirania	Formação		Riolito, Rocha vulcânica piroclástica	9
Bairro da Serra	Formação		Metacalcilutito, Metabrecha carbonática, Metacalcarenito	8
Tatupeva	Formação		Muscovita xisto, Granada-biotita xisto, Sericita xisto, Filito, Clorita xisto, Biotita xisto	6

Antinha, pelítica	Litofácies		Metarritmito, Metarenito conglomerático, Metarenito	6
Água Clara, carbonática	Litofácies	Mármore calcítico, Rocha calcissilicática	Metamarga, Mica xisto, Anfibólio xisto	5
Serra das Andorinhas, metapelito	Fácies	Quartzo xisto, Filito	Mármore calcítico, Xisto carbonático, Clorita xisto	4
Santana 4	Formação	Quartzo-mica xisto, Quartzo metarenito, Quartzito feldspático, Filito	Metarritmito, Sericita filito carbonoso, Biotita xisto, Muscovita xisto, Quartzito, Quartzito arcoseano	4
Granito Azul	Cerro	Corpo	Monzogranito, Quartzito monzonito, Granodiorito, Sienogranito	3
Granito Água Comprida	Gnaiss	Corpo	Granitóide, Gabro, Biotita sienogranito, Metagranodiorito	3
Água Nova	Formação	Metarritmito, Filito	Metarenito, Metacalcário, Metabasito	3
Rio Pirai	Formação		Siltito, Arenito	2
Pirai-Mirim	Formação		Conglomerado	1
Serra Geral	Grupo	Dacito	Basalto andesítico, Riodacito, Riólito, Basalto, Traquiandesito, Traquidacito, Andesito basáltico, Gabro, Diorito, Diabásio, Arenito lítico, Arenito, Tufito	1
Turvo-Cajati, xisto	Fácies	Granada-biotita-muscovita-quartzo xisto, Metassiltito, Metarritmito, Quartzo xisto, Filito, Anfibólio xisto	Metarcóseo, Metagrauvaca, Gondito, Gnaiss, Clorita xisto, Quartzito, Rocha calcissilicática, Mármore	1
Juruqui	Formação		Metassiltito, Metarenito arcoseano, Quartzito, Filito	1
Perau, xistos	Fácies	Grafita xisto, Xisto carbonático, Biotita-quartzo xisto, Biotita-anfibólio xisto	Metatufo, Quartzito-mica xisto, Rocha calcissilicática, Mármore dolomítico, Metabasito, Xisto	1
Morro Grande	Formação	Metassiltito, Metarritmito	Metarenito quartzoso, Metargilito, Metarenito	1

Inicialmente cabe destacar que há um viés na amostra em razão do município de Piraí do Sul englobar um significativo número de cavidades (20) inseridas no domínio dos arenitos da Formação Furnas, no interior da APA da Escarpa Devoniana, comentada anteriormente. Dessa forma, a metodologia adotada também selecionou uma expressiva área dessa unidade geológica (Figura 77), na qual ocorrem 70 (setenta) cavernas na Formação Furnas, ou seja, cerca de 25% da amostra, de um conjunto de 289 (duzentas e oitenta e nove) cavernas. Portanto, apesar de haver sido inserida no contexto da análise das faixas carbonáticas ora em comento, as estratégias de prospecção futuras deverão considerar esse viés metodológico, caso utilizem a respectiva seleção apenas para investigações em rochas carbonáticas.

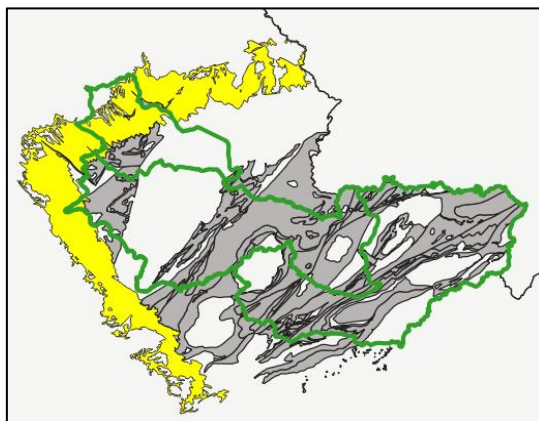


Figura 77 - Extensa área de ocorrência da Formação Furnas (amarelo). Unidades geológicas (cinza) selecionadas com a espacialização dos municípios indicados (verde).

