



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
CENTRO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DA NATUREZA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA**

JAIRYSSON MELO DOS SANTOS ANDRADE

**MAPEAMENTO GEOLÓGICO DA REGIÃO DA GRUTA DO
PERRAZO/SUMIDOURO, NO MUNICÍPIO DE CAMBUCI, RIO
DE JANEIRO**

**Rio de Janeiro - RJ
Março de 2022**

JAIRYSSON MELO DOS SANTOS ANDRADE

**MAPEAMENTO GEOLÓGICO DA REGIÃO DA GRUTA DO PERRAZO
/SUMIDOURO, NO MUNICÍPIO DE CAMBUCI, RIO DE JANEIRO**

Trabalho Final de Curso de Graduação
em Geologia do Instituto de
Geociências, Universidade Federal do
Rio de Janeiro – UFRJ, apresentado
como requisito necessário para
obtenção do grau de Geólogo.

Orientador(es):
Prof. Dr. Renato Rodriguez Cabral
Ramos
Prof. Dr. Gustavo Luiz Campos Pires

**Rio de Janeiro - RJ
Março de 2022**

JAIRYSSON MELO DOS SANTOS ANDRADE

**MAPEAMENTO GEOLÓGICO DA REGIÃO DA GRUTA DO PERRAZO
/SUMIDOURO, NO MUNICÍPIO DE CAMBUCI, RIO DE JANEIRO**

Aprovado em: _____ de _____ de _____

BANCA EXAMINADORA

Nota: _____

Prof. Dr. Renato Rodriguez Cabral Ramos (UFRJ)
(Orientador)

Nota: _____

Prof. Dr. Gustavo Luiz Campos Pires (UFRJ)
(Orientador)

Nota: _____

Prof.^a. Dr.^a Katia Leite Mansur (UFRJ)

Nota: _____

Prof.^a. Dr.^a Eliane Guedes (Museu Nacional/UFRJ)

AGRADECIMENTOS

Ser geólogo é um sonho que tive ainda criança, ao visitar pela primeira vez o Museu Nacional, me lembro de ficar deslumbrado com os fósseis e toda a história do planeta. Realizar esse sonho pareceu muitas vezes impossível, chegar até aqui é a realização de um sonho.

Gostaria de agradecer primeiramente a Jeová, que alimentou a minha fé e esperança de que poderia realizar os meus sonhos. Aos meus pais pelo suporte e apoio durante esses anos de estudo. A Universidade Federal do Rio de Janeiro, que me trouxe muitos amigos e me fez ser quem eu sou hoje.

Aos amigos que fiz ao longo da jornada em especial a minha parceira de campo e fiel companheira desde o princípio Adrianna Jakeline Silva. Um agradecimento especial também para Anne Karine e Jacqueline Fernandez, que me ajudaram muito, sonhamos juntos. Ao Adriel Filipe Soares Brito que me carrega nas costas desde o ensino médio e sempre me ajudou, sei que sem ele não chegaria até aqui.

Ademais. aos amigos que foram surgindo ao longo dos anos de graduação, deixo um agradecimento em especial a Maria Clara Goulart Coelho de Oliveira, Hamanda Monteiro das Neves Kuntz, Paloma Figueiredo Lisboa, Gerson Felizardo de Sousa Jr., Anna Gabrielle Oliveira de Souza, Mateus Andrade Rodrigues e William Cruz Gouvea Jr. Espero levar essas amizades pelo resto da vida.

Agradeço também a equipe do *Espeleogrupo Rio de Janeiro* (EspeleoRio), especialmente o geólogo Luís Henrique Sapiensa Almeida e a Prof^a. Teresa Aragão, além de todos/as aqueles/as que nesses anos contribuíram para o conhecimento da Espeleologia do Estado do Rio de Janeiro

Um agradecimento em especial a Prof^a. Dr^a. Katia Leite Mansur, que abriu os caminhos da geologia para mim com muita paciência e generosidade, e ensinando desde as primeiras aulas que a natureza deve ser respeitada e preservada.

Gostaria de agradecer ao Prof. Gustavo Luiz Campos Pires, que sempre foi muito solícito em me ajudar nesse projeto e pelo apoio ao descrever as lâminas e auxílio nas interpretações.

Por fim, ao meu grande mestre e hoje amigo Prof. Renato Rodriguez Cabral Ramos, que ao longo dos anos me ensinou a importância das cavernas e de sua preservação, do universo e da quantidade de dados científicos únicos alipreservados.

Sigo os exemplos desses grandes geólogos e protetores da natureza, que ganharam mais companheiro de luta.

RESUMO

O Estado do Rio de Janeiro possui um importante potencial para os estudos espeleológicos no âmbito nacional, ainda que pouco conhecido e explorado. Esse presente estudo tem como objetivo realizar o mapeamento do entorno da gruta do Perrazo/Sumidouro (lat. 21°33'16"S, long. 41°58'6"W), localizada no município de Cambuci (RJ), registrada sob o código RJ-34 no Cadastro Nacional de Cavernas da SBE(Sociedade Brasileira de Espeleologia). O trabalho visa confeccionar um mapa geológico detalhado na escala 1:2.500, no intuito de compreender a disposição espacial do mármore, no qual a cavidade subterrânea se desenvolve e suas possíveis variações internas. Tratando-se do objeto de estudo, a gruta está localizada na região de maior ocorrência de cavernas no estado (incluindoos municípios de Cantagalo, Itaocara, São Sebastião do Alto e Cambuci, localizadas na região Serrana do Estado do Rio de Janeiro). Ademais, suas características geológicas e mineralógicas permitem concluir que se trata de um exoescarnito, queé uma rocha formada a partir de um metamorfismo de contato e fluídos metassomáticos em rochas carbonáticas e calcissilcáticas. Assim, sendo a rocha classificada como forsterita-diopsídio mármore dolomítico exoescarníto (Unidade Bom Jesus do Itabapoana/RJ), diverge das principais grutas da região que são formadas em rochas carbonáticas eminentemente calcíticas (mármorees sacaroidais calcíticos). A presença dos minerais diopsídio e forsterita no mármore escarníticosão indicativos de metamorfismo de fácies granulito de alto grau de acordo com as classificações de fácies metamórficas de rochas carbonáticas com um provávelprotólito carbonático dolomítico biogênico. Cavidades com essas características são extremamente raras, de acordo com CNC(Cadastro Nacional de Cavernas) esse seria o primeiro relato no Brasil.

Palavras-chave: Cavernas, Escarnítos, Mármorees.

ABSTRACT

The State of Rio de Janeiro has an important potential for speleological studies at the national level, although little known and explored. This present study aims to map the surroundings of the Perrazo/Sumidouro cave (lat. 21°33'16"S, long. 41°58'6"W), located in the city of Cambuci (RJ), registered under the code RJ-34 in the National Registry of Caves of the SBE (Brazilian Speleology Society). The work aims to make a detailed geological map in the scale of 1:2.500, in order to understand the spatial arrangement of the marble, in which the underground cavity develops and its possible internal variations. Regarding the object of study, the cave is located in the region with the highest occurrence of caves in the state (including the cities of Cantagalo, Itaocara, São Sebastião do Alto and Cambuci, located in the Serrana region of the State of Rio de Janeiro). Furthermore, its geological and mineralogical characteristics allow us to conclude that it is an exoskarn, which is a rock formed from a contact metamorphism and metasomatic fluids in carbonate and calc-silica rocks. Thus, the rock is classified as forsterite- diopside dolomitic exoeskarn marble (Bom Jesus do Itabapoana Unit/RJ), diverging from the main caves in the region that are formed in eminently calcitic carbonate rocks (calcitic saccharoidal marbles). The presence of diopside and forsterite minerals in skarn marble are indicative of high-grade granulite facies metamorphism according to metamorphic facies classifications of carbonate rocks with a probable biogenic dolomitic carbonate protolith. Cavities with these characteristics are extremely rare, according to the CNC (National Registry of Caves) this would be the first report in Brazil.

Keywords: Caves, Skarns, Marbles.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização da área de estudo.....	3
Figura 2: Rotas e acesso a área de mapeamento, partindo da cidade do Rio de Janeiro	4
Figura 3: Área de mapeamento, região adjacente da Gruta do Perazzo/Sumidouro	5
Figura 4: Principais feições da gruta do Perazzo/Sumidouro, destaque a drenagem e aos espeleotemas	6
Figura 5: Em destaque o conulito, espeleotema raro	7
Figura 6: Enclaves presentes na matriz carbonática, fato único na região	7
Figura 7: Mapa topográfico da Gruta do Sumidouro elaborado pelo Instituto do Carte, em destaque os depósitos sedimentares cavernícolas.....	8
Figura 8: Mapa de pontos da área de mapeamento.....	10
Figura 9: Localização da Faixa Ribeira no contexto da Província Mantiqueira	17
Figura 10: Compartimentação tectônica da Faixa Ribeira entre a borda do Cráton do São Francisco e o litoral fluminense, passando pela Região Serrana Fluminense...18	
Figura 11: Mapa geológico do Terreno Oriental da Faixa Ribeira na Região Serrana Fluminense.....	19
Figura 12: Bloco na entrada da gruta, presença de enclaves de calcissilicática, feição típica da Fácies Sumidouro.....	22
Figura 13 - Bloco na entrada da Gruta, presença de enclaves de calcissilicática, feição típica da Fácies Sumidouro	22
Figura 14: Presença de enclaves na fácies Sumidouro, com destaque o granitoide presente na matriz carbonática	23
Figura 15: Lapiás, Fácies Sumidouro. Produto da dissolução superficial de rochas carbonáticas.....	24
Figura 16: Em destaque as variações do tamanho dos cristais de diopsídio, bandas finas e grossas. Lajedo, Fácies transiciona.....	25
Figura 17: Aspecto de afloramento do quartzito. Ponto Jy 27.....	26

Figura 18: - Aspectos do Gnaiss bandado. Apresentam forte foliação metamórfica e correm predominantemente na forma de matacões sobre as colinas e acumulados nas drenagens.....	27
Figura 19: Em destaque o Granada-muscovita gnaiss.....	28
Figura 20: Afloramento com intemperismo avançado da Suíte Metaígneia	29
Figura 21: Amostra SUM 2A, A luz polarizada e B a luz natural, com destaque ao cristal de diopsídio. C cristais de diopsídio e forsterita. Fotomicrografia digital da Fácies Sumidouro com textura granular granoblástica	31
Figura 22: Amostra SUM 5, A) Fenoblasto de diopsídio em luz polarizada e B) a luz natural (representação da porção mais grossa), com cristais variando de 5 a 60mm	32
Figura 23: Amostra SUM 6, A) Fenoblasto de diopsídio em luz polarizada e B) a luz natural (representação da porção mais fina), com cristais variando de 2 mm a 20 mm. Com textura granular granoblástica.....	33
Figura 24: Amostra SUM 3B- A) em destaque cristal de dolomita em luz polarizada e B) em luz natural, presente em menor proporção e tamanho cristais de diopsídio (variando entre 2 e 6 mm) e forsterita (variando entre 1mm- 3 mm). Com textura granular granoblástica.....	33
Figura 25 Amostra SUM 2C. Enclave de rocha calcissilicática presente na matriz carbonática, presença de cristais de diopsídio e biotita	35
Figura 26: Enclave de rocha granítica presente na matriz carbonática, presença de cristais de quartzo, biotita, microclina, granada e opacos.	36
Figura 27: Charneira da dobra, com plano axial (257/24), presente na Fácies de Transição.....	37
Figura 28: Diagrama de contorno das foliações obtidas em 18 pontos da área de mapeamento, indicando uma dobra	38
Figura 29: A) Diagrama de Densidade de pólos de Foliação S2. B) Diagrama de representação ciclográfica de 18 medidas de foliação S2.....	39
Figura 30:Fatores controladores do desenvolvimento de plataformas carbonáticas e recifes.....	41
Figura 31 - Modelo de plataforma carbonática, com os ambientes deposicionais da fácies do mármore.....	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição modal das fácies do mármore feita por estimativa e indicada em porcentagem, onde Dol = dolomita, Fost = Forsterita, Diop = Diopsídio e Opacos	34
Tabela 2 - Composição modal do enclave de rocha calcissilicática presente dentro do mármore feita por estimativa e indicada em porcentagem, onde Diop = diopsídio, Bio = Biotita e Opacos	35
Tabela 3 - Composição modal do enclave de rocha calcissilicática presente dentro do mármore feita por estimativa e indicada em porcentagem, onde Qtz=quartzo; Mcl=microclina, Biot=biotita, Gr= granada e Mo=minerais opacos	36

LISTA DE SIGLAS

CNC - Cadastro Nacional de Cavernas

SBE- Sociedade Brasileira de Espeleologia.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	1
1.2	Objetivo.....	2
1.3	Localização.....	3
1.4	Acessos.....	3
1.5	Área de mapeamento.....	5
2	A GRUTA DO PERAZZO/SUMIDOURO.....	5
3	MATERIAS E MÉTODOS.....	9
3.1	Pesquisa Bibliográfica.....	9
3.2	Trabalho de campo.....	9
3.3	Análise petrográfica.....	11
3.4	Geoprocessamento.....	11
4	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	11
4.1	Rochas carbonáticas.....	11
4.2	Conceitos básicos sobre a formação de mármore.....	12
4.3	Escarnitos.....	13
4.4	Metamorfismo de contato.....	14
4.5	Tipos de escarnitos.....	15
5	GEOLOGIA REGIONAL.....	16
5.1	Provincia Mantiqueira.....	16
5.2	Faixa Ribeira.....	17
5.3	Terreno oriental.....	18
5.4	Domínio Cambuci/Terreno Oriental.....	19
6	RESULTADOS.....	20

6.1 Mapa Geológico.....	20
6.2 Descrição das unidades mapeadas.....	20
6.2.1 Fácies do Mármore.....	21
6.2.2 Fácies Sumidouro.....	21
6.2.3 Fácies de Transição.....	23
6.2.4 Fácies Fina.....	25
6.2.5 Quartzito.....	26
6.2.6 Gnaiss bandando.....	27
6.2.7 Granada-muscovita paragnaisse.....	28
6.2.8 Metaígneia.....	29
7 PETROGRAFIA.....	30
7.1 Critérios de Classificação e Nomenclatura.....	30
7.2 Fácies Sumidouro.....	31
7.3 Fácies de Transição.....	32
7.4 Fácies Fina.....	33
7.5 Composição modal.....	34
7.6 Calcissilicática.....	35
7.7 Granitóide.....	36
8 GEOLOGIA ESTRUTURAL.....	37
9 DISCUSSÕES.....	39
10 CONCLUSÕES.....	44
11 PRÓXIMOS PASSOS.....	45
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	46

1 INTRODUÇÃO

As cavidades naturais subterrâneas guardam um riquíssimo patrimônio natural, científico e cultural, ainda pouco explorado pelo homem, e atualmente correm sérios riscos de destruição. Trabalhos científicos nesses ambientes são de suma importância para auxiliar na sua proteção e preservação.

Há relatos da presença humana em cavidades desde o Paleolítico, onde buscavam se abrigar de condições climáticas adversas e habitavam seu interior. As primeiras manifestações artísticas do homem (pinturas rupestres) são encontradas em cavernas por volta de 40 mil anos atrás.

Os primeiros estudos sobre esse ambiente ocorrem entre o final do século XIX e início do século XX em uma região que denominada de “Kras” atual Eslovênia, cujo relevo é sustentado predominantemente por calcário. Se origina daí a denominação “carste” para regiões que apresentam feições constituídas em ambiente carbonático formadas por meio da dissolução da rocha (KOHLENER, 1998).

O relevo cárstico é particularmente associado a rochas calcárias, podendo-se referir também a rochas siliciclásticas (como arenito e quartzito), sendo um fator determinante as suas feições morfológicas peculiares como dolinas, lapiás, paredões, entre outros. Diretamente associados a processos de dissolução o carste residual superficial (exocarste), objeto de estudo do presente trabalho, é constituído por remanescentes rochosos dos processos de dissolução.

As regiões desenvolvidas em rochas carbonáticas perfazem cerca de 10 a 15% da superfície terrestre (FORD; WILLIAMS, 2007). No Brasil, os relevos cársticos ocupam uma área relativamente reduzida, concentrando-se na região central do país e estando representados, em sua maior parte, por carbonatos pré- cambrianos (calcários e dolomitos), essencialmente, subhorizontalizados e submetidos à influência de clima sazonal.

As cavidades naturais do estado do Rio de Janeiro têm como sua maior área de concentração a região do extremo norte fluminense, onde se encontram as maiores, mais belas e ornamentadas cavernas que o estado possui (LEAL & RAMOS, 2011) entre estas uma chama atenção por sua litologia encaixante singular, a gruta do Perazzo, também conhecida como gruta do Sumidouro. Localizada no município de Cambuci, esta constitui uma das maiores cavidades naturais do território fluminense, com 192 m de desenvolvimento

linear e desnível de quase 12 m, ao longo da qual flui uma drenagem perene. Geologicamente, a gruta se insere no domínio da Unidade Bom Jesus do Itabapoana, que corresponde a mármores e ortognaisses intercalados. Segundo Nogueira *et al.* (2012), essa unidade foi afetada por metamorfismo de contato, sendo os mármores da região de Cambuci designados por escarnitos, um tipo de rocha em que poucas cavernas são conhecidas. A gruta do Perazzo/Sumidouro além de ser a única gruta carbonática do Estado onde flui uma drenagem perene, é provavelmente a única cavidade do país desenvolvida em um escarnito.

Partindo-se da observação de que as peculiaridades atribuídas a este litotipo os diferem de outros semelhantes em regiões cavernícolas fluminense, constatou-se uma janela no conhecimento geológico em relação a descrição de cavidades com essas características. Esta compreensão reverter-se-ia em uma relevante contribuição, para as geociências em especial para a Espeleologia, visto que de acordo com CNC (Cadastro Nacional de Cavernas) ainda não foi relatado cavernas com tal litologia.

