

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

RICARDO ARAÚJO LEMOS

**MAPEAMENTO GEOLÓGICO DE
DETALHE DA REGIÃO DO
BOQUEIRÃO, SÃO SEPÉ – RS**

**Caçapava do Sul
2020**

RICARDO ARAÚJO LEMOS

**MAPEAMENTO GEOLÓGICO DE
DETALHE DA REGIÃO DO
BOQUEIRÃO, SÃO SEPÉ – RS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Bacharelado em Geologia como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Geologia.

Orientadora: Delia del Pilar Montecinos de Almeida

Co-orientador: Maciel Jorge de Souza

**Caçapava do Sul
2020**

L488m Lemos, Ricardo Araújo

Mapeamento Geológico de Detalhe da Região do Boqueirão, São Sepé – RS / Ricardo Araújo Lemos. – dezembro, 2020.

75 f.: il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal do Pampa, Campus Caçapava do Sul, Geologia, 2020.

“Orientação: Delia del Pilar Montecinos de Almeida; Co-orientação: Maciel Jorge de Souza”.

1. Bacia do Camaquã. 2. Mapeamento Geológico. 3. Modelagem Geológica. I. Título.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal do Pampa

RICARDO ARAUJO LEMOS

MAPEAMENTO GEOLÓGICO DE DETALHE DA REGIÃO DO BOQUEIRÃO, SÃO SEPÉ - RS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Geologia da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Geologia.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em:

14 de dezembro e 2020.

Banca examinadora:

Prof. Dra. Delia Pilar Montecinos de Almeida

Orientador

UNIPAMPA

Prof. Dra. Cristiane Heredia Gomes

UNIPAMPA

Prof. Me. Luiz Delfino Teixeira Albarnaz

UNIPAMPA



Assinado eletronicamente por **CRISTIANE HEREDIA GOMES, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 17/12/2020, às 12:59, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **LUIZ DELFINO TEIXEIRA ALBARNAZ, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 17/12/2020, às 14:04, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **DELIA DEL PILAR MONTECINOS DE ALMEIDA, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 17/12/2020, às 20:14, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0429765** e o código CRC **B8935007**.

Universidade Federal do Pampa, Campus Caçapava do Sul

AGRADECIMENTO

Primeiramente, agradeço aos meus pais e a minha família pelo apoio e incentivo durante todo esse tempo que passamos distantes. Agradeço a minha orientadora Delia Pilar pela oportunidade, confiança, paciência e dedicação do seu tempo ao meu projeto de pesquisa. Agradeço à UNIPAMPA pelo ensino gratuito de qualidade. Sou grato a todos os professores e técnicos da UNIPAMPA por todos os aprendizados, principalmente à Professora Cristiane Gomes, ao Professor Luiz Delfino, ao Professor Vinicius Matte e ao técnico Lenon Ilha. Agradeço ao professor Romalino pelo constante incentivo aos estudos e pelas proveitosas aulas de campo. Agradeço ao Geólogos e amigos Maciel Souza e Pedro Henrique pela troca de ideias e ajuda imprescindíveis durante o desenvolvimento deste trabalho. Agradeço ao professor Edinei Koester e à técnica Denise Canarim da UFRGS. Sou muito grato à cidade de Caçapava do Sul por ter me acolhido durante a graduação. Por fim, agradeço a todos os meus amigos que compartilharam comigo momentos inesquecíveis durante essa jornada geológica, em especial: Saulo, John, Jorge, Ronisson, Bruno, Hernanes, João, Amanda, Priscila, Renan, Everton, Layandra, Beatriz, Kelly e Ana.

“[...] a canção da transitoriedade alegrará meus caminhos, cheios de tolerância, determinação e esperança.”

— Passeio na primavera
Herman Hesse, 1920.

RESUMO

A Bacia do Camaquã possui um rico registro Vulcano-Sedimentar correspondente à transição do Pré-Cambriano ao Paleozóico. Extensa é a bibliografia a respeito desta bacia, e por muitas vezes ocorrem desacordos entre os pesquisadores em relação à gênese e estratigrafia da Bacia do Camaquã. O estudo foi realizado na região do Boqueirão (próximo ao entroncamento entre as BRs 290 e 392, entre São Sepé e Caçapava do Sul – RS), em uma área de aproximadamente 6,6 km². O objetivo principal deste estudo foi definir as unidades litoestratigráficas que afloram na região assim como estabelecer suas relações de contato. A metodologia, além de trabalho de campo com ênfase em descrição de estruturas, texturas e fácies, consistiu em estudo petrográfico macro e microscópico de amostras de rochas, observando-se uma significativa variação litológica e faciológica sendo possível identificar cinco unidades distintas. Como resultado foi produzido um Mapa Geológico na escala de 1:7.000. A partir do mapa, foi feita a modelagem geológica 3D da área de estudo para uma melhor visualização do contexto geológico. Com base nas características litológicas e posição estratigráfica, foi realizado um estudo comparativo das unidades encontradas no presente trabalho com as apresentadas por diferentes autores. Na escala de trabalho proposta, as cinco (5) unidades da base para o topo foram denominadas: - Pacote Sedimentar I, - Sucessões de Derrames, - Rochas Piroclásticas, Quartzo Jaime e Pacote Sedimentar II, unidades estas que correspondem ao Grupo Maricá, Vulcanismo Hilário, Formação Acampamento Velho, Veio de Quartzo e Formação Santa Fé respectivamente. O Pacote Sedimentar I é constituído por arcósios, litoarenitos e conglomerados. A Sucessão de Derrames correspondem petrograficamente a basaltos e andesitos. As rochas piroclásticas são principalmente tufos soldados e lápili tufos. O veio de quartzo é um corpo alongado que estende-se com direção NE-SW por uma faixa de aproximadamente 50m de largura e 800 m de comprimento. O Pacote sedimentar II esta constituído por conglomerados, arenitos e pelitos.

Palavras-chave: Bacia do Camaquã. Mapeamento Geológico. Modelagem Geológica.

ABSTRACT

The Camaquã Basin holds a broad Volcano-Sedimentary record related to the transition between Pre-Cambrian and Paleozoic. There is a vast array of journals and papers on this matter, and it is common a disagreement among the scientists about the genetic and petrographic characteristics of the basin. The study was conducted in Boquerão Region between Caçapava do Sul e São Sepé – RS. The aim was to delimitate de rock units that outcrops in the area and establish the relation between their contacts. The methodology applied consisted of fieldwork, outcrops detailing, and petrographic studies in a microscopic scale. As a result, it was noticed a huge lithologic variation allowing the identification of five distinctive units. As a result, a map with 1:7000 has created. For a better understanding of the geological setting, a 3D geological model was produced from the map's data. A comparative study was conducted between the lithological characteristics and stratigraphic position of the mapped units of this study, and the information of previous works by different authors. In the proposed mapping scale, five (5) units were found and named as follows, from the base to the top: Pacote Sedimentar I, - Sucessões de Derrames, - Rochas Piroclásticas, - Veio de Quartzo, - and Pacote Sedimentar II, which correspond to Maricá Group, Hilário Volcanism, Acampamento Velho Formation, Quartz Vein and Santa Fé Formation respectively. The Pacote Sedimentar I is formed by arkoses, litharenites, and conglomerates. The Sucessão de Derrames corresponds mainly to basalts and andesites. The Rochas Piroclásticas are mostly composed of tuffs and welded tuffs. The Quartz Vein is an elongated body with 800m length and 50m width that has a NE-SW orientation. And the Pacote Sedimentar II is formed by conglomerates, sandstones and mudrocks.

Keywords: Camaquã Basin, Geological Mapping, Geological Modelling.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 A) São Sepé – RS; b) Região do Boqueirão entre os municípios de Caçapava do Sul e São Sepé; c) Imagem de satélite da área, obtida no <i>Google Earth</i> .	15
Figura 2 A) Britador de Mandíbula; B) Moinho de Disco; C) Concentrado de bateia; D) Separação Densimétrica; E) Separador Magnético Frantz; F) Zircões.	18
Figura 3 Domínios morfoestruturais	20
Figura 4 Regiões geomorfológicas	20
Figura 5 Unidades geomorfológicas	21
Figura 6 Mapa de elevação	22
Figura 7 Mapa de declividade	23
Figura 8 Bacias Hidrográficas do Rio Grande do Sul	24
Figura 9 Principais cursos d'água próximos da área	25
Figura 10 Cursos hídricos na área de estudo	26
Figura 11 Mapa de solos	27
Figura 12 Províncias estruturais no Rio Grande do Sul	28
Figura 13 Localização da área de estudo em relação ao modelo tectônico	29
Figura 14 A) Área de ocorrência da Bacia do Camaquã; B) Subdivisões da Bacia do Camaquã	30
Figura 15 Unidades estratigráficas da Bacia do Camaquã	32
Figura 16 Mapa geológico segundo Ribeiro et al. (1966)	39
Figura 17 Coberturas vulcano-sedimentares	40
Figura 18 Geologia local	41
Figura 19 Sequências deposicionais Grupo Bom Jardim e Formação Acampamento Velho	42
Figura 20 Mapeamento de Pelosi (2005)	43
Figura 21 Visão em planta da topografia da área	44
Figura 22 Mapa topográfico com visada para NE. Área de estudo representada pelo retângulo sombreado	45
Figura 23 Mapa topográfico com visada para SW. Cotas mais altas representam o cerro que corta a área	45
Figura 24 Mapa Geológico	47
Figura 25 Seção geológica	48
Figura 26 Modelo tridimensional da área de estudo com visada para NE	49
Figura 27 Modelo tridimensional da área de estudo com visada para SW	50
Figura 28 Fácies Pacote 1: A) Conglomerados Clastosuportados; B) Pelitos Tabulares; C) Arenitos com laminação Plano Paralela; D) Arenitos com estratificação Cruzada Tabular; E) Arenitos com Estratificação Cruzada Tabular; F) Arenito com níveis ferromagnéticos.	52
Figura 29 Lâminas delgadas	53
Figura 30 A) Mapa geológico da área de estudo; B) seção geológica do pacote sedimentar II, C) perfil geológico A-A'	54
Figura 31 Fotos de campo e lâmina delgada	56

Figura 32 A) Tufos Soldados; B) Bombas piroclásticas; C) Lapili tufos com estrutura de fluxo.....	58
Figura 33 Encoberto separando as unidades	59
Figura 34 A) Quartzo com estrutura de embaiamento; B) Estruturas de fluxo; C) Púmices e estrutura de fluxo	60
Figura 35 Amostras do Quartzo Jaime.....	61
Figura 36 A) Arenito friável com laminação plano-paralela; B) Arenito fino com wave riple; C) Arenito deformado; D) Arenito com níveis conglomeráticos imbricados; E) Seixos esparsos de composição ácida; F) Alinhamento dos pelitos encontrados próximos aos contatos.....	63
Figura 37 Cominuição dos grãos e preenchimento de microfraturas por calcita.....	64
Figura 38 Blocos de brecha-tufo rolados	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Contexto geomorfológico de interesse	22
Tabela 2	Compilação das idades descritas para os grupos da área	37
Tabela 3	Correlação entre unidades	66
Tabela 4	Relação entre unidades mapeadas por diferentes autores.....	67

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

UNIPAMPA	Universidade Federal do Pampa
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
SIG	Sistema de Informações Geográficas
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
SiBCS	Sistema Brasileiro de Classificação de Solos

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 Objetivos	13
1.2 Justificativa	14
2 LOCALIZAÇÃO E CARACTERÍSTICAS	15
3 METODOLOGIA	16
3.1 Revisão Bibliográfica	16
3.2 Atividades de campo	16
3.3 Atividades de Laboratório	16
3.4 Atividade no laboratório de Isotopia e Geocronologia da UFRGS	17
4 GEOMORFOLOGIA	19
5 HIDROLOGIA	24
6 PEDOLOGIA	27
7 GEOLOGIA REGIONAL	28
7.1 A Bacia do Camaquã	30
8 CONTEXTO GEOLÓGICO LOCAL	38
9 RESULTADOS	44
9.1 Topografia da área	44
9.2 Geologia	46
9.3 Modelo Geológico 3D	49
9.4 Unidades	50
9.4.1 Pacote sedimentar 1:	50
9.4.2 Sucessões de derrames:.....	55
9.4.3 Rocha piroclástica:.....	57
9.4.4 Quartzo Jaime:	60
9.4.5 Pacote sedimentar 2:	62
10 DISCUSSÕES	65
10.1 Considerações sobre as unidades encontradas.....	65
10.2 Considerações sobre a geologia estrutural	68
11 SUGESTÕES	70
REFERÊNCIAS	71

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho foi desenvolvido sobre as litologias da Bacia do Camaquã que afloram na região conhecida como Boqueirão, próxima ao limite entre os municípios de Caçapava do Sul e São Sepé – RS.

A bibliografia referente à bacia do Camaquã é vasta, tendo seus primeiros trabalhos de reconhecimento sendo motivados pela prospecção de cobre. Com o declínio das atividades mineiras na região, os principais trabalhos passaram a ser de cunho acadêmico onde foram propostos diferentes modelos genéticos (bacia de antepaís, bacia transcorrente, bacia extensional tipo rifte) e associações litoestratigráficas distintas.

