



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE
UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE GEOGRAFIA**



Leonardo Coutinho de Oliveira

**DESCRIÇÃO E SIGNIFICADO AMBIENTAL DOS MORFOTIPOS
ESTROMATOLÍTICOS DO GRUPO VAZANTE NA FAZENDA DA
BARRA, COROMANDEL, MG.**

Monte Carmelo - MG

2023

LEONARDO COUTINHO DE OLIVEIRA

**DESCRIÇÃO E SIGNIFICADO AMBIENTAL DOS MORFOTIPOS
ESTROMATOLÍTICOS DO GRUPO VAZANTE NA FAZENDA DA
BARRA, COROMANDEL, MG.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Geologia do Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia, como parte dos requisitos necessários a obtenção do título de Bacharel em Geologia.

Orientador: Prof. Dr. Marco Antônio Delinardo da Silva

Coorientadora: Profa. Dra. Fernanda Quaglio

Monte Carmelo – MG

2023

**DESCRIÇÃO E SIGNIFICADO AMBIENTAL DOS MORFOTIPOS
ESTROMATOLÍTICOS DO GRUPO VAZANTE NA FAZENDA DA
BARRA, COROMANDEL, MG.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Geologia do Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia, como parte dos requisitos necessários a obtenção do título de Bacharel em Geologia.

Monte Carmelo – MG 2023

Banca Examinadora:

Marco Antônio Delinardo da Silva – Doutor (UFU)

Suzana Aparecida Matos da Silva – Doutora (UFU)

Evelyn Aparecida Mecenero Sanchez Bizan – Doutora (UFVJM)

“A única maneira de se definir o limite do possível
é ir além dele, para o impossível.”

Arthur C. Clarke

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família primeiramente, Mãe, Pai, Vó, Rafa, Duia, Lilila, Juninho e Bola, pelo apoio total e incondicional. Agradeço a minha namorada Raquel, pela amizade, carinho e companheirismo.

Agradeço aos meus companheiros de república, a famosa **QG**, Mardinho, Lucão, Leo (Teta), Pedrão, Marcelo (eterno Tchecheli), Gustavo (Gu), Artur, William (Japonês), Donato (Donatelo), Pâmylla (Pam), Ivan (Carioca), Matheusão, Samuel (Sassá), Magnólia (Maguinha), Django (Dodô), e aos demais colegas e amigos que fiz durante o curso.

Aos meus amigos orientadores, Professora Fernanda Quaglio e Professor Marco Delinardo, e a todos os outros professores e técnicos que me acompanharam e me ajudaram durante a jornada da graduação.

Agradeço também ao GAPE, por toda a experiência e conhecimento adquirido durante esses anos de atividade. E a todas as outras pessoas que de forma direta ou indiretamente fizeram parte de tudo que vivi durante esse período incrível que foi a minha graduação!

A todos vocês meu **MUITO OBRIGADO!!!**

RESUMO

No Brasil, os registros de estromatólitos ocorrem frequentemente em unidades proterozoicas associadas a faixas de dobramento, como nas faixas Brasília, Ribeira e Araçuaí. No Grupo Vazante, foram identificados estromatólitos ainda na década de 1970, com estudos desenvolvidos principalmente do Norte ao centro-sul da faixa de ocorrência das rochas. O Grupo Vazante é composto por sucessões de rochas metassedimentares carbonático-siliciclásticas, com idades que variam do final do Mesoproterozoico a início do Neoproterozoico. A ausência de fósseis-guia e o histórico de metamorfismo regional trazem consequências importantes para os estudos das unidades associadas, principalmente em relação à correlação, idades e paleogeografia. O município de Coromandel se encontra no extremo sul da unidade, em um contexto cárstico onde se desenvolvem diversas feições exocársticas e endocársticas. Em algumas dessas feições ocorrem estromatólitos em calcário dolomítico, expostos nas paredes internas das grutas, e em diversos afloramentos nas áreas externas das cavidades. Embora já descritos em outras localidades, os estromatólitos do Grupo Vazante nunca foram estudados em detalhes na porção mais meridional, sobretudo em cavernas, cujo processo cárstico resulta em boa qualidade de preservação, aumentando o realce das laminações desses microbiais. Assim, as descrições desses morfotipos estromatolíticos do Grupo Vazante (Formação Lagamar, Membro Sumidouro) que ocorrem nas cavernas e proximidades da Fazenda da Barra, possibilita posicioná-los em seções estratigráficas, para interpretar a dinâmica paleoambiental desses níveis de ocorrência dos estromatólitos. Os morfotipos encontrados apresentam-se principalmente como estratiformes e colunares cilíndricos a subcilíndricos, que pontualmente podem gradar para colunares de topo parabólico. Esse padrão, juntamente com a ausência de estromatólitos coniformes sugere que as condições eustáticas eram mais rasas em Coromandel do que no município de Lagamar (66km na direção N), onde foram descritos estromatólitos do tipo Conophyton. A sucessão dos morfotipos estromatolíticos da Formação Lagamar em Coromandel pode representar um nível estratigráfico distinto dos já descritos nessa mesma unidade, contendo estromatólitos, porém em outras localidades.

Palavras-Chave: Microbialitos; Formação Lagamar; Neoproterozoico; Faixa Brasília.

ABSTRACT

In Brazil, stromatolite records frequently occur in Proterozoic units associated with folding belts, such as in the Brasília, Ribeira and Araçuaí belts. In the Vazante Group, stromatolites were identified in the 1970s, with studies carried out mainly from the north to the center-south of the occurrence range of the unit. The Vazante Group comprises a narrow strip with a N-S direction, composed of successions of carbonate-siliciclastic metasedimentary rocks, with ages ranging from the end of the Mesoproterozoic to the beginning of the Neoproterozoic. The absence of guide fossils and the history of regional metamorphism results in important consequences for studies of associated units, mainly in relation to correlation, ages and paleogeography. The municipality of Coromandel is located in the extreme south of the unit, in a karst context where several exokarst and endokarst features develop. Some of these caves preserve stromatolites in dolomitic limestone, which are exposed on the internal walls of the caves, as well as in several outcrops in the external areas of the cavities. Although studied in other locations of occurrence, the stromatolites of the Vazante Group have never been studied in detail in the southernmost portion, especially in caves, whose karstic process results in good preservation quality, enhancing the visibility of these microbial laminations. This project aims to describe the stromatolitic morphotypes of the Vazante Group (Lagamar Formation, Sumidouro Member) that occur in the caves and nearby Fazenda Barra, Coromandel, MG, positioning them in stratigraphic sections to interpret the paleoenvironmental dynamics of these levels of stromatolite occurrence. The morphotypes are mainly stratiform and turbinate that grade to columnar with a parabolic top. This pattern, together with the absence of coniform stromatolites, suggests that conditions were shallower in Coromandel than in Lagamar, the northernmost region where morphotypes have been studied. The succession of stromatolitic morphotypes from the Lagamar Formation in Coromandel suggests that this occurrence represents a different stratigraphic level from those already described with stromatolites for the Vazante Group.

Keywords: Microbialites; Lagamar Formation; Neoproterozoic; Brasília Belt.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de localização mostrando os caminhos até Coromandel, saindo de Uberlândia, Belo Horizonte e Brasília.....	16
Figura 2 - Mapa de localização do município de Coromandel-MG, sobreposto às áreas prioritárias e de potencialidade de ocorrência de cavernas (CANIE, 2022).	17
Figura 3 - Mapa da Província Tocantins.	18
Figura 4 - Mapa geológico da Faixa Brasília e unidades relacionadas. O Grupo Vazante (azul escuro) corresponde a uma faixa N/S no Domínio Externo da faixa móvel.	20
Figura 5 - Mapa geológico do Grupo Vazante.	23
Figura 6 - Coluna litoestratigráfica do Grupo Vazante.	25
Figura 7 - Coluna simplificada do Grupo Vazante e dados de idades e métodos de datação empregados.....	27
Figura 8 - Esquema simplificado da formação dos estromatólitos, a partir da precipitação de carbonato e sucessivas fases de precipitação, preenchimento por sedimentos e posterior aglutinação dos grãos para formação das laminações.	29
Figura 9 - Mapa do Brasil apontando as cavidades já catalogadas e as cavidades que contém registro de estromatólitos, nos grupos Vazante (estrela vermelha) e Bambuí (triângulo azul).	33
Figura 10 - Guia de classificação de morfotipos estromatolíticos (modificado de Fairchild, 2005).	35
Figura 11 - Estromatólitos em cortes transversais: A) Estromatólitos da GU, mostrando o espaçamento entre as colunas; B) Estromatólitos da GU, preenchidos por sílica; C) Estromatólitos em cortes transversais da LLS.....	36
Figura 12 - Área de estudo e adjacências das ocorrências de estromatólitos nas cavernas, na Fazenda da Barra (polígono em zoom), e a Gruta do Ronan, mais ao sul, no município de Coromandel, MG.	38
Figura 13 - Estromatólitos nas paredes externas entre a Lapa da Lagoa Suja e a Gruta do Seu Jonas: A) Estromatólitos colunares e pseudocolunares cilíndricos; B) Na mesma parede, mas um pouco mais abaixo, estromatólitos estratiformes a ondulados associados a corpo colunares cilíndricos	39
Figura 14 - A) Entrada da Gruta do Urubu; B) Estromatólitos colunares encontrados nos blocos e paredes externas; C) Região externa da caverna.	40

Figura 15 - A) Estromatólitos colunares encontrados nas paredes internas da Gruta Lapa da Lagoa Suja; B) Integrantes do GAPE no conduto principal da gruta; C) Lagoa localizada na entrada.	41
Figura 16 - A) Entrada da Gruta do Irapuã, na região do primeiro conduto descendente; B) Afloramento interno com estromatólitos colunares preservados; C) Entradas localizadas na área coberta por marquise;.....	42
Figura 17 - A-B) Vista parcial da extinta cava de extração de calcário localizada na Fazenda da Barra, onde as cavidades visitadas se desenvolvem (Lapa da Lagoa Suja e Gruta do Irapuã); C) Localização da Gruta do Irapuã (ponto vermelho), entre a área de plantio e uma granja de suínos.	43
Figura 18 - Fácies descritas: A) Dolomito (dolos siltito/dololutito) maciço; B) Dolarenito com laminações plano-paralelas; C) Dolomito com estruturas microbiais brechadas; D) Brecha Intraclástica; E) Dolomito com Estruturas Estromatolíticas.....	45
Figura 19 - Estruturas sedimentares observadas no interior das cavidades: A) Estruturas tipo <i>Boxwork</i> , no interior da Gruta do Irapuã, composta por sílica; B) Estruturas de sobrecarga nas paredes da Gruta do Irapuã, com evidência de formação de tubos que rompem as camadas sotopostas; C) Laminações plano-paralelas na parede interna da Gruta do Urubu; D) Lâminas de sílica cortando o calcário dolomítico na Gruta do Urubu; E) Estrutura do tipo <i>tepee</i> (em amarelo) na parede interna da Lapa da Lagoa Suja; F) Gretas de contração em dololutito (em amarelo) na Gruta do Irapuã.	46
Figura 20 - Fotomicrografia (LLS-6) de estilólitos preenchidos por calcita da Lapa da Lagoa Suja: A) em luz plana; B) luz polarizada.....	47
Figura 21 - Brechas intraclásticas: A) Brecha que ocorre na Gruta do Irapuã, com matriz cinza claro com intraclastos em tons de cinza mais escuro; B) Brecha encontrada na Lapa da Lagoa Suja, sua matriz também cinza claro, com intraclastos de tons cinza claro esbranquiçado a cinza escuro; C) Brecha da Gruta do Urubu, sua matriz se diferencia das outras pela cor, um cinza um pouco mais escuro, com clastos em tons de cinza ainda mais escuros, outro destaque dessa brecha são os tamanhos dos clastos, chegando a atingir tamanhos decimétricos.....	47
Figura 22 – Fotomicrografias das amostras retiradas da Lapa da Lagoa Suja: A) Dolossiltito sem estruturas aparentes (amostra LLS-1); B) Dolossiltito com micríta de padrão encaroçado (amostra LLS-2); C) Estilólito sub-horizontal em lâmina de dolossiltito (amostra LLS-3); D) contato entre camadas de dolossiltito e dololutito, com porção recristalizada (coloração branca) (amostra LLS-4); E) intercalação cíclica de níveis claros e escuros, caracterizando laminações microbiais, cortadas por lâmina de quartzo vertical (amostra LLS-	

5); F) intercalação cíclica de níveis claros e escuros, caracterizando laminações microbiais (amostra LLS-6); G) Dolarenito com aspecto maciço (amostra LLS-7); H) Dolarenito com laminação plano-paralela incipiente (amostra LLS-8); I) Dolossiltito cortado por lâmina de quartzo, também é possível observar micrita com padrão encaroçado (amostra LLS-9).....	49
Figura 23 - Sessão levantada no interior da Gruta Lapa da Lagoa Suja (LLS).....	51
Figura 24 - Sessão levantada nas paredes exteriores da Gruta do Urubu (GU).	52
Figura 25 - Sessão levantada na Gruta do Irapuã (GI).	54
Figura 26 - A) Estromatólitos estratiformes planos a ondulados na LLS; B) Morfotipo estratiforme ondulado nas paredes externas da GU; C) Estromatólito ondulado na GI.....	55
Figura 27 - A) morfotipo descrito na GI, associado a um morfotipo colunar; B) Morfotipo lateralmente contínuo abobadado passando para pseudocolunar registrado na LLS.	56
Figura 28 - A) Morfotipos colunares descritos nas paredes internas da GI, que em alguns momentos apresenta superposição de lâminas; B) Estromatólitos colunares encontrados na GU, como se vê na imagem, algumas colunas se ligam por pequenas pontes, próximas à região de base, por vezes na porção central; C) Pequenos estromatólitos colunares descritos na LLS, onde as colunas se encontram muito próximas umas das outras, porém as laminações estão razoavelmente indistintas.	57
Figura 29 - Estromatólitos turbinados, apresentando ligações por pontes na região central das colunas (GU).	58
Figura 30 - Estromatólito colunar com topo parabólico, encontrado na GI.	59
Figura 31 - Colunas estromatolíticas com ramificação bifurcada simples, aparentemente paralela, localizado nas paredes externas da GU.	59
Figura 32 - Variação de morfotipos em relação ao nível de profundidade da água em ambiente de rampa.....	60
Figura 33 - Ciclo de aprofundamento na sessão da LLS, onde os estromatólitos estratiformes posicionados na coluna indicam ambiente raso, mudando sua forma para colunares turbinados, e posteriormente colunares cilíndricos a subcilíndricos. Já as relações e mudanças laterais, poderiam alterações pontuais no ambiente, como pequenas poças ou lombadas.....	61
Figura 34 - Modelo deposicional da Formação Lagamar na Fazenda da Barra e localização dos morfotipos.	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tabela com os morfotipos estromatolíticos do Proterozoico já descritos, unidades em que foram encontrados, os locais das ocorrências e seus respectivos autores (a legenda abaixo da tabela mostra o número que representa cada morfotipo). Modificada e simplificada de Fairchild et al. (2015).....31

Tabela 2 - Tabela-resumo da análise de fácies na região da Fazenda da Barra, Coromandel-MG.....48

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
1.1 Objetivos	15
1.2 Área de estudo: localização, acessos e feições cársticas.....	15
2 CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL	17
2.1 Faixa Brasília	19
2.2.1 Faixa Brasília Meridional.....	20
2.3 Litoestratigrafia do Grupo Vazante.....	21
2.4 Idades do Grupo Vazante	26
3 ESTROMATÓLITOS.....	27
3.1 Conceitos gerais	27
3.2 Ocorrência de microbialitos em unidades Proterozoicas do Brasil.....	29
3.3 Registros de estromatólitos nas cavernas brasileiras	31
4 MATERIAIS E MÉTODOS.....	33
4.1 Revisão Bibliográfica.....	33
4.2 Trabalho de campo e de escritório	34
4.3 Confecção de lâminas petrográficas	34
4.3 Caracterização dos morfotipos.....	35
5 RESULTADOS	37
5.1 Descrição das Cavidades Visitadas.....	38
5.2 Descrição das Fácies	44
5.3 Interpretação de Fácies.....	48
5.4 Petrografia.....	49
5.5 Sessões estratigráficas.....	50
5.5.1 Sessão 1 – Gruta Lapa da Lagoa Suja	50
5.5.2 Sessão 2 – Gruta do Urubu (paredes externas).....	51

5.5.3 Sessão 3 – Gruta do Irapuã.....	53
5.6 Morfotipos Descritos.....	55
5.6.1 Estromatólitos lateralmente contínuos	55
5.6.2 Estromatólitos lateralmente descontínuos	56
6 DISCUSSÃO	60
7 CONCLUSÕES	63
REFERÊNCIAS	64
ANEXOS	71

1 INTRODUÇÃO

Estromatólitos são estruturas laminadas formadas pela atividade de colônias microbianas bentônicas em ambientes aquáticos (marinho, lagunar) (BURNE E MOORE, 1987), a partir da aglutinação de sedimentos do ambiente, ou pela precipitação autigênica de minerais (RIDING, 2011). Comumente reconhecidos pela forma cilíndrica e as lâminas internas com a convexidade para cima, ou concêntrica quando em corte transversal, podem apresentar grande variação morfológica (SRIVASTAVA, 2002, DARDENNE, 2005; SALLUN FILHO E FAIRCHILD, 2005).

Os estromatólitos ocorrem desde o Arqueano (3.85 a 2.5 Ga) até os dias atuais, de tal sorte que estão entre as mais antigas evidências de vida encontradas no planeta (RIDING, 2000). Essas estruturas foram tentativamente empregadas no passado como ferramenta bioestratigráfica. Alguns autores consideram o gênero de estromatólitos *Conophyton* um fóssil-guia do Proterozoico Médio a Superior (RAABEN, 1969; CLOUD E SEMIKATHOV, 1969), o que permitiria inferir uma idade aproximada de formação para as rochas hospedeiras desses fósseis, compreendendo um intervalo de 1600 a 850 Ma. No entanto, uma vez que o desenvolvimento dos estromatólitos está associado aos fatores externos, como presença de correntes, profundidade da água, suprimento de sedimentos, turbidez da água, dentre outros, acabam resultando em boas ferramentas ambientais por refletirem as condições em que se formam (FAIRCHILD et al., 2015).

No Brasil, os registros ocorrem frequentemente em unidades proterozoicas associadas a faixas de dobramento, como nas faixas Brasília, Ribeira e Araçuaí (ALMEIDA 1944, 1957). As primeiras descrições dessas estruturas foram das rochas da Faixa Ribeira, nos municípios de Nova Campina e Itapeva, além da região Sul do Estado de São Paulo, em depósitos pertencentes ao Grupo Itaiacoca, e foram nomeadas *Collenia itapevensis* (ALMEIDA, 1944; FAIRCHILD & SALLUN FILHO, 2004). Esses são considerados os estromatólitos mais antigos do Estado de São Paulo, e são as primeiras descrições desse tipo de registro da América do Sul.

Ocorrências similares são descritas do Norte ao centro-sul da faixa de ocorrência do Grupo Vazante (DARDENNE, 1972, 2005, 2009, FAVORETO, 2011, FAIRCHILD et al., 2015), mas nunca foram estudadas em detalhes na porção mais meridional. Do município de Lagamar (DARDENNE, 2005, FAVORETO, 2011) foram reportados estromatólitos com laminações cilindro-cônicas do gênero *Conophyton*, além de morfotipos colunares, ramificados e estratiformes. Ambos os autores descreveram que essas estruturas estromatolíticas se

desenvolveram em condições de águas ligeiramente mais profundas, enquanto os estromatólitos com laminações convexas foram submetidos à ação de correntes de marés em um ambiente litorâneo. Porém, os estromatólitos de Coromandel, que representam a ocorrência mais a sul desses fósseis, nunca foram descritos detalhadamente, apenas mencionados em trabalhos recentes (DOS REIS, et al., 2019; GAPE, 2019; OLIVEIRA et al., 2019; QUAGLIO et al., 2019; RODRIGUES, 2012; RODRIGUES et al., 2019).

1.1 Objetivos

Este trabalho tem como objetivos:

- I. Identificar a ocorrência de estromatólitos nas cavernas localizadas em Coromandel, MG, de acordo com o Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas;
- II. Levantar seções estratigráficas para posicionar as ocorrências dos estromatólitos nas paredes internas das cavernas e afloramentos com boa qualidade de preservação;
- III. Descrever os morfotipos estromatolíticos preservados nas paredes internas das cavidades e afloramentos externos, analisando as estruturas em macro, meso e microescala (petrografia);
- IV. Interpretar o paleoambiente e a paleogeografia dessas ocorrências, baseados nos resultados obtidos a partir das análises realizadas;

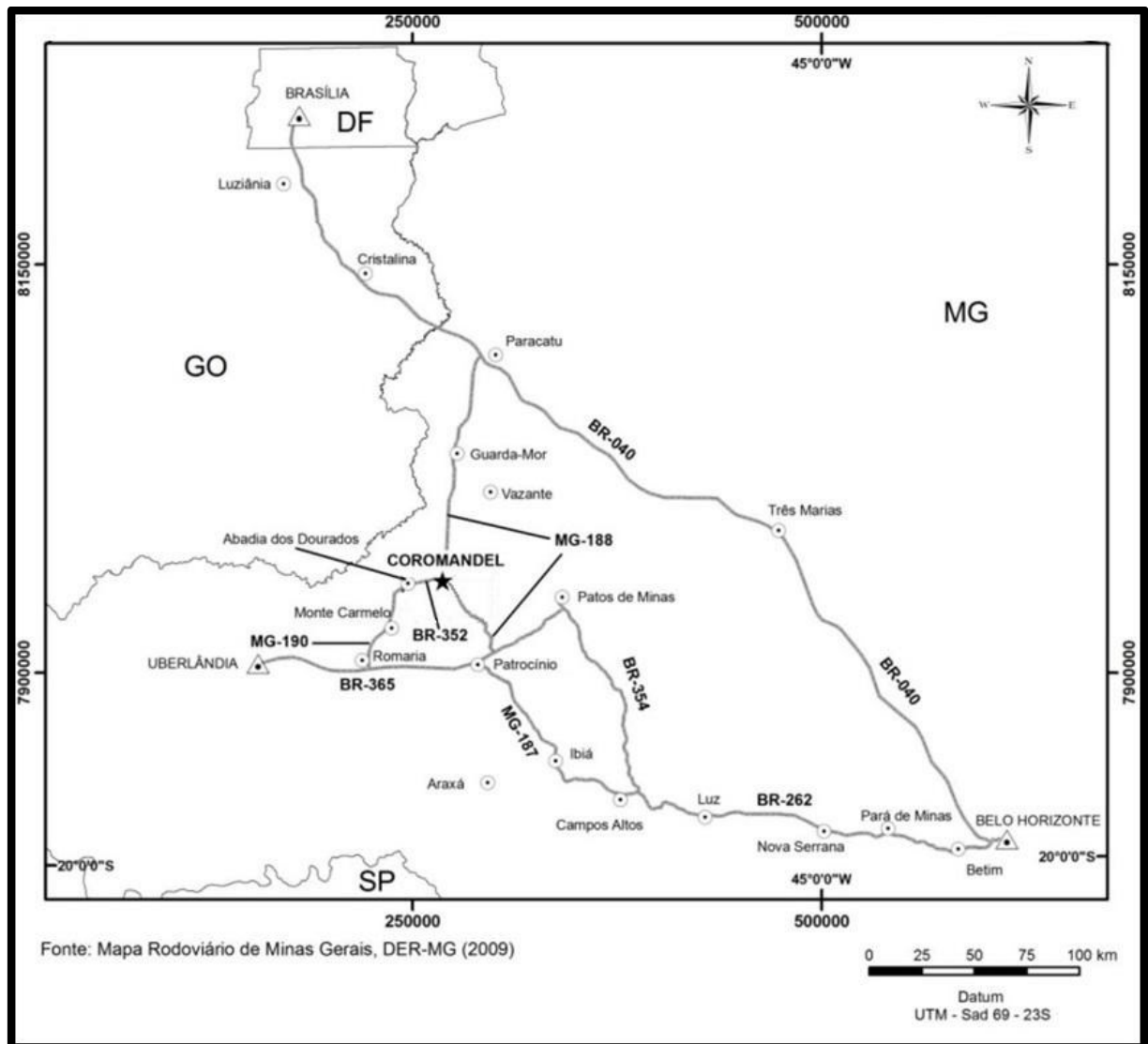
1.2 Área de estudo: localização, acessos e feições cársticas

Para chegar até a cidade de Coromandel por Uberlândia (Fig. 1), saindo pela BR-365 sentido Patrocínio, após percorrer 90 km, chega-se ao trevo para a MG-190, passando pelas cidades de Romaria e Monte Carmelo e percorrendo mais 56 km, chega-se à cidade de Abadia dos Dourados, de lá, pega-se a BR-352 por mais 22 km, assim chegando em Coromandel.

Por Belo Horizonte, o acesso se dá pela BR-381 passando por Betim, pega-se a BR-262. Após as cidades de Pará de Minas, Nova Serrana, Luz e Campos Altos, percorre-se aproximadamente 290 km, chegando ao trevo da MG-187, então segue por mais 100 km chegando no município de Patrocínio. De Patrocínio, pega-se a BR-354 sentido Patos de Minas, andando por 10 km tem a entrada para a MG-188, após percorridos aproximadamente 60 km chegando ao município de Coromandel.

Partindo de Brasília, pega-se a BR-040, após aproximadamente 235 km, chega-se à cidade de Paracatu. Então pega a rodovia MG-188, passando por Guarda-Mor e percorrendo mais aproximadamente 170 km chega-se a Coromandel.

Figura 1 - Mapa de localização mostrando os caminhos até Coromandel, saindo de Uberlândia, Belo Horizonte e Brasília.