Dentro desta premissa insere-se o objetivo principal deste trabalho, que é o de sanar a lacuna existente no entendimento científico com relação às características litológicas e estruturais do entorno da Gruta do Perazzo/Sumidouro, por meio de um mapeamento geológico da região ao redor da cavidade.

1.2 Objetivo

O presente trabalho tem como objetivo a caracterização da Geologia da região vizinha à gruta do Perazzo/Sumidouro, com ênfase nos mármores escarníticos nos quais a cavidade subterrânea se desenvolveu. Desta forma pretende-se com este trabalho determinar parâmetros, que possam diferenciar este mármore dos demais litotipos com aparência similar, porém com características distintas. Apresentando sistematicamente:

- i. suas principais características petrográficas e inferências sobre as condições metamórficas a que se submeteram;
- ii. feições estruturais e posição estratigráfica;
- iii. reconstituição paleoambiental.

1.3 Localização

A área de estudo está situada na região Norte Fluminense, no município de Cambuci, no entorno da gruta do Perazzo/Sumidouro registrada sob o código RJ-34 no CNC(Cadastro Nacional de Cavernas). A Figura 1 mostra a localização da área de estudo.

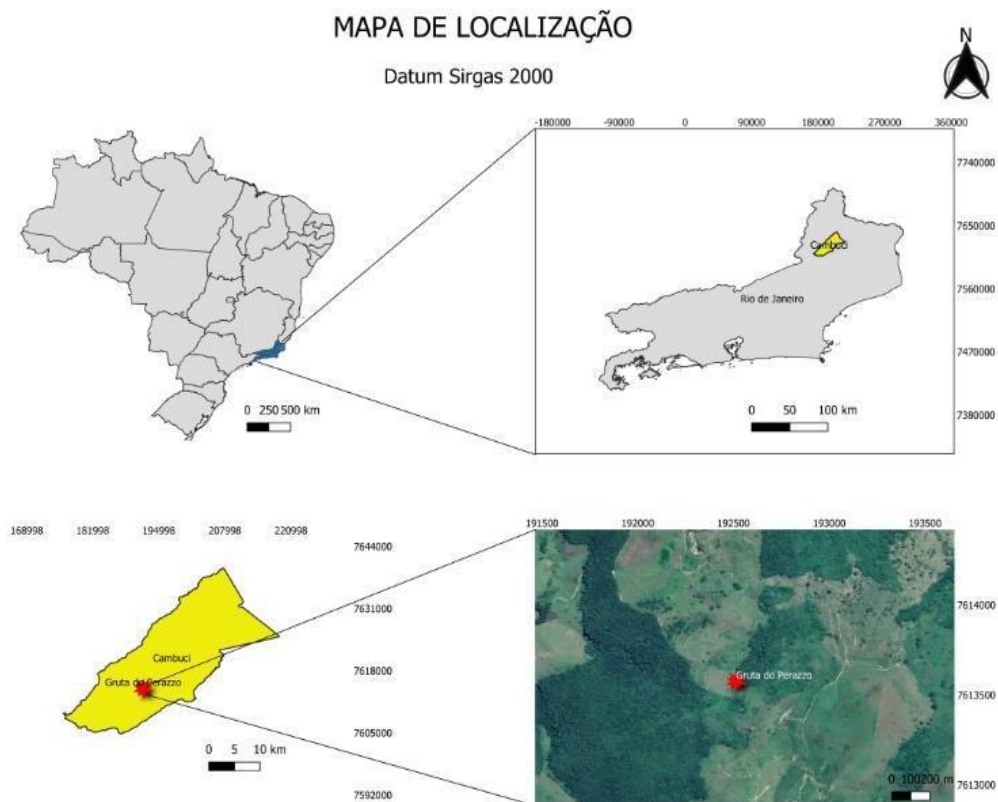


Figura 1 - Localização da área de estudo

1.4 Acessos

O município de Cambuci encontra-se a aproximadamente 300 km de distância da cidade do Rio de Janeiro, podendo ser utilizadas três alternativas de acesso até aquele município (Figura 2). A viagem pelas três alternativas de acesso dura em torno de quatro a quatro horas e meia, com diversos pedágios em qualquer uma delas:

- 1) A partir da Capital, toma-se a ponte Presidente Costa e Silva (Rio-Niterói) e a RJ-166 até Nova Friburgo, Bom Jardim, Macuco, Valão do Barro e Itaocara, e a partir daí a RJ-158 até a ponte sobre o Rio Paraíba do Sul, seguindo pela RJ-194 até Cambuci;
- 2) A partir do Rio de Janeiro, toma-se a BR-040 até pouco antes de Três Rios (RJ) e, a partir daí, a BR-393 (Rio-Bahia) passando por Anta, Sapucaia e Jamapar, e próximo a ponte para Além Paraíba (MG), as rodovias RJ-158 e RJ-160, passando por Córrego da Prata e Santa Rita da Floresta, até o trevo com a rodovia RJ-152 próximo  cidade de Cantagalo. Por essa rodovia estadual, passa-se por Euclidelndia, Boa Sorte, Laranjal, Batatal e, finalmente, Itaocara, e daí conforme descrito acima.
- 3) Outra alternativa  seguir a partir da Capital pela BR-040 (Rodovia Washington Luiz), BR-493 e BR-116 até Teresópolis e, desta cidade, seguindo pela BR-116 até a ponte para Além Paraíba (MG), e daí pelas rodovias RJ-158, RJ-160 e RJ-152 até Itaocara e, finalmente, Cambuci.

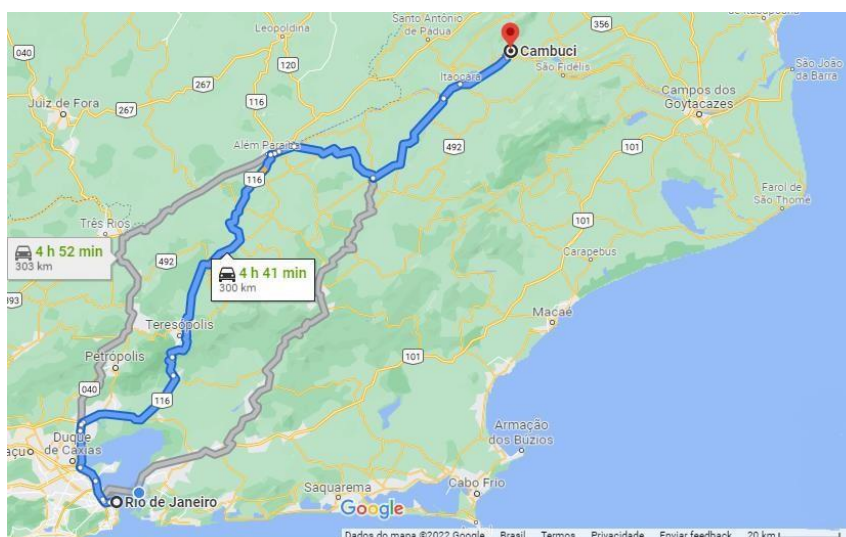


Figura 2 - Rotas para a cidade de Cambuci, partindo da cidade do Rio de Janeiro (fonte: Imagem retirada do *Google Maps*, acesso em 18 de fevereiro de 2022).

Para ter acesso a área de mapeamento, partindo da Câmara Municipal de Cambuci (antiga esto de trem), acessar as ruas Ernesto Paiva e Virgílio Franklin e seguir por cerca de 1,8 km até uma bifurcação, onde existe uma cooperativa de leite. Desta, seguir em uma estrada vicinal de piso de terra por 5,2 km até a área de estudo, tomando-se no trajeto duas bifurcao  direita em 3,9 e 4,7 km.

1.5 Área de mapeamento

A área de interesse do presente estudo é região adjacente da Gruta do Perazzo/Sumidouro, o mapeamento realizado na escala 1:2.500, tendo como ponto central a entrada da cavidade subterrânea(figura 3).



Figura 3 - Área de mapeamento, região adjacente da Gruta do Perazzo/Sumidouro (fonte: *Google Earth*, acesso 18 de janeiro 2022).

2. A GRUTA DO PERAZZO/SUMIDOURO

A gruta do Perazzo/Sumidouro constitui uma das maiores cavidades naturais do território fluminense, com 192 m de desenvolvimento linear e desnível de quase 12 m, ao longo da qual flui uma drenagem perene, produzindo depósitos sedimentares e feições abrasivas na rocha encaixante, que são observadas até no teto. A Figura 4 destaca as principais feições observadas na cavidade.

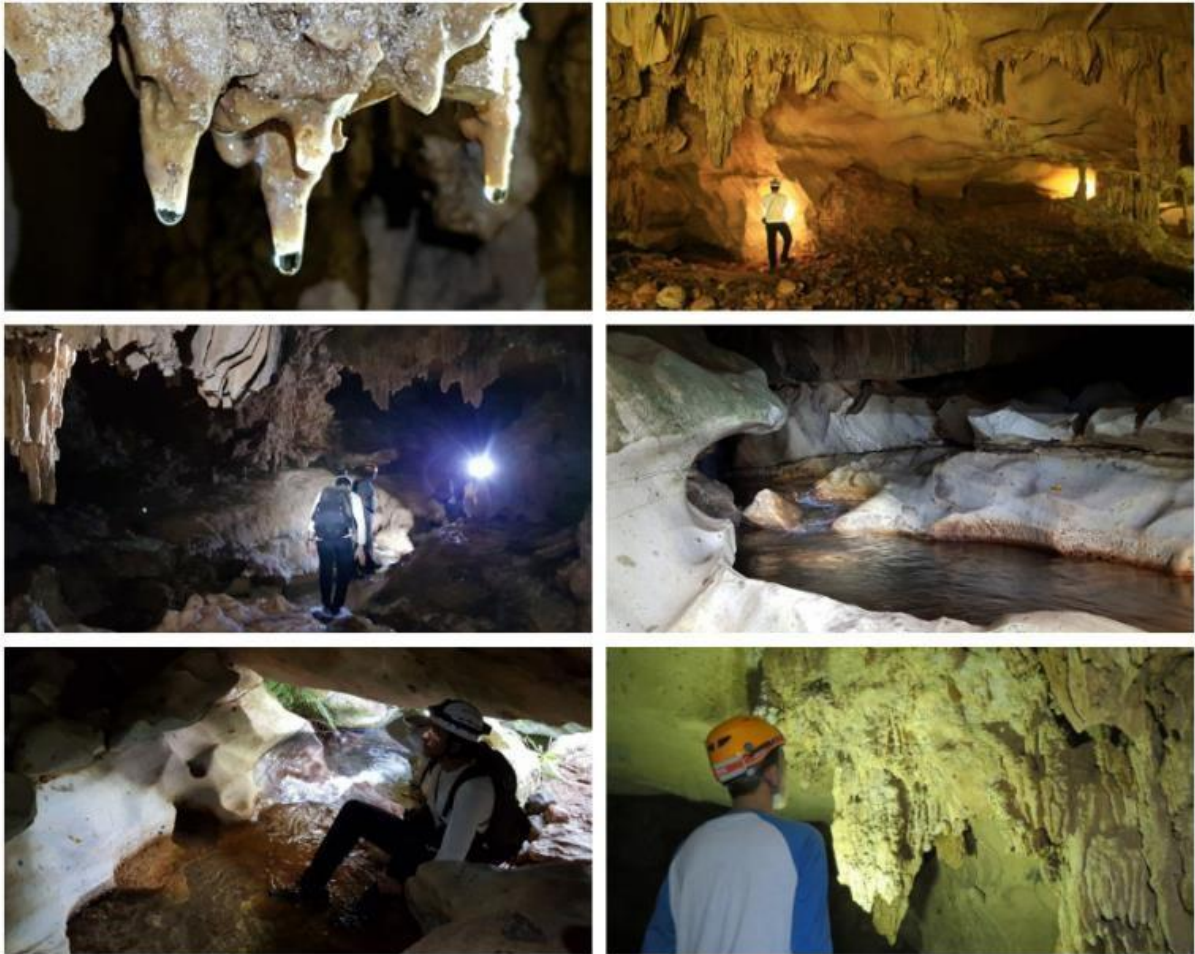


Figura 4 - Principais feições da gruta do Perazzo/Sumidouro, destaque a drenagem e aoespeleotemas (imagens de Teresa Aragão). Com destaque a drenagem perene presente na gruta e sua riqueza de espeleotemas.

A gruta apresenta diversas feições cavernícolas típicas de rochas carbonáticas, sendo rica em espeleotemas de diversos tipos como estalagmites, estalactites, *gours*, com destaque ao primeiro registro de “conulitos” (conhecidos também como anti-estalagmites) um tipo raro e pouco relatado na literatura (Figura 5). Estes se formam quando a água concrecionante impacta um pavimento constituído de areia ou lama, sendo que a energia cinética da água escava no pavimento um cone invertido formado por grãos clásticos cimentados por CaCO_3 (CULVER 2005).



Figura 5 - Em destaque o *conulito*, espeleotema raro e descrito pela primeira vez no Rio de Janeiro (imagem de Renato R. Cabral Ramos)

Uma característica singular que motivou esse trabalho foi a presença de enclaves de diversos tipos e tamanhos dentro da cavidade e nas rochas ao seu entorno, sendo que tal característica chamou muita atenção de todos pesquisadores que visitaram o local, pois difere dos padrões texturais conhecidos para rochas carbonáticas da região(Figura 6).



Figura 6 - Enclaves de rochas presentes na matriz carbonática do mármore escarnítico, fato único na região (fonte: fotografias de Renato R. Cabral Ramos).

O Instituto do Carste (2012) realizou um levantamento da caverna, gerando um mapa topográfico com as duas entradas principais da cavidade (Figura 7).

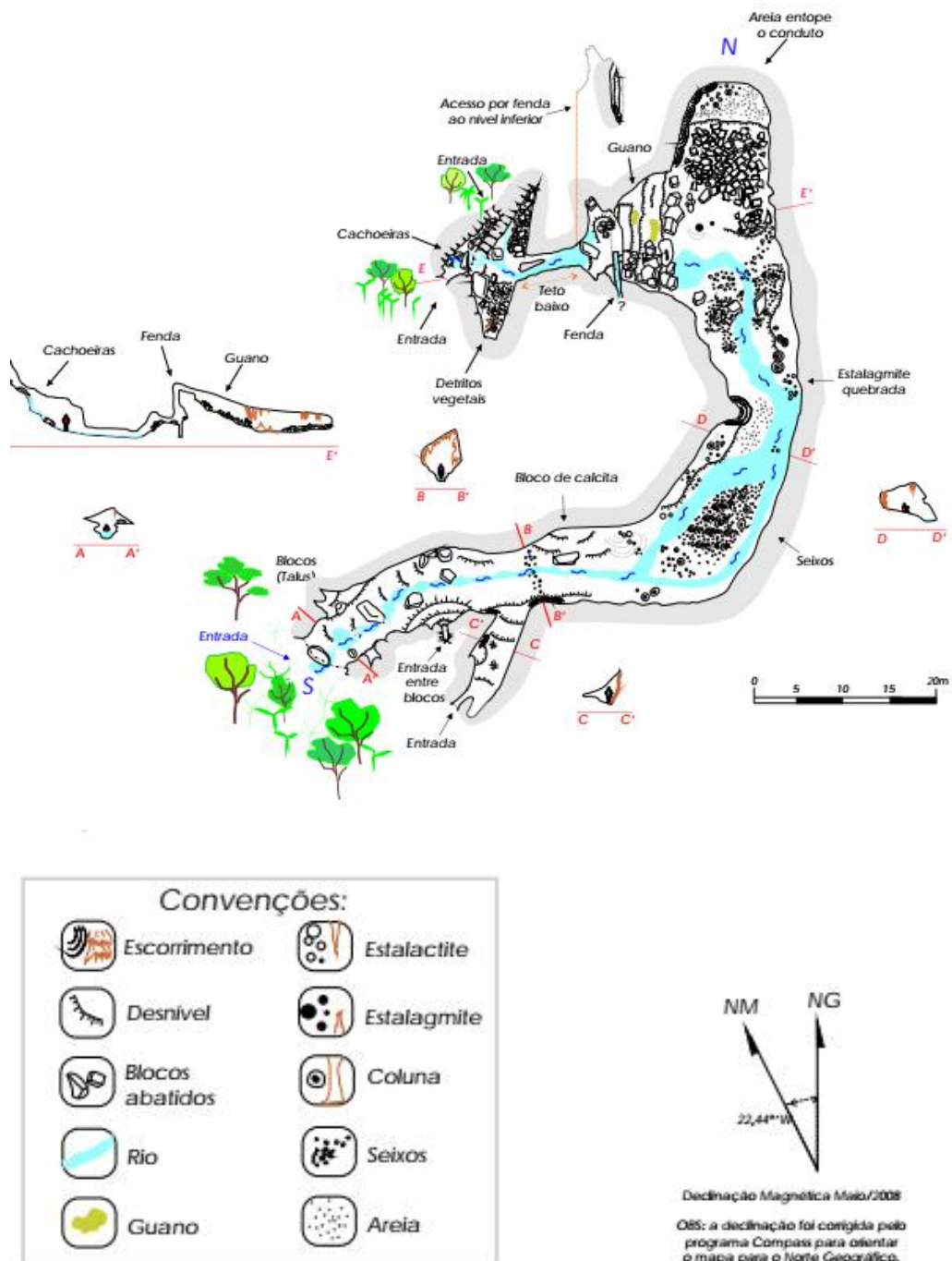


Figura 7 - Mapa topográfico da Gruta do Perazzo/Sumidouro, em destaque os depósitos sedimentares cavernícolas (Fonte: mapa elaborado AULER *et al.* (2008) e modificado por ANDRADE *et al.*, 2019)

Andrad *et al.* (2019) realizou uma descrição e interpretação desses depósitos situados no conduto principal da caverna, utilizando a classificação de depósitos em cavernas de Bosch & White (2004). A cavidade subterrânea apresenta um *trend* de desenvolvimento preferencial 150/50.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Pesquisa Bibliográfica

Na etapa de pesquisa bibliográfica foi possível tomar conhecimento do que já foi estudado até os dias de hoje sobre a região, comparando assim os resultados obtidos no presente trabalho com os mesmos. Esta etapa facilita o entendimento regional a partir trabalhos já feitos e contribui pra uma homogeneização das nomenclaturas das unidades estratigráficas. E a partir dessa etapa que foi possível chegar em algumas conclusões importantes em relação a evolução geológica do mármore da região de estudo.

