



Lucas Alfano

**CARACTERIZAÇÃO DOS ARENITOS RICOS EM MATÉRIA
ORGÂNICA NA PRAIA DO ABRICÓ, EM RIO DAS OSTRAS - RJ**

**Trabalho de Conclusão de Curso
(Geologia)**

UFRJ
Rio de Janeiro
2025



UFRJ

Lucas Alfano

**CARACTERIZAÇÃO DOS ARENITOS RICOS EM MATÉRIA ORGÂNICA DA
PRAIA DO ABRICÓ, EM RIO DAS OSTRAS - RJ**

Trabalho de Conclusão do 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.

Orientadoras:

DSc. Kátia Leite Mansur (UFRJ)

MSc. Elisa Elena de Souza Santos (UFRJ)

Rio de Janeiro

04/2025

ALFANO, Lucas

Caracterização dos arenitos ricos em matéria orgânica na Praia do Abricó, em Rio das Ostras - RJ / Lucas Alfano - - Rio de Janeiro: UFRJ / IGeo, 2025.

94 p.: il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Geologia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Departamento de Geologia, 2025.

Orientadoras: Kátia Leite Mansur, Elisa Elena de Souza Santos

1. Geologia. 2. Setor da Graduação – Trabalho de Conclusão de Curso. I. Mansur, Kátia Leite. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Departamento de Geologia. III. Título.

Lucas Alfano

CARACTERIZAÇÃO DOS ARENITOS RICOS EM MATÉRIA ORGÂNICA NA PRAIA
DO ABRICÓ, EM RIO DAS OSTRAS - RJ

Trabalho de Conclusão 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.

Orientadoras:

Kátia Leite Mansur
Elisa Elena de Souza Santos

Aprovado em: ____/____/____

Por:

Orientadora: Kátia Leite Mansur (UFRJ)

Orientadora: Elisa Elena de Souza Santos (UFRJ)

Renato Rodriguez Cabral Ramos (UFRJ)

Claudio Limeira Mello (UFRJ)

UFRJ
Rio de Janeiro
2025

Dedico este trabalho à Carmélia Alfano Barbosa,
minha querida tia Lia,
por todo investimento, preocupação e cuidado na
minha educação e na minha formação
como ser humano.

Agradecimentos

Agradeço às minhas orientadoras **Kátia Leite Mansur** e **Elisa Elena de Souza Santos** pelos ensinamentos geológicos, científicos e éticos.

Ao **Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq** pelo financiamento desta pesquisa, bem como à **Pró-Reitoria de Extensão** junto ao **Projeto Geoparque Costões e Lagunas** pela concessão da bolsa de extensão que permitiu minha dedicação nesta pesquisa no ano de 2023 e 2024.

Ao **Laboratório de Geologia Sedimentar – LAGESED** junto aos seus profissionais, pelo empréstimo dos microscópios e câmeras fotográficas e auxílio na identificação mineralógica.

Ao **Thauan Vaisman Nascimento de Paiva** por se dispor a ser meu motorista e suporte em parte das atividades de campo e durante os anos de graduação, cruciais para a finalização deste trabalho.

Ao **Jhone Caetano de Araújo**, pela troca de ideias durante a produção deste trabalho, como também por sua participação nas atividades de campo.

Ao professor **Renato Rodriguez Cabral Ramos** por sua generosidade e por seu entusiasmo acerca deste tema, essenciais para conclusão deste trabalho.

Ao professor **Felipe Mesquita de Vasconcellos** pela sua curiosidade e contribuição sobre este tema pelos últimos 10 anos.

Ao professor **Cláudio Limeira Mello** por ser o primeiro a entusiasmar meu espírito com a Geologia, fundamental para que eu continuasse até aqui.

Aos geólogos que tive a oportunidade de trocar e aprender durante meus estágios de campo, sem os quais não teria as ferramentas necessárias para esta produção: **Paloma Figueredo Lisboa**, **Adriano Cunha**, **Mateus Andrade Rodrigues** e **Shirlene Barros Luiz da Silva**.

Ao **Laboratório e Grupo de Pesquisa Geodiversidade & Memória da Terra**, que me forneceu espaço e conhecimento nestes últimos 4 anos, fundamentais para conclusão deste trabalho.

Ao meu esposo, **Daniel Camargo e Souza**, pelo auxílio na análise dos dados e por seu suporte paciente para a elaboração deste texto.

À minha curiosidade sobre o mundo, maior que qualquer desânimo.

À minha mãe, **Mara Moreira**, pelo apoio e cuidado, sem ela eu não teria sonhado e sem sonho eu não estaria aqui.

“Somewhere, something incredible is waiting to be known.”

(Carl Sagan)

Resumo

ALFANO, Lucas. **Caracterização dos arenitos ricos em matéria orgânica na Praia do Abricó, em Rio das Ostras - RJ**. 2025. 94 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Geologia) – Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

No território do Geoparque Aspirante Costões e Lagunas (RJ), especificamente na Praia do Abricó (Rio das Ostras), afloram de forma descontínua arenitos ricos em matéria orgânica, portadores de importante conteúdo fossilífero, incluindo restos vegetais datados do Pleistoceno. Este trabalho tem como objetivo caracterizar o afloramento por meio de análise faciológica e métodos petrográficos, visando compreender seu paleoambiente de formação e avaliar a relevância do geossítio como patrimônio geológico. Inicialmente, é apresentado um breve histórico dos estudos sobre arenitos com matéria orgânica no litoral fluminense, com ênfase em Rio das Ostras. Os resultados incluem: (1) a descrição detalhada do afloramento, com correlação de perfis estratigráficos e definição de fácies sedimentares; (2) a análise petrográfica de sete lâminas delgadas, que permitiram classificar os arenitos, inferir a proveniência dos sedimentos e auxiliar na interpretação das fácies; (3) a datação da matéria orgânica, que, associada a um modelo paleogeográfico, indicou a posição aproximada da linha de costa durante a sua deposição; e (4) a análise de indicadores cinemáticos, que revelaram um padrão de paleofluxo. Os resultados reforçam a relevância científica do geossítio, justificando, ao final, a proposta de medidas para sua geoconservação.

Palavras-chave: arenito rico em matéria orgânica; Pleistoceno; geoconservação.

Abstract

ALFANO, Lucas. ***Characterization of sandstones rich in organic matter on Abricó beach, in Rio das Ostras - RJ. 2025. 94 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Geologia) – Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.***

In the territory of the Costões e Lagunas Geopark (Rio de Janeiro, Brazil), specifically at Abricó Beach (Rio das Ostras), discontinuous outcrops of organic-rich sandstones expose significant fossiliferous content, including Pleistocene-dated plant remains. This study aims to characterize the outcrop through facies analysis and petrographic methods, to reconstruct its paleoenvironmental conditions and assess its relevance as a geological heritage site. First, we provide a brief overview of previous studies on organic-rich sandstones along the Rio de Janeiro coast, with a focus on Rio das Ostras. Key results include: (1) a detailed outcrop description, integrating stratigraphic profiles and sedimentary facies interpretation; (2) petrographic analysis of seven thin sections, enabling sandstone classification, sediment provenance assessment, and facies analysis; (3) organic matter dating, combined with a paleogeographic model, which estimated the approximate coastline position during deposition; and (4) kinematic indicator analysis, revealing a paleoflow pattern. These findings highlight the geosite's scientific significance, supporting the final proposal for geoconservation measures.

Key-Words: organic-rich sandstone; Pleistocene; geoconservation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Arenito rico em matéria orgânica aflorando ao longo da Praia do Abricó, Rio das Ostras (RJ).	1
Figura 2 – Arenito estratificado rico em matéria orgânica com raízes e troncos decimétricos em posição de vida penetrando os estratos.	2
Figura 3 - Mapa de localização da área de estudo, com o trajeto partindo da UFRJ, na Ilha do Fundão, até a Praia do Abricó em Rio das Ostras.	5
Figura 4 - Mapa geológico de Rio das Ostras – RJ.	6
Figura 5 - Mapa geotectônico da porção sudeste da Faixa Ribeira, com destaque para o Domínio Tectônico de Cabo Frio e o Gráben de Barra de São João delimitado em vermelho. Fonte: Schmitt <i>et al.</i> (2012).	8
Figura 6 - Esquema de evolução para deltas quaternários do Brasil em oito fases propostas por Martin <i>et al.</i> (1993).	11
Figura 7 - Mapa do território do GpCL e sua área no estado do Rio de Janeiro, com a localização da área de estudo.	14
Figura 8 – Material conchífero do Sambaqui da Tarioba em Rio das Ostras (Museu do Sítio Arqueológico Sambaqui da Tarioba). Fonte: Geoparque Costões e Lagunas, 2024.	17
Figura 9 - Amostra de subsuperfície (14,2 m) de arenito rico em matéria orgânica em Maricá - RJ, encontrada durante a pesquisa de Silva (2011). Fonte: Silva (2011).	19
Figura 10 - <i>Beachrock</i> conglomerático com clastos (pretos) de diabásio na Praia de Jaconé, entre Maricá e Saquarema (RJ). Fonte: Mansur <i>et al.</i> (2012).	20
Figura 11 - Clasto de arenito rico em matéria orgânica encontrado na Praia de Jaconé em 2019, coletado por Kátia Mansur e Renato Ramos. Fonte: Kátia Mansur.	21
Figura 12 – Imagem de satélite exibindo o afloramento de arenito rico em matéria orgânica ao centro do trecho de praia observável dentro do PARNA Restinga de Jurubatiba, em Carapebus. Fonte: Barros <i>et al.</i> (2015).	22
Figura 13 - Arenito rico em matéria orgânica com porções internas erodidas pela ação do mar, aflorando na Praia do Parque Municipal da Restinga do Barreto, em Macaé, durante o primeiro trabalho de campo que compôs este trabalho.	23
Figura 14 – Afloramento de arenito rico em matéria orgânica se estendendo ao longo do Praião de Barra de São João, em Casimiro de Abreu.	24
Figura 15 – Relação entre as etapas metodológicas principais utilizadas neste estudo.	26
Figura 16 - Mapa de pontos relativo a cada um dos três trabalhos de campo na Praia do Abricó que compuseram o presente estudo.	30
Figura 17 - Fotografia das sete lâminas delgadas referente às amostras descritas.	31
Figura 18 - Envelope de curvas de variações do nível do mar entre o Pleistoceno Tardio e o Holoceno a partir de publicações pretéritas, sintetizados por Rabineau <i>et al.</i> (2006). Fonte: Rocha <i>et al.</i> (2019).	35
Figura 19 - Envelope de curvas eustáticas entre o Pleistoceno e o Holoceno baseadas na razão isotópica $\delta^{18}\text{O}$ e calibradas por evidências geológicas datadas globalmente a partir de publicações pretéritas (modificado de REIS <i>et al.</i> , 2013 por REIS <i>et al.</i> , 2020). Fonte: Reis <i>et al.</i> (2020).	36
Figura 20 – Trechos com arenito rico em matéria orgânica se repetindo ao fundo na Praia do Abricó, com construções a poucos metros e um bloco solto a esquerda mais próximo ao mar.	37
Figura 21 - Limite do afloramento de arenitos ricos em matéria orgânica, à esquerda, com o enrocamento realizado na Praia do Abricó pela Prefeitura do Município de Rio das Ostras, à direita.	38

Figura 22 - Correlação dos três perfis faciográficos obtidos na etapa de trabalho de campo com as fácies definidas (Quadro 1) relacionadas aos respectivos estratos do afloramento.	39
Figura 23 - a) Intervalo do arenito referente ao Perfil 1 (Ponto 2II), com a porção inferior contendo restos autóctones de vegetais e a laminação perdendo a definição em direção ao topo. b) Arenito muito grosso sem estrutura observável no topo.	40
Figura 24 - Trecho descrito no Perfil 2 (Ponto 1III). Arenito laminado contendo abundantes restos autóctones de vegetais na base e um fragmento vegetal alongado do meio até quase o topo do afloramento.	41
Figura 25 - a) Trecho do afloramento descrito no Perfil 3 (Ponto 2III). b) Arenito grosso sem estrutura observável. Base do trecho descrito no Perfil 3 e a maior profundidade do afloramento observada.	42
Figura 26 – Arenito com lenhos decimétricos dispostos paralelos ao plano de acamamento. Fonte: Kátia Mansur	44
Figura 27 – Trecho do afloramento de arenito rico em matéria orgânica na Praia do Abricó, com fratura ortogonal à linha de costa indicada pelo tracejado branco. Fonte: Kátia Mansur	45
Figura 28 - Direção das fraturas medidas no afloramento na Praia do Abricó, plotadas em um diagrama de rosetas através do software GeoRose.	47
Figura 29 - Direção das fraturas medidas no afloramento em Barra de São João, plotadas em um diagrama de roseta através do software GeoRose.	48
Figura 30 – O conjunto de direções das fraturas medidas na Praia do Abricó e em Barra de São João, plotadas em um diagrama de roseta através do software GeoRose.	49
Figura 31 - Direção dos lenhos transportados encontrados no extremo sul do afloramento plotadas em um diagrama de roseta através do software GeoRose.	50
Figura 32 - Diagrama de colunas empilhadas normalizadas indicando a estimativa da granulometria do arcabouço de cada amostra estudada.	52
Figura 33 - Diagrama de colunas empilhadas normalizadas indicando o arredondamento dos grãos de quartzo de cada amostra estudada.	53
Figura 34 – Microfotografia da amostra LAAB2-Topo de resto vegetal com porosidade secundária sendo formada em seu interior (círculo vermelho) e cimento “flutuando” em um poro intergranular (círculo amarelo).	54
Figura 35 – Microfotografia da amostra LAAB2-Topo cimento de matéria orgânica preenchendo o espaço intergranular e formando películas em torno dos grãos do arcabouço.	55
Figura 36 - Percentual por lâmina de quartzo monocristalino de acordo com o grau de extinção observado.	57
Figura 37 – Microfotografias: a) Amostra LAAB-5. Ao centro do retículo: grão de quartzo monocristalino não ondulante com inclusões de zircão em nicois cruzados. b) Amostra LAAB-5. Na porção superior: grão de quartzo monocristalino com inclusão de apatita ao centro da imagem, em nicois paralelos. c) Amostra Abr2.1. No centro para a esquerda: grão de microclínio alterado. Para a direita: grão de quartzo com inclusão de turmalina euédrica em nicois cruzados. d) Amostra Abr-2.1. No centro para a esquerda: grão de microclínio alterado. Para a direita: grão de quartzo com inclusão de turmalina euédrica em nicois paralelos.	58
Figura 38 – Microfotografias da amostra LAAB-2Topo. Do centro para a esquerda: grão de quartzo policristalino com 2 cristais. a) Nicos cruzados. b) Nicos paralelos.	59
Figura 39 – Microfotografias da amostra LAAB-2Topo. Do centro para a esquerda: grão de quartzo policristalino com >3 cristais. a) Nicos paralelos. b) Nicos cruzados.	59
Figura 40 – Microfotografias da amostra 17-Abrc-1. Grão de plagioclásio ao centro com inclusões de quartzo com aparente corrosão. a) Nicos cruzados. b) Nicos paralelos.	60
Figura 41 – Microfotografias da amostra 17-Abrc-1. Grão de ortoclásio alterado no centro da imagem. a) Nicos cruzados. b) Nicos paralelos.	61

Figura 42 – Microfotografias: a) Amostra LAAB-2Base. Litoclasto metamórfico no centro da imagem em nicois paralelos. b) Amostra 17-Abrc-2c. Litoclasto plutônico composto por quartzo e microclinó ao centro da imagem em nicois cruzados. c) Amostra 17-Abrc-2c. Litoclasto plutônico composto por quartzo e microclinó ao centro da imagem em nicois paralelos. d) Amostra LAAB-2Base. Litoclasto não identificado ao centro da imagem em nicois cruzados. e) Amostra LAAB-2Base. Litoclasto não identificado ao centro da imagem em nicois paralelos. f) Amostra 17-Abrc-2c. Litoclasto não identificado em nicois cruzados.	62
Figura 43 – Microfotografias: Amostra LAAB-5. Resto vegetal com presença de minerais opacos em nicois paralelos. a) Objetiva de 5X. b) Objetiva de 20X.	63
Figura 44 – Microfotografias de nível micrométrico de minerais pesados na amostra LAAB-5. a) Objetiva 1,25X em nicois paralelos. b) Objetiva 20X em nicois paralelos.	64
Figura 45 - Classificação das amostras analisadas com o diagrama de Folk (1980).	66
Figura 46 - Distribuição das amostras analisadas em diagramas triangulares de proveniências com base nos tipos de quartzo (Basu et al., 1975).	68
Figura 47 – Microfotografia da amostra Abr2-1. Grãos de silimanita na região superior direita e no centro inferior em nicois cruzados.	69
Figura 48 – Microfotografias da amostra LAAB-2Topo. a) Grão de epidoto ao centro da imagem em nicois paralelos. a) Grão de epidoto ao centro da imagem em nicois cruzados. ..	70
Figura 49 – Microfotografias da amostra LAAB-5. a) Grão de clinopiroxênio ao centro da imagem em nicois cruzados. b) Grão de clinopiroxênio ao centro da imagem em nicois paralelos.	71
Figura 50 – Distância dos afloramentos dos arenitos em relação ao nível do mar há 35 ka A	74

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Fácies sedimentares definidas para o afloramento do arenito rico em matéria orgânica da Praia do Abrió, em Rio das Ostras, incluindo diagnose, descrição e interpretação.	42
Quadro 2 – Descrição dos pontos marcados no afloramento e análises realizadas nas respectivas amostras, com suas coordenadas.	46
Quadro 3 - Idades em anos cal AP de cada ocorrência de arenito rico em matéria orgânica datada com recursos do CNPq com destaque para a ocorrência em Rio das Ostras.....	72

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Distribuição percentual dos constituintes composicionais e texturais das amostras de arenito analisadas, incluindo quartzo, feldspato, fragmentos líticos, minerais acessórios, cimento, porosidade e bioclastos integralmente representados por fragmentos vegetais, com a média composicional das amostras apresentadas na coluna “Total”.....	56
---	----

LISTA DE ABREVIACÕES

AL – Alagoas;

ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis;

CDPS – Complexo Deltaico Paraíba do Sul;

CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico;

CPRM – Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais;

DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral;

DTCF – Domínio Tectônico Cabo Frio;

EDSM – Enxame de Diques da Serra do Mar;

GpCL – Geoparque Aspirante Costões e Lagunas

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística;

LAGESED – Laboratório de Geologia Sedimentar da UFRJ;

AMS – espectrometria de massas com aceleradores;

MOS – matéria orgânica sedimentar;

NEC – National Electrostatics Corp.

PARNA – Parque Nacional;

RCSB – Rife Continental do Sudeste do Brasil;

SGB – Serviço Geológico do Brasil;

SIGEP - Comissão Brasileira dos Sítios Geológicos e Paleobiológicos;

SSAMS – *Single Stage Accelerator Mass Spectrometry*;

UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro;

UMG – Último Máximo Glacial

UNESCO - Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura;

VNRM – variação do nível relativo do mar.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	OBJETIVOS.....	4
3	ÁREA DE ESTUDO	5
3.1	Localização	5
3.2	Geologia Regional.....	6
4	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	12
4.1	Geodiversidade, Patrimônio Geológico e Geoconservação.....	12
4.2	Geoparque Aspirante Costões e Lagunas do RJ	13
4.3	Processos Diagenéticos	15
4.4	Histórico de Estudos sobre o Tema.....	17
5	METODOLOGIA	26
5.1	Levantamento Bibliográfico	26
5.2	Trabalho de Campo.....	27
5.3	Análise Faciológica	30
5.4	Análise Petrográfica	30
5.5	Datação por Radiocarbono – AMS	33
5.6	Modelagem de VNRM.....	34
6	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	37
6.1	Resultados do Trabalho de Campo.....	37
6.1.1	Quadro de Fácies e Descrição do Afloramento	37
6.1.2	Diagramas de Rosetas.....	47
6.2	Análise Petrográfica	51
6.2.1	Aspectos Texturais	51
6.2.2	Aspectos Composicionais.....	55
6.2.3	Classificação	65
6.2.4	Proveniência	66

6.3	Datações por Radiocarbono.....	71
6.4	Modelo de Variação do nível do mar	72
	CONCLUSÕES	75
	REFERÊNCIAS.....	78
	APÊNDICE A – FICHA DESCRITIVA DA AMOSTRA LAAB-5	88
	APÊNDICE B – FICHA DESCRITIVA DA AMOSTRA LAAB-2BASE	89
	APÊNDICE C – FICHA DESCRITIVA DA AMOSTRA LAAB-2TOPO	90
	APÊNDICE D – FICHA DESCRITIVA DA AMOSTRA 17-ABRC-1	91
	APÊNDICE E – FICHA DESCRITIVA DA AMOSTRA 17-ABRC-2A	92
	APÊNDICE F – FICHA DESCRITIVA DA AMOSTRA 17-ABRC-2C.....	93
	APÊNDICE G – FICHA DESCRITIVA DA AMOSTRA ABR2-1	94

1 INTRODUÇÃO

Depósitos de rochas sedimentares arenosas ricas em matéria orgânica, descritos como “arenitos betuminosos” (Cardoso *et al.*, 2019; Cardoso *et al.*, 2021 Ramos *et al.*, 2021; Roza *et al.*, 2023; Alfano *et al.*, 2023) afloram no litoral fluminense descontinuamente, entre os municípios de Maricá e Quissamã, ao longo da linha de praia ou submersos próximo à zona de arrebentação (Fig. 1). Possuem coloração preta a marrom devido à concentração de matéria orgânica vegetal que compõe a matriz/cimento destas rochas. Algumas das ocorrências foram datadas por radiocarbono com idades neopleistocênicas, concordantes com o máximo da última glaciação, quando o nível do mar se encontrava algumas dezenas de metros abaixo do atual (Barros *et al.*, 2015; Braga, *et al.*, 2024; Nunes *et al.*, 2024).

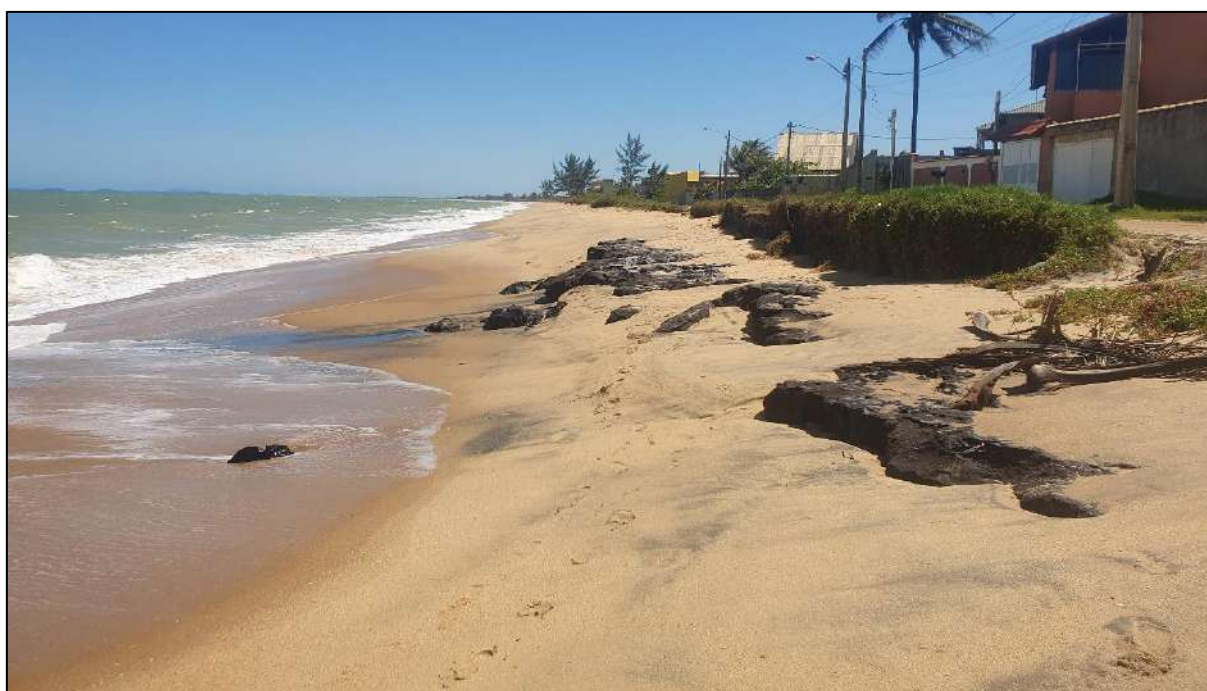


Figura 1- Arenito rico em matéria orgânica aflorando ao longo da Praia do Abricó, Rio das Ostras (RJ).

O arenito encontrado em Rio das Ostras, na Praia do Abricó, foco do presente trabalho, possui características particulares, se comparadas com outros afloramentos semelhantes, como um nível rico em fragmentos alóctones de lenhos, e outro nível com abundante concentração de fragmentos autóctones (Fig. 2). Ambos contribuem para um melhor entendimento das condições ambientais que originaram essas rochas. Estas características marcam a relevância deste depósito como um importante sítio da geodiversidade devido ao seu caráter singular, relevância científica e potencial geoturístico. Este, portanto, pode vir a ser enquadrado como patrimônio geológico e paleontológico como importante geossítio do Geoparque Aspirante Costões e Lagunas (GpCL).



Figura 2 – Arenito estratificado rico em matéria orgânica com raízes e troncos decimétricos em posição de vida penetrando os estratos.

Sabe-se que a ocorrência desses arenitos na Praia do Abricó ocupa uma extensão maior do que a verificada, já que parte do afloramento foi encoberta por enrocamento para proteção

da orla contra a erosão marinha (Muehe *et al.*, 2008). Assim, este estudo se torna premente, uma vez que o acesso ao afloramento pode ser prejudicado no futuro, se este tipo de solução for adotado para o trecho aqui estudado.

A partir de recursos do projeto “Análise do passado para pensar o futuro: As variações do nível do mar no território do Geoparque Costões e Lagunas do RJ” financiado pelo CNPq (Processo N° 442837/2020-8), análises dos arenitos dos diferentes locais têm sido realizadas na forma de datações, palinologia e petrografia. Essas análises apontam que os depósitos apresentam semelhanças litofaciológicas (Roza *et al.*, 2023; Braga *et al.*, 2024) e organogeoquímicas (Dias, 2023) com outras ocorrências da região.

O estudo do arenito rico em matéria orgânica em Rio das Ostras é uma oportunidade de preencher lacunas do conhecimento científico sobre este tema, bem como sobre o desenvolvimento quaternário na região, promovendo a sua geoconservação e o conhecimento acerca deste tema para as futuras gerações.

2 OBJETIVOS

Objetivos Gerais:

Descrever a ocorrência de arenito rico em matéria orgânica na Praia do Abricó, no município de Rio das Ostras, RJ, com o intuito de compreender o paleoambiente de formação deste depósito, bem como caracterizar seus processos paleodeposicionais por meio de análises petrográficas e descrição de litofácies em perfis.

Objetivos Específicos:

- Compreender o paleoambiente de deposição;
- Inferir a proveniência dos sedimentos;
- Estimar a localização pretérita da ocorrência em relação à linha de costa;
- Propor medidas de preservação para o geossítio;
- Caracterizar a relevância deste afloramento em termos patrimoniais para o Geoparque Aspirante Costões e Lagunas.

3 ÁREA DE ESTUDO

3.1 Localização

A área de estudo está situada entre as coordenadas UTM (fuso 24K, datum SIRGAS 2000) 193804 E / 7502481 N e 24K 1934001 E / 7502946 N, na Praia do Abricó, no município de Rio das Ostras, na região da Costa do Sol no estado do Rio de Janeiro. O acesso pode ser feito, a partir da cidade do Rio de Janeiro, pela Rodovia BR-101 ou pela Rodovia Amaral Peixoto (RJ-106). Na BR-101, após a ponte Rio-Niterói, segue-se até a saída para RJ-162 (Rod. Serramar) até a Rodovia Amaral Peixoto no bairro Jardim Campomar, Rio das Ostras (Fig. 3).

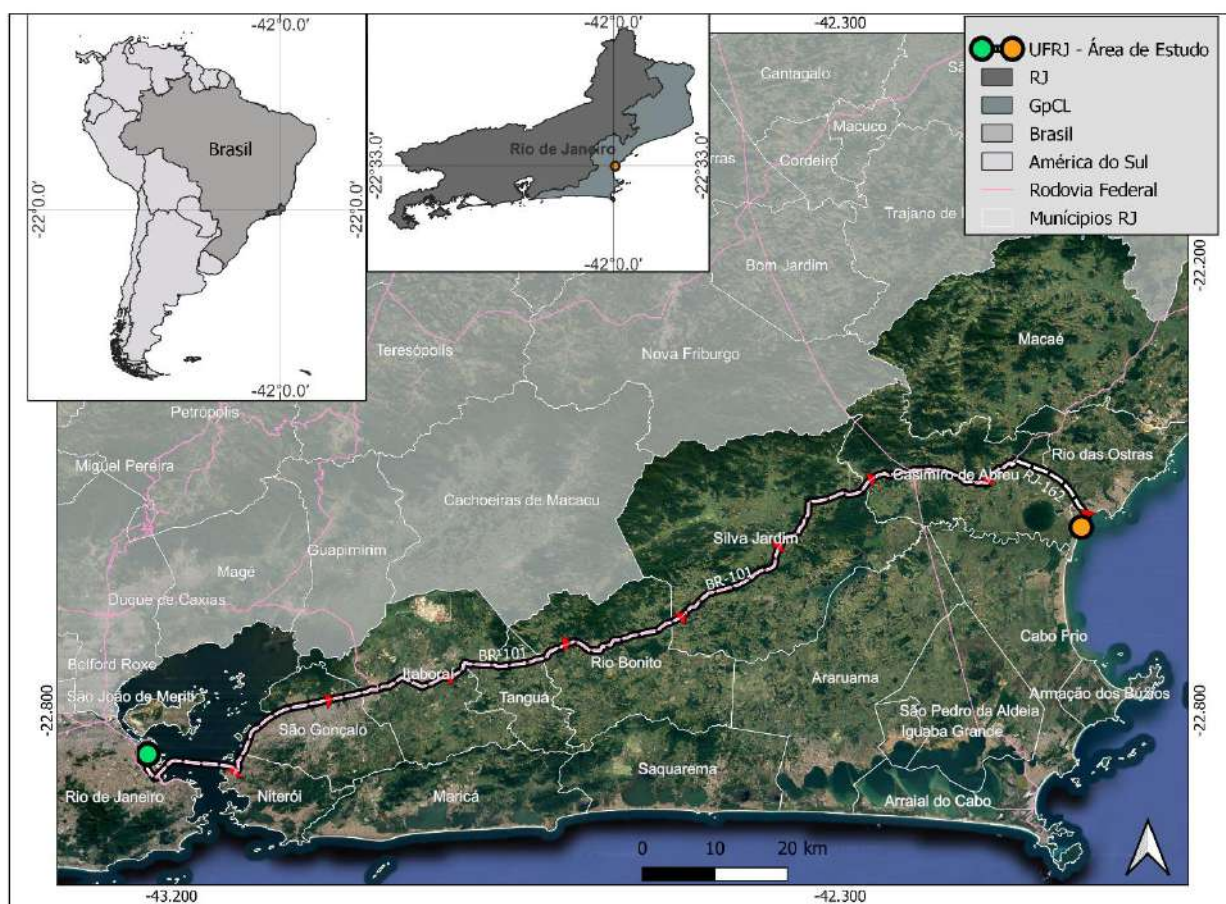


Figura 3 - Mapa de localização da área de estudo, com o trajeto partindo da UFRJ, na Ilha do Fundão, até a Praia do Abricó em Rio das Ostras.

3.2 Geologia Regional

A área de estudo, que está inserida no território do GpCL, corresponde à parte da cobertura cenozoica do Domínio Tectônico do Cabo Frio (DTCF). Representa a porção mais a sudeste da Faixa Ribeira, formada pela convergência entre os crátons São Francisco, Congo (com bloco Angola) e Paranapanema (CAMPOS NETO & FIGUEIREDO, 1995; HEILBRON & MACHADO, 2003). Atualmente, o DTCF está parcialmente exposto na margem continental brasileira, com afloramentos próximos ao estudado e apresenta, ainda, unidades magmáticas derivadas do grande evento extensional iniciado no Cretáceo Inferior que acarretou o rifteamento do Gondwana e a abertura inicial do oceano Atlântico Sul (RABINOWITZ & LA BRECQUE, 1979; Schmitt *et al.*, 2016), bem como unidades cretácicas representadas por rochas alcalinas (THOMAZ-FILHO *et al.*, 2000; ZALÁN & OLIVEIRA, 2005; Fig. 4).