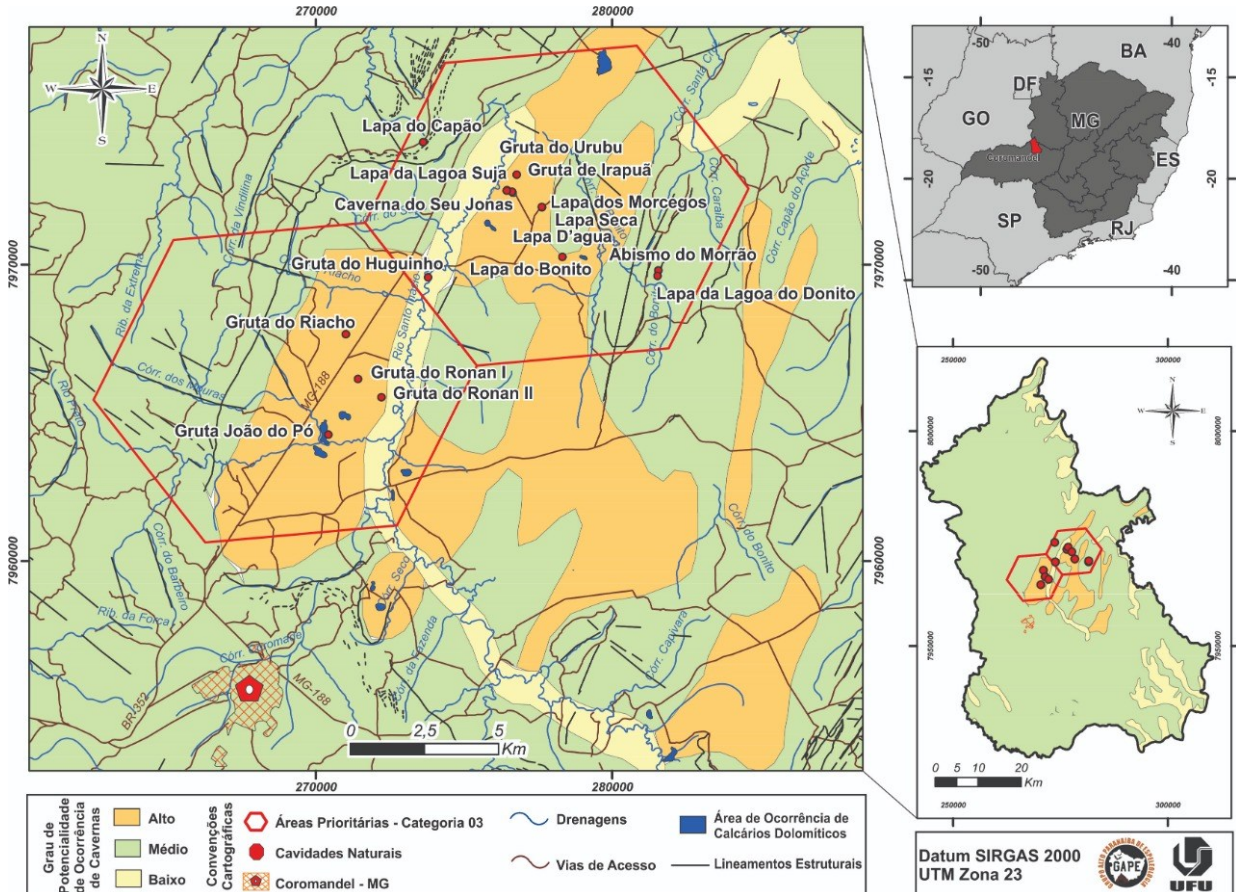


Fonte: DER-MG (2009)

No município de Coromandel encontram-se diversas feições que compõem a paisagem da região, como cachoeiras, cavernas, dolinas e lagos, produtos de processos endógenos e exógenos característicos do relevo cárstico, fazendo parte do Carste Vazante-Paracatu-Unai. Atualmente, o município conta com 16 cavidades naturais cadastradas no Centro Nacional de Informações Espeleológicas (CANIE, 2022), sendo classificado na área prioritária categoria 03, isto é, área com ações voltadas para: i) fiscalização e monitoramento; ii) ampliação do

conhecimento (pesquisa, prospecção espeleológica, validação de coordenadas); iii) educação ambiental e patrimonial (CANIE, 2022) (Fig. 2).

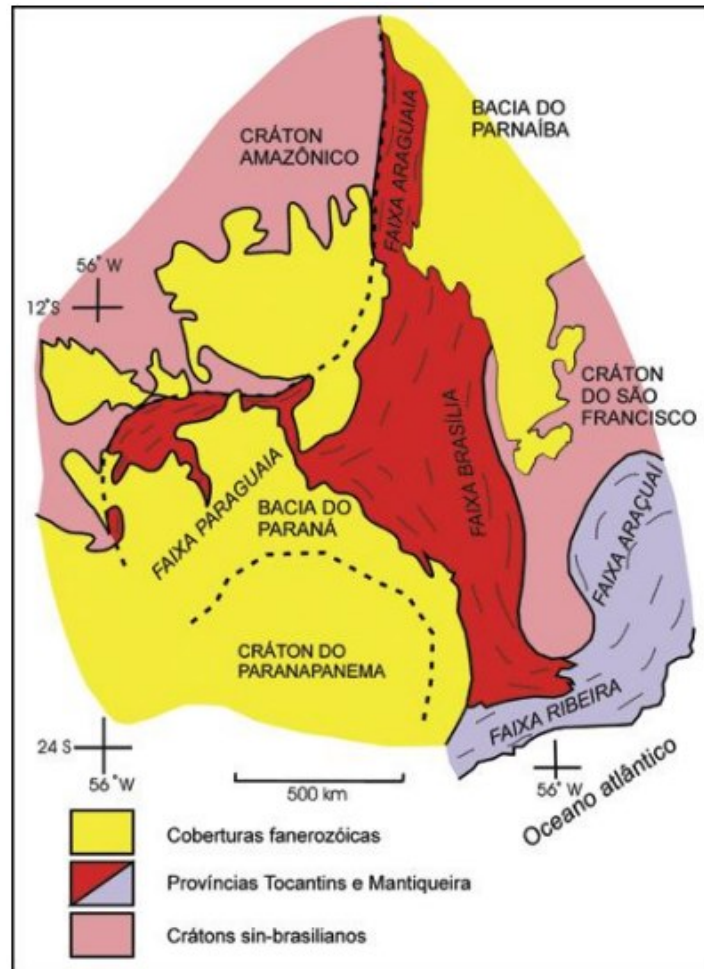
Figura 2 - Mapa de localização do município de Coromandel-MG, sobreposto às áreas prioritárias e de potencialidade de ocorrência de cavernas (CANIE, 2022).



2 CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

As rochas encaixantes das grutas visitadas encontram-se inseridas no contexto tectônico e metamórfico da Faixa Brasília, no sul da Província Tocantins (Fig. 3). A Província Tocantins representa um extenso sistema orogênico que se desenvolveu durante o Neoproterozoico, no evento conhecido como Brasileiro, sendo o resultado da colisão de três blocos continentais: o Cráton do São Francisco, o Cráton Amazônico, e o Cráton do Paranapanema (DARDENNE, 2000). Ela é dividida em três faixas distintas: Faixa Araguaia, Faixa Paraguaia e Faixa Brasília (VALERIANO, 2004).

Figura 3 - Mapa da Província Tocantins.



Fonte: Valeriano et al. (2008)

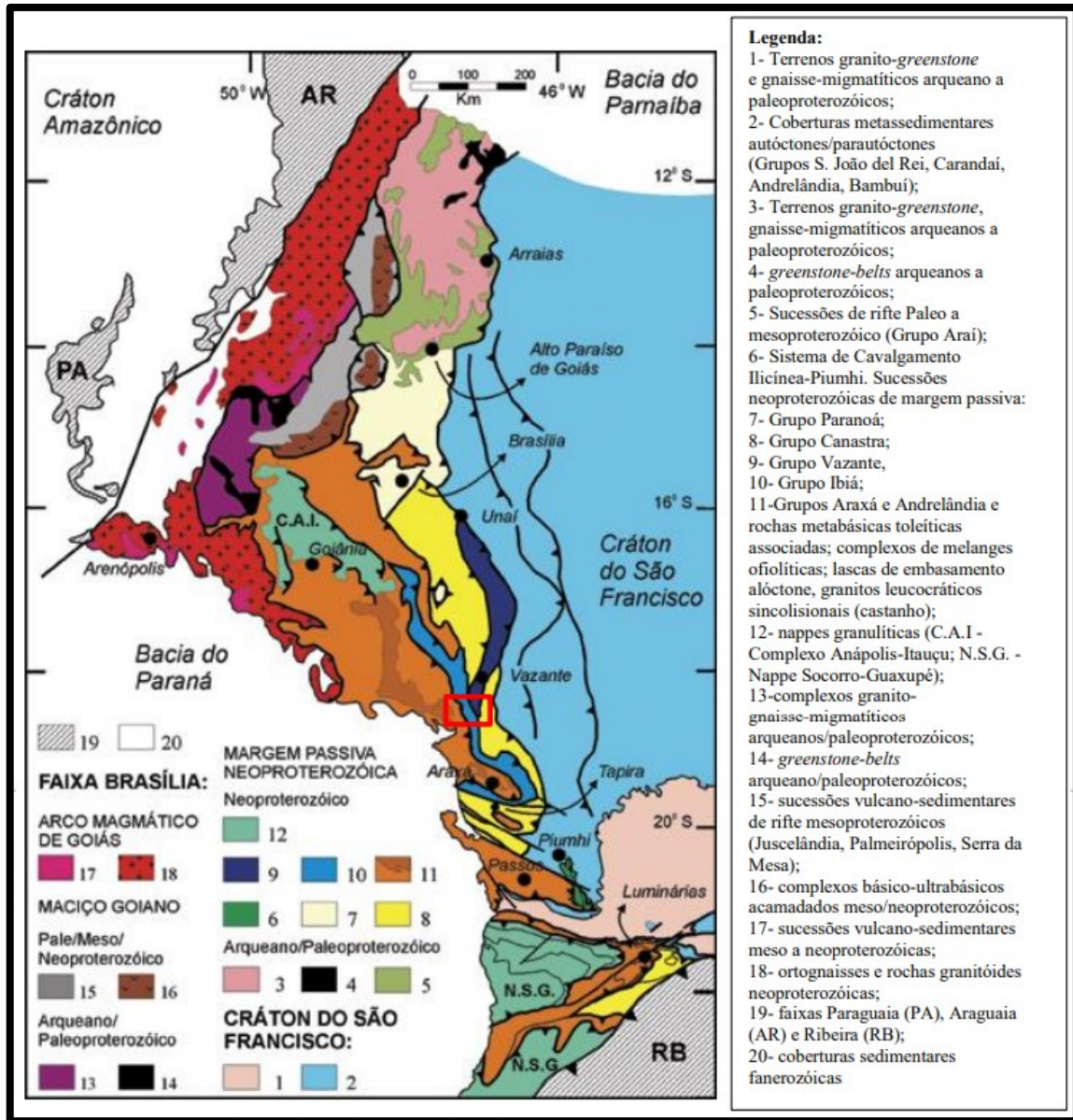
A Faixa Brasília se formou em três principais estágios durante o período de 1.0 a 0.6 Ga (VALERIANO et al., 2008). Inicialmente ocorreu a fase extensional de rifteamento, que resultou na formação de uma margem passiva na porção oeste do cráton São Francisco-Congo, na qual foram sendo depositados sedimentos plataformais neoproterozoicos. Posteriormente, com o gradual aumento da margem, formou-se uma zona de subducção, que se alinhava ao Maciço de Goiás. Com a contínua subducção, o estágio de colisão do paleocontinente do Paranapanema e dos blocos do Maciço de Goiás e do Arco Magmático de Goiás se iniciaram, formando assim a Faixa Brasília.

2.1 Faixa Brasília

A Faixa Brasília (Fig. 4) compreende terrenos e *nappes* de empurrão que convergem para leste, e contornam todo o lado oeste e extremo sul do Cráton do São Francisco, já as faixas Araguaia e Paraguai bordejam o Cráton Amazônico (ALMEIDA, 1967; ALMEIDA et al. 1981). Ela foi dividida em dois setores: Faixa Brasília Setentrional (localizada a norte) e Faixa Brasília Meridional (localizada a sul) (DARDENNE, 2000; VALERIANO, 2004). Essa divisão se deu pela estruturação e pelo grau de deformação/metamorfismo progressivo reconhecidos em cada setor. Esse aumento progressivo de deformação é observado de E para W, principalmente nas sequências sedimentares e metassedimentares, à medida em que se distancia da margem oeste do Cráton São Francisco no sentido oeste.

Além da deformação, ainda há o aumento no grau metamórfico, onde próximo à borda do Cráton São Francisco, na porção leste, encontram-se rochas que não sofreram metamorfismo ou de grau metamórfico muito baixo, que variam de anquimetamorfismo até fácies anfíbolito, e na porção oeste da faixa, o grau metamórfico chega à fácies granulito (DARDENNE, 2000). Dessa forma, as zonas de maior ou menor grau de deformação e metamorfismo na faixa Brasília foram individualizadas em: Zona Cratônica, a leste, onde se encontram rochas sem deformação e metamorfismo; Zona Externa, região central da faixa; e Zona interna, a oeste, onde se encontram as rochas de alto grau de deformação e fácies metamórficas às vezes até granulito (FUCK et al. 1994).

Figura 4 - Mapa geológico da Faixa Brasília e unidades relacionadas. O Grupo Vazante (azul escuro) corresponde a uma faixa N/S no Domínio Externo da faixa móvel.



Fonte: Valeriano et al. (2004)

2.2.1 Faixa Brasília Meridional

A Zona Cratônica da Faixa Brasília (FUCK et al. 1994) é formada por escamas tectônicas rasas, sub-horizontais, compostas por metassedimentos do Grupo Bambuí (Neoproterozoico), que estão sobrepostas às rochas Arqueanas e Paleoproterozoicas do embasamento cristalino do Cráton do São Francisco (DARDENNE, 2000).

A Zona Interna, em sua porção meridional, compreende um conjunto de nappes que estão sobrepostas aos terrenos do domínio externo (FUCK et al. 1994). Essa zona foi

subdividida em 3 nappes: a Nappe ou Sinforma de Araxá (SIMÕES & NAVARRO, 1996; SEER, 1999), a Nappe ou Sinformal de Passos (SCHMID & FLEICHER, 1978) e a Nappe de Socorro-Guaxupé-Luminárias. Todas essas *nappes* são delimitadas por rampas laterais de empurrões subverticais, que são elas denominadas de Zona de cisalhamento da Bocaina, Rampa lateral de Capitólio e Zona de Cisalhamento Campo do Meio, respectivamente. São majoritariamente compostas por metassedimentos Neoproterozoicos, do Grupo Araxá, Andrelândia, Canastra e Ibiá (VALERIANO et al. 2008).

Já a Zona Externa da faixa (FUCK et al. 1994) é composta por um conjunto de escamas de empurrão que convergem para E, composta por unidades sedimentares plataformas carbonáticas, sendo essa unidade o Grupo Vazante, e outras unidades siliciclásticas representadas pelos grupos Andrelândia, Paranoá, Canastra, Ibiá e Iraí (DARDENNE, 2000). Existe também, ao sul do município de Piumhi, o Sistema de Cavalgamento Ilicínea-Piumhi, que se estende até o município de Ilicínea, que também é um complexo de escamas imbricadas. São compostas por sequências de metassedimentos pelíticos e quartzosos do Neoproterozoico, que se intercalam com granitos-greenstone belt do Arqueano (DARDENNE, 2000; VALERIANO et al. 2008).

Na porção Setentrional da Faixa Brasília ocorrem rochas metaplutônicas de composição diorítica a granítica, componentes do Arco Magmático de Goiás, que ocupam a parte ocidental, na porção norte da faixa. As rochas plutônicas são datadas entre 900 Ma a 600 Ma e associadas às fases pré, sin e pós-colisional, onde ocorreu um evento de subducção, originando arcos de ilhas e cordilheiranos. Há também rochas pertencentes ao Maciço de Goiás, representadas pelos terrenos: Bloco Arqueano de Crixás-Goiás, os terrenos gnáissicos de Almas-Dianópolis, os três corpos máfico-ultramáficos de Barro Alto, Niquelândia e Cana Brava e o Complexo Granulítico de Anápolis-Itauçu (PIMENTEL & FUCK, 1992; PIMENTEL et al. 1999, 2000).

2.3 Litoestratigrafia do Grupo Vazante

O Grupo Vazante encontra-se associado à zona externa do setor meridional da Faixa de Dobramentos Brasília (Fig. 5), na porção oriental da Província Tocantins, e margem oeste da Bacia do São Francisco (FUCK, 1994). A unidade compreende uma estreita faixa com direção N-S, que se estende por 250 Km na mesma direção, e tem aproximadamente 40 Km de largura, composta por sucessões de rochas metassedimentares carbonático-siliciclásticas, de origem marinha, com predomínio de fácies marinhas e de tempestades (FUCK et al., 1993; AZMY et

al., 2008; MISI et al., 2011). Sua complexa evolução geotectônica e geomorfológica está relacionada aos eventos orogênicos ocorridos durante o Ciclo Brasileiro (ALMEIDA, 1977).

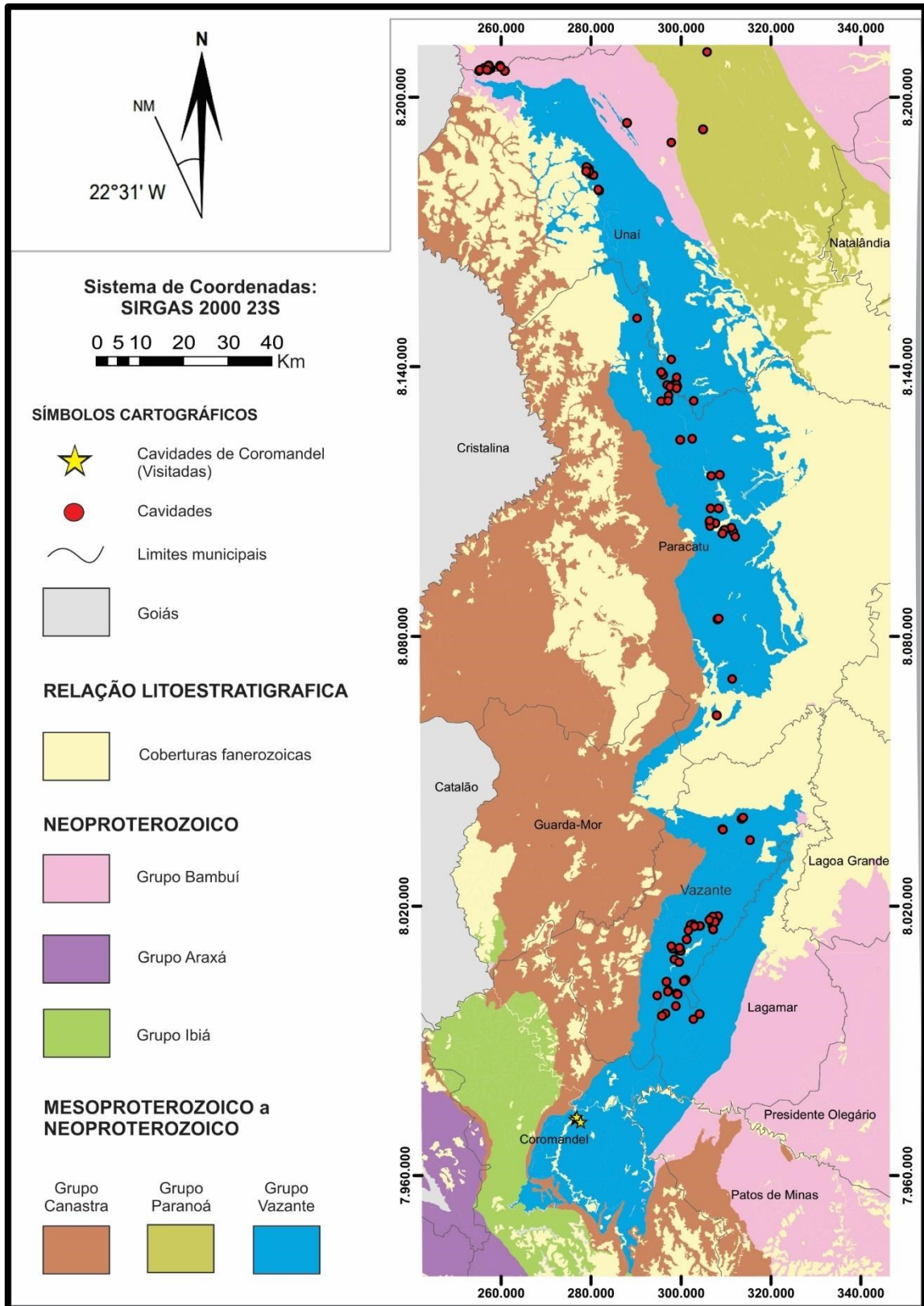
Ao longo dessa faixa, estão os municípios de Coromandel, Vazante, Lagamar, Paracatu e Unaí. Segundo Dardenne (2000), as rochas são formadas por sedimentos relacionados a uma bacia do tipo *foreland*, e o metamorfismo de baixo grau, variando de anquimetamorfismo a fácies xisto verde.

O Grupo Vazante foi dividido em sete formações: Santo Antônio do Bonito, Rocinha, Lagamar, Serra do Garrote, Serra do Poço Verde, Morro do Calcário e Lapa (DARDENNE, 2000) (Fig. 6).

Formação Retiro/Santo Antônio do Bonito

Unidade composta por intercalações de quartzitos, com porções conglomeráticas e níveis de ardósias. As porções compostas por diamictitos, com matriz pelítico-carbonato-fosfática com seixos de calcários, dolomitos, quartzitos, metassiltitos e granitoides, se encontram ao longo dos rios Santo Antônio do Bonito e Santo Inácio. Essas rochas possivelmente se formaram em contexto glaciogênico (DARDENNE, 2001; AZMY et al. 2006).

Figura 5 - Mapa geológico do Grupo Vazante.



Fonte: O autor (2023) (confeccionado a partir de dados da CPRM 2020).

Formação Rocinha

A parte basal desta formação é constituída por uma sequência psamo-pelítica rítmica, recoberta por uma sucessão espessa de metapelito e metassiltito, que são, por sua vez, recobertos por uma camada de ardósia escura contendo pirita com fosfato que se transforma em fosfoarenito rico em intraclastos e pellets. A porção superior é composta essencialmente por fosfoarenito. Esta unidade representa sedimentos marinhos de baixa energia depositados abaixo da zona de influência das ondas e abriga dois grandes depósitos de fosfato: Rocinha e Lagamar (NOGUEIRA, 1993; DARDENNE, 2000).

Formação Lagamar

Composta por um pacote carbonático que cobre os metapelitos da Formação Rocinha, ocorre na sua base camadas alternadas de metaconglomerado, metassiltito e mármore. Sobreposto por brecha dolomítica, metacalcário e uma sequência contendo estromatólitos. Os biohermas estromatólitos apresentam morfologias diversas, desde esteiras algais, dolarenito oncolítico e estromatólitos colunares de laminações convexas e cônicas (*Conophyton* e *Jacutophyton*) (CLOUD & DARDENNE, 1973; DARDENNE ET AL., 2005). As camadas de biohermas se interdigitam com metassiltito carbonático e ardósia.

Formação Serra do Garrote

Esta unidade é formada por camadas espessas de ardósia cinza-esverdeada carbonácea e pirítica, ocasionalmente rítmicas, intercaladas com finas camadas de quartzito depositadas em área marinha aberta abaixo da zona de influência das ondas (CAMPOS NETO, 1984; DARDENNE ET AL., 1997,1998).

Formação Serra do Poço Verde

A formação apresenta contato litológico entre os diversos tipos rochosos e é composta por dolomitos laminados cinza-rosados, ardósia cinza a esverdeada, filito sericítico, dolomitos cinza escuro com *birdeyes*, margas, filito carbonáceo com pirita (BABINSKI ET AL, 2005).


Formação Morro do Calcário

Esta sucessão é formada principalmente por dolomitos com biostromas e bioermas apresentando laminação convexa, dolorruditos, doloarenito oolítico, oncólitos e raros quartzitos. Essas rochas possivelmente foram depositadas em condições de baixa energia. Uma discordância marca o topo da sequência (MISI et al., 2005). Na porção norte (entre Paracatu e Unai), esta unidade pode atingir espessuras de aproximadamente 900 m com presença comum de dolorudita, indicando retrabalhamento das bioermas estromatólíticas. DARDENNE (2000) sugeriu que a deposição das formações Morro do Calcário e Serra do Poço Verde nesta área foi contínua, sem distinção perceptível entre elas.

Formação Lapa

Esta unidade apresenta sedimentos intertidais a subtidais com características distintas nas áreas de exposição sul e norte do Grupo Vazante. Na região de Vazante, inclui filito carbonáceo, metassiltito, metassilto carbonático, lentes dolomíticas que apresentam pacotes de brechas intraformacionais e registros de estromatólitos colunares e, além de leitos quartzíticos (MADALOSSO E VALLE, 1978; MADALOSSO, 1980). Na área de Unai, já ocorrem arenitos líticos (principalmente com de ardósia e siltito) e conglomerados (seixos de quartzo e material feldspático) intercalam-se com leitos de ardósia escura (LARANJEIRA, 1992).

Figura 6 - Coluna litoestratigráfica do Grupo Vazante.

Grupo	Formação	Membro	Descrição e depósitos/ocorrências minerais associadas	
VAZANTE	Lapa	Serra da Lapa	Ardósias carbonatadas cinzas Lentes de dolomitos	
		Serra do Velosinho	Ardósias carbonatadas pretas	
	Morro do Calcário	Pamplona Superior	Bioherma estromatolítico, fácies de brechas e dolarenitos Depósitos minerais: MORRO AGUDO, Fagundes e Ambrósia	
		Serra do Poço Verde	Pamplona Intermediário	
	Pamplona Inferior		Ardósias cinza a verde com intercalações de dolomitos rosados Depósito mineral: Vazante	
	Morro do Pinheiro Superior		Dolomitos cinza-escuros com esteiras estromatolíticas e birds eyes	
	Morro do Pinheiro Inferior		Dolomitos cinza-claros a rosados com intercalações de brechas e dolarenitos	
	Serra do Garrote		Ardósias cinzas com lentes de quartzitos esporádicas	
	Lagamar	Sumidouro	Bioherma estromatolítico Calcários cinza-escuros Brechas dolomíticas	
		Arrependido	Conglomerados	
	Rocinha		Ritmitos Depósito mineral: Lagamar - fosforito	
			Ardósias cinza-escuras, piritosas e fosfatadas Depósito mineral: Rocinha - fosforito	
			Ritmitos	
Santo Antônio do Bonito		Intercalação de quartzitos, fosforitos, diamictitos e ardósias Ocorrência mineral: Coromandel - fosforito		

Fonte: Modificado de Dardenne (2000)

2.4 Idades do Grupo Vazante

A idade do Grupo Vazante ainda não é bem definida (Fig. 7), apesar dos diversos autores e mais variados métodos de datação já empregados (CLOUD E DARDENNE, 1973; PIMENTEL et al., 2001; DARDENNE, 2005; DARDENNE et al. 2005; AZMY et al. 2008; RODRIGUES et al. 2012; GEBOY et al. 2013; CARVALHO et al 2019). A presença constante de falhas de empurrão ao longo da área de ocorrência, resultantes do Ciclo Brasileiro, geraram alterações no empilhamento natural das camadas que estão inseridas na borda oeste da Bacia do São Francisco. Isso dificulta a interpretação e o melhor entendimento da sucessão estratigráfica das unidades que compõem a Faixa Brasília. Propostas de idade variam desde o Mesoproterozoico, o que abriria a possibilidade da unidade se correlacionar com o Grupo Paranoá, e alcançam o Neoproterozoico, o que representaria uma porção mais basal do Grupo Bambuí (DARDENNE, 2000).