3.2 Trabalho de Campo

Os primeiros dados de campo coletados para a concepção desse trabalho nos remetem ao ano de 2014, onde em uma visita com o grupo EspeleoRio os professores Francisco “Chico Bill” Cruz (USP) e Renato Ramos (Museu Nacional – UFRJ) notaram que a região cavernícola do Perazzo apresentava uma geologia singular. Diversas expedições foram organizadas desde então, sendo o mapeamento geológico elaborado em duas etapas o primeiro entre os dias 11/05/2018 e 13/05/2018 a segunda ocorreu entre os dias 30/10/21 a 4/11/21, totalizando nove dias de atividade de campo. Produziu-se um mapa geológico com 49 pontos descritos (dos quais dez descrições foram perdidas durante o incêndio do Museu Nacional), descrevendo diferentes litologias, feições estruturais e coleta de amostras distintas para descrição petrográfica. Estava planejada outra etapa de campo em janeiro de 2022, mas o recrudescimento da pandemia de Covid-19 impediu a sua realização.

O mapa geológico da área entorno da gruta do Perazzo/Sumidouro foi realizado através de caminhamentos, onde foram descritas a litologia e feições estruturais (Figura 8), bem como coletadas dez amostras distintas para descrição em lâmina. No apêndice 3 estão apresentados todos os pontos de campo.

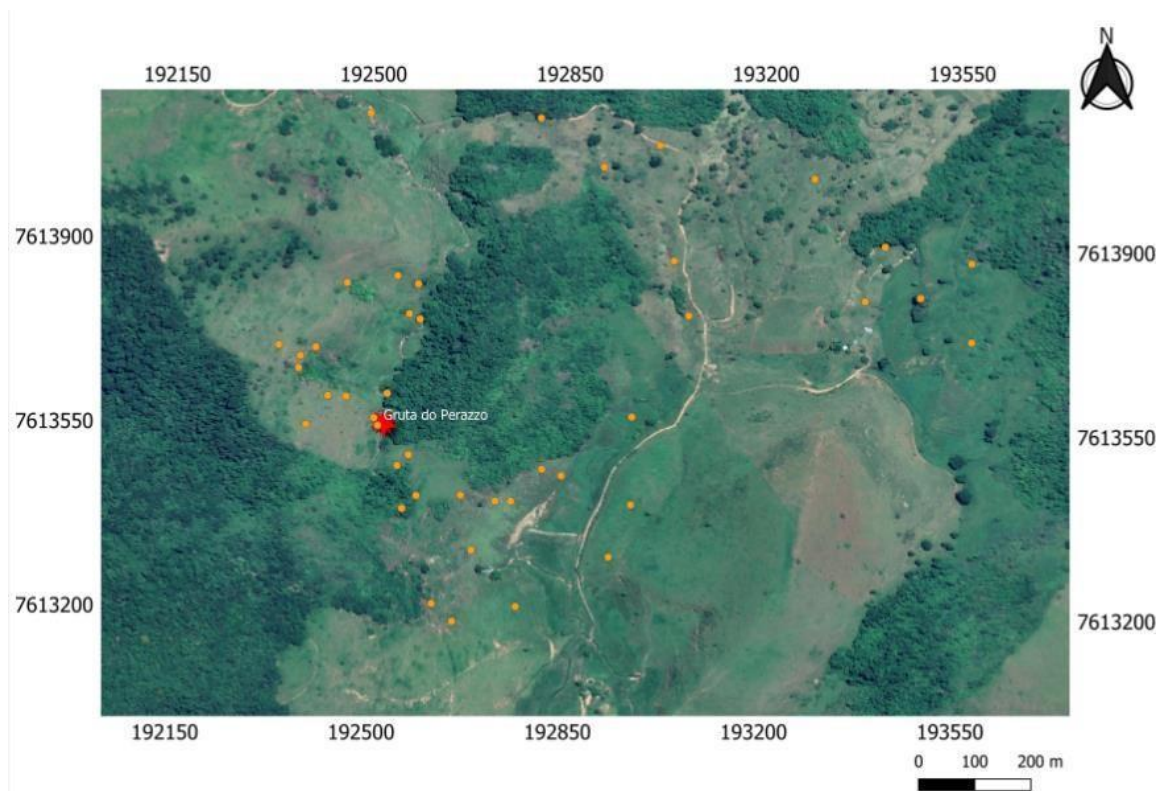


Figura 8 - Mapa de pontos da área de mapeamento (Fonte: imagem retirada e modificada do *Google Earth*, acesso 18 de janeiro 2022)

3.3 Análise petrográfica

A partir de porções representativas das amostras coletadas, foram confeccionadas lâminas delgadas para estudo por microscopia óptica de luz transmitida. Para tanto, foi utilizado um microscópio petrográfico *Olympus* modelo BX60 pertencente ao Laboratório de Petrografia no Departamento de Geologia do IGEO/UFRJ, sendo descritas dez lâminas delgadas de litologias distintivas elaboradas no Laboratório de Laminação do IGEO/UFRJ.

Os termos *endoskarn*, *skarn* e *exoskarn* se referem às diferentes zonas metassomáticas (auréolas metamórficas de contato) formadas desde a intrusão até a rocha encaixante inalterada. O *endoskarn* representa a porção do corpo ígneo que sofre metassomatismo enquanto o *exoskarn* é a rocha encaixante também alterada por fluidos metassomáticos. O *skarn* é a auréola de contato propriamente dita que se forma entre o corpo ígneo e a rocha encaixante e não tem textura e/ou mineralogia essencial seja do granito seja do mármore (MEINERT, 1992).

3.4 Geoprocessamento

Nessa etapa foi elaborado o mapa geológico digital da área, utilizando o *software* Qgis versão 3.16. Foram utilizadas imagens vetorizadas da folha SãoFidelis 1:50000 disponíveis na página eletrônica do IBGE, sendo que os dados vetoriais da gruta do Perazzo/Sumidouro foram retirados do CNC da Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE).

4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

4.1 Rochas carbonáticas

São rochas em que os constituintes principais são os minerais carbonáticos, como o carbonato de cálcio, que compõe majoritariamente minerais como a calcita (CaCO_3) e dolomita [$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$]. Contém mais de 50% do íon carbonato (CO_3) em sua composição e compõem aproximadamente de 25 a 35% das rochas sedimentares da superfície da Terra (FOLK, 1973).

Podem ser formados de duas formas principais, por precipitação química inorgânica ou acúmulo de bioclastos. A primeira forma de gênese ocorre através do intemperismo químico, principalmente de constituintes presentes em rochas ígneas e metamórficas, que liberam cálcio na forma de íons para as águas. Quando entra em contato com o oceano (menos solúvel), o cálcio se associa com o CO_3 e precipita formando a rochacarbonática (SAMPAIO & ALMEIDA, 2005)

A segunda forma ocorre por acúmulo de bioclastos formados por carapaças e esqueletos de animais marinhos (como moluscos e foraminíferos) que se depositam no fundo oceânico, ambientes de transição ou lagos e, com o decorrer do tempo e em condições geológicas favoráveis se transformam em rocha (FOLK, 1973).

A mineralogia das rochas carbonáticas apesar de simples apresenta uma grande variedade quando estas são submetidas às deposições de sedimentos extrabaciais (BOGGS 2009). Essa variedade sedimentar determinou como os carbonatos se formaram durante sua deposição. Basicamente a mineralogia é formada por Calcita/Aragonita (CaCO_3) e Dolomita $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, sendo que a incorporação de clastos alóctonos aos sedimentos carbonáticos determina sua variedade na natureza (BOGGS 2009). As impurezas oriundas dos sedimentos podem dar a essa rocha as mais diversas configurações litológicas, de acordo com a área fonte.

Os diversos tipos de metamorfismo geraram uma grande variedade de rochas carbonáticas metamorizadas denominadas como mármore, nas quais os carbonatos são os minerais dominantes (YARDLEY, 2004). Neste capítulo será discutida as condições geológicas para a formação dessa litologia.

4.2 Conceitos básicos sobre a formação de mármore

Para compreender a gênese das rochas encaixantes da cavidade é necessário compreender alguns fundamentos. As rochas metamórficas refletem a variabilidade do registro sedimentar, sendo que os calcários mais puros podem não produzir novos minerais durante o metamorfismo devido a estabilidade da calcita, entretanto calcários podem conter diferentes constituintes (como grãos detríticos, dolomita diagenética e margas) que podem reagir com calcita durante os eventos metamórficos (YARDLEY, 2004).

Segundo este autor, em graus mais elevados de temperatura e pressão é comum ocorre a presença de rochas metassedimentares ricas em minerais ferromagnesianos (como anfibólio e diopsídio) produto de sedimentos ricos em carbonatos. Tal fato ocorre, pois, a calcita e a dolomita são os constituintes portadores de Ca e Mg mais importante nos sedimentos. Para a sua formação são necessárias reações de descarbonatação, com perda de CO₂ na produção de silicatos.

Os calcários dolomíticos fornecem indicadores de grau metamórfico muito úteis, pois, uma sucessão de minerais de Ca-Mg pode se formar em condições usuais de P-T (como talco, tremolita e diopsídio). A sequência de zoneamento foi descrita por Tilley (1951). A sequência de isógradas de aparecimento mineral em calcários dolomíticos metamorfizados é definida por: talco (nem sempre presente), tremolita, diopsídio ou forsterita, diopsídio + forsterita.

Além dos minerais que foram citados, os mármore impuros podem conter micas, feldspatos e granadas entre outros tipicamente metamórficos.

Em condições metamórficas de fácies anfibolito alto e granulito podem aparecer tanto diopsídio como forsterita, sendo o fator determinante o protólito.

+ SiO₂ – Mg, favorecimento do diopsídio

- SiO₂ + Mg, favorecimento da forsterita

Em temperaturas mais altas, as duas fases podem coexistir.

4.3 Escarnitos

As rochas escarníticas têm sua gênese ligada a uma série de fatores e condições geológicas específicas. Meinert (1992) define um escarnito (*skarn*) como uma rocha formada por metamorfismo de contato e processos metassomáticos devido a percolação de fluidos de origem magmática, metamórfica, meteórica ou de origem marinha em rochas carbonáticas. Este autor subdivide o corpo escarnítico em “endo”, “exo” e “meso” de acordo com a aproximação da intrusão ígnea, cada um destes setores apresentando assembleias minerais características.

O corpo de *endoskarn* constitui a rocha ígnea transformada em *skarn* por processo metassomático, enquanto que o *exoskarn* fora da intrusão, nas rochas encaixantes adjacentes, de protólito sedimentar.

O exoescarnito magnesiano é caracterizado por apresentar como mineralogia essencial forsterita e diopsídio (minerais magnesianos) de origem dolomítica (MEINERT, 1992). Uma característica muito comum nesse tipo de rocha é o crescimento mineral em vários centímetros.

Na região nordeste do Brasil, nos estados do Rio Grande do Norte e Paraíba, mais especificamente na província mineral do Seridó, na porção nordeste da Província da Borborema, há ocorrência de um importante depósito de tungstênio em escarnitos (a maior e mais importante descoberta desse metal até o momento no Brasil), cuja mineralização, ocasionada por um evento hidrotermal, foi datada do Neoproterozoico, (CAVALCANTE *et al.*, 2016). Apesar de ainda restarem dúvidas quanto à origem do fluido mineralizante, uma das hipóteses consideradas é de que a fonte desses fluidos estaria relacionada ao processo final de cristalização de granitossin a pós tectônicos do final do Ciclo Brasileiro.

Ainda na província Borborema, no Estado do Ceará, há depósitos de escarnito mineralizados em ferro e cobre associado ao arco magmático de Santa Quitéria, considerado produto da evolução de vários arcos magmáticos, desde juvenil até a colisão continental. Os escarnitos são produtos do metamorfismo de contato ocasionado pela intrusão de quartzos monzoníticos, neoproterozoicos cedo a tardi-colisionais, em rochas calcissilicáticas e mármores dolomíticos e/ou calcíticos (PARENTE *et al.*, 2015).

Na região dos Andes Patagônicos setentrionais há uma província de depósitos polimetálicos que também possui mineralizações de Cu-Au-Zn-Pb associados a escarnitos gerados pela intrusão de rochas granitoides, em geral, monzogranitos e tonalitos, assim como andesitos que intrudiram rochas metavulcanossedimentares, (OYARZO, 2018).

Dessa forma, o estudo do metamorfismo de contato, em especial dos escarnitos, constitui uma forma de entender melhor os processos metassomáticos que ocorrem nesses ambientes geológicos.

4.4 Metamorfismo de contato

O metamorfismo de contato ocorre nas rochas encaixantes ao redor de intrusões magmáticas, formando uma auréola de metamorfismo de contato que é constituída por um zoneamento mineralógico.

As principais transformações metamórficas formadas nessas zonas são resultado do calor fornecido pelo magma durante o seu resfriamento. A rocha resultante, denominada genericamente *hornfels* (ou *granofels*, ou *cornubianito*), apresenta textura granular fina, isótropa e estrutura maciça (RUBERTI *et al.*, 2009).

As associações minerais que compõem as zonas da auréola de contato dependem da distância da rocha encaixante em relação ao núcleo da intrusão. Nas regiões mais próximas ao plúton e que, portanto, estiveram expostas a uma temperatura mais elevada, irão desenvolver paragênese de mais alta temperatura como piroxênio, olivina, granada, sillimanita que são minerais anidros. Em contrapartida, nas regiões mais distantes do corpo intrusivo, formam-se associações mineralógicas constituídas por minerais hidratados de menor temperatura, como anfibólios e micas.

No metamorfismo de contato, podem ocorrer processos metassomáticos, isto é, troca de elementos entre o magma e a rocha encaixante. Denomina-se *escarnito* (*skarn*) a rocha resultante desse processo. De fato, a formação do *escarnito* pode ocorrer em diversos ambientes geológicos distintos devido à percolação de fluidos de diversas origens tais como magmática, como no caso do presente estudo, metamórfica, meteórica ou marinha. Por conta disso, o *escarnito* pode ser encontrado adjacente a corpos plutônicos, ao longo de falhas ou de grandes zonas de cisalhamento, em sistemas geotérmicos rasos, no fundo do assoalho oceânico e em profundidades mais rasas de terrenos metamórficos profundos (MENEIRT, 1992).

4.5 Tipos de *escarnitos*

Os *escarnitos* podem ser diferenciados de rochas calcissilicáticas (mineralogia similar), por serem mineralogicamente zonados, geralmente mais grossos e mais enriquecidos em Fe, podendo conter mineralizações de algum elemento base.

Segundo Meinert (1992), há alguns litotipos associados ao “*skarn*” em grandes depósitos econômicos de *escarnito* como: calcissilicática *hornfels*, *escarnitos* de reação, *escarnóides* e o *escarnito* propriamente dito. O primeiro corresponde a um litotipo de granulação fina, de composição calcissilicática, derivado do metamorfismo isoquímico (sem transferência de massa) de carbonatos impuros. Os *escarnitos* de reação são oriundos de metamorfismo isoquímico entre camadas interestratificadas finas de folhelho e carbonato entre as quais ocorre intercâmbio de elementos.

Nos escarnóides, a granulação é fina, seu conteúdo em ferro é baixo e há registros da percolação de fluidos metassomáticos, porém em pequena escala, sendo que a textura e a composição resultantes são controladas pela textura e composição do protólito, assim como nos outros termos descritos acima.

A formação do escarnito, propriamente dito, é consequência da transferência de massa, proporcionada pela percolação de fluidos metassomáticos, o que leva à formação de uma rocha de granulação grossa.

A formação de um depósito de escarnito corresponde a um processo dinâmico. Na maior parte dos grandes depósitos de escarnito, ocorre uma transição desde metamorfismo cedo/distal, que resulta na formação de *hornfels*, escarnitos de reação e escarnóides (rochas na qual a composição do protólito é preponderante) até metamorfismo tardi/proximal, que resulta na formação de escarnito de granulometria grossa, possivelmente mineralizado (NORTON, 1982).

5 GEOLOGIA REGIONAL

5.1 Província Mantiqueira

A área de estudo está inserida na Província Mantiqueira definida por Almeida *et al.* (1977, 1981). Localiza-se paralela a costa atlântica do Sudeste e Sul do Brasil, com direção NE-SW, mais de 3.000 km de comprimento e área aproximada de 700.000 km², se estendendo do sul da Bahia até o Uruguai. Faz limite com as províncias Tocantins, São Francisco e Paraná, e é bordejada à leste, pela margem continental e pelas bacias costeiras do Espírito Santo, Campos, Santos e Pelotas. (HEILBRON *et al.*, 2004).

Heilbron *et al.* (2004) definem que este conjunto de orógenos resultou da colisão diacrônica entre diversos paleocontinentes durante o fechamento do paleo-oceano Adamastor, que em seguida foram amalgamados ao proto-continente recém estabelecido pela colisão das placas Paranapanema e Sanfranciscana. Entre o Neoproterozoico e o Cambriano, ocorreu o período de colagem continental e evolução orogênica que constitui a formação do Gondwana, estabelecido como Orogênese Brasileira.

A Província Mantiqueira é representada pelas faixas: Araçuaí, Ribeira, Dom Feliciano e São Gabriel, e pela zona de interferência entre os orógenos Brasília e Ribeira (Figura 9).