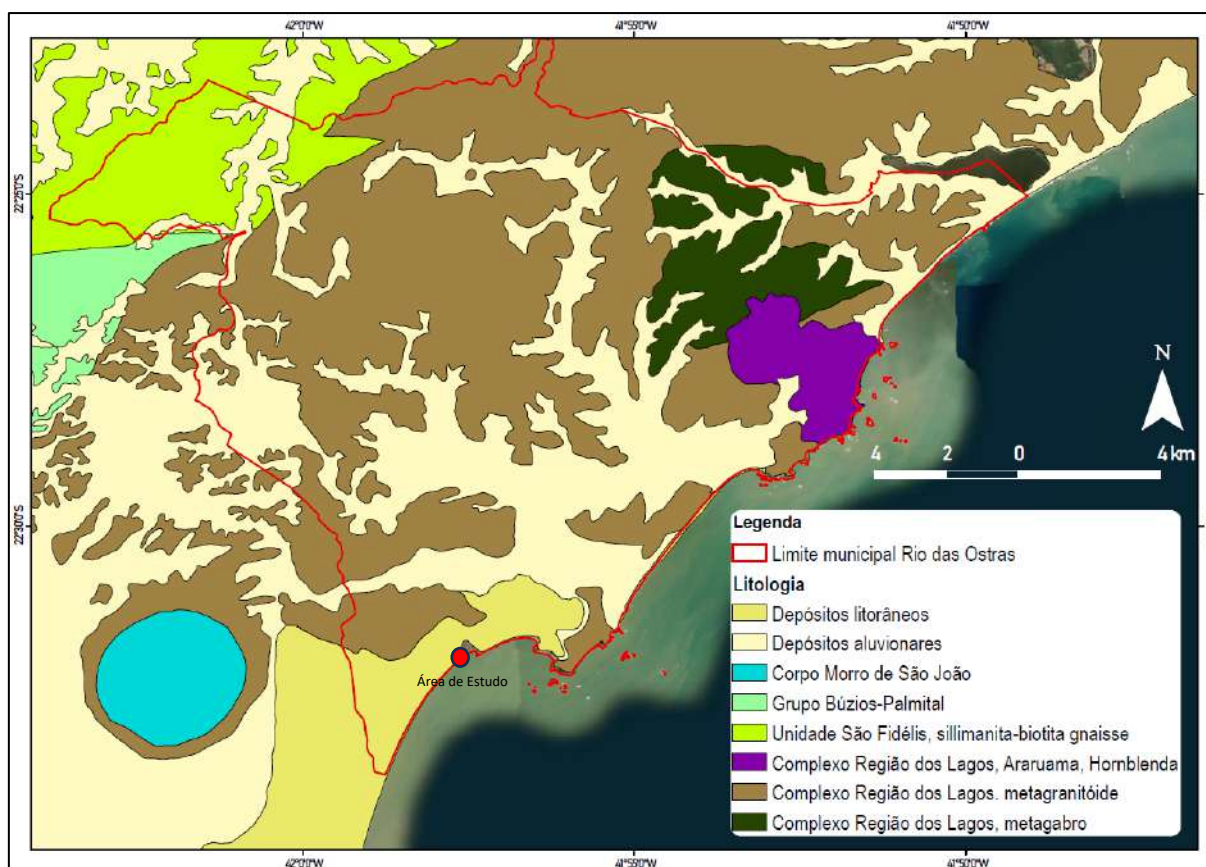


Figura 4 - Mapa geológico de Rio das Ostras – RJ.

Diques máficos de idade do Cretáceo Inferior (148 – 132 Ma) originados por magmatismo basáltico toleítico, principalmente de orientação NE-SW, afetaram o DTCT e a Faixa Ribeira durante o rifteamento continental (TURNER *et al.*, 1994; GUEDES *et al.*, 2005). Falhas normais e sistemas de fraturas associados ao chamado Enxame de Diques da Serra do Mar (EDSM) já foram descritos (TETZNER *et al.* 2001; ALMEIDA *et al.* 2013).

Uma série de intrusões alcalinas cretácicas pode ser observada, comumente relacionada a uma anomalia térmica sob a litosfera continental que teria gerado uma tendência magmática aproximadamente de WNW a EW, com idades cada vez mais recentes em direção ao DTCT (THOMAZ-FILHO *et al.*, 2000), variando de 100 a 50 Ma.

Um representante destas intrusões em meio às unidades pré-cambrianas é o Maciço Alcalino do Morro de São João, que ocorre a 5 km a NW do distrito de Barra de São João, em Casimiro de Abreu, e a cerca de 4 km a W do afloramento estudado. Composto predominantemente por nefelina-sienitos, forma o morro homônimo de topografia cônica com notáveis 806 m de altitude (Heilbron *et al.*, 2016).

Durante o Neocretáceo / Cenozoico, um evento extensional reativou o embasamento Pré-Cambriano, que gerou o *Rift* Continental do Sudeste do Brasil (RCSB) (RICCOMINI, 1989; RICCOMINI *et al.*, 2004; ZALÁN & OLIVEIRA, 2005), composto por vários grábens de orientação ENE, segmentados por falhas de transferência NW-SE. A origem deste evento é associada por Zalan & Oliveira (2005) à passagem de uma anomalia térmica, que também teria desencadeado o magmatismo alcalino cenozoico. O RCSB inclui o Gráben de Barra de São João (MOHRIAK *et al.*, 1990; Fig. 5), e formou sistemas de falhas regionais ENE a EW, como a Falha do Pai Vitório e o Sistema de Falhas de Araruama (Souza, 2011).

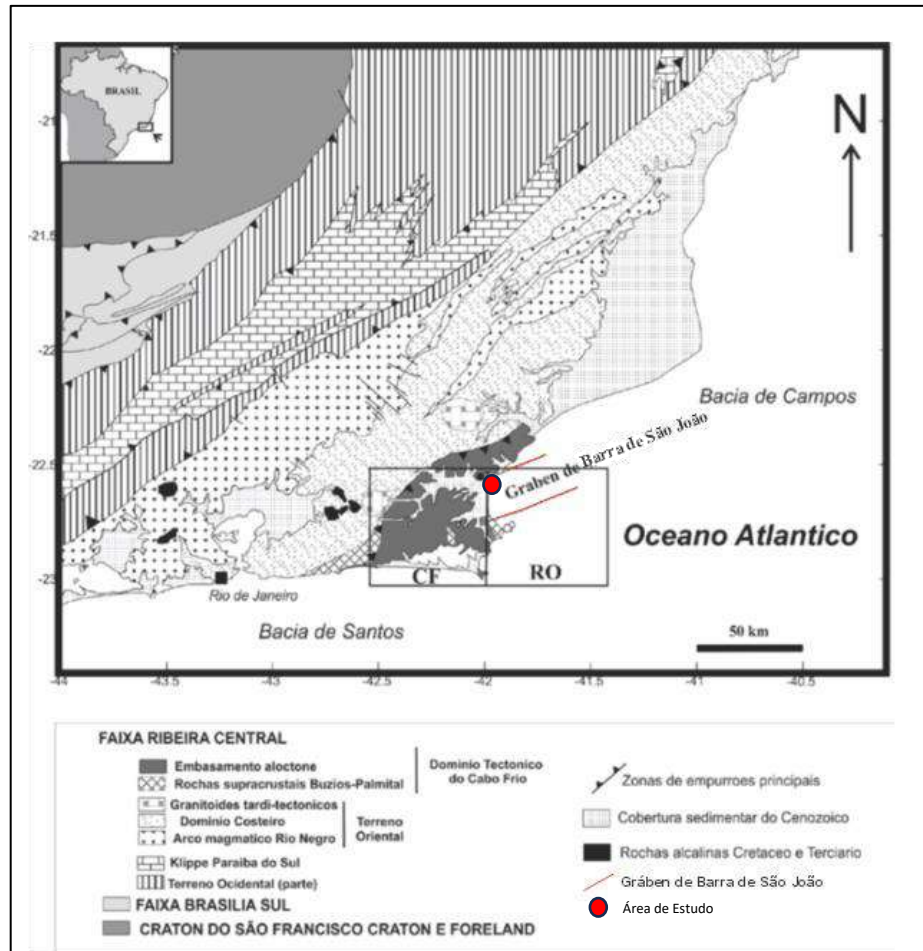


Figura 5 - Mapa geotectônico da porção sudeste da Faixa Ribeira, com destaque para o Domínio Tectônico de Cabo Frio e o Gráben de Barra de São João delimitado em vermelho. Fonte: Schmitt *et al.* (2012).

A Bacia de Campos está situada predominantemente no litoral do estado do Rio de Janeiro e inclui estruturas tectônicas do tipo gráben, como o Gráben de Barra de São João.. A bacia ocupa uma área em torno de 100.000 km² e é limitada a sul pelo Alto de Cabo Frio, que a separa da Bacia de Santos e a norte pelo Alto de Vitória, que constitui o limite com a Bacia do Espírito Santo. O início de sua acumulação se deu ainda no Cretáceo, em decorrência da fragmentação do Gondwana. Na sua porção terrestre encontra-se o Complexo Deltaico do Paraíba do Sul (CDPS), com extensões que podem chegar a 120 km N-S e 60 km E-W, totalizando uma área de aproximadamente 3.000 km², e que está inserido nos limites do GpCL (MARTIN *et al.*, 1984; MANSUR *et al.*, 2012).

O CDPS é definido como um conjunto de ambientes sedimentares relacionados às diversas fases deposicionais do Rio Paraíba do Sul, com o destaque para duas planícies costeiras. A primeira está localizada ao norte do Cabo de São Tomé, entre os municípios de Campos dos Goytacazes e São Francisco de Itabapoana, e está relacionada ao delta atual, de idade holocênica. A segunda, que se estende ao sul do mesmo Cabo, abrangendo todo o PARNA Restinga de Jurubatiba, é considerada um registro do antigo delta de idade pleistocênica, quando as cristas de praia preservadas teriam se formado após o máximo da Penúltima Transgressão em 123.000 anos AP (MARTIN *et al.*, 1984). Estas representações de paleolinhas de costa foram datadas em 84.000 ± 11.700 anos no setor meridional do CDPS, dentro do PARNA, para as cristas mais internas identificadas (Rocha *et al.*, 2013).

Esta cobertura cenozoica, do CDPS e adjacências, caracteriza-se por depósitos sedimentares de origem continental da Formação Barreiras e de origem fluvial quaternários, e por sedimentos costeiros / marinhos que compõem praias, cordões litorâneos, dunas, lagunas, deltas, estuários, pântanos e *beachrocks* (CASTRO *et al.*, 2009; MANSUR, 2010; MANSUR *et al.*, 2011; MANSUR *et al.*, 2012).

De acordo com Martin *et al.* (1993), a evolução do litoral norte do Rio de Janeiro até Maceió (AL), o que inclui, portanto, o CDPS, pode ser dividida em oito fases relacionadas às variações do nível relativo do mar no Cenozoico Tardio (Fig. 6):

A primeira fase é marcada pela sedimentação da Formação Barreiras, que ocorreu durante o Plioceno, quando chuvas esporádicas torrenciais formavam, no sopé das encostas, extensas faixas de leque aluvial. Com o nível do mar mais baixo os sedimentos gerados entulharam a plataforma continental (Fig. 6a).

Durante a segunda fase, já no Pleistoceno, com o clima mais úmido, houve um importante aumento do nível do mar durante a Antepenúltima Transgressão, a sedimentação cessou e os

depósitos do Barreiras passaram a ser erodidos, muitas vezes pela ação das ondas, formando extensas falésias (Fig. 6b).

Na terceira fase, o nível do mar regrediu com o clima semiárido, o que ocasionou uma nova deposição continental, marcada por leques aluviais na base das falésias formadas no estágio anterior (Fig. 6c).

A quarta fase corresponde às transgressões de 123.000 anos AP, quando o nível do mar atingiu entre 6 e 10 m acima do atual. Com isso, as falésias foram erodidas e os vales incisos formados no terceiro estágio, foram inundados gerando lagunas e estuários (Fig. 6d).

A quinta fase é marcada por um regime regressivo que levou ao desenvolvimento dos terraços pleistocênicos constituídos por cristas de praia progradantes. De acordo com Martin *et al.* (1997), entre Rio das Ostras e Barra de São João, os depósitos marinhos pleistocênicos estão limitados a uma estreita faixa na margem oceânica e alguns poucos vestígios rumo ao interior. Em outras regiões, podem alcançar os 10 m de altitude em suas porções mais internas, e diminuem em direção ao mar. Segundo os autores, são caracterizados por sedimentos arenosos brancos na superfície e acastanhados em profundidade devido à presença de matéria orgânica (Fig. 6e).

A sexta fase está relacionada ao máximo da última transgressão marinha já no Holoceno, (5.100 anos AP), responsável pela erosão parcial destes antigos cordões, e a formação de sistemas de lagunas e ilhas-barreiras com sedimentos de conchas de moluscos e madeira carbonizada datados em até 7.000 anos AP (Fig. 6f)

A sétima fase corresponde ao preenchimento destas lagunas por sistemas deltaicos intralagunares, acarretando a mudança para lagos de água doce. Em muitos casos, o assoreamento levou ao desenvolvimento de pântanos com turfeiras (Fig. 6g).

Por fim, a oitava fase é marcada pela formação dos terraços marinhos holocênicos, devido à regressão marinha após o último máximo transgressivo de 5.100 anos AP, seguindo a tendência de transformação de lagunas em lagos (Fig. 6h).

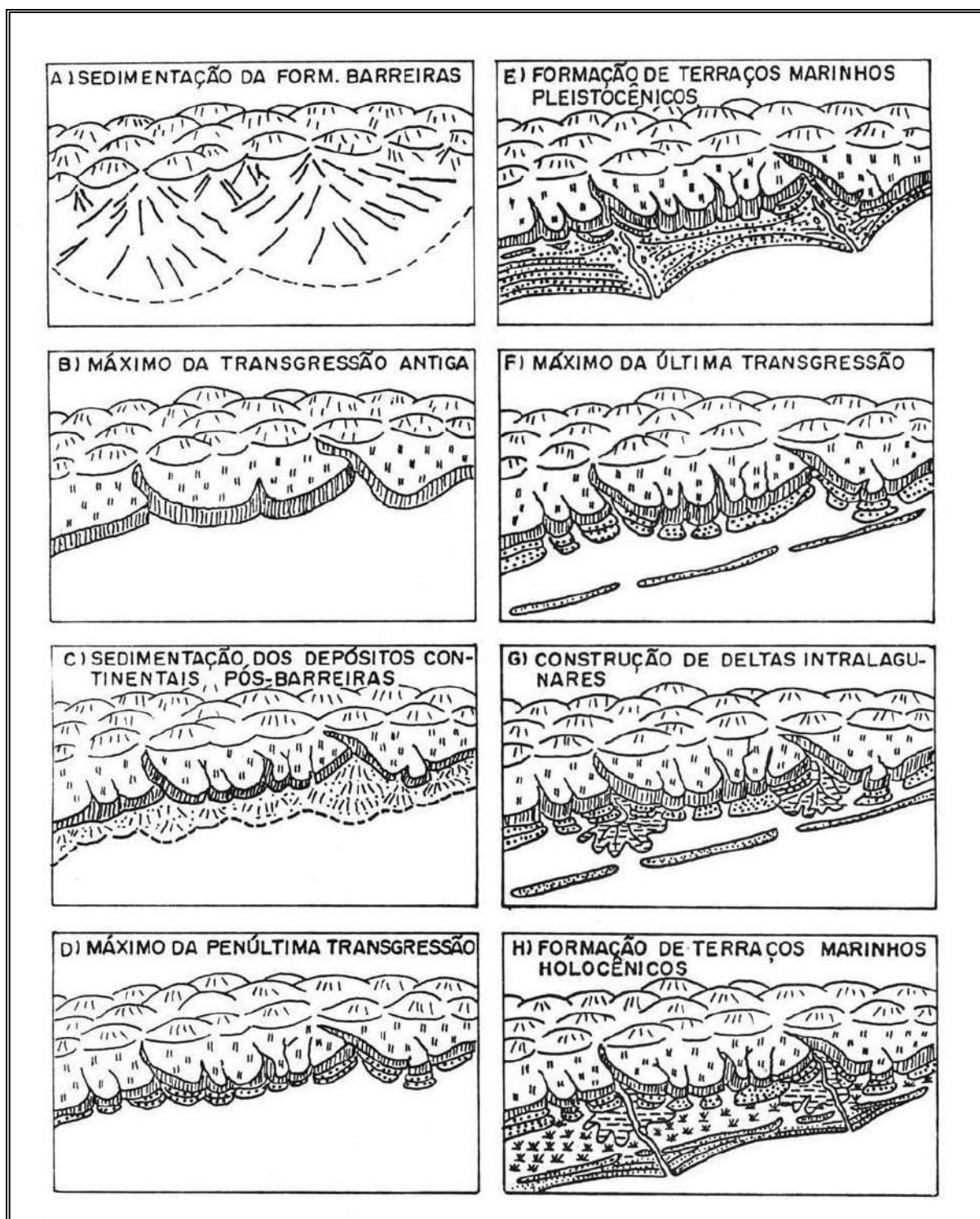


Figura 6 - Esquema de evolução para deltas quaternários do Brasil em oito fases propostas por Martin *et al.* (1993).

4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

4.1 Geodiversidade, Patrimônio Geológico e Geoconservação

Segundo a *Royal Society for Nature Conservation* do Reino Unido (STANLEY, 2000), geodiversidade é a variedade de ambientes geológicos, fenômenos e processos ativos que geram e sustentam a diversidade de elementos naturais, como paisagens, rochas, minerais, fósseis, solos e outros depósitos superficiais, os quais, em conjunto, formam a estrutura para a vida na Terra. O termo começou a ser usado na década de 1990, e se consolidou na Conferência de Malvern sobre Conservação Geológica e Paisagística em 1993 no Reino Unido, de forma a complementar a diversidade natural, composta também pela biodiversidade (GRAY, 2004), e desde então vem aos poucos ganhando destaque entre a comunidade científica (CASTRO *et al.*, 2018).

Para Brilha (2005) a ocorrência de um ou mais elementos da geodiversidade que apresente valor singular do ponto de vista científico, pedagógico, cultural, turístico ou outros, e esteja bem delimitado geograficamente, pode ser definida como geossítio. O autor classifica o conjunto de geossítios de uma dada região como patrimônio geológico.

Anos depois, Brilha (2016) atualizou sua conceituação de patrimônio geológico para a geodiversidade, encontrada *in situ* (geossítios) e *ex situ* (acervo de museus e coleções), considerando apenas o valor científico. Quando atribuído apenas valor educativo e turístico à geodiversidade, o autor a categorizou em elementos da geodiversidade quando *ex situ*, e sítios da geodiversidade quando *in situ*.

A conservação da geodiversidade dos processos e feições geológicas, geomorfológicas e pedológicas, de forma a garantir a manutenção de suas taxas e magnitudes naturais de mudança é o objetivo da geoconservação (SHARPLES, 2002).

Segundo Worton (2008), geoconservação é um termo moderno para designar as intenções e atividades desenvolvidas para conservar e proteger feições e processos geológicos para benefício das gerações futuras.

No Brasil, a discussão destes temas teve início a partir de 1997, quando por solicitação da UNESCO, o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) criou o Grupo de Trabalho Nacional de Sítios Geológicos e Paleobiológicos e, assim, foi instituída a Comissão Brasileira dos Sítios Geológicos e Paleobiológicos – SIGEP (MANSUR, 2010).

A SIGEP mantém uma base de dados nacional de geossítios, abrangendo o período de 1998 até 2012.

O Serviço Geológico do Brasil (SGB) disponibiliza um sistema de cadastro e quantificação de geossítios e sítios da geodiversidade, o GEOSSIT (<https://sgb.gov.br/geossit/>). O *site* é destinado ao inventário, qualificação e avaliação quantitativa dos sítios de interesse, que eventualmente podem ser selecionados como candidatos a Patrimônio Natural da Humanidade junto à UNESCO, utilizando a metodologia de Brilha (2016). O sistema apresenta tabelas de valor científico, potencial uso educativo e turístico e risco de degradação (GEOSSIT, 2024).

Para este trabalho, considerou-se a definição de Brilha (2005) que enquadra o geossítio que compõe a área de estudo como patrimônio geológico, visto que sua ocorrência possui valor educativo, com o potencial de serem proferidas aulas de geologia geral em torno dele, bem como valor cultural, com depoimentos de habitantes locais sobre sua influência inclusive na construção civil, onde a rocha recebe o nome popular de “piçarra” ou “piçarro”.

4.2 Geoparque Aspirante Costões e Lagunas do RJ

Os geoparques são áreas geográficas unificadas que possuem geossítios de relevância geológica internacional. São administrados com a finalidade de promover o desenvolvimento

econômico sustentável através da geoeducação das comunidades locais e do geoturismo, se tornando uma nova abordagem para promoção da geoconservação do patrimônio geológico (MANSUR, 2010; UNESCO, 2024).

O GpCL se estende por 16 municípios costeiros da porção leste e norte do RJ, abrangendo os municípios desde Maricá até São Francisco de Itabapoana (Fig. 7). Este Geoparque Aspirante abriga rochas que guardam a evolução do Gondwana, com características essenciais para o entendimento do fechamento e quebra deste paleocontinente, sendo este um dos seus pontos de importância internacional. Em seus costões predominam litotipos metamórficos que registram a evolução tectônica desde o Paleoproterozóico até o Cambriano, incluindo rochas que pertenciam originalmente ao conjunto que compõem o continente africano.

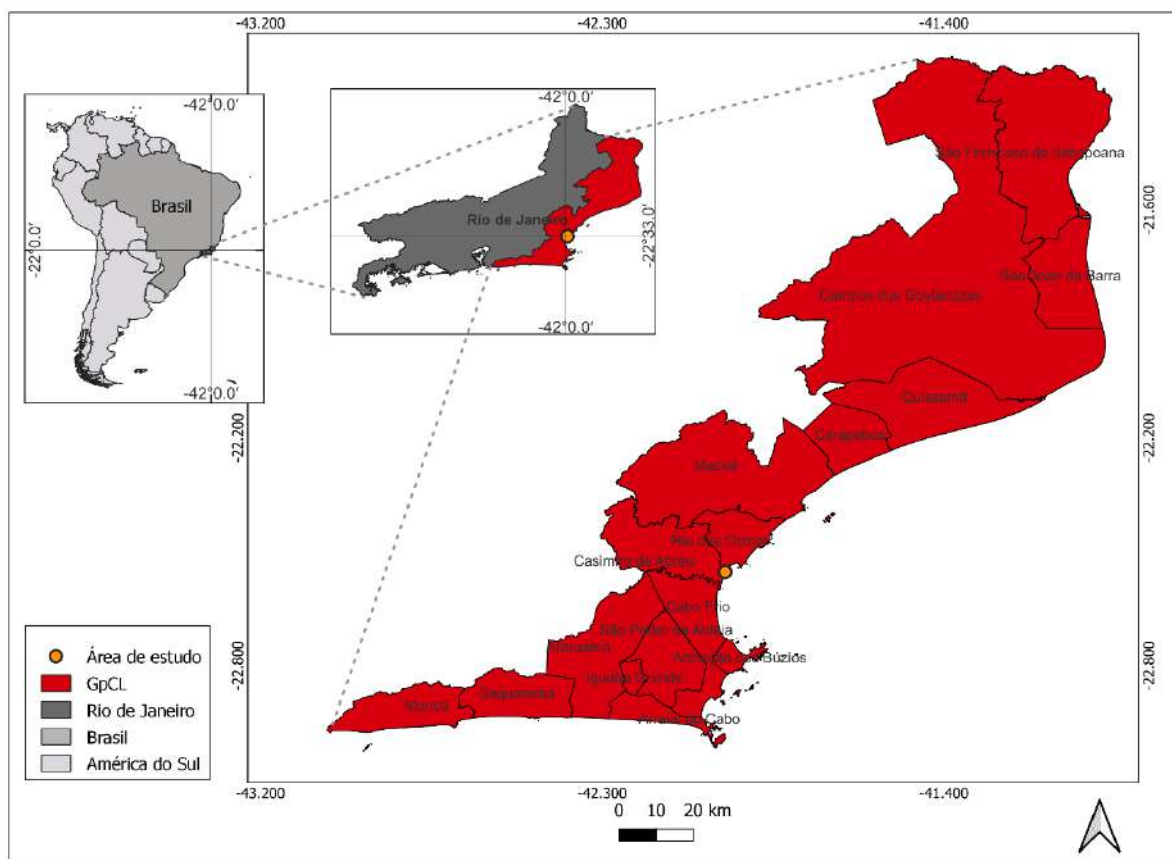


Figura 7 - Mapa do território do GpCL e sua área no estado do Rio de Janeiro, com a localização da área de estudo.

Durante a evolução cenozoica da região, formaram-se importantes geossítios, incluindo campos de dunas, restingas, falésias, cordões litorâneos, sistemas deltaicos, manguezais e lagunas hipersalinas. Tais lagunas se tornaram foco de muitos estudos, já que suas condições extremas de salinidade possibilitam a geração de estromatólitos, o que as torna um análogo para os paleoambientes que originaram os reservatórios aptianos das bacias de Campos e Santos, e que fornecem conhecimento também acerca dos mais antigos registros de vida conhecida no planeta (MANSUR *et al.*, 2012).

4.3 Processos Diagenéticos

Diagênese, de acordo com Burley & Worden (2003), refere-se a um extenso conjunto de processos físicos, químicos e biológicos, pós-deposicionais e controlados pela temperatura e pressão geradas pelo avanço do soterramento, e pela química da água intersticial nos poros dos sedimentos.

A assembleia mineral sedimentar reage com a interação água-rocha através dos fluidos dos poros, buscando o equilíbrio com a geoquímica do ambiente. À medida que a história de soterramento de uma bacia sedimentar avança e os fluidos dos poros evoluem, a estrutura e a mineralogia diagenética mudam em resposta a esses fenômenos (BURLEY & WORDEN, 2003).

O sistema diagenético consiste na presença de minerais instáveis ou metaestáveis em contato com a água intersticial penetrante nos poros e carregada de elementos dissolvidos. Sem a presença de água a diagênese cessa efetivamente (BURLEY & WORDEN, 2003).

O estágio inicial da diagênese ocorre em profundidades rasas e temperaturas baixas (<70°C) e recebe o nome de eodiagênese (MORAD *et al.*, 2000). Essa fase é controlada por diversos fatores, como clima, conteúdo orgânico, minerais detríticos, química original da água intersticial, que por sua vez está relacionada ao ambiente deposicional (MORAD, 1998).

Desidratação, cimentação, compactação, dissolução e reações minerais são processos responsáveis por transformar os sedimentos em rocha, e já podem estar presentes neste estágio (MORAD, 1998).

De acordo com Tissot & Welte (1984), a diagênese da matéria orgânica sedimentar (MOS) ou sedimentos carbonosos é um processo complexo que, nos estágios iniciais, envolve a destruição química e microbiana de macromoléculas orgânicas. Em seguida, ocorre a concentração dos produtos resultantes, como aminoácidos, açúcares e ácidos graxos, que, ao final da atividade bacteriana, se transformam em substâncias húmicas complexas. Nos estágios mais avançados, transformações inorgânicas lentas são geradas, assim como redistribuições da matéria orgânica residual, o que resulta na formação de querogênios e hidrocarbonetos, compondo o petróleo.

Suguio (2003) afirma que a MOS moderna está sendo acumulada em ambientes redutores (Eh negativo) e/ou em locais com baixa ação de microorganismos. Estas condições são mais comumente encontradas em regiões de climas frios, entretanto, a oxidação gerada por microorganismos é um efeito superficial sob condições aeróbicas. Portanto, quando a matéria orgânica chega a maiores profundidades, que por sua vez são escassas de oxigênio, o efeito da oxidação é inibido. Dessa forma, em lagos mais profundos, há a deposição e preservação de sedimentos ricos em matéria orgânica.

De acordo com Carvalho (2010), quando a MOS preservada possui mais de 11.700 anos, não pertencendo assim à época geológica em curso, o Holoceno, e ainda possui as características de partes de organismos vivos, como os fragmentos vegetais que encontram-se sempre dissociados no registro sedimentar, esta pode ser considerada um fóssil. Caso a idade seja inferior ao início do Holoceno, estes restos preservados são considerados subfósseis, como é o caso dos sambaquis (Fig. 8): acúmulos de conchas, ossos e carvão, decorrentes da atividade humana, também frequentes no território do GpCL.



Figura 8 – Material conchífero do Sambaqui da Tarioba em Rio das Ostras (Museu do Sítio Arqueológico Sambaqui da Tarioba). Fonte: Geoparque Costões e Lagunas, 2024.

4.4 Histórico de Estudos sobre o Tema

Muehe & Corrêa (1988) descreveram o que eles denominaram de “arenitos de restinga” do cordão litorâneo da Massambaba / Lagoa de Araruama. Estas rochas consistem em arenitos cimentados por matéria orgânica coloidal e hidróxidos de ferro, que podem ser encontrados nos depósitos arenosos costeiros, genericamente denominados de restingas, termo que hoje é utilizado para se referir a uma vegetação composta por plantas herbáceas, arbustivas e arbóreas, típica de regiões litorâneas arenosas, salinas e que sofrem interferências marinhas (RODRIGUES *et al.*, 2021).

Muehe & Corrêa (1988) citaram algumas ocorrências: (a) na base da restinga da Praia de Itaipu, em Niterói, expostos pela abertura do canal que liga a laguna do mesmo nome ao mar; (b) na depressão inter-cordões entre as praias de Itaipuaçu e Guaratiba em Maricá; e (c) no fundo marinho em frente à Praia de Jaconé; assim como no fundo da Lagoa de Araruama. Na Lagoa de Araruama os afloramentos foram identificados na margem sul do Saco da Tiririca e

da Enseada da Figueira, onde, além de recobrirem parte do fundo lagunar, ainda afloravam na base das dunas da restinga da Massambaba.

Muehe *et al.* (2008) fizeram menção ao afloramento foco do presente trabalho, ao avaliarem a vulnerabilidade física da orla costeira do arco praial entre Rio das Ostras e o Cabo de Búzios (RJ). Os autores descreveram: “*A urbanização da orla, entre Rio das Ostras e Barra de São João, ocorre de forma descontínua com residências construídas muito próximas à pequena falésia que em geral representa o limite proximal com a praia e em cuja base é frequente a ocorrência de exposição de arenitos de coloração escura (arenitos de restinga).*”

Silva (2011), ao pesquisar a evolução geológica da planície costeira central de Maricá, identificou uma ocorrência de areia com matéria orgânica (Fig. 9) durante uma sondagem no cordão arenoso na zona praial entre o mar e a Lagoa de Maricá (UTM (fuso 23K, datum SIRGAS 2000) 514337 E / 7460413 N). O autor identificou na profundidade de 14,2 m, do cordão que atingia cerca de 7 m acima do nível do mar, uma camada de areia quartzosa grossa a média, de cor marrom claro, agregada com matéria orgânica. O material orgânico presente foi datado por radiocarbono e forneceu uma idade de 40.880 ± 1420 anos AP.



Figura 9 - Amostra de subsuperfície (14,2 m) de arenito rico em matéria orgânica em Maricá - RJ, encontrada durante a pesquisa de Silva (2011). Fonte: Silva (2011).

Em 2019, Cardoso et al. (2019) coletaram na Praia de Jaconé (entre Maricá e Saquarema) clastos de arenito rico em matéria orgânica e clastos de diabásio associados aos *beachrocks* da região. Os clastos de diabásio, comuns nesses depósitos descritos por Darwin em 1832 (Fig. 10), originam-se de diques aflorantes próximos e foram fundamentais para estudos sobre a evolução quaternária da área (MANSUR et al., 2011).



Figura 10 - *Beachrock* conglomerático com clastos (pretos) de diabásio na Praia de Jaconé, entre Maricá e Saquarema (RJ). Fonte: Mansur *et al.* (2012).

Como os arenitos neste caso não afloram e só surgem como fragmentos na face da praia após dias de ressaca (Fig. 11), presume-se que eles estejam localizados abaixo da camada de *beachrocks*. Assim, pôde-se presumir que esta ocorrência da litologia estudada é mais antiga que os conhecidos *beachrocks* de Darwin, além de fornecer uma proteção parcial contra a erosão marinha (RAMOS *et al.*, 2021).



Figura 11 - Clasto de arenito rico em matéria orgânica encontrado na Praia de Jaconé em 2019, coletado por Kátia Mansur e Renato Ramos. Fonte: Kátia Mansur.