Não raramente, são encontradas diferentes nomenclaturas para se referir a unidades semelhantes, isso ocorre principalmente devido à semelhanças entre as unidades e suas complexas relações de contato, visto que a bacia do Camaquã possui uma deformação rúptil bastante significativa.

A área de estudo foi selecionada após um reconhecimento prévio da região onde notou-se significativa variação litológica em uma área relativamente pequena, onde seria viável a realização de um mapeamento em escala de detalhe com o objetivo de delimitar as unidades encontradas e correlacioná-las com as unidades descritas na bibliografia.

A área de estudo possui aproximadamente 6,6 km² o que permitiu a realização de um mapeamento de detalhe na escala de 1:7000. Através das descrições de afloramentos, técnicas de campo, análises petrográficas e estudos de proveniência foi possível obter uma caracterização geológica, além de um mapa geológico de detalhe da região do Boqueirão.

1.1 Objetivos

Os objetivos gerais do trabalho são a definição das unidades litoestratigráficas que afloram na região, bem como estabelecer suas relações de contato.

Os objetivos específicos são: (1) Mapeamento Geológico de detalhe na escala 1:7000; (2) Levantamento litoestratigráfico através da análise de fácies e proveniência; (3) Análise petrográfica macroscópica e microscópica; e (5) apresentação do mapa geológico.

1.2 Justificativa

A produção de um mapa geológico, consiste em uma das mais importantes atribuições de um geólogo, pois serve como uma base de grande utilidade tanto para estudos acadêmicos, quanto para a prospecção de bens minerais.

Diante da extensa bibliografia disponível a respeito da Bacia do Camaquã, são notáveis as inúmeras discussões em relação às unidades que preenchem a bacia, sua distribuição estratigráfica, relações de contato e idades. Visto isso, a área de estudo foi escolhida com a justificativa de contribuir com os conhecimentos acerca da Bacia do Camaquã, apresentando um mapa de detalhe em uma área onde ocorrem diversos litotipos.

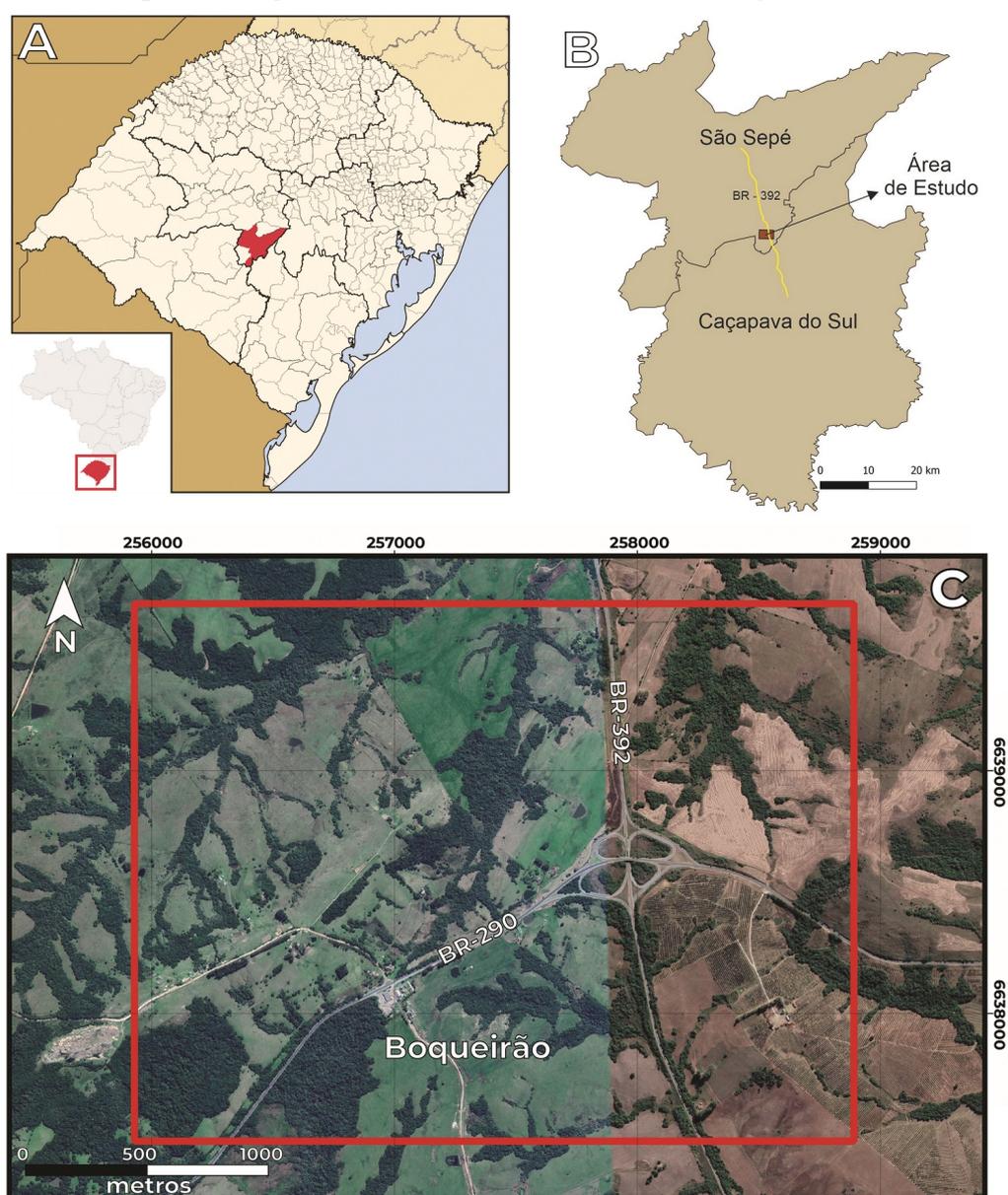
Além disso, a área encontra-se próxima à UNIPAMPA *campus* Caçapava do Sul sendo de fácil acesso, o que favoreceu as atividades de campo. Este projeto de TCC foi desenvolvido sem impedimentos pois a UNIPAMPA dispõe de um Laboratório de Preparação de amostras, com equipamento para a confecção de lâminas delgadas, além de possuir um laboratório de microscopia onde as lâminas foram analisadas.

Com o interesse de conhecer a idade de uma camada de rocha piroclástica encontrada entre as rochas do Grupo Maricá, foi realizado um estágio no laboratório de Isotopia e Geocronologia da UFRGS onde foram separados zircões. Os zircões não foram datados devido a pandemia que assolou o país e o mundo, causando o fechamento das instituições.

2 LOCALIZAÇÃO E CARACTERÍSTICAS

A área de estudo possui aproximadamente $6,6 \text{ km}^2$ e encontra-se próxima ao limite dos municípios de Caçapava do Sul e São Sepé, nas imediações do entroncamento entre a BR392 e a BR290, na região do Boqueirão. Para chegar até o local, basta seguir por aproximadamente 16 km na BR392, saindo de Caçapava do Sul em direção a São Sepé. (Figura 1).

Figura 1 – A) São Sepé – RS; b) Região do Boqueirão entre os municípios de Caçapava do Sul e São Sepé; c) Imagem de satélite da área, obtida no *Google Earth*.



Fonte: autor

3 METODOLOGIA

3.1 Revisão Bibliográfica

A elaboração do trabalho teve início a partir de uma revisão bibliográfica, selecionando e avaliando informações contidas em publicações, mapas e dados de Sistemas de Informação Geográficas (SIG). Assim foram revisadas publicações sobre a geologia do Escudo Sul-Rio-Grandense, e sobre a Bacia do Camaquã e suas respectivas unidades, com ênfase nas unidades que afloram na região estudada.

3.2 Atividades de campo

Foram realizados 12 dias de campo onde todos os perfis foram feitos a pé para se obter um maior detalhamento de como se comportam as rochas na região. A primeira fase de mapeamento consistiu no reconhecimento das diferentes litologias afim de separar as unidades encontradas na área.

Durante os primeiros dias (5) de campo foi feito um reconhecimento da área onde foi encontrada uma considerável variação faciológica em rochas que aparentemente pertenceriam a uma mesma unidade. Com o decorrer das atividades de campo posteriores e o grande número de afloramentos encontrados, foi gerado um banco de dados expressivo que ao ser utilizado junto com técnicas de campo, petrografia e processamento de dados SIG, tornou possível uma melhor compreensão sobre como estão dispostas as diferentes litologias na região e a quais unidades pertencem.

Durante a realização deste trabalho, foram localizados e descritos duzentos afloramentos dos quais foram coletadas amostras de mão para a análises petrográficas macro e microscópicas.

3.3 Atividades de Laboratório

As descrições das amostras de mão foram realizadas no laboratório de petrografia da UNIPAMPA com o auxílio de uma lupa binocular, assim facilitando a seleção das amostras para laminação.

No total, foram confeccionadas 12 lâminas no laboratório de laminação da

UNIPAMPA. As amostras para a laminação foram selecionadas, preferencialmente, de locais onde se tinha dúvida em relação a qual unidade pertencia, por apresentarem uma granulometria fina ou por possuírem características distintas da unidade a qual pertence como mineralizações e deformações.

A análise petrográfica das lâminas foi realizada no laboratório de microscopia da UNIPAMPA onde, além do reconhecimento da mineralogia, textura e estrutura, foram feitas fotografias das principais características encontradas.

As principais análises de proveniência das rochas sedimentares foram realizadas através de contagem em estações de amostragem onde eram abundantes os clastos de tamanho seixo ou de tamanho maior.

3.4 Atividade no laboratório de Isotopia e Geocronologia da UFRGS

Próximo da área de estudo, foram encontradas finas camadas (8 cm) de tufo cineríticos ácidos em rochas da Formação São Rafael pertencente ao Grupo Maricá.

Com o objetivo de datar um provável evento vulcânico associado ao Grupo Maricá, foi realizada a separação de zircões das amostras do tufo.

Primeiramente, as amostras foram quebradas com uma marreta para que pudessem ser lançadas a um britador de mandíbulas (Fig. 2 - A). Após a britagem, a amostra foi processada em um moinho de disco (Fig. 2 - B), e posteriormente peneirada para a remoção das frações mais finas (silte e argila).

Em seguida, os produtos gerados nesse processo foram concentrados em bateia (Fig. 2 - C). Após a secagem desse material em uma estufa, o Concentrado de Bateia foi submetido a um processo de separação densimétrica (Fig. 2 - D) em uma pera de decantação com líquido denso (Iodeto de Metileno; Densidade = $3,33 \text{ g/cm}^3$)

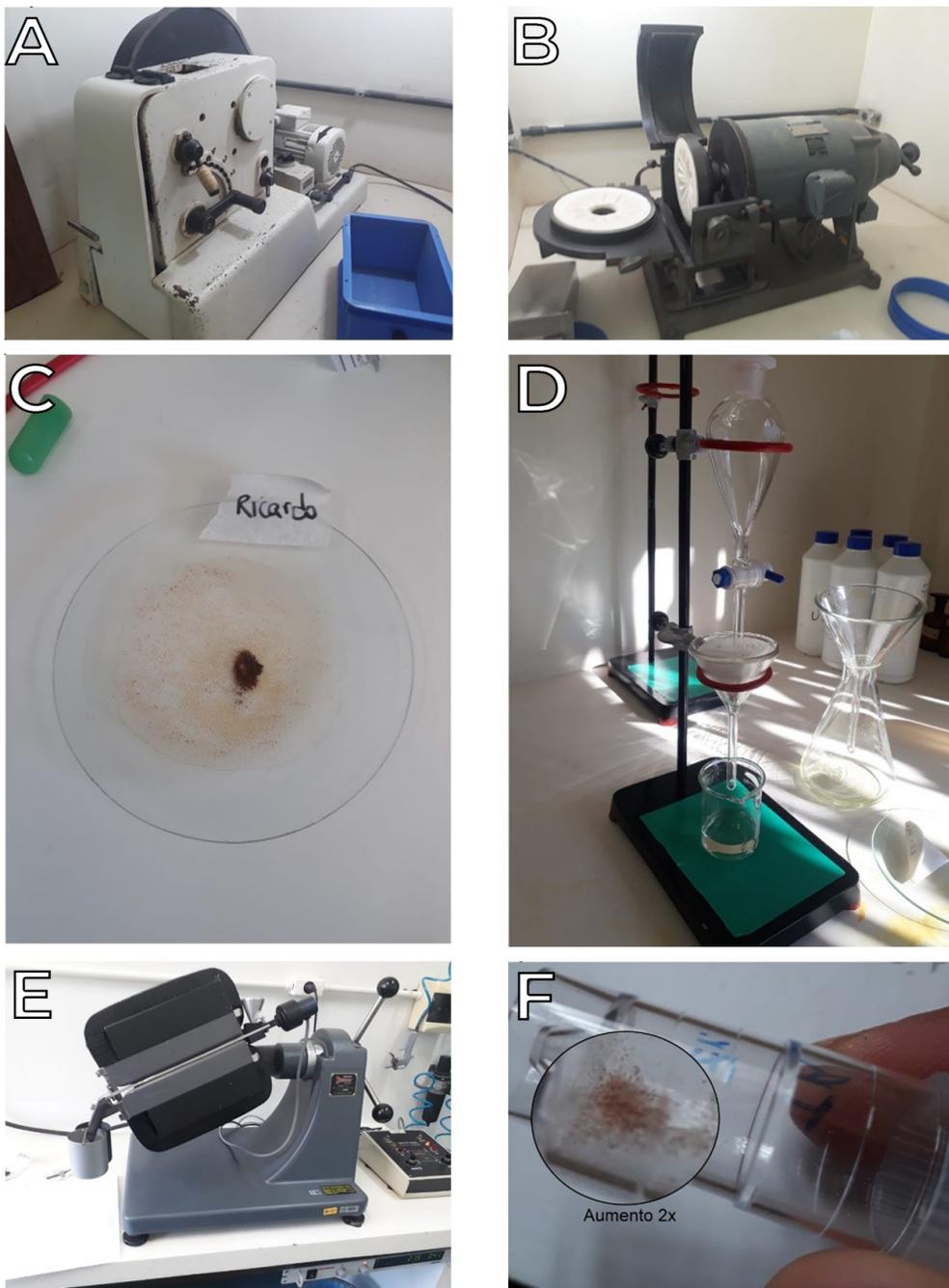
Após a separação dos minerais leves e minerais pesados, a amostra foi processada no separador magnético Frantz (Fig. 2 - E), permitindo assim, a separação dos materiais através dos diferentes graus de susceptibilidade magnética.