As primeiras propostas de idade apresentadas para o Grupo Vazante foram baseadas no registro de fósseis de estromatólitos identificados como *Conophyton* sp. (MOERI et al., 1972). Por ser registrado somente em depósitos do Pré-Cambriano, e mais especificamente no Proterozoico, o gênero foi proposto como possível fóssil-guia (KOMAR et al., 1965; RAABEN, 1969). Com base nisso, a presença do registro no Grupo Vazante indicaria idades deposicionais de 1.650 a 950 Ma (DARDENNE, 2005).

As idades de deposição das rochas do Grupo Vazante acabam ficando restritas por dados geocronológicos obtidos por meio de datações em zircões (RODRIGUES et al., 2012; CARVALHO et al. 2019). Porém, a unidade apresenta padrão de proveniência de U-Pb muito variado, fazendo com que as datações indiquem idades de zircão demasiadamente dispersas, que vão de 936 a 3.409 Ma. Isto se dá ao fato de que os terrenos Paleoproterozoico e Mesoproterozoico possivelmente fossem as principais fontes de sedimentos, sendo o Cráton do São Francisco uma das fontes paleoproterozoicas mais plausíveis (RODRIGUES et al., 2012).

Figura 7 - Coluna simplificada do Grupo Vazante e dados de idades e métodos de datação empregados.

AUTOR	MÉTODO	IDADE	GRUPO VAZANTE	FORMAÇÃO
Azmy et al. (2008)	U/Pb	1.1 - 1.0 Ga		LAPA
Rodrigues et al. (2012),	U/Pb	1.2 Ga		
Pimentel et al. (2001)	Sm-Nd	2.0 - 1.7 Ga		
Carvalho et al (2019)	Sm-Nd	1,8 Ga		
Rodrigues et al. (2012),	U/Pb	1.2 Ga		MORRO DO CALCÁRIO
Carvalho et al (2019)	Sm-Nd	2,06 Ga		
Pimentel et al. (2001)	Sm-Nd	2.1 Ga		
Pimentel et al. (2001)	Sm-Nd	2.1 - 1.8 Ga		SERRA DO POÇO VERDE
Carvalho et al (2019)	Sm/Nd	2 Ga		
Rodrigues et al. (2012),	U/pb	2.13 - 2.08 Ga		SERRA DO GARROTE
Pimentel et al. (2001)	Sm/Nd	2.23 - 2.05 Ga		
Geboy et al. (2013)	Re/Os	1.35 - 0.99 Ga		
Carvalho et al (2019)	Sm/Nd	2,10 Ga		
Dardenne (2005); Dardenne et al. (2005); Cloud & Dardenne (1973)	Conophyton Cylindricum (Fóssil Index)	1.35 - 0.9 Ga		LAGAMAR
Pimentel et al. (2001)	Sm/Nd	1.9 Ga		
Rodrigues et al. (2012)	U/Pb	2.08 Ga		
Rodrigues et al. (2012),	U/pb	2.5 - 0.94 Ga		ROCINHA
Pimentel et al. (2001)	Sm/Nd	2.02 - 1.87 Ga		
Rodrigues et al. (2012),	U/Pb	~ 997 Ma		SANTO ANTÔNIO DO BONITO/RETIRO

Fonte: O autor (Compilado de Cloud e Dardenne, 1973; Pimentel et al., 2001; Dardenne, 2005; Dardenne et al. 2005; Azmy et al. 2008; Rodrigues et al. 2012; Geboy et al. 2013; Carvalho et al 2019)

3 ESTROMATÓLITOS

3.1 Conceitos gerais

Estromatólitos são estruturas biossedimentares compostas por alternância de laminações (Fig. 8), cuja precipitação é induzida pelo metabolismo de algas e/ou cianobactérias, unicelulares, procariontes, fotossintetizantes, imersas em uma fina camada de mucilagem,

compondo a chamada esteira microbiana (SALLUN FILHO, 2013; SALLUN FILHO & FAIRCHILD, 2005; DARDENNE, 2005; FAIRCHILD et al., 2015).

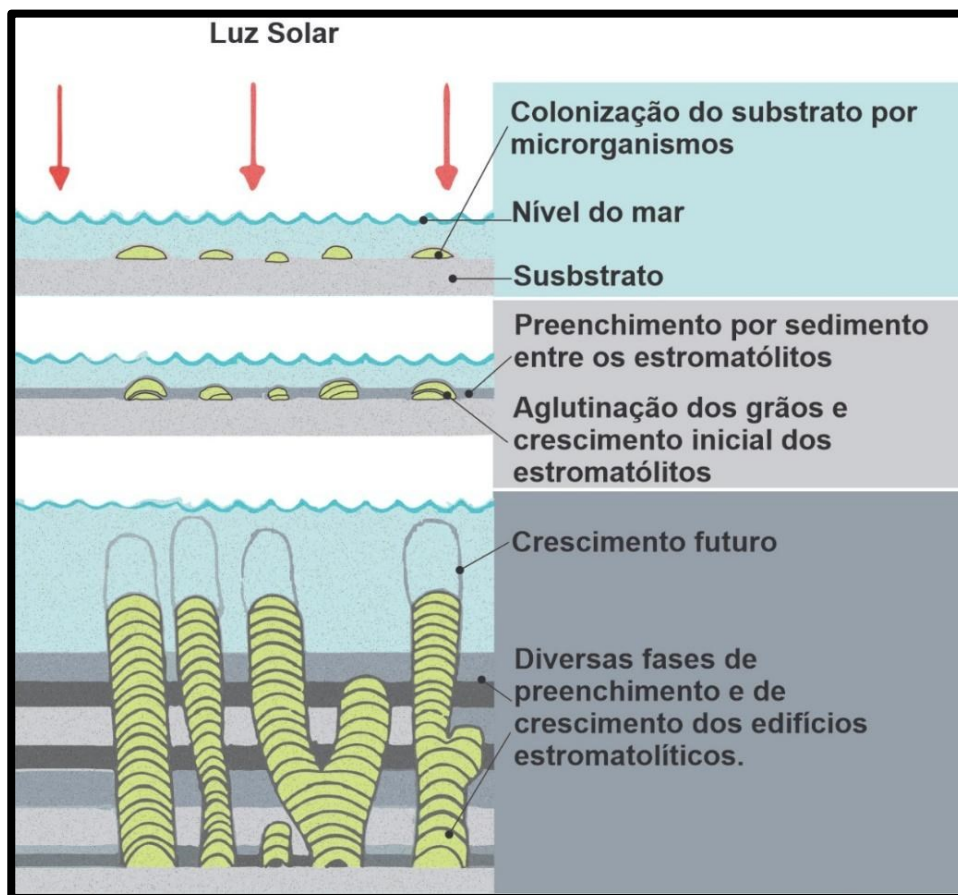
Geralmente são formadas em ambientes salinos e de águas relativamente rasas, onde as condições físico-químicas, luminosidade, disposição de sedimento e fluxo de água permitam que os microorganismos colonizem o substrato e formem as esteiras (FAIRCHILD et al., 2015). Comumente os edifícios estromatolíticos são compostos por carbonatos, como calcita ou dolomita. Essas estruturas biossedimentares podem ocorrer a partir da presença de bioermas ou bioestromas de corpos lateralmente contínuos, possuindo laminações, e que podem apresentar morfologias muito variadas, como estratiformes, bulbosos, ondulados ou uma combinação de todas elas. Podem também ser encontrados como estruturas individuais, sendo comumente, dômicos, colunares ou outras formas similares

O termo “microbialito” também foi designado para outros tipos de depósitos biossedimentares resultantes de processos similares, e são diferenciados em três tipos de estruturas internas: estruturas estromatolíticas (textura finamente laminada, não concêntrica); estruturas oncolíticas (textura concêntrica, finamente laminada); e estrutura trombolítica (textura que não possui laminação e apresenta aspecto de coágulo). Os estromatólitos seriam, dentre essas definições, as estruturas mais “famosas” entre os microbialitos.

De forma geral, os estromatólitos são tratados como icnofósseis, já que representam a evidência da atividade microbiana (WALTER, 1977). No entanto, se tratados apenas como construções carbonáticas, em um sentido mais amplo e descritivo, estruturas semelhantes como incrustações mineralicas, e até mesmo espeleotemas poderiam ser classificadas como “estromatólitos inorgânicos” (THRAILKILL, 1976), o que seria contraditório e equivocadamente colocado.

Por outro lado, o conceito genético define os estromatólitos como estruturas biossedimentares produzidas por um conjunto de processos biológicos e sedimentológicos, resultantes da interação das comunidades microbianas bentônicas com o seu *habitat* (HOFMANN, 1969; WALTER, 1976). Esta caracterização é mais adequada do que apenas uma definição descritiva, pois acaba mostrando a importância dessas estruturas como evidências de atividades de organismos do passado (FAIRCHILD et al., 2015).

Figura 8 - Esquema simplificado da formação dos estromatólitos, a partir da precipitação de carbonato e sucessivas fases de precipitação, preenchimento por sedimentos e posterior aglutinação dos grãos para formação das laminações.



Fonte: Sallun Filho & Fairchild (2005)

Considerando essa discussão, e segundo a convenção, um estromatólito é classificado como um microbialito estromatolítico (BURNE & MOORE, 1987). Vale considerar, no entanto, que se trata de terminologia não muito empregadas atualmente, pois o termo estromatólito já estar bem consolidado na literatura.

3.2 Ocorrência de microbialitos em unidades Proterozoicas do Brasil

Atualmente no Brasil, os estudos sobre estromatólitos e seu potencial de aplicação na estratigrafia e sedimentologia ainda é pouco explorado. Isto é sobretudo relevante, pois foram descritos em diversas unidades carbonáticas brasileiras, em especial nas rochas de idade proterozoica (Tabela 1), nas faixas Paraguai e Ribeira, assim como no Cráton São Francisco e faixas dobradas associadas (SALLUN FILHO & FAIRCHILD, 2005). Dessas unidades

destacam-se as ocorrências nos grupos Vazante e Paranoá (GUIMARÃES & DARDENNE, 1994; FAIRCHILD et al., 1996).

Nas unidades do Paleoproterozoico, são encontrados no Supergrupo Minas, na Formação Fecho do Funil, em Cachoeira do Campo (MG), sendo esses os registros mais antigos de estromatólitos no Brasil, com idades de 2,1-2,4 Ga (DARDENNE & CAMPOS NETO, 1975; SOUZA & MÜLLER, 1984).

No Supergrupo Espinhaço, (Grupo Chapada Diamantina, na Formação Caboclo, Morro do Chapéu, BA), Mesoproterozoico, foram descritos estromatólitos colunares (SRIVASTAVA & ROCHA, 1999). Já no Grupo Itaiacoca em Itapeva (SP) e Abapã (PR), foram encontrados estromatólitos do gênero *Conophyton* (SALLUN FILHO, 1999; SALLUN FILHO & FAIRCHILD, 2004).

Nas unidades neoproterozoicas, foram registrados estromatólitos no Supergrupo São Francisco, grupos Una e Bambuí (MARCHESE, 1974; CASSEDANNE & CASSEDANNE, 1978; SRIVASTAVA, 1982). Ocorrem também no Grupo Açungui, Formação Capiru (FAIRCHILD, 1977, 1982; MARINI & BÓRIO, 1971; GUIMARÃES et al., 2002; JUSCHAKS, 2006); Grupo Itaiacoca (FAIRCHILD, 1977); Grupo São Roque (BERGMANN & FAIRCHILD, 1985); Grupo Corumbá; e no Grupo Alto Paraguai, na Formação Araras (ZAINÉ, 1991; ZAINÉ & FAIRCHILD, 1992; SALLUN FILHO et al., 1997).

No Grupo Vazante (Neoproterozoico) as ocorrências mais expressivas de microbialitos se encontram na região das cidades de Lagamar, Vazante, Paracatu e Unai, região centro-oeste de Minas Gerais, nas formações Lagamar, Serra do Poço Verde e Morro do Calcário. DARDENNE (2005) descreveu importantes estromatólitos na Fazenda Matinho, na cidade de Lagamar, nos metadolomitos do Membro Sumidouro, Formação homônima. Foram descritas duas variedades de estromatólitos, o tipo *Baicalia*, e outra variedade, com laminações cônicas nomeadas como *Conophyton metula* Kirichenko intercalados com dolomitos oncolíticos e dolomitos laminados (laminitos). Esses são estromatólitos característicos do Proterozoico Médio a Superior e o ambiente deposicional seria marinho litorâneo, com águas rasas e agitadas influenciadas por fortes correntes de maré (DARDENNE, 2005).

Tabela 1 - Tabela com os morfotipos estromatolíticos do Proterozoico já descritos, unidades em que foram encontrados, os locais das ocorrências e seus respectivos autores (a legenda abaixo da tabela mostra o número que representa cada morfotipo).

		UNIDADE	OCORRÊNCIA	MORFOTIPOS	AUTORES	
NEOPROTEROZOICO	Grupo Açungui	Fm. Capirú	Pedreira Morro Azul - Almirante Tamandaré, PR	1, 2, 5, 7, 8	Fairchild et al. (2015); Bigarella & Salamuni (1956); Silva et al. (2009)	
			Pedreira Motim Pavin - Colombo, PR	1, 2, 3, 4, 5,		
	Grupo Macaúbas		Minas Gerais e Bahia	1, 3, 4, 7	Schöll et al. (1976b); Schöll & Fogaça (1980)	
	Grupo Vazante	Fm. Morro do Calcáreo	Cabeludo, Paracatu, MG	1, 2, 3, 7	Fairchild et al. (2015) Cassedane (1978); Dardenne et al. (2005); Dardenne (1979); Campos Neto (1984); Favoreto (2011)	
		Fm. Serra do Poço Verde, Mb. Morro do Pinheiro Sup.	Afloramento Morro do Pinheiro, MG	5, 7, 8		
		Fm. Lagamar, Mb. Sumidouro	Fazenda Sumaré, Fazenda Matinho - Lagamar, MG	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 4		
	Grupo São Roque		São Paulo	1, 2, 9	Bergmann & Fairchild (1985)	
	Grupo Porongos		Rio Grando do Sul	7	Schmitt et al. (1993)	
	Grupo Bambuí	Fm. Sete Lagoas	Pedreira Samba Inferior e Superior, Pedreira do Meio - Sete Lagoas, MG	1, 2, 6	Fairchild et al. (2015); Lopes (1995); Fairchild & Schorscher (1985)	
			Fazenda Funil - Cabeceiras, GO e outras localidades	1, 5, 6, 7, 8, 9		
	Grupo Vaza Barris		Sergipe	1, 8	Silva-Filho et al. (1978); Srivastava (1982)	
	Grupo Uma	Fm. Salitre	Fácies Jussara	Jussara, BA	Trombólito	Srivastava & Rocha (2002); Srivastava (1982, 1986); Souza et al. (1993); Cassedane (1964)
			Fácies Nova América	Fazenda Nova Canaã, Fazenda Caravento - Povoado de Achado, Município de Irecê, BA	1, 2, 5, 7	
				Povoado de Ipanema - América Dourada, BA	7	
Fazenda Aurora - Ourulândia, BA				1, 2, 5		
Fazenda Arrecife, Bebedouro Natural - Várzea Nova	1, 5, 7					
Grupo Araras		Mato Grosso	5, 7, 8, 9	Romero (2010); Zaine (1991)		
Grupo Corumbá		Mato Grosso do Sul	1, 5, 7	Soares (2013); Almeida (1958)		
MESOPROTEROZOICO	Grupo Cubencranquém		Tocantins e Pará	6, 7, 9	Cunha e Bezerra (1984)	
	Grupo Paranoá	Pasto, Povoado do Lobeiral, Sobradinho, DF	1, 2	Fairchild et al. (2015, 1996); Melo-Filho (1996)		
		Fazenda Funil - Cabeceiras, GO	1, 3, 4, 7			
		Cocal, São Gabriel, GO	1, 2, 3, 4, 5, 7, 8			
	Grupo Itaiacoca		Região Sul de São Paulo	1, 2, 3, 7	Almeida (1944); Santos (2008)	
Grupo Chapada Diamantina		Bahia	1, 2, 3, 6, 7,	Rocha et al. (1990); Cassedane et al. (1979)		
Paleoproterozoico	Super Grupo Minas	Grupo Itabira	Fm. Gandarela	Minas Gerais	5, 6, 8,	Souza & Muller (1984); Bertolino e Pires (1995)
			Fm. Feicho do Funil	Pedreira Cumbi - Cachoeira de Campo, MG	1, 2, 6, 7, 9,	Dardenne & Campos Neto (1975); Cassedane & Cassedane (1976)

Fonte: Modificada e simplificada de Fairchild et al. (2015).

3.3 Registros de estromatólitos nas cavernas brasileiras

Atualmente no Brasil, existem aproximadamente 20.000 cavernas oficialmente registradas (CECAV, 2019). Estão espalhadas por todo o território nacional, e se desenvolvem nas mais diversas litologias, como arenitos, quartzitos e até mesmo em granitos, sendo mais frequentes e bem desenvolvidas em contextos cársticos e ferríferos (Fig. 9) (AULER E FARRANT 1996; RUBBIOLI et al. 2019).

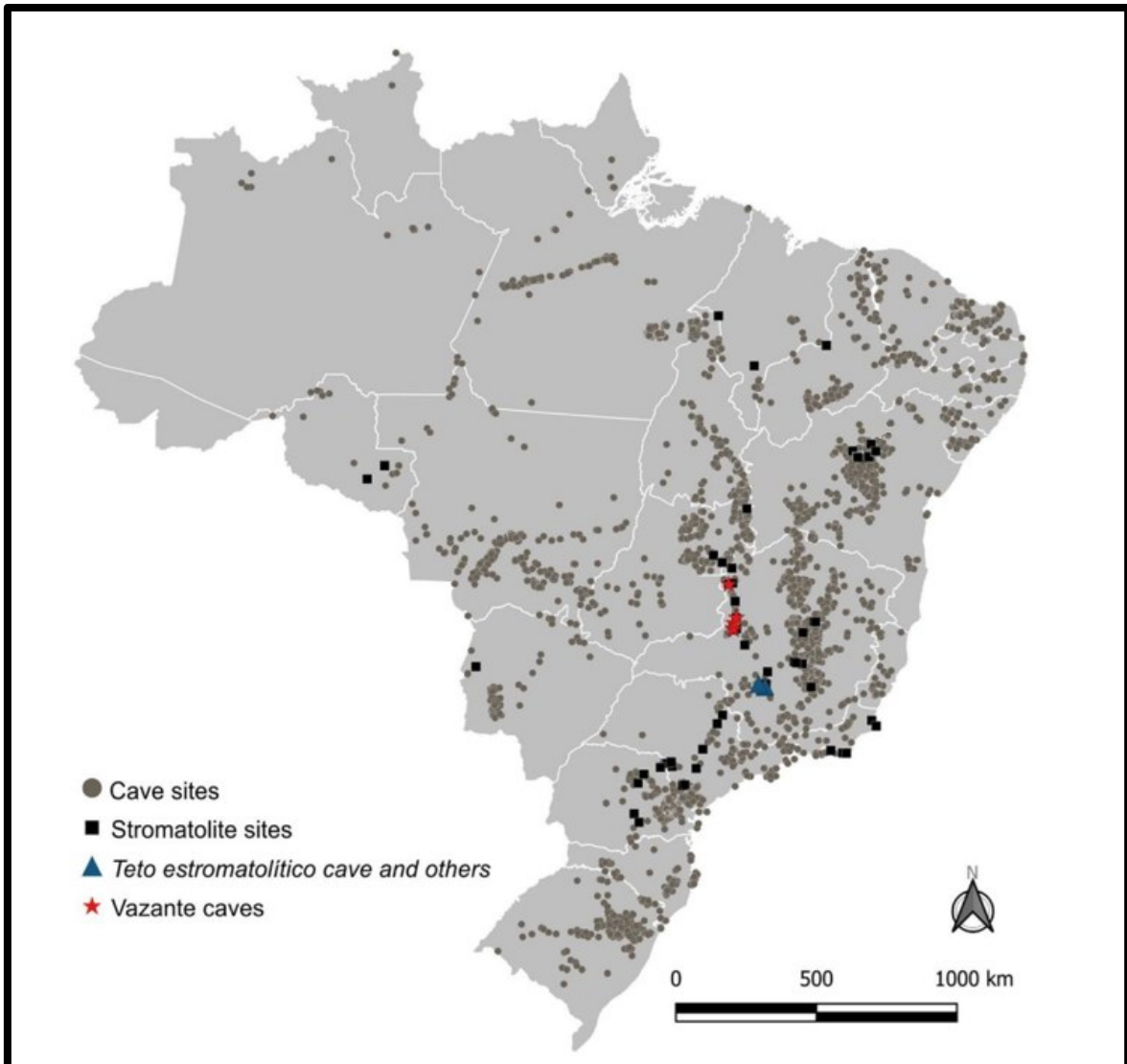
Cavernas formadas em contextos cársticos são ambientes peculiares, esculpidas pelos fluxos de água somados a eventos tectônicos, envolvendo processos biológicos e químicos, entre diversos outros agentes (GILLIESON 1996). Devido as condições específicas desses ambientes, onde a temperatura e umidade são praticamente estáveis, e a baixa incidência de luz natural, criam-se as condições ideais para a formação de uma biodiversidade única (RIBERA et al. 2014). Considerando essas condições, as cavernas podem proporcionar alto potencial para a preservação de fósseis. Dentre esses registros, os mais conhecidos e comuns são os fósseis de vertebrados quaternários, que foram incorporados às cavernas concomitantemente aos processos cársticos de sua formação e evolução (SANTUCCI et al. 2001).

Já os registros de microbialitos preservados como estruturas primárias da rocha na qual a cavidade se desenvolve, são menos conhecidos se comparados aos fósseis de vertebrados, e muitas vezes não são valorizados de forma adequada, do ponto de vista científico (VASCONCELOS E BITTENCOURT 2018, QUAGLIO et al. 2019). Porém, esse tipo de registro fóssil possui grande relevância quando utilizados como ferramenta para o estudo paleoambiental e estratigráfico, além do significado biológico, já que representam os vestígios de vida mais antigos já registrados (SCHOPF et al., 1994).

No carste Vazante-Paracatu-Unai, já foram descritos estromatólitos e outras estruturas de origem microbiana em diversas localidades (MOERI 1972; DARDENNE 2009; DARDENNE et al. 2009; VASCONCELOS E BITTENCOURT, 2018). Os morfotipos já identificados no Grupo Vazante são: *Baicalia* sp. e *Conophyton metula* Kirichenko (DARDENNE, 2005) na Formação Lagamar; *Conophyton cylindricum* Maslov (DARDENNE E WALDE, 1979, DARDENNE, 2005; CAMPOS NETO 1984) nas Formações Poço Verde e Morro do Calcário; e *Conophyton cylindricum* e *Conophyton metulum* na Formação Morro do Calcário (MOERI 1972; CLOUD E DARDENNE 1973).

Em um trabalho de SOUZA et al. (2018), relacionado à espeleologia do Grupo Vazante, foram localizadas 181 cavidades, em sua maioria desenvolvidas nas bases de maciços residuais, recobertos por vegetação e rodeados por áreas de plantio ou pastagens. Em 5 das 181 cavernas, foram encontrados estromatólitos do tipo *Conophyton*. As cavidades são: Gruta da Fendinha; VT-004; VT-047; VT-051 e VT-197, além da Gruta Teto Estromatolítico, que está inserida no Carste Arcos-Pains-Doresópolis, nas rochas do Grupo Bambuí, Formação Sete Lagoas, cavidades essas que foram revisitadas por VASCONCELOS et al. (2020). Registros semelhantes também ocorrem em cavernas de São Desidério e Campo Formoso, ambas localizadas no Estado da Bahia (KLIMCHOUK ET AL. 2016; CAZARIN et al. 2019).

Figura 9 - Mapa do Brasil apontando as cavidades já catalogadas e as cavidades que contém registro de estromatólitos, nos grupos Vazante (estrela vermelha) e Bambuí (triângulo azul).



Fonte: Modificado de Vasconcelos et al. (2020)

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Revisão Bibliográfica

Inicialmente foram feitas as consultas bibliográficas sobre estromatólitos e outros temas relacionados à geologia e paleontologia da região e ocorrências do Grupo Vazante, em literaturas disponíveis no acervo da Biblioteca UFU e trabalhos disponíveis na internet.

4.2 Trabalho de campo e de escritório

Posteriormente, foram empregados métodos convencionais de geologia de campo para descrições de feições e estruturas nos condutos das cavidades e afloramentos nas áreas externas, onde foram levantadas as sessões estratigráficas, nos locais em que foi constatado ser viável a identificação das litologias, estruturas e microbiais. As visitas às cavidades priorizaram as descrições das estruturas e o levantamento das sessões estratigráficas. Essas foram levantadas nos salões onde as exposições eram mais contínuas, realizadas a partir do nível mais baixo do salão e, sempre que possível, ou mesmo necessário, a continuidade da descrição da seção foi realizada rebatendo-se o nível para a porção externa da caverna. Esse é um método semelhante aos tradicionalmente utilizados nos casos de exposições de afloramentos em curvas de nível.