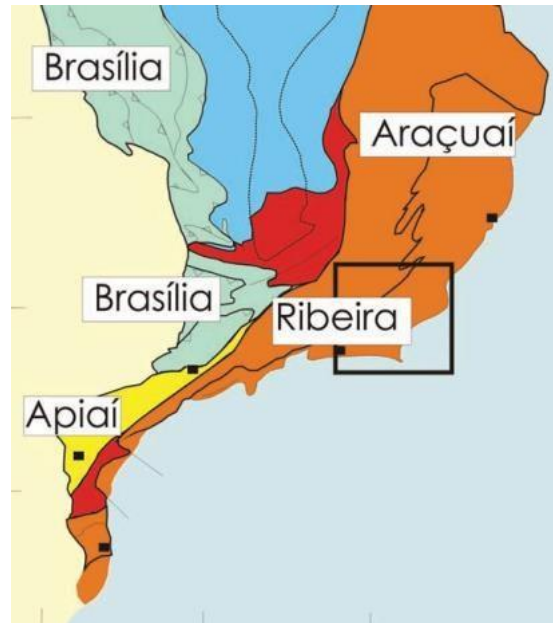


Figura 9 - Localização da Faixa Ribeira no contexto da Província Mantiqueira (Fonte: HEILBRON *et al.*, 2004)

5.2 Faixa Ribeira

A Faixa Ribeira faz parte de um conjunto de orógenos formados durante a amalgamação do Gondwana, apresentando um *trend* estrutural NE-SW e se estende por 1.400 km ao longo da costa Sul e Sudeste do Brasil. É resultado da colisão do Cráton de São Francisco-Congo com a parte ocidental do Cráton de Angola, envolvendo placas, microplacas e arcos de ilhas. Sua evolução decorre em diversos eventos de convergência da Orogenia Brasileira-Panafricana durante o Neoproterozoico-Cambriano com últimos estágios no Ordoviciano Inferior (HEILBRON *et al.*, 2008). A porção central da Faixa Ribeira é dividida em quatro principais terrenos tectono-estratigráficos separados por falhas de empurrão ou zonas de cisalhamento (HEILBRON *et al.*, 2004) que, de noroeste para sudeste são:

a) Terreno Ocidental; b) *Klippe* Paraíba do Sul; c) Terreno Oriental; e d) Terreno Cabo Frio (Figura 10).

A seção geológica do Cráton de São Francisco à Região Serrana fluminense (Figura 10) apresenta, de noroeste para sudeste, os seguintes domínios estruturais (HEILBRON *et al.*, 2004):

a) Domínio Andrelândia Autóctone – cobertura sedimentar autóctone da bacia Andrelândia e embasamento granito gnáissico da crosta atenuada do Cráton do São Francisco;

b) Domínio Andrelândia Alóctone, cobertura sedimentar dobrada e falhada juntamente com embasamento, com vergência para o cráton; c) Domínio Juiz de Fora -- imbricação tectônica entre embasamento e cobertura; d) *Klippe* Paraíba do Sul/Embu, recobrando o Domínio Juiz de Fora, cuja raiz ainda não foi reconhecida; e) Terreno Oriental, com sedimentos de *forearc* e magmatismo pré-, sin-, tardi- e pós-colisional; f) Terreno Cabo Frio, com cobertura neoproterozoica paraúctone e embasamento Paleoproterozoico.

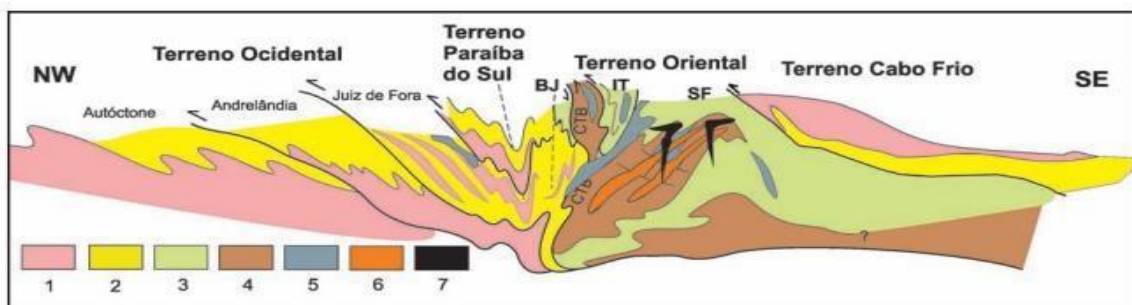


Figura 10 - Compartimentação tectônica da Faixa Ribeira entre a borda do Cráton do São Francisco e o litoral fluminense, passando pela Região Serrana Fluminense. Cor rosa (1) o embasamento Paleoproterozoico; pela cor amarela (2) a cobertura metassedimentar pós-1,8 Ga; na cor verde claro (3) as sequências metassedimentares à volta do arco magmático, ITV, Grupo Itávia; BJ, Grupo Bom Jesus do Itabapoana; SF e Grupo São Fidélis; na região representada pela cor marrom (4), o Complexo Rio Negro, ortognaisses do Arco Mágico; a cor azul (5) os leucognaisses graníticos da Suíte Cordeiro; na cor laranja (6) os gnaisses metaluminosos da Suíte Serra dos Órgãos; e por fim, na cor preta (7), os granitos da Suíte Nova Friburgo (Fonte: HEILBRON *et al.*, 2004).

Heilbron *et al.* (2004) no mapeamento da Folha São Fidélis, inclui a área de estudo no Terreno Oriental da Faixa Ribeira.

5.3 Terreno Oriental

O Terreno Oriental corresponde à uma margem passiva retrabalhada do paleocontinente São Francisco (Figura 11), formado por unidades do embasamento Arqueano/Paleoproterozoico retrabalhado e sucessões sedimentares da margem passiva neoproterozoica. (HEILBRON *et al.*, 2004).

A respeito da área de estudo, ela está inserida no contexto da Faixa Ribeira no Terreno Oriental que é constituída por três escamas tectônicas denominadas de domínios Cambuci, Costeiro e Italva.

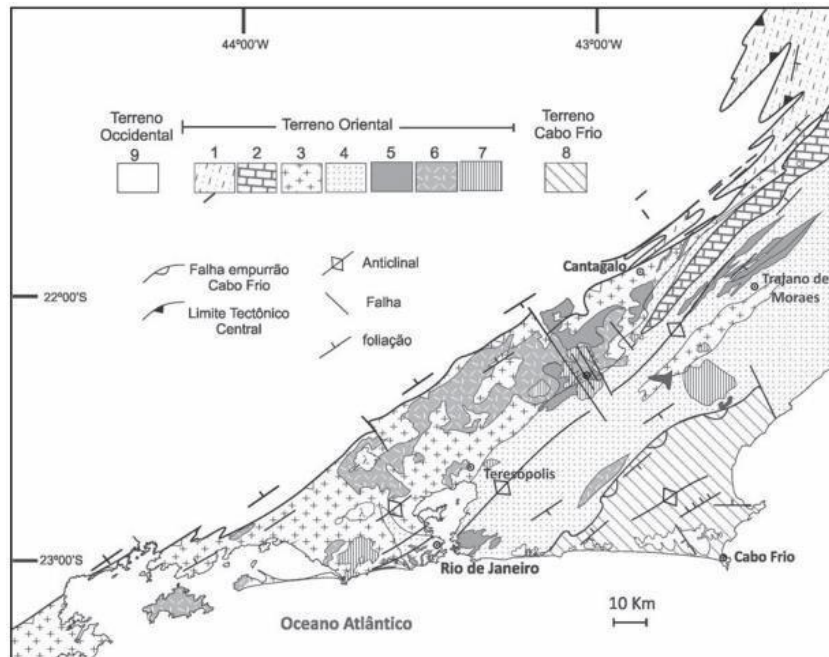


Figura 11 - Mapa geológico do Terreno Oriental da Faixa Ribeira na Região Serrana Fluminense. (1) Grupo Bom Jesus de Itabapoana; (2) Grupo Italva; (3) Complexo Rio Negro; (4) Grupo São Fidélis; (5) Suíte Cordeiro; (6) Suíte Serra dos Órgãos; (7) Suíte Nova Friburgo; embasamento e cobertura dos terrenos: (8) Terreno Cabo Frio e; (9) Ocidental. **E**, todos os compartimentos tectônicos do Terreno Oriental não são relatados rochas do embasamento pré-1,7 Ga. (Fonte: TUPINAMBÁ *et al.*, 2011)

A deformação principal do Terreno Oriental é caracterizada por dois episódios tectônicos progressivos. O primeiro é representado por uma xistosidade de baixo ângulo subparalela ao bandamento, superposta por uma foliação planoaxial relacionada a dobras isoclinais. Todos os dados U–Pb disponíveis para granitos sincollisionais e de minerais metamórficos caem dentro do intervalo entre 580–550 Ma (HEILBRON, 2008).

5.4 Domínio Cambuci/Terreno Oriental

Este domínio compreende uma sucessão meta-vulcano-sedimentar metamorfizada em fácies anfíbolito superior a granulito, invadida por diversas gerações de rochas granitóides (TUPINAMBÁ *et al.*, 2007).

O Domínio Cambuci tem sua descrição feita por Heilbron (2008) como sendo composto de granada-biotita gnaisses com lentes de mármores dolomíticos e calcissilicáticas, onde os protólitos sedimentares destas rochas são interpretados como depósitos de ambiente tipo bacia ante-arco (margem ativa).

A porção meta-vulcano-sedimentar é representada pela Sequência Bom Jesus do Itabapoana, de acordo com Heilbron (2008) ocorre uma divisão em duas principais litologias, sendo a primeira um anfibólio -biotita gnaisses bandados com níveis máficos, que se alternam ritmicamente em camadas milimétricas a centimétricas, e a segunda sendo um mármore dolomítico que apresenta olivina, diopsídio, flogopita, talco e titanita que ocorrem no contato com camadas silicosas intercaladas no mármore. Este último conjunto se destacando como ponto de interesse do presente trabalho, estando representado em escala de mapeamento como Unidade Bom Jesus do Itabapoana. Ainda de acordo com essa autora, essas rochas se formaram durante o período Toniano, com idades de aproximadamente 800 Ma. A Suíte São João do Paraíso é formada durante o período do Ediacarano, durante a colagem Brasileira (colisão 1) com idades entre de 595-560 Ma.

6 RESULTADOS

6.1 Mapa Geológico

O mapa geológico pode ser observado no apêndice 1 em destaque para as três litofácies do mármore que serão descritas em detalhas a seguir. Os pontos tracejados representam um inferência, mais dados devem ser coletados para se obter um mapa de maior detalhe. A seção geológica está no apêndice 2 e a descrição dos pontos no apêndice 3

6.2 Descrição das unidades mapeadas

Como citado anteriormente a cavidade subterrânea apresenta uma rocha encaixante com uma geologia singular, não apenas na cavidade como em também em seu exocarste, aflorando mármores com diferentes assembleias mineralógicas e variação no tamanho dos porfiroblastos de diopsídio, visíveis a olho nu (Figura 13).

Os principais minerais que ocorrem são calcita, forsterita, diopsídio, tremolita e escapolita. Os mapas disponíveis (NOGUEIRA *et al.*, 2012) não apresentam detalhes sobre a variação textural dos mármore. Os contatos entre as diferentes fácies do escarnito são graduais e suas características texturais e mineralógicas serão detalhadas a seguir.

6.2.1 Faciologia do mármore escarnítico

O mármore apresenta granulação média a grossa (caracteristicamente inequigranular), cor branca a branco acinzentado, de estrutura maciça a bandada e textura granoblástica poligonal.

Foram descritos no trabalho de campo três distintas fácies do mármore, que serão detalhadas a seguir.

6.2.2 Fácies Sumidouro

O litotipo dessa subunidade pode ser identificado principalmente pela abundância de enclaves de outros tipos de rochas, com dimensões e formas variadas. Aflora na região central do mapa, disposta em uma faixa de direção NE- SW. Esta fácies forma a rocha encaixante da cavidade do Perazzo/Sumidouro, onde se pode observar em seu interior seus mais belos afloramentos. Localiza-se próxima a intrusão da Unidade Metaígneia São João do Paraíso. O mármore tem como suas características principais a presença de enclaves de rochas calciossilicáticas e granitóides em sua matriz carbonática. A rocha calciossilicática é formada por diopsídio e biotita de ordem centimétrica de diversos tamanhos variando de 0,3 a 9,0cm. (Figura 12) O granitóide é formado por quartzo, biotita, microclina e granada, de ordem decimétrica, variando de 4 cm a quase 1 metro (Figura 13).



Figura 12 - Bloco na entrada da gruta do Perazzo/Sumidouro com a presença de enclaves de rochas calcissilicáticas, feição típica da Fácies Sumidouro (ponto Jy 13).



Figura 13 - Presença de enclaves nos mármore da Fácies Sumidouro, com destaque o granitoide presente na matriz carbonática (A). Observar também a diferença de arredondamento entre os enclaves (B e C), sendo os dois a esquerda subarredondados e o da direita, angular. Ponto próximo ao Jy 13, dentro da cavidade

A matriz carbonática geralmente homogênea tem em sua composição os seguintes minerais: calcita, forsterita, muscovita, diopsídio, biotita e titanita. Os principais minerais metamórficos são o diopsídio e a forsterita que são indicadores de ambientes de alta pressão e temperatura.

Em campo não foi possível observar mudanças texturais na região de contato dessa fácies com a Suíte Metaígneia, entretanto a proximidade dessa Suíte é de grande importância para a formação dos minerais (devido ao calor e aos fluidos metassomáticos) a classificação dessa rocha como um escarnito.

Os afloramentos dessa unidade encontram-se frequentemente bem preservados, apresentando feições típicas de ambientes cársticos, como a formação de lapiás (Figura 14).



Figura 14 – Feições de lapiás em afloramento do mármore da Fácies Sumidouro, produto da dissolução superficial dessas rochas carbonáticas. Observar na superfície do afloramento os enclaves típicos dessa fácies. Ponto Jy 14, a montante da entrada da cavidade.

6.2.3 Fácies de Transição

Aflora na porção nordeste do mapa. Esta fácies se encontra em contato com Fácies Sumidouro ao norte e a Fácies Fina ao sul, disposta em um *trend* NE-SW. Apresenta intercalações de níveis mais grossos e mais finos, sendo que tal variação ocorre provavelmente devido a composição do protólito, sendo esta variação considerada como um S0. Sua mineralogia é homogênea composta por calcita, diopsídio, forsterita e titanita.

A diferença entre os bandamentos ocorre pelo tamanho dos minerais metamórficos e sua concentração, sendo que nas porções mais finas sua composição modal de diopsídio é de aproximadamente 20% e forsterita 6%, e nas porções mais grossas a proporção aumenta para 30% e 10% respectivamente. A calcita é o mineral mais abundante em ambas as bandas. As porções mais finas apresentam cristais de até 3 mm de diopsídio, enquanto as porções mais grossas apresentam cristais variando de 1 a 4 cm. Apresenta variações onde se concentram bandas mais finas (Figura 15).



Figura 15 – Aspecto típico da Fácies de Transição, com destaque para as variações do tamanho dos cristais de diopsídio, em bandas finas e grossas (ponto Jy 35).

Os afloramentos dessa fácies são caracterizados principalmente por lajedos bem preservados e com poucas feições intempéricas, mostrando uma resistência maior ao intemperismo do que a unidade citada anteriormente. Exibe sinais de prospecção, como explosões (provável utilização do calcário para cal e cimento) e cortes na rocha dando indícios de exploração para uso ornamental.

6.2.4 Fácies Fina

Aflora em duas faixas na área estudada, dispostas na direção NE-SW sendo uma no extremo noroeste da área e a outra na porção leste. Esta fácies constitui a mais distal em relação a Suíte Metaígneia e ocorre em contato com a Fácies Transicional e o Gnaiss Bom Jesus do Itabapoana. Sua mineralogia é composta de calcita, diopsídio e forsterita. É caracterizado por apresentar cristais de diopsídio menores, de dimensões milimétricas. Sua composição modal mostra que a concentração de forsterita é a menor encontrada nas fácies reconhecidas do mármore, com aproximadamente 5%, evidenciando que o calor oriundo da intrusão ígnea foi um fator importante para a formação desse mineral. Não apresenta foliação, e o mineral mais abundante é a calcita com cerca de 70% (figura 16).



Figura 16 - Aspecto da Fácies Fina, com destaque para a ocorrência de cristais milimétricos de diopsídio presente na matriz carbonática (ponto Jy 11).

Os afloramentos dessa unidade são bem preservados, com muitos blocos soltos e dispersos ao longo da área, com pequenos lajedos próximos a drenagens. A rocha apresenta cor branco acinzentado e sua principal característica são os cristais de diopsídio que se destacam na matriz carbonática. A granulação é média a grossa (caracteristicamente inequigranular), de estrutura maciça ou levemente foliada.

6.2.5 Quartzito

Esta litologia foi registrada na porção nordeste da área de mapeamento, ocorrendo na forma de matacões e grandes afloramentos em contato com a Fácies Fina e o Gnaiss Bom Jesus do Itabapoana. Sua mineralogia identificada por meio de lupa em campo consiste basicamente de quartzo e muscovita. Sua ocorrência se limita a uma pequena porção, podendo ser classificada como uma camada lenticular de pequena proporção (Figura 17).



Figura 17 - Aspecto de afloramento do quartzito (ponto Jy 27).

A ocorrência dessa litologia é mais uma evidência importante de que se trata de um ambiente de bacia sedimentar, mostrando uma variação no aporte sedimentos terrígenos e aumento de energia, formando diferentes protólitos que aopassar dos milhões de anos formaram estas rochas.

6.2.6 Ortognaisse Bandado

Constitui um ortopiroxênio-granada-biotita gnaiss em contato com as fácies Fina e de Transição do mármore. As suas ocorrências, concentradas no setor norte/noroeste da área, são predominantemente através de matacões dispersos sobre o terreno e ao longo das drenagens, com escassos afloramentos (Figura 18). Apresenta porções com minerais mais máficos. Presença de quartzo, biotita e piroxênio e feldspatos.



Figura 18 - Aspectos do Gnaiss bandado. Apresentam forte foliação metamórfica e correm predominantemente na forma de matacões sobre as colinas e acumulados nas drenagens (ponto Jy 03).