Por fim, após as etapas citadas acima, a amostra estava preparada para a análise em lupa binocular. Durante esta análise, constatou-se que a maioria dos grãos que restavam tratavam-se de zircões. Como o material resultante é muito fino, a contagem dos zircões pode conter um erro, mas através das observações estima-se que a amostra deva possuir em torno de cento e cinquenta a duzentos zircões (Fig. 2 - F).

Até o presente momento, os zircões não foram datados devido à situação de

pandemia, posteriormente espera-se realizar a datação através do método U-Pb no laboratório de geocronologia da UFRGS.

Figura 2 – A) Britador de Mandíbula; B) Moinho de Disco; C) Concentrado de bateia; D) Separação Densimétrica; E) Separador Magnético Frantz; F) Zircões.



Fonte: autor

4 GEOMORFOLOGIA

Um dos objetivos dos estudos geomorfológicos é elucidar a maneira como evoluem as paisagens e como se comporta a dinâmica ambiental durante esse processo. A paisagem atual é resultado da interação as forças tectônicas (fatores endógenos) e flutuações climáticas, assim como oscilações no nível do mar (fatores exógenos).

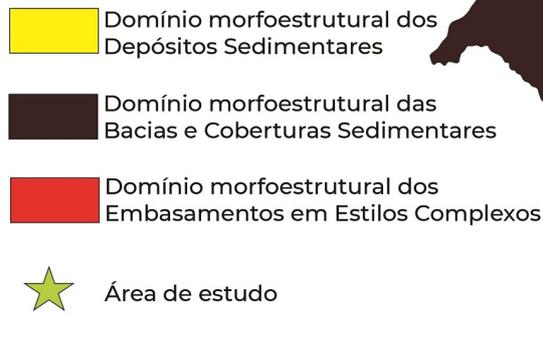
Existem diversas propostas para a compartimentação geológica do estado do Rio Grande do Sul que podem ser baseadas em diferentes critérios como clima, fisiografia e estruturação geomorfológica.

O Projeto RADAM Brasil (1986) compilou e analisou as diversas propostas de mapeamento geomorfológico para o estado do Rio Grande do Sul, apresentando mapas geomorfológicos e de avaliação do relevo correspondentes à Folha SH.22 Porto Alegre e parte das Folhas SH.21 Uruguaiana e SI.22 Lagoa Mirim abrangendo partes dos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina em escala de 1:1.000.000. Esse projeto estabeleceu as bases dos conceitos para a compartimentação geomorfológica da região. A taxonomia proposta identifica e hierarquiza as feições geomorfológicas, definindo e analisando os fatos geomorfológicos em 3 **domínios morfoestruturais**, 10 **regiões geomorfológicas**, e 16 **unidades geomorfológicas**. O primeiro grande táxon denominou-se Domínio Morfoestrutural, que comporta várias Regiões Geomorfológicas (segundo táxon), que por sua vez admitem subdivisões que são unidades geomorfológicas (terceiro táxon). Além desses, também são citados os **modelados** (quarto táxon) e as **formas de relevo** (quinto táxon).

Os domínios morfoestruturais são os maiores táxons na compartimentação do relevo. Ocorrem em escala regional e apresentam características marcadas pela natureza das rochas e pela tectônica que atua sobre elas. Para o Rio Grande do Sul, foram definidos três Domínios Morfoestruturais, são eles: **Embasamento em Estilo Complexo**, **Coberturas Sedimentares**, **Depósitos Sedimentares** (Figura 3).

Figura 3 – Domínios morfoestruturais

Domínios Morfoestruturais

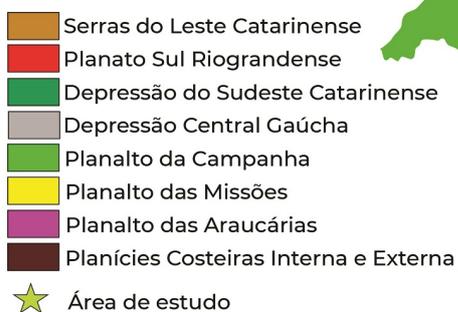


Fonte: modificado de Projeto RADAM Brasil (1986)

As **Regiões Geomorfológicas** são o segundo nível hierárquico da classificação do relevo. Representam compartimentações inseridas nos conjuntos litomorfoestruturais que possuem características semelhantes devido a ação dos fatores climáticos antigos e atuais. Além disso, para a identificação das Regiões Geomorfológicas também são consideradas sua localização geográfica e distribuição espacial. No Rio Grande do Sul, foram identificadas oito regiões geomorfológicas distribuídas em planaltos, depressões e serras. (Figura 4)

Figura 4 – Regiões geomorfológicas

Regiões Geomorfológicas



Fonte: modificado de Projeto RADAM Brasil (1986)

As **Unidades Geomorfológicas** são o terceiro nível taxonômico para a classificação do relevo. São definidas como um arranjo de formas com altimetria e fisionomia semelhantes. A geomorfogênese e as semelhanças podem ser explicadas por fatores paleoclimáticos em interação com o arcabouço geológico-estrutural. As Unidades Geomorfológicas propostas para o Rio Grande do Sul são apresentadas na Figura 5 a seguir.

Figura 5 – Unidades geomorfológicas

Unidades Geomorfológicas



Fonte: modificado de Projeto RADAM Brasil (1986)

O quarto nível taxonômico constitui o dos **Modelados**. Possuem geometria similar em função de uma gênese comum e dos processos morfogenéticos atuantes, resultando em materiais correlativos superficiais. Segundo IBGE (2009) são identificados quatro tipos de modelados: **acumulação, aplanamento, dissolução, e dissecação**. Os modelados de acumulação podem ser lacustres, marinhos, lagunares, eólicos e de gênese mista. Os modelados de dissecação são os mais comuns na paisagem brasileira e podem ser classificados como dissecados homogêneos, dissecados estruturais e dissecados em ravinas. Além das formas dos topos dados morfométricos da densidade e do aprofundamento da drenagem, outro elemento essencial é a declividade.

As **Formas de Relevo Simbolizadas** são o quinto e último nível de organização taxonômica e abrange feições que por sua dimensão espacial, somente podem ser representadas por símbolos lineares ou pontuais. Exemplos de formas de relevo são: Deltas, Leque Aluvial, Barras em Pontal, Barras de Canal, Dique Marginal, Meandro Abandonado, Cristas de Praia, Falésias, Recifes, Dunas, Cuestas, Escarpas de Falha, Cânions etc.

A área de estudo encontra-se no contexto do Domínio Morfoestrutural dos

Embasamentos em Estilos complexos, que está inserido na Região Geomorfológica do Planalto Sul Riograndense, na Unidade Geomorfológica do Planalto Rebaixado Marginal. Nesta área são predominantes os modelados de dissecção possuindo topos convexos. O contexto geomorfológico de interesse encontra-se sumarizado na tabela (Tabela 1) a seguir.

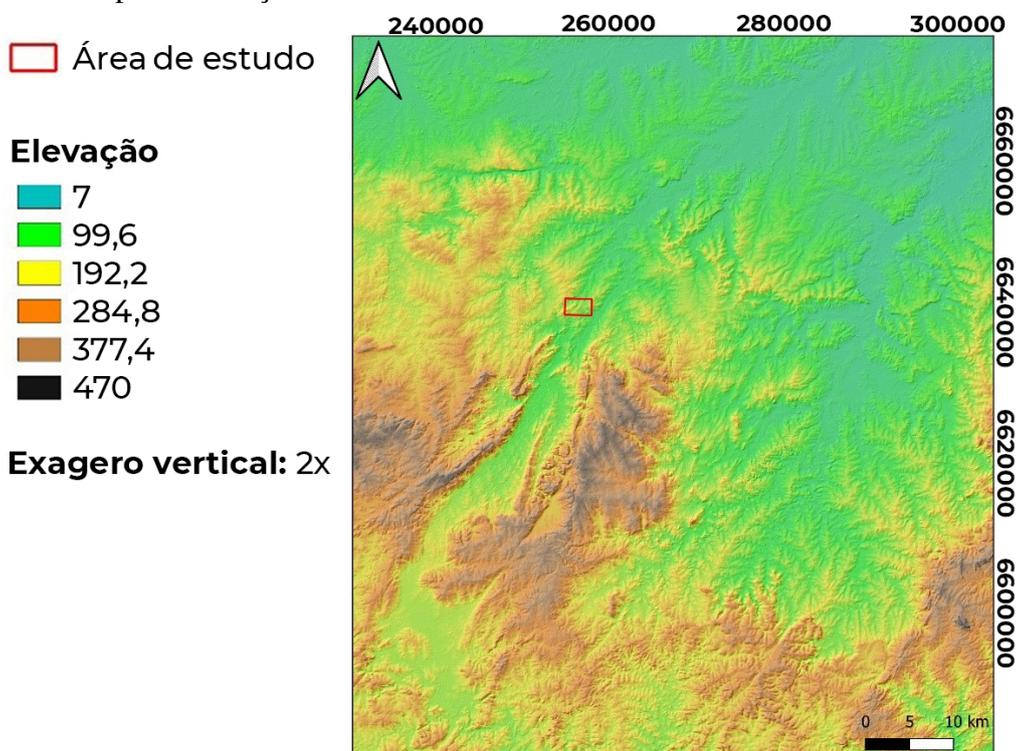
Tabela 1 – Contexto geomorfológico de interesse

Domínio	Região	Unidade	Modelado
Embasamento em Estilos Complexos	Planalto Sul Riograndense	Planalto Rebaixado Marginal	Dissecação com Topos Convexos

Fonte: compilado com dados de Projeto RADAM Brasil (1986)

As cotas da área de estudo variam entre 105 e 224 m de altitude. O que corresponde regionalmente, a uma cota intermediária levando em consideração as cotas da região que nas partes mais baixas possuem menos de 10 m de altitude, podendo atingir mais de 400 m nas partes mais altas (Figura 6).

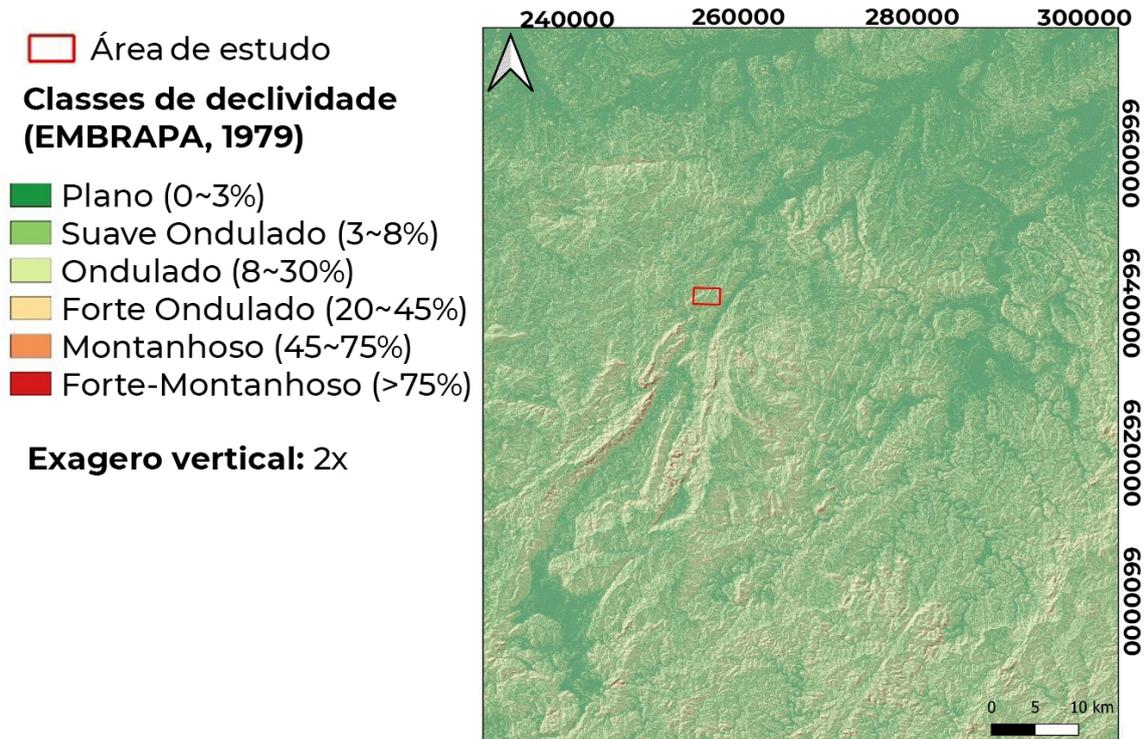
Figura 6 – Mapa de elevação



Fonte: Confeccionado pelo autor, com MDE disponibilizado por USGS

Segundo a classificação da EMBRAPA (1979) para a declividade do relevo, a área de estudo varia entre relevos planos até forte ondulado sendo este último o mais recorrente (Figura 7).