Por sua vez, nas áreas sugeridas, as rochas carbonáticas estão distribuídas em diversas unidades geológicas, além daquelas comentadas pelo GUPE pertencentes ao Grupo Itaiacoca. Dessa forma, foram selecionadas as unidades que contêm em seus litotipos pelo menos uma rocha dessa natureza (Tabela 17), com o objetivo de facilitar a visualização espacial da área total potencial à prospecção espeleológica nas faixas carbonáticas de interesse do grupo espeleológico (Figura 78), sendo elas (com o número de cavernas cadastradas entre parênteses):

- Formação Morro Azul (30)
- Formação Mina de Furnas (27)
- Formação Bairro dos Campos (25)
- Formação Rio Branco 3 (21)
- Litofácies Perau (calciossilicática) (14)

- Litofácies Antinha, carbonática (13)
- Água Clara, xisto (10)
- Formação Bairro da Serra (8)
- Litofácies Água Clara, carbonática (5)
- Fácies Serra das Andorinhas, metapelito (4)
- Formação Água Nova (3)
- Fácies Turvo-Cajati, xisto (1)
- Fácies Perau, xistos (1)

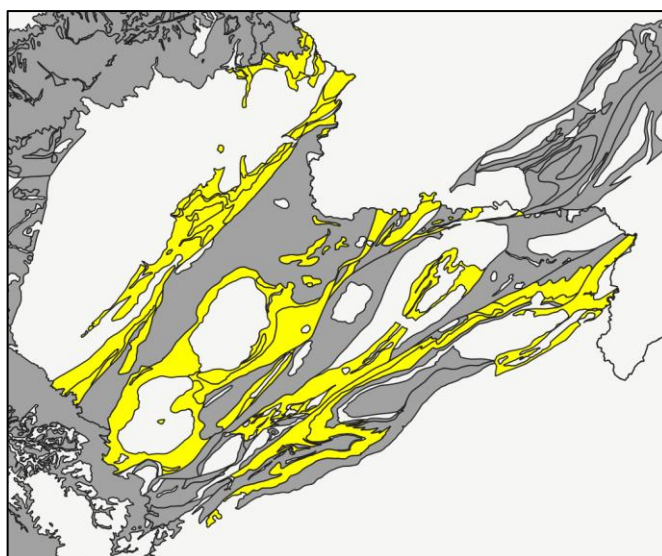


Figura 78 - Área total de ocorrência de rochas carbonáticas (amarelo). Unidades geológicas (cinza) selecionadas com a espacialização dos municípios indicados (verde).

Considerando a exclusão dos registros de cavernas associados à Formação Furnas (70) da amostra, esta seleção engloba 162 (cento e sessenta e duas) cavernas cadastradas, compreendendo 74%, de um total de 219 cavidades na área potencial prospecção espeleológica em unidades carbonáticas.

Cabe ainda ressaltar que, em situações como a identificada para a Formação Água Suja, que possui 20 (vinte) registros de cavernas, a presença de lentes de quartzito entre seus litotipos poderiam explicar esse número significativo de ocorrências. Entretanto, a proximidade dessas cavidades com a área de ocorrência da Formação Mina de Furnas, composta predominantemente por carbonatos permite inferir sobre a possibilidade de cavernas hospedadas nesta outra litologia, caso a escala do mapeamento geológico utilizado não revele esse nível de precisão local, como visto em outras situações (Figura 79). Assim, recomenda-se que as prospecções futuras considerem essa situação para o refinamento das informações

sobre a Formação Água Suja, principalmente no tocante a tipologia das rochas com cavernas, de modo a aprimorar o mapeamento geológico em escala local e identificar o seu real potencial para novas ocorrências em rochas carbonáticas ou não.