6.2.7 Granada- Muscovita Paragnaisse

Constitui um granada-muscovita paragnaisse, ocorre na forma de lente na Fácies Fina. Ocorre entre o mármore a leste e o ortognaises a oeste, sua principal característica é a abundância de granadas de coloração avermelhada, quando afetada pelo intemperismo, ganha uma cor vermelho característica. Ocorre principalmente na forma de blocos no topo de morros. Composta por granada, biotita, muscovita, quartzo com inclusões de quartzo nas granadas. Concentrada na região leste da área de estudo (Figura 19).



Figura 19 - Aspectos do Granada-xisto gnaiss. Ponto Jy 26

6.2.8 Metaígneia

O corpo intrusivo é constituído por uma suíte metaígneia cinzenta de granulação fina e textura fanerítica inequigranular, variando sua composição de leucogranito a charnoquito. Possui agregados de minerais máficos com escassas granadas. Em campo não foi possível observar a intrusão bem preservada, apenas fragmentos dispersos e afloramentos altamente alterados. Rocha em contato com a Fácies Sumidouro e o gnaiss bandado, é interpretada por Heilbron (2007) como uma intrusão ígnea relacionada a ocorrência de diques durante a quebra do Gondwana com idade em torno de 120 milhões de anos (Figura 20).



Figura 20 - Afloramento com intemperismo avançado da Metaígneia (ponto Jy 37).

Apesar da pequena espessura dos corpos intrusivos, a interação entre o magma granítico e as rochas encaixantes durante a consolidação do magma e, principalmente por meio da circulação dos fluidos residuais da cristalização do magma, caracterizou-se por uma diversidade de processos metassomáticos.

Estes, por sua vez, foram responsáveis pelo intercâmbio de elementos entre o magma e a rocha encaixante o que provocou todo um zoneamento composicional (aqui expresso pela composição modal) desde a intrusão até o mármore encaixante

(metassomatizado) em função de gradientes de temperatura e da disponibilidade de elementos químicos presentes.

7. PETROGRAFIA

Para a análise petrográfica procedeu-se a coleta de amostras somente nos litotipos carbonáticos. Como foi mencionado, os diferentes litotipos representados na área de estudo são: Mármore (Fácies Sumidouro, Transcional e Fina), Ortognaisse, Metaígneia e Quartzito. Por questão didáticas e orçamentarias, o enfoque petroográfico será feito nas unidades do Mármore e seus enclaves. As amostras coletadas foram analisadas petrograficamente com o intuito de identificação mineralógica, possíveis estruturas, relações texturais e grau metamórfico.

7.1 Critérios de Classificação e Nomenclatura

Calcários são rochas contendo mais de 50% de minerais carbonáticos. A coloração da rocha pode variar de acordo com a mineralogia presente. A cor cinza azulada geralmente se deve à mistura de material pelítico ou presença de matéria orgânica. As variedades claras que vão desde o branco puro até branco com tons marrons claro, rosa ou cinza claro, provavelmente são decorrentes da presença do tipo de carbonato presente. Condições de maior oxidação nas texturas mais finas têm coloração mais escura, frequentemente indicativa de condições redutoras na diagênese inicial (FAIRBRIDGE, 1967).

Dolomitos são rochas compostas principalmente de dolomita ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$), um sal duplo formado por 45,7% de MgCO_3 e 54,3% de CaCO_3 ou, em óxidos: 21,8% MgO , 30,4% CaO e 47,8% CO_2 .

Para a classificação petrográfica das rochas carbonáticas metamórfica os critérios analisados serão essencialmente mineralógicos e texturais. Para tal foram utilizadas as proposições de Leighton & Pendexter (1962) e de Pettijohn (1975), adaptadas às rochas metamórficas.

As designações de textura seguem os critérios:

- i. Textura granular macrocristalina (neste trabalho denominado granoblástica), aquela com agregados de grãos com diâmetro maior que 0,2 mm;
- ii. Granular microcristalina aquela com agregados de grãos com diâmetro variando entre 0,01 e 0,2 mm; e
- iii. Granular criptocristalina aquela com agregados de grãos menores que 0,01 mm.

7.2 Fácies Sumidouro

É uma rocha de granulação média e textura granoblástica poligonal. É composta basicamente por cristais de dolomita (aproximadamente 56 %), com fenoblastos de diopsídio (em lâmina variando de 2 a 20mm) e forsterita (variando de 4 a 12mm). O diopsídio se mostra euédrico a subédrico com fraturas. A forsterita ocorre subédrica a anédrica com fraturamentos. Os opacos encontram se dispersos e representam apenas 2% da composição modal (Figura 21). Os minerais carbonáticos se mostram euédricos a subédricos com sinais de alteração para argilominerais. Nesta unidade se desenvolve a Caverna do Perazzo/Sumidouro.

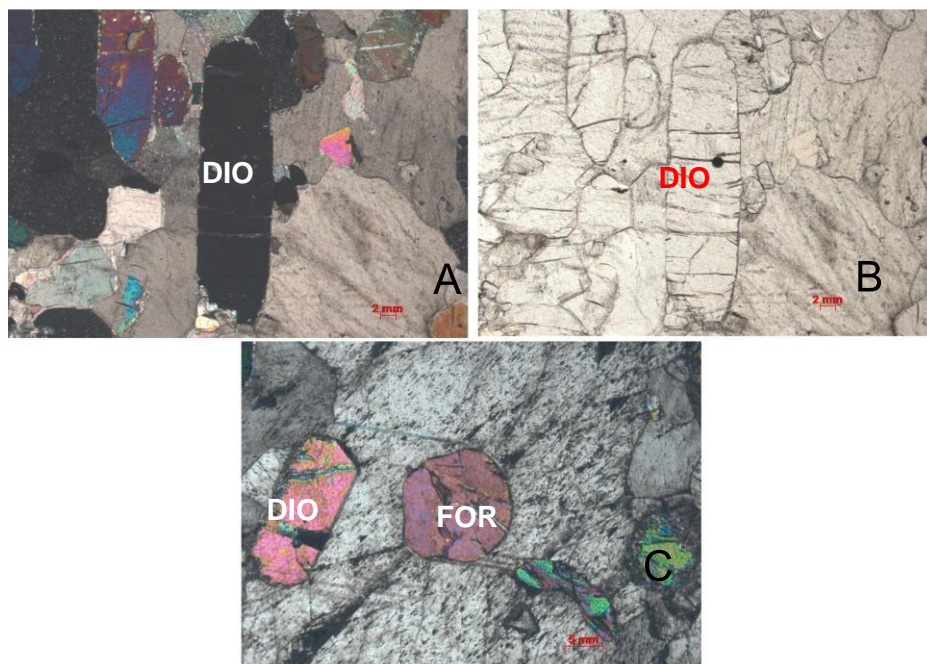


Figura 21 - Amostra SUM 2A, A luz polarizada e B a luz natural, em C cristais de diopsídio e forsterita. Fotomicrografia digital da Fácies Sumidouro com textura granular granoblástica. Onde DIO= diopsídio e FOR=forsterita .

7.3 Fácies de transição

Constitui uma rocha de granulação média e textura granoblástica poligonal. A porção mais grossa é composta por cristais de dolomita (aproximadamente 58 %), com fenoblastos de diopsídio (em lâmina variando de 5 a 60mm) e forsterita (variando de 4 a 9mm). O diopsídio se mostra euédrico a subédrico com fraturas. A forsterita ocorre subédrica a anédrica com fraturamentos. Os opacos encontram se dispersos e representam apenas 1% da composição modal. Os minerais carbonáticos se mostram euédricos a subédricos. (Figura 22).

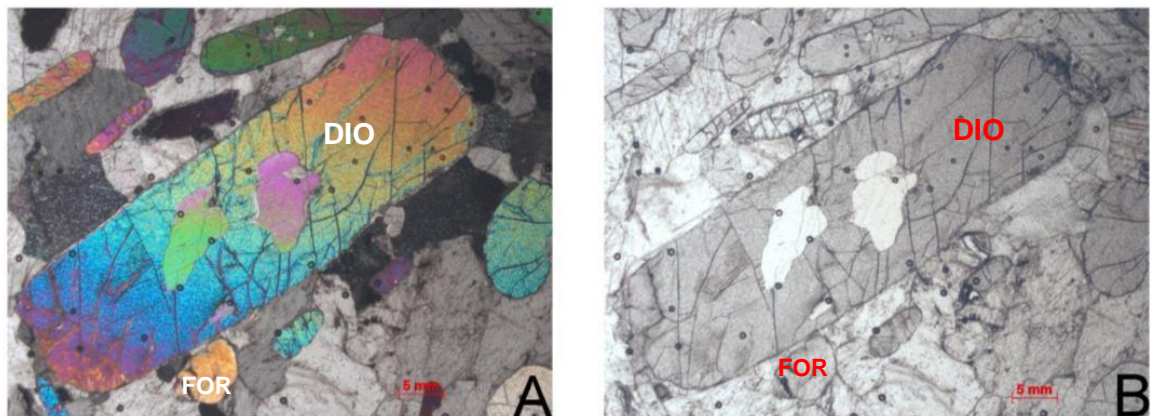


Figura 22 - Amostra SUM 5, A) Fenoblasto de diopsídio em luz polarizada e B) a luz natural (representação da porção mais grossa), com cristais variando de 5 a 60mm. Com presença de alterações de argilominerais. Onde DIO= diopsídio e FOR=forsterita .

A porção mais fina é composta por cristais de dolomita (aproximadamente 64 %), com fenoblastos de diopsídio (em lâmina variando de 2 a 20mm) e forsterita (variando de 1 a 5 mm). O diopsídio se mostra euédrico a subédrico com fraturas. A forsterita ocorre subédrica a anédrica com fraturamentos. Os opacos encontram se dispersos e representam apenas 1% da composição modal. Os minerais carbonáticos se mostram euédricos a subédricos (Figura 23).

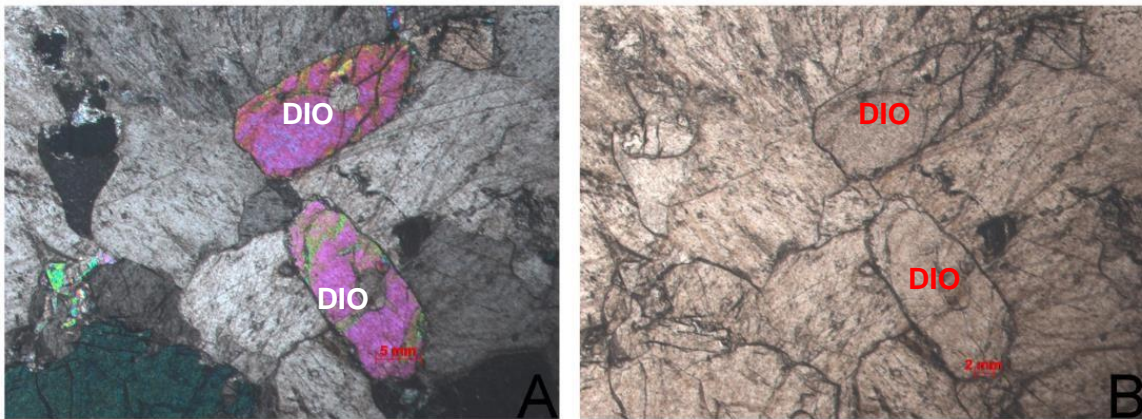


Figura 23- Amostra SUM 6, A) Fenoblasto de diopsídio em luz polarizada e B) a luz natural (representação da porção mais fina), com cristais variando de 2 a 20 mm. Onde DIO= diopsídio.

7.4 Fácies Fina

Constitui um mármore de granulação média e textura granoblástica poligonal. É composta por cristais de dolomita (aproximadamente 63 %), com fenoblastos de diopsídio (em lâmina variando de 2 a 6 mm) e forsterita (variando de 1 a 3 mm). O diopsídio se mostra euédrico a subédrico com fraturas. A forsterita ocorre subédrica a anédrica com fraturamentos. Os opacos encontram-se dispersos e representam apenas 2% da composição modal. Os minerais carbonáticos se mostram euédricos a subédricos (Figura 24).

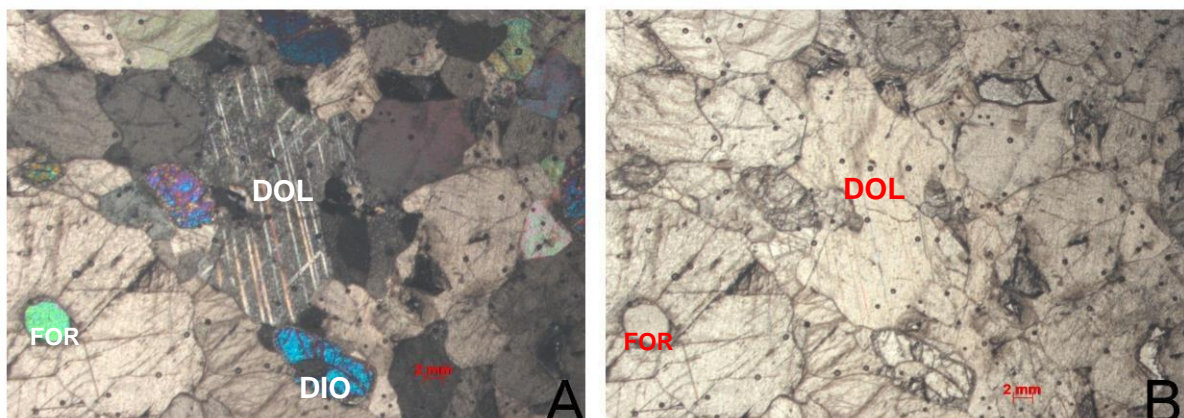


Figura 24 - Amostra SUM 3B- A) em destaque cristal de dolomita em luz polarizada e B) em luz natural, presente em menor proporção e tamanho cristais de diopsídio (variando entre 2 e 6 mm) e forsterita (variando entre 1 mm- 3 mm). Com textura granular granoblástica. Onde DIO= diopsídio, FOR=forsterita e DOL = dolomita.

Neste estudo, observou-se a larga predominância do arranjo granoblástico.

Minerais compondo mais de 8% modais antecedem o nome da rocha em ordem crescente de abundância.

7.5 Composição modal

A composição modal das amostras da Fácies Sumidouro (SUM 2 A), Fácies Transição porção grossa (SUM 5), Fácies Transição porção fina (SUM 6) e Fácies Fina (SUM 3B) feita por estimativa e indicada em porcentagem, onde Dol = dolomita, Forst = Forsterita, Diop = Diopsídio e Opacos, são relatadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Composição modal das fácies do mármore feita por estimativa e indicada em porcentagem, onde Dol = dolomita, Forst = Forsterita, Diop = Diopsídio e Opacos.

Amostras	Dol	Forst	Diop	Opacos
SUM 2A	56	16	26	2
SUM 5	58	12	29	1
SUM 6	64	11	24	1
SUM 3B	63	8	27	2

Fica evidente a variação da composição modal significativamente no mineral forsterita, onde na Fácies Sumidouro este possui maior abundância e tamanho relativo dos cristais, diminuindo progressivamente na Fácies Transicional e, com menor expressão, na Fácies Fina.

7.6 Enclaves

Como relatado anteriormente, a Fácies Sumidouro apresenta enclaves de rochas calcissilicáticas e granitoides, que serão descritas a seguir.

7.6.1 Calcissilicática

Esta rocha se encontra na forma de enclave dentro da matriz carbonática da Fácies Sumidouro, ocorrendo em tamanhos variando de 3 cm até quase 1 metro. Apresenta uma textura granoblástica poligonal, com presença de cristais de diopsídio (aproximadamente 80 %) e biotita (18%) e opacos (Figura 25).

A tabela 2 representa a composição modal da rocha calcissilicática.

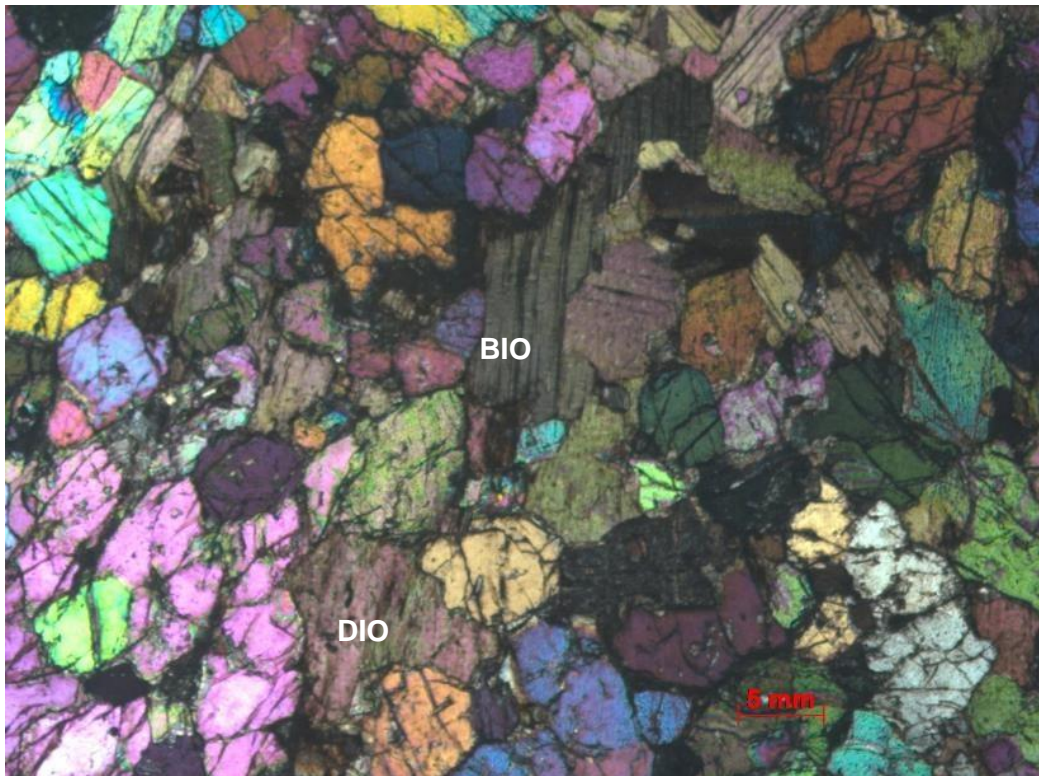


Figura 25 - Amostra SUM 2C. Enclave de rocha calcissilicática presente na matriz carbonática, presença de cristais de diopsídio e biotita. Onde DIO= diopsídio e BIO= biotita

Tabela 2 - Composição modal do enclave de Calcissilicática presente dentro do mármore realizada por estimativa e indicada em porcentagem, onde Diop = diopsídio, Bio = Biotita e Opacos.