As primeiras visitas foram realizadas com o objetivo de reconhecer os principais pontos de ocorrência, observando a qualidade das exposições, suas dimensões, litologia, efeitos intempéricos e a acessibilidade dos afloramentos. Nas etapas seguintes, buscou-se detalhar os afloramentos, a partir do levantamento de seções estratigráficas nas porções internas e externas das cavernas, sempre que fosse possível observar as camadas e variações litológicas e de estruturas sedimentares e microbianas. Especial prioridade foi dada à observação das estruturas microbianas, bem como formas menores e possíveis novos morfotipos estromatolíticos. Os instrumentos utilizados foram: trena, martelo geológico, lupa e ácido clorídrico 10%, empregando o método tradicional proposto por TUCKER (2014). Os locais foram escolhidos para o levantamento das sessões durante e após a espeleotopografia realizada pelo GAPE (GAPE, 2020), sendo que os principais pontos de ocorrência dos estromatólitos foram marcados nos mapas de cada cavidade (ANEXOS, I, II, III).

Uma vez que os morfotipos foram identificados e posicionados na seção estratigráfica, a sucessão das formas foi interpretada de acordo com seu significado batimétrico para a obtenção de um cenário de evolução ambiental nessa porção da Formação Lagamar do Grupo Vazante, e posteriormente feita comparação com trabalhos realizados em outras áreas.

4.3 Confeção de lâminas petrográficas

O estudo petrográfico é importante para a identificação de microtramas e feições microscópicas presentes nos carbonatos, para auxiliar nas interpretações das fácies sedimentares associadas às ocorrências dos microbiais.

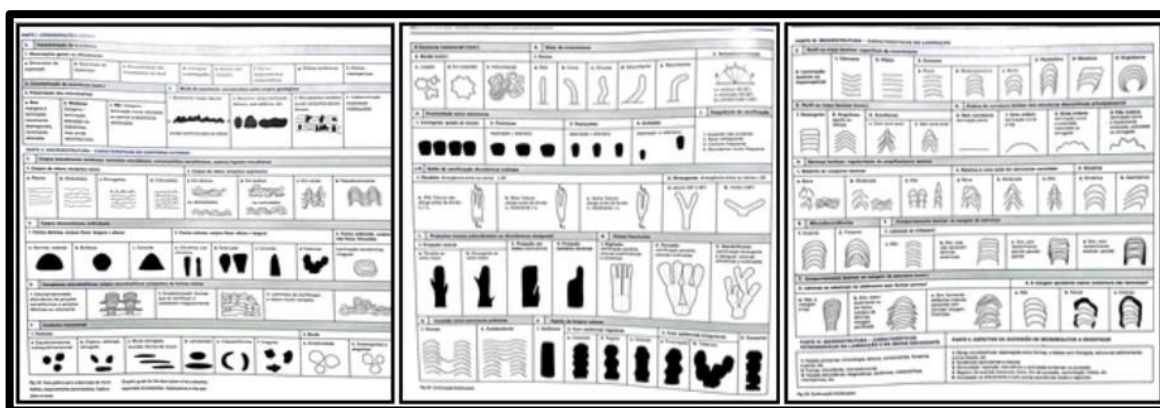
Para analisar as microestruturas, foram confeccionadas lâminas delgadas a partir das amostras coletadas em campo. As amostras analisadas foram retiradas apenas da Gruta Lapa da

Lagoa Suja, posteriormente cadastradas, fotografadas, cortadas e polidas. O trabalho foi realizado no Laboratório de Laminação Petrográfica da USP, sendo que as lâminas foram analisadas em microscópio óptico petrográfico no Laboratório de Geologia Sedimentar do Instituto de Geociências da USP (LABPETRO). As fotomicrografias foram capturas por câmera digital.

4.3 Caracterização dos morfotipos

Foram observados os modos de ocorrência dos edifícios estromatolíticos. A caracterização dos morfotipos foi realizada seguindo o modelo de caracterização morfológica proposta por FAIRCHILD et al. (2015) (Fig. 10). Os estudos disponíveis que aplicam a classificação taxonômica binomial foram consultados, tais quais os estromatólitos de formas cuneiformes (*Conophyton* sp.), considerando sua morfologia quase geométrica diagnóstica.

Figura 10 - Guia de classificação de morfotipos estromatolíticos (extraído de Fairchild, 2005).

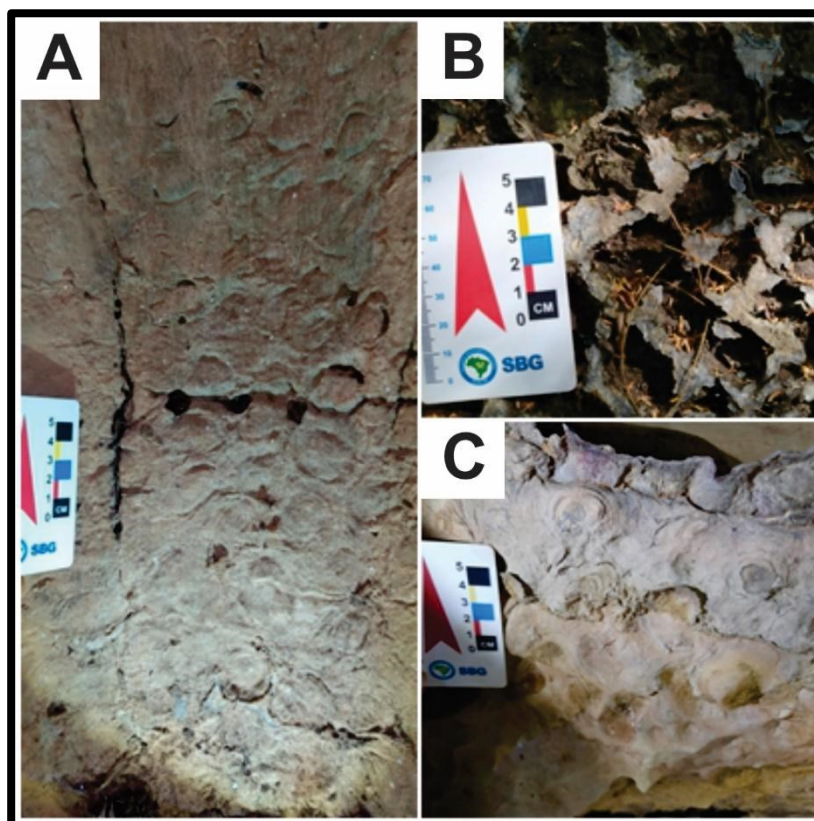


Fonte: Fairchild (2005).

A maior parte das estruturas preservadas é de estromatólitos colunares, cilíndricos a subcilíndricos e não ramificados, porém, esses morfotipos estão, por muitas vezes, relacionados aos corpos de relevo microbialítico mais baixo e lateralmente contínuo (estratiformes: planares, ondulado, abobadado etc.). Além dessas, foram observadas também construções estromatolíticas em cortes transversais (Fig.11).

Além das macroestruturas dos estromatólitos, outro aspecto importante observado durante a caracterização foram as microestruturas (SRIVASTAVA, 2000). Porém essa identificação dos estromatólitos também depende significativamente da qualidade de sua preservação, já que uma boa preservação facilita sua caracterização.

Figura 11 – Exemplos de modos de ocorrência em cortes transversais de estromatólitos em cavernas do município de Coromandel, MG: A) Estromatólitos da Gruta do Urubu, mostrando o espaçamento entre as colunas; B) Estromatólitos da Gruta do Urubu, preenchidos por sílica; C) Estromatólitos em cortes transversais da Lapa da Lagoa Suja.



Fonte: O autor (2023)

Porém, as laminações das estruturas estromatolíticas são identificáveis apenas nas porções onde ocorre intemperismo ou dissolução por fluxo de água, no caso das paredes das cavernas, pois no calcário “fresco” não foi possível observar as estruturas, mesmo quando polidas. As laminações e formas variam conforme o corte do afloramento, dificultando a acurácia das descrições, e as distâncias entre as colunas também são muito variáveis.

As interpretações e inferências em relação ao paleoambiente foram baseadas nos morfotipos reconhecidos em campo e nas associações das litofácies, texturas e estruturas sedimentares e pós-diagenéticas, segundo proposta de HOFFMAN (1976) e foram comparadas com resultados prévios para o Grupo Vazante com estromatólitos estudados no município de Lagamar, MG, por FAVORETO et al. (2011).

5 RESULTADOS

Dentre as 16 cavidades cadastradas no CANIE (2022) em Coromandel, apenas cinco foram validadas recentemente: Gruta do Ronan, Lapa da Lagoa Suja, Gruta do Seu Jonas, Gruta do Irapuã e Gruta do Urubu (GAPE, 2020). Todas as cavidades validadas se localizam em propriedades às margens da Rodovia Alírio Herval (MG-188), onde são desenvolvidas atividades agropecuárias e minerárias, e seu acesso vem sendo prejudicado pelas sucessivas proibições de visitação por parte dos proprietários. A Gruta João do Pó, a alguns quilômetros para S, não validada e não contabilizada aqui, está localizada dentro de área de mineração de calcário da empresa Ercal, a qual nunca cedeu autorização para visitação. A poucos quilômetros para NNE, a Gruta do Ronan, a maior caverna da região, é de difícil acesso e possui desenvolvimento quilométrico. Essa cavidade, já visitada pelo autor e co-orientadora, possui inúmeros e riquíssimos registros fossilíferos de estromatólitos, com maior diversidade de morfotipos e mais bem preservados, se comparados aos registros das outras cavernas visitadas. Porém, os levantamentos sobre seu conteúdo, tanto paleontológicos, arqueológicos como espeleológicos, foram interrompidos devido à proibição pelo proprietário da Fazenda, impedindo o desenvolvimento e aprofundamento nos estudos. As cavidades localizadas na Fazenda da Barra, a cerca de 9km para NE (Fig. 12), forneceram a maior parte dos dados aqui apresentados, embora mais recentemente também tenha o acesso negado pelo proprietário.

Figura 12 - Área de estudo e adjacências das ocorrências de estromatólitos nas cavernas, na Fazenda da Barra (polígono em zoom), e a Gruta do Ronan, mais ao sul, no município de Coromandel, MG.



Fonte: O autor (2023)

5.1 Descrição das Cavidades Visitadas

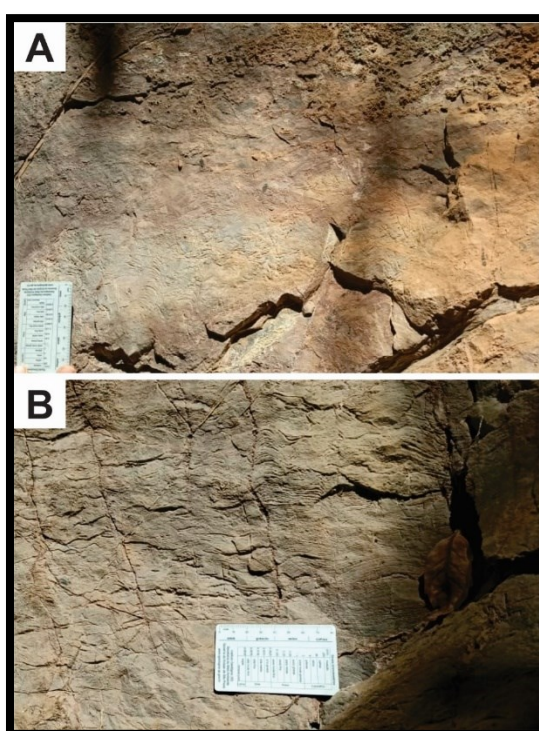
Dentre as cavidades visitadas (Gruta do Urubu, Lapa da Lagoa Suja, Gruta do Irapuã e Gruta do Seu Jonas), verificou-se que todas se desenvolvem nas rochas carbonáticas do Grupo Vazante, Formação Lagamar, Membro Sumidouro, como previsto em mapeamento por SILVA et al. (2020). Como foram mapeadas (Anexos I-III), foi possível avaliar a presença de microbiais em todas. Em duas delas (Seu Jonas e Urubu), a presença de espeleotemas obliterou a identificação de microbiais no interior das grutas, sendo que o nível estratigráfico de ocorrência dos estromatólitos tenha sido confirmado a partir da identificação de colunas e microbiais na porção externa dessas cavernas.

No caso da Gruta do Seu Jonas, laminações agrupadas em estruturas centimétricas a decimétricas de forma colunar a dômica ocorrem próximas à entrada principal (Fig. 13). Este nível se correlaciona com o nível logo acima do topo do teto da Lapa da Lagoa Suja, dada a proximidade de alguns metros entre as duas entradas para N e a continuidade lateral dos estratos. Caminhando pouco mais de 150 metros para E, próximo de uma antiga área de

extração de dolomita, encontra-se outra caverna estudada (Gruta do Irapuã), com boa continuidade de morfotipos microbiais dentro e fora da cavidade.

A aproximadamente 500 metros da Lapa da Lagoa Suja e Irapuã para N, a Gruta do Urubu apresenta espeleotemas que impedem a identificação dos microbiais em seu interior, mas com morfotipos distintos em sua porção externa. A seguir, estão detalhadas as características das cavernas visitadas.

Figura 13 - Estromatólitos nas paredes externas entre a Lapa da Lagoa Suja e a Gruta do Seu Jonas: A) Estromatólitos colunares e pseudocolunares cilíndricos; B) Na mesma parede, mas um pouco mais abaixo, estromatólitos estratiformes a ondulados associados a corpo colunares cilíndricos



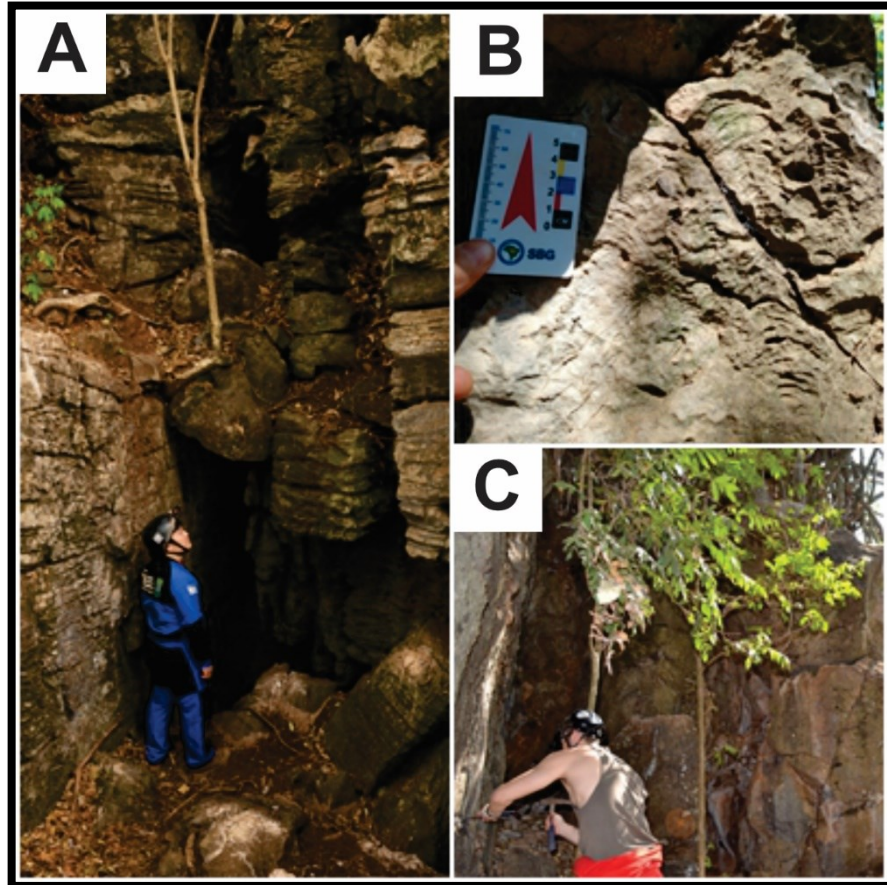
Fonte: O autor (2023)

Gruta do Urubu (GU) - (ANEXO I)

Localizada entre uma área de lavoura e uma granja de suínos, é a gruta mais a N das visitadas (Fig. 17-C). De morfologia ramiforme, alcança 52 metros de projeção horizontal, com entrada de 3 metros de altura. Essa cavidade, diferentemente das demais, apresenta maior quantidade e variedade de espeleotemas, como estalactites, pequenos travertinos, escorrimentos e coraloides, os quais recobrem grande parte das paredes e teto da caverna, dificultando a identificação de possíveis estruturas microbialíticas preservadas na rocha. Na parte externa, onde os blocos de rocha dolomítica possuem tamanhos variados, encontram-se diversos

registros de construções estromatolíticas, com predomínio de morfotipos colunares cilíndricos ou subcilíndricos de laminação convexa (Fig. 14).

Figura 14 - A) Entrada da Gruta do Urubu; B) Estromatólitos colunares encontrados nos blocos e paredes externas; C) Região externa da caverna.



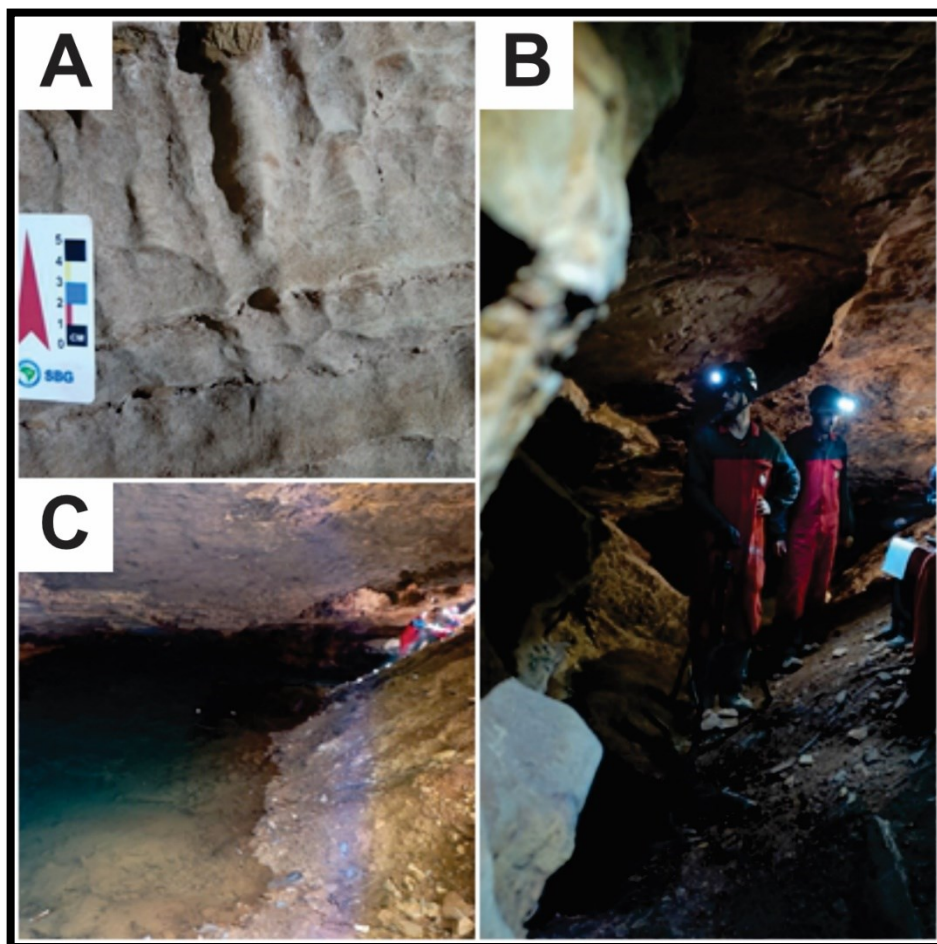
Fonte: O autor (2023)

Gruta Lapa da Lagoa Suja (LLS) - (ANEXO II)

Essa cavidade se localiza em uma antiga cava de extração de calcário (Fig. 17-A; B), possui também um padrão morfológico ramiforme e parte do seu desenvolvimento é reticulado, tem 80 metros de projeção horizontal e sua entrada alcança 2,3 metros de altura (Fig. 15). Sua área total é de 403 metros quadrados, sendo que sua porção inicial é submersa. Ao fundo da cavidade, blocos abatidos do teto formam patamares e pequenos corredores estreitos, onde é possível observar edifícios estromatolíticos preservados em suas paredes. Os morfotipos encontrados variam em tamanho e largura, e, em sua maioria, são colunares cilíndricos ou

subcilíndricos de laminação convexa, com distâncias variadas entre as colunas. Essa cavidade não desenvolve espeleotemas nas porções observáveis.

Figura 15 - A) Estromatólitos colunares encontrados nas paredes internas da Gruta Lapa da Lagoa Suja; B) Integrantes do GAPE no conduto principal da gruta; C) Lagoa localizada na entrada.



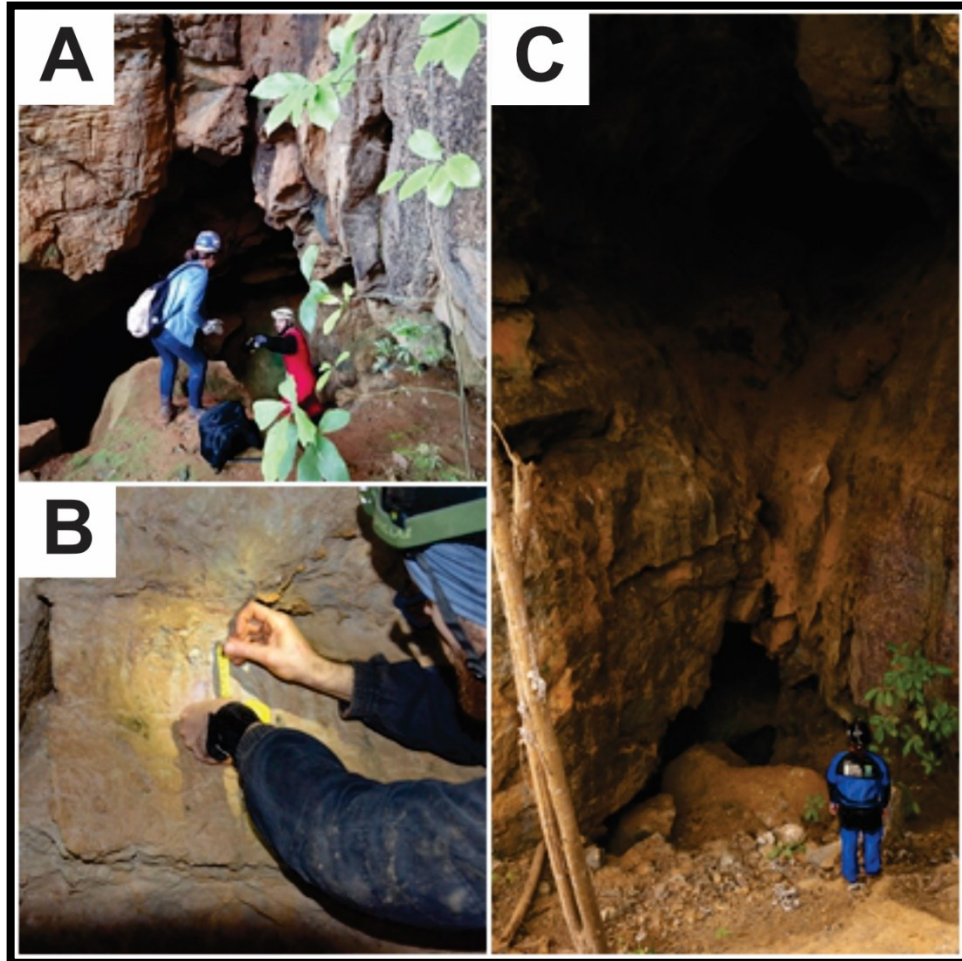
Fonte: O autor (2023)

Gruta do Irapuã (GI) - (ANEXO III)

Desenvolve-se na mesma cava onde se localiza a Gruta Lapa da Lagoa Suja (Fig. 17-A; B). A cavidade (Fig. 16) possui uma entrada ampla, com altura de aproximadamente 8 metros, onde se identificam três níveis, sendo eles: um piso superior, em forma de duto, um piso intermediário, que segue o relevo, e dois pisos inferiores com entradas distintas, sendo uma na área interna e outra na parte externa do nível intermediário. Sua projeção horizontal é de 100 metros. Os registros fossilíferos encontrados estão localizados na parede ao fundo do piso

intermediário, e as configuram como edifícios estromatolíticos de formas colunares, com laminação convexa bem preservadas, com pouca variação de morfotipos.