O resultado da seleção de áreas prioritárias para prospecção espeleológica no estado do Paraná pode ser visto na Figura 71.

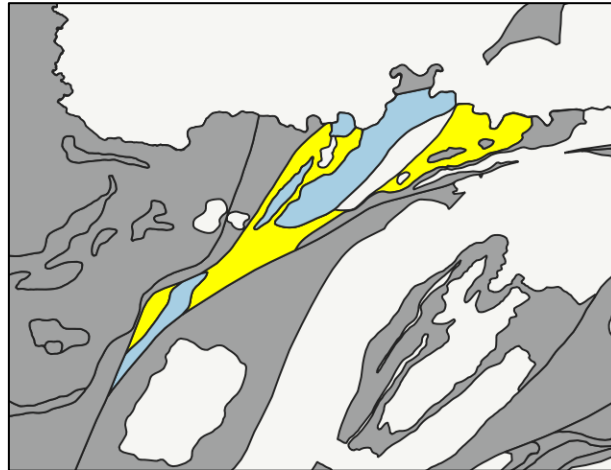


Figura 79 - Formação Água Suja (amarelo), com cavidades próximas à área de ocorrência da Formação Mina de Furnas, carbonática (azul). Unidades geológicas (cinza) selecionadas com a espacialização dos municípios indicados (verde).

Botucatu

A espacialização da área indicada pelo GUPE utilizou os limites dos municípios de Prudentópolis e Guarapuava. O resultado apresentou uma grande área em extensão territorial, na qual a parcela de ocorrência dos arenitos da Formação Botucatu corresponde a uma estreita faixa que se prolonga, de norte a sul, por aproximadamente 230 km, desde o município de Ivaiporã até União da Vitória, constituindo um desafio à prospecção espeleológica em toda a sua extensão (Figura 80). Apesar dessa significativa extensão, é considerada de baixo potencial para ocorrência de cavernas (CECAV, 2012), contando com apenas três cavidades cadastradas (CANIE): Caverna Rancho das Três Meninas – município de Boa Ventura de São Roque, Caverna dos Opiliões - município de União da Vitória e Gruta Marumbi do Elias - município de Cruz Machado (Tabela 18).

Tabela 18 - Unidades geológicas com registro de ocorrência de cavernas (CANIE)

Unidade geológica	Hierarquia	Litotipo1	Litotipo2	Quantidade de cavernas
Botucatu	Formação	Quartzo arenito, Arenito fino		3
Pitanga	Formação		Basalto andesítico, Basalto, Lamito, Arenito, Rocha vulcanoclástica, Tufito	3
Rio do Rasto	Formação	Siltito, Argilito siltico, Argilito	Arenito	2
Teresina	Formação	Siltito argiloso	Calcário, Siltito, Argilito, Arenito	1