Figura 7 – Mapa de declividade

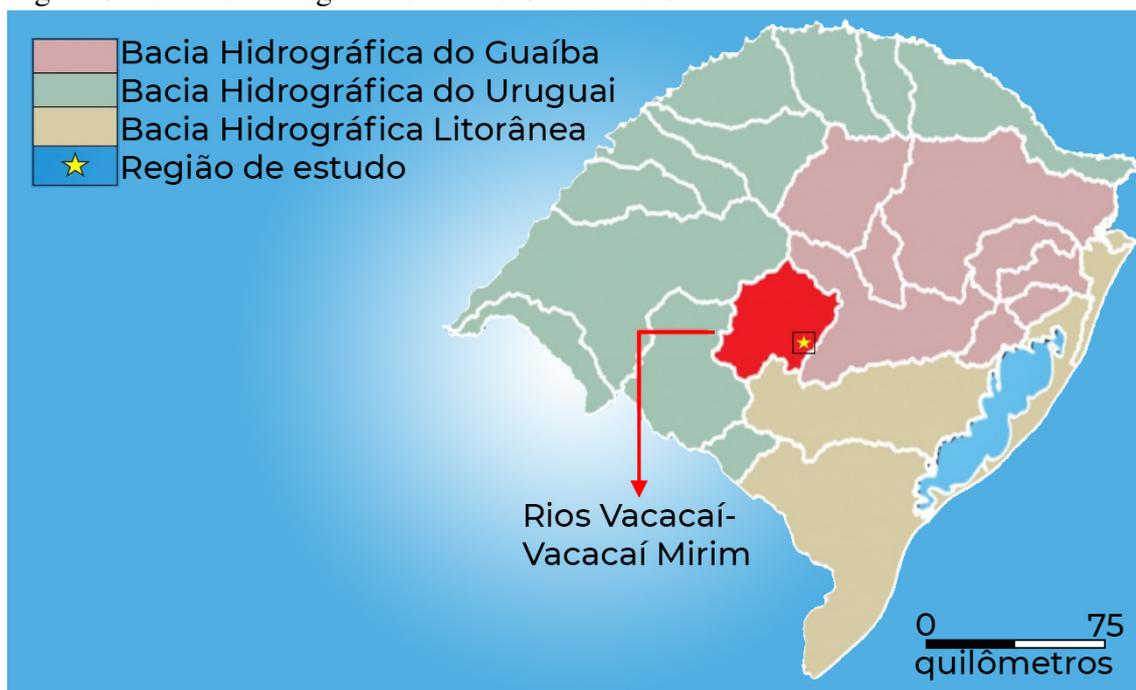


Fonte: Confeccionado pelo autor, com MDE disponibilizado por USGS

5 HIDROLOGIA

A área de estudo está situada no contexto da Bacia Hidrográfica do Guaíba estando regionalmente inserida na Bacia Hidrográfica do Vacacaí-Vacacaí Mirim (Figura 8). A oeste da área, encontra-se o divisor de águas que limita as bacias Baixo do Jacuí e Vacacaí-Vacacaí Mirim.

Figura 8 – Bacias Hidrográficas do Rio Grande do Sul

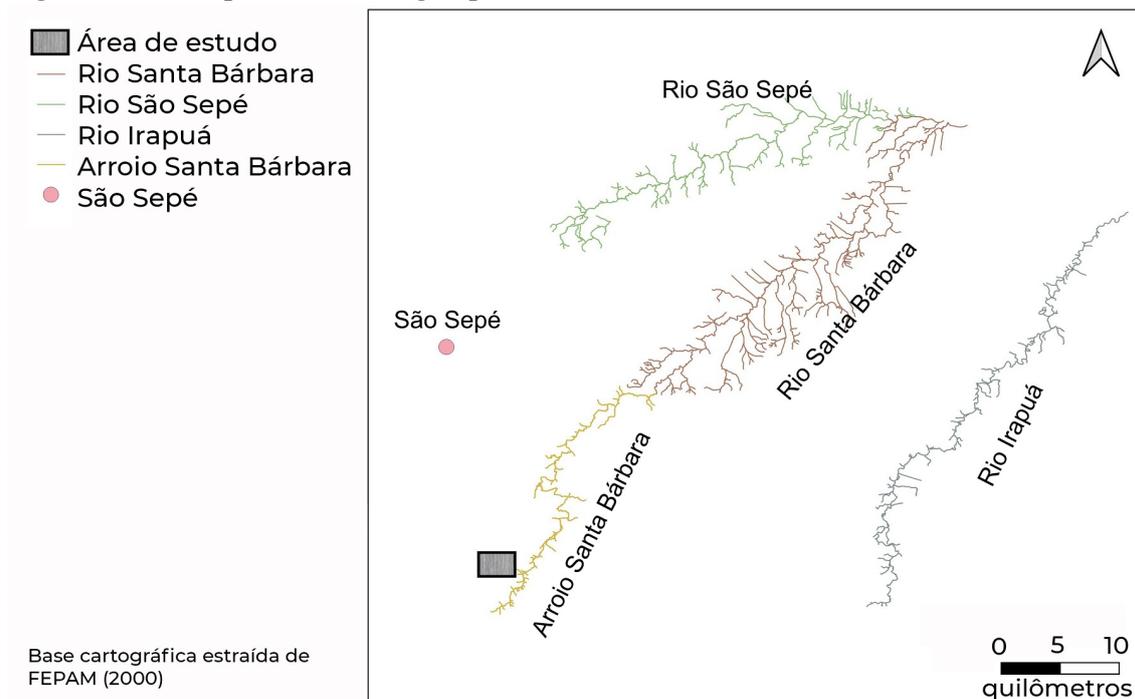


Fonte: Extraído e modificado de SEMA (2018)

De acordo com SEMA (2018), a Bacia Hidrográfica do Vacacaí-Vacacaí Mirim está localizada na porção centro-ocidental do Estado, entre as coordenadas geográficas 29°35' a 30°45' de latitude Sul e 53°04' a 54°34' de longitude Oeste. Abrange as províncias geomorfológicas Depressão Central e Escudo Sul Rio-Grandense. Possui área de 11.077,34 km². A população total é de 384.657 habitantes, abrangendo municípios como Caçapava do Sul, Júlio de Castilhos, Santa Maria e São Gabriel. Os principais cursos de água são os arroios Igá, Acangupa e Arenal e os rios Vacacaí, dos Corvos, São Sepé e Vacacaí Mirim. Os principais usos de água se destinam a irrigação, dessedentação de animais e abastecimento público.

Regionalmente, a área de estudo encontra-se próxima ao Arroio Santa Bárbara que flui na direção nordeste até encontrar-se com o Rio Santa Bárbara. É notável o *trend* para nordeste dos principais cursos d'água da região, entre eles estão o Rio Irapuá, Rio Santa Bárbara e Rio São Sepé que fluem nesta direção até desembocarem no Rio Vacacaí (Figura 9).

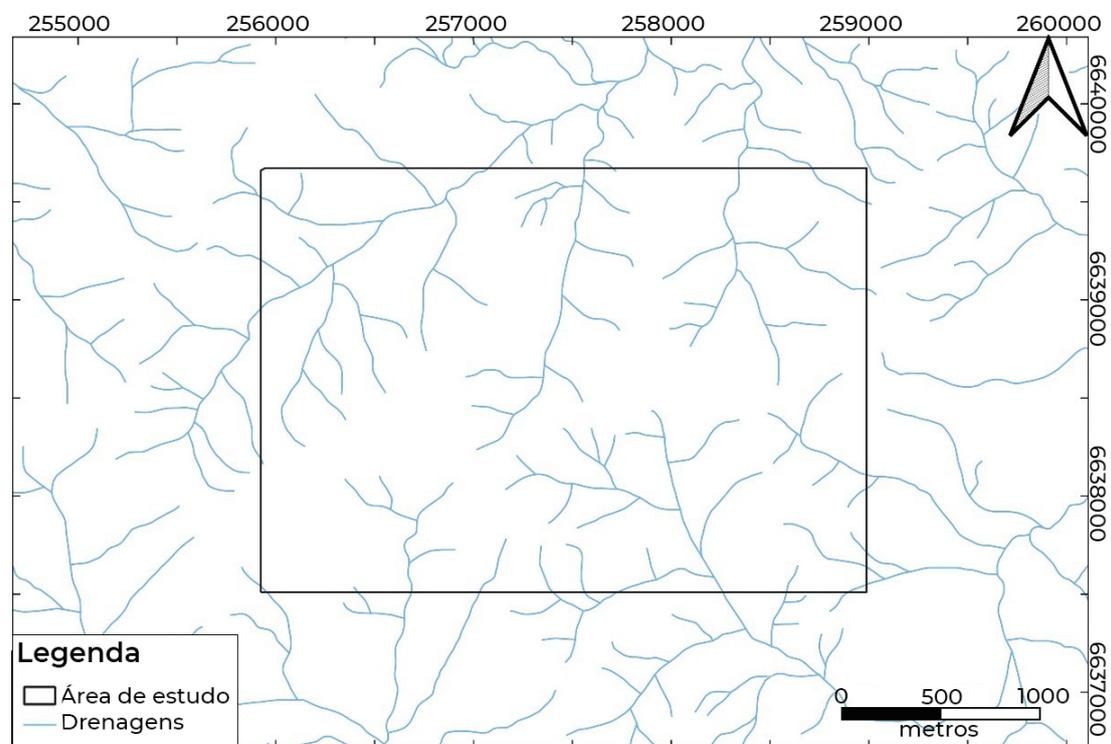
Figura 9 – Principais cursos d'água próximos da área



Fonte: Extraído e modificado da base cartográfica fornecida por FEPAM (2000)

Localmente, a área de estudo possui uma densidade considerável de drenagens, sendo a maioria delas, tributárias do arroio Santa Bárbara. As drenagens que ocorrem na área de estudo podem ser vistas na Figura 10.

Figura 10 – Cursos hídricos na área de estudo



Fonte: Confeccionado pelo autor utilizando shapefile dos cursos hídricos disponibilizados pela FEPAM

6 PEDOLOGIA

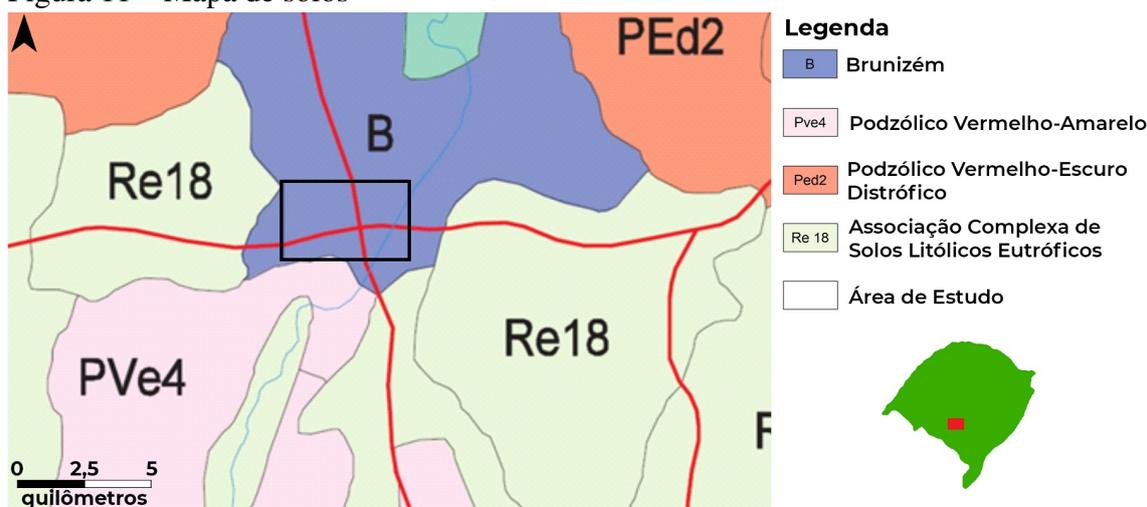
O solo é uma coleção de corpos naturais, constituídos por partes sólidas, líquidas e gasosas, tridimensionais, dinâmicos, formados por materiais minerais e orgânicos que ocupam a maior parte do manto superficial dos continentes do planeta, contêm matéria viva e podem ser vegetados na natureza onde ocorrem e, eventualmente, terem sido modificados por interferências antrópicas (SANTOS et al., 2018).