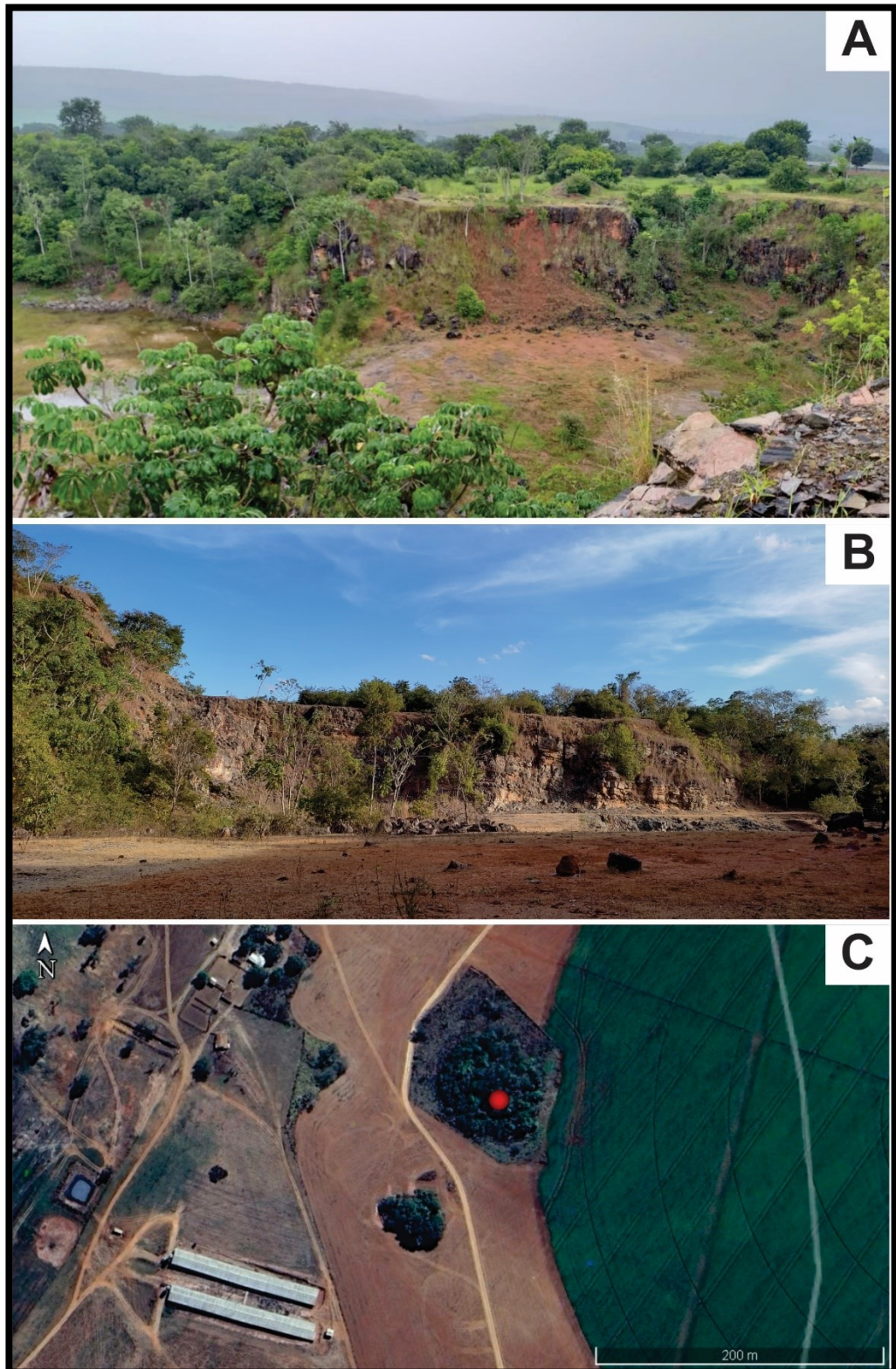
Figura 16 - A) Entrada da Gruta do Irapuã, na região do primeiro conduto descendente; B) Afloramento interno com estromatólitos colunares preservados; C) Entradas localizadas na área coberta por marquise;



Fonte: O autor (2023)

De maneira geral, os estromatólitos ocorrem nas paredes internas das cavernas, onde as condições de preservação são melhores do que nos afloramentos (QUAGLIO et al., 2019), exceto na Gruta do Urubu, onde só é possível observar as estruturas nas paredes externas. Além dos microbiais, outros achados espeleológicos de Coromandel e municípios próximos vêm sendo estudados e divulgados pelo Grupo Alto Paranaíba de Espeleologia (GAPE) com o intuito de levantar dados científicos para fins de geologia estrutural e paleontologia, além de difundir e popularizar o conhecimento a respeito desse assunto (DOS REIS, et al., 2019; GAPE, 2019; OLIVEIRA et al., 2019; QUAGLIO et al., 2019; RODRIGUES et al., 2019).

Figura 17 - A-B) Vista parcial da extinta cava de extração de calcário localizada na Fazenda da Barra, onde as cavidades visitadas se desenvolvem (Lapa da Lagoa Suja e Gruta do Irapuã); C) Localização da Gruta do Irapuã (ponto vermelho), entre a área de plantio e uma granja de suínos.



Fonte: O autor (2023)

5.2 Descrição das Fácies

Durante os levantamentos de sessão, foram reconhecidas 5 fácies distintas (Fig. 18): (Dlm) dolomito (dolarenito e dolossiltitos) maciço; (DII) dolomito com laminações; (Bri) brecha intraclástica; (Dmb) dolomito com estruturas microbiais brechadas; (Dee) dolomito com estromatólitos colunares e estratiformes.

Dolomito (dolossilito/dololutito) maciço (Dlm): É composta por cristais de dolomita e grãos de quartzo, com matriz micrítica. Os grãos são subangulosos a angulosos, com porções parcialmente recristalizadas e tamanhos variando entre silte à areia muito fina. A precipitação desses sedimentos ocorreu em ambiente de baixa energia, por processos de precipitação carbonática, com contribuição eventual de decantação de grãos carbonáticos e, mais raramente, de origem siliciclástica (Fig. 18-A).

Dolarenito Laminado (DII): Possui coloração cinza, por vezes porções mais rosadas, suportado por grãos carbonáticos arredondados a subarredondados, de tamanho areia média a areia grossa, e grãos raramente alongados, arranjados em empacotamento moderadamente apertado. Os dolarenitos apresentam também laminações cruzadas de baixo ângulo, que se pode atribuir a ações de agentes de alta energia e tempestades (Fig. 18-B).

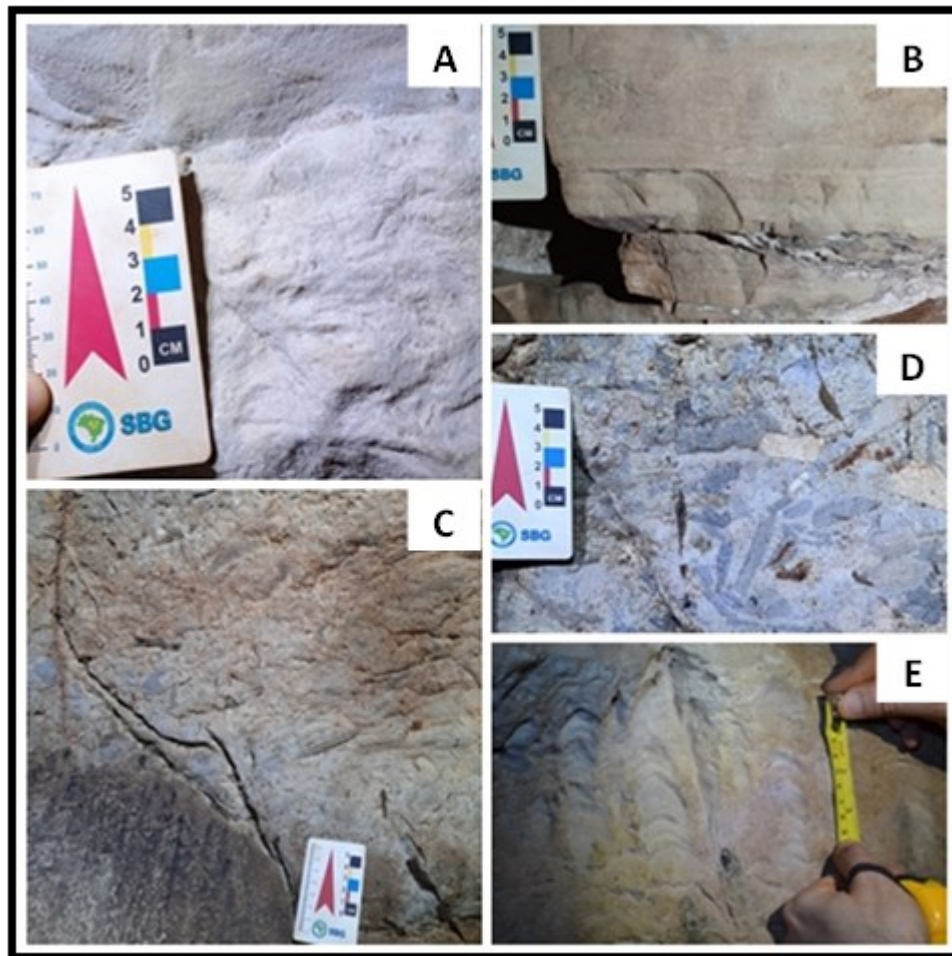
Brecha Intraclástica (Bri): Composta por fragmentos de dolomitos maciços, laminados e dolarenito imersos em matriz dolomítica. Os fragmentos possuem formatos subarredondados a angulosos e tamanhos que variam de areia grossa, podendo chegar a blocos. A matriz é maciça e o acamamento é incipiente, sendo que raramente aparece marcado por discretas laminações. Estilólitos ocorrem com frequência, horizontais e sub-horizontais, normalmente preenchidos por material escuro carbonoso (Fig. 18-C).

Dolomito com estruturas microbiais brechadas (Dmb): A brecha possui fragmentos diversos de dolarenito, dololutitos, dolomitos laminados e estruturas biogênicas (estromatólitos) imersos em matriz dolomítica, de tons cinzas e rosados. Os clastos são subangulosos a angulosos, os tamanhos variam de areia média a bloco (Fig. 18-D).

Dolomito com Estruturas Estromatolíticas (Dee): A fácies dolomito estromatolítico é composta por dolossilito e dololutito com laminações microbiais irregulares, compondo

intercalações de estromatólitos colunares e estratiformes com estratos de dolomito maciço. Pontualmente ocorrem cimentações por dolomita esparítica de forma dispersa, comumente preenchendo fraturas. A observação das características sedimentares da rocha é dificultada pelo intenso grau de recristalização e silicificação. É comum a presença de estilólitos sub-horizontais preenchidos por material escuro amorfo e fraturas preenchidas por dolomita esparítica. (Fig. 18-E).

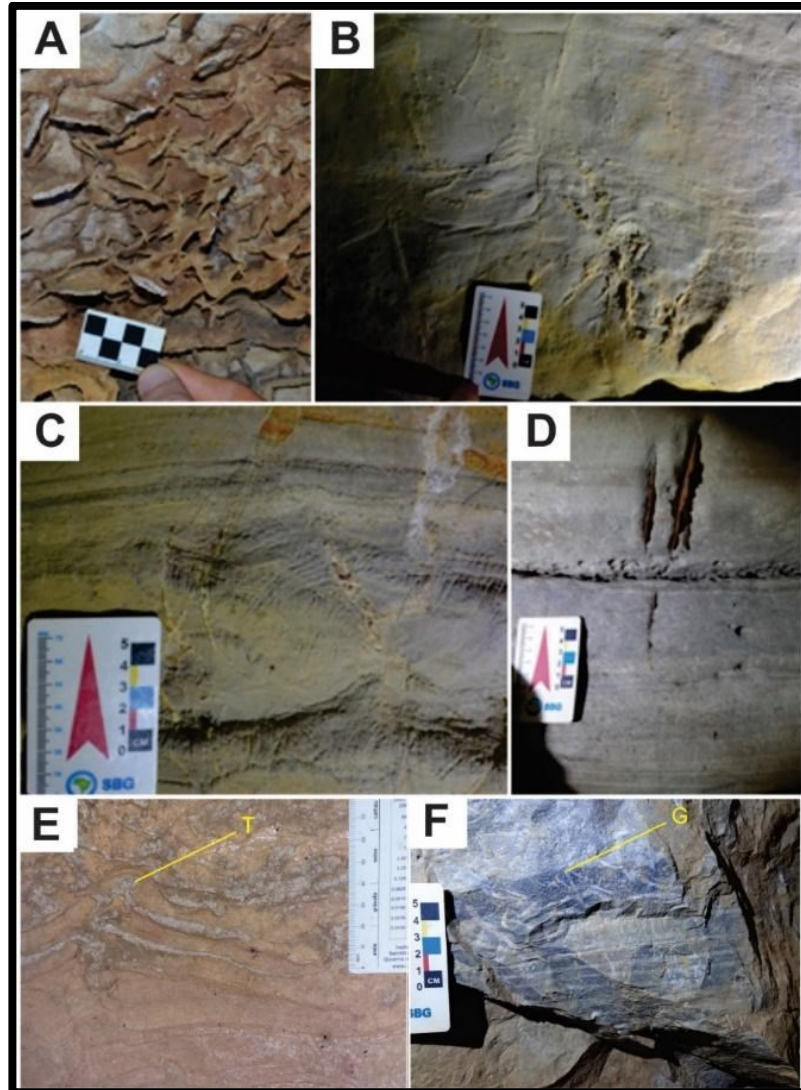
Figura 18 - Fácies descritas: A) Dolomito (dolos silito/dololutito) maciço; B) Dolarenito com laminações plano-paralelas; C) Dolomito com estruturas microbiais brechadas; D) Brecha Intraclástica; E) Dolomito com Estruturas Estromatolíticas.



Fonte: O autor (2023)

As fácies, no geral, apresentam as mesmas características nas três cavidades (o que já era esperado devido à grande proximidade entre elas). As rochas possuem as mesmas variações de cores, entre tons de cinza a tons rosados, possuem porções moderadamente recristalizadas, assim como estruturas primárias e pós-diagenéticas. As camadas são cortadas por lâminas delgadas de sílica microcristalina em direções aleatórias, sendo que por vezes, essas lâminas formam estruturas tipo *boxwork* (Fig. 19-A).

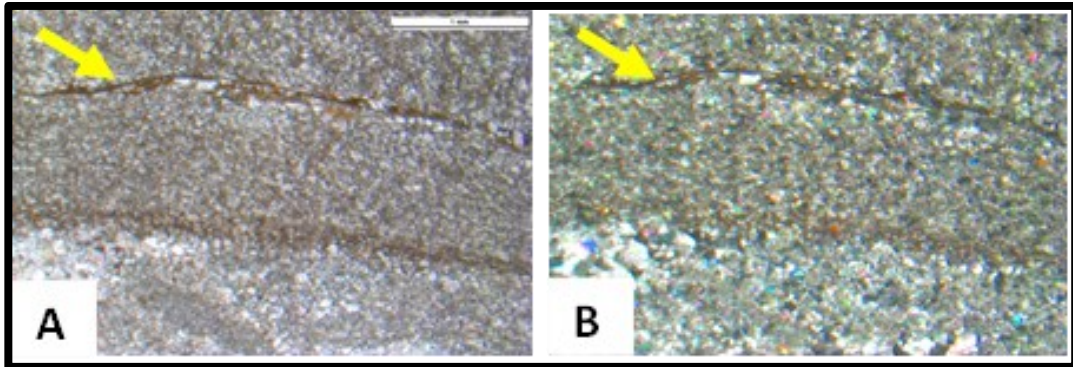
Figura 19 - Estruturas sedimentares observadas no interior das cavidades: A) Estruturas tipo *Boxwork*, no interior da Gruta do Irapuã, composta por sílica; B) Estruturas de sobrecarga nas paredes da Gruta do Irapuã, com evidência de formação de tubos que rompem as camadas sotopostas; C) Laminações plano-paralelas na parede interna da Gruta do Urubu; D) Lâminas de sílica cortando o calcário dolomítico na Gruta do Urubu; E) Estrutura do tipo *tepee* (em amarelo) na parede interna da Lapa da Lagoa Suja; F) Gretas de contração em dololuto (em amarelo) na Gruta do Irapuã.



Fonte: O autor (2023)

Algumas camadas apresentam estruturas de sobrecarga e espessos pacotes de brechas (Fig. 20). Também ocorrem com frequência estilólitos horizontais a sub-horizontais preenchidos (Fig. 20).

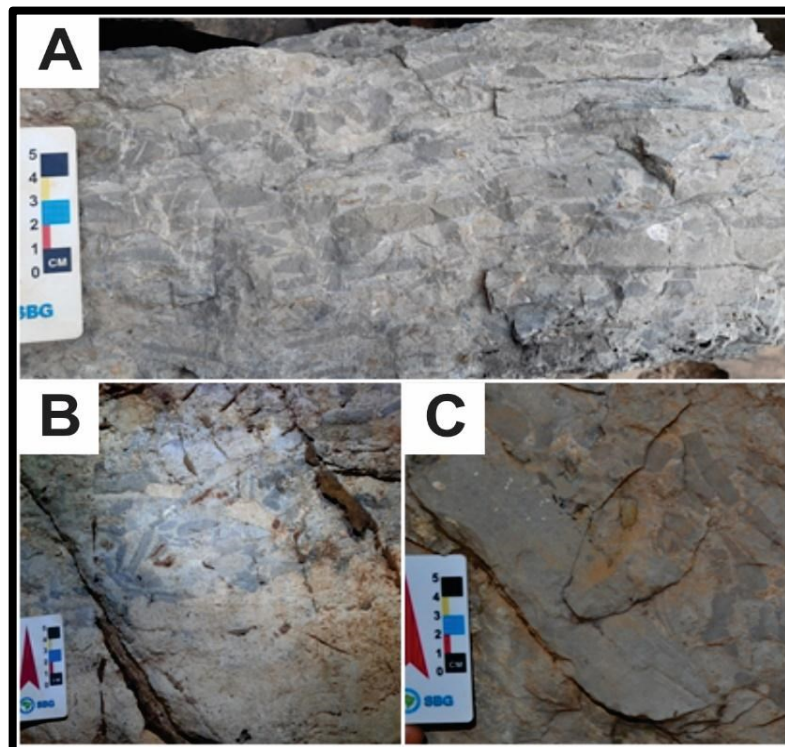
Figura 20 - Fotomicrografia (LLS-6) de estilólitos preenchidos por calcita da Lapa da Lagoa Suja: A) em luz plana; B) luz polarizada.



Fonte: O autor (2023)

A fácies brecha Intraclástica (**Bri**) ocorre nas 3 cavidades, apresentando fragmentos de dolomito laminado, maciço e clastos de dolomito estromatolítico, imersos em matriz também dolomítica. São clastos subarredondados a angulosos que possuem tamanhos variados, desde cascalhos até blocos (Fig. 21).

Figura 21 - Brechas intraclásticas: A) Brecha que ocorre na Gruta do Irapuã, com matriz cinza claro com intraclastos em tons de cinza mais escuro; B) Brecha encontrada na Lapa da Lagoa Suja, sua matriz também cinza claro, com intraclastos de tons cinza claro esbranquiçado a cinza escuro; C) Brecha da Gruta do Urubu, sua matriz se diferencia das outras pela cor, um cinza um pouco mais escuro, com clastos em tons de cinza ainda mais escuros, outro destaque dessa brecha são os tamanhos dos clastos, chegando a atingir tamanhos decimétricos.



Fonte: O autor (2023)

5.3 Interpretação de Fácies

As fácies descritas no trabalho mostram a coexistência de processos resultantes de baixa e alta energia, além de fluxos gravitacionais episódicos possivelmente gerados por tempestades, tremores e falhas durante o período de deposição desses sedimentos, ocorrendo em um ambiente predominantemente carbonático, sendo todas as fácies dolomíticas (Tabela 2).

A presença da fácies (Dlm) indica condições de muito baixa energia nas áreas localizadas no entorno do recife, geralmente em áreas protegidas, que possibilitou a deposição de pelitos e lama micrítica. Isso pode ter ocorrido devido à maior profundidade da área em relação ao recife, que possivelmente estaria protegido por barreiras de laguna (*back-reef*).

Já as fácies (DII), (Bri) e (Dmb) mostram o retrabalhamento em zonas mais próximas do recife (fácies tipo *forereef*). O contato entre a fácies (Dlm) com as demais é abrupto, e a abundância das fácies retrabalhadas pode indicar um intenso retrabalhamento recifal por ação de ondas. A fácies (Dee) representa a bioherma estromatolítica (fácies tipo recife ou *reef*), desenvolvida em ambiente com intensa atividade biológica microbiana em baixa energia.

A associação dessas fácies permite inferir que a deposição desses sedimentos, assim como a formação e desenvolvimento de edifícios estromatolíticos tenham ocorrido em uma área de recife de plataforma, podendo ser interpretada como deposições e processos de sedimentação em um ambiente marinho costeiro, compatível com o contexto já proposto para o Grupo Vazante de margem passiva (DARDENNE et al., 1998).

Tabela 2 - Tabela-resumo da análise de fácies na região da Fazenda da Barra, Coromandel-MG.

Fácies	Litologia	Estrutura/Textura sedimentar	Processos e interpretações
Dlm	Dolomito maciço (dolossiltito/dololutito)	Maciço, sem estruturas aparentes	Processo de decantação em plataforma carbonática
DII	Dolarenito com laminações	Laminações plano-paralelas; acanaladas; moderadamente bem selecionado	Retrabalhamento por processos de tração de grãos carbonáticos associados ao recife
Bri	Brecha intraclástica	Fragmentos moderadamente selecionados, angulosos a arredondados	Fluxo de detritos e retrabalhamento de fragmentos de dolarenitos, dololutitos e dolomitos laminados
Dmb	Dolomito com estruturas microbiais brechadas	Pontualmente laminado; fragmentos mal selecionados, angulosos a arredondados	Fluxo de detritos e retrabalhamento de fragmentos de dolarenitos, dololutitos estromatolíticos
Dee	Dolomito com estruturas estromatolíticas	Laminações microbiais lateralmente contínuas e colunares	Ambiente com intensa atividade microbiana

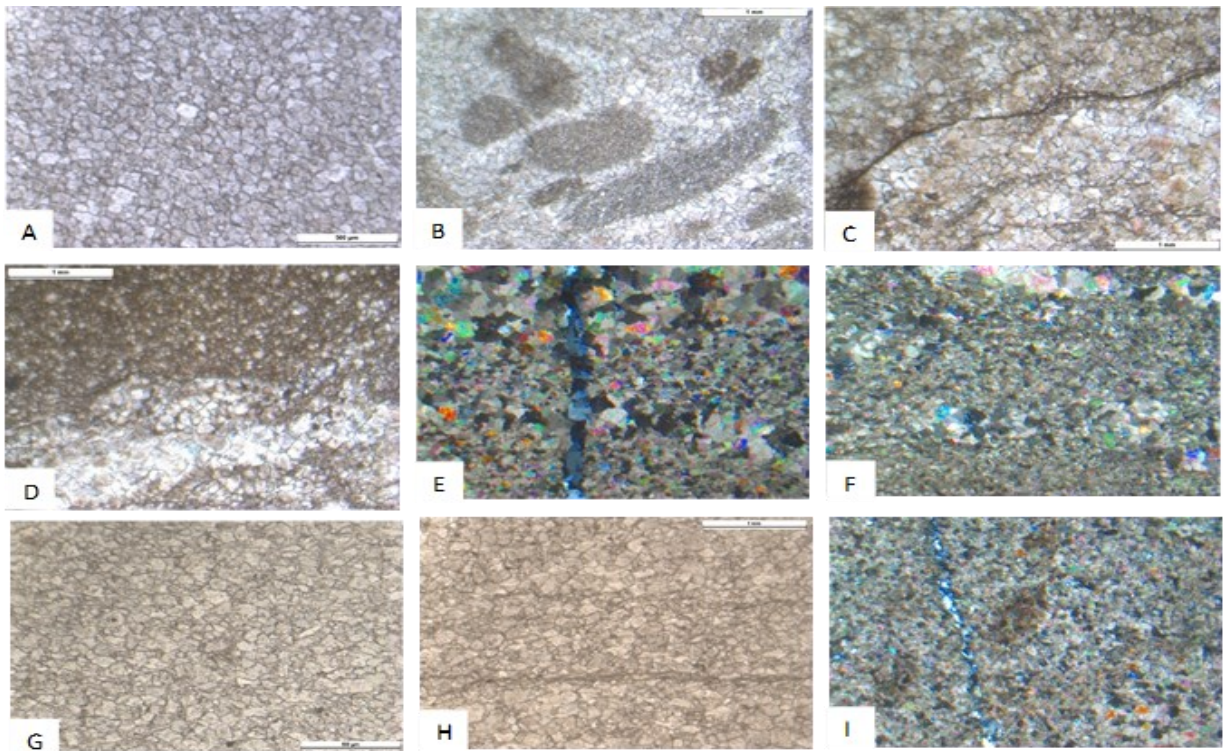
Fonte: O autor (2023)

5.4 Petrografia

Em grande parte das lâminas não foram observadas estruturas microbiais, não sendo possível fazer a observação de microtramas. No total foram confeccionadas 9 lâminas (Fig. 22).

Nas análises petrográficas, foi possível observar algumas microestruturas distintas, algumas encontradas em todas as fácies, por exemplo, as lâminas de sílica microcristalina (amostra LLS-5), além de estilólitos preenchidos com calcita (amostra LLS-3; LLS-9). Nos dolomitos com estruturas estromatolíticas (Dee), pode-se observar alternância de camadas cinza escuras e cinza mais claras, nas quais as camadas cinza escuras são constituídas principalmente por níveis de dolomita de cristalinidade variando de fina a muito fina, juntamente com grãos de quartzo de cristalinidade fina, que acompanha o plano das laminações. Já nas camadas de coloração cinza claras são compostas majoritariamente por dolomita e grãos de quartzo de cristalinidade muito fina (amostras LLS-1; LLS-2; LLS-3, LLS-5, LLS-6).

Figura 22 – Fotomicrografias das amostras retiradas da Lapa da Lagoa Suja: A) Dolossiltito sem estruturas aparentes (amostra LLS-1); B) Dolossiltito com micríta de padrão encaroçado (amostra LLS-2); C) Estilólito sub-horizontal em lâmina de dolossiltito (amostra LLS-3); D) contato entre camadas de dolossiltito e dololuto, com porção recristalizada (coloração branca) (amostra LLS-4); E) intercalação cíclica de níveis claros e escuros, caracterizando laminações microbiais, cortadas por lâmina de quartzo vertical (amostra LLS-5); F) intercalação cíclica de níveis claros e escuros, caracterizando laminações microbiais (amostra LLS-6); G) Dolarenito com aspecto maciço (amostra LLS-7); H) Dolarenito com laminação plano-paralela incipiente (amostra LLS-8); I) Dolossiltito cortado por lâmina de quartzo, também é possível observar micríta com padrão encaroçado (amostra LLS-9).