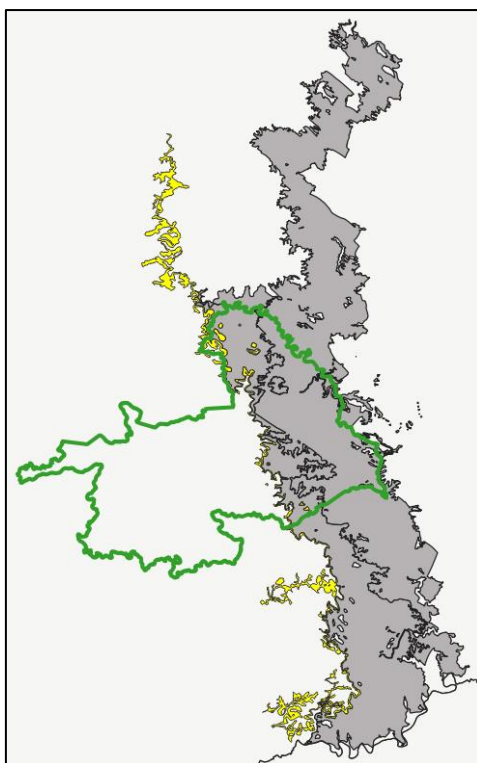


Figura 80 - Faixa de ocorrência da Formação Botucatu (amarelo). Demais unidades geológicas em análise (cinza). Limite dos municípios indicados (verde).

Por sua vez, a Formação Pitanga foi selecionada em decorrência do registro de três cavernas ao longo da continuidade espacial dessa unidade no mapeamento geológico utilizado e apresentou como resultado uma área de grande extensão territorial, inclusive de caráter regional para o Estado (Figura 81). As Caverna da Fazenda Prata I, II e III, estão localizadas no município de Palmital, distantes 70 km do limite do município de Prudentópolis e 50 km de Guarapuava, adotados na espacialização das áreas sugeridas pelo GUPE. Também considerada de baixo potencial para ocorrência de cavernas (CECAV, 2012), possui litotipos tanto de rochas sedimentares quanto ígneas e, portanto, permite inferir que o arenito possa constituir o foco das prospecções nessa região. Entretanto, de acordo com o Cadastro Nacional de Cavernas do Brasil, criado pela Sociedade Brasileira de Espeleologia (CNC-SBE) a litologia dessas cavidades seria uma rocha ígnea. Dessa forma, decidiu-se por excluir essa extensa área da seleção final, inclusive por não fazer parte da justificativa apresentada pelo grupo espeleológico. Não obstante, sugere-se o refinamento das informações sobre essa unidade geológica, principalmente em razão da escala do mapeamento utilizado, o qual apresenta uma formação indivisa, não permitindo identificar as áreas de domínio desses arenitos e seu potencial a cavernamentos, ou mesmo as áreas com características espeleológicas semelhantes

àquelas dos sítios que abrigam as cavernas da Fazenda Prata I, II e III. O uso de mapeamentos geológicos de detalhe, associado a campanhas de prospecção amostrais podem contribuir para uma avaliação prévia do real potencial dessa unidade geológica para a ocorrência de cavernas, de modo a subsidiar as estratégias de prospecções espeleológicas futuras no Estado.