Os solos são divididos em horizontes que se distinguem do material de origem, como resultado de adições, perdas, translocações e transformações de energia e matéria, que ocorrem ao longo do tempo, sob a influência do clima, organismos e relevo.

Os solos brasileiros são classificados de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS). Esse sistema é compartilhado com várias instituições de ensino e pesquisa do país desde as primeiras tentativas de organização, a partir da década de 1970. O objetivo desse sistema é definir um sistema hierárquico, multicategórico e aberto, que permita a inclusão de novas classes e que torne possível a classificação de todos os solos existentes no território nacional.

De acordo com IBGE (2002), na área de estudo predominam os solos Brunizém (Chernossolos Ebânicos), possuindo textura argilosa/muito argilosa. Na extremidade sul da área ocorre uma pequena faixa de solo Podzólico Vermelho-Amarelo eutrófico com textura média/argilosa (Figura 11).

Figura 11 – Mapa de solos



Fonte: IBGE (2002)

7 GEOLOGIA REGIONAL

Dada sua dimensão continental, o Brasil possui uma diversificada e complexa geologia, ao qual representa os múltiplos episódios orogênicos colisionais e acrescionários de várias idades. Tais eventos envolvem províncias continentais e colisão e sutura de blocos crustais juvenis. Fundamentado nas faixas etárias isotópicas, histórias deformacionais pós-amalgamação, tendências estruturais dentre outros elementos tectônicos, Almeida et al. (1977) compartimentaram o território brasileiro em 10 **províncias estruturais**. No Estado do Rio Grande do Sul foram identificados 3 províncias estruturais; Mantiqueira, Paraná e Planície Costeira, conforme ilustrado na Figura 12.

Figura 12 – Províncias estruturais no Rio Grande do Sul



Fonte: modificado de CPRM (2010)

A **Província Mantiqueira** limita-se a norte com os sedimentos e derrames basálticos pertencentes à Província do Paraná, e a leste com os sedimentos quaternários da província costeira.

O **Escudo Sul-Rio-Grandense** está localizado na região centro sul do estado e está inserido no segmento sul da Província Mantiqueira (ALMEIDA et al., 1977). Fazem

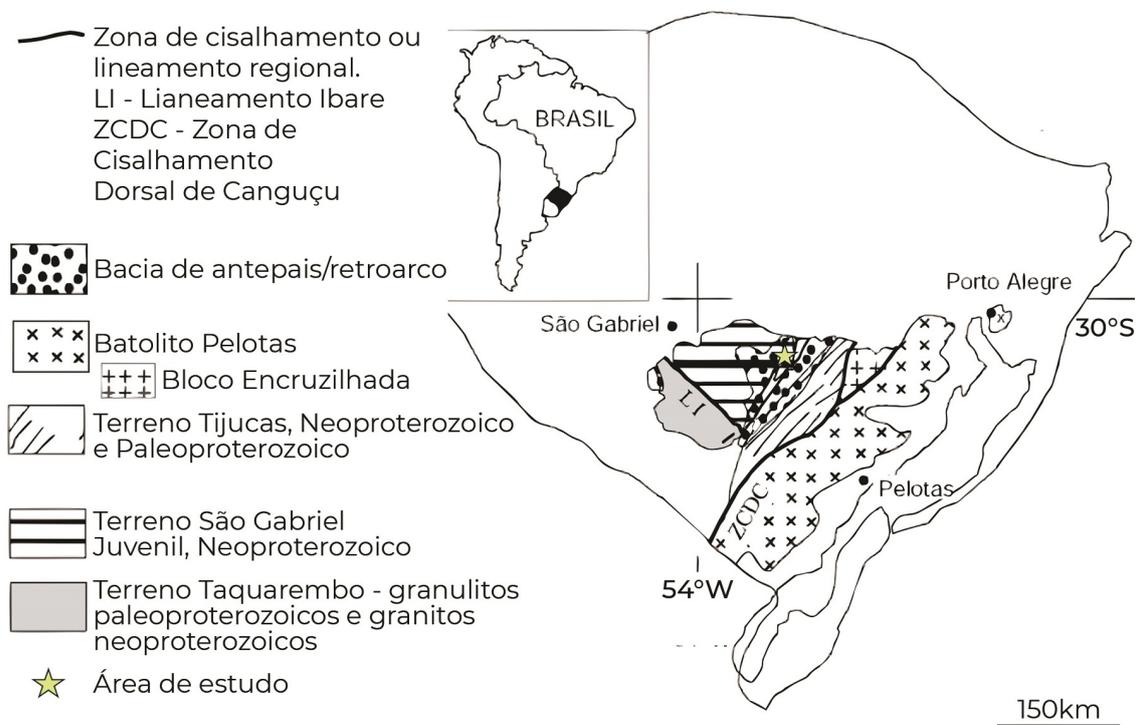
parte do escudo rochas metamórficas, ígneas e sedimentares, de idade, origem e evolução diversas, e é caracterizado por apresentar extensos falhamentos regionais de direção NE-SW gerando uma compartimentação do escudo em blocos que podem ser diferenciados em relação à sua origem e associações petrotectônicas.

Os primeiros autores envolvidos na compartimentação do Escudo Sul-riograndense foram Picada (1971), Ribeiro & Fantinel (1978), Fragoso-Cesar (1980), Fragoso-Cesar (1991), Soliani (1986) dentre outros.

Atualmente, existe certo consenso entre os pesquisadores de que as compartimentações tectônicas descritas no escudo encontram-se geologicamente reunidas em um único cinturão, através de extensas falhas de cisalhamentos profundos ou cinturões de cisalhamento, os quais são os responsáveis pela sutura dessas frações crustais, formando um único bloco cratônico (WILDNER; CUNHA, 2010).

Segundo o modelo tectônico proposto por Hartmann et al. (2007), com forte influência dos modelos pioneiros, as associações petrotectônicas paleoproterozóicas são representadas por fragmentos do Cráton Rio de La Plata, e as rochas Neoproterozóicas pelos Terrenos São Gabriel, Tijucas e Batólito Pelotas, sendo estes pertencentes ao cinturão Dom Feliciano (Figura 13).

Figura 13 – Localização da área de estudo em relação ao modelo tectônico



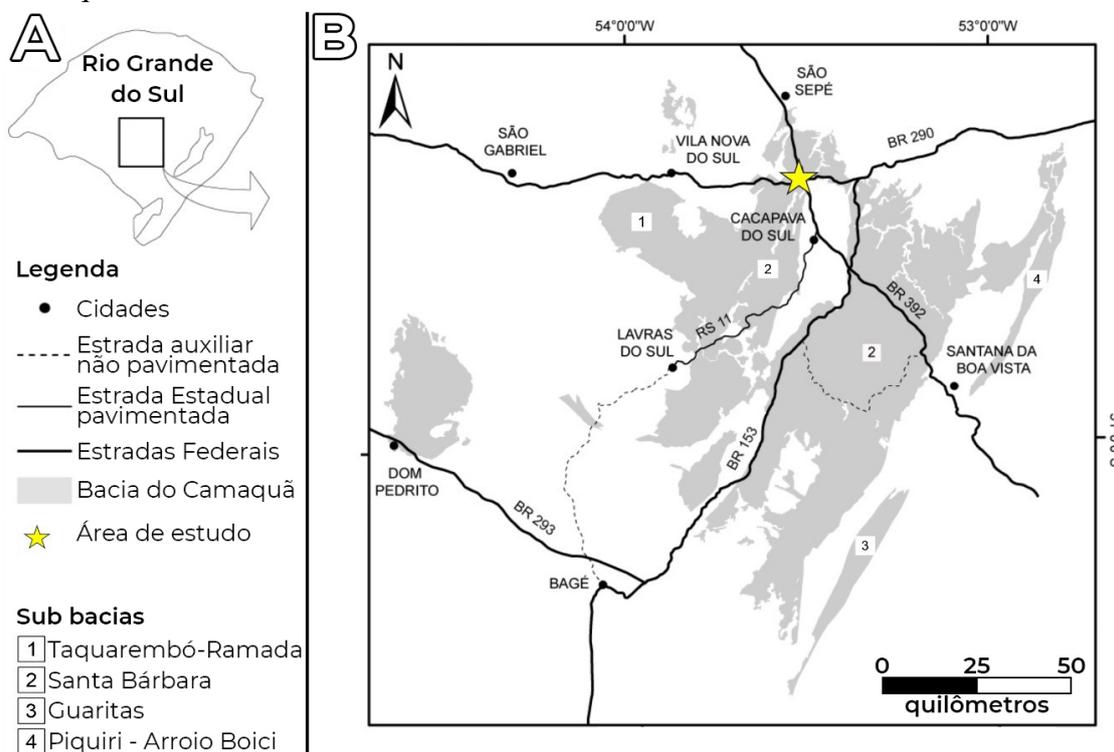
Fonte: modificado de Hartmann et al. (2007)

As rochas Paleoproterozóicas foram formadas durante o Ciclo Transamazônico (2,5 – 1,9 Ga), já as unidades tectono-estratigráficas Neoproterozóicas foram formadas durante o Ciclo-Brasiliano, sendo este responsável pela construção do Cinturão Dom Feliciano, e compreende três eventos tectônicos principais: início da atividade de subducção, orogênese São Gabriel e Orogênese Dom Feliciano.

7.1 A Bacia do Camaquã

A região de estudo localiza-se no contexto geológico da Bacia do Camaquã. A Bacia do Camaquã consiste em depósitos sedimentares e vulcano-sedimentares com grande diversidade faciológica e estrutural. Conforme será apresentado, tal região possui diferentes classificações litológica e estratigráfica, como também diferentes e complexos arranjos estruturais estabelecidos por vários autores.

Figura 14 – A) Área de ocorrência da Bacia do Camaquã; B) Subdivisões da Bacia do Camaquã



Fonte: Extraído e modificado de Paim et al. (2000)

Segundo Almeida (1969), a Bacia do Camaquã está vinculada às fases tardias da evolução do Ciclo Brasiliano, quando desenvolveram-se depressões estruturais que foram preenchidas por espessos pacotes de rochas sedimentares e vulcânicas.

São abundantes as discussões acerca da origem e evolução tectônica da Bacia do Camaquã. Tendo sido interpretada como bacia molassa por Almeida (1969), denominação desde então consagrada na literatura regional (RIBEIRO; FANTINEL, 1978; FRAGOSO-CESAR et al., 1982; FRAGOSO-CESAR et al., 1985; FRAGOSO-CESAR, 1991), bacia transcorrente por Oliveira & Fernandes (1991) e uma combinação evolutiva de bacias retro-arco de antepaís, transcorrentes e de riftes (PAIM et al., 2000; PAIM et al., 2014) geradas através de ciclos tectono-sedimentar superpostos em um mesmo locus deposicional, dentre outros modelos. Há uma certa unanimidade entre os diversos pesquisadores supra citados quanto a tectônica Brasileira no Rio Grande do Sul e sua vinculação a uma depressão tectônica gerada e desenvolvida durante as fases finais da evolução do Cinturão Dom Feliciano.

Entretanto, diversos estudos vem mostrando a incompatibilidade dos modelos supracitados com os dados obtidos nos trabalhos de Almeida (2001), Almeida (2005), Janikian (2001), Janikian (2004), Fragoso-Cesar et al. (2001), Fambrini et al. (2001). Dos quais, citam-se aqui; a incompatibilidade de haver deslocamentos laterais dos depósitos em relação a suas áreas-fone, indicando rejeitos laterais de pouco expressivos, contrariando a hipótese de uma bacia de origem transcorrente. Como também é relatado, mediante estudos de paleotensores (ALMEIDA, 2001), sugerindo que a origem da Bacia do Camaquã está relacionada a um grande sistema de bacias distensionais posteriores ao metamorfismo da Orogenia Brasileira e sem relação direta com os processos orogênicos.

Diversos trabalhos têm sido desenvolvidos nesta bacia tratando sobre aspectos estratigráficos, dentre os quais cabe salientar os trabalhos mostrados na Figura 15, onde se tem uma síntese das diferentes classificações feitas na Bacia do Camaquã através do tempo. Neste trabalho são consideradas as seguintes unidades da base para o topo: Grupo Maricá, Grupo Bom Jardim, Formação Acampamento Velho, Grupo Santa Bárbara e Grupo Guaritas

rasa dominada por ondas.

A Formação Arroio América é composta por fácies muito semelhantes às da Formação Passo da Promessa. Esta unidade é composta principalmente por arenitos conglomeráticos com estratificação cruzada acanalada, formada por migração de dunas subaquáticas, registrando um novo sistema de planícies fluviais de canais entrelaçados.

Borba et al. (2004), Borba et al. (2006) dividem a Formação Maricá em Sucessão Inferior, Intermediária e Superior, correspondentes, respectivamente às formações Passo da Promessa, São Rafael e Arroio América propostas por Pelosi & Fragoso-Cesar (2003).

Borba et al. (2008) dataram um seixo de rocha piroclástica ácida, coletado nos conglomerados da sucessão superior, obtendo idade de $630,2 \pm 3,4$ Ma (U-Pb em zircão do seixo). Almeida et al. (2012), em um estudo integrado, apresenta determinações radiométricas para diversas unidades da Bacia do Camaquã. Analisando uma população de vinte zircões, obtidos a partir de amostras de arenitos do Grupo Maricá, obteve-se uma idade de 601 ± 13 Ma.