Para além da relação dos clastos de arenito com os *beachrocks*, o caráter peculiar desta rocha, somada à escassez de estudos sobre o tema, despertou o interesse de pesquisadores da UFRJ, que formaram um grupo de pesquisa dedicado ao seu estudo – origem do presente trabalho. Sua coloração negra devido à abundância de matéria orgânica, com restos de vegetais por vezes ainda em posição de vida, voltou a ser objeto de pesquisas desde 2015, quando uma ocorrência aflorando mais ao norte, em Carapebus no PARNA Restinga de Jurubatiba (Fig. 12), foi descrita com cerca de 800 m de extensão, sendo datada por Barros *et al.* (2015) em 43.500 anos AP (sedimento na base) a 34.530 ± 320 anos AP (um tronco em posição de vida).



Figura 12 – Imagem de satélite exibindo o afloramento de arenito rico em matéria orgânica ao centro do trecho de praia observável dentro do PARNA Restinga de Jurubatiba, em Carapebus. Fonte: Barros *et al.* (2015).

Vasconcellos *et al.* (2019) sugeriram a relevância da preservação do afloramento de Jurubatiba como sítio de interesse paleoambiental no SIGEP. A faixa de idade observada foi confirmada mais tarde com coletas de Roza *et al.* (2023), que obtiveram uma nova amostra datada em 36.035 – 35.245 anos cal AP. Além disso, com esta nova coleta, também foi datada uma amostra estratigraficamente superior cuja idade da matéria orgânica datada é de 3.141 – 2.875 anos cal AP.

As idades pleistocênicas encontradas se correlacionam com a idade de 37.537 – 34.991 anos cal AP de uma amostra datada dos clastos de Jaconé pelo Projeto CNPq “Análise do passado para pensar o futuro: As variações do nível do mar no território do Geoparque Costões e Lagunas do RJ”, também estudado por Dias (2023). Portanto, foram depositados quando o litoral se encontrava mais distante da linha de costa atual, durante um regime climático mais árido (CARDOSO *et al.*, 2021).

Cardoso *et al.* (2021), Ramos *et al.* (2021) e Roza *et al.* (2023) realizaram análises petrográficas preliminares nos arenitos de Jaconé e Jurubatiba, a fim de compreender melhor os processos paleodeposicionais destes sedimentos.

Quatro litofácies foram identificadas por Ramos *et al.* (2021) entre os clastos coletados na Praia de Jaconé: arenito fino-médio, arenito grosso, arenito grosso com bioclasto e lutito. O arcabouço é composto por grãos de quartzo e feldspato, sendo os grãos mais grossos mais arredondados, enquanto os mais finos são mais angulosos. Predominam clastos subangulosos a subarredondados, e a seleção se torna mais pobre nas fácies mais grossas.

Cardoso *et al.* (2021) observaram que a ocorrência de Jurubatiba, assim como Jaconé, apresenta granulometria entre areia grossa e muito grossa.

Posteriormente, em 2023, quatro ocorrências de arenito rico em matéria orgânica foram descritas em outros municípios do GpCL: Macaé (Fig. 13); Rio das Ostras; Arraial do Cabo; e Cabo Frio (ALFANO *et al.*, 2023) com idades pleistocênicas entre 43.500 e 23.420 anos cal AP (Jaconé, Rio das Ostras e Jurubatiba) e holocênicas entre 8.282 e 4.708 anos cal AP (Cabo Frio e Macaé) (NUNES *et al.*, 2024).



Figura 13 - Arenito rico em matéria orgânica com porções internas erodidas pela ação do mar, aflorando na Praia do Parque Municipal da Restinga do Barreto, em Macaé, durante o primeiro trabalho de campo que compôs este trabalho.

Novos trabalhos foram realizados e um novo afloramento foi descrito e analisado em Barra de São João (Fig. 14), distrito de Casimiro de Abreu, a menos de 5 km da Praia do Abricó (NUNES *et al.*, 2024). Além disso, a partir da análise de 21 lâminas delgadas, das diferentes ocorrências no território do GpCL, Braga *et al.* (2024) sugeriram um aporte eólico, fluvial e possivelmente oriundo dos antigos cordões arenosos pleistocênicos, ao longo dos quais antigos lagos e brejos se situavam, como descrito no contexto da geologia regional.



Figura 14 – Afloramento de arenito rico em matéria orgânica se estendendo ao longo do Praião de Barra de São João, em Casimiro de Abreu.

Os autores basearam-se principalmente nas características de granulometria e arredondamento: areias finas a médias, angulosas a subangulosas, indicam provável área fonte proximal, enquanto areias grossas a muito grossas arredondadas, indicam o retrabalhamento dos antigos cordões. A deposição de abundante matéria orgânica teria, com os processos diagenéticos, cimentado estes grãos tipicamente quartzosos.

5 METODOLOGIA

A metodologia aplicada (Fig. 15) foi dividida em seis etapas, sendo: (1) levantamento bibliográfico; (2) trabalho de campo; (3) análise faciológica; (4) análise petrográfica; (5) datação por radiocarbono – MAS; e (6) modelagem da variação do nível relativo do mar (VNRM). Os trabalhos de campo, datações ao radiocarbono e elaboração de lâminas delgadas contaram com o financiamento do CNPq através do Projeto “Análise do passado para pensar o futuro: As variações do nível do mar no território do Geoparque Costões e Lagunas do RJ”.

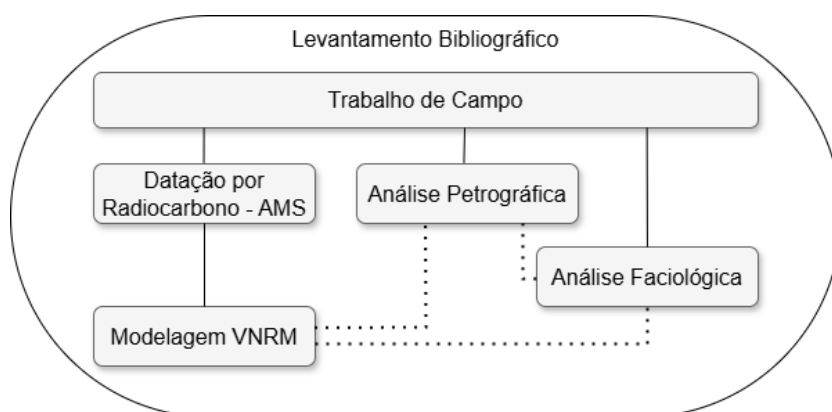


Figura 15 – Relação entre as etapas metodológicas principais utilizadas neste estudo.

5.1 Levantamento Bibliográfico

A pesquisa bibliográfica foi iniciada após o primeiro trabalho de campo e teve quatro focos principais:

(a) acerca da geologia regional, tanto com enfoque no DTCF (RICCOMINI, 1989; MOHRIAK *et al.*, 1990; RICCOMINI *et al.*, 2004; ZALÁN & OLIVEIRA, 2005; SOUZA, 2011; SCHMITT *et al.*, 2012; HEILBRON *et al.*, 2016; SCHMITT *et al.*, 2016), quanto na cobertura cenozoica na área do GpCL (MARTIN *et al.*, 1984; MARTIN *et al.*, 1993; MARTIN *et al.*, 1997; CASTRO *et al.*, 2009; MANSUR 2010; MANSUR *et al.* 2011; MANSUR *et al.*, 2012; ROCHA *et al.*, 2013);

(b) em relação à geoconservação e ao GpCL (STANLEY, 2000; SHARPLES, 2002; GRAY, 2004; BRILHA, 2005, 2016; WORTON, 2008; MANSUR, 2010; CASTRO *et al.*, 2018; SIGEP, 2024; UNESCO, 2024);

(c) o terceiro foco se deu sobre a diagênese da matéria orgânica, processos eodiagenéticos, e conceitos paleontológicos e petrográficos (FOLK, 1980; TISSOT & WELTE, 1984; INGERSOLL *et al.*, 1985; MORAD, 1998; MORAD *et al.*, 2000; BURLEY & WORDEN, 2003; SUGUIO, 2003; CARVALHO, 2010);

(d) por fim, realizou-se um levantamento acerca dos arenitos ricos em matéria orgânica da região do GpCL (MUEHE & CORRÊA, 1988; MUEHE *et al.*, 2008; SILVA, 2011; BARROS *et al.*, 2015; VASCONCELLOS *et al.*, 2019; CARDOSO, 2021; RAMOS *et al.*, 2021; ALFANO *et al.*, 2023; ROZA *et al.*, 2023; NUNES *et al.*, 2024; BRAGA *et al.*, 2024).

5.2 Trabalho de Campo

Foram realizados três trabalhos de campo: (a) o primeiro, de reconhecimento, ocorreu entre os dias 07 e 10/03/2023, com coleta de cinco amostras de arenito rico em matéria orgânica da área para análises posteriores; (b) o segundo ocorreu nos dias 08 e 09/11/23 com coleta de oito amostras de arenito rico em matéria orgânica e produção de dois perfis faciológicos; (c) o terceiro trabalho de campo, ocorreu entre os dias 11 e 13/09/2024 e gerou dois perfis faciológicos, coleta de mais oito amostras de arenito rico em matéria orgânica e lenhos e vinte e cinco medições de indicadores de paleofluxos na porção sul do afloramento estudado. São descritos a seguir o itinerário de cada trabalho, focando no afloramento deste estudo e nas ocorrências de arenitos ricos em matéria orgânica visitadas em outras localidades no território do GpCL:

(a) O primeiro trabalho de campo, que compôs esta pesquisa, teve como objetivo realizar o reconhecimento de indicadores de nível do mar no território do GpCL para o projeto “Análise do Passado para Pensar o Futuro”. Foram marcados dezessete pontos passando por sítios em

Armação de Búzios, Cabo Frio, Macaé, Carapebus, Quissamã, Campos dos Goytacazes, São Francisco de Itabapoana e Rio das Ostras. No primeiro dia, o quarto ponto foi feito no Parque Municipal Restinga do Barreto, em Macaé, quando verificou-se a ocorrência de um arenito rico em matéria orgânica aflorando por cerca de 165 m na Praia do Barreto. No décimo sétimo e último ponto deste primeiro trabalho, verificou-se a ocorrência do arenito rico em matéria orgânica na Praia do Abricó, onde foram coletadas as amostras da rocha e fragmentos vegetais.

(b) O segundo trabalho de campo foi realizado em novembro de 2023 apenas na área do presente estudo, e forneceu poucos dados devido às condições de exposição do afloramento, que se encontrava em grande parte recoberto. Contudo, foi confeccionado um perfil faciológico na escala 1:10 de 66 cm (Perfil 1), além da coleta de amostras ao longo de cinco pontos.

(c) O terceiro trabalho de campo, realizado em setembro de 2024, foi realizado com o intuito de visitar algumas das ocorrências de arenito rico em matéria orgânica identificadas no GpCL e verificar indícios em novos locais.

No primeiro dia, doze pontos foram marcados em Casimiro de Abreu durante a descrição do afloramento em exposição no Praião de Barra de São João, com produção de um perfil, coleta de amostras e medições de sete fraturas.

No segundo dia, a 5 km do Praião de Barra de São João, mas nos limites do município de Rio das Ostras, foram marcados seis pontos na terceira visita à ocorrência na Praia do Abricó, agora com a maior exposição observada do afloramento, possibilitando a confecção de um perfil faciológico de 108 cm na escala 1:20 (Perfil 2) e outro de 190 cm na escala 1:10 (Perfil 3), além da coleta de oito amostras de arenitos e fragmentos vegetais lenhosos. Também foram feitas 25 medições de orientação de lenhos dispostos horizontalmente em um estrato superior na porção meridional do afloramento, com o eixo maior preferencialmente paralelo à direção do mar, e sete medidas de fraturas.

Ressalta-se que as coletas de amostras também foram feitas para análises de palinomorfos e organogeoquímicas, a fim de compreender melhor a composição da matéria orgânica sedimentar presente nestes afloramentos, mas que não foram objeto deste trabalho.

Neste mesmo dia foi visitado a Praia do Barreto em Macaé, mas todo o afloramento observado no primeiro trabalho descrito estava recoberto por areia. No terceiro e último dia deste trabalho de campo, verificou-se uma ocorrência em Quissamã, na Praia de João Francisco, onde apenas clastos de arenito rico em matéria orgânica foram identificados e coletados ao longo da face de praia.

Para todos os trabalhos foram utilizados um GPS portátil para marcação dos pontos (Fig. 16); caderneta de campo para as descrições; auxílio de martelo geológico para coleta de amostras armazenadas em sacos plásticos com identificação; trena e papel milimetrado para confecção dos perfis. As atitudes das fraturas foram obtidas com uma bússola geológica.

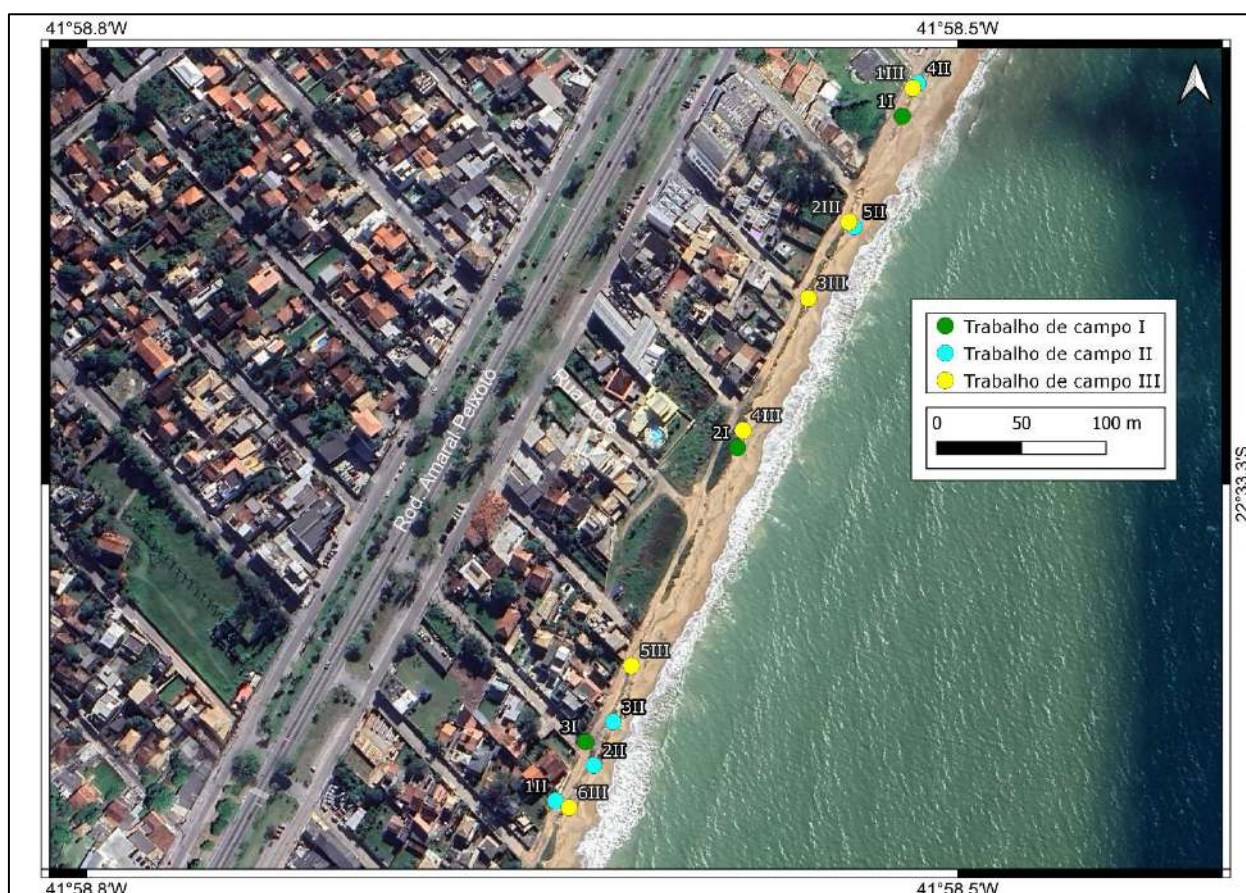


Figura 16 - Mapa de pontos relativo a cada um dos três trabalhos de campo na Praia do Abricó que compuseram o presente estudo.

Durante o terceiro trabalho de campo, com o afloramento em sua melhor exposição observada, foi possível identificar e medir a direção de sete fraturas, que notavelmente tinham direções preferenciais concordantes com as estruturas da ocorrência vizinha em Barra de São João. Com isso, optou-se para este trabalho analisar as fraturas medidas em ambos os afloramentos, a fim de robustecer os resultados. Foram gerados com os dados de direções de fraturas, através do *software* GeoRose v. 0.5.2.0, um diagrama de roseta para cada ocorrência e um terceiro combinando os dois conjuntos de dados.

Devido à disposição dos afloramentos na berma de praia e sua friabilidade, não foi possível medir a atitude completa das fraturas. No entanto, foi possível observar um caráter subvertical.

5.3 Análise Faciológica

Um quadro de litofácies foi gerado a partir das descrições de campo e da correlação dos perfis faciológicos, considerando atributos de granulometria, estruturas sedimentares, cor e abundância e posição de bioclastos. A digitalização e a posterior correlação foram realizadas utilizando o *software* CorelDRAW 2024. O perfil de 108 cm foi convertido para a escala 1:10 para se equiparar aos demais. O quadro gerado contém os códigos das fácies, diagnoses, descrições e interpretações.

5.4 Análise Petrográfica

Sete amostras foram selecionadas para confecção de lâminas delgadas (Fig. 17) em laboratório contratado: três amostras referente à primeira coleta; três amostras coletadas estratigraficamente relacionadas ao perfil de 66 cm confeccionado na segunda viagem; e uma

amostra coletada da base do afloramento representado no perfil de 190 cm do terceiro trabalho de campo. Para a confecção das lâminas foi aplicada a técnica de impregnação com resina líquida com catalizador e corante de cor azul, para auxiliar na identificação dos espaços porosos. As lâminas foram confeccionadas pela empresa contratada Petrografia BR, de Minas Gerais.

Importante ressaltar que as lâminas 17-Abrc-1, 17-Abrc-2a e 17-Abrc-2c necessitaram ser reconfecionadas devido à baixa qualidade da primeira produção em um laboratório parceiro, que resultou na fragmentação dos grãos e espessuras muito variadas. O excedente devolvido foi enviado para o laboratório contratado posteriormente, onde passou por uma segunda impregnação de resina para a nova laminação.

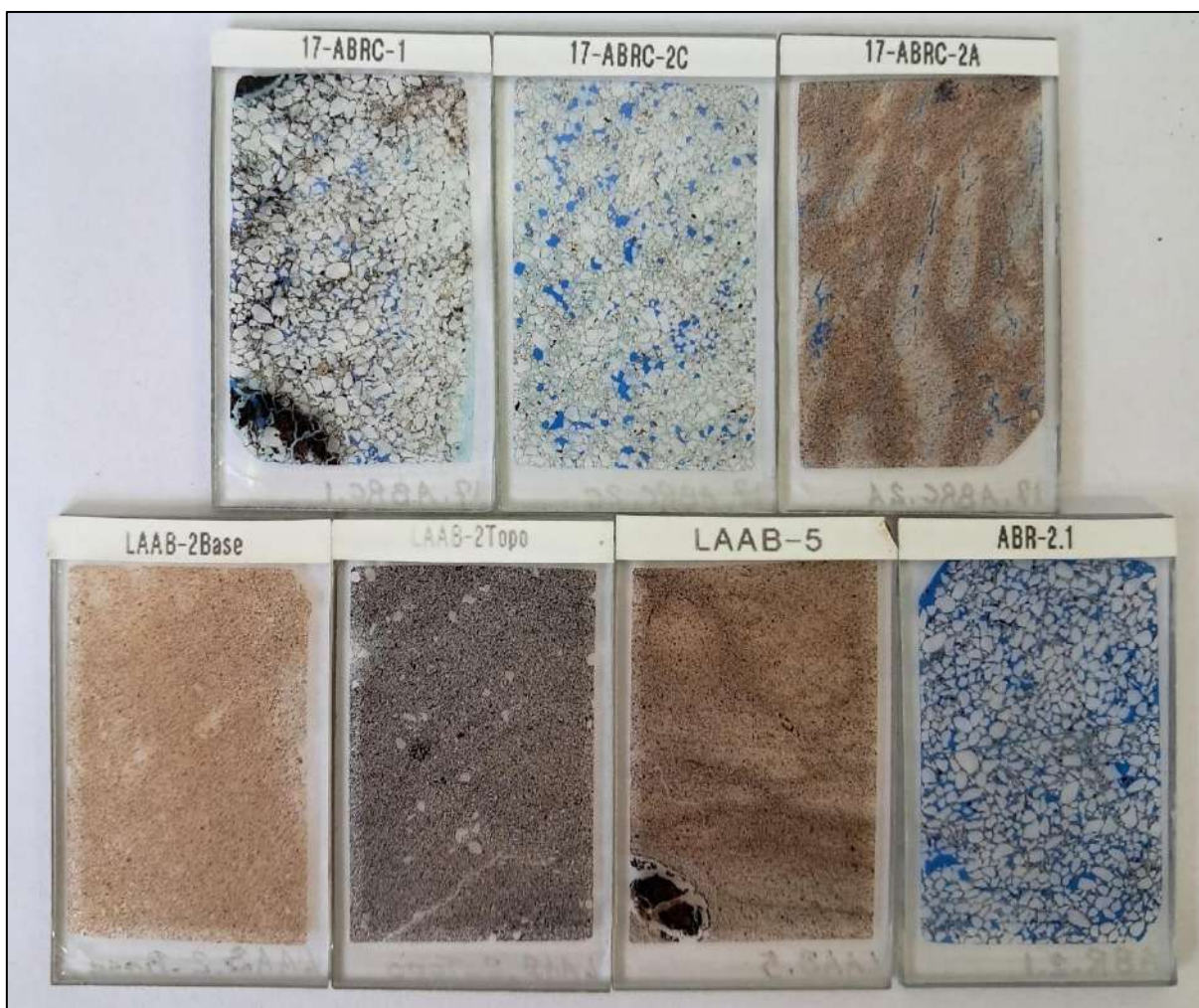


Figura 17 - Fotografia das sete lâminas delgadas referente às amostras descritas.

A análise petrográfica das lâminas produzidas foi realizada no Laboratório de Geologia Sedimentar da UFRJ – LAGESED, utilizando microscópio binocular de luz transmitida, com câmera digital acoplada, ambos da marca *Carl ZEISS*. Para cada lâmina foram adquiridas microfotografias com diferentes objetivas.

Os parâmetros petrográficos analisados foram: composição textural e composição mineralógica. Análises quantitativas foram efetuadas para os exames dos componentes detríticos (mineralogia) e texturais (arredondamento, cimento e porosidade), através da técnica de contagem de pontos (300 pontos), segundo metodologia de Gazzi-Dickinson (INGERSOLL *ET AL.*, 1984), com auxílio do *software* Microsoft Excel. As fichas descritivas de cada amostra estão disponíveis nos Apêndices A a G.

Os componentes detríticos discriminados foram: quartzo monocrystalino e policristalino, com suas variações (quartzo com extinção abrupta, quartzo com extinção ligeiramente ondulante, quartzo com extinção fortemente ondulante, quartzo policristalino com dois ou três grãos ou com mais de três grãos), K-feldspato, plagioclásio, fragmentos de rochas, minerais secundários e, também, os bioclastos vegetais. O arredondamento foi contabilizado apenas para os grãos de quartzo, que compõem majoritariamente as amostras. O grau de arredondamento foi adaptado da escala de Powers (1953), e dividido entre: arredondado; subarredondado; subanguloso; e anguloso. A matéria orgânica amorfa foi classificada como cimento, seguindo a descrição de Muehe & Córrea (1988).

Os valores obtidos com a contagem de pontos foram recalculados para percentuais e aqueles relacionados aos constituintes siliciclásticos clássicos (quartzo, feldspato e fragmentos líticos) foram plotados no diagrama triangular de classificação de rochas sedimentares, segundo Folk (1980). A identificação e quantificação dos grãos de quartzo foram utilizadas na indicação da proveniência, com base nos diagramas ternários de Basu *et al.* (1975).

A granulometria do arcabouço foi estimada por meio da medição do eixo maior dos grãos em microfotografias obtidas com uma objetiva de 2,5x. Para cada lâmina, foram realizadas entre 200 e 250 medições utilizando o *software* QGIS 3.24, com exceção da lâmina 17-Abrc-1, que, devido à sua menor qualidade, herdada dos problemas de confecção somada a maior friabilidade por sua granulometria mais grossa, permitiu a contagem de apenas 144 grãos. Cada grão medido foi classificado de acordo com sua faixa granulométrica, com base nos limites propostos por Wentworth (1922): 2,00 a 1,00 mm; 1,00 a 0,50 mm; 0,50 a 0,25 mm; 0,25 a 0,125 mm; e 0,125 a 0,062 mm, correspondendo, respectivamente, a areia muito grossa, areia grossa, areia média, areia fina e areia muito fina. A partir do tamanho do eixo maior de cada grão, estimou-se a área que ele ocuparia na lâmina delgada, elevando-se o valor do eixo ao quadrado. Em seguida, os dados foram normalizados para cada lâmina, o que permitiu determinar a proporção de cada faixa granulométrica no arcabouço. A partir deste resultado foi possível também determinar o grau de seleção do arcabouço, com base nas tabelas de Beard & Weyl (1973).

5.5 Datação por Radiocarbono – AMS

Após o primeiro trabalho de campo, uma amostra (17Abrc-02b) do afloramento da Praia do Abricó foi selecionada para datação por radiocarbono utilizando a espectrometria de massas com aceleradores (AMS) em um laboratório contratado (LACUFF - Laboratório de Radiocarbono da UFF - Universidade Federal Fluminense). Esse método determina o teor de carbono-14 em amostras geológicas e arqueológicas, o que é essencial para a datação precisa desses materiais. A escolha da amostra se deu pela alta concentração de restos vegetais e por ser o nível de estratos mais basal aflorando na primeira visita.

Ao ser enviado para o laboratório o material foi observado em microscópio e sub-amostrado. Em seguida, os tratamentos prévios das amostras seguiram o protocolo descrito em

Oliveira *et al.* (2021). A combustão do material a 900°C por 3 horas, em ampolas a vácuo contendo óxido cúprico e prata, transformou o carbono presente em dióxido de carbono (CO₂). Esse CO₂ foi purificado em um sistema de vácuo e transferido para um tubo de grafitação. A conversão do dióxido de carbono em grafite ocorreu em ampolas seladas a vácuo, contendo hidreto de titânio, zinco e ferro, a 550°C, conforme descrito em Macario *et al.* (2017).

O grafite resultante foi analisado em um acelerador de partículas SSAMS de 250 kV da NEC. Durante essa análise, foram determinadas as razões dos isótopos de carbono. Os resultados foram normalizados utilizando uma amostra padrão de ácido oxálico do National Bureau of Standards (SRM 4990c). A razão ¹³C/¹²C foi medida e utilizada para correção.

Os resultados das datações das amostras são apresentados em idades convencionais de radiocarbono em anos AP (BP) (STUIVER & POLACH, 1977). Considerando a origem da amostra no Hemisfério Sul, as idades foram calibradas para corrigir as aproximações feitas para o cálculo da idade de radiocarbono e correção atmosférica de carbono. Este processo foi feito através do software Oxcal v.4.4.4 e as idades calibradas são apresentadas em anos cal AP (cal BP), com 95,4% de confiabilidade.

Após o terceiro trabalho de campo, duas amostras foram selecionadas dentre os pontos da Praia do Abricó para melhor compreensão do tempo de deposição entre as camadas deste afloramento, mas ainda não estão disponíveis.

Para melhor interpretação dos dados desta ocorrência, foi gerada uma tabela com os resultados encontrados nesta e em outras, obtidos com os recursos do CNPq.

5.6 Modelagem de VNRM

Após os primeiros resultados da datação ao radiocarbono, com o intuito de verificar a distância aproximada do afloramento estudado em relação ao nível do mar no período do desenvolvimento da vegetação que deu origem a matéria orgânica presente, foi confeccionado

um mapa indicando esta distância em relação à curva de nível correspondente ao nível do mar no período de 35 ka AP no litoral do GpCL. Para isso, foi utilizado o *software* QGIS v. 3.22.5 empregando dados de variação do nível do mar na região, disponíveis nos trabalhos de Rocha *et al.* (2019) (Fig. 18) e Reis *et al.* (2020) (Fig. 19), e os dados batimétricos do litoral brasileiro produzidos pela CPRM e ANP em 2013, disponibilizados no catálogo de geoserviços do IBGE (IBGE, 2024).

A seleção da curva de nível foi definida com base no nível do mar em idades próximas à da amostra datada de acordo com as curvas de variação dos estudos citados, mas levando em conta as curvas de nível disponibilizadas no modelo batimétrico disponível, que possuíam intervalos de profundidade de 25 m.

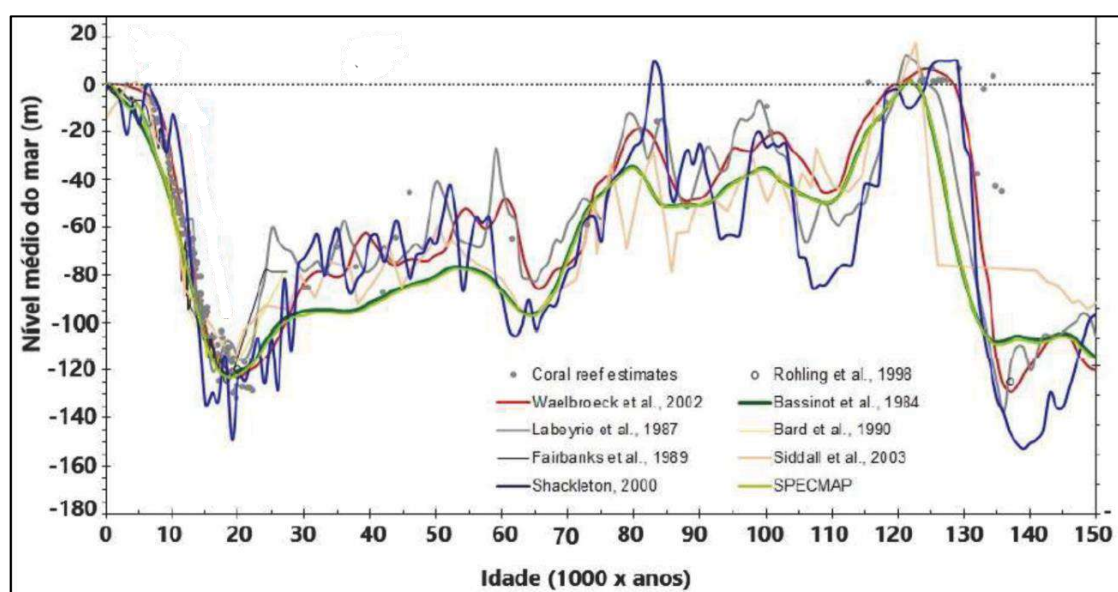


Figura 18 - Envelope de curvas de variações do nível do mar entre o Pleistoceno Tardio e o Holoceno a partir de publicações pretéritas, sintetizados por Rabineau *et al.* (2006). Fonte: Rocha *et al.* (2019).