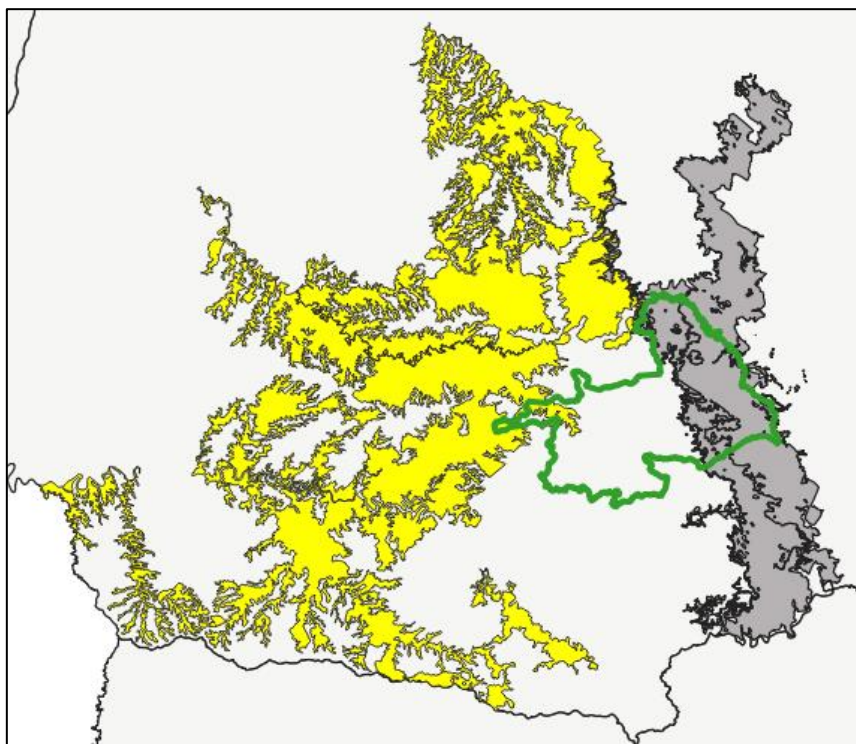


Figura 81 - Área selecionada da Formação Pitanga (amarelo). Demais unidades geológicas em análise (cinza). Limite dos municípios indicados (verde).

A Formação Rio do Rastro apresenta sobreposição com o município de Prudentópolis, ao longo do seu limite com o município de Guarapuava (Figura 82). Entretanto, os dois registros de cavernas nessa unidade geológica ocorrem fora dos limites municipais utilizados como referência, estando localizados nos municípios de Irati e Paulo Frontin, ao sul. Também possui arenitos entre seus litotipos, mas considerados de médio potencial para a ocorrência de cavernas (CECAV, 2012), sendo também recomendado o refinamento de informações espeleológicas para as futuras prospecções.

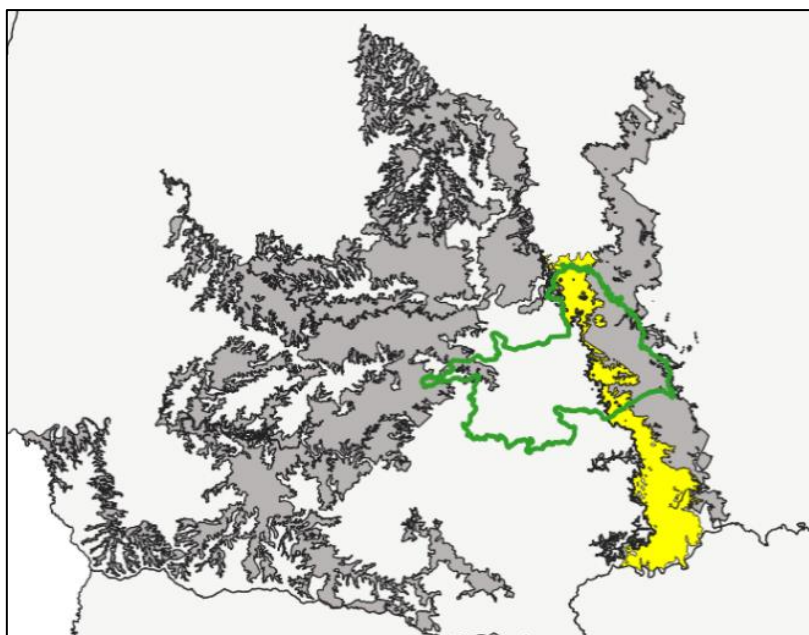


Figura 82 - Área de ocorrência da Formação Pitanga (amarelo). Demais unidades geológicas em análise (cinza). Limite dos municípios indicados (verde).

Já a Formação Teresina recobre boa parte do município de Prudentópolis (Figura 83), mas o único registro de cavidade ocorre no município de Ortigueira, distante aproximadamente 70 km ao norte daquele. Considerada como de médio potencial, possui calcários e arenitos em seus litotipos, apresentando potencial à prospecção espeleológica a depender do refinamento de informações relacionadas à escala de mapeamento, principalmente em relação às suas lentes de rochas carbonáticas, bem como à susceptibilidade dos arenitos para novas ocorrências.