O **Grupo Bom Jardim**, (Paim et al. (2000)), é uma sequência vulcano-sedimentar que apresenta uma complexidade litoestratigráfica na sua área tipo e semelhanças litológicas com outras unidades do Supergrupo Camaquã. Segundo Janikian et al. (2003), constitui uma unidade Vulcano-sedimentar, gerada em ambientes continentais lacustre e aluvial composta de rochas sedimentares e intrusivas, além de rochas vulcanoclásticas associadas, como tufos grossos e vítreos, lapili tufos e brecha tufos. Esse grupo é dividido em três unidades; (i) uma unidade inferior formada por ritmitos depositados em ambiente deltaico e leques sublacustres, (ii) unidade intermediária formada por conglomerados depositados em ambiente aluvial, e (iii) uma unidade superior formada por arenitos e pelitos de ambiente fluvial e lacustre. Essas unidades são correspondentes às formações Cerro da Angélica, Formação Hilário e Formação Picada das Graças, respectivamente.

A Formação Cerro da Angélica (JANIKIAN et al., 2003) é composta de intercalações rítmicas de arenitos, siltitos e argilitos, além de arenitos conglomeráticos e subordinadas rochas vulcanoclásticas geradas em sistemas de leques sub-lacustres sobrepostos por sistemas deltaicos.

A Formação Hilário, primeiramente denominada por Robertson (1966) para designar uma variedade de rochas de composição principalmente andesítica e dacítica (derrames, tufos, conglomerados vulcânicos, fluxos de lama, diques e rochas máficas intrusivas). Ribeiro et al. (1966) formalizou esta unidade como um membro da Formação Crespos – Grupo Bom Jardim. Santos et al. (1978) utilizou o termo Hilário para se referir

a um membro da Formação Cerro dos Martins, enquanto Horbach et al. (1986) elevou essas rochas ao nível de Formação. As rochas intrusivas incluem spessartita lamprófiros. No Grupo Bom Jardim, as rochas vulcânicas encontram-se principalmente nos níveis estratigráficos mais baixos como fluxos de lava ou na forma de pequenas intrusões rasas. Ribeiro & Teixeira (1970) obtiveram valores entre 510-535 Ma para o andesito Hilário através do método K-Ar. Remus et al. (1999) obtiveram idade U-Pb de 580 Ma. Chemale (2000) obteve uma idade de 592 Ma para o Andesito Hilário. Janikian et al. (2008) apresentou uma idade entre 590 a 585 Ma, pelo método U-Pb. A idade da Formação Hilário proposta por Almeida et al. (2012) foi obtida através de zircões separados de lamprófiros pertencentes ao vulcanismo Hilário, apresentando uma idade de $591,8 \pm 3$ Ma.

A unidade superior, chamada de Formação Picada das Graças (JANIKIAN et al., 2003) engloba arenitos finos, siltitos e argilitos, gerados em ambiente pró-delta, sobreposta por espessos pacotes conglomeráticos e areno-conglomeráticos de leques deltaicos proximais. No topo dessa unidade, estão depósitos fluviais que gradam para depósitos deltaicos dominados por rios.

O **Grupo Santa Bárbara**, definido por Robertson (1966), Ribeiro et al. (1966) e Ribeiro & Fantinel (1978) como Formação Santa Bárbara, engloba arenitos e siltitos de cor avermelhada incluindo as Formações Acampamento Velho e Santa Bárbara. A denominação de Alogrupo Santa Bárbara proposta por Paim et al. (2000) inclui as Formações Acampamento Velho, Santa Fé, Lanceiros e Segredo, da base para o topo. Segundo Fambrini & Fragosso-Cesar (2006), o Grupo Santa Bárbara apresenta contatos predominantemente tectônicos com as unidades inferiores; apenas localmente possui contatos erosivos com os andesitos do Grupo Bom Jardim. As unidades que compõem esse grupo, da base para o topo, são; (i) Formação Estância Santa Fé, (ii) Formação Seival, (iii) Formação Serra dos Lanceiros, (iv) Formação Arroio Umbu, e (v) Formação Pedra do Segredo.

A **Formação Acampamento Velho** (sensu Cordani et al. (1974)) é a unidade basal do Grupo Santa Bárbara, aflorando principalmente nas sub-bacias Taquarembó e Ramada. O contato basal da Formação Acampamento Velho está em inconformidade com o Grupo Maricá e Bom Jardim. De acordo com Almeida et al. (2002), nos cerros do Bugio, Perau e na Serra de Santa Bárbara, o contato superior das rochas vulcânicas, é uma disconformidade com os conglomerados aluviais e, localmente, com arenitos e siltitos deltaicos e lacustrinos da Formação Santa Fé. Esta formação, segundo Janikian et al. (2005), reúne depósitos de fluxo piroclástico e depósitos piroclásticos retrabalhados por

fluxo de gravidade. A sucessão inferior, dominada por depósitos de fluxos piroclásticos, apresenta granodecrescência em direção ao topo, com a passagem de tufos grossos, para lapili tufos e brecha tufos. Os depósitos piroclásticos retrabalhados intercalam-se e sobrepõe-se aos depósitos de fluxo piroclástico, apresentando granulação de lapili tufo e brecha tufo. Próximo ao topo dessa sucessão piroclástica ocorrem rochas vulcânicas e riolíticas, sobrepostas por depósitos de lapili tufo e brecha tufos relacionados. A FAV foi considerada como sendo exclusivamente de composição ácida porém, Zerfass & Almeida (1997) em um mapeamento geológico detalhado nas regiões do Cerro do Bugio, Cerro do Perau e Serra de Santa Bárbara (Oeste de Caçapava do Sul) mencionaram a existência de uma unidade basáltica/andesítica na base e uma unidade Félsica no Topo. Assim, estes autores mencionam que a FAV corresponde a um vulcanismo bimodal, máfico na base e félsico no topo. A associação máfica inferior é composta de fluxos basálticos e basálticos andesíticos. A associação félsica superior é composta de rochas riolíticas, com a base constituída por rochas piroclásticas (tufos, lópili-tufos, tufos soldados) e derrames no topo. Diversas investigações geocronológicas foram realizadas nesta unidade por diferentes autores. Soliani et al. (2000) obteve uma idade de 529 ± 4 Ma, através do método Rb-Sr. Outra datação Rb-Sr foi realizada por Almeida et al. (2002), estudando fluxos riolíticos na região do Cerro do Bugio e diques intrudindo a Formação Maricá, obtendo uma idade de $545,1 \pm 12,7$ Ma para os derrames riolíticos, e uma idade de $546 \pm 12,9$ Ma correspondente aos diques. Sommer et al. (2005) obteve uma datação U-Pb utilizando cristais de zircão de riolitos do Platô da Ramada com uma idade de $549,3 \pm 5$ Ma. Matté et al. (2012) através da análise geocronológica de rochas dioríticas do Platô da Ramada obtiveram uma idade de $550,2 \pm 1,5$ Ma. A idade de $553 \pm 5,4$ Ma para esta unidade, foi proposta por Almeida et al. (2012) baseada na datação de zircões das associações máficas que constituem a base do Acampamento Velho.

O **Membro Rodeio Velho** (sensu Ribeiro et al. (1966)) foi descrito como um evento constituído por, pelo menos, três fluxos de andesitos vesiculares, com espessura de aproximadamente 100 m, sem evidências de atividade explosiva. Almeida et al. (2000), concluiu através de relações de campo, petrografia e análise geoquímica de Elementos Traço e Terras Raras, que o Membro Rodeio Velho corresponde a um estágio tardio da orogenia Pan Africana – Brasileira, apresentando-se como derrames e rochas piroclásticas. O Membro Rodeio Velho corresponde a um evento magmático que gerou, localmente, uma interação vulcano-sedimentar com a Formação Pedra Pintada do Grupo Guaritas. Dentre as características da interação vulcano-sedimentar ocorrem, estrias

de fluxo, xenólitos, diques clásticos e peperitos, indicando uma contemporaneidade do membro Rodeio Velho com a Formação Pedra Pintada. O Vulcanismo corresponde a um locus de geração termal para as soluções hidrotermais responsáveis por mineralizações. Hartmann et al. (1998) obteve uma idade U-Pb de 470 ± 19 Ma para este evento vulcânico, o que sugere que o membro Rodeio Velho pode estar relacionado com os estágios iniciais da Bacia do Paraná. Porém uma idade de $547 \pm 6,3$ Ma para este evento foi obtida por Almeida et al. (2012) através da datação U-Pb de cristais de zircão obtidos em amostras de basalto da Formação Rodeio Velho.

O **Grupo Guaritas** (sensu Almeida et al. (2009)) é a unidade de topo do Supergrupo Camaquã, ocorre tectonicamente alojado entre os altos do embasamento da Serra das Encantadas e de Caçapava do Sul. Trata-se de um espesso pacote sedimentar composto por arenitos conglomeráticos, conglomerados, ritmitos arenosos e lamosos, e arenitos finos a médios com estratificações cruzadas de grande porte, depositados em sistemas fluviais efêmeros, leques aluviais e campos de dunas eólicas. Esse grupo é dividido em cinco unidades, (i) Formação Guarda Velha, (ii) Formação Pedra das Torrinhas, (iii) Formação Varzinha, (iv) Formação Pedra Pintada, e a (v) Formação Serra do Apertado.

Paim et al. (2000) menciona que o Grupo Guaritas é constituído pela Formação Pedra Pintada, na base, e no topo pela Formação Varzinha. A Formação Pedra Pintada, depositada em ambiente desértico, possui uma relação temporal e espacial com as rochas vulcânicas do membro Rodeio Velho. A Formação Varzinha é composta por fácies sedimentares que representam um sistema fluvial entrelaçado.

A idade de 535 ± 10 Ma proposta por Hartmann et al. (2008) para o Grupo Guaritas foi obtida através da datação U-Pb de zircões detríticos obtidos em amostras de arenitos na base da Formação Varzinha.

As idades obtidas para os diferentes grupos de rochas que preenchem a Bacia do Camaquã apresentam uma rica discussão na bibliografia. A tabela (Tabela 2) a seguir sumariza estas idades e os métodos utilizados.

Tabela 2 – Compilação das idades descritas para os grupos da área

Unidade	Idade (Ma)	Método	Referência
Maricá	630,2 ± 3,4	U-Pb	Borba et al. (2008)
	601 ± 13	U-Pb	Almeida et al. (2012)
Fm. Hilário	510-535	K-Ar	Ribeiro & Teixeira (1970)
	580	U-Pb	Remus et al. (1999)
	592	U-Pb	Chemale (2000)
	590-585	U-Pb	Janikian et al. (2008)
	591,8 ± 3	U-Pb	Almeida et al. (2012)
Acampamento Velho	529 ± 4	Rb-Sr	Soliani Jr. (2000)
	545,1 ± 12,7 (derrame)	Rb-Sr	Almeida et al. (2002)
	546 ± 12,9 (diques)	Rb-Sr	Almeida et al. (2002)
	549,3 ± 5	U-Pb	Sommer et al. (2005)
	550,2 ± 1,5	U-Pb	Matté et al. (2012)
	553 ± 5,4	U-Pb	Almeida et al. (2012)
Rodeio Velho	470 ± 19	U-Pb	Hartmann et al. (1998)
	547 ± 6,3	U-Pb	Almeida et al. (2012)
Guaritas	535 ± 10	U-Pb	Hartmann et al. (2008)

Fonte: compilado pelo autor

8 CONTEXTO GEOLÓGICO LOCAL

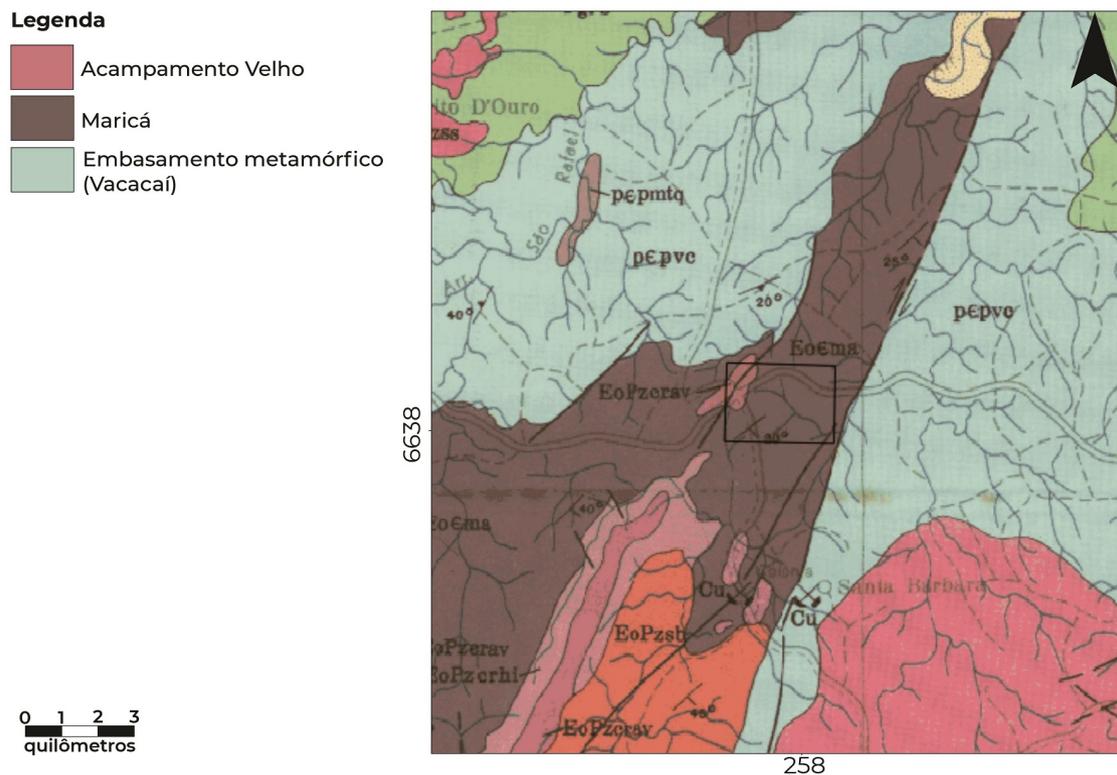
Os mapas produzidos que contemplam a área de estudo possuem diferentes propostas litológicas e estratigráficas, apresentando também características estruturais distintas. A seguir são apresentados os mapas e as descrições das litologias realizadas na região.