Amostras	Diop	Bio	Opacos
SUM 2C	80	18	2

7.6.2 Granitóide

Está rocha se encontra na forma de enclaves dentro da matriz carbonática da Fácies Sumidouro, ocorrendo em tamanhos variados, variando de 30 cm até mais de 1 metro. Sua mineralogia é composta por cristais de quartzo (40%), biotita (33%),

microclina (20%), granada (5%) e opacos (2%). Sua principal característica é uma foliação bem marcada pela biotita e a presença da granada (Figura 26).

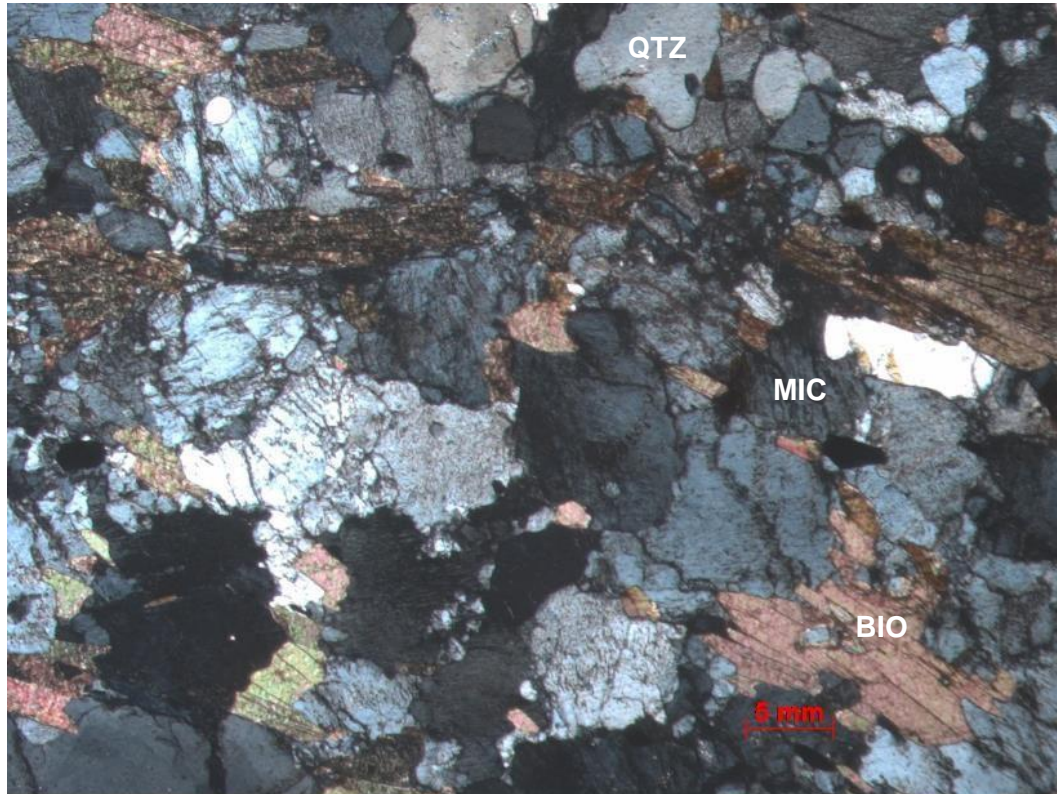


Figura 26 – Amostra SUM 2A -Enclave de rocha granítica presente na matriz carbonática, presença de cristais de quartzo, biotita, microclina, granada e opacos. Onde BIO = Biotita, QTZ= quartzo e MIC= microclina.

Tabela 3 - Composição modal do enclave de granitóide presente dentro do mármore feita por estimativa e indicada em porcentagem, onde Qtz=quartzo; Mcl=microclina, Biot=biotita, Gr= granada e Mo=minerais opacos.

Amostras	Qtz	Mcl	Biot	Gr	Mo
SUM 2A	40	20	33	5	2

8 GEOLOGIA ESTRUTURAL

De acordo com Tupinambá (2007), as rochas do Domínio Cambuci têm como arcabouço estrutural principal dobramentos verticais, caracterizados como D_3 (por suas características tardias). A foliação principal é caracterizada por uma xistosidade grossa, sendo determinada como S_2 . É definida pelo arranjo planar de minerais tabulares, prismáticos e/ou micáceos em uma matriz granoblástica.

A foliação S_2 está relacionada com a deformação principal do Terreno Ocidental é representada por uma xistosidade de baixo ângulo subparalela ao bandamento, superposta por uma foliação plano axial relacionada a dobras isoclinais. Esta xistosidade apresenta se dobrada (D_3) como pode ser observada na Figura 27.

O sistema de deformação que afetou as rochas da região deu-se em condições dúcteis, gerando uma intensa e generalizada foliação S_1 , disposta quase sempre paralelamente ao antigo acamamento sedimentar. A foliação S_2 é a estrutura mais comum e marcante na área, podendo ser verificada em quase todos os afloramentos. É possível observar em pontos essas feições deformacionais.



Figura 27 - Charneira de dobra em mármore da Fácies de Transição, com plano Axial 257/24.

A heterogeneidade do processo deformacional que acompanhou o desenvolvimento de S_2 , caracteriza-se pela alternância de níveis de espessuras milimétricas a decimétricas de rochas muito deformadas, com densa foliação, alternados com níveis pouco ou não deformados, nas quais a foliação é inexistente ou então, muito mal desenvolvida.

O diagrama de isodensidade polar concentra todas as medidas de foliação obtidas em campo, indica a ocorrência de uma dobra na região de estudo, visto que ocorre uma concentração de densidade polares em quadrantes opostos, mostrando predominância contrária de flancos diferentes (Figura 28). Neste diagrama representado a abaixo observa-se uma concentração de polos na porção SE, indicando uma predominância de planos mergulhando para NW. Ao mesmo tempo temos uma concentração de polos na porção NE, indicando uma predominância de planos mergulhando para SW. Esses dois planos principais mostram os dois flancos de uma dobra em escala regional.

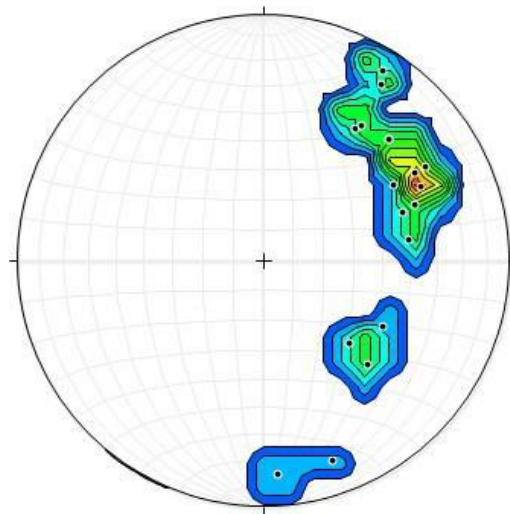


Figura 28 - Diagrama de contorno das foliações obtidas em 18 pontos da área de mapeamento, indicando uma dobra.

As dobras D_3 são encontradas em poucos afloramentos, apresentando-se de um modo geral com dimensões decimétricas a métricas. Variam em perfil de dobras fechadas a isoclinais, sendo desenhadas pelo antigo acamamento sedimentar, mais evidentes nos mármore e no gnaisse. A Figura 29 representa distribuição dos polos associados à foliação principal S_2

No primeiro estão os polos plotados com curvas de densidade referentes a esses polos e no segundo estão os polos plotados.

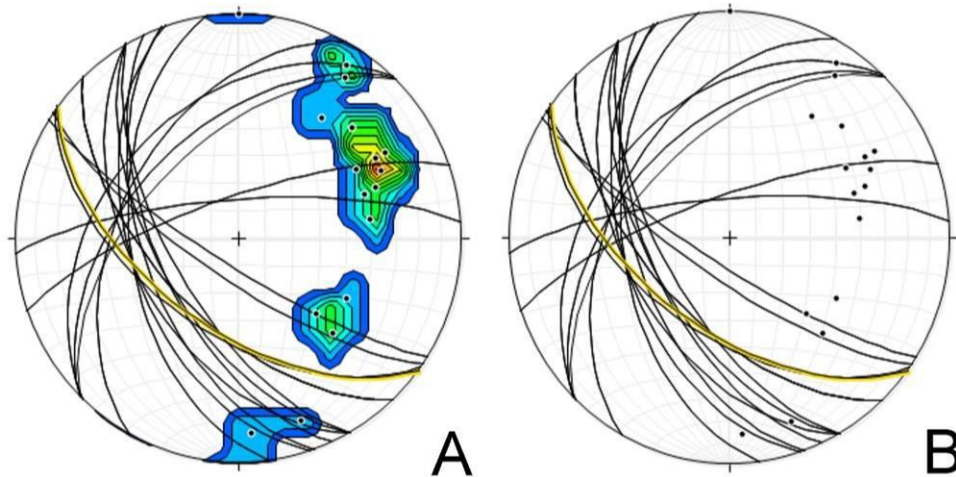


Figura 29 - A) Diagrama de Densidade de pólos de Foliação S2. B) Diagrama de representação ciclográfica de 18 medidas de foliação S2.

9 DISCUSSÕES

Os sedimentos carbonáticos formam um relevante registro de mudanças ambientais, por terem origem no próprio sítio deposicional, ao contrário dos sedimentos terrígenos, com áreas fontes externas à bacia. O termo mármore implica numa completa recristalização de carbonatos com neoformação de calcita e, eventualmente, de outros minerais por intermédio de um processo metamórfico e, portanto o termo deverá ser reservado para designar apenas as rochas metamórficas essencialmente constituídas por calcita e/ou dolomita com textura granoblástica (MARTINS 1998).

A produção de sedimentos carbonáticos envolve diversas condições como: luminosidade, temperatura, salinidade, contaminação terrígena, aporte de nutrientes, natureza do substrato e níveis de energia da água. Entretanto temperatura e salinidade são os principais controles em escala global. O máximo de produção de sedimentos carbonáticos ocorre em águas rasas (menos que 10 metros de profundidade) e agitadas. Estas condições são presentes nos interiores de rampas e em bordas de plataformas, onde a produtividade orgânica promove elevada produção biogênica e abiogênica de carbonato (TUCKER, 1990).

Plataforma carbonática é um termo geral utilizado para descrever sequências de depósitos carbonáticos antigos e recentes. Elas podem estar inseridas em diversos contextos geotectônicos, embora sejam mais encontradas ao longo de margens

continentais passivas, em bacias intracratônicas com falhamentos do tipo rifte e bacias de retroarco a antepaís (TUCKER,1990).

As plataformas carbonáticas funcionam como “fábricas” de carbonatos, ou seja, são não apenas os espaços onde o sedimento carbonático é desenvolvido, mas também os processos de produção envolvidos (TUCKER,1990).

A formação de plataformas carbonáticas é resultado de diversos mecanismos controladores. Com destaque aqueles de origem tectônica, oceanográfica, climática, ecológica e eustática (LUKASIK; SIMO, 2008). A junção desses fatores é responsável pela deposição carbonática, presentes em ambientes atuais e antigos (Figura 30).

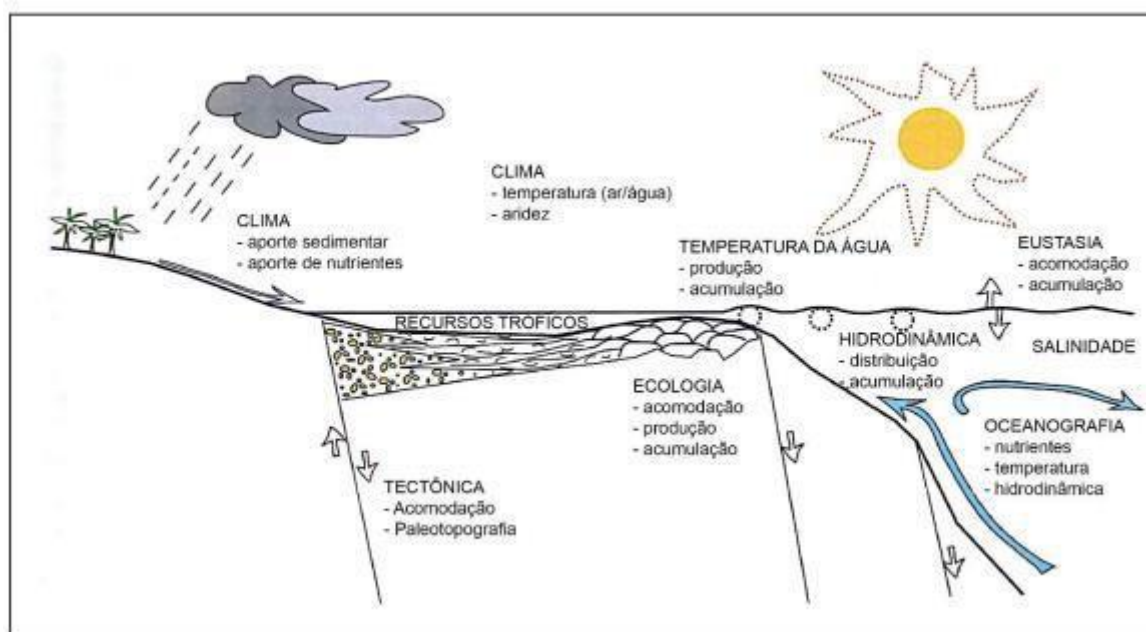


Figura 30 - Fatores controladores do desenvolvimento de plataformas carbonáticas e recifes. Fonte: Lukasik e Simo (2008).

Por ser um sistema dinâmico, esses processos podem estar interconectados e/ou superpostos, deixando mais difícil a separação no registro geológico (EBERLI, 1991). Esse mesmo autor verificou através de experimentos, que a precipitação de carbonatos por bactérias, na presença de grande quantidade de matéria orgânica, é causada pela liberação de CO_2 e posteriormente de H_2S , que provocam, respectivamente, um decréscimo e um aumento no pH. Isto faz com que os íons de Mg e Ca, livres num meio saturado em CO_2 formem bicarbonatos, provocando na interface água/ar, a formação de carbonatos cristalinos, quando a tensão de CO_2 diminui.

Veizer *et al.* (1989) procuram relacionar a origem das rochas carbonáticas neoproterozoicas à massiva carbonitização, silicificação e sericitização de corpos silicáticos preexistentes. Esse grupo de autores propõem um modelo evolutivo de rochas carbonáticas neoproterozoicas em que, à medida que crescia a espessura dos recifes, o fundo do mar (provavelmente um mar epicontinental) sofria lenta e uniforme subsidência, permitindo a permanência das algas na zona fótica. Aomesmo tempo, processava-se a dolomitização de depósito calcário, parte pela lixiviação do CaCO_3 , parte como produto de reações com sais marinhos favorecidos possivelmente por um clima quente.

Outra parte do pacote dolomítico deve ter sido também produzida por microrganismos, algas ou bactérias, que não possuindo hábito gregário, não constituíram recifes com estruturas peculiares.

O estudo sobre o ambiente de deposição de rochas sedimentares carbonáticas é um assunto de elevada complexidade. Essa se torna ainda maior quando se pretende interpretar o ambiente de deposição de uma sequência de rochas afetadas por metamorfismo de contato.

Acredita-se que parte dos protólitos dolomíticos que formam a gruta do Perazzo/Sumidouro tenham se originado a partir da deposição de CaCO_3 pela ação de microrganismos. De acordo com Tucker (1990), as mudanças que ocorrem na composição modal das fácies podem refletir as modificações na composição química da água do mar, ou seja, a rocha já se encontrava diferenciada internamente desde o seu protólito.

Outro fator a ser destacado é a posição da intrusão ígnea, sendo notório que a ocorrência da forsterita e o tamanho dos fenoblastos de diopsídio vai diminuindo proporcionalmente em relação da razão proximal/distal da intrusão ígnea. Mudando características do mármore, sendo possível assim fazer uma distinção entre as três fácies.

A intrusão ígnea quando em contato com o mármore modifica a mineralogia por meio de processos metassomáticos e a entrada de fluidos no sistema, propiciando o crescimento dos cristais de diopsídio e a formação da forsterita condicionadas pelas diferenças que o protólito carbonático apresentava.

Os mármore reunidos na Fácies Sumidouro podem ser representados como um protólito carbonático de origem biogênica, com a influência de aportes siliciclásticos de rochas ígneas (enclaves de granitoides) e calcissilicáticas, que remete a um

ambiente marinho raso de maior energia, mais proximal ao continente com aporte de clásticos terrígenos continentais de alta energia, representados pelo granada-gnaiss e quartzito próximos, cujos protólitos foram, respectivamente, sedimentos lutíticos e areias quartzosas

Ademais, os mármore da Fácies de Transição podem ser representados como um protólito carbonático de origem biogênica, cujas variações no crescimento dos cristais que diferenciam as bandas grossas e finas podendo ser interpretadas como variações na composição química do mar no período de deposição do CaCO_3 , visto que a formação do diopsídio está diretamente relacionada a abundância de calcita e tremolita, como pode ser observado na reação de metamorfismo:



Logo, as bandas mais grossas podem ser interpretadas como protólitos sedimentares mais puros em calcita, e as bandas finas camadas mais impuras, sendo esta intercalação interpretada como um S0.