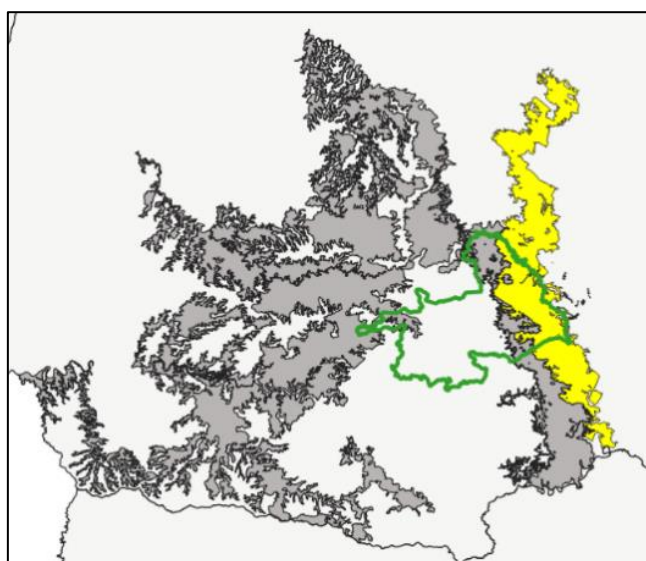


Figura 83 - Área de ocorrência da Formação Teresina (amarelo). Demais unidades geológicas em análise (cinza). Limite dos municípios indicados (verde).

Cabe esclarecer que à leste do município de Prudentópolis foram selecionadas pequenas porções da Formação Serra Alta, nos municípios de Guamiranga, Imbituva e Ivaí, em razão da classificação desses fragmentos como de muito alto potencial para a ocorrência de cavernas (Figura 84). Entretanto, considerando a significativa extensão dessa unidade geológica, de norte a sul do Estado, sem qualquer registro de cavidades, bem como a predominância de litotipos pouco favoráveis a cavernamentos, como folhelhos, siltitos e argilitos, infere-se tratar de um equívoco na classificação do potencial no nível de detalhe desses fragmentos, em virtude da escala do mapeamento utilizado à época (CECAV, 2012).

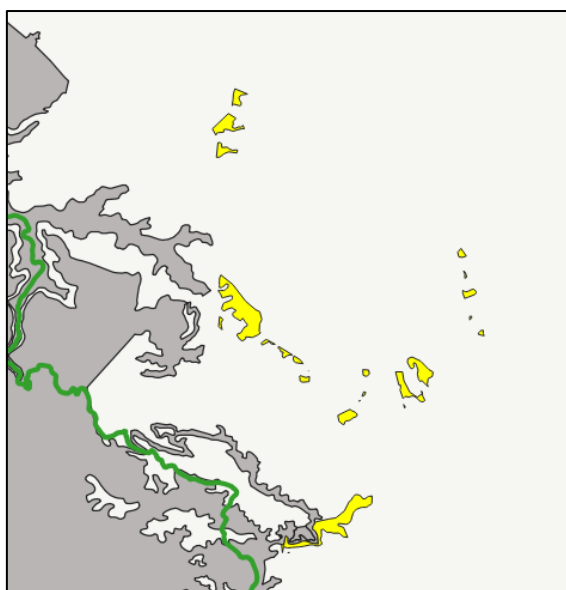


Figura 84 - Área de ocorrência da Formação Serra Alta (amarelo). Demais unidades geológicas em análise (cinza). Limite dos municípios indicados (verde).

O resultado da seleção de áreas prioritárias para prospecção espeleológica no estado do Paraná pode ser visto na Figura 71.

SANTA CATARINA

Códigos: G3A4 ([Anexo 2](#))

A área G3A4, sugerida pelo GEEP-AÇUNGUI foi tratada juntamente com a área G4B3, apresentada pelo GUPE, em razão da semelhança entre as justificativas, que ressaltam a importância da faixa carbonática na qual está localizada a Gruta de Botuverá, apesar de haver poucas ocorrências de cavernas registradas no seu entorno, inclusive por não ter sido objeto de prospecção sistemática.