No mapeamento geológico em escala de reconhecimento (1.250.000) elaborado por Ribeiro et al. (1966), com ênfase para prospecção de cobre, o autor reconheceu, na área ora estudada, duas unidades estratigráficas, a formação Maricá e o Membro Acampamento Velho. A primeira perfazendo a maior parte da área de estudo e a segunda ocorrendo como um corpo isolado pela Formação Maricá.

Segundo Ribeiro et al. (1966), a **Formação Maricá** é constituída proeminentemente por arenitos arcoseanos, duros, compactos em unidades de algumas dezenas de centímetros a alguns metros, alguns dos quais conglomeráticos, intercalados com siltitos ardósias e grauvacas finas. As cores dos arcóseos são do rosa claro ao cinza. A presença de minerais escuros neste arcóseos, frequentemente dá à rocha o aspecto de uma mistura de “sal e pimenta”. De acordo com seu mapa, a área de estudo está inserida numa estreita faixa, fazendo contato por falhas com o embasamento metamórfico (Figura 16).

O **Membro Acampamento Velho**, definido pelo autor como pertencente a Formação Crespo do Grupo Bom Jardim, encontra-se exposto na área de estudo, de acordo com Mapa geológico de Ribeiro et al. (1966), ocorre como um corpo ovalado de pequena dimensão e orientado para NE-SW. Segundo o autor este Membro é composto lavas riolíticas, tufos riolíticos e dacitos. Em algumas regiões, este membro repousa discordantemente sobre rochas da Formação Maricá. Em outras localidades, estas rochas ocorrem, constantemente depositadas sobre as rochas andesíticas e sedimentares do Membro Hilário.

Figura 16 – Mapa geológico segundo Ribeiro et al. (1966)



Fonte: modificado de Ribeiro et al. (1966)

Na região de estudo é notável a presença de fraturas e deformações relacionadas, principalmente, a sistemas de falhas. As principais estruturas encontradas apresentam direção NE-SW. Ribeiro et al. (1966) descreve esse sistema de falhas como “Sistema de falhas Irapuá” que está relacionado com intrusões andesíticas. As intrusões são controladas por movimentos ao longo das falhas, sendo responsáveis também pelas mineralizações cupríferas encontradas na quadrícula de Caçapava do Sul. O autor também relaciona o sistema de falhas com tipo e o ritmo da sedimentação que ocorre no local.

No mapeamento geológico da Folha Passo do Salsinho (SH.22-Y-A-I-4) de escala 1:50.000, Porcher et al. (1995) identificou, na área ora estudada, 3 unidades que fazem parte do Domínio das Coberturas Vulcano-sedimentares, **informalmente** designadas de **Sequência Vulcano-sedimentar I, Sequência Vulcano-sedimentar II e Sequência Vulcano-sedimentar III**. As duas primeiras são representadas tanto por seus termos sedimentares, quanto seus termos vulcanogênicos, a terceira é constituída exclusivamente por rochas vulcânicas.

A **Sequência Vulcano-sedimentar I**, é caracterizada por uma sedimentação continental-transicional-marinha, correspondendo na litoestratigrafia formal à Formação Maricá de Ribeiro et al. (1966).

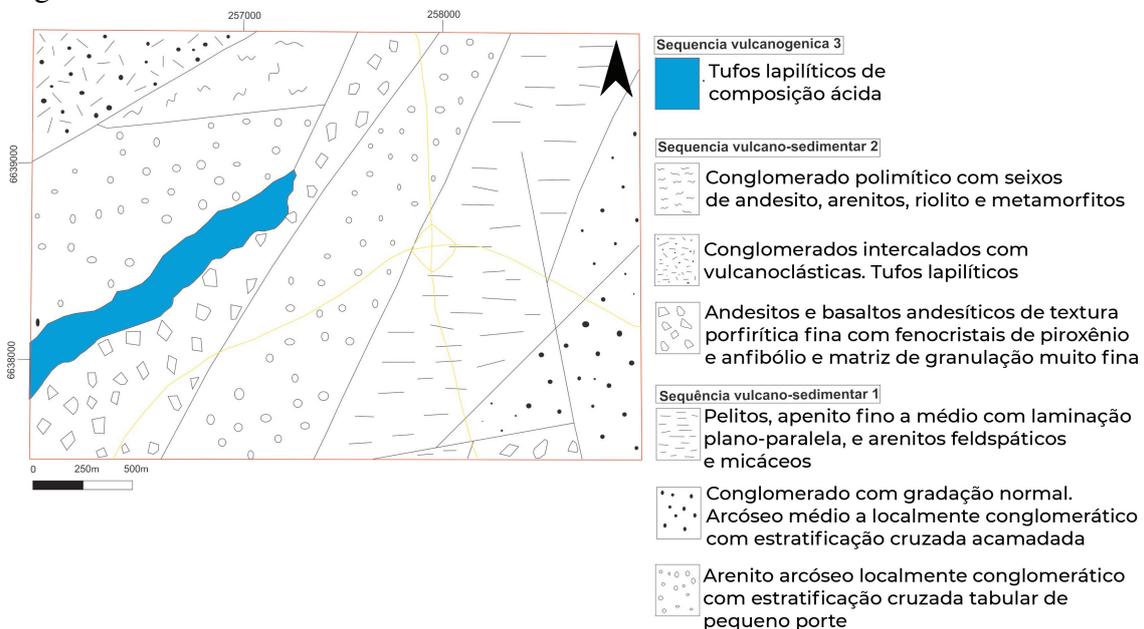
Dentre os diversos litotipos encontrados nesta unidade, na região de estudo destacam-se arenitos conglomeráticos com estratificação cruzada tabular arenitos com estratificação cruzada acanalada, pelitos e arenitos tabulares.

A **Sequência Vulcano-sedimentar II** sobrepõe-se, em discordância erosiva à Sequência Vulcano-Sedimentar 1, e é recoberta discordantemente pelas rochas efusivas ácidas da Sequência Vulcanogênica III ao longo da serra do Espinilho, a oeste do trevo entre as RB-290 e BR-392. Esta unidade corresponde ao Grupo Bom Jardim de Ribeiro et al. (1966).

Na área de interesse, esta unidade apresenta litotipos vulcânicos e vulcanoclásticos de composição andesítica, intermediários entre as séries calcialcalina e alcalina, interdigitados com depósitos de leques deltaicos e depósitos turbidíticos lacustres.

A **Sequência Vulcanogênica III** que corresponde ao Membro Acampamento Velho de Ribeiro et al. (1966), marca um episódio vulcânico ácido em que estão representados, predominantemente, derrames e ignibritos de composição riolítica e natureza alcalina da série potássica, com participação subordinada de brechas e tufos (Figura 17).

Figura 17 – Coberturas vulcano-sedimentares



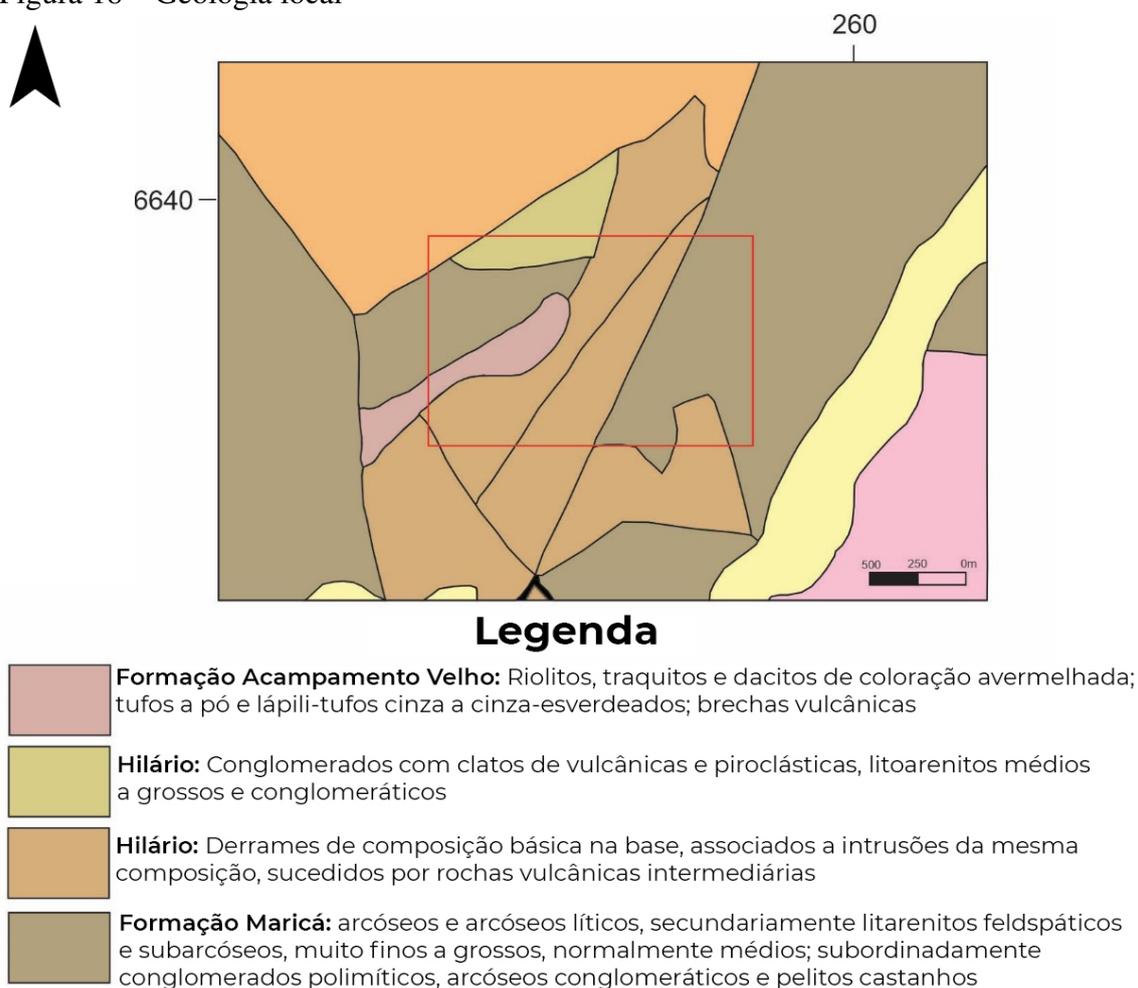
Fonte: modificado de Porcher et al. (1995)

Porcher & Lopes (2000) realizaram um trabalho de mapeamento geológico da carta Cachoeira (Folha.22-Y-A) em escala de 1:250.000 no Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Na área de interesse foram encontrados arcóseos e

arcóseos líticos pertencentes à **Formação Maricá**; Conglomerados e derrames de composição básica a intermediária correspondentes à **Formação Hilário**; Os autores também relataram a presença de riolitos, lápili-tufos e brechas vulcânicas pertencentes à **Formação Acampamento Velho** (Figura 18).

Neste trabalho, os autores relatam a ocorrência do Grupo **Maricá** em uma faixa alongada que se estende desde o entroncamento da BR-290 com a BR-392, ao norte de Caçapava do Sul, até o arroio Pessegueiro, a oeste da Serra de Santa Bárbara.