Um outro fator que pode interpretar essa variação seria o ambiente de plataforma afogada, modelo proposto por Tucker (1990), comuns no registro geológico, que constituem resultado de uma rápida elevação no nível relativo do mar, que passa a depositar fácies de águas mais profundas sobre calcários marinhos rasos.

Os mármore reunidos na Fácies Fina podem ser interpretados como um protólito carbonático de origem biogênica sem apresentar mudanças abruptas em sua composição. Tal fato pode ser explicado por essa fácies se formar em ambientes marinhos mais profundos e distais em relação aos demais. A Figura 31 é uma representação esquemática do paleoambiente deposicional das fácies do mármore.

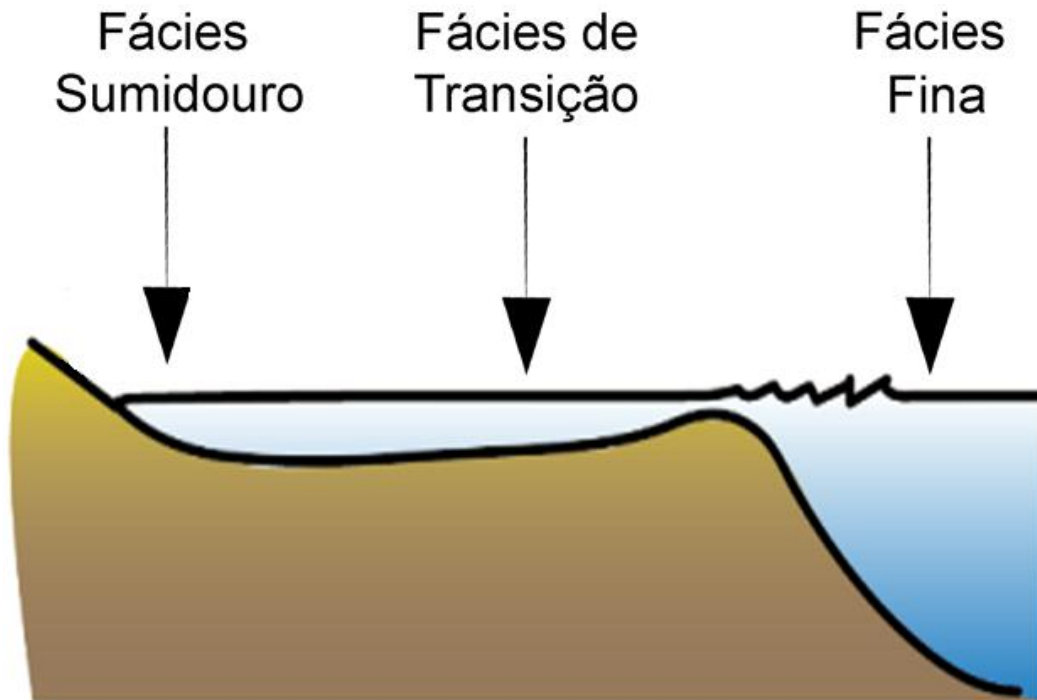


Figura 31 - Modelo de plataforma carbonática, com os ambientes deposicionais das fácies do mármore. Fonte: Modificado de Tucker e White (1990).

O zoneamento composicional completo envolve o granito metassomatizado (*endoskarn*), o escarnito; o mármore metassomatizado (*exoskarn*) e o mármore puro (MEINERT, 1992). Considerando as ponderações acima, pode-se concluir que a rocha encaixante da Gruta do Perazzo/Sumidouro constitui um diopsídio-forsterita- mármore dolomítico exoeskarnítico, sendo este enquadrado na Fácies Sumidouro aqui definida. Esta nomenclatura define o processo de formação da rocha encaixante da Gruta do Perazzo/Sumidouro, relacionado a um evento metamórfico de contato ocasionado durante a evolução da Faixa Ribeira por meio de intrusões ígneas, que libera além de calor, fluidos metassomáticos que trazem novos elementos para a formação dessa rocha. Em condições de fácies anfibolito superior ($>700^{\circ}\text{C}$) média pressão (3,3 a 6 kbar). Tais condições são possíveis de se determinar pela assembleia mineralógica, a ocorrência de diopsídio e forsterita simultaneamente são característicos de ambientes metamórficos anfibolito superior.

10 CONCLUSÕES

Os estudos petrográficos e estruturais efetuados nos mármore da região ao entorno da Gruta do Perazzo/Sumidouro forneceram importantes informações no que se refere a sua mineralogia, intensidade de metamorfismo e reconstituição paleoambiental de uma porção da Faixa Ribeira.

A variabilidade composicional das diferentes zonas observadas nos pontos de estudo reflete a mobilidade e o intercâmbio de elementos químicos entre o magma e o mármore encaixante. A partir disso algumas é possível chegar nas seguintes conclusões:

- O zoneamento observado nas fácies do mármore indica um processo claro de transferência de Si, Ca e Mg do magma para o mármore encaixante, como evidenciado pela formação de silicatos no *exoskarn* (mármore metassomatizado) permitindo a formação dos minerais diopsídio e forsterita.
- Aparentemente o contato entre o mármore e o granito ocorrem de forma abrupta, não apresentando uma auréola de contato propriamente dita, ou seja, não há formação do escarnito.
- Desenvolveu-se quase que exclusivamente diopsídio e forsterita em matriz de carbonática no mármore que sofreu alteração metassomática em função da sua proximidade com o granito na zona de contato; isto é, houve a formação apenas do *exoskarn*.
- Os mármore da região caracterizam-se como dolomíticos. As características texturais destes mármore é definida como granoblástica, com variações na proporção mineralógica e no tamanho dos cristais metamórficos, e presença de enclaves (apenas na Fácies Sumidouro). Tais distinções permitiu a classificação em três fácies. Sua deposição teria se dado provavelmente no Neoproterozoico em uma plataforma carbonática marinha rasa.
- Os mármore da rocha encaixante da cavidade subterrânea se incluem, predominantemente, na Fácies Sumidouro as quais ocorrem sob a forma de grandes corpos alongados seguindo direção aproximada NE-SW.

- A descrição do primeiro espeleotema do tipo *conulito* no estado ressalta o grau de relevância científica em escala nacional da cavidade, dados paleoclimáticos únicos podem ficar registrados nesses espeleotemas e dar indícios de como o clima evoluiu ao longo do Pleistoceno.

A realização de pesquisas científicas em cavernas no Brasil, incluindo a Gruta do Perazzo/Sumidouro, contribui para o crescente conhecimento destas feições e auxiliam em sua preservação principalmente frente a indústria do cimento que tem forte presença na região Norte fluminense.

11 PRÓXIMOS PASSOS

Esse estudo ainda está em andamento, por se tratar de uma região com uma geologia complexa, mais dados e análises devem ser feitas, como buscar indícios de mineralizações (encontrar o corpo escarnítico) pode ser um local com um viés econômico. Análises químicas devem ser feitas e irão dar mais indícios se ocorre de fato um evento metassomático na região. Mais pontos de campo e dados estruturais para compreender a evolução da gruta do Perazzo/Sumidouro em relação a rocha encaixante e os eventos deformacionais que ali ocorreram.

A região apresenta uma rica geodiversidade e apresenta um potencial para a implementação de um geosítio municipal, pela riqueza e singularidade das rochas ali presentes destacando a sua origem e características únicas no território fluminense. Que por conta da indústria do cimento corre constata perigo, a maioria das cavidades naturais da localidade fazem parte de propriedades privadas dessas grandes empresas, com destaque a Votorantin.

A caverna que é uma das principais do estado, por ser formada em uma rocha provavelmente exoescarnítica configura uma ocorrência única no Brasil, com poucos exemplares similares relatadas na literatura. A rica presença de espeleotemas com destaque ao conulito, é mais uma evidência de que a região precisa ser preservada e um potencial muito grande para ser um ponto de interesse geológico, podendo ser visitado pela população local, turística, espeleológica e científica.

O trabalho científico auxilia na preservação e conservação de pontos de importância geológica como esse. Este trabalho é um início de vários que virão dessa localidade que apresenta tão rica geodiversidade e um potencial científico relevante no contexto nacional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, F.F.M.; HASUI, Y.; BRITO NEVES, B.B.; FUCK, R.A. 1977. Províncias Estruturais Brasileiras. *In: Simpósio de Geologia do Nordeste*, 8, Campina Grande. *Anais...* Sociedade Brasileira de Geologia, Vol. 1, págs. 363-391.
- ALMEIDA, F.F.M.; HASUI, Y.; BRITO NEVES, B.B.; FUCK, R.A. 1981. Brazilian structural provinces: an introduction. *Earth Sciences Review*, págs. 1- 29.
- ANDRADE, J.M.S.; ALMEIDA, L.H.S.; RAMOS, R.R.C.; CARVALHO, M.A. 2019. Caracterização dos depósitos sedimentares da Gruta do Sumdouro, Município de Cambuci (RJ). *In: 35º Congresso Brasileiro de Espeleologia, Bonito-MS. Anais...* SBE, págs. 80-85.
- AULER, A.; ZOGBI, L.; CASSIMIRO, R. 2008. Mapa espeleométrico da Gruta do Perazzo, R* RJ-25, Fazenda Perazzo, Cambuci (RJ). Instituto do Carste, Belo Horizonte, MG.
- BOGGS Jr., S. 2009. *Petrology Sedimentary Rocks*. 2ºed. New York: United States of America by Cambridge University, págs.45-56.
- BOSCH, R.F. & WHITE, W.B. 2004. Lithofacies and transport of clastic sediments in karstic aquifers. *In: White W.B. (Ed). Studies of cave sediments: physical and chemical records of paleoclimate*. Nova Iorque: Ed. Springer, págs. 1-22.
- CAVALCANTE, R.; CUNHA, A.L.C.; OLIVEIRA, R.G.; MEDEIROS, V.C.; DANTAS, A.R.; COSTA, A.P.; LINS, C.A.C.; LARIZZATTI, J.H. 2016. Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil: Área Seridó-Leste, extremo nordeste da Província Borborema (RN-PB) – Brasília, DF: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, págs. 55-58.
- CULVER, David C.; WHITE, William B. (Ed.). *Encyclopedia of caves*. Amsterdam: Elsevier, 2005.págs 35-42.
- DUPLESSY, J.C.; LALOU, C.; VINOT, A.C. 1963. *Differential isotopic fractionation in benthic foraminifera and paleotemperatures reassessed*, Ed. Springer.págs. 250-251.
- EBERLI, G.P. 1991. Growth and demise of isolated carbonate platforms: Bahamian Controversies. *In: Muller, D.W., McKenzie, J.A., Weissert, H. (Orgs.), Controversies in Modern Geology: Evolution of Geological Theories in Sedimentology, Earth History and Tectonics*. Academic Press, London, págs. 231– 248.
- FAIRBRIDGE, R.W. 1967. Phases of diagenesis and authigenesis. *In: Developments in Sedimentology*. Elsevier, págs. 19-89.
- FOLK, R. L. *Petrology Sedimentary Rocks*. 1973 1ºed. [s.l.] Department of Geological Sciences, The University of Texas at Austin, págs. 78-90.
- FORD, D.C.; WILLIAMS, P.W. 2007. *Karst Hydrogeology and Geomorphology*. Wiley: Chichester, págs. 22-26.

HEILBRON, M.; PEDROSA-SOARES, A.C.; NETO M.C.C.; SILVA, L.C.; TROUW, R.A.J & JANASI, V.A. 2004. Província Mantiqueira. *In: MANTESSONETO, Virginio et al. (Eds.) Geologia do Continente Sul-Americano, São Paulo: Editora Beca, págs. 203-235.*

HEILBRON, M.; VALERIANO, C. M.; TASSINARI, C.C.G.; ALMEIDA, J.C.H.; TUPINAMBÁ, M.; SIGA, J.; TROUW, R.A.J. 2008. Correlation of Neoproterozoic terranes between the Ribeira Belt, SE Brazil and its African counterpart: comparative tectonic evolution and open questions. Geological Society, London, Special Publications, v. 294, n. 1, págs. 211-237.

KOHLER H.C.; CASTRO J.F.M. 1998. Geomorfologia Cárstica. *In: Cunha, S.B., Guerra, A.J.T. (Eds.). Geomorfologia: Exercícios, Técnicas e Aplicações. Bertrand, Rio de Janeiro, págs. 239-249.*

LEAL, C.F.N.B. & RAMOS, R.R.C. 2011. O Complexo cárstico de Itaocara, Cantagalo e São Sebastião do Alto – RJ: preservação à luz do Decreto 6.640/2018. Congresso Brasileiro de Espeleologia, 31, Ponta Grossa. *Anais...Sociedade Brasileira de Espeleologia. Vol. 1, págs. 53-62.*

LEIGHTON, M.W.; PENDEXTER, C. 1962. *Carbonate rock types*. Clarendon Press. págs. 33-61.

LUKASIK, J.; SIMO, J.A.T. 2008. Controls on development of Phanerozoic carbonate platforms and reefs - Introduction and synthesis. *In: Controls on carbonate platform and reef development. Society for Sedimentary Geology, págs. 5–12.* <https://doi.org/10.1590/S1516-18462008000300012>

MARTINS, O. 1998. Grandes linhas do comportamento mundial da indústria e do comércio das rochas ornamentais em 1996. *Bol. Minas*, 35 (2): 123-150.

MEINERT, L.D. 1993. Skarns and skarn deposits. *Geoscience Canada*, v. 19, n. 4, 1992. MEINERT, L.D. Application of skarn deposit zonation models to mineral exploration. *Exploration and Mining Geology*, 6: 185-208.

NOGUEIRA J.R.; TUPINAMBÁ, M.; GONTIJO, A.; PALERMO, N.; MENESES, P. T.; HEILBRON, M.; SOUZA, A.M.; SILVA, T.M.; ALMEIDA, J.C.H.; SILVA, L.G.E.; VALERIANO, C.; DUARTE, B.; SCHMITT, R.; VALLADARES, C.; RAGATSKY, C.D.; GERALDES, M.; VALENTE, S.; PORTO, R.; BARBOSA, M.; PEIXOTO, C.; MEDEIROS, S.R.; VAZ, G.S.; NETO, C.; PEREIRA, R.M.; GUIMARÃES, P.V.; SILVA, F.L. 2012. Geologia e recursos minerais da folha São Fidélis SF.24-V-C-IV, estado do Rio de Janeiro escala 1:100.000. Belo Horizonte, CPRM, págs.108.

NORTON, D.L. 1982. *The thermal history of magma-hydrothermal systems: Lithocaps and cupola regions in fossil systems, southeastern Arizona*. Tucson, University of Arizona, Department of Geosciences Field Manual, 83 p

OYARZO P.L.D. 2008. *Processos metalogenéticos em ambientes de arco magmático tipo Andino, caso de estudo: mineralizações da região dos Andes*

Patagônicos Setentrionais do Chile. Tese de Doutorado. São Paulo. USP. págs 18-20.

PARENTE, C.V.; VERISSÍMO, C.U.V.; BOTELHO, N.F.; SANTOS, T.J.S.; OLIVEIRA, C.G.; JÚNIOR, J.A.L.; MARTINS, D.T. 2015. Depósitos de escarnitos mineralizados em ferro e cobre do arco magmático de Santa Quitéria, Ceará, Província Borborema do Nordeste do Brasil. *Brazilian Journal of Geology*, **45**(3): 359-382.

PETTIJOHN, F.J. 1975. *Sedimentary rocks*. New York: Harper & Row.P. págs 19-23.

RUBERTI, E.; SZABÓG, A.J.; MACHADO, R. 2009. Metamorfismo: Processos e Produtos. In: Teixeira W., Fairchild T.R., Toledo M.C., Taioli F. (Eds.) *Decifrando a Terra*. 2ª ed. Companhia Editora Nacional. São Paulo. págs.. 400-419.

SAMPAIO, S.L.M.; ALMEIDA, J.A. 2005. Calcário e Dolomito. In: FREITAS, L.F.A. e LUZ, A.L. (Org.). *Rochas e Minerais industriais*. Rio de Janeiro, CETEM. Págs. 327-350.

TILLEY, C.E. .1951. The zoned contact-skarns of the Broadford area, Skye: a study of boron-fluorine metasomatism in dolomites. *Mineralogical magazine and journal of the Mineralogical Society*, **29**(214): 621-666.

TUCKER, M.E., WRIGHT, V.P. 1990. Geological background to carbonate sedimentation. In: *Carbonate Sedimentology*. Blackwell Science Ltd, Oxford, págs 28–69.

TUCKER, M.E. 1990. Carbon isotopes and Precambrian-Cambrian boundary geology, South Australia: ocean basin formation, seawater chemistry and organic evolution. *Terra Nova*, 1: 573-582.

TUPINAMBÁ, M.; HEILBRON, M.; DUARTE, B.P.; NOGUEIRA, J.R.; VALLADARES, C.; ALMEIDA, J.C.H.; LUDKA, I. 2007. Geologia da Faixa Ribeira Setentrional: estado da arte e conexões com a Faixa Araçuaí. Págs 89-110.