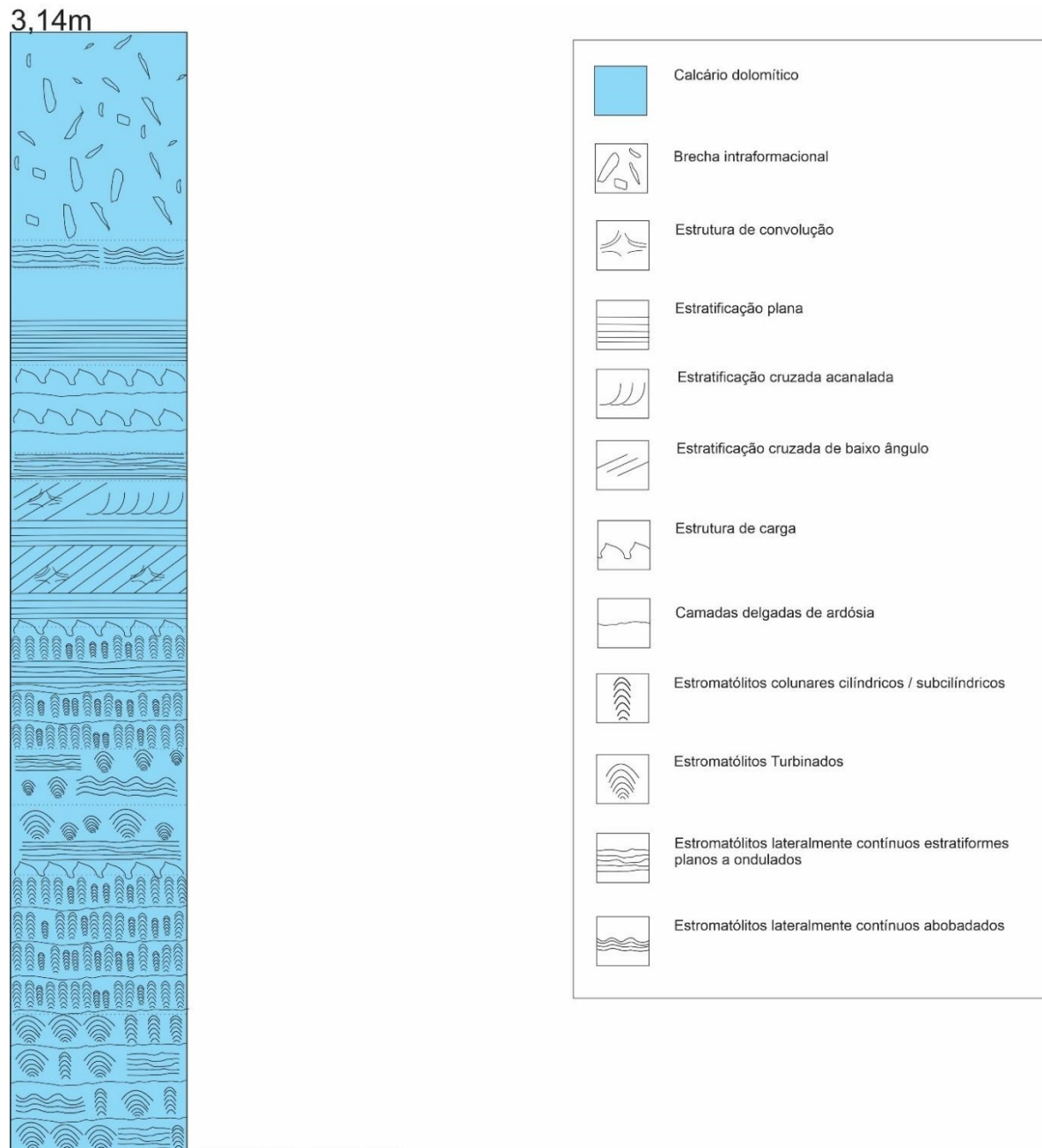
Fonte: O autor (2023)

5.5 Sessões estratigráficas

5.5.1 Sessão 1 – Gruta Lapa da Lagoa Suja

A sessão estratigráfica começa com alternância entre camadas de calcário dolomítico microbial sobrepostas por finas lâminas de ardósia, sendo que os morfotipos encontrados variam lateralmente de estratiformes ondulados a abobadados, formando pequenas colunas que tendem a turbinar no topo (Fig. 23). Logo acima, encontra-se uma camada composta por colunas estreitas e alongadas, de aspecto crenulado, e o espaço entre as colunas é extremamente reduzido, assim como o tamanho das colunas, há também morfotipos estratiformes ondulados, que se relacionam com colunas que turbinam em direção ao topo. A sessão continua novamente com colunas turbinadas que variam lateralmente com estromatólitos estratiformes ondulados e abobadados. Na camada acima, ocorrem novamente os colunares com aspecto crenulado, seguida por estromatólitos estratiformes ondulados, formando colunas posteriormente, e no topo da camada ocorrem estruturas de sobrecarga. Acima, o calcário dolomítico não apresenta evidência de laminação microbial. No entanto, nesse nível foram observadas estruturas estratificadas, aparentemente geradas por tração, formando por vezes laminações cruzadas planares de baixo ângulo e cruzadas acanaladas. Nesse pacote parecem ocorrer convoluções e porções mais perturbadas, tanto nas laminações quanto no acamamento. No topo, uma fina camada com aparentes ondulações se forma, composta por ardósia. Há também intercalação de camadas de sílica microcristalina, também chamada de *tripoli* (*sensu* RICCOMINI et al., 1997) e finas camadas de ardósia. Já no topo da sessão, há uma camada de brecha com clastos angulosos e alongados, sem orientação preferencial, caracterizada por clastos centimétricos, que se tocam com pouca frequência, em tons de cinza, normalmente mais claros do que a matriz.

Figura 23 - Sessão levantada no interior da Gruta Lapa da Lagoa Suja (LLS).



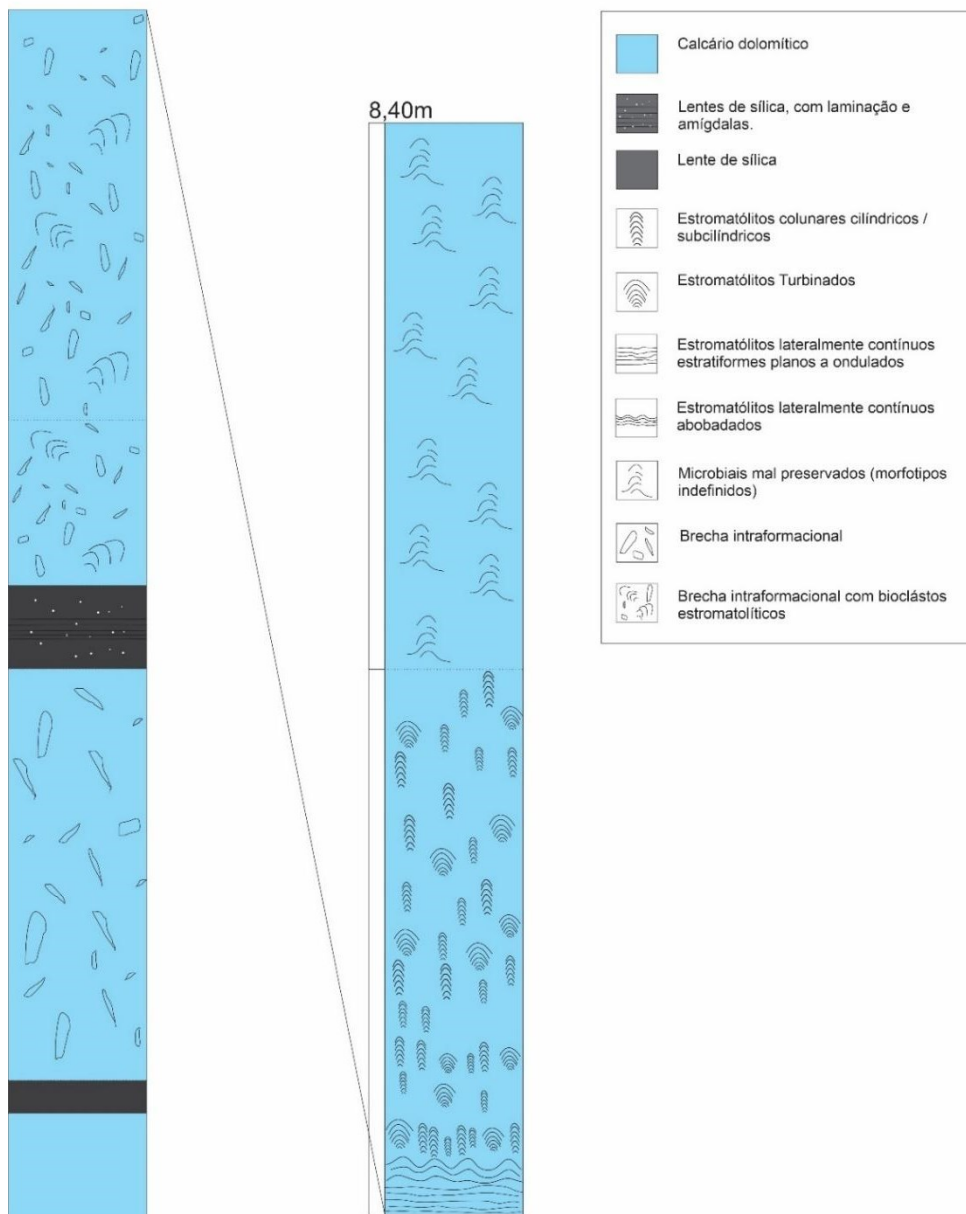
Fonte: o autor (2023).

5.5.2 Sessão 2 – Gruta do Urubu (paredes externas)

A sessão se inicia em calcário dolomítico maciço, seguido por uma fina lente de sílica amorfa de cor preta. Na sequência, ocorre uma camada de calcário dolomítico. Sotoposta a ela, uma lente de sílica amorfa, com porções laminadas e vesiculares, seguida de brecha dolomítica, com clastos polimíticos e microbialíticos, de diversas frações. O pacote acima das brechas é

composto também por calcário dolomítico, com estromatólitos espalhados de forma dispersa, de formas variadas, entre estratiformes, ondulados, abobadados e colunares, que tendem a turbinar em direção ao topo. Embora esse último pacote pareça ser espesso (passando de 2m) e contenha estromatólitos por toda sua extensão, a preservação dos morfotipos encontrados não favorece a descrição mais detalhada da sucessão. Por vezes, é possível identificar microbiais estratiformes mal preservados ocorrendo paralelamente e acima de clastos de grandes dimensões (Fig. 24).

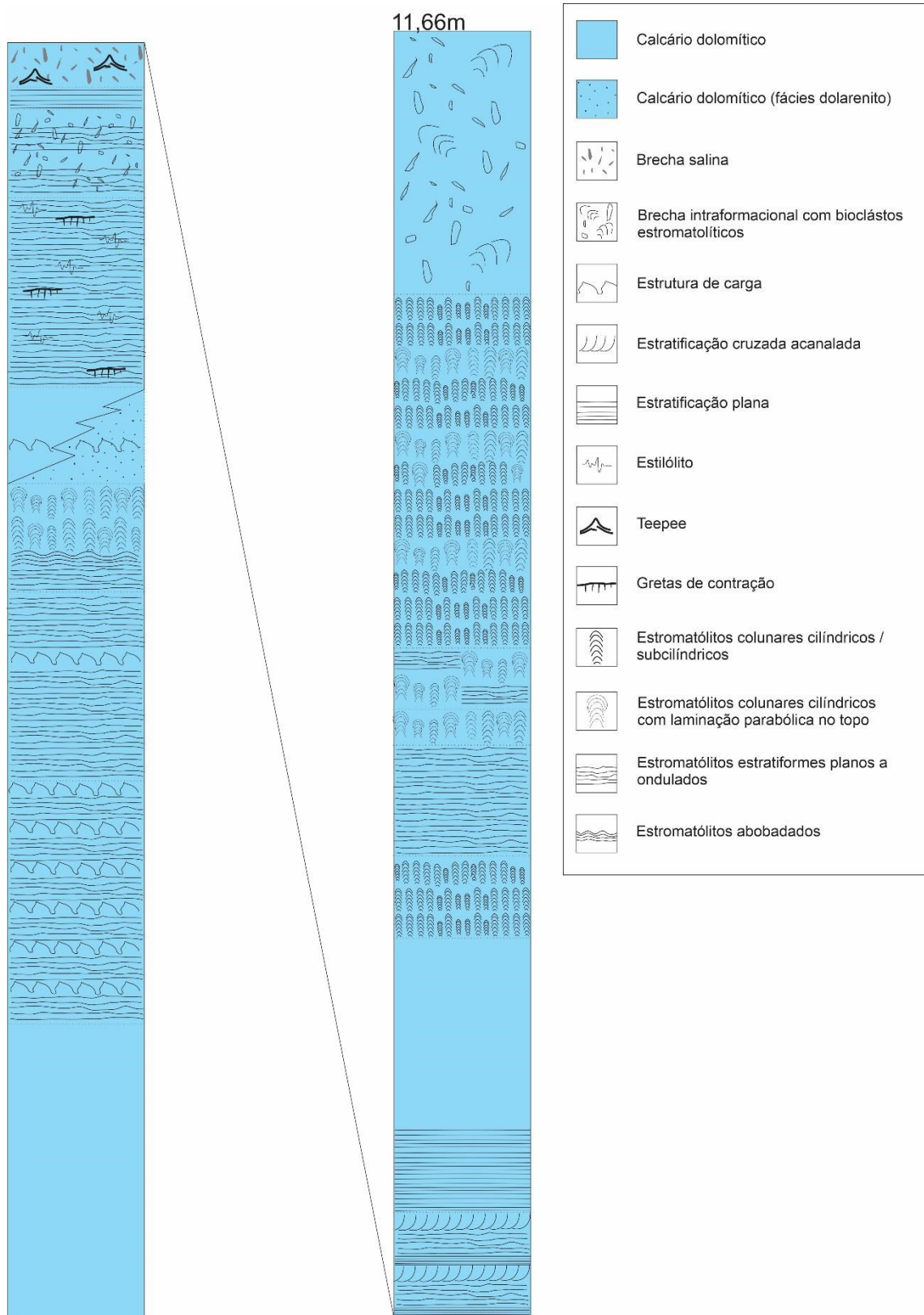
Figura 24 - Sessão levantada nas paredes exteriores da Gruta do Urubu (GU).



5.5.3 Sessão 3 – Gruta do Irapuã

A sessão obtida na parte interna da Gruta do Irapuã (Fig. 25) apresenta na base um nível espesso de calcário dolomítico, seguido por outro pacote também espesso, porém com laminações incipientes, que por vezes são perturbadas por estruturas de sobrecarga, algumas dessas laminações aparentemente são de origem microbial. Posteriormente, os estromatólitos são encontrados novamente, vão de laminados estratiformes ondulados, até formarem colunas centimétricas, subcilíndricas e algumas colunas possuem laminações parabólicas no topo. Acima dos estromatólitos, estão algumas estruturas de sobrecarga, as quais se organizam com interdigitação de fácies entre dolossiltito e uma fina camada de dolarenito. A sessão foi rebatida para a parede externa da gruta, e continua com um pacote de dolomito com laminações aparentemente microbiais com gretas de contração, seguidas de brechas intraformacionais com laminação microbial. Acima estão estromatólitos estratiformes planos seguidos de uma camada de brecha. Posteriormente estão estromatólitos ondulados que se intercalam com estratificações planas e acanaladas de baixo ângulo.

Figura 25 - Sessão levantada na Gruta do Irapuã (GI).



Fonte: o autor (2023).

5.6 Morfotipos Descritos

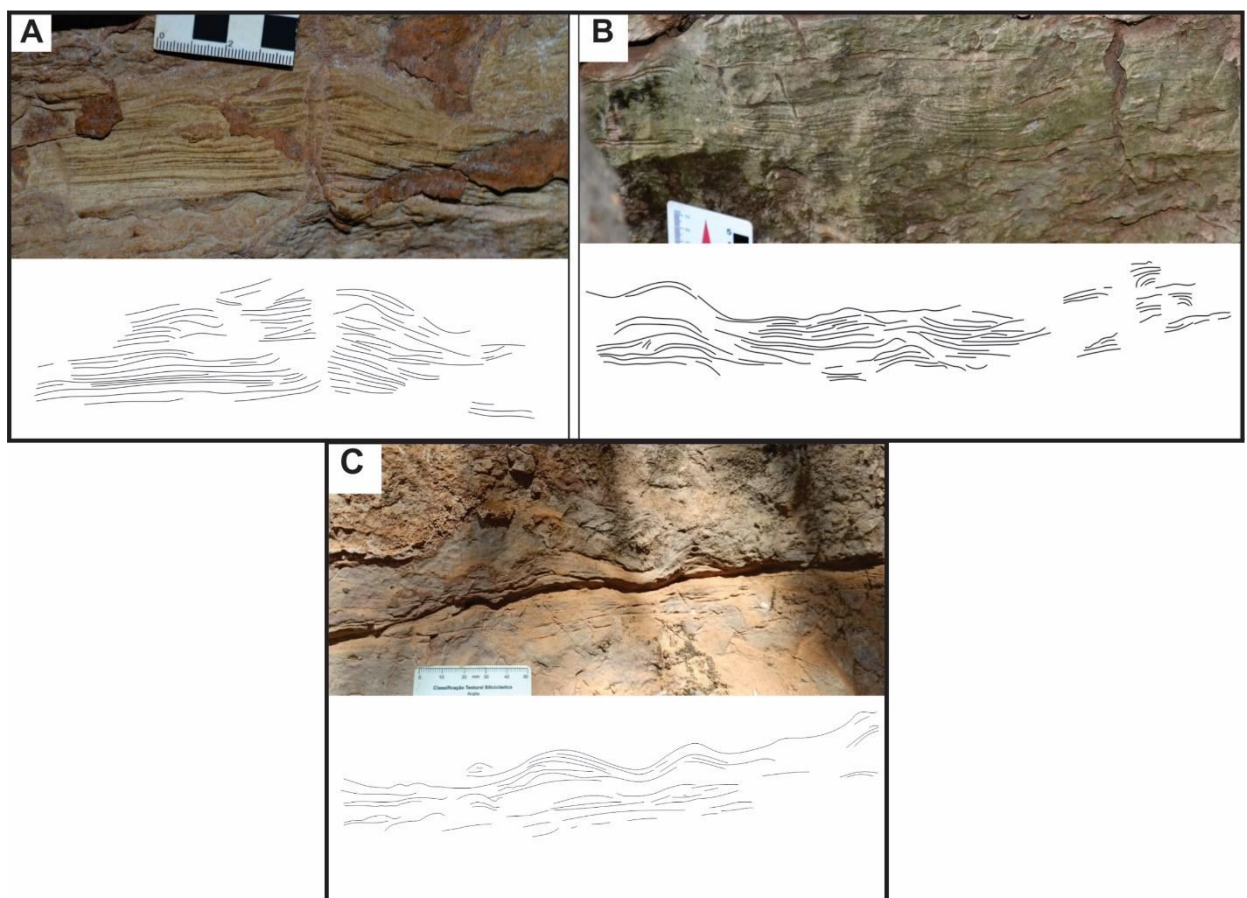
5.6.1 Estromatólitos lateralmente contínuos

Morfotipo 1 – Estromatólitos estratiformes planares a ondulados:

Os estromatólitos estratiformes planares horizontais ocorrem em todas as sessões, podendo variar entre corpos planos, de relevo sinóptico baixo (Fig. 26), tanto na vertical quanto lateralmente, de planares para ondulados, parcialmente ou completamente. Parte desses morfotipos está associada aos estromatólitos pseudocolunares ou até mesmo aos colunares. Eles formam camadas centimétricas, que podem chegar a 15 cm de espessura e podem ter laminação simétrica ou assimétrica, com grau de herança laminar moderado.

A distinção entre laminação microbial e não microbial fica prejudicada devido às condições atuais de preservação dessas estruturas em grande parte dos afloramentos.

Figura 26 - A) Estromatólitos estratiformes planos a ondulados na Lapa da Lagoa Suja; B) Morfotipo estratiforme ondulado nas paredes externas da Gruta do Urubu; C) Estromatólito ondulado na Gruta do Irapuã.

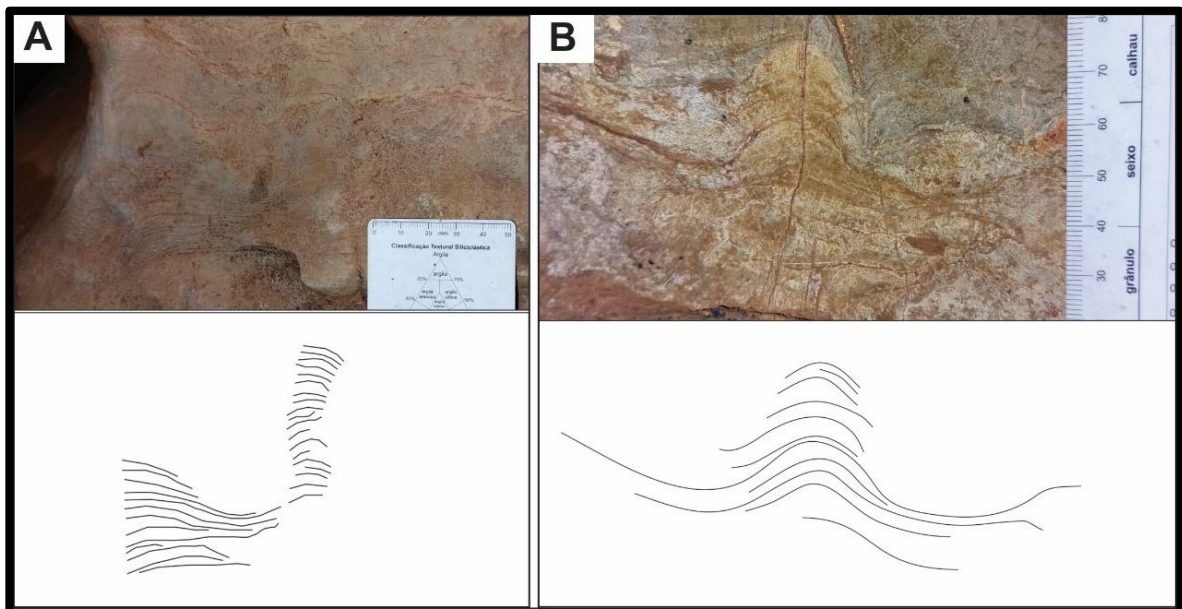


Fonte: o autor (2023).

Morfotipo 2 - Estromatólitos abobadados:

O morfotipo foi poucas vezes observado, a preservação das estruturas estava prejudicada pelo acúmulo de poeira e desgaste das laminações. Esse tipo de estromatólito, assim como os estratiformes planos e ondulados citados anteriormente, também se associam a outros tipos frequentemente, como os colunares ou pseudocolunares, apresentando laminação milimétrica, variando entre simétrica e assimétrica, com margens ligeiramente alteradas, e relevo sinóptico de pouca expressão (Fig. 27).

Figura 27 - A) morfotipo descrito na Gruta do Irapuã, associado a um morfotipo colunar; B) Morfotipo lateralmente contínuo abobadado passando para pseudocolunar registrado na Lapa da Lagoa Suja.



Fonte: o autor (2023).

5.6.2 Estromatólitos lateralmente descontínuos

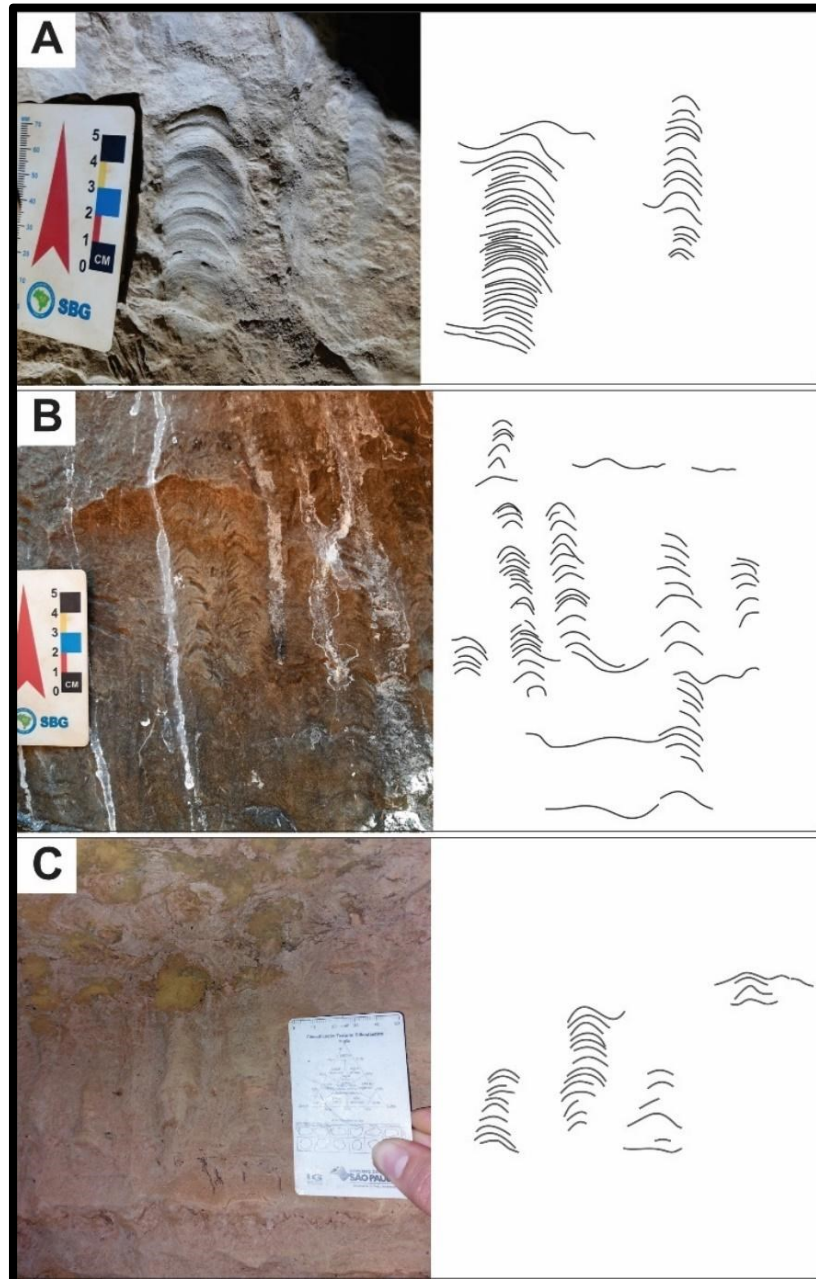
Morfotipo 3 – Estromatólitos colunares cilíndricos a subcilíndricos

Identificado em todas as sessões, os estromatólitos colunares são os mais abundantes e comuns nas cavernas e nos afloramentos visitados (Fig. 28). São colunas com alturas centimétricas, (variando de 5cm a 25cm de altura), são estreitas (entre 1cm e 5cm) e estão arranjadas paralelamente na vertical, onde raramente se encontram colunas decumbentes ou sub-verticalizadas.

O grau de herança laminar a média, podendo ser simétricas ou assimétricas, e a convexidade das laminações vai de moderado a alto, dependendo do ângulo do corte das colunas expostas. As lâminas são, em sua maioria, uniformes, com suas ornamentações externas

apresentando margens ligeiramente alteradas, onde raramente apresentam costelas ou projeções laterais, assim como pontes ou coalescências.

Figura 28 - A) Morfotipos colunares descritos nas paredes internas da Gruta do Irapuã, que em alguns momentos apresenta superposição de lâminas; B) Estromatólitos colunares encontrados na Gruta do Urubu, como se vê na imagem, algumas colunas se ligam por pequenas pontes, próximas à região de base, por vezes na porção central; C) Pequenos estromatólitos colunares descritos na Lapa da Lagoa Suja, onde as colunas se encontram muito próximas umas das outras, porém as laminações estão razoavelmente indistintas.