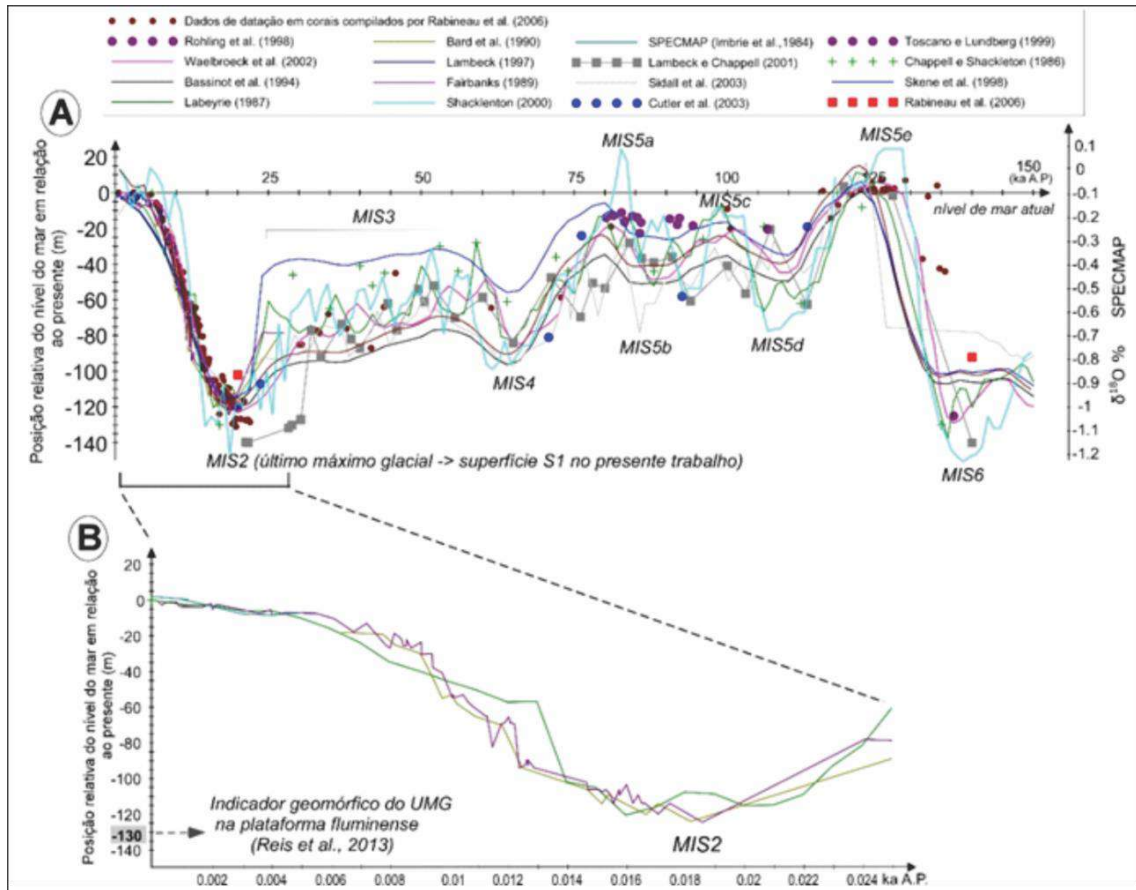


Figura 19 - Envelope de curvas eustáticas entre o Pleistoceno e o Holoceno baseadas na razão isotópica $\delta^{18}O$ e calibradas por evidências geológicas datadas globalmente a partir de publicações pretéritas (modificado de REIS *et al.*, 2013 por REIS *et al.*, 2020). Fonte: Reis *et al.* (2020).

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 Resultados do Trabalho de Campo

6.1.1 Quadro de Fácies e Descrição do Afloramento

O afloramento que compõe a área de estudo possui ao menos 510 m de extensão, tendo sua exposição alterada pela dinâmica costeira ao longo do ano e pelos aterros feitos na orla. Em períodos após fortes ressacas, quando a praia sofre “emagrecimento” devido ao transporte da areia para além da zona de arrebentação, sua exposição pode atingir níveis máximos, com lajedos e pequenas falésias de arenito rico em matéria orgânica, que podem atingir vários metros de comprimento, repetindo-se entre elevações de areia de praia (Fig. 20). Durante o período com menor ocorrência de ressacas, normalmente no verão, a disposição de areia na face de praia recobre grande parte dos afloramentos. Uma parte considerável dos afloramentos de arenitos ricos em matéria orgânica foi obliterada ao norte por um enrocamento de dezenas de metros de extensão, feito como medida para limitar a erosão costeira (Fig. 21), acarretando a perda parcial deste geossítio.



Figura 20 – Trechos com arenito rico em matéria orgânica se repetindo ao fundo na Praia do Abriço, com construções a poucos metros e um bloco solto a esquerda mais próximo ao mar.



Figura 21 - Limite do afloramento de arenitos ricos em matéria orgânica, à esquerda, com o enrocamento realizado na Praia do Abricó pela Prefeitura do Município de Rio das Ostras, à direita.

De modo geral, os depósitos estudados possuem em sua base um intervalo com camadas de arenito fino laminado de coloração negra, com abundantes raízes e lenhos em posição de vida. Logo acima, a quantidade de restos vegetais perde a intensidade, sendo registradas algumas camadas de poucos centímetros de arenito médio com laminação cruzada, o que foi observado no Perfil 1 (Fig. 22 e 23a). No topo, encontra-se um arenito muito grosso com grânulos esparsos, coloração cinza e sem estruturas aparentes (Fig. 23b).

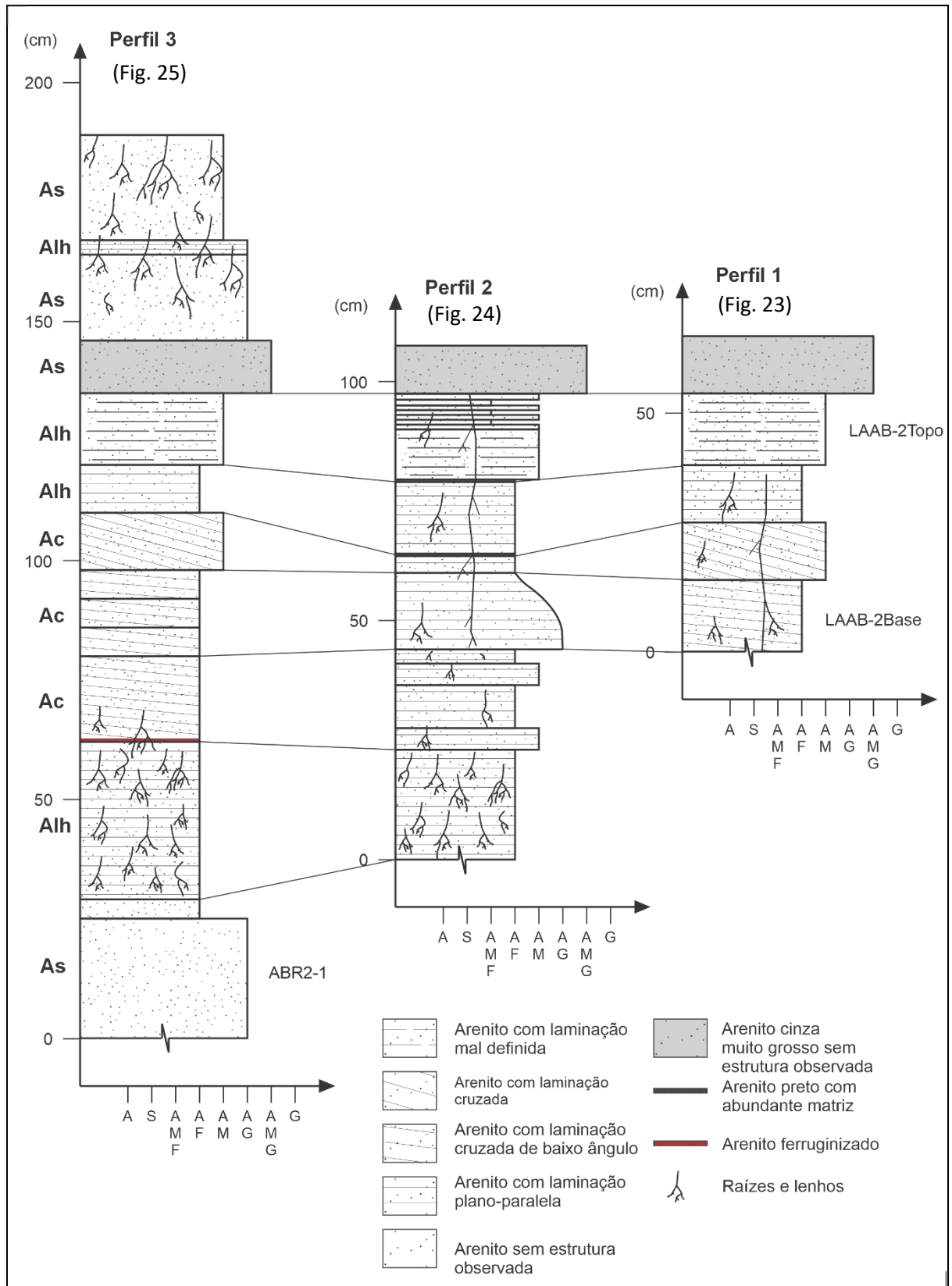


Figura 22 - Correlação dos três perfis faciográficos obtidos na etapa de trabalho de campo com as fácies definidas (Quadro 1) relacionadas aos respectivos estratos do afloramento.



Figura 23 - a) Intervalo do arenito referente ao Perfil 1 (Ponto 2II), com a porção inferior contendo restos autóctones de vegetais e a laminação perdendo a definição em direção ao topo. b) Arenito muito grosso sem estrutura observável no topo.

O Perfil 2 (Fig. 24) apresenta um arenito laminado contendo abundantes restos autóctones de vegetais na base e um fragmento vegetal alongado do meio até quase o topo do afloramento.



Figura 24 - Trecho descrito no Perfil 2 (Ponto 1III). Arenito laminado contendo abundantes restos autóctones de vegetais na base e um fragmento vegetal alongado do meio até quase o topo do afloramento.

Já o Perfil 3 (Fig. 25) mostra um arenito grosso sem estrutura observável na base, correspondente à maior profundidade do afloramento.

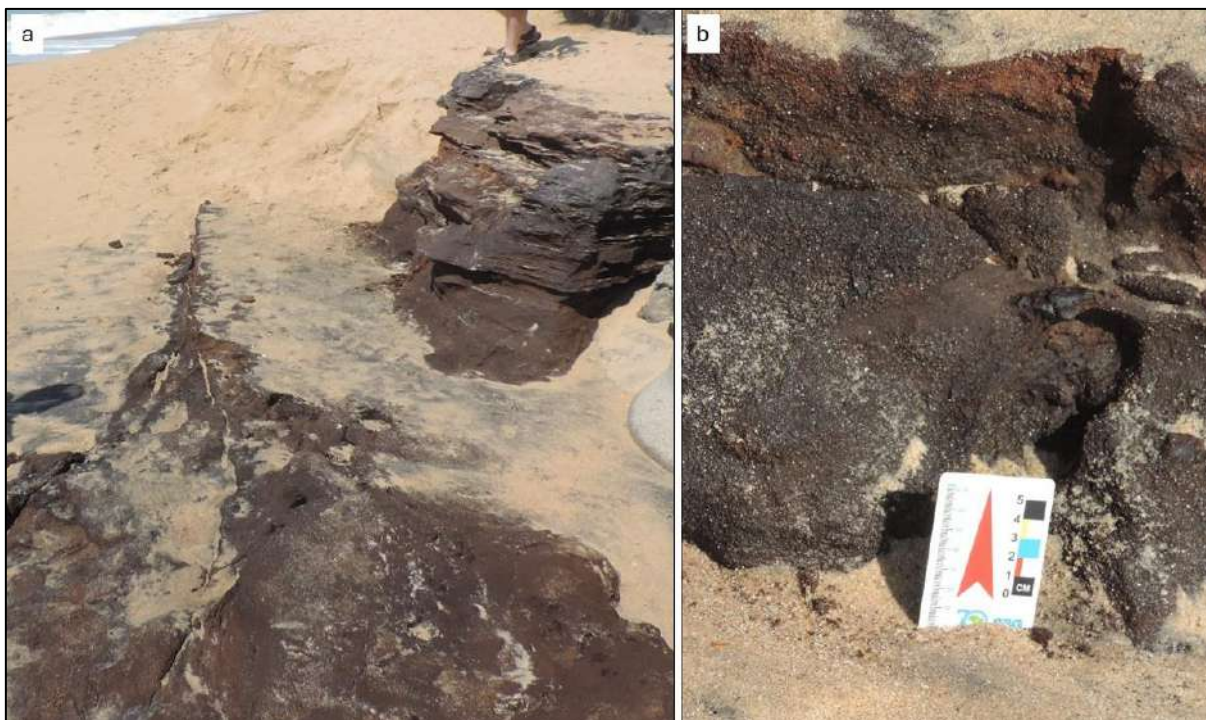


Figura 25 - a) Trecho do afloramento descrito no Perfil 3 (Ponto 2III). b) Arenito grosso sem estrutura observável. Base do trecho descrito no Perfil 3 e a maior profundidade do afloramento observada.

A partir da correlação de perfis feita na Fig. 22, como produto da análise faciológica, foi produzido o Quadro 1, com as fácies sedimentares definidas, os respectivos códigos propostos, diagnoses, descrições e interpretações.

Quadro 1 - Fácies sedimentares definidas para o afloramento do arenito rico em matéria orgânica da Praia do Abricó, em Rio das Ostras, incluindo diagnose, descrição e interpretação.

CÓD.	DIAGNOSE	DESCRIÇÃO	INTERPRETAÇÃO
As	Arenito sem estrutura observada.	Arenitos muito grossos a médios, moderadamente selecionados, de coloração castanho escuro a cinza, quartzoso, grãos subarredondados a arredondados, brilhosos, e vegetação no topo.	Fluxo trativo de alta energia, com modificações pós-deposicionais
Alh	Arenito com laminação horizontal.	Arenitos predominantemente finos, moderadamente selecionados, com grãos subangulosos a subarredondados, de coloração castanho escuro a claro.	Fluxo trativo de baixa a moderada energia.

Ac	Arenito com laminação cruzada, com gradação normal	Arenitos predominantemente finos, com laminação cruzada, podendo ter abundantes grãos de areia média a grossa, arredondados.	Fluxo trativo de baixa a moderada energia, com migração de <i>ripples</i>
Ab	Arenito grosso com bioclastos orientados	Arenito grosso a muito grosso, com lenhos decimétricos horizontalizados com direção preferencial	Fluxo trativo unidirecional de alta energia. Deposição em canais de alta energia (regime de fluxo superior), com transporte e remobilização de restos vegetais (lenhos).

A alternância de fácies mais grossas com areias mais finas, indica um ambiente com variação de energia, como um ambiente praial, que pode gerar as laminações horizontalizadas observadas nos níveis mais finos. A presença de migração de *ripples* em arenitos predominantemente finos pode indicar transporte eólico, como dunas de praia.

A fácies Ab descrita no Quadro 1, indica um evento posterior de elevada energia, com a formação de um canal principal limitado ao extremo sul do afloramento, no topo da seção, com pelo menos 20 m de extensão, onde foi possível observar a remobilização de lenhos decimétricos que indicam a possível direção do fluxo (Fig. 26), e a intensidade suficientemente elevada para “decepar” os restos vegetais em posição de vida na camada inferior.



Figura 26 – Arenito com lenhos decimétricos dispostos paralelos ao plano de acamamento.
Fonte: Kátia Mansur

Ao longo do afloramento foi possível observar fraturas (Fig. 27) aproximadamente paralelas (350° e 353°) e ortogonais à linha de costa (108° e 307°), bem como no afloramento vizinho, no Praião de Barra de São João. Também se observou fraturas intermediárias (41° e 68°) entre as ortogonais e paralelas.



Figura 27 – Trecho do afloramento de arenito rico em matéria orgânica na Praia do Abricó, com fratura ortogonal à linha de costa indicada pelo tracejado branco. Fonte: Kátia Mansur

O Quadro 2 apresenta a descrição dos pontos marcados ao longo do afloramento durante os trabalhos de campo, as amostras coletadas e as análises realizadas, bem como as respectivas coordenadas de cada um deles.

Quadro 2 – Descrição dos pontos marcados no afloramento e análises realizadas nas respectivas amostras, com suas coordenadas.

Ponto / Campo	Coordenadas UTM		Descrições	Observações	Amostras	Análises	
	UTM E (24 K)	UTM N (24 K)				Petrográfica	AMS
1II	193796	7502485	Lajedo arenito grosso a muito grosso, com fragmentos vegetais centimétricos a decimétricos, alóctones (LAAB-01).	-	LAAB-1		
2II	193818	7502508	Falésia de poucos decímetros com base arenito fino a médio, moderada a pobremente selecionada, castanho escuro a claro, com fragmentos vegetais centimétricos a decimétricos em posição de vida (LAAB-02Base). Meio com menos fragmentos vegetais (LAAB-02Meio). Topo mais grosso, cinza, clastos esparsos de grânulos (LAAB-02Topo).	Perfil 1.	LAAB-2Base	X	
					LAAB-2Meio		
					LAAB-2Topo	X	
3II	193829	7502536	Blocos de arenito concentrados a frente do afloramento (LAAB-03), que está mais proeminente em relação a praia do que os demais trechos.	-	LAAB-3		
4II	194001	7502946	Limite do afloramento com a roçagem. Arenito com laminação paralela fino a médio, castanho escuro a claro, com fragmentos vegetais (LAAB-04Base e LAAB-04Topo).	-	LAAB-4Topo		
					LAAB-4Base		
5II	193965	7502854	Base com arenito com laminação paralela com fragmentos vegetais. Meio com arenito com estratificação mal definida e bem selecionado (LAAB-05). Topo arenito grosso a muito grosso, cinza, maciço.	-	LAAB-5	X	
1III	193998	7502943	Limite do afloramento com a roçagem. Da base para o topo: Arenito com laminação paralela fino a médio, castanho escuro a claro, com abundantes fragmentos vegetais. Arenito com laminação cruzada (ABR-01) / granodecrescência com fragmentos vegetais. Arenito com estratificação mal definida. Arenito grosso a muito grosso, cinza, maciço.	Perfil 2.	ABR1		
2III	193962	7502857	Base para o topo: Arenito grosso, moderadamente selecionado, castanho escuro, alto teor de matéria orgânica, clastos subarredondados a arredondados, brilhosos (ABR2-1). Arenito fino laminado, com fragmentos vegetais em posição de vida (ABR2-2). Arenito predominantemente fino (eólico) com abundantes grãos de areia média e grossa com laminação cruzada (ABR2-3). Arenito castanho escuro, maciço, grosso, friável, pobremente selecionado (ABR2-4).	Perfil 3.	ABR2-1	X	X
					ABR2-2		
					ABR2-3		X
					ABR2-4		
3III	193939	7502808	Ponto de controle. Medição de fratura.	Fratura 108.	-		
4III	193902	7502723	Arenito grosso fraturado, com fraturas preenchidas por material fino mais ferruginizado.	Fraturas 041; 040; 307 e 350.	ABR4		
5III	193839	7502572	Arenito fino, laminado, com abundantes fragmentos vegetais em posição de vida. Fragmentos decepados por superfície erosiva.	Fraturas 353 e 068.	-		
6III	193804	7502481	Arenito fino, laminado, com abundantes fragmentos vegetais em posição de vida. Fragmentos decepados por superfície erosiva. Arenito grosso (ABR-6a) acima da superfície erosiva, com fragmentos vegetais decimétricos (ABR-6b) com eixo maior contido no plano de acamamento.	-	ABR6-a		
					ABR6-b		
1I	193992	7502925	Próximo ao ponto 1III e 4II. Coleta da amostra 17-Abrc-01, de arenito grosso, moderadamente selecionado, castanho escuro e abundantes restos vegetais.	-	17- Abrc-01	X	
2I	193899	7502712	Próximo ao ponto 4III. Coleta das amostras 17-Abrc-02(a,b,c). Amostra 17-Abrc-02b referente ao arenito laminado rico em abundante fragmento vegetal em posição de vida com possível semente/amêndoa preservada.	-	17- Abrc-02a	X	
					17- Abrc-02b		X
					17- Abrc-02c	X	
3I	193813	7502523	Próximo ao ponto 2II. Coleta da amostra 17-Abrc-03.	-	17- Abrc-03		

6.1.2 Diagramas de Rosetas

Durante o terceiro trabalho de campo, obteve-se dados de direção de sete azimutes de fraturas ao longo do afloramento de Rio das Ostras (Quadro 2), sendo estes: 108, 307, 041, 350, 040, 353, 068. Com base neles, gerou-se um diagrama de roseta (Fig. 28) que permitiu corroborar com as observações de campo que identificou três famílias de fraturas. Uma aproximadamente paralela à praia, NNW, uma segunda aproximadamente ortogonal à praia com direção NE-SW, e uma terceira oblíqua em relação às demais, NW-SE.

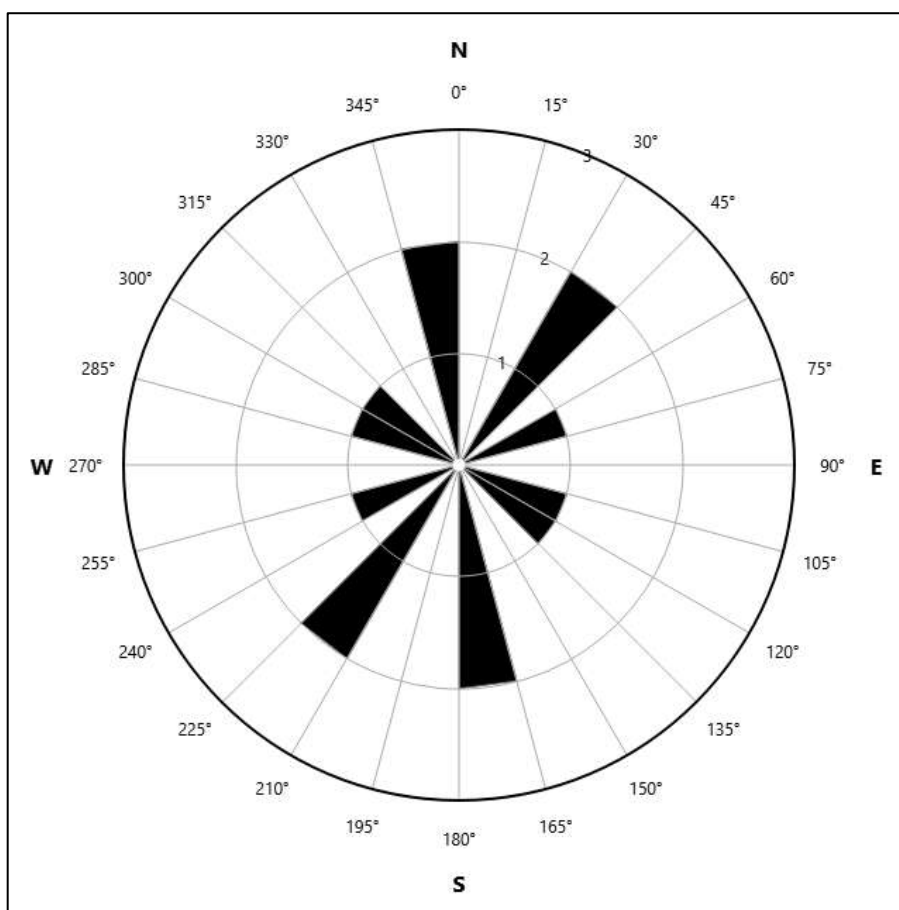


Figura 28 - Direção das fraturas medidas no afloramento na Praia do Abricó, plotadas em um diagrama de rosetas através do software GeoRose.

Durante o primeiro dia do terceiro trabalho de campo, o afloramento descrito foi a ocorrência do Praião de Barra de São João, vizinho ao afloramento foco deste trabalho, sendo

notável a distribuição bem maior de fraturas. Isto pode estar relacionado com a granulometria mais grossa deste arenito, que influencia em uma maior resistência.

Durante esta primeira descrição, obteve-se também sete medidas de direção de fraturas. Sendo nítida ao longo da praia a disposição preferencial de uma família paralela à praia (N-S) e outra ortogonal (NW-SE). Os dados foram: 293, 003, 100, 358, 352, 087 e estão plotados em um diagrama na Fig. 29.

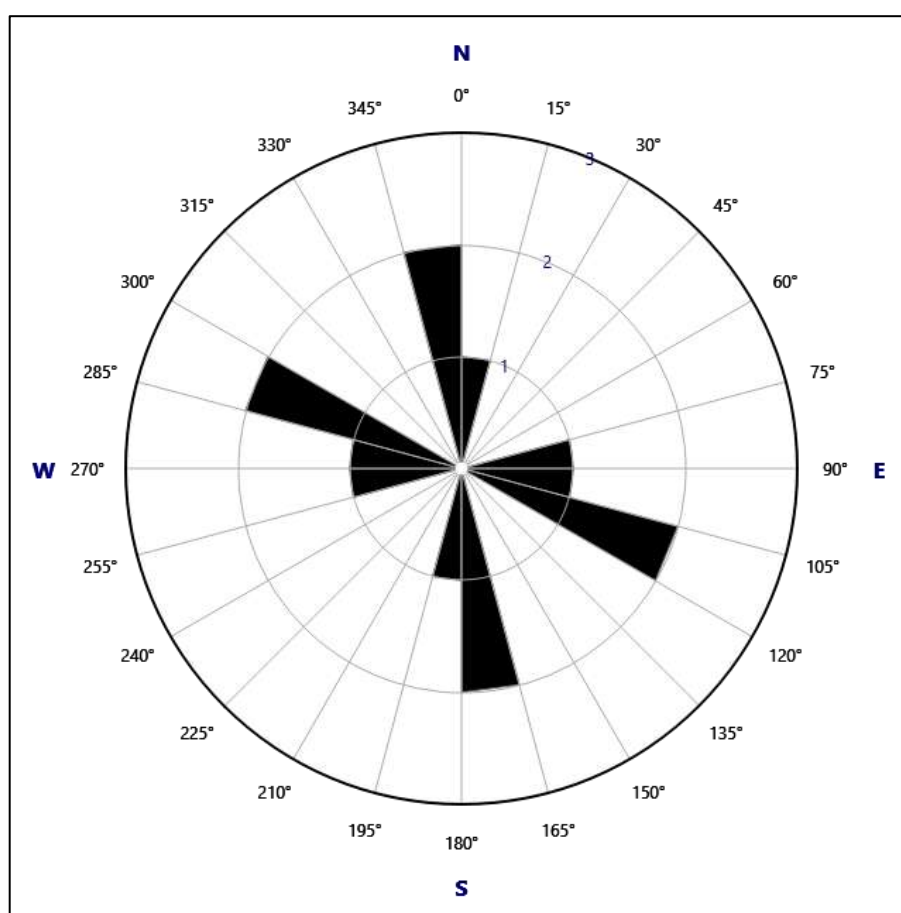


Figura 29 - Direção das fraturas medidas no afloramento em Barra de São João, plotadas em um diagrama de roseta através do software GeoRose.

Foi possível observar uma relação de corte entre as duas famílias, tornando possível afirmar que a família principal, N-S ocorreu primeiro que a família NW-SE.

Levando em consideração que as direções de fraturas no Praião de Barra de São João não são completamente concordantes com as medidas em Rio das Ostras, foi realizado um terceiro

diagrama de rosetas com a união dos dados dos diagramas anteriores (Fig. 30). Sendo possível observar a família de fraturas principal, N-S, paralela à praia, a família secundária aproximadamente ortogonal, NW-SE e a terceira família encontrada somente em Rio das Ostras, aproximadamente oblíqua em relação à praia com direção NE-SW.

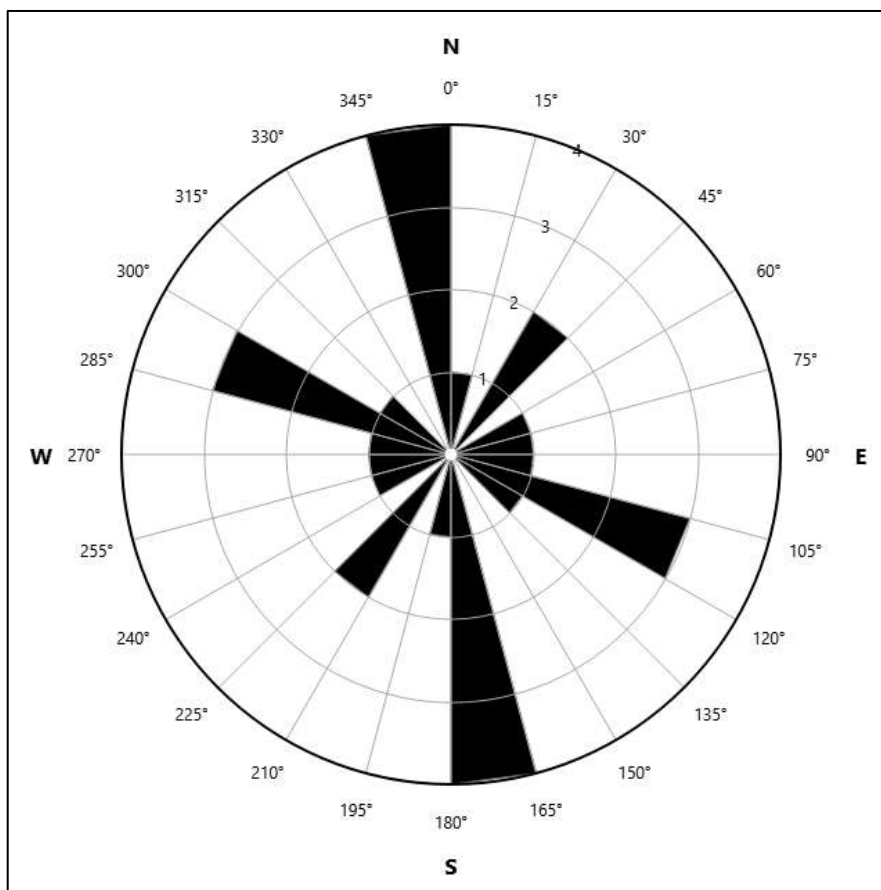


Figura 30 – O conjunto de direções das fraturas medidas na Praia do Abricó e em Barra de São João, plotadas em um diagrama de roseta através do software GeoRose.

Com as medidas obtidas não foi possível estabelecer uma relação direta das famílias de estruturas com as estruturas regionais. O Gráben de Barra de São João (ENE) situa-se de forma oblíqua em relação ao arco praial estudado (NNE). Pode-se interpretar a família principal, de direção N-S, como fraturas de descompressão devido à reativação do Gráben, mas há muita incerteza devido à diferença angular entre ambas as estruturas. Um estudo focado no caráter

estrutural desta região torna-se relevante, a fim de estabelecer uma relação com as estruturas neotectônicas da região.

Ainda no terceiro trabalho de campo, ao observar-se os fragmentos alóctones de vegetais no afloramento, notou-se uma direção preferencial de sedimentação ortogonal à linha de costa. As medidas de direção obtidas de vinte e cinco fragmentos foram plotadas em um diagrama de roseta (Fig. 31).

As medidas aferidas foram: 354, 117, 171, 207, 183, 120, 092, 158, 089, 094, 199, 224, 155, 181, 125, 107, 173, 081, 180, 231, 234, 160, 051, 092, 181.

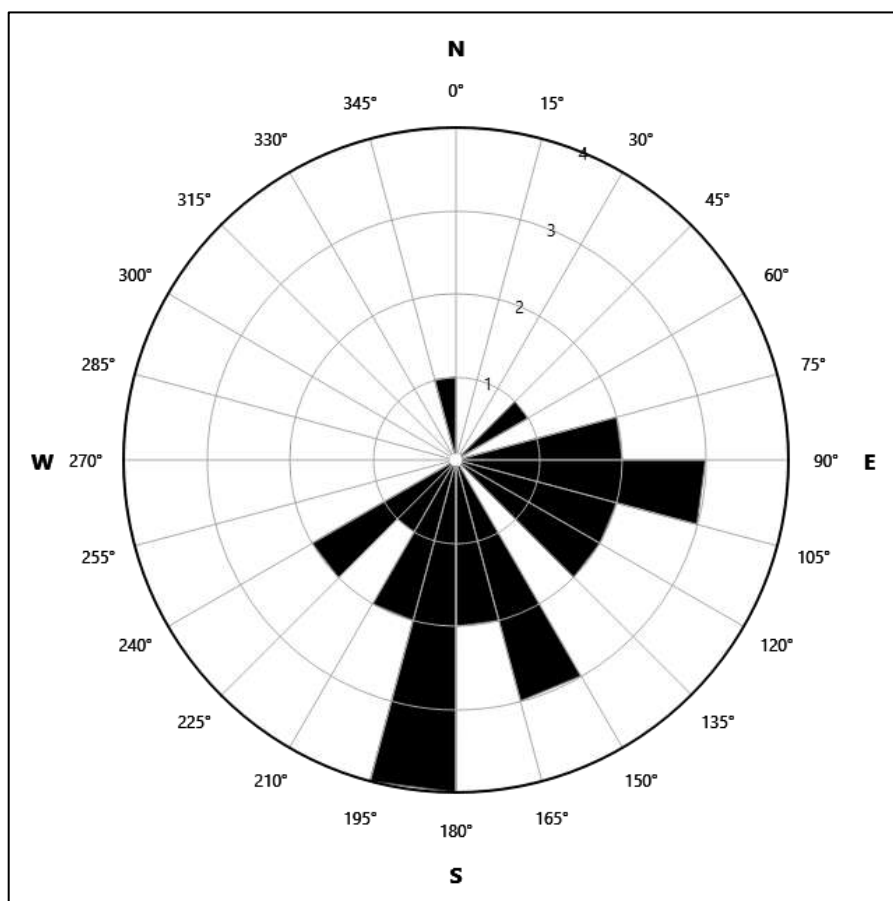


Figura 31 - Direção dos lenhos transportados encontrados no extremo sul do afloramento plotadas em um diagrama de roseta através do software GeoRose.

Através do diagrama, pôde-se aferir uma tendência maior da direção dos fragmentos no intervalo entre 150 e 210, com uma tendência secundária entre 75 e 135. Com estes dados, é

possível estimar um paleofluxo na direção aproximada de N-S. Considerando a localização da costa, há maior probabilidade de sentido meridional.