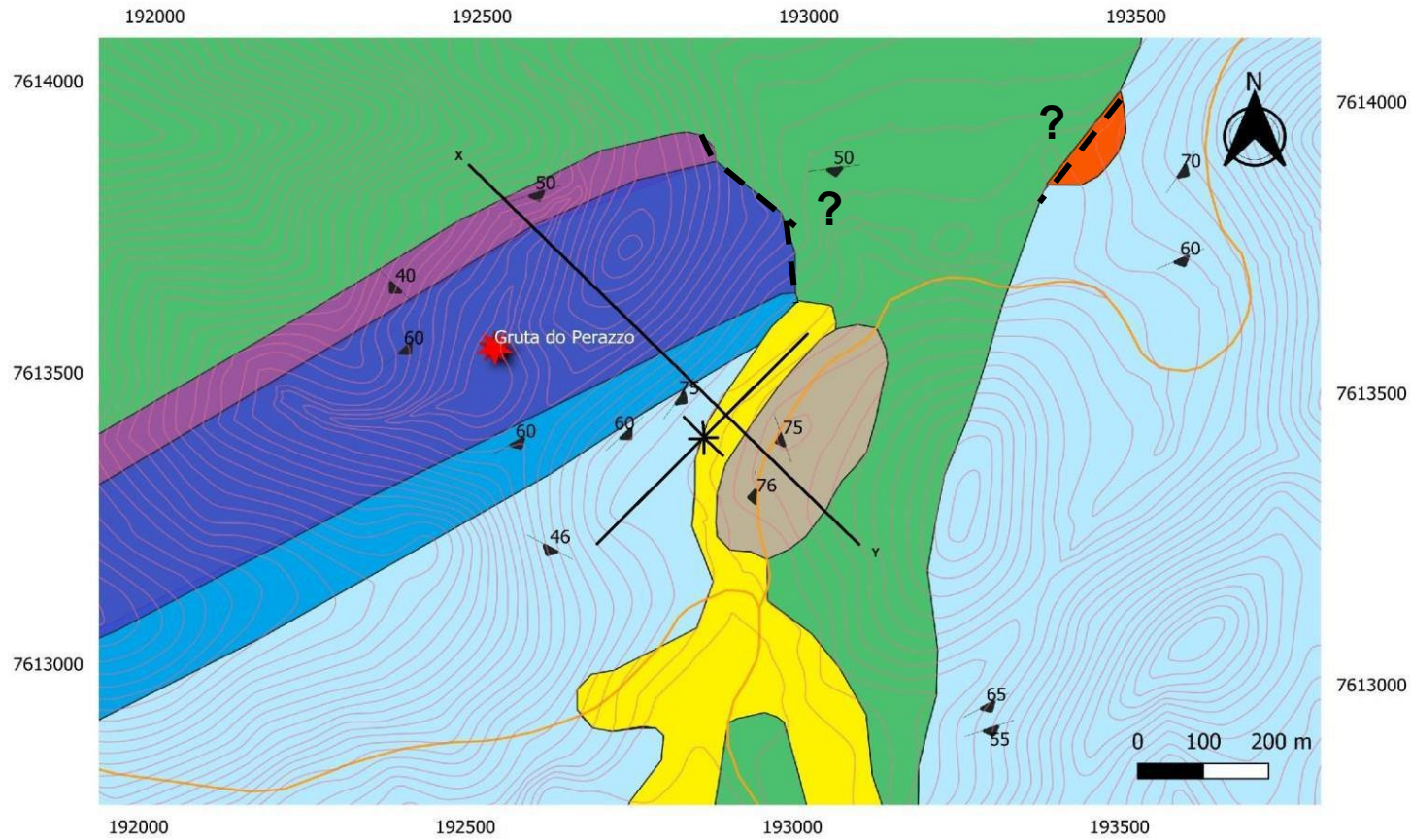
VEIZER, J. Geochemistry of Precambrian carbonates: II. Archean greenstone belts and Archean sea water. 1989. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **53** (4): 859-871.

YARDLEY B.W.D. 2004. Introdução à Petrologia Metamórfica. 2º ed. Bristol: Logmamn Group UK Limited . Wilson, J.L. *Carbonate Facies in Geologic History*. Editora:Unb.págs 16-21.

WRIGHT, V.P.; BURCHETTE, T.P. 1996. Shallow-water carbonate environments. In: Reading. H.L. (ed.) *Sedimentary Environments: processes, facies, and stratigraphy*. Black-well Science, Oxford, 325-394.



MAPA GEOLÓGICO-ESTRUTURAL DA REGIÃO DA GRUTA DO PERAZZO/SUMIDOURO

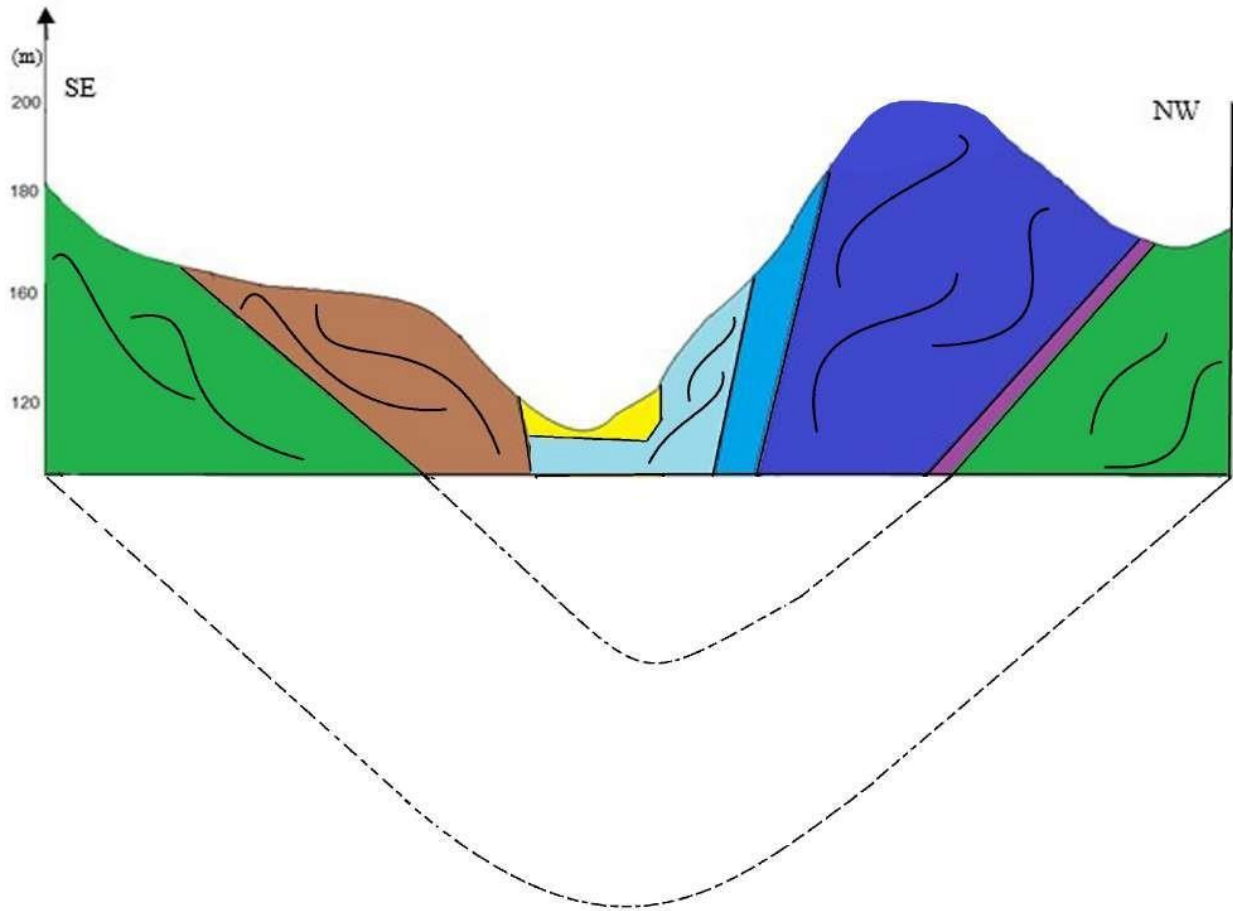


Legenda

- Curvas de nível
- Gruta do Perazzo
- Strikes
- Estradas
- Sinforme normal
- x — y Seção Geológica
- Depósitos aluvionares recentes

- | | | |
|-----------------|--|--|
| Neoproterozoico | Ediacarano | Metaigneia composta por um biotita granito cinzento de granulação fina e textura fanerítica inequigranular |
| | Fosterita diopsídio mármore dolomítico escarnítico, em três fácies: | |
| Criogénico | Fácies Sumidouro composta por fragmentos de rochas calciossilicáticas e granitóides em sua matriz carbonática | |
| | Fácies de Transição composta por calcita, diopsídio, fosterita e titanita intercalações de níveis mais grossos e mais finos. | |
| | Fácies Fina composta de calcita, diopsídio e fosterita. Apresenta cristais de diopsídio milimétricas | |
| | Quartzito, constituído por quartzo e muscovita, camada lenticular | |
| | Granada muscovita paragneisse | |
| | Gnaiss bandedo com ortopiroxênio, biotita, granada e feldspato | |

SEÇÃO GEOLÓGICA (X-Y)



Escala horizontal 1:100
Escala vertical 1:40

APÊNDICE 3

Ponto	Longitude	Latitude	Litologia	Amostra	DIP DIRECTION	DIP INC	Descrição	Localização
Jy01	193070	7613768	Ortognaisse				Bloco de Rocha do Ortognaisse, presença de piroxênio, quartzo e granada	primeiro ponto, subindo na estrada, logo após a casa do senhor Heolálio
Jy02	193042	7613872	Ortognaisse		172	50	Diversos blocos de rocha do Ortognaisse	Conhecemos o senhor Heolálio próximo a esse ponto
Jy03	193290	7614032	Ortognaisse				Ponto controle, diversos blocos rolados de tamanhos variados	ponto na mata, próximo a estrada e entrando na drenagem
Jy04	192914	7614048	Ortognaisse				Mesma litologia dos pontos anteriores, porém apresentou porções com minerais mais máficos, presença de quartzo, biotita e piroxênio	Ponto subindo a estrada um pouco antes da curva que encontramos o primeiro afloramento
Jy05	192800	7614139	Ortognaisse		150	51	Afloramento do Ortognaisse, presença de dobras (dobras em Z) e bandamentos tipicamente de gnaise, mesma litologia dos pontos anteriores	Primeiro afloramento encontrado, bem no limite da folha de mapeamento, ponto logo após a curva e próximo a mapa, subimos uma pequena declividade para aferir as atitudes
Jy06	192496	7614143	Ortognaisse				Diversos blocos rolados por toda a drenagem do Ortognaisse	Ponto na drenagem, próximo a casa onde havia um cachorro solto e outro preso.
Jy07	193013	7614091	Ortognaisse				Possível zona brechada, foliação desordenada, litologia ortognaisse	Ponto na estrada, alguns blocos aflorando, ficamos na dúvida se eram afloramentos ou blocos rolados
Jy08	192210	7612406	Ortognaisse/Mármore				Possível contato entre o Mármore de Fácies fina/Ortognaisse	Ponto estrada, próximo a cerca onde ocorre a quebra de relevo, provável ponto de contato
Jy09	192658	7613180	Mármore fácies de transição				Mármore escarnítico de fácies mista, presença de cristais de diopsídio dispersos, cristais de diversos tamanhos variando da ordem milimétrica até 5,5 cm. Presença de calcita e fosterita	Ponto subindo o morro em direção a gruta sumidouro com a presença de blocos do mármore, ponto próximo ao boi morto e mal cheiro forte
Jy10	192621	7613213	Mármore fácies fina		209	46	Charneira da dobra, belo afloramento	Ponto próximo ao topo do morro, afloramento charneira da dobra
Jy11	192565	7613393	Mármore fácies de transição		150	60	Mármore de fácies fina, com cristais mais finos de diopsídio, variando de mm até 1 cm, está fácies se caracteriza por ter cristais de tamanho menor e ser mais homogêneo do que as demais fácies do mármore	Ponto lajedo no topo do morro, ponto próximo a cerca
Jy12	192575	7613495	Mármore fácies Sumidouro	SUM 2A			Aumenta a quantidade de diopsídio disperso no mármore, com tamanhos variados, ponto de contato entre a fácies transicional/sumidouro	Ponto descendo o morro rumo a gruta sumidouro logo após a cerca, deixamos umas amostras próximo a esse ponto para buscarmos na volta
Jy13	192512	7613564	Mármore fácies Sumidouro				Aumenta a ocorrência, a quantidade e tamanho dos cristais principalmente de diopsídio, porém outros minerais são encontrados em tamanhos grandes, como a muscovita, presença de enclaves variando de milímetros a tamanho matacão dentro da matriz carbonática.	Ponto na entrada da gruta do Sumidouro
Jy14	192535	7613611	Mármore fácies Sumidouro	SUM 2A			Neste ponto podemos observar diferentes clastos e litoclastos presentes na matriz carbonática, rochas metaígneas, carbonáticas e minerais metamórficos presentes na mesma rocha, litotipo característico da fácies Sumidouro.	Ponto subindo a elevação logo após a entrada do sumidouro, ponto com urubus voando próximo
Jy15	192462	7613604	Mármore fácies Sumidouro	SUM 2C			Mesma litologia do ponto anterior.	Seguimos subindo a elevação, rumo a próximo aglomerado de rocha
Jy 16	192391	7613550	Mármore fácies Sumidouro		136	60	Continuamos na fácies Sumidouro	Ponto no topo do morro, último aglomerado de rochas

Jy17	192376	7613657	Ortognaisse		224	40	Contato entre a fácies Sumidouro/Ortognaisse	Ponto após a cerca, caminhamos por uma trilha no topo do morro e encontramos este afloramento de Ortognaisse
Jy 18	192406	7613697	Ortognaisse				Afloramento do Ortognaisse, encontramos um bloco da metaígneia	Ponto afloramento, descendo a trilha e passando pelo bambuzal encontramos este afloramento
Jy19	192587	7613820	Ortognaisse		161	50	Afloramento, lajedo do ortognaisse, mesmas características que havíamos encontrado nos pontos anteriores	Afloramento, descendo a trilha em rumo a entrada da gruta do sumidouro, começou a chover nesse ponto
Jy20	192591	7613753	Mármore fácies Sumidouro				Blocos na Drenagem, fácies Sumidouro, ponto onde encontramos a muscovita bem formada	Ponto dentro da drenagem, próxima a segunda entrada da gruta
Jy21	192555	7613474	Mármore fácies de transição	SUM 5			Afloramento, poucos clastos dispersos, textura mais homogênea	Ponto retornando para o carro, descendo o morro com dezenas de blocos do mármore
Jy22	193018	7612993	Ortognaisse				Bloco de rocha, próximo à casa onde deixamos o carro, muita chuva	Ponto próximo a drenagem
Jy23	193293	7612955	Mármore fácies fina	SUM 3B	150	65	Afloramento da fácies fina	Ponto subindo o morro logo após a drenagem, uma pedreira desativada, rocha aflorando em diversos pontos, ponto excelente para medir atitude
Jy24	193299	7612915	Mármore fácies fina		160	55	Afloramento, mármore fácies fina, mesma textura da litologia da pedreira	Ponto próximo a base do morro
Jy25	192771	7613210	Depósitos quaternários				Ponto controle na estrada, depósitos quaternários	Ponto na estrada
Jy26	192935	7613307	Paragnaisse		266	76	Paragnaisse com forte presença de granadas, rochas com quartzo, biotita. Provavelmente delimitada entre as drenagens	Ponto subindo uma elevação próximo a porteira que leva a casa do senhor Heolálio
Jy27	193575	7613726	Mármore fácies fina		155	60	Mármore de fácies fina, afloramento	Ponto fora do mapa, afloramento próximo as ruínas da fazenda
Jy28	193483	7613809	Mármore fácies fina				Mármore de fácies fina, blocos rolados	Ponto próximo as ruínas da fazenda
Jy29	193418	7613905	Quartzito				Lente de quartzito, rocha muito quartzosa, diversos blocos e matacões	Ponto dentro da floresta
Jy30	193384	7613801	Quartzito/Ortognaisse				Ponto de contato entre o quartzito e o ortognaisse, delimitado pela drenagem	Ponto próximo da floresta, dentro da drenagem
Jy31	192973	7613407	Paragnaisse		251	75	Paragnaisse com forte presença de granadas, rochas com quartzo, biotita. Presença de intrusões de quartzo nas granadas	Ponto topo do morro, com aglomerados de rochas
Jy32	193573	7613876	Mármore fácies fina		122	70	Fácies fina, ponto com as mesmas características típicas dessa fácies	Ponto lavra abandonada acima das ruínas da fazenda, encontramos um cachorrinho feliz nesse ponto
Jy33	192848	7613460	Mármore fácies fina				Bloco de mármore de fácies fina	Ponto próximo a barragem construída recentemente, morro próximo a trilha que leva a gruta
Jy34	192972	7613574	Mármore fácies Sumidouro				Bloco rolado	Ponto próximo a floresta com diversos blocos da fácies sumidouro
Jy35	192813	7613472	Mármore fácies fina		125	75	Afloramento, diversas rochas afloram neste ponto, melhor lugar para descrever e aferir atitudes	Ponto subindo a trilha para a gruta, diversas rochas dispersas pela colina
Jy36	192731	7613410	Mármore fácies fina		136	60	Afloramento, rocha típica da fácies fina	Aferimos a atitude da camada
Jy37	191403	7612812	Metaígneia		126	57	Ponto Metaígneia, alto grau de intemperismo	Ponto próximo da drenagem
Jy38	192669	7612930	Ortognaisse				Corte de estrada, rocha muito alterada	Ponto próximo a estrada
Jy39	192690	7613316	Mármore fácies de transição	SUM 6			blocos <i>in situ</i> de mármore tamanho matacão	Ponto subindo a estrada
Jy40	192759	7613410	Mármore fácies de transição					Descrição perdida no incêndio.
Jy41	192669	7613420	Mármore fácies de transição					Descrição perdida no incêndio.
Jy42	192590	7613418	Mármore fácies Sumidouro					Descrição perdida no incêndio.

Jy43	192519	7613550	Mármore fácies Sumidouro					Descrição perdida no incêndio.
Jy44	192429	7613605	Mármore fácies Sumidouro					Descrição perdida no incêndio.
Jy45	192379	7613680	Metaígneia					Descrição perdida no incêndio.
Jy46	192340	7613700	Metaígneia					Descrição perdida no incêndio.
Jy47	192460	7613820	Mármore fácies de transição					Descrição perdida no incêndio.
Jy48	192550	7613835	Mármore fácies fina					Descrição perdida no incêndio.
Jy49	192572	7613763	Mármore fácies fina					Descrição perdida no incêndio.