Fonte: o autor (2023).

Morfotipo 4 – Estromatólitos colunares turbinados

São morfotipos relativamente comuns nos afloramentos visitados, e ocorrem como colunas individuais e isoladas, raramente ligadas por pontes, que podem ser tanto nas porções internas quanto nas externas das cavidades. As colunas turbinadas apresentam margens lisas ou com costelas, as laminações são moderadamente convexas, não ornamentadas (Fig. 29).

Figura 29 - Estromatólitos turbinados, apresentando ligações por pontes na região central das colunas na parede externa da Gruta do Uburu.

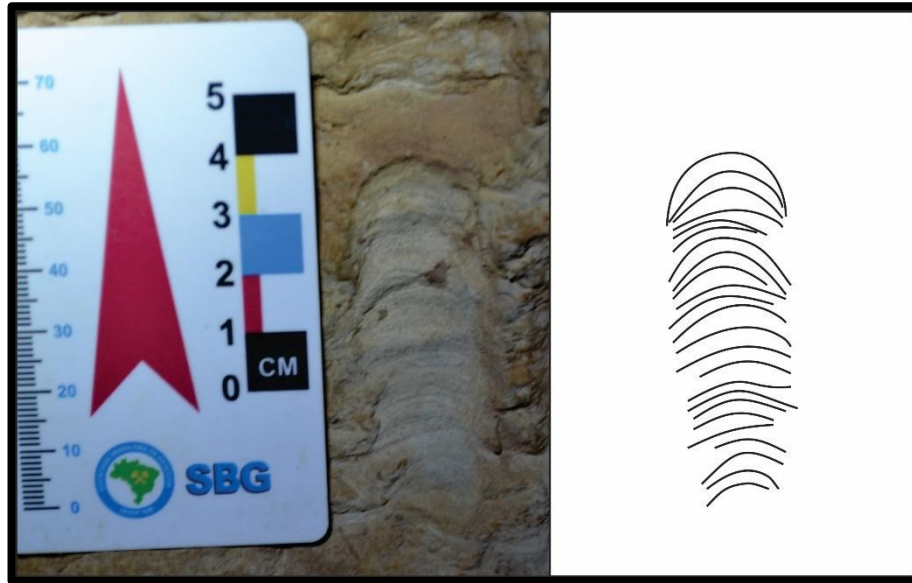


Fonte: o autor (2023).

Morfotipo 5 - Estromatólitos colunares com topo parabólico

Esse morfotipo foi descrito apenas na Gruta do Irapuã, e não são muito frequentes na sessão (Fig. 30). O grau de herança laminar é baixo, com margens apresentando costelas e laminações alteradas, hora indistintas, porém reconhecíveis. Esse morfotipo se relaciona diretamente com estromatólitos colunares cilíndricos.

Figura 30 - Estromatólito colunar com topo parabólico, encontrado na Gruta do Irapuã.

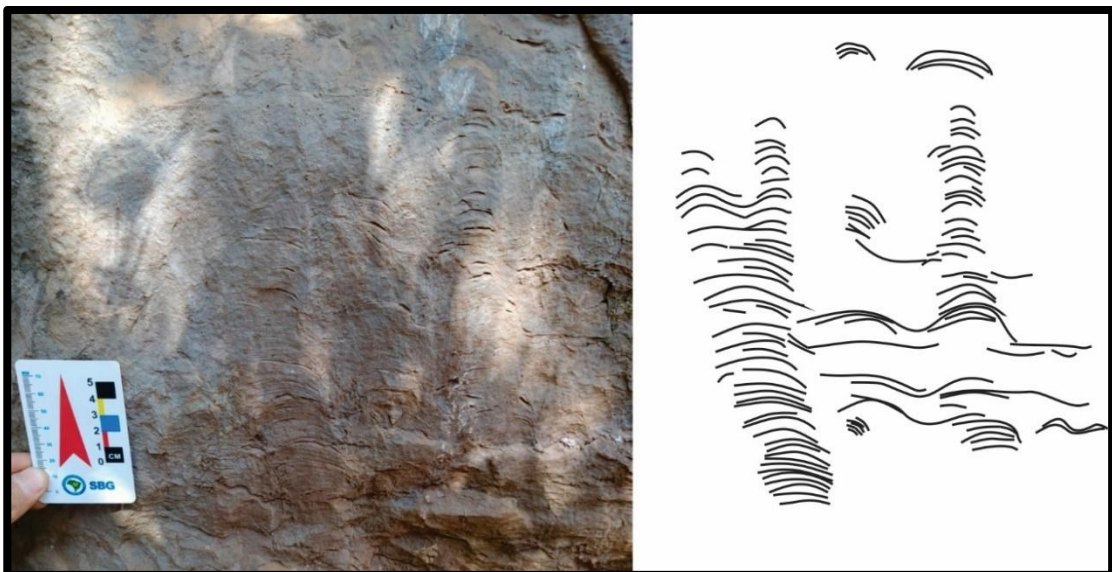


Fonte: o autor (2023).

Morfotipo 6 - Estromatólitos colunares ramificados

Ocorrem isoladamente, foram observados na base de um afloramento que se localiza na área externa da Gruta do Urubu. Os estromatólitos ramificados (Fig. 31) não foram descritos em nenhuma das sessões levantadas, por ser um morfotipos encontrado pontualmente, porém, foi observado que ele se desenvolve em meio aos colunares.

Figura 31 - Colunas estromatolíticas com ramificação bifurcada simples, aparentemente paralela, localizado nas paredes externas da Gruta do Urubu.



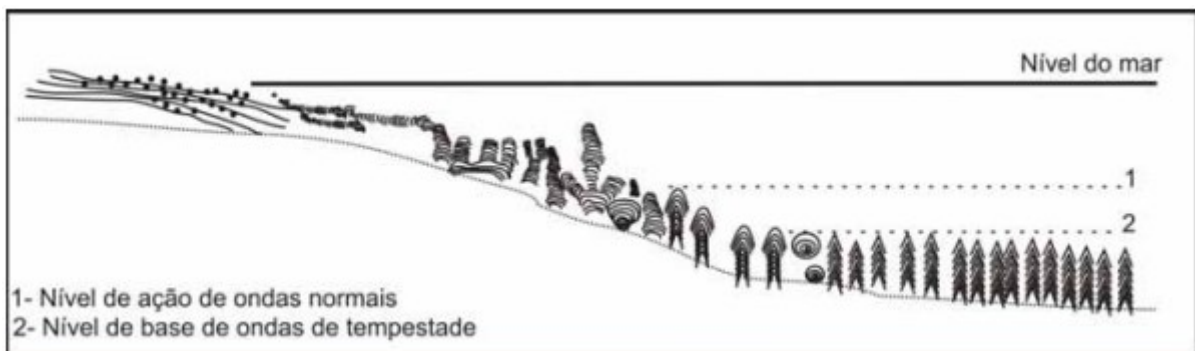
Fonte: o autor (2023).

6 DISCUSSÃO

O estudo realizado dos estromatólitos da Formação Lagamar na Fazenda da Barra reconheceu seis morfotipos estromatolíticos distintos, variando suas formas, dimensões e laminações e posição batimétrica sendo eles: os lateralmente contínuos, que abarcam os estratiformes planares a ondulados e abobadados; lateralmente descontínuos, que são os colunares cilíndricos a subcilíndricos, colunares turbinados, colunares com topo parabólico e os colunares ramificados. No caso do morfotipo ramificado, ele não foi descrito em nenhuma das sessões, apesar de estar presente em uma das paredes da área externa da Gruta do Urubu.

Segundo HOFFMAN (1976), é possível inferir que os estromatólitos estratiformes e abobados se desenvolveram em ambientes consideravelmente mais rasos, nas zonas de supramaré e transição para intermaré, com exposições subaéreas esporádicas. Conforme o aumento gradual da profundidade, os estromatólitos passavam de formas estratiformes para formas ramificadas ou dômicas (Fig. 32) (FAVORETO, 2011).

Figura 32 - Variação de morfotipos em relação ao nível de profundidade da água em ambiente de rampa.

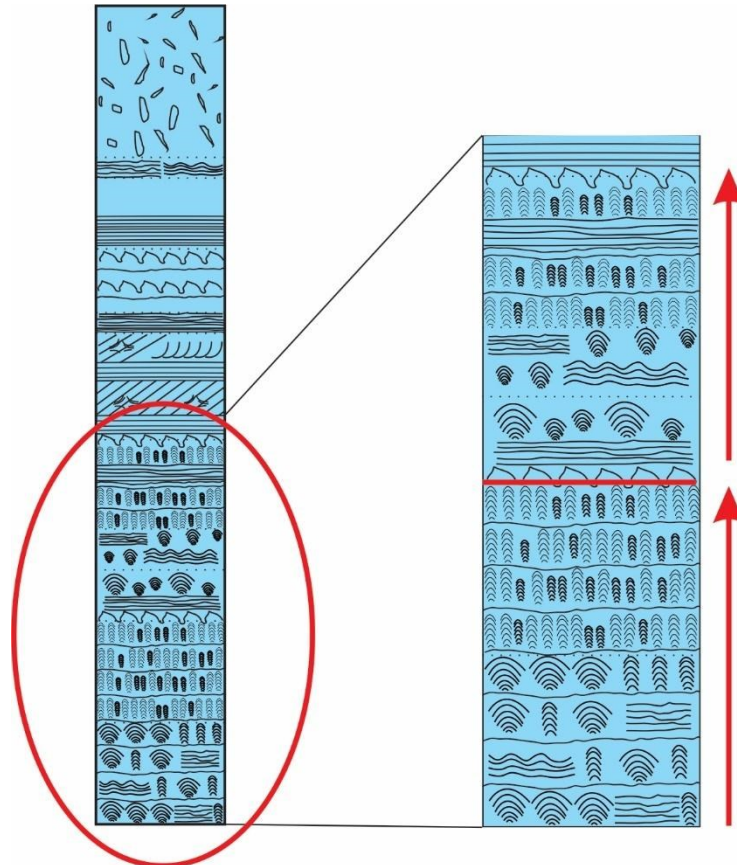


Fonte: Favoreto (2011).

Já em maiores profundidades, zonas de intermaré e laguna de inframaré, os estromatólitos colunares turbinados, se desenvolviam progressivamente para estromatólitos colunares cilíndricos a subcilíndricos, chegando a estromatólitos colunares com laminações parabólicas, o que indicariam profundidades métricas (<10m), devido ao aumento de microrganismos (bactérias/cianobactérias) no topo da estrutura em busca da incidência da luz solar. Essa relação se repete, com a alternância de morfotipos de águas extremamente rasas e morfotipos de águas mais profundas. Já as relações e mudanças laterais, poderiam resultar de alterações pontuais no ambiente, como pequenas poças ou lombadas, ou mesmo com espaços

laterais sendo preenchidos por morfotipos distintos conforme a mudança do ambiente. Esse ciclo pode ser observado na sessão levantada na Lapa da Lagoa Suja (Fig. 33).

Figura 33 - Ciclo de aprofundamento na sessão da Lapa da Lagoa Suja, onde os estromatólitos estratiformes posicionados na coluna indicam ambiente raso, mudando sua forma para colunares turbinados, e posteriormente colunares cilíndricos a subcilíndricos.



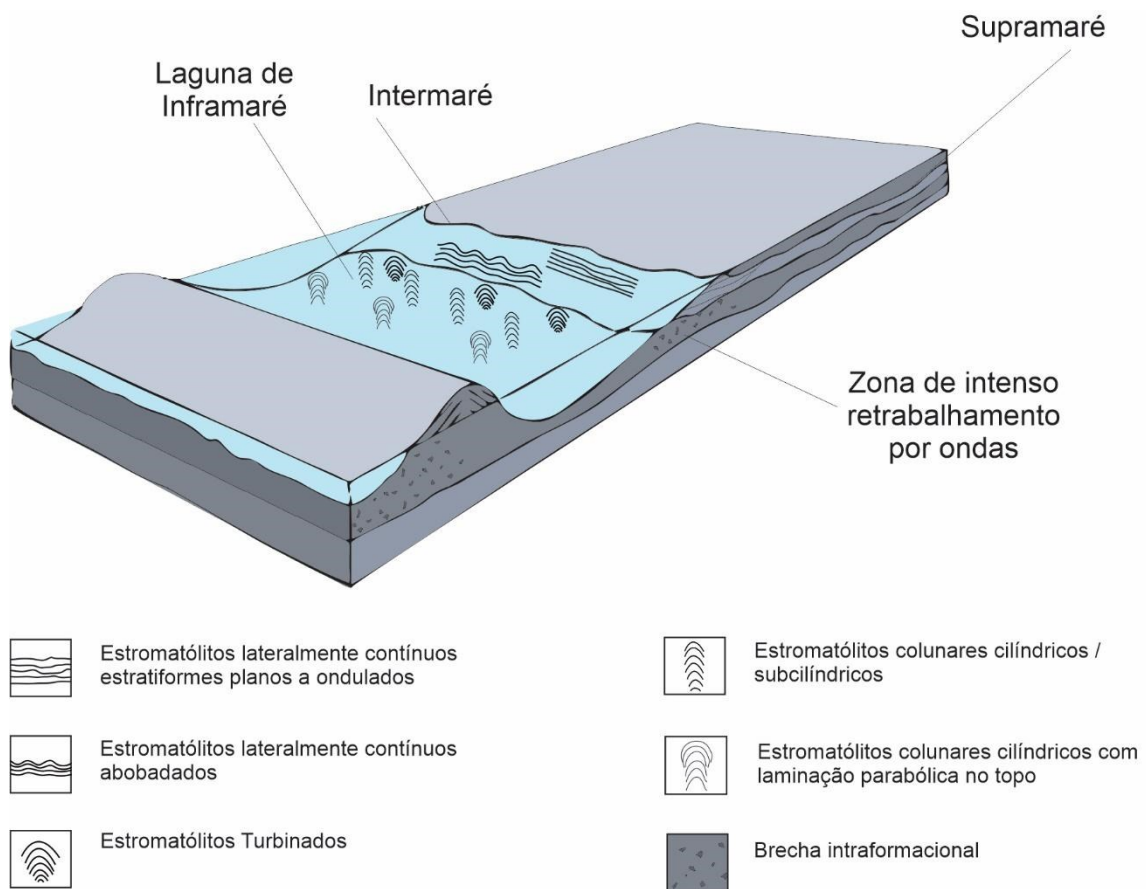
Fonte: o autor (2023).

O estudo da área indica deposição em ambiente peritidal, parcialmente protegido da ação das ondas e de águas relativamente rasas (Fig. 34). A variação de morfotipos evidencia variações de condições mais rasas e mais profundas em porções proximais.

Com base nos trabalhos de DARDENNE (2005) e FAVORETO (2011), em comparação com os dados obtidos no presente trabalho, é possível inferir que a porção localizada mais a norte (aproximadamente 70 km), no município de Lagamar estaria em condições de maior profundidade ou mesmo fisiograficamente distinta de Coromandel. Esses autores descreveram estromatólitos com laminações cilindro-cônicas do gênero *Conophyton* sp. na base de cada ciclo, interpretados como típicos de porções mais profundas dentro da batimetria característica desses estromatólitos. Nesse contexto, portanto, os pacotes contendo os estromatólitos estariam associados a ciclos de raseamento. Os dados deste trabalho para a porção extremo sul da

unidade, no município de Coromandel, complementam o cenário paleoambiental da Formação Lagamar do Grupo Vazante. Nas porções mais meridionais, no entanto, os morfotipos apontam para tendências de maior turbulência e energia na base e condições mais calmas para o topo, mas em contexto de águas mais rasas em relação à Lagamar, devido à dinâmica de mudança dos morfotipos para o topo e a ausência dos morfotipos coniformes encerrando cada ciclo (Fig. 34).

Figura 34 - Modelo deposicional da Formação Lagamar na Fazenda da Barra e localização dos morfotipos.



Fonte: o autor (2023).

Essa dinâmica de precipitação era alternada por eventos de retrabalhamento associados possivelmente a tempestade ou outro agente de maior energia, como indicado pela presença das estruturas de sobrecarga nos níveis inferiores dos estromatólitos, que parecem variar lateralmente para brechas intraclásticas. A presença de colunas únicas e de topo parabólico no topo dos pacotes pode indicar ciclos de aprofundamento para o topo, em contraste ao proposto

por FAVORETO et al. (2011) para as porções mais a norte, em Lagamar. No entanto, essa diferença, e considerando as dificuldades de levantamento de seção em afloramentos em Lagamar (observação pessoal), pode refletir variações laterais e mudança na fisiografia em cada pacote de formação dos estromatólitos. Além disso, a dificuldade de controle estrutural das seções, também pode significar que Coromandel e Lagamar estejam em níveis estratigráficos distintos e representem momentos deposicionais diferentes do Grupo Vazante. Nesse cenário, Coromandel representaria condições mais basais, com tendência de aprofundamento, enquanto Lagamar representaria um nível estratigráfico posterior, completando a tendência de raseamento para um ciclo total de aprofundamento (Coromandel)-raseamento (Lagamar).

7 CONCLUSÕES

- I. As cavernas podem ser ótima fonte de dados para o estudo paleontológico no caso de fósseis preservados na rocha submetida aos processos cársticos. Rochas carbonáticas tendem a se dissolver mais rapidamente quando expostas ao intemperismo e este processo pode ocorrer de forma mais delicada dentro do ambiente cavernícola. Portanto, fósseis da rocha-mãe carbonática podem ser revelados e preservados em maior qualidade em comparação com aqueles do afloramento externo;
- II. No caso do Grupo Vazante, que possui grande complexidade estrutural por conta de eventos associados ao Ciclo Brasileiro, os estromatólitos podem ser utilizados para estudos mais detalhados com base nas seções estratigráficas. No entanto, o controle estrutural é importante para a correlação lateral no caso de cavernas próximas;
- III. Os morfotipos da Formação Lagamar em Coromandel, ocorrência mais meridional do Grupo Vazante, apresentam-se principalmente como estratiformes e turbinados que gradam para colunares de topo parabólico. Esse padrão, juntamente com a ausência de estromatólitos coniformes sugere que as condições eram mais rasas que em Lagamar, região mais ao norte;
- IV. A sucessão dos morfotipos estromatolíticos da Formação Lagamar em Coromandel, em comparação com as ocorrências de Lagamar, podem significar que as duas regiões representem níveis estratigráficos distintos dentro do Grupo Vazante.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA F.F.M. *Collenia itapevensis* sp.n (um fóssil pré-cambriano do Estado do Paraná). São Paulo, Geologia, v.45; n.1, pp. 89-106. 1944.
- ALMEIDA, F.F.M. 1967. Origem e evolução da Plataforma Brasileira. Rio de Janeiro, DNPM/DGM, Bol. 241, 36 p.
- ALMEIDA F. F. M. O Cráton São Francisco. *Revista Brasileira de Geociências*, vol. 7, pp. 349-364. 1977.
- ALMEIDA, F.F.M., Hasui Y., Brito Neves B.B. & Fuck R. A. 1981. Brazilian structural provinces: an introduction. *Earth-Sci. Reviews*, 17:1-21.
- AULER AS, FARRANT AR (1996) A brief introduction to karst and caves in Brazil. *Proc Univ Bristol Spelaeol Soc* 20(03):187–200.
- AZMY, K., KAUFMAN, A.J., MISI, A., OLIVEIRA, T.F., 2006. Isotope stratigraphy of the Lapa Formation, São Francisco Basin, Brazil: implications for Late Neoproterozoic glacial events in South America. *Precambrian Research* 3–4, 231–248.
- AZMY, K., KENDALL, B., CREASER, R.A., HEAMAN, L., OLIVEIRA, T.F., 2008. Global correlation of the Vazante Group, São Francisco Basin, Brazil: Re–Os and U–Pb radiometric age constraints. *Precambrian Research* 164 (3–4), 160–172.
- BABINSKI, M., MONTEIRO, L.V.S., FETTER, A.H., BETTENCOURT, J.S., OLIVEIRA, T.F., 2005. Isotope geochemistry of the mafic dikes from the Vazante nonsulfide zinc deposit, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences* 18 (2005), 293–304.
- BERGMANN, M. & FAIRCHILD, T.R. Estromatólitos no Grupo São Roque, Proterozóico Superior, região de Pirapora do Bom Jesus, Estado de São Paulo. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 57, p. 117. 1985.
- BURNE, R.V. & MOORE, L.S. Microbialites: organosedimentary deposits of benthic communities. *Palaios*, v. 2, p. 241-254. 1987.
- CAMPOS NETO, M.C. 1984. Litoestratigrafia, relações estratigráficas e evolução paleogeográfica dos grupos Canastra e Paranoá (Região de Vazante-Lagamar, MG). *Rev. Bras. Geociências*, 14 (2):81-91.
- CARVALHO M.O., VALERIANO C.M., NETO C.C.A., OLIVEIRA G.D., HEILBRON M. 2019. The Vazante and Canastra groups revisited: Sm-Nd and Sr isotopes — evidence for contribution from Tonian intraplate magmatism during passive margin development along the SW São Francisco margin, Brazil. *Brazilian Journal Geology*, 49(1), e20180081.
- CASSEDANNE, J.P. & CASSEDANNE, J.O. Les stromatolites globuleux de la Fazenda Serra Virgem (Minas Gerais). *Revista Brasileira de Geociências*, v. 8, p. 219-234. 1978.

CAZARIN CL, BEZERRA FHR, BORGHI L, SANTOS RV, FAVORETO J, BROD JA, AULER AS, SRIVASTAVA NK (2019) The conduit-seal system of hypogene karst in neoproterozoic carbonates in northeastern Brazil. *Mar Pet Geol* 101:90–107.

CECAV (2019) Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas. CANIE, ICMBIO.
CLOUD, P. & DARDENNE, M. Proterozoic age of the Bambui Group in Brazil. *Geological Society of America Bulletin*, 84: 1673-1676. 1973.

CLOUD, PRESTON, AND SEMIKHATOV, M. A., 1969, Proterozoic stromatolite zonation: *Am. Jour. Sci.*, v. 267, p. 1017-1061.

DARDENNE, M.A 1972. Os recifes algais da região de Vazante (Minas Gerais, Brasil). *In: SBG (ed.), Boletim de Resumos do 26º Congresso Brasileiro de Geologia, Belém, SBG, pp 247–248.*

DARDENNE, M.A. 1997. Geologia da barita. *In: Schobbenhaus C., Queiroz E.T. e Coelho, C.E.S. (Coords.). Principais Depósitos Minerais do Brasil. Brasília, DNPM, v. IV-B, p. 215-223.*

DARDENNE, M.A., FREITAS-SILVA, F.H., SOUZA, J.C.F., CAMPOS, J.E.G., 1998. Evolução tectonosedimentar do Grupo Vazante no contexto da Faixa de Dobramentos Brasília. *Congresso Brasileiro Geologia, 40. Resumos, SBG, Belo Horizonte, p. 26.*

DARDENNE, M.A. 2000. The Brasília Fold Belt. *In Cordani U.G.,Milani E.J.,Thomaz Filho A.,Campos D.A.(Edts.), Tectonic Evolution of South America,31 Int. Geol Congress Rio de Janeiro Brazil 2000, p.231-264.*

DARDENNE, M.A., 2001. Lithostratigraphic sedimentary sequences of the Vazante Group. *IGCP 450 Proterozoic sediment-hosted base metal deposits of western Gondwana (Abstr.), Belo Horizonte, Brazil, pp. 48–50.*

DARDENNE, M.A. 2005. Conophyton de Cabeludo, Grupo Vazante, MG - Construções dolomíticas por ciano-bactérias no Proterozóico. *In: Winge,M.; Schobbenhaus,C.; Berbert-Born,M.; Queiroz,E.T.; Campos,D.A.; Souza,C.R.G.; Fernandes,A.C.S. (Edit.) Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil. Publicado na Internet em 3/8/2005.*

DARDENNE, M. A.; CAMPOS NETO, M.C.; CAMPOS, J.E.G. 2009. Estromatólitos Colunares no Sumidouro do Córrego Carrapato, Lagamar, MG. *In: Sítios Paleontológicos do Brasil. STGEP 074. p. 311-320.*

DOS REIS, P.V.M.; RODRIGUES, R.R.; FERREIRA, A.C.; IBRAHIM, L.; QUAGLIO, F. Classificação do grau de dificuldade da Gruta do Ronan I, Coromandel – MG. *In: Boletim de resumos do 35º Congresso Brasileiro de Espeleologia, Bonito – MS, p. 214–216, 2019.*

FAIRCHILD, T.R. Conophyton and other columnar stromatolites from the Upper Precambrian Açungui Group near Itapeva, SP, Brazil. *I Simpósio Regional de Geologia, São Paulo, SP, Atas, p. 179-198. 1977.*

FAIRCHILD, T.R. New stromatolites from the Upper Precambrian Açungui Group, eastern Paraná, Brazil, and their potential stratigraphic use. *Boletim IG, Instituto de Geociências, USP*, v. 13, p. 43-50. 1982.

FAIRCHILD, THOMAS R. E ROHN, ROSEMARIE E DIAS-BRITO, DIMAS. Atlas de microbialitos do Brasil. - 2015, Anais. São Paulo: Sociedade Brasileira de Geologia. Núcleo São Paulo, 2015.

FAVORETO, J. Sucessão estratigráfica e paleoambientes dos microbialitos proterozoicos do membro sumidouro, formação lagamar, grupo Vazante, na fazenda Sumaré, em Lagamar-MG / Julia Favoreto. - Rio Claro: [s.n.], 2011.

FUCK R.A., JARDIM DE SÁ E.F., PIMENTEL M.M., DARDENNE, M.A., PEDROSA-SOARES A.C. 1993. As faixas de dobramentos marginais do Cráton do São Francisco: síntese dos conhecimentos. In: Dominguez J.M.L. e Misi A. (Eds.). O Cráton do São Francisco. Salvador, SBG/SGM/CNPq, p. 165-181.

FUCK, R.A., PIMENTEL, M. M., SILVA, J.H.D., 1994. Compartimentação tectônica na porção oriental da Província Tocantins. In: 38 Congresso Brasileiro de Geologia, Camboriu-Sociedade Brasileira de Geologia, Anais 1, pp. 215–216.