6.2 Análise Petrográfica

6.2.1 Aspectos Texturais

As amostras analisadas podem ser divididas em três grupos principais com base na granulometria do arcabouço estimada (Fig. 32) e no grau de seleção atribuído. O primeiro grupo é composto por arenitos muito grossos, moderada a pobremente selecionados, representado pelas amostras 17-Abrc-1, Abr2-1 e 17-Abr-2c, que indicam maior energia de transporte, como uma praia em períodos com ondas de tempestade. O segundo grupo é formado por arenitos finos, moderadamente selecionados, representado pelas amostras LAAB-2Topo e LAAB-2Base, sugerindo energia de transporte moderada, como um ambiente praial em condições normais. Por fim, o terceiro grupo é constituído por arenitos finos, bem selecionados, representado pelas amostras LAAB-5 e 17-Abrc-2a, que indicam energia mais estável e transporte eficiente, podendo indicar transporte eólico.

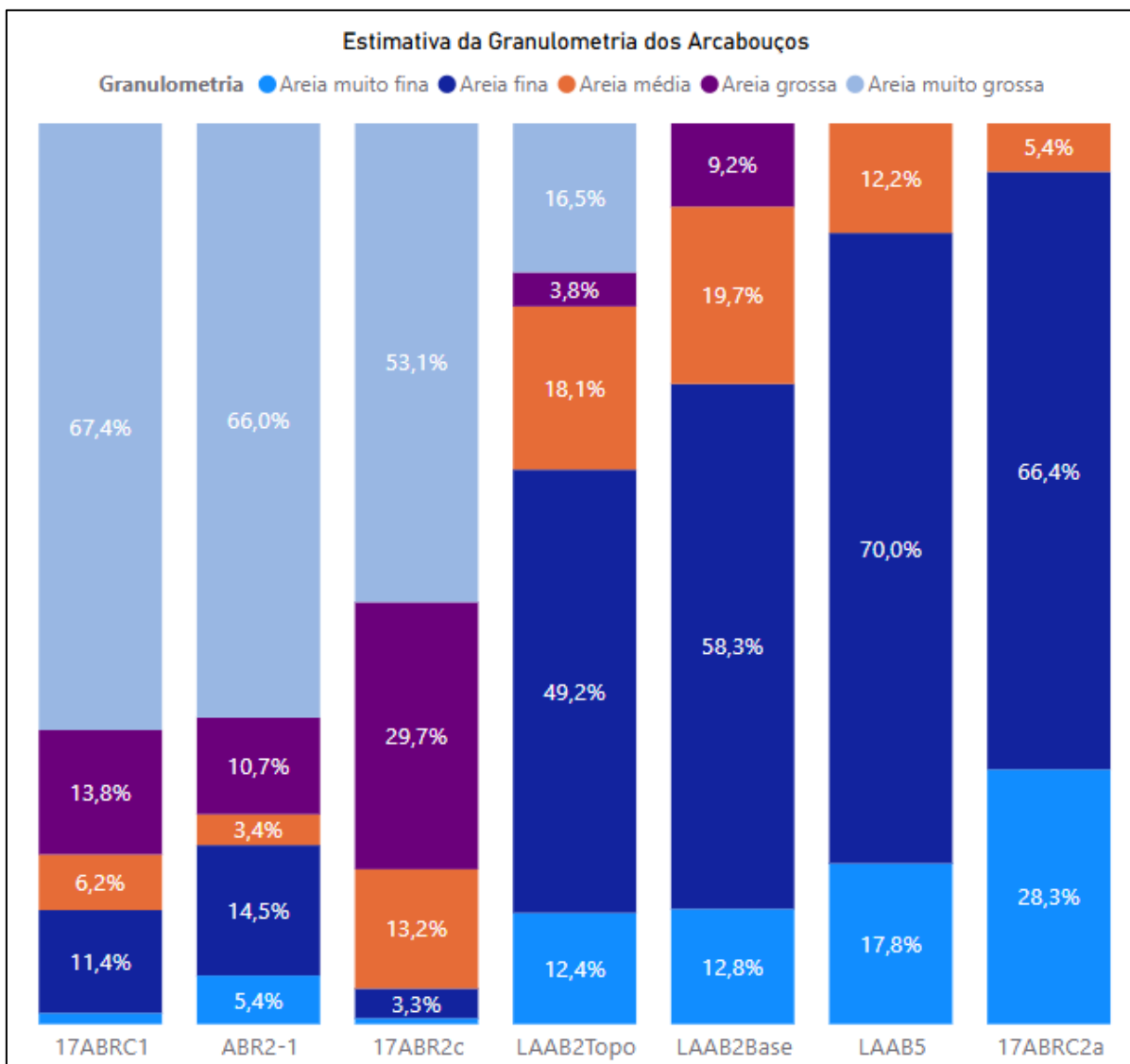


Figura 32 - Diagrama de colunas empilhadas normalizadas indicando a estimativa da granulometria do arcabouço de cada amostra estudada.

Quanto ao arredondamento (Fig. 33), os grãos podem ser divididos em dois grupos principais. O primeiro grupo é composto por grãos predominantemente arredondados a subarredondados, que corresponde ao mesmo grupo de granulometria mais grossa (arenitos muito grossos). O segundo grupo é formado por grãos predominantemente subangulosos a subarredondados, que corresponde aos arenitos finos. Esse arredondamento menos pronunciado sugere um retrabalhamento menos intenso e/ou uma origem mais próxima.

Com estes resultados de arredondamento, granulometria e seleção, pode-se estabelecer uma correlação com a ocorrência de Maricá, descrita por Ramos *et al.* (2021), que também observou, entre os clastos coletados na Praia de Jaconé, granulometrias variando de areia grossa a areia fina, com a seleção se tornando mais pobre nas fácies mais grossas. Arcabouços compostos por grãos de quartzo e feldspato, sendo os grãos mais grossos mais arredondados, enquanto os mais finos são mais angulosos.

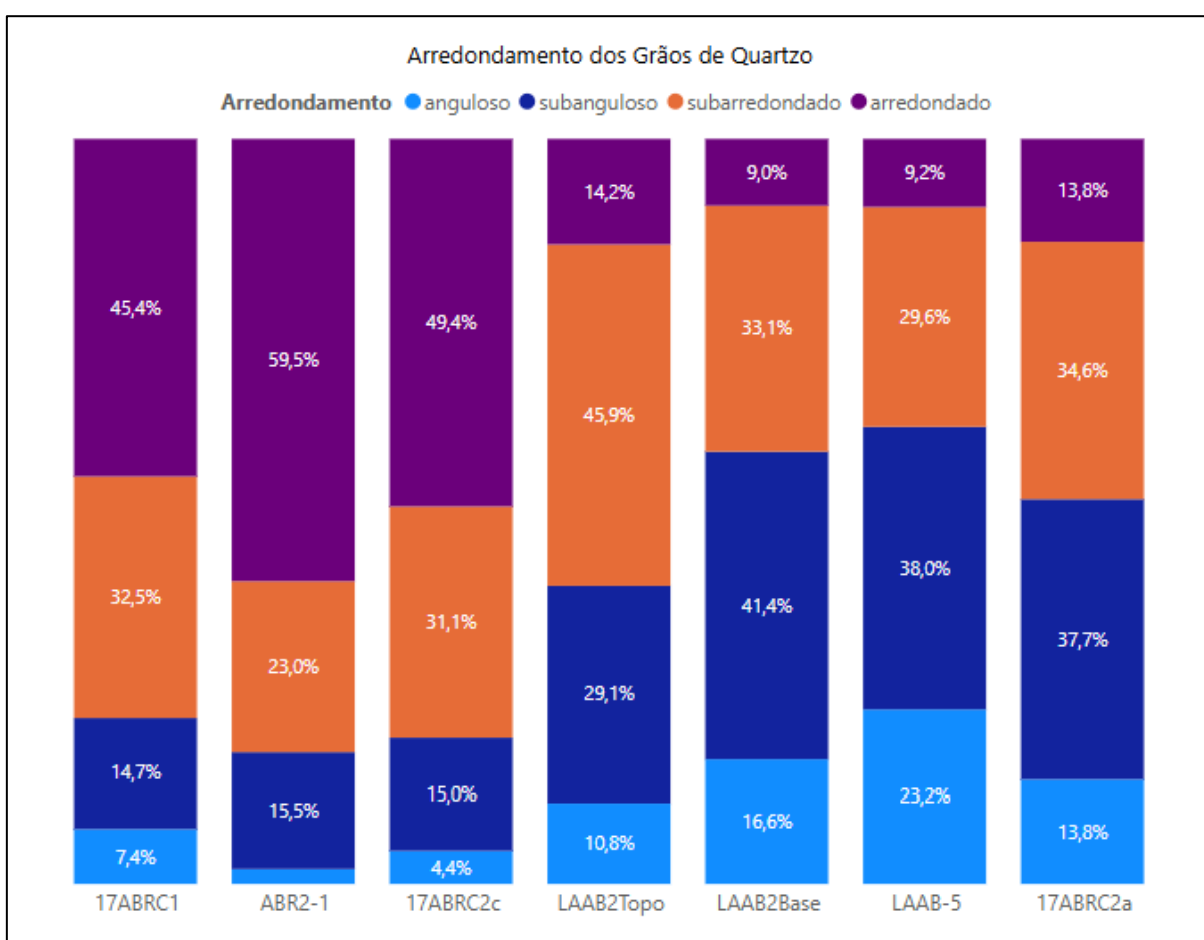


Figura 33 - Diagrama de colunas empilhadas normalizadas indicando o arredondamento dos grãos de quartzo de cada amostra estudada.

Os contatos entre os grãos são predominantemente pontuais, seguidos por alongados e flutuantes. Os grãos flutuantes podem ser atribuídos à baixa coesão dessas rochas, aliada ao fato de que a resina utilizada na confecção das lâminas possa ter expandido alguns contatos durante o processo. Essa expansão foi mais observada nas lâminas de rochas mais grossas, que

possuem menor coesão entre os grãos, onde a matéria orgânica foi encontrada muitas vezes “flutuando” em resina (Fig. 34)

A porosidade é, em geral, de origem primária. No entanto, uma parte significativa do cimento dessas rochas aparenta ter sido removida durante a confecção das lâminas, como evidenciado pela presença de matéria orgânica amorfa "flutuando" nos poros. Além disso, em alguns fragmentos de restos vegetais, foi observada a formação de porosidade secundária, resultante da degradação da matéria orgânica (Fig. 34).

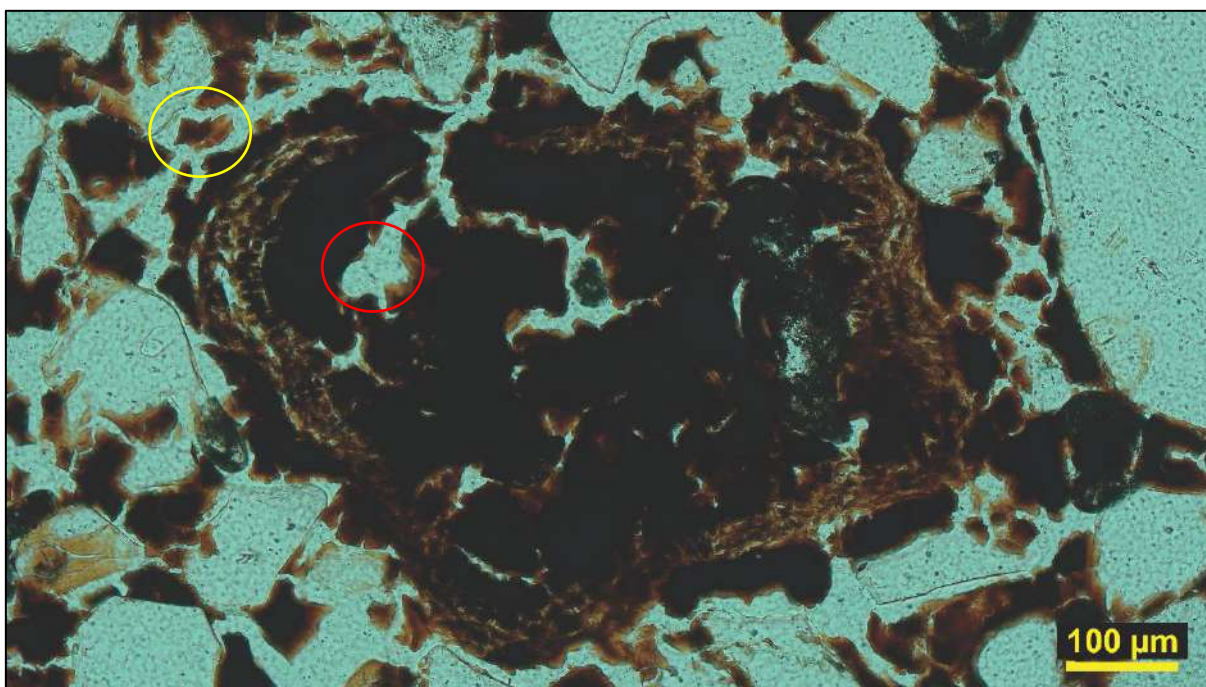


Figura 34 – Microfotografia da amostra LAAB2-Topo de resto vegetal com porosidade secundária sendo formada em seu interior (círculo vermelho) e cimento “flutuando” em um poro intergranular (círculo amarelo).

O cimento de matéria orgânica oxidada observado ocupa os poros intergranulares e forma uma película ao redor de grande parte dos grãos, contribuindo para a coesão da rocha.

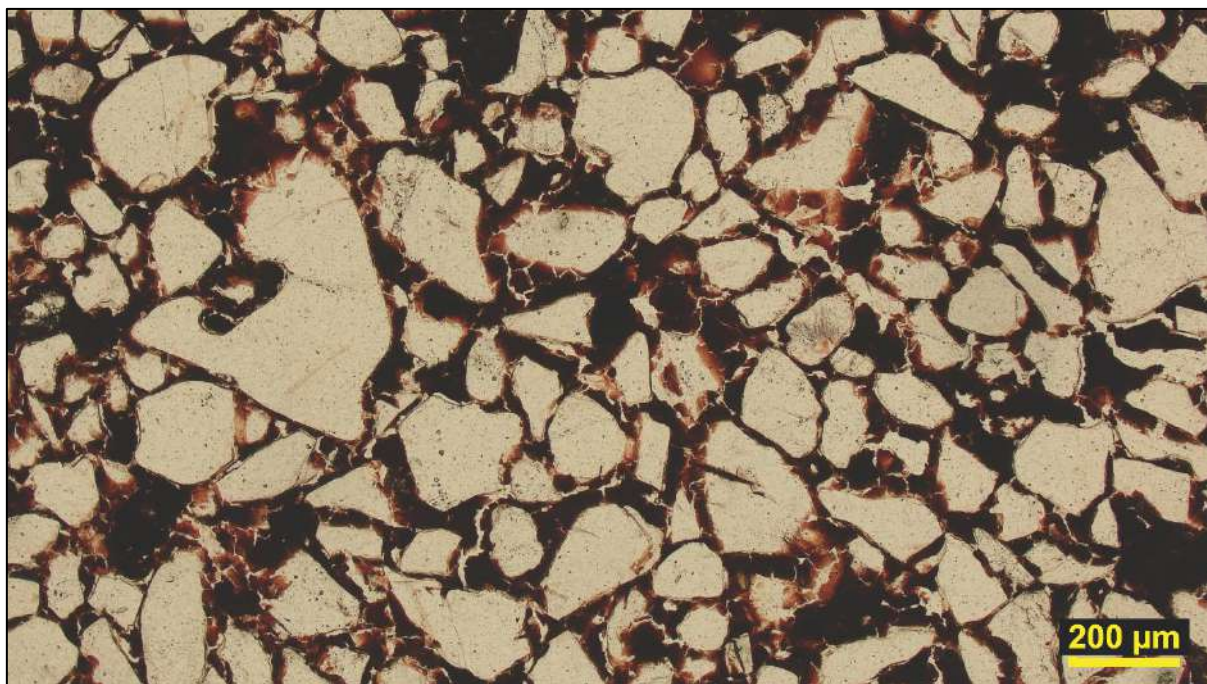


Figura 35 – Microfotografia da amostra LAAB2-Topo cimento de matéria orgânica preenchendo o espaço intergranular e formando películas em torno dos grãos do arcabouço.

6.2.2 Aspectos Composicionais

A Tabela 1 apresenta os resultados percentuais referente à assembleia mineral de cada amostra analisada.

Tabela 1 - Distribuição percentual dos constituintes composicionais e texturais das amostras de arenito analisadas, incluindo quartzo, feldspato, fragmentos líticos, minerais acessórios, cimento, porosidade e bioclastos integralmente representados por fragmentos vegetais, com a média composicional das amostras apresentadas na coluna “Total”.

Grupo / Constituinte	17ABRC1	ABR2-1	17ABRC2c	LAAB2Topo	LAAB2Base	LAAB-5	17ABRC2a	Total
Quartzo total	54.3%	67.3%	60.3%	51.7%	51.0%	50.3%	46.0%	54.4%
Quartzo monocristalino	54.3%	66.7%	60.0%	49.3%	48.3%	47.3%	43.3%	52.8%
Quartzo não ondulante	46.3%	54.3%	51.7%	40.3%	38.0%	37.7%	35.0%	43.3%
Quartzo ondulante	8.0%	12.3%	8.3%	9.0%	10.3%	9.7%	8.3%	9.4%
Quartzo policristalino 2-3			0.3%	1.7%	2.0%	1.3%	1.3%	1.0%
Quartzo policristalino >3		0.7%		0.7%	0.7%	1.7%	1.3%	0.7%
Cimento	17.3%	9.7%	11.7%	38.0%	32.7%	32.0%	31.0%	24.6%
Matéria orgânica amorfa	17.3%	9.7%	11.7%	38.0%	32.7%	32.0%	31.0%	24.6%
Porosidade	15.3%	16.7%	25.7%	4.7%	8.0%	5.7%	14.3%	12.9%
Poros intergranular	15.3%	16.7%	25.7%	4.7%	8.0%	5.7%	14.3%	12.9%
Fragmento vegetal	11.0%	0.7%		1.0%	1.0%	8.0%	1.3%	3.3%
Fragmento vegetal	11.0%	0.7%		1.0%	1.0%	8.0%	1.3%	3.3%
Feldspato total	1.3%	4.0%	1.7%	1.7%	4.0%	1.0%	3.0%	2.4%
Microclínio	0.3%	2.3%	1.3%		1.3%	0.7%	1.0%	1.0%
Plagioclásio	1.0%	1.3%	0.3%	0.7%	1.3%	0.3%	0.3%	0.8%
Ortoclásio		0.3%		1.0%	1.3%		1.7%	0.6%
Acessórios	0.3%	1.0%	0.3%	2.3%	2.0%	2.7%	3.7%	1.8%
Zircão	0.3%	0.3%	0.3%	1.0%	1.0%	0.7%	1.7%	0.8%
Piroxênio				0.3%	0.7%	0.3%	0.7%	0.3%
Muscovita		0.3%			0.3%	0.3%	0.3%	0.2%
Silimanita		0.3%		0.3%			0.3%	0.1%
Cordierita				0.3%			0.3%	0.1%
Opaco						0.7%		0.1%
Apatita							0.3%	0.0%
Epídoto				0.3%				0.0%
Rutilo						0.3%		0.0%
Titanita						0.3%		0.0%
Fragmento lítico	0.3%	0.7%	0.3%	0.7%	1.3%	0.3%	0.7%	0.6%
Fragmento lítico metamórfico		0.7%		0.3%	1.0%	0.3%	0.7%	0.4%
Fragmento lítico indiferenciado	0.3%			0.3%	0.3%			0.1%
Fragmento lítico plutônico			0.3%					0.0%
Fragmento lítico vulcânico								0.0%
Total	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

Em todas as amostras analisadas o quartzo é o mineral mais abundante e pode ser dividido em cinco conjuntos:

Quartzo monocristalino com extinção abrupta: é o conjunto predominante em todas as amostras. A área fonte destes grãos podem ser rochas plutônicas ou metamórficas de alto grau. Alguns grãos contêm inclusões de minerais como turmalina, zircão e apatita (Fig. 37);

Quartzo monocristalino com extinção fracamente ondulante: é o segundo conjunto mais abundante e contempla os grãos sem variações significativas na orientação óptica, indicando ausência de deformação significativa.

Para fins de análise de proveniência foi utilizada a união deste conjunto ao conjunto de extinção abrupta, com o conjunto resultante sendo tratado como “quartzo monocrystalino não ondulante” (Tabela 1), já a relação do grau de extinção entre os quartzos monocrystalinos pode ser observada na Fig. 36;

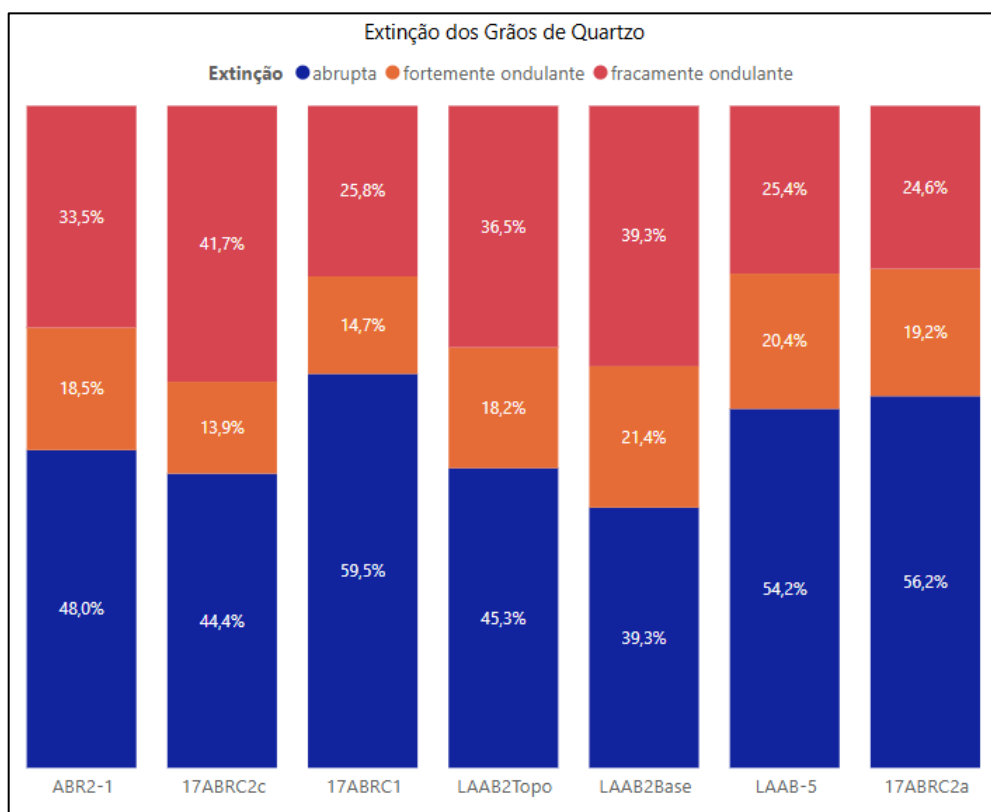


Figura 36 - Percentual por lâmina de quartzo monocrystalino de acordo com o grau de extinção observado.

Quartzo monocrystalino ondulante: este grupo representa os grãos de quartzo com extinção fortemente ondulante, indicando a ocorrência de deformação e provável proveniência de uma fonte metamórfica. Podem representar de 8 a 12,3% em relação a composição total (Tabela 1);

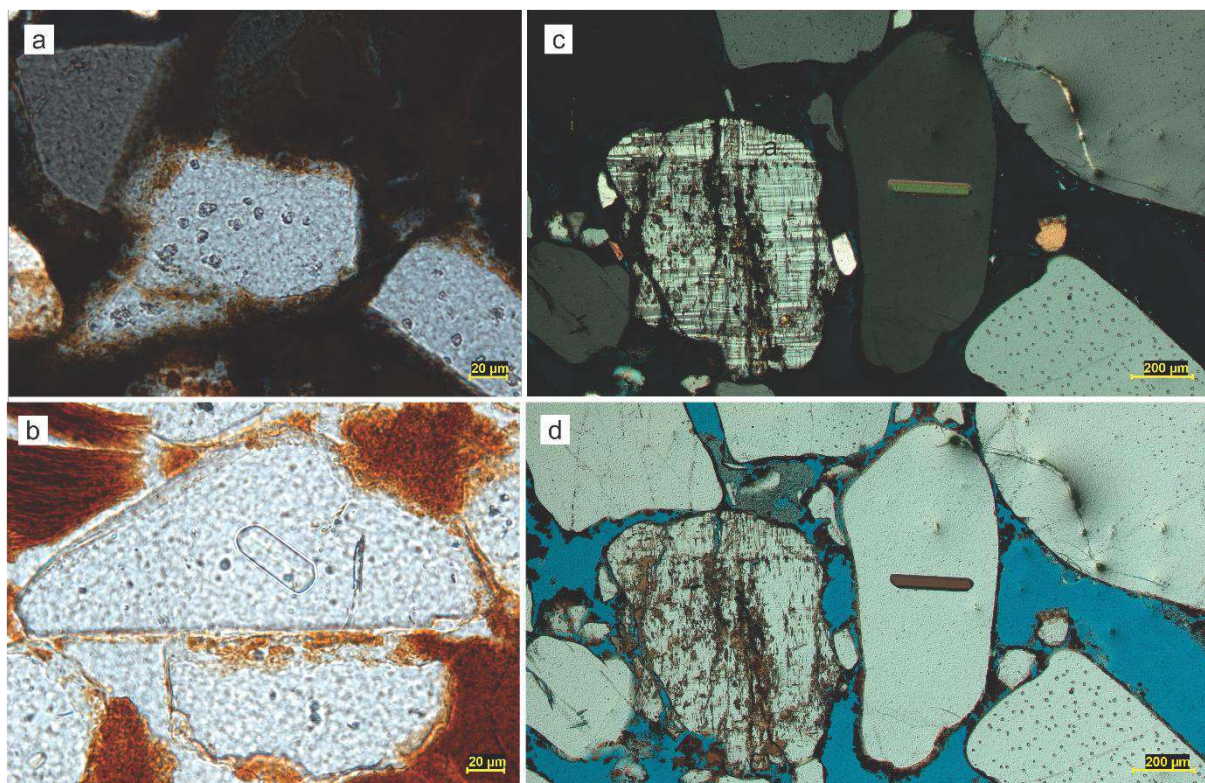


Figura 37 – Microfotografias: a) Amostra LAAB-5. Ao centro do retículo: grão de quartzo monocristalino não ondulante com inclusões de zircão em nicois cruzados. b) Amostra LAAB-5. Na porção superior: grão de quartzo monocristalino com inclusão de apatita ao centro da imagem, em nicois paralelos. c) Amostra Abr2.1. No centro para a esquerda: grão de microclínio alterado. Para a direita: grão de quartzo com inclusão de turmalina euédrica em nicois cruzados. d) Amostra Abr-2.1. No centro para a esquerda: grão de microclínio alterado. Para a direita: grão de quartzo com inclusão de turmalina euédrica em nicois paralelos.

Quartzo policristalino com dois ou três subgrãos (Qp2-3): os subgrãos apresentam em geral extinção ondulante, indicando uma fonte metamórfica. Representa apenas 1% de todas as amostras, estando ausente na amostra 17-Abrc-1 e Abr2-1 (Tabela 1; Fig. 38)

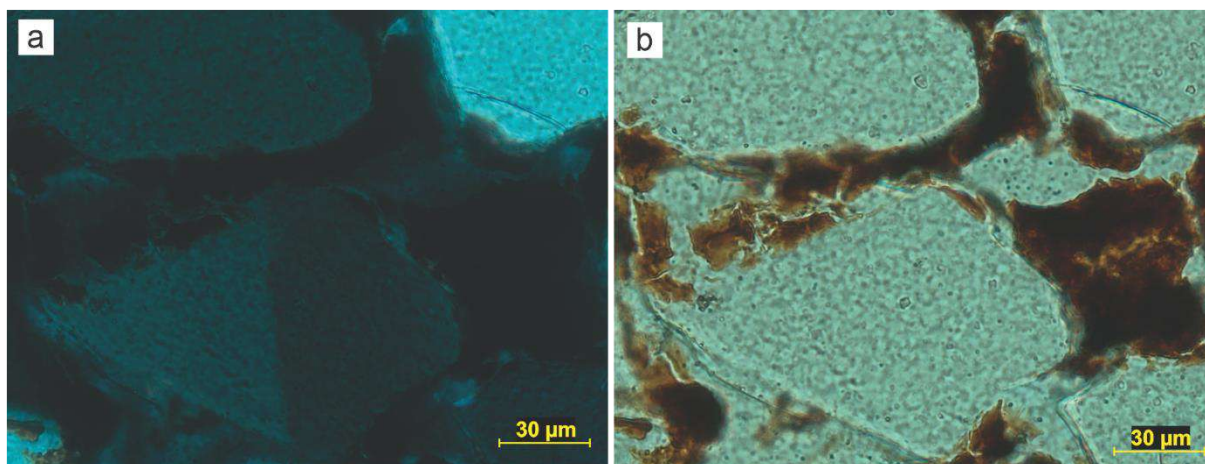


Figura 38 – Microfotografias da amostra LAAB-2Topo. Do centro para a esquerda: grão de quartzo policristalino com 2 cristais. a) Nicois cruzados. b) Nicois paralelos.

Quartzo policristalino com mais de três sub-grãos ($Qp > 3$): podem conter extinção ondulante e não onulante, o que indica uma área fonte de rochas de médio a alto grau metamórfico (Fig. 39). O percentual composicional varia entre 0,7% na amostra LAAB-2Topo e LAAB-2Base, 1,3% na amostra 17-Abrc-2a e 1,7% na amostra LAAB-5, não havendo ocorrência nas amostras 17-Abrc-1 e 17-Abrc-2c (Tabela 1).

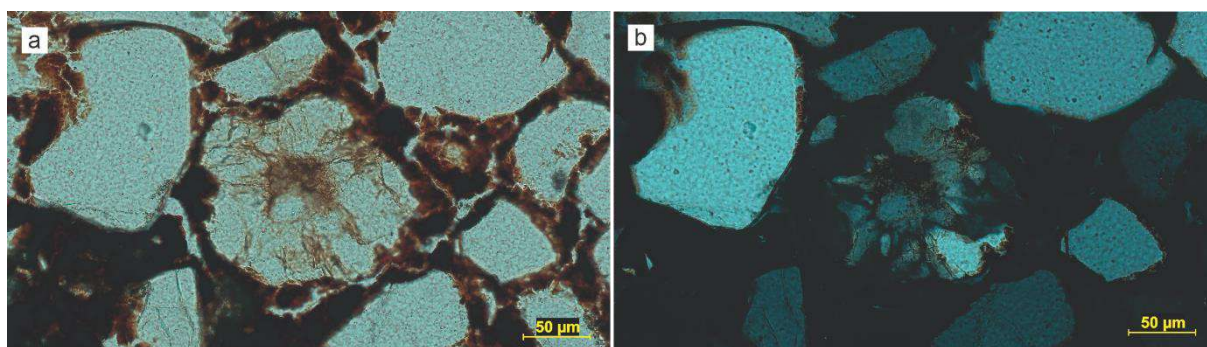


Figura 39 – Microfotografias da amostra LAAB-2Topo. Do centro para a esquerda: grão de quartzo policristalino com >3 cristais. a) Nicois paralelos. b) Nicois cruzados.

Três tipos de feldspatos foram encontrados nas lâminas analisadas: ortoclásio, microclínio e plagioclásio.

Os grãos de microclínio possuem a maior contribuição dentre o total de feldspatos, com 1,0%, não sendo encontrados apenas na amostra LAAB-2Topo. Aparecem no geral pouco alterados e com geminação tartan (Fig. 37c).

O plagioclásio representa 0,8% da composição total e foi observado em todas as amostras. Apresentam-se pouco a bastante alterados e com geminação polissintética. Um grão identificado exibe textura poiquilitica, contendo inclusões de quartzo com evidências de corrosão, o que sugere um ambiente ígneo fêlsico a intermediário, onde o plagioclásio cristalizou ao redor dos grãos de quartzo em suspensão, possivelmente durante a evolução do magma (Fig. 40).