Dessa forma, a exemplo de outras regiões, foi adotada como unidade espacial inicial para a metodologia o contorno do município de Botuverá, onde está localizada a caverna homônima. Foram, portanto, identificadas duas unidades espeleológicas nas quais ocorrem as cavernas sob esse recorte, num total de seis registros, ambos no contexto dos litotipos da Formação Rio da Areia (Tabela 19).

Tabela 19 - Unidades geológicas com registro de ocorrência de cavernas no município de Botuverá (SC).

Unidade geológica	Hierarquia	Litotipo	Quantidade de cavernas
Rio da Areia, pelitocarbonática	Litofácies	Metamarga, Metabasito	5
Rio da Areia, calcissilicática	Litofácies	Metamarga, Metabasito, Mármore dolomítico, Mármore calcítico, Rocha metassedimentar	1

Interessante ressaltar que, apesar da ausência de prospecções sistemáticas, a mencionada faixa carbonática é relativamente restrita na área considerada no geoprocessamento, tendo em vista que a distribuição espacial da Formação Rio da Areia, em suas litofácies pelitocarbonática e calcissilicática é também reduzida, ocorrendo em outras duas localidades, além do município de Botuverá, com pouca expressão.

Por sua vez, no recorte adotado, os litotipos carbonáticos se restringem à Formação Rio da Areia. Apesar de homônima à gruta, a litofácies calcissilicática da Formação Botuverá tem suas áreas de ocorrência a mais de 23 km do município considerado.

O mapa de potencialidade de ocorrências de cavernas (CECAV, 2012), ao considerar a área correspondente ao município de Botuverá e adjacências como de médio e baixo potencial (Figura 85), não contribuiu com a seleção final das áreas potenciais à prospecção espeleológica.

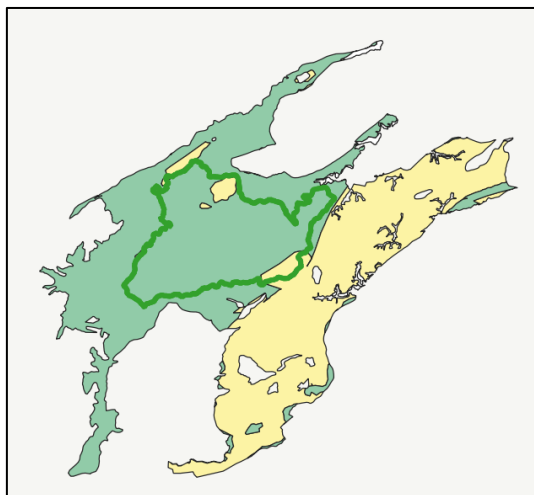


Figura 85 - Potencialidade de ocorrência de cavernas (CECAV, 2012) no município de Botuverá (linha verde) e adjacências. Em verde, médio potencial. Em amarelo, baixo potencial.

Portanto, a área final recomendada à prospecção se restringe à faixa de domínio dos litotipos da Formação Rio da Areia, localizada no município de Botuverá, prolongando-se um pouco à SW, conforme Figura 86.

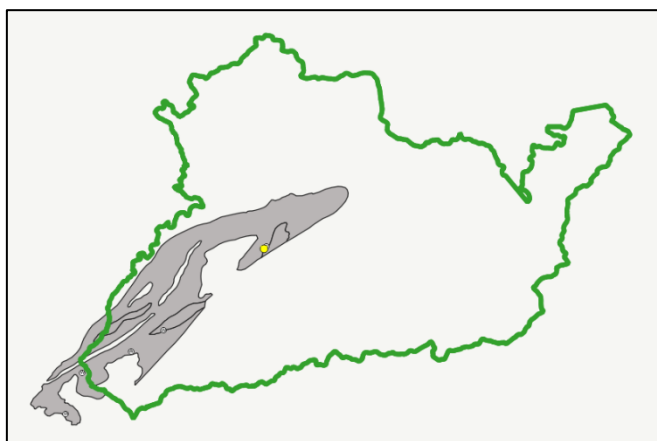


Figura 86 - Área potencial à prospecção espeleológica (em cinza), com a Gruta de Botuverá em destaque (ponto amarelo). Limite do município de Botuverá em verde.