GAPE. GRUPO ALTO PARANAÍBA DE ESPELEOLOGIA. Relatório de Atividades Anual 2019. Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Geografia, Monte Carmelo-MG, 2019.

GEBOY, NJ, KAUFMAN, AJ, WALKER, RJ, MISI, A., OLIVEIRA, TF, MILLER, KE, AZMY, K., KENDALL, B., POUTON, SW, 2013. Re-Os Restrições de idade e novas observações de depósitos glaciais no Mesoproterozóico Grupo Vazante Brasil. *Res. Pré-cambriano*. 238, 199-213.

GILLIESON DS (1996) *Caves, processes, development, management*. Blackwell publishers, Malden.

GUIMARÃES, E.M. & DARDENNE, M.A. 1994. Proterozoic stromatolites from Cabeceiras, Goiás, Brazil. In: International Sedimentological Congress 14., Recife, Brazil. *Internat. Assoc. Sedimentol., Abstracts*.pp. G38-G39.

GUIMARÃES, S. B.; REIS NETO, J. M.; SIQUEIRA, R. B.. Caracterização dos estromatólitos da Formação Capiru (Proterozóico) nas regiões de Morro Azul e Morro Grande, leste do Estado do Paraná. *Boletim Paranaense de Geociências, Curitiba*, v. 51, p. 77-88, 2002.

HOFMANN, H.J. 1969. *Attributes of stromatolites*. Geological Survey Canadian Paper. 69 - 39, 58.

HOFMANN, H.J. Stromatolite morphogenesis in Shark Bay, Western Australia. In: WALTER, M. R. (ed.) *Developments in sedimentology*. Elsevier Scientific Publishing Company, New York, p. 261-271. 1976.

JUSHACKS, L. Fácies, estruturas biogênicas e modelos deposicionais dos Metadolomitos da Formação Capiru – Grupo Açungui, Neoproterozoico do Paraná. Dissertação (Mestrado em

Geologia) – Programa de pós-graduação em Geologia, Universidade Federal do Paraná, 100p. 2006.

KLIMCHOUK A, AULER AS, BEZERRA FHR, CAZARIN CL, BALSAMO F, DUBLYANSKY Y (2016) Hypogenic origin, geologic controls and functional organization of a giant cave system in Precambrian carbonates, Brazil. *Geomorp (Amst)* 253:385–4.

KOMAR, V.A., RAABEN, M.E. & SEMIKHATOV, MA (1965): Conophytions in the Riphean of the USSR and their stratigraphic importance. - *Akad. Nauk. SSSR., Geol. Inst. Trudy*, v. 131: 72 p.

LARANJEIRA, N.P., 1992. A plataforma mista de siliciclásticos e carbonatos do Grupo Paranoá na região de Unaí, Minas Gerais. MSc Thesis, University of Brasília, Brazil, 167 pp.

MADALOSSO, A., VALLE, C.R.O., 1978. Considerações sobre a estratigrafia e sedimentologia do Grupo Bambuí na região de Paracatu-Morro Agudo (MG). *Congresso Brasileiro de Geologia* 30, 622–631.

MADALOSSO, A., 1980. Considerações sobre a paleogeografia do Grupo Bambuí na região de Paracatu — Morro Agudo (MG). *31º Congresso Brasileiro de Geologia, Anais*, 2, pp. 772–785.

MARCHESE, H.G. Estromatolitos „Gymnosolenidos“ en el lado oriental de Minas Gerais, Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 4, p. 257-271. 1974.

MARINI, O.J. & BÓRIO, N.J. Estromatólitos em dolomitos do Grupo Açungui. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 43, n.1, p. 161-175. 1971.

MISI, A., IYER, S.S., COELHO, C.E.S., TASSINARI, C.C.G., FRANCA-ROCHA, W.J.S., CUNHA, I.A., GOMES, A.S.R., OLIVEIRA, T.F., TEIXEIRA, J.B.G., FILHO, V.M., 2005. Sediment hosted lead–zinc deposits of the Neoproterozoic Bambuí Group and correlative sequences, São Francisco Craton, Brazil: a review and a possible metallogenic evolution model. *Ore Geology Reviews* 26, 263–304.

MISI, A., AZMY, K., KAUFMAN, A.J., OLIVEIRA, T.F., PINHO, J.M., SANCHES, A.L., 2011a. High resolution chemostratigraphy and Re–Os ages of organic shales of the Vazante Group (Minas Gerais, Brazil): implications for mineral exploration modelling. *XIV Congresso Latino-Americano de Geologia, Medellin. Memorias*, vol. 1, pp. 410–411.

MOERI, E., 1972. On a columnar stromatolite in the Precambrian Bambuí Group of central Brazil. *Eclogae Geologicae Helvetica* 65, 185–195.

NOGUEIRA, G.S.M. 1993. Enquadramento litoestratigráfico, sedimentologia e evolução geoquímica do depósito fossilífero de Lagamar (MG), Formação Vazante. MSc Thesis, University of Brasília, 165 pp.

OLIVEIRA, L.C.; SILVA, M.M; QUAGLIO, F. Estromatólitos colunares de Coromandel-MG. In: *Boletim de resumos do 26º Congresso Brasileiro de Paleontologia, Uberlândia – MG*, p. 250-251, 2019.

PIMENTEL, M.M., FUCK, R.A., BOTELHO, N.F., 1999. Granites and the geodynamic history of the Brasília Belt, central Brazil: a review. *Lithos* 46, 463–483.

PIMENTEL, M.M., DARDENNE, M.A., FUCK, R.A., VIANA, M.G., JUNGES, S.L., FISCHER, D.P., SEER, H., DANTAS, E.L., 2001. Nd Isotopes and the Provenance of Detrital Sediments of the Neoproterozoic Brasília Belt, Central Brazil. *Journal of South American Earth Sciences* 14 (6), 571–585.

PIMENTEL, M.M. & FUCK, R.A. 1992. Neoproterozoic crustal accretion in Central Brazil. *Geology*, 20(4):375-379.

QUAGLIO, F.; MARINHO, T. & GRUPO ALTO PARANAÍBA DE ESPELEOLOGIA. Roteiro para a excursão: Riquezas espeleológicas do Alto Paranaíba e estromatólitos associados. In: XXVI Congresso Brasileiro de Paleontologia. Roteiro de excursões, 2019.

RICCOMINI, C.; SANT'ANNA, L.G. & COIMBRA, A. M. 1997. Sílica microcristalina (trípoli) em rochas sedimentares permianas do flanco leste da Bacia do Paraná, Estado de São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Geociências* 27(4): 395-402.

RAABEN, M.E. 1969. Columnar stromatolites and Late Precambrian stratigraphy. *Am. J. Sci.*, 267/1:1-18.

RIBERA C, ELVERICI M, KUNT KB, ÖZKÜTÜK RS (2014) *Typhlonesticus gocmeni* sp n, a new cave-dwelling blind spider species from the Aegean region of Turkey (Araneae, Nesticidae). *ZooKeys* 419:87– 102.

RIDING R (2000) Microbial carbonates: the geological record of calcified bacterial-algal mats and biofilms. *Sedimentology* 47(Suppl 1): 179–214

RIDING, R. Microbialites, Stromatolites, and Thrombolites. In: Reitner, J., Thiel, V. (eds) *Encyclopedia of Geobiology*. *Encyclopedia of Earth Sciences Series*. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9212-1_196, 2011.

RODRIGUES, J.B.; PIMENTEL, M.M.; BUHN B.; MATTEINI M.; DARDENNE, M.A.; ALVARENGA, C.J.S. & ARMSTRONG. R.A. Provenance of the Vazante Group: New U–Pb, Sm–Nd, Lu–Hf isotopic data and implications for the tectonic evolution of the Neoproterozoic Brasília Belt. *Gondwana Research* 21: 439–450, 2012.

RODRIGUES, R.R.; IBRAHIM, L.; SILVA, M.M.; DOS REIS, P.V.M.; QUAGLIO, F. Proposta de utilização da Lei SNUC para valorização e preservação da Gruta do Ronan I, localizada em Coromandel – MG. In: *Boletim de resumos do 35º Congresso Brasileiro de Espeleologia*, Bonito – MS, p. 342-345, 2019.

RUBBIOLI EL, AULER AS, MENIN D, BRANDI R (2019) *Cavernas*. Atlas do Brasil Subterrâneo, 1rd edn. IABS, Brasília.

SALLUN FILHO, W.; FAIRCHILD, T.R.; BOGGIANI, P.C. Fósseis do Grupo Corumbá (Neoproterozóico), na Fazenda Ressaca, Serra da Bodoquena, Bonito (MS). *XV Congresso Brasileiro de Paleontologia*, São Pedro, SP, Resumos, p. 174. 1997.

SALLUN FILHO, W. Análise dos estromatólitos do Grupo Itaiacoca (Proterozóico), ao sul de Itapeva, SP. Programa de Pós-graduação em Geologia, Universidade Federal de São Paulo, Dissertação de Mestrado, 176p. 1999.

SALLUN FILHO, W. & FAIRCHILD, T.R. 2004. Estromatólitos do Grupo Itaiacoca ao sul de Itapeva, Estado de São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira da Paleontologia*, 7(3): 359-370.

SALLUN FILHO, W. & FAIRCHILD, T.R. 2005. Estudo Comparativo entre Estromatólitos do tipo Conophyton das Faixas Ribeira e Brasília. *Revista do Instituto Geológico, São Paulo*. 26 (1/2), 1-18.

SALLUN FILHO, W. & FAIRCHILD; THOMAS & ALMEIDA; FERNANDO & FRANÇA; DANIEL. (2013). Estromatólitos de Nova Campina e Itapeva, SP - Registros de vida primitiva com um bilhão de anos.

SANTUCCI VL, KENWORTHY J, KERBO R (2001) An inventory of paleontological resources associated with national park service caves. U.S. depart Int, Nat Park Serv, GRD technical report NPS/NRGRD/ GRDTR-01/02 (NPS publication D-2231)

SCHOPF, J.W. 1994. The oldest known records of life: Early Archean stromatolites, microfossils, and organic mater. In: Bengston, S. (ed.) 1994. *Early Life on Earth*. Nobel Symposium n. 84. Columbia University Press, p. 193-206.

SCHMIDT, W. & FLEISCHER, R. 1978. Estilo estrutural do Precambriano no Sudeste de Minas Gerais. In: SBG, XXX Cong. Bras. Geol. Recife, Anais, v.1, p. 431-434.

SOUZA TAR, FRANCA L, AULER AS (2018) O Carste - Importância e Fragilidade. In: Souza TAR, Auler AS (eds) *O Carste de VazanteParacatu-Unai: Revelando Importâncias. Recomendando Refúgios*. Carste Ciência e Meio Ambiente, Belo Horizonte, pp 19-43

SEER H.J. 1999. Evolução Tectônica dos Grupos Araxá, Canastra e Ibiá na Sinforma de Araxá, MG. Doctorate Thesis, Universidade de Brasília, Brasília, 230 pp.

SIMÕES L.S. A. & NAVARRO G. 1996. Estruturação da Faixa Brasília na região de Araxá, MG. In: SBG, Cong. Bras.Geol., 39, Salvador, Anais, p. 92-95.

SOUZA, P.C. & MÜLLER, G. Primeiras estruturas algais comprovadas na Formação Gandarela, Quadrilátero Ferrífero. *Revista da Escola de Minas*, v. 37, n. 2, p. 13-21. 1984.

SRIVASTAVA, N. K. Algumas observações sobre os estromatólitos dos Grupos Una (Bahia) e Vaza Barris (Sergipe), nordeste do Brasil. *Ciências da Terra*, n. 3, p. 7-11. 1982.

SRIVASTAVA, N.K. & ROCHA, A. J. D. Fazenda Cristal (Bahia) - Estromatólitos mesoproterozóicos. In: Schobbenhaus,C.; Campos,D.A.; Queiroz,E.T.; Winge,M.; Berbert-Born,M. (Edit.) *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*. 1999.

SRIVASTAVA N.K. Estromatólitos. In: I. S. Carvalho (ed). *Paleontologia*. Interciência, Rio de Janeiro, 119-136. 2000.

SRIVASTAVA NK (2002) Lagoa Salgada, RJ - Estromatólitos recentes. In: Schobbenhaus C, Campos DA, Queiroz ET, Winge M, BerbertBorn M (eds) Sítios geológicos e paleontológicos do Brasil. CPRM, Brasília, pp 203–209.

THRAILKILL, J. Speleothems. In: Walter, M.R., ed., *Stromatolites*, Elsevier Sci. Publ. Co., Amsterdam, p. 73-86. 1976.

TUCKER, M.E., 2014. Rochas Sedimentares: Guia geológico de campo. 4ª ed. Porto Alegre: Editora Bookman, 324 p.

VALERIANO, C.M., Dardenne M.A., Fonseca, M.A., Simões, L.S.A. & Seer, H.J. 2004. A Evolução Tectônica da Faixa Brasília. In: Mantesso Neto, V., Bartorelli, A., Carneiro, C.D.R. & Brito Neves B.B. (Eds). *Geologia do Continente Sul-Americano – Evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. Beca, São Paulo, p. 575-592.

VALERIANO, C.M., Pimentel, M.M., Heilbron, M., Almeida, J.C.H. & Trouw, R.A.J. 2008. Tectonic evolution of the Brasília Belt, Central Brazil, and early assembly of Gondwana. In: Pankhurt, R.J., Trouw, R.A., Brito Neves, B.B. & de Wit, M.J. (Eds) *West Gondwana: Pre-Cenozoic Correlations Across the South Atlantic Region*. Geological Society, London, Special Publications; v.294, p. 197-210.

VASCONCELOS AG, BITTENCOURT J (2018) Desenterrando a vida do passado. Potencial paleontológico em cavernas. In: Souza TAR, Auler AS (eds) *O Carste de Vazante-Paracatu-Unai: Revelando Importâncias, Recomendando Refúgios*. Carste Ciência e Meio Ambiente, Belo Horizonte, pp 215–237.

WALTER, M.R. *Stromatolites*. Elsevier Sci. Publ. Co., Amsterdam. 790 p. 1976.

WALTER, M.R. Interpreting stromatolites. *American Scientist*, v. 65, p. 563- 571. 1977.

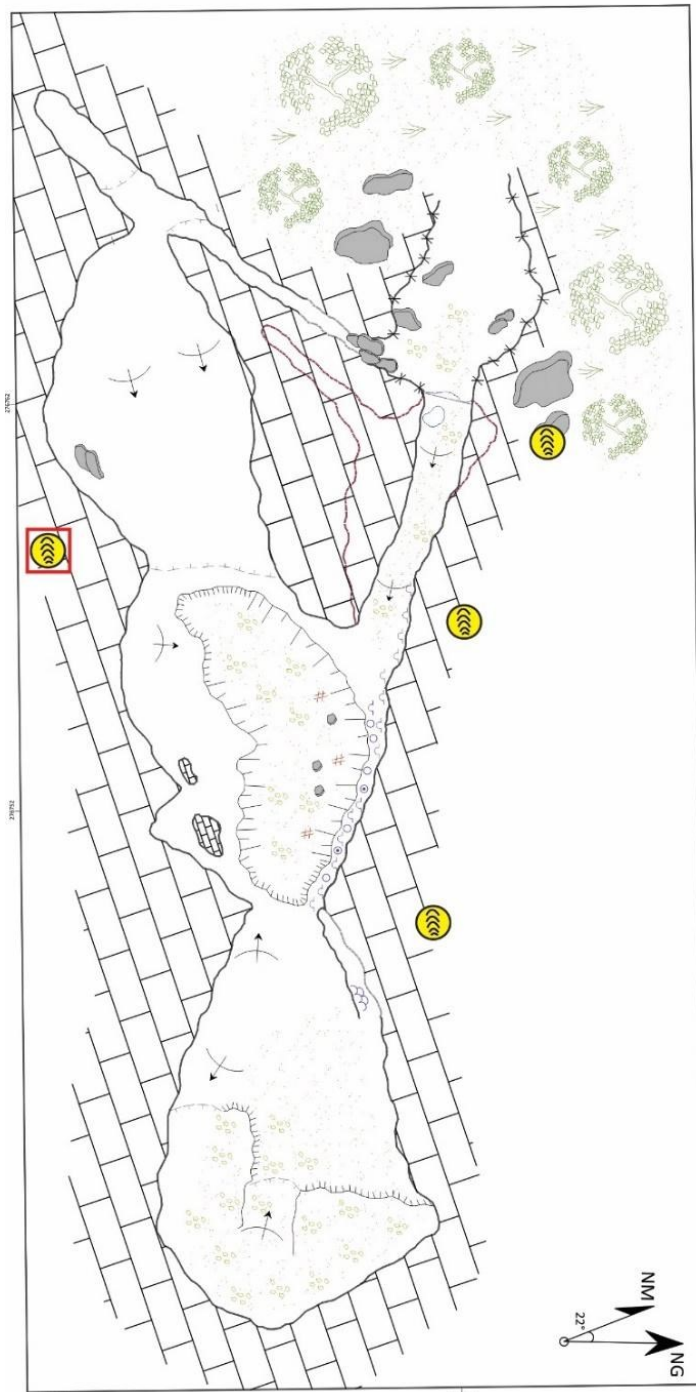
ZAINE, M.F. Análise dos fósseis de parte da Faixa Paraguai (MS, MT) e seu contexto temporal e paleoambiental. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências/USP, 218 p. 1991. 99.

ZAINE, M.F. & FAIRCHILD, T.R. Considerações paleoambientais sobre a Formação Araras, Faixa Paraguai, Estado de Mato Grosso. 37º Congresso Brasileiro de Geologia, São Paulo, SP, v. 2, p. 474-475. 1992.

ANEXOS

I

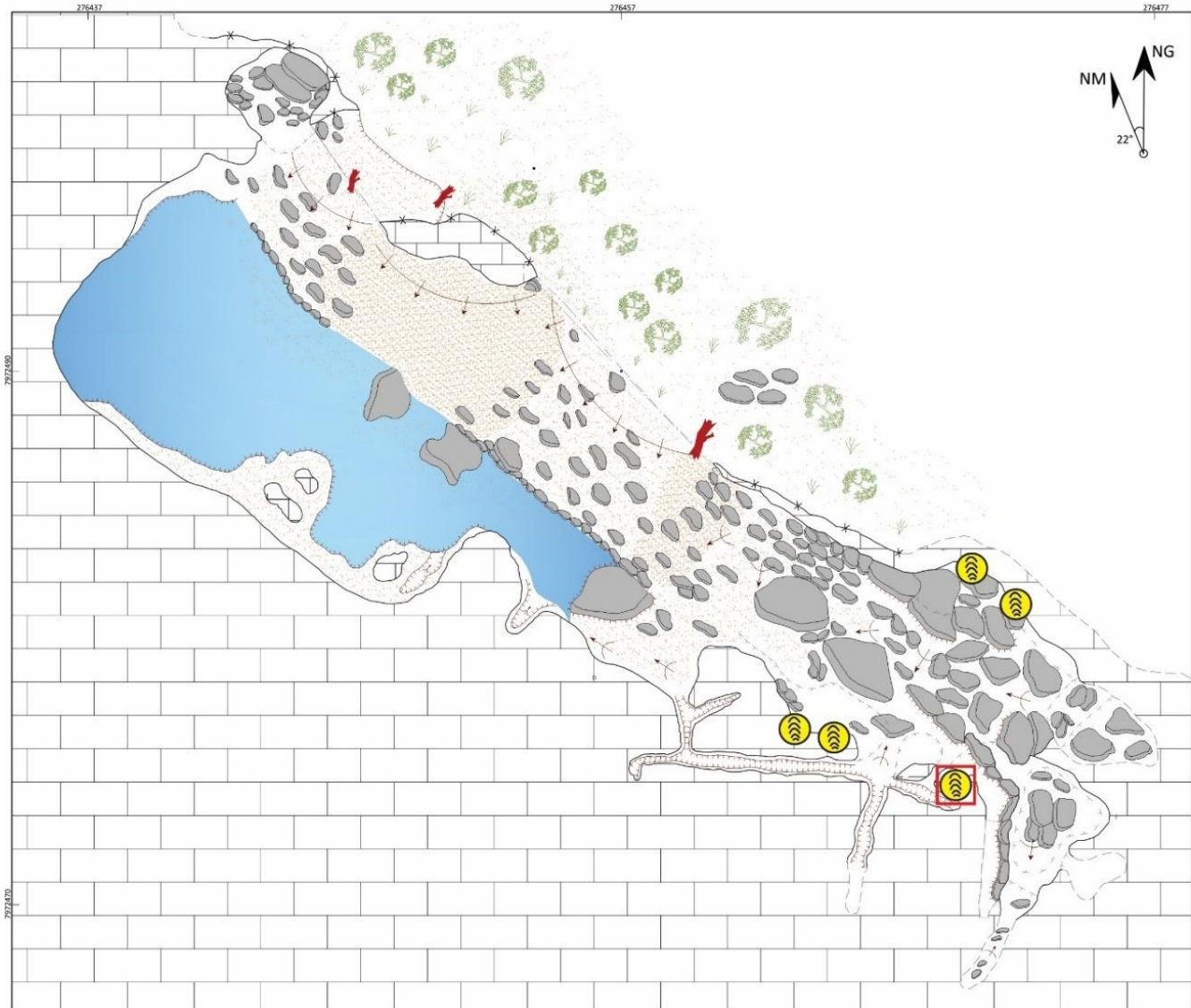
GRUTA DO URUBU



















- | | | | |
|--|------------------|--|------------------|
| | Calcário | | Desnível abrupto |
| | Matéria orgânica | | Nível Inferior |
| | Sedimento | | Patamar |
| | Blocos abatidos | | Teto baixo |
| | Seixos | | Clarabóia |
| | Vegetação | | Coraloide |
| | Parede interna | | Guano |
| | Parede externa | | Estalactite |
| | Linha d'água | | Coluna |
| | Desnível suave | | Travertino |
| | Estromatólitos | | |
| | Sessão | | |

II

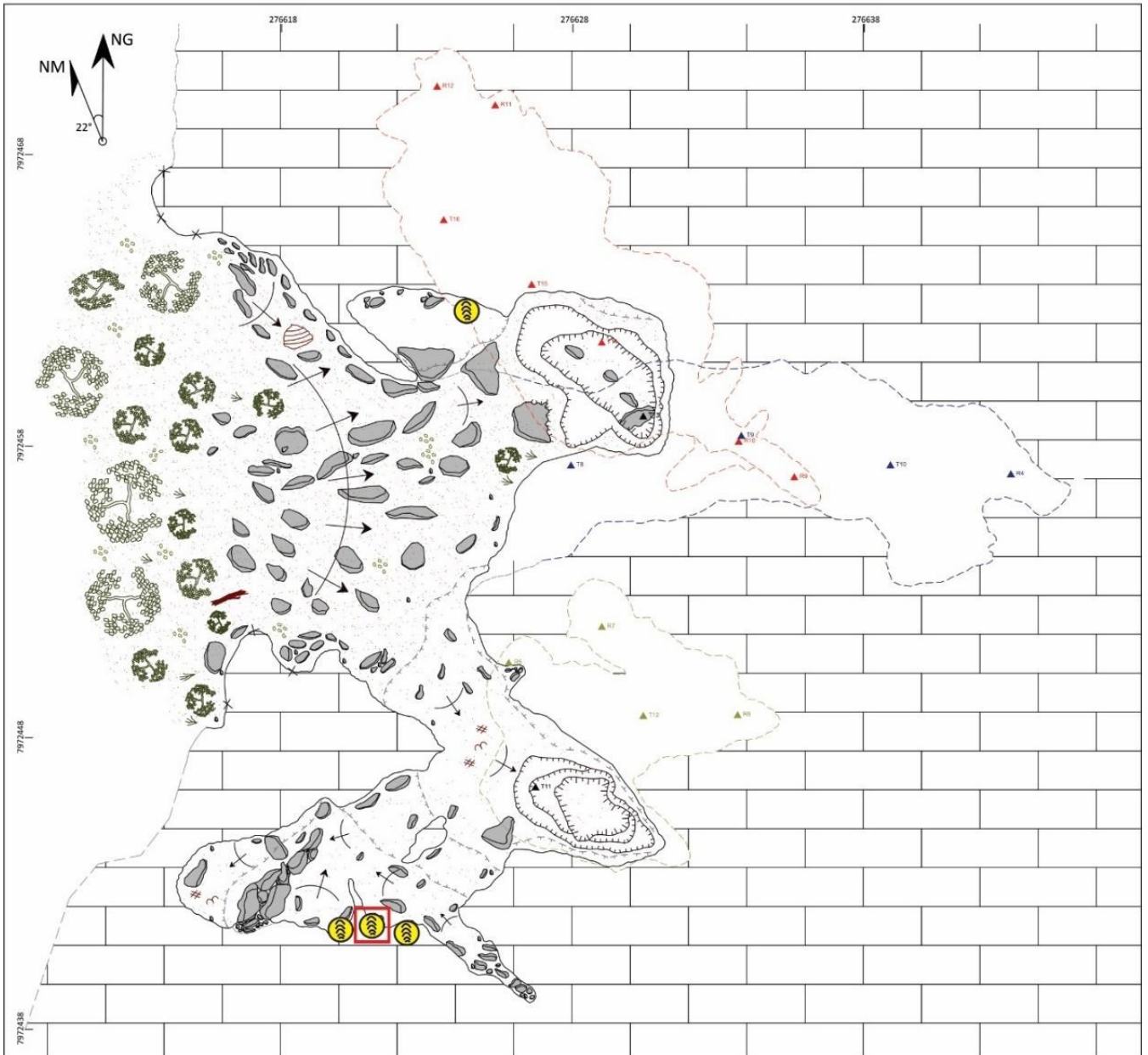
GRUTA LAPA DA LAGOA SUJA




















 Água	 Vegetação	 Degrau / Desnível abrupto	 Sessão
 Sedimento	 Parede interna	 Contorno inferido	
 Calcário	 Parede externa	 Teto baixo	
 Blocos abatidos	 Linha d'água	 Tronco	
 Seixos	 Desnível suave	 Estromatólitos	

III

GRUTA DO IRAPUÃ



 Matéria orgânica	 Seixos	 Patamar	 Colméia de abelhas
 Sedimento	 Vegetação	 Teto baixo	 Tronco
 Calcário	 Desnível suave	 Níveis Inferiores	 Guano
 Blocos abatidos	 Degrau / Desnível abrupto	 Nível Superior	 Estromatólitos
			 Sessão