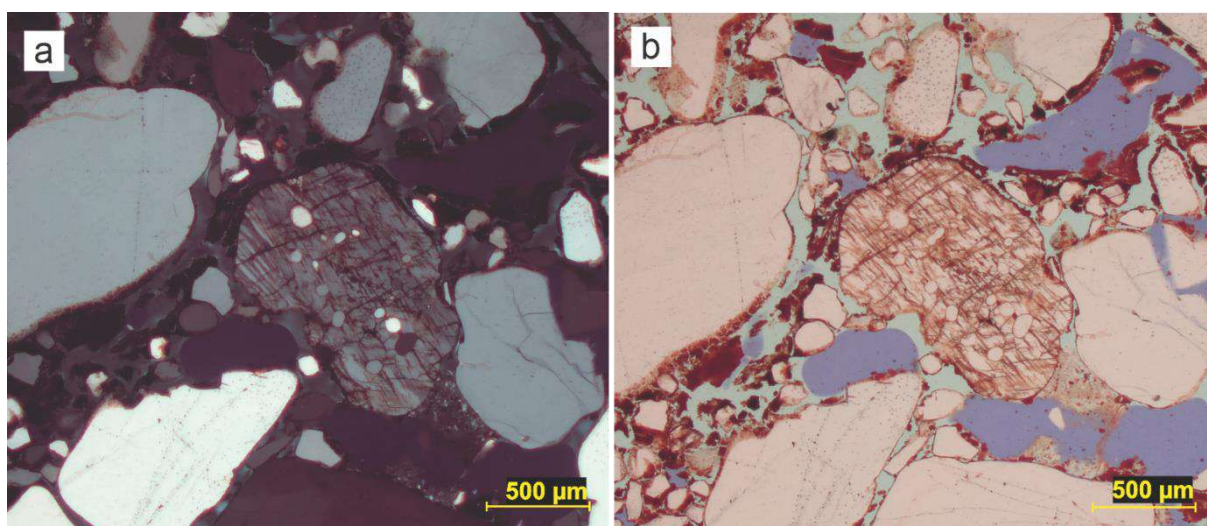


Figura 40 – Microfotografias da amostra 17-Abrc-1. Grão de plagioclásio ao centro com inclusões de quartzo com aparente corrosão. a) Nicois cruzados. b) Nicois paralelos.

Em menor proporção dentre os feldspatos, com 0,6%, identificou-se grãos de ortoclásio presente nas lâminas Abr2-1, LAAB-2Topo, LAAB-2Base e 17-Abrc-2a. Em geral os grãos podem ser observados bem alterados, com fraturas preenchidas com matéria orgânica (Fig. 41).

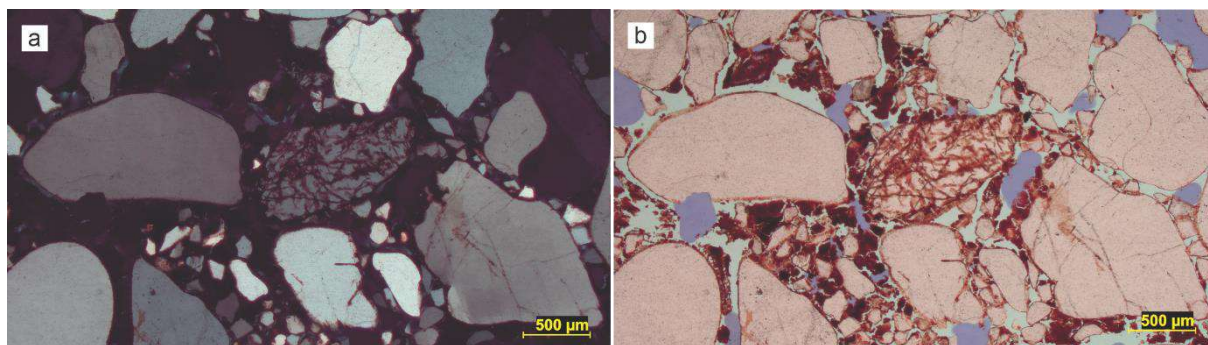


Figura 41 – Microfotografias da amostra 17-Abrc-1. Grão de ortoclásio alterado no centro da imagem. a) Nicois cruzados. b) Nicois paralelos.

Dentre os fragmentos líticos, foram identificados litoclastos de origem metamórfica (Fig. 42a) em quase todas as amostras, exceto nas amostras 17-Abrc-1 e 17-Abrc-2c, e um fragmento de origem plutônica na amostra 17-Abrc-2c (Fig. 42b/c). Além disso, alguns litoclastos observados não tiveram sua origem identificada nas amostras 17-Abrc-1, LAAB-2Topo e LAAB-2Base (Fig. 42d/e/f).

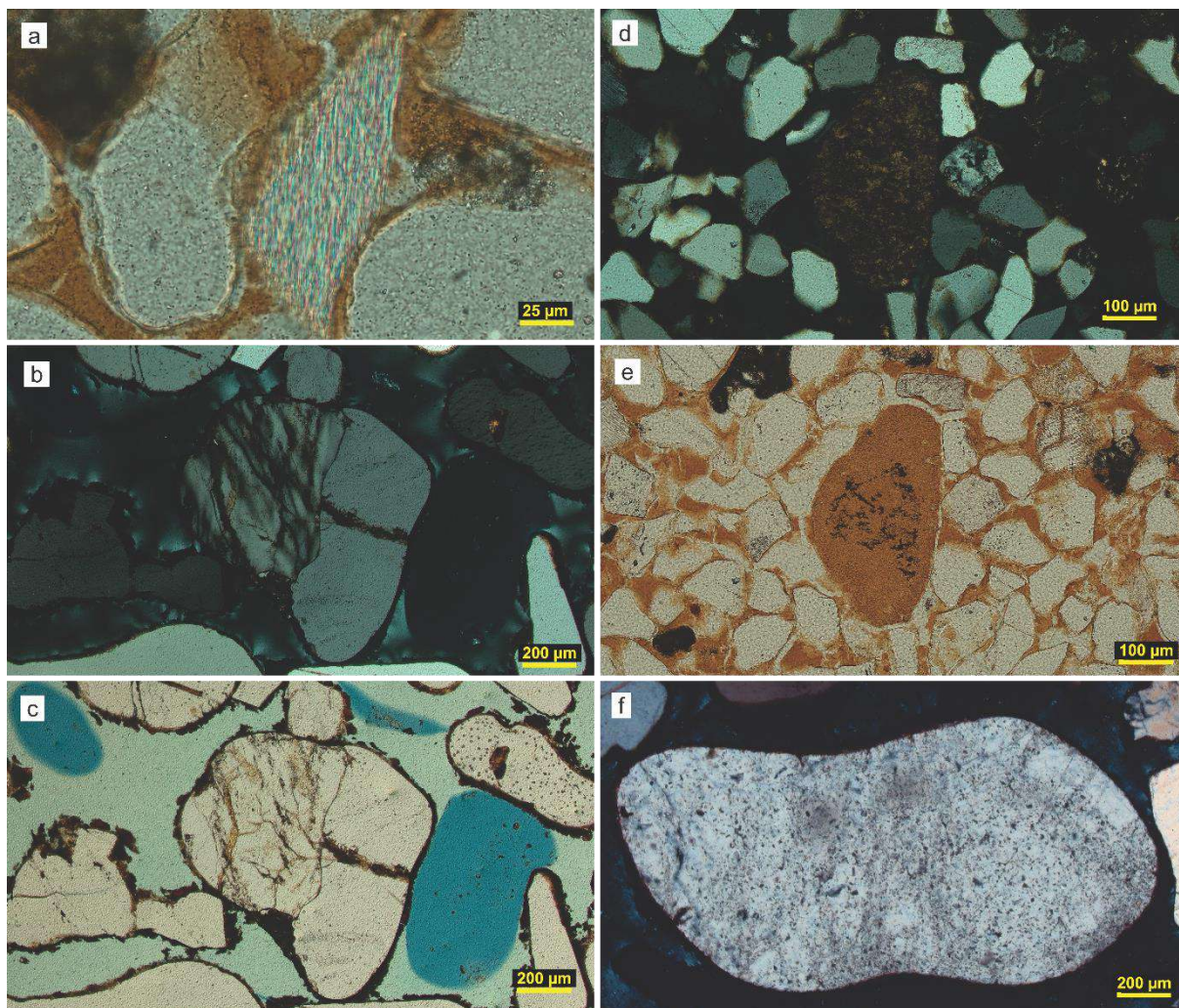


Figura 42 – Microfotografias: a) Amostra LAAB-2Base. Litoclasto metamórfico no centro da imagem em nicois paralelos. b) Amostra 17-Abrc-2c. Litoclasto plutônico composto por quartzo e microcliníio ao centro da imagem em nicois cruzados. c) Amostra 17-Abrc-2c. Litoclasto plutônico composto por quartzo e microcliníio ao centro da imagem em nicois paralelos. d) Amostra LAAB-2Base. Litoclasto não identificado ao centro da imagem em nicois cruzados. e) Amostra LAAB-2Base. Litoclasto não identificado ao centro da imagem em nicois paralelos. f) Amostra 17-Abrc-2c. Litoclasto não identificado em nicois cruzados.

Os minerais acessórios correspondem a 1,8% da composição total das amostras analisadas, com variações entre 0,3% (amostras 17-Abrc-1 e 17-Abrc-2c) e 3,7% (amostra 17-Abrc-2a). O zircão foi identificado em todas as amostras, representando 0,8% do total de minerais acessórios (exemplo: 17-Abrc-01_zircao). Além disso, foram observados grãos de clinopiroxênio (0,3%) nas amostras LAAB-2Topo, LAAB-2Base, LAAB-5 e 17-Abrc-2a (exemplo: LAAB-2Base_cpx_nicolx_40X).

Outros minerais acessórios identificados, com menos de 0,3% na composição total, incluem muscovita, sillimanita, cordierita, minerais opacos, apatita, epídoto, rutilo e titanita. Esses minerais foram observados em diferentes combinações nas amostras Abr2-1, LAAB-2Topo, LAAB-2Base, LAAB-5 e 17-Abrc-2a (Tabela 1).

Em todas as amostras importantes concentrações de cimento composto de matéria orgânica foram identificadas. O percentual na composição total varia de 31% a 38% nas rochas mais finas, e de 9,7% a 17,3% nas rochas mais grossas.

Em quase todas as amostras foram observados restos vegetais, exceto na amostra 17-Abrc-2c. Representam 11% da composição da amostra 17-Abrc-1, e ocupam 3,3% da composição total. Estes fragmentos vegetais geram uma porosidade secundária, observada pela degradação da matéria orgânica. Minerais opacos podem ser observados associados, possivelmente perita, indicando um ambiente redutor (Fig. 43).

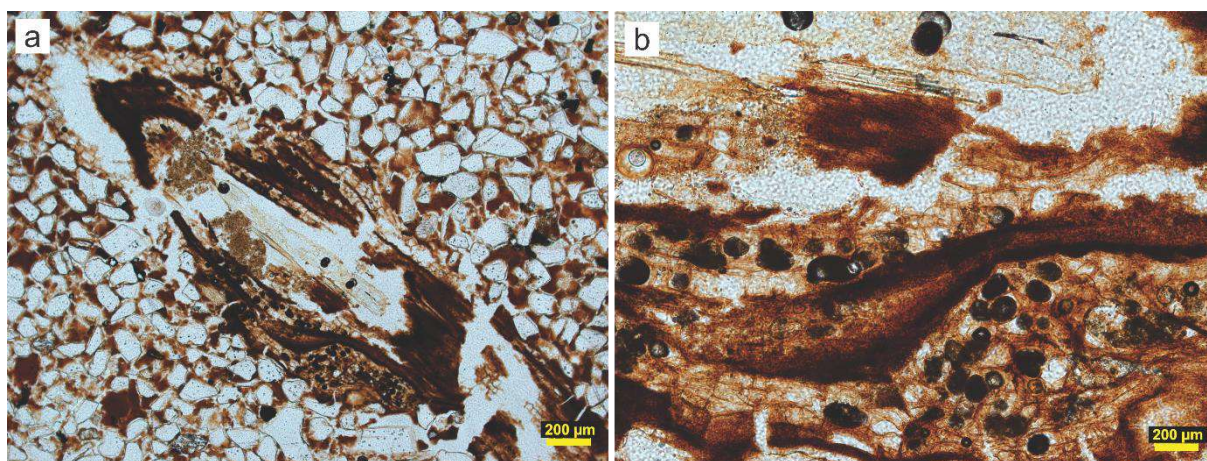


Figura 43 – Microfotografias: Amostra LAAB-5. Resto vegetal com presença de minerais opacos em nicois paralelos. a) Objetiva de 5X. b) Objetiva de 20X.

Destaca-se a ausência de sedimentos na fração silte e argila nessas rochas, comum em ambientes praias, que devido a ação constante das ondas não permite a decantação destas partículas.

Um aspecto composicional e textural pode ser destacado sobre a amostra LAAB-5, onde um nível de minerais pesados alinhados pode ser observado (Fig. 44). Entre os minerais estão grãos de zircão majoritariamente, bem como de minerais opacos e rutilo.

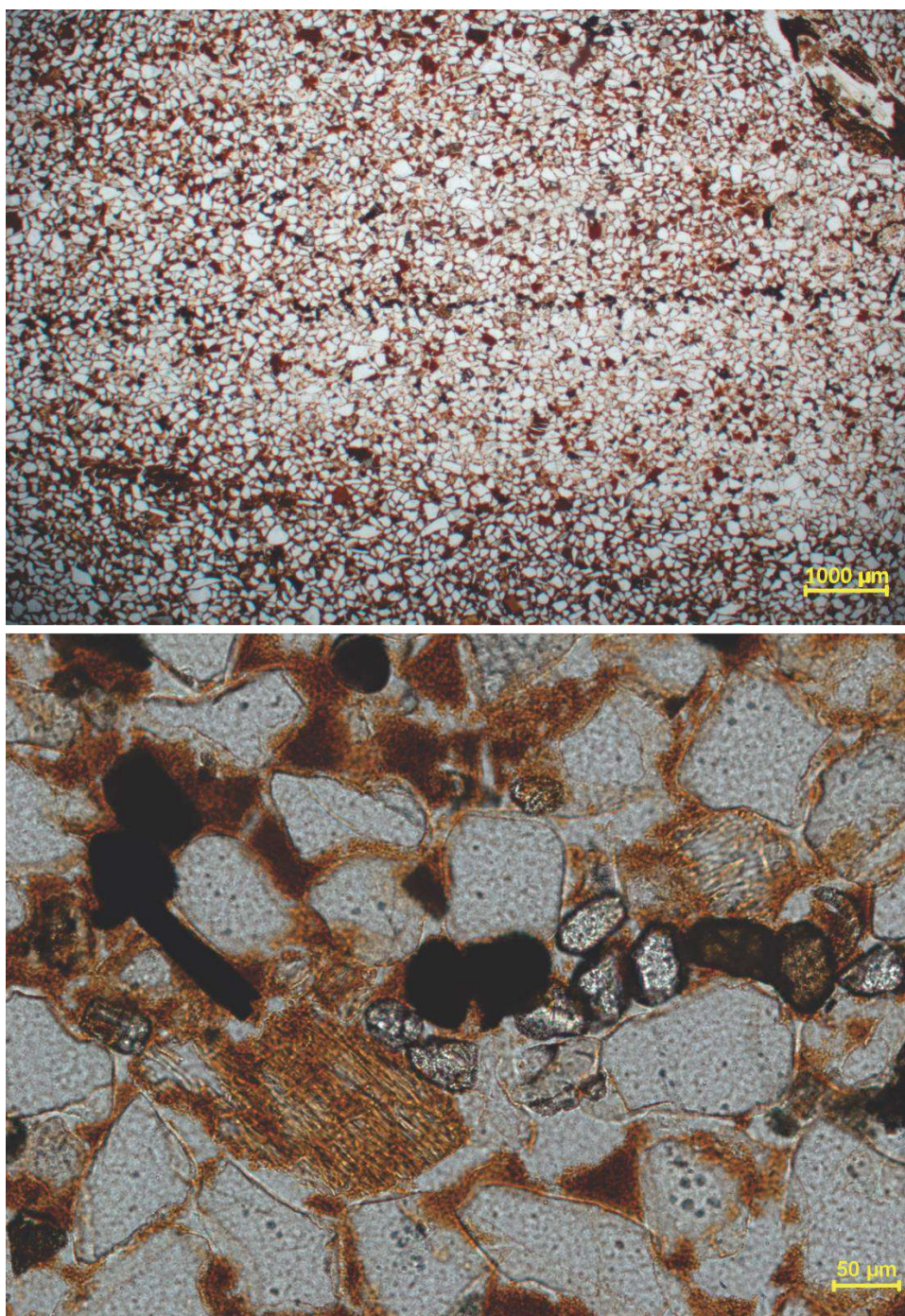


Figura 44 – Microfotografias de nível micrométrico de minerais pesados na amostra LAAB-5. a) Objetiva 1,25X em nicois paralelos. b) Objetiva 20X em nicois paralelos.

Este nível mineral pode ser um indicativo de um depósito praial, com a concentração dos minerais pesados ocorrendo pela remoção seletiva dos sedimentos leves com o retorno das águas ao mar, especialmente nos períodos de maior energia das ondas, como durante tempestades (CASCALHO & TABORDA, 2006).

Por fim, sobre a composição destas rochas, ressalta-se que a diversidade de fragmentos fossilíferos de vegetais, de acordo com a definição de Carvalho (2010), inclusive em lâminas delgadas, reforça a necessidade de conservação do afloramento estudado.

6.2.3 Classificação

Com base nos resultados de quartzo total, feldspato e litoclastos, as amostras foram plotadas no diagrama triangular de classificação de Folk (1980) (Fig. 45). As rochas foram classificadas em dois campos distintos: as amostras 17-Abrc-2c, 17-Abrc-1, LAAB-5 e LAAB-2Topo foram classificadas como quartzoarenito, enquanto as amostras LAAB-2Base, Abr2-1 e 17-Abrc-2a foram classificadas como subarcóseo.

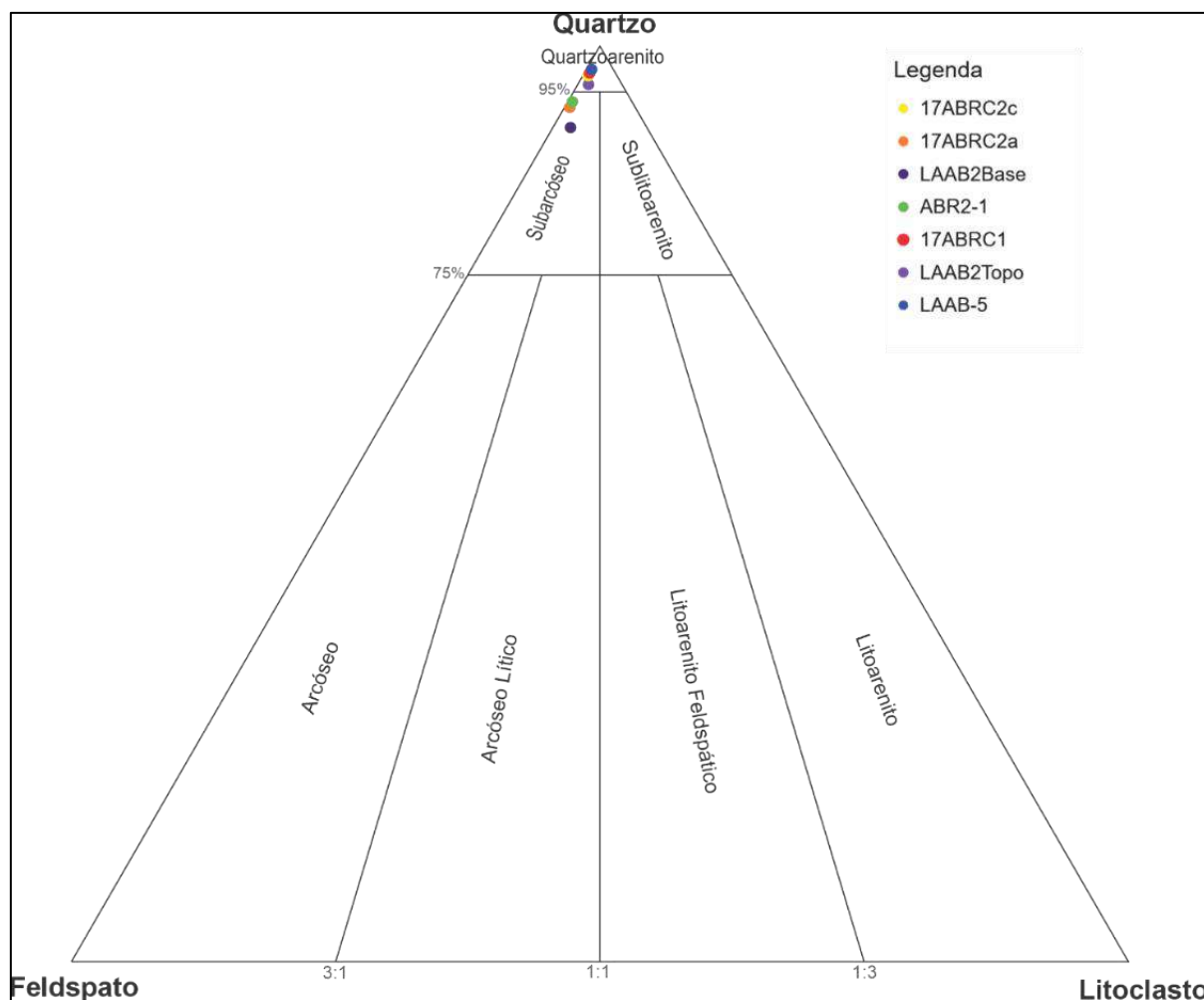


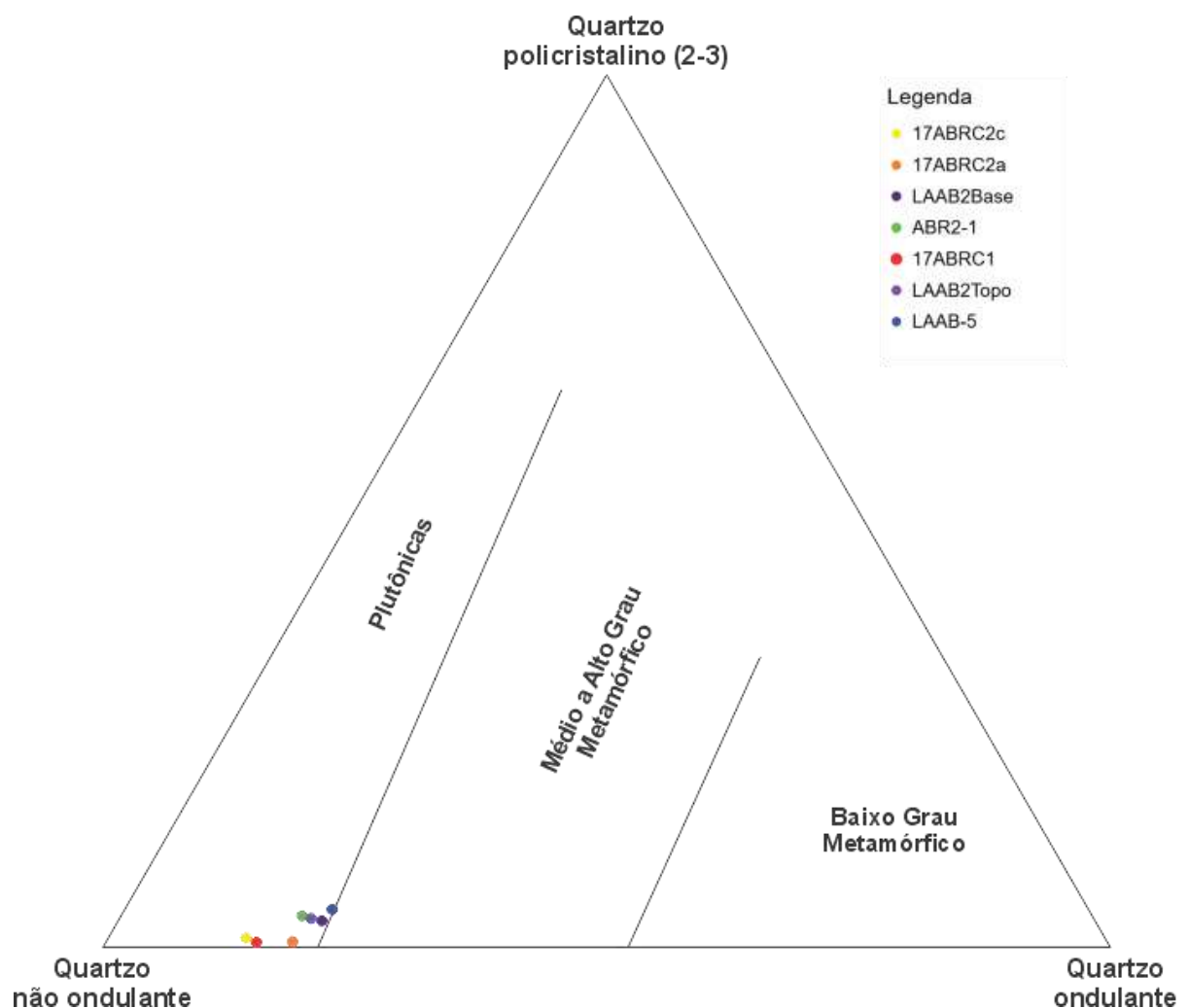
Figura 45 - Classificação das amostras analisadas com o diagrama de Folk (1980).

Estas classificações indicam um elevado grau de maturidade composicional, visto que todas contém mais 90% de quartzo dentre os três componentes. O quartzo é um mineral que resiste ao intemperismo e transporte, sua maior concentração aponta para uma história sedimentar mais complexa, com uma área-fonte distante ou retrabalhamento prolongado. Estes resultados são coerentes com o contexto geológico quaternário da região que está relacionado com depósitos litorâneos, que sofrem retrabalhamento contínuo da dinâmica costeira.

6.2.4 Proveniência

A partir dos grupos de quartzo descritos, foi possível utilizar o diagrama de Basu *et al.* (1975) para identificar a predominância de áreas-fonte (Fig. 46), que, neste caso, ficou

concentrada em dois grupos. A baixa concentração de grãos de quartzo policristalinos fez com que os campos fossem definidos majoritariamente entre a quantidade de grãos ondulantes e não ondulantes. O primeiro grupo apresenta predominância de rochas plutônicas, sendo composto pelas amostras 17-Abrc-2a, 17-Abrc-2c, 17-Abrc-1 e Abr2-1. O segundo grupo indica proveniência mista entre rochas plutônicas e rochas metamórficas de médio a alto grau metamórfico, composto por LAAB-2Base, LAAB-2Topo e LAAB-5.



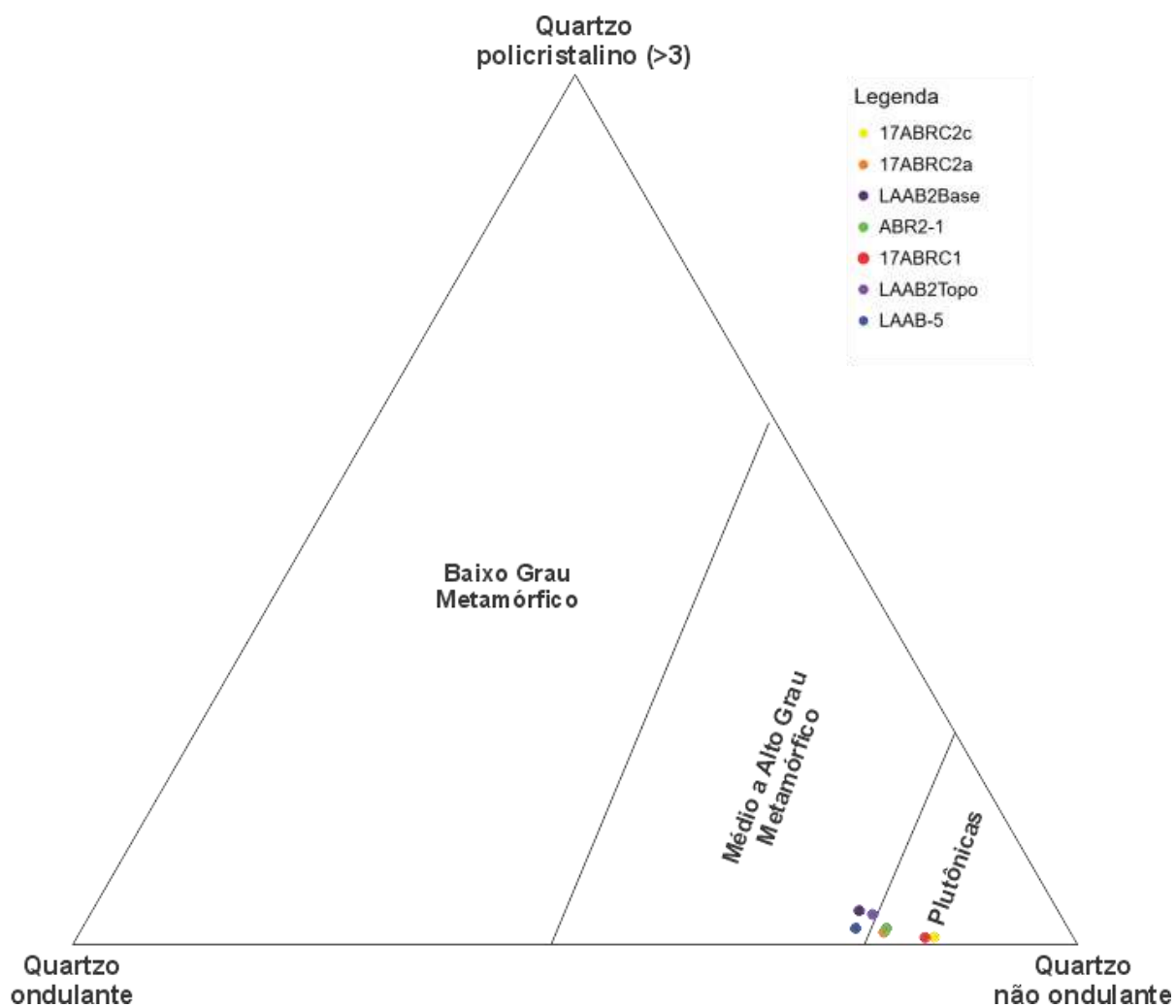


Figura 46 - Distribuição das amostras analisadas em diagramas triangulares de proveniências com base nos tipos de quartzo (Basu et al., 1975).

Os resultados obtidos através do diagrama são coerentes com o contexto geológico regional, que não contém rochas de baixo grau metamórfico. No DTCF, rochas como os paragnaisses e quartzitos feldspáticos da Unidade Búzios do Grupo Búzios-Palmital, além de quartzo, possuem em sua composição minerais como sillimanita, titanita e zircão (SCHMITT et al., 2012). Esses minerais também foram identificados nas amostras estudadas (Fig. 47). Essa unidade pode ser a área-fonte potencial para os plagioclásios e ortoclásios presentes nas amostras.

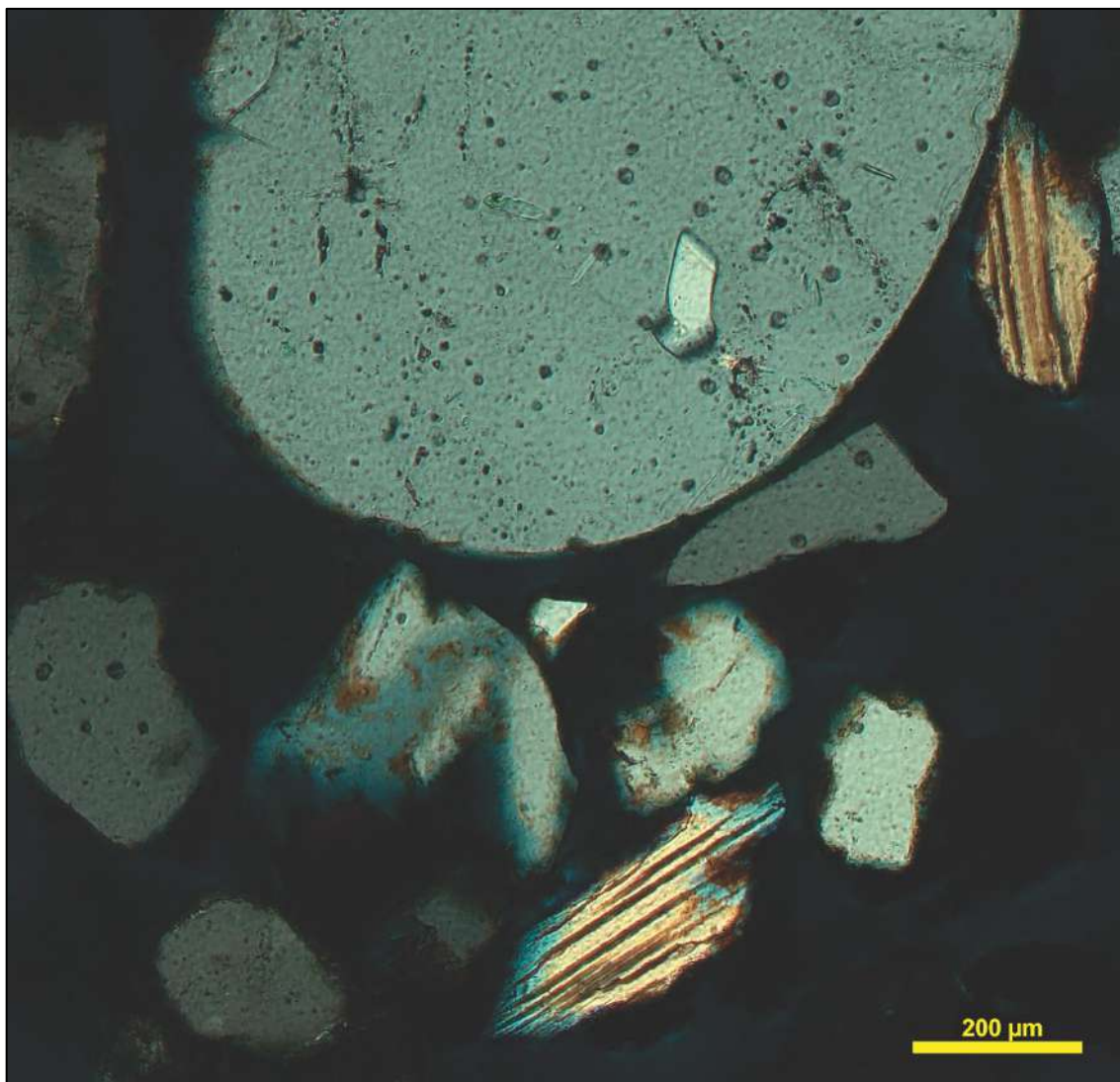


Figura 47 – Microfotografia da amostra Abr2-1. Grãos de silimanita na região superior direita e no centro inferior em nicois cruzados.