O resultado da seleção de áreas prioritárias para prospecção espeleológica no estado de Santa Catarina pode ser visto na Figura 87.

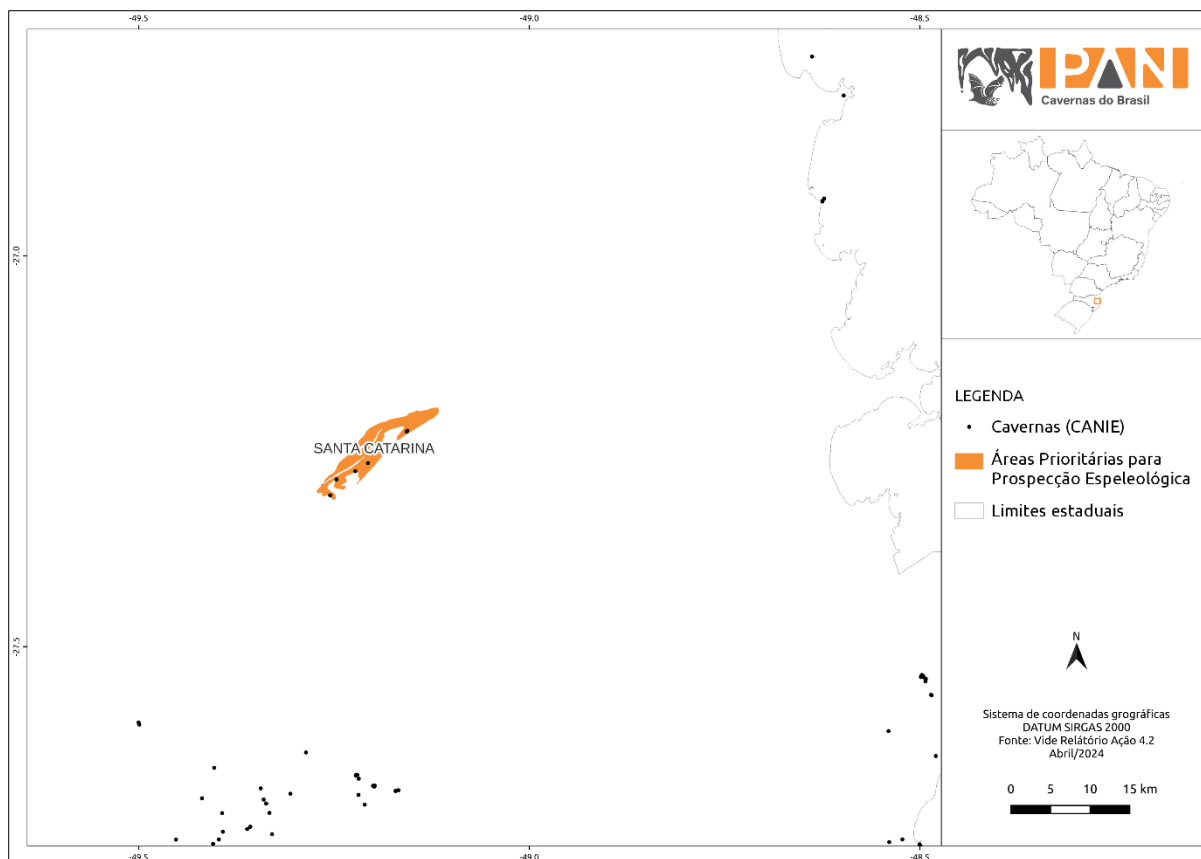


Figura 87 - Áreas prioritárias para prospecção espeleológica no estado de São Paulo na região do PETAR e no estado de Santa Catarina.