Outras rochas de alto grau metamórfico que podem estar associadas a parte dos grãos dos arenitos estudados são as do Complexo Região dos Lagos. Os metagranitoides desse complexo contém microclínios e minerais acessórios como epidoto (SCHMITT *et al.*, 2012; Fig. 48). Zonas de deformação mais intensa (miloníticas) podem ter se recrystalizado (SCHMITT *et al.*, 2012) sendo uma provável fonte dos grãos de quartzo não-ondulantes.

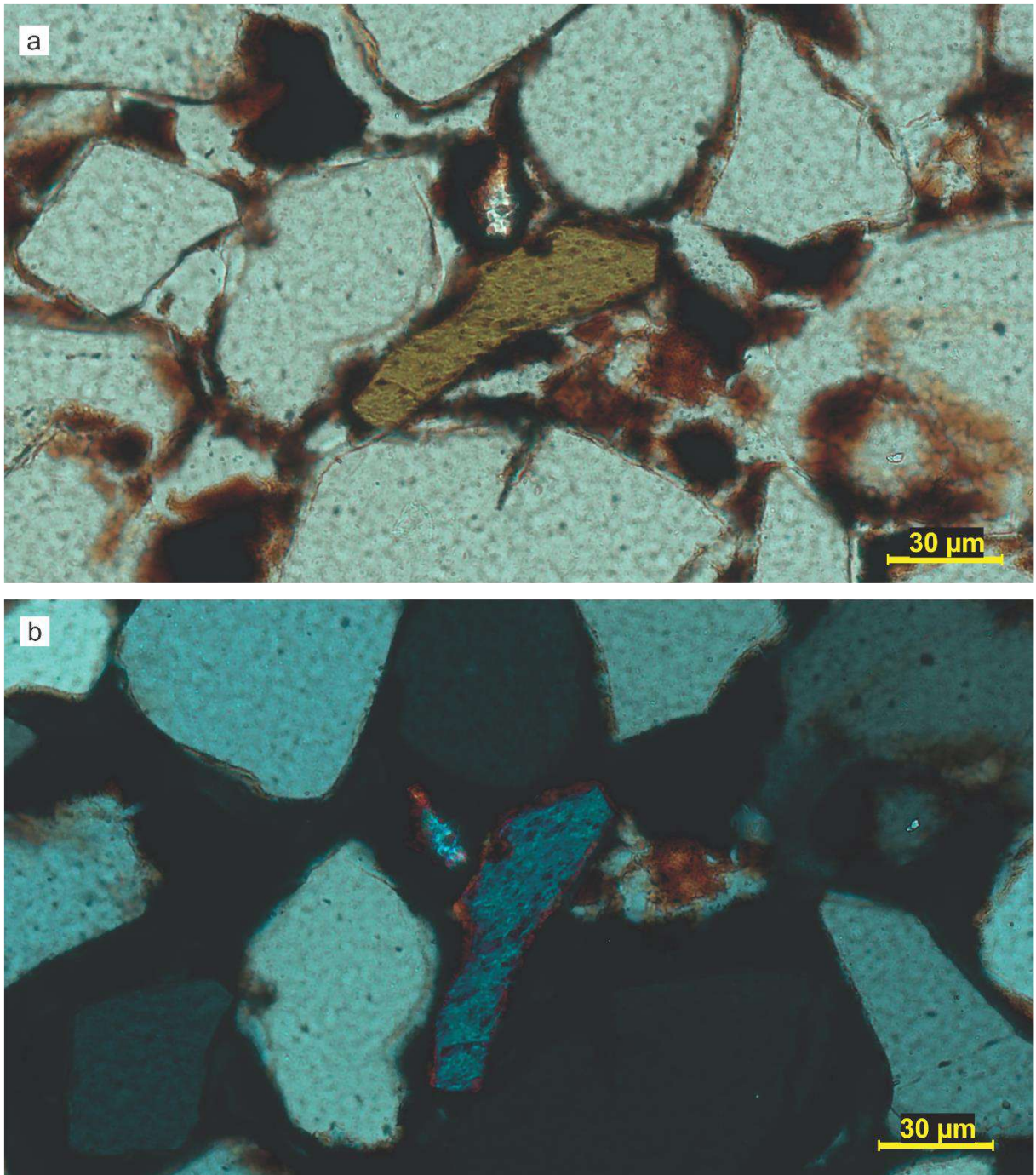


Figura 48 – Microfotografias da amostra LAAB-2Topo. a) Grão de epidoto ao centro da imagem em nicois paralelos. a) Grão de epidoto ao centro da imagem em nicois cruzados.

Os diabásios do EDSM, que cortam tanto as rochas do Complexo Região dos Lagos quanto as supracrustais do Grupo Búzios-Palmital, podem estar relacionados aos clinopiroxênios identificados nas amostras (Fig. 49).

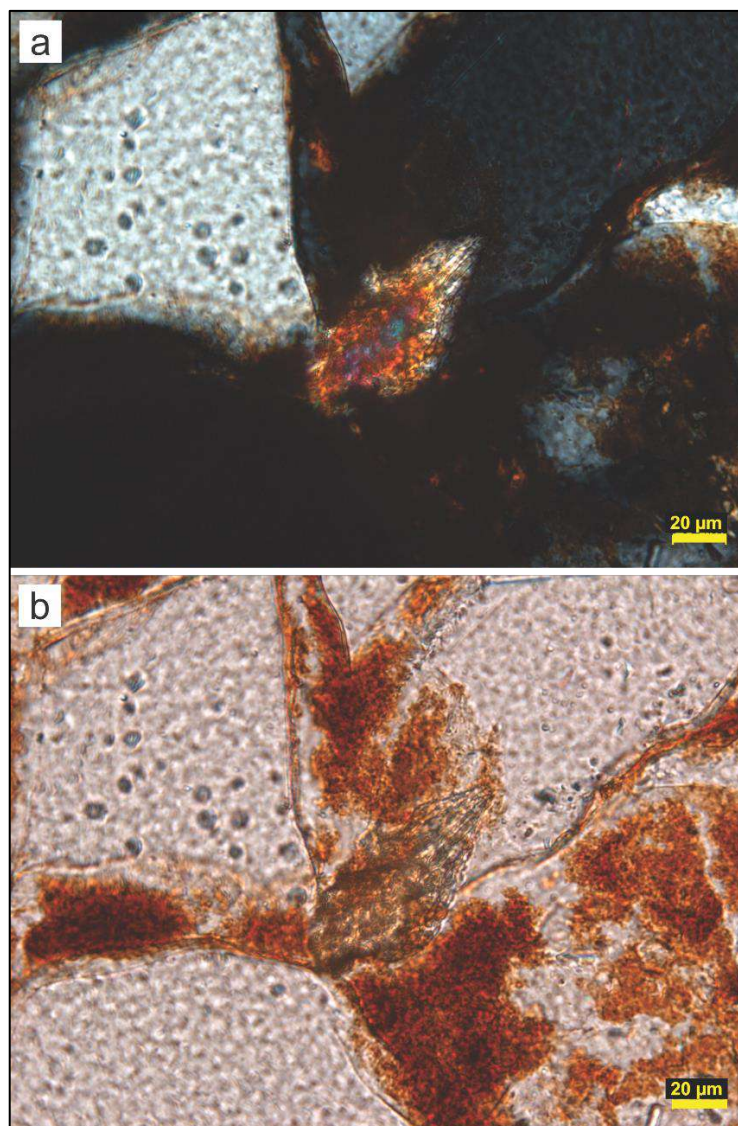


Figura 49 – Microfotografias da amostra LAAB-5. a) Grão de clinopiroxênio ao centro da imagem em nicois cruzados. b) Grão de clinopiroxênio ao centro da imagem em nicois paralelos.

Por fim, as rochas alcalinas do Morro de São João e seus diques associados, podem também ser uma das fontes das titanitas e dos piroxênios.

6.3 Datações por Radiocarbono

Como resultado das análises de radiocarbono por AMS, sete idades foram determinadas para diferentes ocorrências de arenitos ricos em matéria orgânica no território do GpCL. Outras

três estão em análise. O Quadro 2 mostra os resultados obtidos, a época geológica relacionada, as coordenadas de cada afloramento e seu respectivo município.

Quadro 3 - Idades em anos cal AP de cada ocorrência de arenito rico em matéria orgânica datada com recursos do CNPq com destaque para a ocorrência em Rio das Ostras.

MUNICÍPIO DA OCORRÊNCIA	IDADE CALIBRADA (ANOS CAL AP)	ÉPOCA	COORDENADAS DO AFLORAMENTO		
			ZONA UTM	UTM E (X)	UTM N (Y)
Maricá	37.537 - 34.991	Pleistoceno	23 K	739520	7461080
Carapebus	36.035 - 35.245 (Base) 3.141 - 2.875 (Topo)	Pleistoceno Holoceno	24 K	227316	7534101
Rio das Ostras	27.718 - 26.456 (17-Abrc-2b) (ABR2-1 e ABR2-3 em análise)	Pleistoceno	24 K	217539	7526897
Macaé	8.282 - 7.722	Holoceno	24 K	193899	7502712
Arraial do Cabo	1.363 - 1.292	Holoceno	23 K	803845	7460813
Casimiro de Abreu	Em análise	Em análise	24 K	192897	7499422
Cabo Frio	5026 - 4708	Holoceno	23 K	805131	7464970

Com estes resultados, dois grupos podem ser destacados: o primeiro, de idade pleistocênica, variando entre 37.537 e 27.718 anos cal AP, com as ocorrências de Maricá, Rio das Ostras e uma porção mais basal de Carapebus. O segundo, de idade holocênica variando entre 8.282 e 1.292 anos cal AP, com as ocorrências de Macaé, Arraial do Cabo, Cabo Frio e o topo da ocorrência de Carapebus.

Estes dois conjuntos de idade indicam dois momentos distintos em que a vida vegetal prosperou sobre estes depósitos de areia, como no caso de Carapebus que possui resultados nos dois grupos.

6.4 Modelo de Variação do nível do mar

A partir do modelo gerado (Fig. 50), torna-se possível visualizar a distância que os locais de ocorrência dos arenitos ricos em matéria orgânica da região, com destaque para Rio das Ostras, se situavam em relação ao nível do mar há 35 ka AP. Este período está dentro da faixa de idade dos afloramentos pleistocênicos, quando o mundo caminhava para o último máximo

glacial. Neste momento, o nível do mar encontrava-se em -75 m em relação ao atual (RABINEAU *et al.*, 2006; Fig. 18; ROCHA *et al.*, 2019), indicando uma distância de 48,6 km do mar à ocorrência em Rio das Ostras quando a vegetação que deu origem a matéria orgânica datada se desenvolveu.

Este dado leva a crer que o ambiente que sucedeu na cimentação por matéria orgânica destas rochas, bem como das outras ocorrências pleistocênicas, que também estavam situadas a uma distância considerável do mar, apresentava baixa salinidade.

Corroborando com esse fato, Dias (2023) realizou análises de relação carbono/enxofre para Jaconé, como indicador de paleossalinidade, onde, de acordo com Leventhal (1995), ambientes salinos proporcionariam uma razão carbono/enxofre menor, enquanto razões maiores apontam uma menor salinidade. Os resultados obtidos pelo autor apontam que as amostras dos arenitos com matéria orgânica de Maricá têm relação com um ambiente de água doce em seu desenvolvimento, com base no baixo teor de enxofre na matéria orgânica da maioria das amostras.

Ressalta-se que devido à acelerada dinâmica costeira, a exposição dos arenitos ricos em matéria orgânica desta região varia ao longo do ano, e intensamente ao longo das décadas. Parte dos afloramentos descritos por Muehe & Corrêa (1988) já não estão mais expostos, o que demonstra a necessidade de esforços voltados para a sua geoconservação, permitindo compreendê-los e contemplá-los antes que se percam.

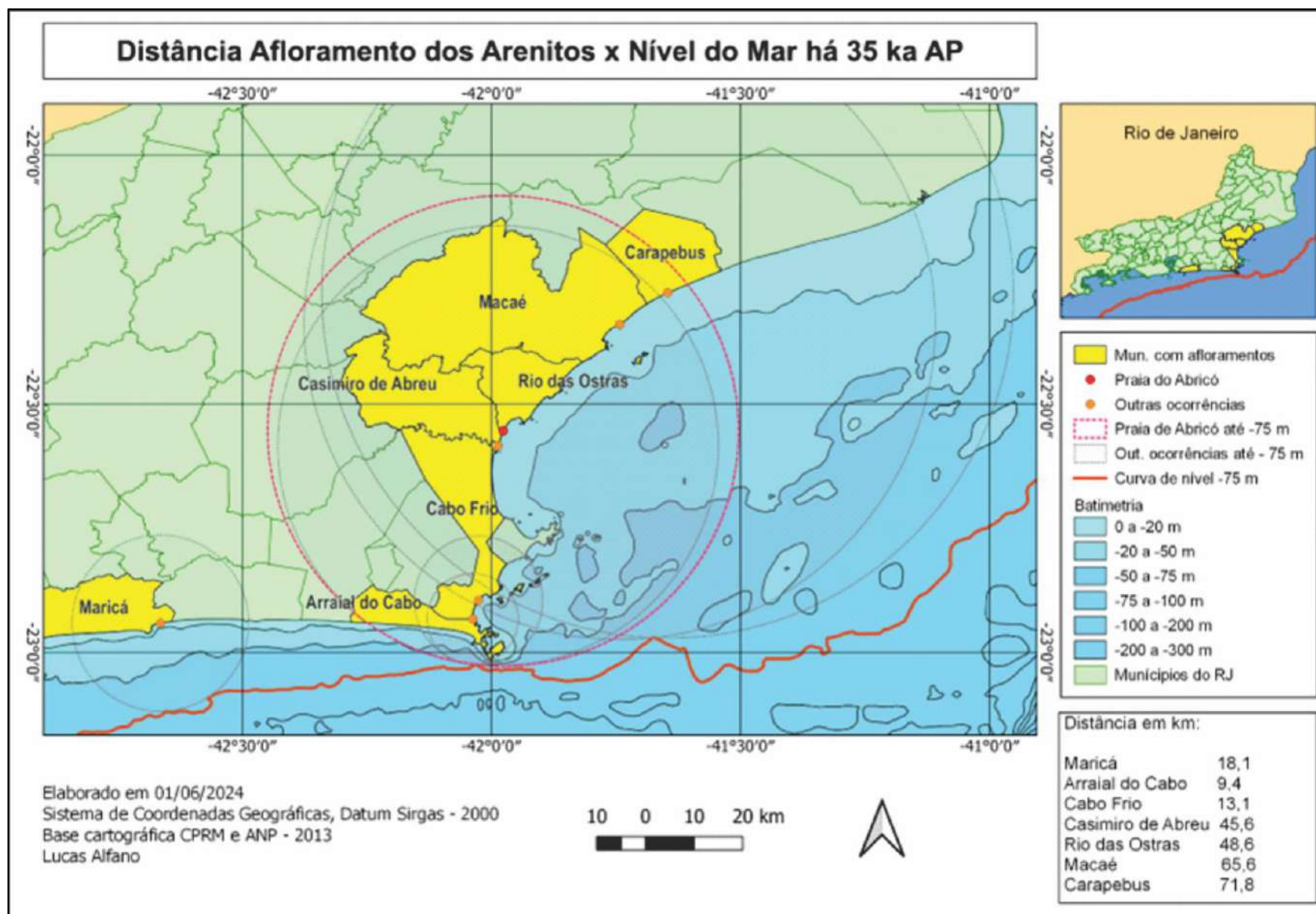


Figura 50 – Distância dos afloramentos dos arenitos em relação ao nível do mar há 35 ka A

CONCLUSÕES

O estudo do afloramento de arenito rico em matéria orgânica da Praia do Abricó permitiu o estabelecimento de quatro litofácies e suas respectivas interpretações. Considerando a sucessão de fácies estabelecida foi possível interpretar o ambiente de deposição desta rocha como sendo de um ambiente praial, com posterior desenvolvimento vegetal, sucedido de sobreposição de um antigo canal em sua porção mais meridional.

Com os resultados das análises petrográficas, foi possível classificar os arenitos que compõem o afloramento como quartzoarenitos e subarcóseos. Além de obter dados sobre a proveniência de seus sedimentos, que podem ter como área-fonte as rochas supracrustais da Unidade Búzios, bem como de seu embasamento composto pelo Complexo Região dos Lagos além das mais recentes intrusões que se estabeleceram no DTCTF, como as rochas alcalinas do Morro de São João.

Os resultados petrográficos também corroboraram para interpretação de um ambiente praial com a identificação de um nível de minerais pesados típico destes ambientes, e pela ausência de partículas muito finas.

Através do modelo de variação do nível do mar, foi verificado a distância aproximada do momento de desenvolvimento vegetal que originou o cimento destas rochas, sendo um recurso para uma posterior reconstrução paleoambiental.

Com os resultados de datação, pôde-se estabelecer a relevância paleontológica deste afloramento, visto que seus restos vegetais foram datados entre 27.718 - 26.456 anos cal AP, e, portanto, não sendo pertencentes à época geológica atual, mas sim ao Pleistoceno, atestando sua condição de fóssil de acordo com a definição de Carvalho (2010).

Além disso, os dados de datação obtidos das ocorrências do Pleistoceno Tardio no litoral fluminense contribuem para o entendimento da evolução quaternária da região. Contudo, como destacado por Rocha *et al.* (2013), a possibilidade de soerguimento entre os depósitos, a

difficuldade e a inexatidão em correlacionar unidades deposicionais com o nível médio do mar são fatores que dificultam a investigação do comportamento do nível do mar no Pleistoceno. Esses desafios ressaltam a complexidade da reconstrução paleoambiental e a necessidade de abordagens multidisciplinares para uma interpretação mais precisa.

A partir dos resultados obtidos, mais estudos devem ser realizados a fim de preencher lacunas ainda em aberto, como análises de palinomorfos e identificação dos restos vegetais para que com o conhecimento da vegetação presente na região neste período se entenda melhor o desenvolvimento do paleoambiente deste depósito, bem como de seus análogos.

Um trabalho com foco nas estruturas deste afloramento também se faz necessário, a fim de com maior espaço amostral e novas observações, seja possível relacionar a evolução destas rochas com a neotectônica do RCSB.

Considerando as informações e discussões apresentadas sobre a ocorrência em Rio das Ostras apresentada no presente trabalho, pode-se definir esta rocha como patrimônio geológico de acordo com a definição de Brilha (2016), devido à sua relevância científica.

Tendo em vista o avanço da erosão costeira observado em campo, mas também já apontado por Dieter *et al.* (2008) ao descreverem o desequilíbrio morfossedimentar deste arco praial, bem como por Castro *et al.* (2011) ao discutirem a construção da barragem de Juturnaíba que gerou mudanças no balanço sedimentar nas praias a jusante, o que inclui a Praia do Abricó, ressalta-se a necessidade de geoconservação deste geossítio.

Dieter *et al.* (2008) já recomendavam o estabelecimento de um programa de monitoramento do comportamento da linha de costa para esta região, a fim de acompanhar a tendência evolutiva e a tomada de medidas de proteção conforme a evolução do risco potencial.

Barros *et al.* (2024) discutem como estratégias de mitigação como enrocamentos podem ser mal utilizadas se não houver o dimensionamento adequado e um monitoramento das mudanças da linha de costa antes, durante e após essas medidas. Os autores sugerem que este

tipo de planejamento deve estar alinhado com um plano municipal de adaptação às mudanças climáticas e um plano de gerenciamento costeiro integrado, que deve estar alinhado com o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro.

Por fim, considerando a continuidade lateral deste arenito para o continente – conforme relatado por moradores – uma proposta de preservação, frente ao alto risco de erosão do geossítio atual, é a reapropriação de um dos terrenos sem função social adjacentes, a fim de construir uma estrutura de visitação geoturística. Essa estrutura poderia incluir passarelas elevadas, mirantes e painéis informativos que permitam aos visitantes apreciarem a geodiversidade do local sem causar impactos negativos ao ambiente. Além disso, a criação de um centro informativo do GpCL poderia promover a educação ambiental e o turismo científico, valorizando o patrimônio geológico da região. Essa iniciativa não só protegeria o geossítio da erosão e da degradação, mas também geraria benefícios econômicos e sociais para a comunidade local, integrando conservação e desenvolvimento sustentável.

REFERÊNCIAS

- ALFANO, L.; SANTOS, E. E. S.; ARAÚJO, J. C.; RAMOS, R. R. C.; MANSUR, K. L. 2023. Nota sobre ocorrência de arenito betuminoso em ambiente praial no Parque Natural Municipal da Restinga do Barreto, no município de Macaé (RJ). *In: 17º GEOSUDESTE. Livro de Resumos, SBG, v. único, p. 199.*
- ALMEIDA, J.; DIOS F.; MOHRIAK, W. U.; VALERIANO, C. D. M.; HEILBRON, M.; EIRADO, L. G.; TOMAZZOLI, E. 2013. Pre-rift tectonic scenario of the Eo-Cretaceous Gondwana break-up along SE Brazil-SW Africa: insights from tholeiitic mafic dyke swarms. *Geological Society, London, Special Publications*, v. 369, p. 11-40.
- AZAMBUJA, R. G. C.; LEME, E. S.; ABREU, P. V.; PEREIRA, T. P.; CORRÊA, J. A. P.; FERREIRA, C. C.; PICCO, G.; CARVALHO, G. M.; RODRIGUES, A. G.; SILVA JR., G. C.; MEDEIROS, S. R.; MANSUR, K. L. 2020. Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba: Geodiversidade Protegida. Geoparque Costões e Lagunas. Série Geossítios. Disponível em: <https://www.geoparquecostoeselagunas.com/wp-content/uploads/2020/08/Livreto-5-Parque-Nacional-da-Restinga-de-Jurubatiba-Geodiversidade-Protegida.pdf> Acesso em 26/03/2025.
- BARROS, E. L.; PINHEIRO, L. S.; GUERRA, R. G. P.; MOURA, F. J. M.; PAULA, D. P.; NETO, A. R. X.; LEISNER, M. M.; MORAIS, J. O. 2024. Mudança na linha de costa e erosão costeira: Uma análise das alterações a longo e curto prazo e estratégias de mitigação no litoral de Icapuí, Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v.25, n.4, p. 1-32.
- BARROS, M. A.; VASCONCELLOS, F. M.; MISUMI, S. Y.; LUZ, C. F. P.; BARTH, O. M. 2015. Datações radiométricas e análise palinológica em sedimentos turfosos do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, Estado do Rio de Janeiro. *In: XV Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário. Anais, Porto Alegre, UFRGS, v. 2, p. 24-25.*
- BASU, A.; YOUNG, S.W.; SUTTNER, L.J.; JAMES, W.C. & MACK, G.H. 1975. Re-evaluation of the use of undulatory extinction and polycrystallinity in detrital quartz for provenance interpretation. *Journal of Sedimentary Petrology*, v.45, n.4, p. 873-882.

- BEARD, D.C.; WEYL, P. K. 1973. Influence of texture on porosity and permeability of unconsolidated sand. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, n. 57, p. 349–369.
- BRAGA, G. F.; NUNES, G. B.; DEUS, A. C. F.; NUNES, G. R.; BARBOSA, L. S.; ALFANO, L.; SANTOS, E. E. S.; ARAÚJO, J. C.; VASCONCELLOS, F. M.; MANSUR, K. L.; RAMOS, R. R. C. 2024. Aspectos petrográficos dos arenitos betuminosos pleistocênicos do litoral fluminense. In: XLV Jornada Giulio Massarani de Iniciação Científica, Tecnológica e Cultural. Caderno de Resumos: Centro de Ciências da Matemática e da Natureza, Rio de Janeiro, UFRJ, v. único, p. 240.
- BRAGA, G. F.; NUNES, G. B.; MANSUR, K. L.; RAMOS, R. R. C. 2024. Aspectos petrográficos dos arenitos betuminosos pleistocênicos do litoral fluminense. In: 13ª SIAC - Semana de Integração Acadêmica da UFRJ. Caderno de resumos: Centro de Ciências da Matemática e da Natureza, Rio de Janeiro, UFRJ, v. único, p. 308.
- BRILHA, J. 2016. Inventory and quantitative assessment of geosites and geodiversity sites: a review. *Geoheritage*, v. 8, n. 2, p. 119- 134.
- BRILHA, J. 2005. Patrimônio Geológico e Geoconservação: a Conservação da Natureza na sua Vertente Geológica. 1ªed. Braga: Palimage Editores, 190p.
- BURLEY, S.; WORDEN, R. 2003. Sandstone Diagenesis: Recent and Ancient. International Association of Sedimentologists Reprint Series. 4ªed. Blackwells, 672p.
- CARDOSO, L. S.; ANDRADE, J. M. S.; MUHLHOFER, E. A.; CHAGAS, V. E.; MANSUR, K. L.; RAMOS, R. R. C. 2021. Descrição de ocorrência de arenito com matéria orgânica e sua contribuição ao estudo da sedimentação no arco praial de Jaconé, municípios de Maricá e Saquarema (RJ). In: XLII Jornada Giulio Massarani de iniciação científica, tecnológica e cultural. Anais da XLII Jornada Giulio Massarani de iniciação científica, tecnológica e cultural, Rio de Janeiro (RJ) UFRJ, 2021. Disponível em: <https://www.even3.com.br/anais/jgmictac/316056-DESCRICAO-DE-OCORRENCIA-DE-ARENITO-COM-MATERIA-ORGANICA-E-SUA-CONTRIBUICAO-AO-ESTUDO-DA-SEDIMENTACAO-NO-ARCO-PRAI>. Acesso em: 02/05/2025
- CARDOSO, L. S.; AZAMBUJA, R.; ANDRADE, J. M. S.; RAMOS, R. R. C.; MANSUR, K. L. 2019. Novas Abordagens Geológicas para a Sedimentação do Arco Praial de Jaconé,

- Municípios de Maricá e Saquarema, RJ. *In*: 10ª SIAC – Semana de Integração Acadêmica da UFRJ. Caderno de Resumos: Centro de Ciências da Matemática e da Natureza, UFRJ, v. único, p. 124-125.
- CARVALHO, I. S. 2010. Paleontologia. 3. ed. Volume 1. Rio de Janeiro: Interciência, 756p.
- CASCALHO, J. P. V., & TABORDA, R. P. M. 2006. Heavy Mineral Placer Formation an Example From Algarve, Portugal. *Journal of Coastal Research*, v. 1, n. 39, p. 246–249.
- CASTRO, A. R. S. F.; MANSUR, K. L.; CARVALHO, I. S. 2018. Reflexões sobre as relações entre geodiversidade e patrimônio: um estudo de caso. *Terra Plural*, v. 12, n. 3, p. 383-403.
- CASTRO, J. W. A.; FERNANDES, D.; DIAS, F. F. 2011. Monitoramento do processo de erosão costeira na Praia das Tartarugas, Rio das Ostras - Estado do Rio de Janeiro / Brasil: aplicação de metodologia quantitativa. *Revista de Gestão Costeira Integrada*, v. 11, n. 3, p. 355-368.
- CASTRO, J. W. A.; SENRA, M. C. E. & RAMOS, R. R. C. 2009. Coquinas da paleolaguna da Reserva Tauá – Pântano da Malhada, Cabo Frio, RJ. *In*: Sítios Geológicos e Paleontológicos, v. 2, SIGEP, UNESCO, p. 269-276.
- DIAS, M.A. 2023. Caracterização organogeoquímica dos arenitos betuminosos pleistocênicos da praia de Jaconé, município de Maricá (RJ). Monografia (Especialização em Geologia do Quaternário). Museu Nacional, UFRJ. 58 pp.
- FOLK, R. L. 1980. *Petrology of Sedimentary Rocks*. Austin: Hemphil Publ. Co. 184 p.
- GEOPARQUE COSTÕES E LAGUNAS. Rio das Ostras. 2024. Disponível em: <https://www.geoparquecostoeselagunas.com/rio-das-ostras/>. Acesso em: 30/12/2024.
- GEOSERVER. Catálogo de Geoserviços do IBGE. 2024. Disponível em: <https://geoservicos.ibge.gov.br/geoserver/web/>. Acesso em: 23/12/2024.
- GEOSSIT. Cadastro de Sítios Geológicos. 2024. Disponível em: <<https://sgb.gov.br/geossit/>>. Acesso em: 18/12/2024.

- GRAY, M. 2004. Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature. Chichester: John Wiley & Sons Ltd. 434 p.
- GUEDES, E.; HEILBRON, M.; VASCONCELOS, P. M.; VALERIANO, C. M.; ALMEIDA, J. C. H.; TEIXEIRA, W.; THOMAZ-FILHO, A. 2005. K/Ar and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ages of dykes emplaced in the on-shore basement of the Santos Basin, Resende area, SE Brazil: implications for the south Atlantic opening and Tertiary reactivation. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 18, p. 371-182.
- HEILBRON, M.; EIRADO, L.G.; ALMEIDA, J.C.H. Mapa geológico e de recursos minerais do estado do Rio de Janeiro. Belo Horizonte: CPRM, 2016. Escala 1:400.000.
- INGERSOLL, R. V., BULLARD, T. F., FORD, R. L., GRIMM, J. P., PICKLE, J. D., & SARES, S. W. 1984. The effect of grain size on detrital modes: A test of the Gazzi-Dickinson point-counting method. *Journal of Sedimentary Research*, v. 54, n. 1, p. 103-116.
- KRUMBEIN, W. C.; SLOSS, L. L. 1963. *Stratigraphy and Sedimentation*. São Francisco: W. H. Freedman & Co. 660 p.
- LEVENTHAL, J. S. 1995. Carbon-sulphur plots to show diagenic and epigenic sulfidation in sediments. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, v. 59, n. 6, p. 1207-1211.
- MACARIO, K. D.; OLIVEIRA, F.; CARVALHO, C.; MOREIRA, V. N.; ALVES, E. Q.; CHANCA, I.; DIAZ, M.; JOU, R. M. 2017. Fractionation in the graphitization reaction for ^{14}C -AMS analysis: The role of Zn x the role of TiH_2 . *International Journal of Mass Spectrometry*, v. 423, p. 39-45.
- MANSUR, K. L.; GUEDES E. A.; ALVES, M. DA G.; NASCIMENTO, V.; PRESSI, L. F.; COSTA Jr., N.; PESSANHA, A.; NASCIMENTO, L. H.; VASCONCELOS, G. 2012. Geoparque Costões e Lagunas do Estado do Rio de Janeiro (RJ): Proposta. CPRM. Disponível em: <<https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/17154>>. Acesso em 02/05/2025.
- MARTIN, L.; SUGUIO, K.; DOMINGUES, J. M. L.; FLEXOR, J. M. 1997. Geologia do Quaternário costeiro do Litoral Norte do Rio de Janeiro e Espírito Santo. Belo Horizonte, CPRM. 112 p.

- MARTIN, L.; SUGUIO, K.; FLEXOR, J. M. 1993. As flutuações de nível do mar durante o Quaternário Superior e a evolução geológica de “deltas” brasileiros. *Boletim IG-USP*; v. 15. 190 p.
- MARTIN, L.; SUGUIO, K.; FLEXOR, J.-M.; DOMINGUEZ, J. M.; & AZEVEDO, A. E. 1984. Evolução da planície costeira do Rio Paraíba do Sul (RJ) durante o Quaternário: Influência das Variações do nível do mar. Congresso Brasileiro De Geologia, 33. 1984. Rio de Janeiro. Anais. Rio de Janeiro: SBG, v.1, p. 84 – 97.
- MARTINS, G. G.; MENDES, J. C.; SCHMITT, R. S.; ARMSTRONG, R.; VALERIANO, C. 2016. 550–490 Ma pre-to post-collisional shoshonitic rocks in the Ribeira Belt (SE Brazil) and their tectonic significance. *Precambrian Research*, v. 286, p. 352–369.
- MOHRIAK, W. U.; DANFORTH, A.; POST, P. J.; BROWN, D. E.; TARI, G. C.; NEMCOK, M.; SINHA, S. T. 2013. *Conjugate divergent margins: An introduction. Geological Society, London, Special Publications*, v. 369, p. 11-40.
- MOHRIAK, W. U.; BARROS, A. Z.; FUJITA, A. 1990. Magmatismo e tectonismo cenozoico na região de Cabo Frio, RJ. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 20, n. 1-4, p. 187-196.
- MORAD, S.; KETZER, J. M.; DE ROS, L. F. 2000. Spatial and temporal distribution of diagenetic alterations in siliciclastic rocks: implications for mass transfer in sedimentary basins. *Sedimentology*, v. 47, p. 95-120.
- MORAD, S. 1998. Carbonate cementation in sandstones: distribution patterns and geochemical evolution. *Geochemical Evolution of Carbonate Cements*. v. 26, p. 1-26.
- MUEHE, D.; FERNANDEZ, G.; BULHOES, E.; AZEVEDO, I. F. 2008. Avaliação da vulnerabilidade física da orla costeira em nível local, tomando como exemplo o arco praial entre Rio das Ostras e o Cabo Búzios / RJ. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 12, n. 2, p. 45-58.
- MUEHE, D. & CORRÊA, C. H. T. 1988. Os “arenitos de restinga” do cordão litorâneo da Maçambaba / Lagoa de Araruama – RJ. *In Anais do XXXV Congresso Brasileiro de Geologia, Belém, Pará*, v. 2.

- NUNES, G. B.; BRAGA, G. F.; DEUS, A. C. F.; NUNES, G. R.; BARBOSA, L. S.; SANTOS, E. E. S.; ARAÚJO, J. C.; ALFANO, L.; VASCONCELLOS, F. M.; MANSUR, K. L.; RAMOS, R. R. C. 2024. Aspectos regionais das ocorrências de arenitos betuminosos do litoral oriental fluminense: desvendando um paleoambiente de sedimentação continental. In: XLV Jornada Giulio Massarani de iniciação científica, tecnológica e cultural. Caderno de resumos: Centro de Tecnologia, Rio de Janeiro, UFRJ, v. único, p. 250.
- NUNES, G. B.; BRAGA, G. F.; MANSUR, K. L.; RAMOS, R. R. C. 2024. Arenitos "betuminosos" do litoral fluminense: desvendando um paleoambiente de sedimentação continental durante o "último máximo glacial". In: 13ª SIAC - Semana de Integração Acadêmica da UFRJ. Caderno de resumos: Centro de Ciências da Matemática e da Natureza, Rio de Janeiro, UFRJ, v. único, p. 386.
- OLIVEIRA, F.; MACARIO, K. D.; CARVALHO, C.; MOREIRA, V. N.; ALVES, E. Q.; CHANCA, I.; DIAZ, M.; JOU, R. M.; HAMMERSCHLAG, I.; NETTO, B. M.; OLIVEIRA, M. I.; ASSUMPCÃO, A.; FERNANDES, D. 2021. LAC-UFF status report: current protocols and recent developments. *Radiocarbon*, v. 63, n. 4, p. 1233-1245. doi:10.1017/RDC.2020.138
- POWERS, M. C. 1953. A new roundness scale for sedimentary particles. *Journal of Sedimentary Petrology*, v. 230, n. 2, p. 117-119.
- RABINOWITZ, P. D., LA BRECQUE J. 1979. The Mesozoic South Atlantic Ocean and the evolution of its continental margins. *Journal of Geophysical Research*, v. 84, p. 5973-6002.
- RAMOS R. R. C.; MANSUR, K. L.; CARDOSO L. S.; SILVEIRA S. M. T.; ANDRADE J. M. S.; AZAMBUJA R. G. C.; CHAGAS V. E.; MUHLHOFER E. A. 2021. Ocorrência de Arenito Betuminoso e sua contribuição ao estudo da sedimentação no arco praial de Jaconé, Municípios de Maricá e Saquarema, RJ. In: 50º Congresso Brasileiro de Geologia, Brasília - DF, Anais 50º CBG – v. 2, p. 352.
- REIS A. T.; AMENDOLA, G.; DADALT, T. P.; SILVA, C. G.; POÇO, R. T.; GUERRA, J. V.; MARTINS, V.; CARDIA, R. R.; GORINI, C.; RABINEAU, M. 2020. Arquitetura e evolução deposicional da sucessão sedimentar Pleistoceno Tardio-Holoceno (últimos ~20 Ka) da Baía de Sepetiba (RJ). *Revista Geociências, UNESP*, v. 39, n. 3, p. 695–708.

- RICCOMINI, C.; SANT'ANNA, L. G.; FERRARI, A. L. 2004. Evolução geológica do Rifte Continental do Sudeste do Brasil. In: *Geologia do continente Sul-Americano: evolução da obra de Fernando Flávio de Almeida*. Ed. 1ª. Cap.: XXIII, p. 383-405.
- RICCOMINI, C. 1989. *O Rift Continental do Sudeste do Brasil*. Programa de Pós-graduação em Geologia. Universidade de São Paulo, Tese de Doutorado, pp. 256.
- ROCHA T. B.; VASCONCELOS, S. C.; PEREIRA, T. G.; FERNANDEZ, G. B. 2019. Datação por luminescência opticamente estimulada (LOE) nas cristas de praia do delta do rio Paraíba do Sul (RJ): considerações sobre a evolução geomorfológica entre o Pleistoceno Superior e o Holoceno. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 20, n. 3, p. 563-580.
- ROCHA T. B.; FERNANDEZ, G. B.; PEIXOTO, M. N. O.; RODRIGUEZ, A. 2013. Arquitetura deposicional e datação absoluta das cristas de praia pleistocênicas no complexo deltaico do Paraíba do Sul (RJ). *Brazilian Journal of Geology*, v. 43, n. 4, p. 711-724.
- RODRIGUES, L.; HAUEISEN, M. P.; SEMPREBOM, T. R.; PEIRÓ, D. F. 2022. Restinga: a vegetação do litoral. 20/06/2021. Atualizado em 06/05/2022. Disponível em: <<https://www.bioicos.org.br/post/restinga-a-vegetacao-do-litoral>>. Acesso em: 18/12/2024.
- ROZA, G. N.; BARBOSA, L. S.; DEUS, A. C. F.; NUNES, NUNES, G. B.; MANSUR, K. L.; RAMOS, R. R. C. 2023. Caracterização litofaciológica e paleodeposicional dos arenitos cimentados por betume da faixa litorânea do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, Carapebus (RJ). In: 12ª SIAC - Semana de Integração Acadêmica da UFRJ. Caderno de resumos: Centro de Ciências da Matemática e da Natureza, Rio de Janeiro, UFRJ, v. único, p. 163.
- SCHMITT, R. S.; TROUW, R.; VAN SCHMUS, W. R.; ARMSTRONG, R.; STANTON, N. S. G. 2016. The tectonic significance of the Cabo Frio Tectonic Domain in the SE Brazilian margin: a Paleoproterozoic through Cretaceous saga of a reworked continental margin. *Brazilian Journal of Geology*, v. 46, n. 1, p. 37-66.
- SCHMITT, R. S.; HEILBRON, M.; TUPINAMBÁ, M.; ALMEIDA, J. C. H.; SILVA, L. G. E.; VALERIANO, C.; DUARTE, B.; VALLADARES, C.; NOGUEIRA, J. R.; RAGATKY, C. D.; GERALDES, M.; VALENTE, S.; PASCUTTI, A. H. F. G.; SILVA, T. M.; STANTON, N.; GÓES, N. F. B.; MORAES, J. M.; GUERRA, J. V.; MELLO, C.

- L.; MORAIS, R. M. O.; TETZNER, W.; TROUW, R.; RAMOS, A. S.; MEDEIROS, S. R.; MENDES, J. C.; VAZ, G. S.; CORVAL, A.; PAULO, V. G.; VIANA, S.; MELLO, R. P.; PALERMO, N.; GUIMARÃES, P. V.; SILVA, F. L.; SKREPNEK, C. C.; MANSUR, K. L.; BARROSO, S.; CERQUEDA, M. A. 2012. Geologia e recursos minerais da folha Rio das Ostras SF.24-Y-A-IV e Cabo Frio SF.23-Z-B-VI, estado do Rio de Janeiro. Escala 1:100.000. Belo Horizonte, CPRM.
- SCHMITT, R. S.; TROUW, R. A. J.; VAN SCHMUS, W. R.; PIMENTEL, M. M. 2004. Late amalgamation in the central part of West Gondwana: new geochronological data and the characterization of a Cambrian collisional orogeny in the Ribeira Belt (SE Brazil). *Precambrian Research*, v. 133, n. 1-2, p. 29-61.
- SCHMITT, R. S. A. 2001. *Orogênese Búzios: um evento tectono-metamórfico cambro-ordoviciano caracterizado no Domínio Tectônico de Cabo Frio, Faixa Ribeira, sudeste do Brasil*. 2001. 273 p. - Tese (Doutorado em Geologia). Programa de Pós-Graduação em Geologia, Instituto de Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- SHARPLES, C. *Concepts and Principles of Geoconservation*. 2002. *Tasmanian Parks and Wildlife Service, Hobart*.
- SILVA, A. L. C. 2011. *Arquitetura sedimentar e evolução geológica da planície costeira central de maricá (RJ) ao longo do Quaternário*. Tese de Doutorado. Programa de Pós-graduação em Geologia e Geofísica Marinha da Universidade Federal Fluminense. p. 185.
- SOUZA, P. C. M. 2011. *Análise cinemática e dinâmica do sistema de falhas cenozóicas ENE-WSW do entorno da Lagoa de Araruama (RJ)*. 139 p. Dissertação (Mestrado em Geologia). Programa de Pós-Graduação em Geologia, Instituto de Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- SUGUIO, K. 2003. *Geologia Sedimentar*. Edgard Blücher. São Paulo, p.: 161-204.
- SUGUIO K., ANGULO R. J., CARVALHO A. M., CORRÊA I. C. S., TOMAZELLI L. J., WILLWOCK J. A., VITAL H. 2005. Paleoníveis do Mar e Paleolinhas de Costa. In: Souza C. R. G., Suguio K., Oliveira A. M. S., Oliveira P. E. (eds.). *Quaternário do Brasil*. ABEQUA, 1. Holos Editora, p.: 114-129.

- STANLEY, M. 2000. *Geodiversity. Earth Heritage*, v.14, p. 15-18. Disponível em: <http://www.earthheritage.org.uk/ehpdf/EH14-2000.pdf>
- STANTON, N.; SCHMITT, R. S.; SKREPNEK, C. C.; GUERRA, J. V.; MENINO, G. I. 2005. Evolução tectônica do Alto do cabo Frio – Ilhas oceânicas e região costeira adjacentes RJ: Dados estruturais preliminares. In: 9o Simpósio de Geologia do Sudeste, Niterói. *Abstracts*. v. 1. p. 185-185.
- STUIVER M & POLACH HA. 1977. Discussion reporting of 14 C data. *Radiocarbon*, v. 19, n. 3, p. 355-63.
- UNESCO. 2024. Geoparques Mundiais da UNESCO no Brasil. Disponível em: <https://www.unesco.org/pt/node/104598>. Acesso em: 29/11/2024.
- VASCONCELLOS F. M.; BARROS M. A.; MISUMI S. Y.; FERREIRA R.; BARTH O. M. 2019. Sedimentologia, Geocronometria e Palinologia de depósitos arenoso-betuminosos quaternários aflorantes no Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, norte fluminense. In: XXVI Congresso Brasileiro de Paleontologia, Uberlândia. Boletim de Resumos, Uberlândia, SBP, p. 204-205.
- TETZNER, W.; CAMILLO, E. J. R.; ALMEIDA, J. C. H. 2001. Tectônica Mesozóica e emplacement dos diques básicos do Cabo de Búzios, RJ: Boletim de Resumos do VII Simpósio de Geologia do Sudeste, SBG-RJ, Rio de Janeiro, 91-92
- THOMAZ-FILHO, A.; MIZUSAKI, A. M. P.; MILANI, E. J.; CESERO, P. 2000. Rifting and Magmatism Associated with the South America and Africa Break Ip. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 30, n. 1, p. 17-19.
- TISSOT, B. P.; WELTE, D. H. 1984. *Petroleum Formation and Occurrence*. 2. ed. Berlin: Springer. DOI: 10.1007/978-3-642-87813-8.
- TURNER, S.; REGELOUS, M.; KELLEY, S.; HAWKESWORTH, C.; MANTOVANI, M. 1994. Magmatism and continental break-up in the South Atlantic: High precision 40Ar/39Ar geochronology. *Earth and Planetary Science Letters*, v. 121, p. 333-348.
- TYSON, R.V. 1995. *Sedimentary Organic Matter: organic facies and palynofacies*. London: Chapman & Hall. 615 pp.

- WENTWORTH, C. K. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. *Journal of Sedimentary Petrology*, v. 30, p. 377-392.
- WORTON, G. J. 2008. *A historical perspective on local communities and geological conservation*. In: BUREK, C. V.; PROSSER, C. D. *History of Geoconservation*. London: Geological Society of London. Special Publication 300. p.137-146.

APÊNDICE A – Ficha descritiva da amostra LAAB-5

No	Identificação do Constituinte	Pontos	%	Arredondamento
1	Quartzo detrítico monocristalino com extinção abrupta	18	6.00	anguloso
2	Quartzo detrítico monocristalino com extinção fortemente ondulante	9	3.00	anguloso
3	Quartzo detrítico monocristalino com extinção ligeiramente ondulante	6	2.00	anguloso
4	Quartzo detrítico monocristalino com extinção abrupta	29	9.67	subanguloso
5	Quartzo detrítico monocristalino com extinção fortemente ondulante	9	3.00	subanguloso
6	Quartzo detrítico monocristalino com extinção ligeiramente ondulante	16	5.33	subanguloso
7	Quartzo detrítico monocristalino com extinção abrupta	25	8.33	subarredondado
8	Quartzo detrítico monocristalino com extinção fortemente ondulante	7	2.33	subarredondado
9	Quartzo detrítico monocristalino com extinção ligeiramente ondulante	10	3.33	subarredondado
10	Quartzo detrítico monocristalino com extinção abrupta	5	1.67	arredondado
11	Quartzo detrítico monocristalino com extinção fortemente ondulante	4	1.33	arredondado
12	Quartzo detrítico monocristalino com extinção ligeiramente ondulante	4	1.33	arredondado
13	Quartzo detrítico policristalino 2-3	0	0.00	anguloso
14	Quartzo detrítico policristalino 2-3	2	0.67	subanguloso
15	Quartzo detrítico policristalino 2-3	2	0.67	subarredondado
16	Quartzo detrítico policristalino 2-3	0	0.00	arredondado
17	Quartzo detrítico policristalino >3	0	0.00	anguloso
18	Quartzo detrítico policristalino >3	3	1.00	subanguloso
19	Quartzo detrítico policristalino >3	2	0.67	subarredondado
20	Quartzo detrítico policristalino >3	0	0.00	arredondado
21	Microclínio detrítico	2	0.67	
22	Plagioclásio detrítico	1	0.33	
23	Feldspato detrítico indiferenciado	0	0.00	
24	Cordierita	0	0.00	
25	Muscovita	1	0.33	
26	Apatita	0	0.00	
27	Silimanita	0	0.00	
28	Titanita	1	0.33	
29	Zircão	2	0.67	
30	Opaco	2	0.67	
31	Píroxênio	1	0.33	
32	Rutilo	1	0.33	
33	Epídoto	0	0.00	
34	Fragmento lítico plutônico	0	0.00	
35	Fragmento lítico metamórfico	1	0.33	
36	Fragmento lítico vulcânico	0	0.00	
37	Fragmento de rocha indiferenciado	0	0.00	
38	Matéria orgânica amorfa	96	32.00	
39	Fragmento vegetal	24	8.00	
40	Poros intergranular	17	5.67	

APÊNDICE B – Ficha descritiva da amostra LAAB-2Base

No	Identificação do Constituinte	Pontos	%	Arredondamento
1	Quartzo detrítico monocristalino com extinção abrupta	10	3.33	anguloso
2	Quartzo detrítico monocristalino com extinção fortemente ondulante	7	2.33	anguloso
3	Quartzo detrítico monocristalino com extinção ligeiramente ondulante	7	2.33	anguloso
4	Quartzo detrítico monocristalino com extinção abrupta	22	7.33	subanguloso
5	Quartzo detrítico monocristalino com extinção fortemente ondulante	10	3.33	subanguloso
6	Quartzo detrítico monocristalino com extinção ligeiramente ondulante	28	9.33	subanguloso
7	Quartzo detrítico monocristalino com extinção abrupta	21	7.00	subarredondado
8	Quartzo detrítico monocristalino com extinção fortemente ondulante	10	3.33	subarredondado
9	Quartzo detrítico monocristalino com extinção ligeiramente ondulante	17	5.67	subarredondado
10	Quartzo detrítico monocristalino com extinção abrupta	4	1.33	arredondado
11	Quartzo detrítico monocristalino com extinção fortemente ondulante	4	1.33	arredondado
12	Quartzo detrítico monocristalino com extinção ligeiramente ondulante	5	1.67	arredondado
13	Quartzo detrítico policristalino 2-3	5	1.67	anguloso
14	Quartzo detrítico policristalino 2-3	1	0.33	subanguloso
15	Quartzo detrítico policristalino 2-3		0.00	subarredondado
16	Quartzo detrítico policristalino 2-3		0.00	arredondado
17	Quartzo detrítico policristalino >3	2	0.67	anguloso
18	Quartzo detrítico policristalino >3		0.00	subanguloso
19	Quartzo detrítico policristalino >3		0.00	subarredondado
20	Quartzo detrítico policristalino >3		0.00	arredondado
21	Microclínio detrítico	4	1.33	
22	Plagioclásio detrítico	4	1.33	
23	Ortoclássio detrítico	4	1.33	
24	Cordierita		0.00	
25	Muscovita	1	0.33	
26	Apatita		0.00	
27	Silimanita		0.00	
28	Titanita		0.00	
29	Zircão	3	1.00	
30	Opaco		0.00	
31	Piroxênio	2	0.67	
32	Rutilo		0.00	
33	Epídoto		0.00	
34	Fragmento lítico plutônico		0.00	
35	Fragmento lítico metamórfico	3	1.00	
36	Fragmento lítico vulcânico		0.00	
37	Fragmento de rocha indiferenciado	1	0.33	
38	Matéria orgânica amorfa	98	32.67	
39	Fragmento vegetal	3	1.00	
40	Poros intergranular	24	8.00	

APÊNDICE C – Ficha descritiva da amostra LAAB-2Topo

No	Identificação do Constituinte	Pontos	%	Arredondamento
1	Quartzo detrítico monocristalino com extinção abrupta	6	2.00	anguloso
2	Quartzo detrítico monocristalino com extinção fortemente ondulante	5	1.67	anguloso
3	Quartzo detrítico monocristalino com extinção ligeiramente ondulante	5	1.67	anguloso
4	Quartzo detrítico monocristalino com extinção abrupta	15	5.00	subanguloso
5	Quartzo detrítico monocristalino com extinção fortemente ondulante	13	4.33	subanguloso
6	Quartzo detrítico monocristalino com extinção ligeiramente ondulante	15	5.00	subanguloso
7	Quartzo detrítico monocristalino com extinção abrupta	33	11.00	subarredondado
8	Quartzo detrítico monocristalino com extinção fortemente ondulante	6	2.00	subarredondado
9	Quartzo detrítico monocristalino com extinção ligeiramente ondulante	29	9.67	subarredondado
10	Quartzo detrítico monocristalino com extinção abrupta	13	4.33	arredondado
11	Quartzo detrítico monocristalino com extinção fortemente ondulante	3	1.00	arredondado
12	Quartzo detrítico monocristalino com extinção ligeiramente ondulante	5	1.67	arredondado
13	Quartzo detrítico policristalino 2-3		0.00	anguloso
14	Quartzo detrítico policristalino 2-3	3	1.00	subanguloso
15	Quartzo detrítico policristalino 2-3	2	0.67	subarredondado
16	Quartzo detrítico policristalino 2-3		0.00	arredondado
17	Quartzo detrítico policristalino >3	1	0.33	anguloso
18	Quartzo detrítico policristalino >3	1	0.33	subanguloso
19	Quartzo detrítico policristalino >3		0.00	subarredondado
20	Quartzo detrítico policristalino >3		0.00	arredondado
21	Microclínio detrítico		0.00	
22	Plagioclásio detrítico	2	0.67	
23	Ortoclásio detrítico	3	1.00	
24	Cordierita	1	0.33	
25	Muscovita		0.00	
26	Apatita		0.00	
27	Silimanita	1	0.33	
28	Titanita		0.00	
29	Zircão	3	1.00	
30	Opaco		0.00	
31	Píroxênio	1	0.33	
32	Rutilo		0.00	
33	Epídoto	1	0.33	
34	Fragmento lítico plutônico		0.00	
35	Fragmento lítico metamórfico	1	0.33	
36	Fragmento lítico vulcânico		0.00	
37	Fragmento de rocha indiferenciado	1	0.33	
38	Matéria orgânica amorfa	114	38.00	
39	Fragmento vegetal	3	1.00	
40	Poros intergranular	14	4.67	

APÊNDICE D – Ficha descritiva da amostra 17-Abrc-1

No	Identificação do Constituinte	Pontos	%	Arredondamento
1	Quartzo detrítico monocristalino com extinção abrupta	6	2.01	anguloso
2	Quartzo detrítico monocristalino com extinção fortemente ondulante	1	0.33	anguloso
3	Quartzo detrítico monocristalino com extinção ligeiramente ondulante	5	1.67	anguloso
4	Quartzo detrítico monocristalino com extinção abrupta	17	5.69	subanguloso
5	Quartzo detrítico monocristalino com extinção fortemente ondulante	1	0.33	subanguloso
6	Quartzo detrítico monocristalino com extinção ligeiramente ondulante	6	2.01	subanguloso
7	Quartzo detrítico monocristalino com extinção abrupta	30	10.03	subarredondado
8	Quartzo detrítico monocristalino com extinção fortemente ondulante	9	3.01	subarredondado
9	Quartzo detrítico monocristalino com extinção ligeiramente ondulante	13	4.35	subarredondado
10	Quartzo detrítico monocristalino com extinção abrupta	43	14.38	arredondado
11	Quartzo detrítico monocristalino com extinção fortemente ondulante	13	4.35	arredondado
12	Quartzo detrítico monocristalino com extinção ligeiramente ondulante	18	6.02	arredondado
13	Quartzo detrítico policristalino 2-3		0.00	anguloso
14	Quartzo detrítico policristalino 2-3		0.00	subanguloso
15	Quartzo detrítico policristalino 2-3		0.00	subarredondado
16	Quartzo detrítico policristalino 2-3		0.00	arredondado
17	Quartzo detrítico policristalino >3		0.00	anguloso
18	Quartzo detrítico policristalino >3		0.00	subanguloso
19	Quartzo detrítico policristalino >3	0	0.00	subarredondado
20	Quartzo detrítico policristalino >3	0	0.00	arredondado
21	Microclínio detrítico	1	0.33	
22	Plagioclásio detrítico	3	1.00	
23	Feldspato detrítico indiferenciado		0.00	
24	Cordierita		0.00	
25	Muscovita		0.00	
26	Apatita		0.00	
27	Silimanita		0.00	
28	Titanita		0.00	
29	Zircão	1	0.33	
30	Opaco		0.00	
31	Proxênio		0.00	
32	Rutilo		0.00	
33	Epídoto		0.00	
34	Fragmento lítico plutônico		0.00	
35	Fragmento lítico metamórfico		0.00	
36	Fragmento lítico vulcânico		0.00	
37	Fragmento de rocha indiferenciado	1	0.33	
38	Matéria orgânica amorfa	52	17.39	
39	Fragmento vegetal	33	11.04	
40	Poro intergranular	46	15.38	

APÊNDICE E – Ficha descritiva da amostra 17-Abrc-2a

No	Identificação do Constituinte	Pontos	%	Arredondamento
1	Quartzo detrítico monocristalino com extinção abrupta	8	2.67	anguloso
2	Quartzo detrítico monocristalino com extinção fortemente ondulante	4	1.33	anguloso
3	Quartzo detrítico monocristalino com extinção ligeiramente ondulante	6	2.00	anguloso
4	Quartzo detrítico monocristalino com extinção abrupta	27	9.00	subanguloso
5	Quartzo detrítico monocristalino com extinção fortemente ondulante	9	3.00	subanguloso
6	Quartzo detrítico monocristalino com extinção ligeiramente ondulante	13	4.33	subanguloso
7	Quartzo detrítico monocristalino com extinção abrupta	28	9.33	subarredondado
8	Quartzo detrítico monocristalino com extinção fortemente ondulante	6	2.00	subarredondado
9	Quartzo detrítico monocristalino com extinção ligeiramente ondulante	11	3.67	subarredondado
10	Quartzo detrítico monocristalino com extinção abrupta	10	3.33	arredondado
11	Quartzo detrítico monocristalino com extinção fortemente ondulante	6	2.00	arredondado
12	Quartzo detrítico monocristalino com extinção ligeiramente ondulante	2	0.67	arredondado
13	Quartzo detrítico policristalino 2-3		0.00	anguloso
14	Quartzo detrítico policristalino 2-3	3	1.00	subanguloso
15	Quartzo detrítico policristalino 2-3	1	0.33	subarredondado
16	Quartzo detrítico policristalino 2-3		0.00	arredondado
17	Quartzo detrítico policristalino >3	2	0.67	anguloso
18	Quartzo detrítico policristalino >3	2	0.67	subanguloso
19	Quartzo detrítico policristalino >3		0.00	subarredondado
20	Quartzo detrítico policristalino >3		0.00	arredondado
21	Microclínio detrítico	3	1.00	
22	Plagioclásio detrítico	1	0.33	
23	Ortoclásio	5	1.67	
24	Cordierita	1	0.33	
25	Muscovita	1	0.33	
26	Apatita	1	0.33	
27	Silimanita	1	0.33	
28	Titanita		0.00	
29	Zircão	5	1.67	
30	Opaco		0.00	
31	Píroxênio	2	0.67	
32	Rutilo		0.00	
33	Epídoto		0.00	
34	Fragmento lítico plutônico		0.00	
35	Fragmento lítico metamórfico	2	0.67	
36	Fragmento lítico vulcânico		0.00	
37	Fragmento de rocha indiferenciado	0	0.00	
38	Matéria orgânica amorfa	93	31.00	
39	Fragmento vegetal	4	1.33	
40	Poros intergranular	43	14.33	

APÊNDICE F – Ficha descritiva da amostra 17-Abrc-2c

No	Identificação do Constituinte	Pontos	%	Arredondamento
1	Quartzo detrítico monocristalino com extinção abrupta	6	2.00	anguloso
2	Quartzo detrítico monocristalino com extinção fortemente ondulante		0.00	anguloso
3	Quartzo detrítico monocristalino com extinção ligeiramente ondulante	2	0.67	anguloso
4	Quartzo detrítico monocristalino com extinção abrupta	10	3.33	subanguloso
5	Quartzo detrítico monocristalino com extinção fortemente ondulante	8	2.67	subanguloso
6	Quartzo detrítico monocristalino com extinção ligeiramente ondulante	9	3.00	subanguloso
7	Quartzo detrítico monocristalino com extinção abrupta	19	6.33	subarredondado
8	Quartzo detrítico monocristalino com extinção fortemente ondulante	7	2.33	subarredondado
9	Quartzo detrítico monocristalino com extinção ligeiramente ondulante	30	10.00	subarredondado
10	Quartzo detrítico monocristalino com extinção abrupta	45	15.00	arredondado
11	Quartzo detrítico monocristalino com extinção fortemente ondulante	10	3.33	arredondado
12	Quartzo detrítico monocristalino com extinção ligeiramente ondulante	34	11.33	arredondado
13	Quartzo detrítico policristalino 2-3	1	0.33	anguloso
14	Quartzo detrítico policristalino 2-3		0.00	subanguloso
15	Quartzo detrítico policristalino 2-3		0.00	subarredondado
16	Quartzo detrítico policristalino 2-3		0.00	arredondado
17	Quartzo detrítico policristalino >3		0.00	anguloso
18	Quartzo detrítico policristalino >3		0.00	subanguloso
19	Quartzo detrítico policristalino >3		0.00	subarredondado
20	Quartzo detrítico policristalino >3		0.00	arredondado
21	Microclínio detrítico	4	1.33	
22	Plagioclásio detrítico	1	0.33	
23	Feldspato detrítico indiferenciado		0.00	
24	Cordierita		0.00	
25	Muscovita		0.00	
26	Apatita		0.00	
27	Silimanita		0.00	
28	Titanita		0.00	
29	Zircão	1	0.33	
30	Opaco		0.00	
31	Píroxênio		0.00	
32	Rutilo		0.00	
33	Epídoto		0.00	
34	Fragmento lítico plutônico	1	0.33	
35	Fragmento lítico metamórfico		0.00	
36	Fragmento lítico vulcânico		0.00	
37	Fragmento de rocha indiferenciado		0.00	
38	Matéria orgânica amorfa	35	11.67	
39	Fragmento vegetal		0.00	
40	Poros intergranular	77	25.67	

APÊNDICE G – Ficha descritiva da amostra Abr2-1

No	Identificação do Constituinte	Pontos	%	Arredondamento
1	Quartzo detrítico monocristalino com extinção abrupta	2	0.67	anguloso
2	Quartzo detrítico monocristalino com extinção fortemente ondulante	1	0.33	anguloso
3	Quartzo detrítico monocristalino com extinção ligeiramente ondulante	1	0.33	anguloso
4	Quartzo detrítico monocristalino com extinção abrupta	15	5.00	subanguloso
5	Quartzo detrítico monocristalino com extinção fortemente ondulante	8	2.67	subanguloso
6	Quartzo detrítico monocristalino com extinção ligeiramente ondulante	8	2.67	subanguloso
7	Quartzo detrítico monocristalino com extinção abrupta	16	5.33	subarredondado
8	Quartzo detrítico monocristalino com extinção fortemente ondulante	13	4.33	subarredondado
9	Quartzo detrítico monocristalino com extinção ligeiramente ondulante	17	5.67	subarredondado
10	Quartzo detrítico monocristalino com extinção abrupta	63	21.00	arredondado
11	Quartzo detrítico monocristalino com extinção fortemente ondulante	15	5.00	arredondado
12	Quartzo detrítico monocristalino com extinção ligeiramente ondulante	41	13.67	arredondado
13	Quartzo detrítico policristalino 2-3	0	0.00	anguloso
14	Quartzo detrítico policristalino 2-3		0.00	subanguloso
15	Quartzo detrítico policristalino 2-3		0.00	subarredondado
16	Quartzo detrítico policristalino 2-3		0.00	arredondado
17	Quartzo detrítico policristalino >3	1	0.33	anguloso
18	Quartzo detrítico policristalino >3		0.00	subanguloso
19	Quartzo detrítico policristalino >3	1	0.33	subarredondado
20	Quartzo detrítico policristalino >3		0.00	arredondado
21	Microclínio detrítico	7	2.33	
22	Plagioclásio detrítico	4	1.33	
23	Ortoclásio	1	0.33	
24	Cordierita		0.00	
25	Muscovita	1	0.33	
26	Apatita		0.00	
27	Silimanita	1	0.33	
28	Titanita		0.00	
29	Zircão	1	0.33	
30	Opaco		0.00	
31	Píroxênio		0.00	
32	Rutilo		0.00	
33	Epídoto		0.00	
34	Fragmento lítico plutônico		0.00	
35	Fragmento lítico metamórfico	2	0.67	
36	Fragmento lítico vulcânico		0.00	
37	Fragmento de rocha indiferenciado		0.00	
38	Matéria orgânica amorfa	29	9.67	
39	Fragmento vegetal	2	0.67	
40	Poros intergranular	50	16.67	