Figura 18 – Geologia local

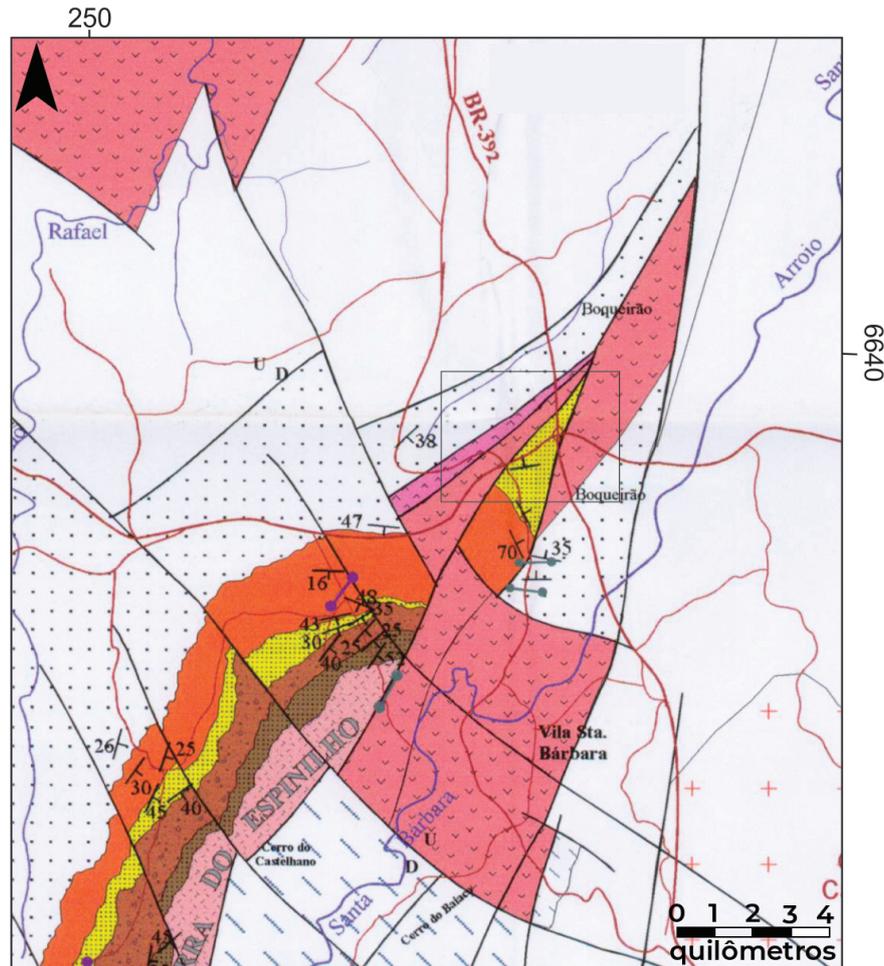


Fonte: modificado de Porcher & Lopes (2000)

Janikian (2004) realizou um mapeamento em escala de 1:100.000 analisando as sequências deposicionais e evolução paleoambiental do Grupo Bom Jardim e Formação Acampamento Velho na porção norte da Sub-Bacia Camaquã Ocidental (Figura 19). Na área de interesse foram encontradas rochas pertencentes ao **Grupo Maricá**, **Formação Picada das Graças** (Grupo Bom Jardim) e **Formação Acampamento Velho**. Nesta região da bacia, os depósitos do Grupo Bom Jardim sobrepõem-se em

discordância angular sobre as rochas do Grupo Maricá, e são recobertos pelos depósitos vulcanogênicos da Formação Acampamento Velho. No mapa é notável a presença de falhas na direção NE-SW.

Figura 19 – Sequências deposicionais Grupo Bom Jardim e Formação Acampamento Velho



Legenda

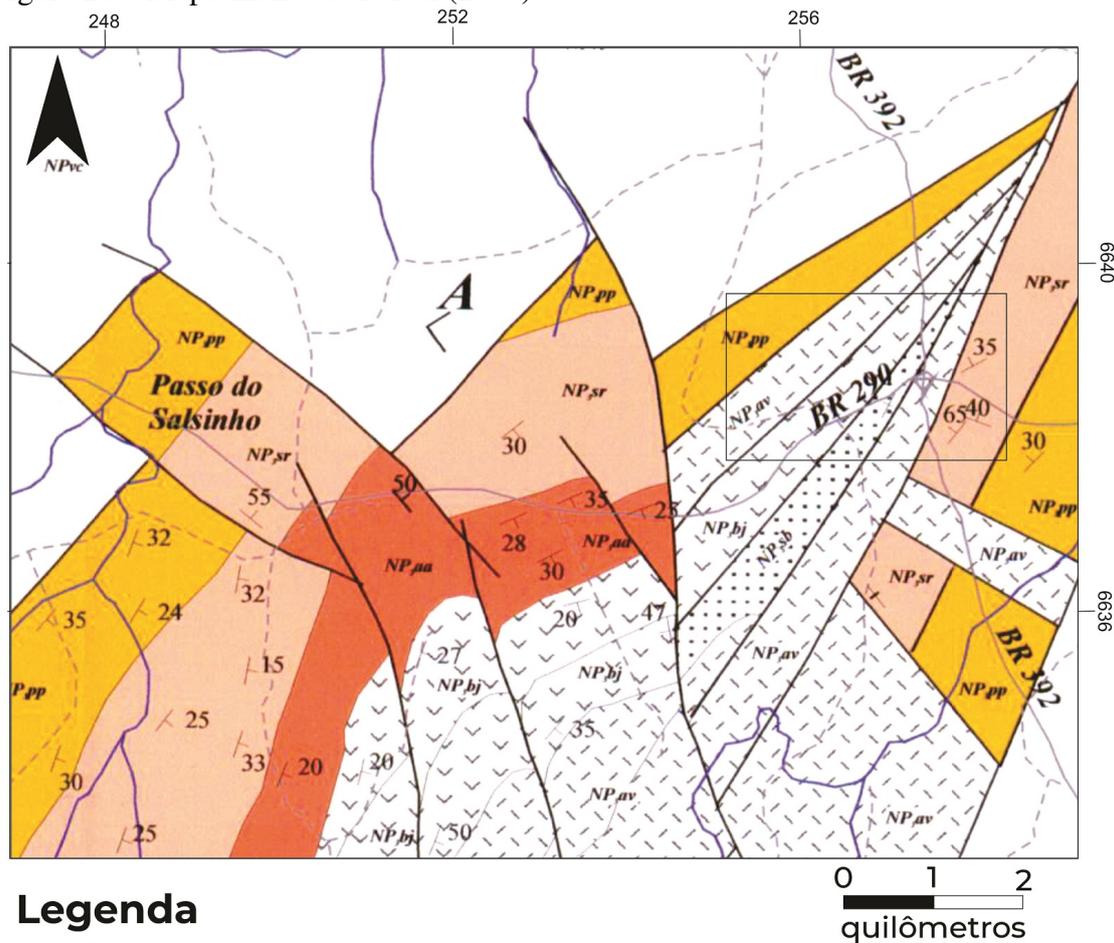
- | | | |
|--------------------------|--|---|
| Formação | | Rochas vulcânicas andesíticas |
| Acampamento Velho | | Subvulcânica ácida |
| Formação | | Depósitos Areníticos de Frente Deltaica |
| Picada das Graças | | Depósitos Pelíticos de Pró-Delta |
| Grupo Maricá | | |

Fonte: modificado de Janikian (2004)

Pelosi (2005) realizou um mapeamento em escala de 1:100000 (Figura 20) destacando as ocorrências do Grupo Maricá. Segundo a autora, na região encontram-se as unidades **Passo da Promessa** (Arenitos, arenitos conglomeráticos) e **São Rafael** (arenitos, ritmitos arenosos e, localmente, pelitos) pertencentes ao Grupo Maricá. Na região também foram encontradas rochas pertencentes ao **Grupo Bom Jardim** (andesitos

vulcânicos e subvulcânicos e piroclásticas associadas), **Acampamento Velho** (Riolitos maciços com estrutura de fluxo, tufos brechas ácidas e intrusão de andesitos) e Santa Bárbara (conglomerados polimíticos e monomíticos, arenitos e ritmitos em camadas de dimensões variadas). No mapa observa-se que o contato entre essas unidades está definido por um sistema de falhas de direção NE-SW. (Figura 20)

Figura 20 – Mapeamento de Pelosi (2005)



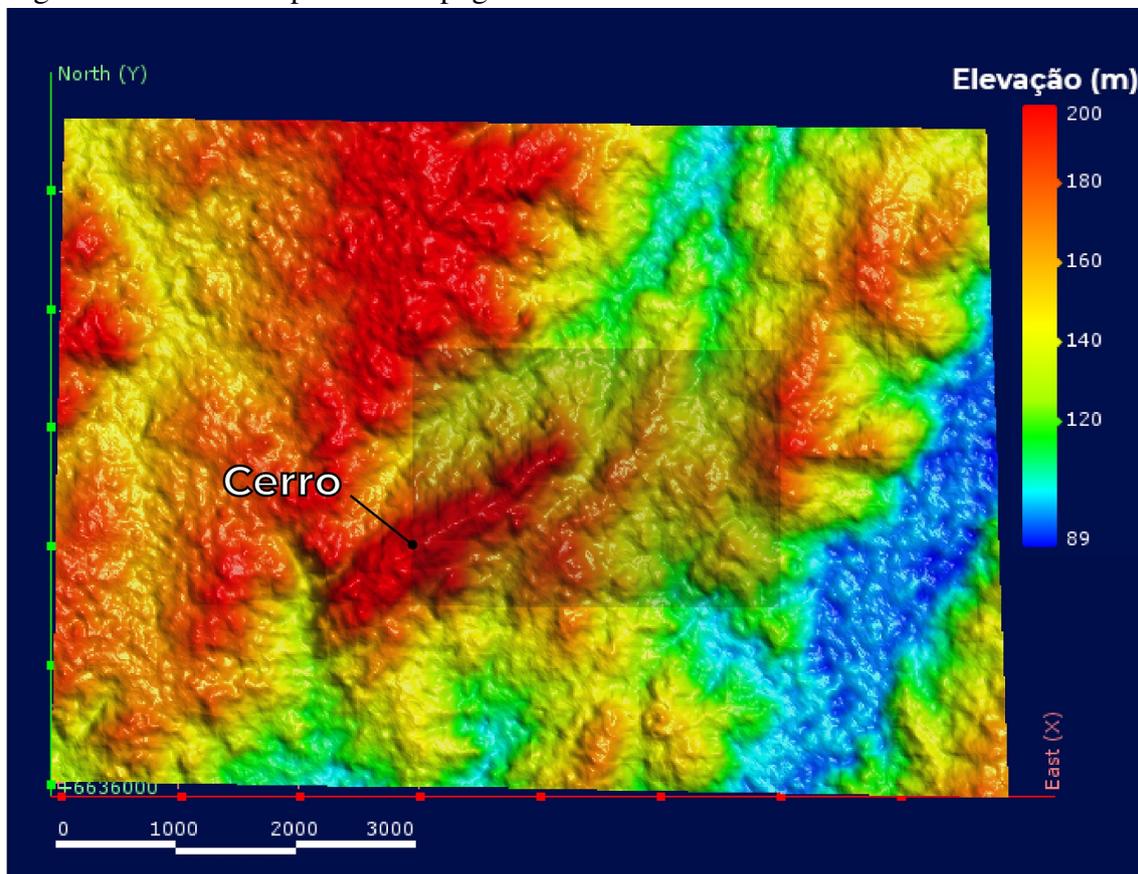
Fonte: modificado de Pelosi (2005)

9 RESULTADOS

9.1 Topografia da área

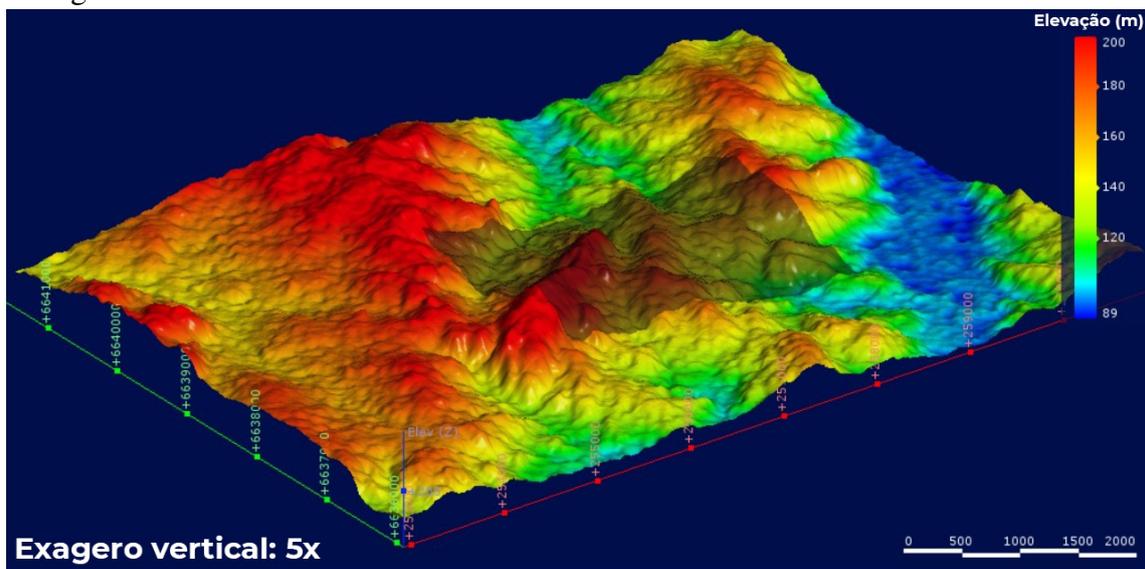
A altimetria da área de estudo apresenta uma variação de 100 a 200m aproximadamente, onde as cotas mais altas encontram-se no pequeno cerro com orientação NE que aparece no oeste da área. Em toda a área de estudo percebe-se uma tendência de orientação NE entre cristas e ravinas, formada por erosão diferencial em rochas de competências distintas (Figuras 21, 22 e 23).

Figura 21 – Visão em planta da topografia da área



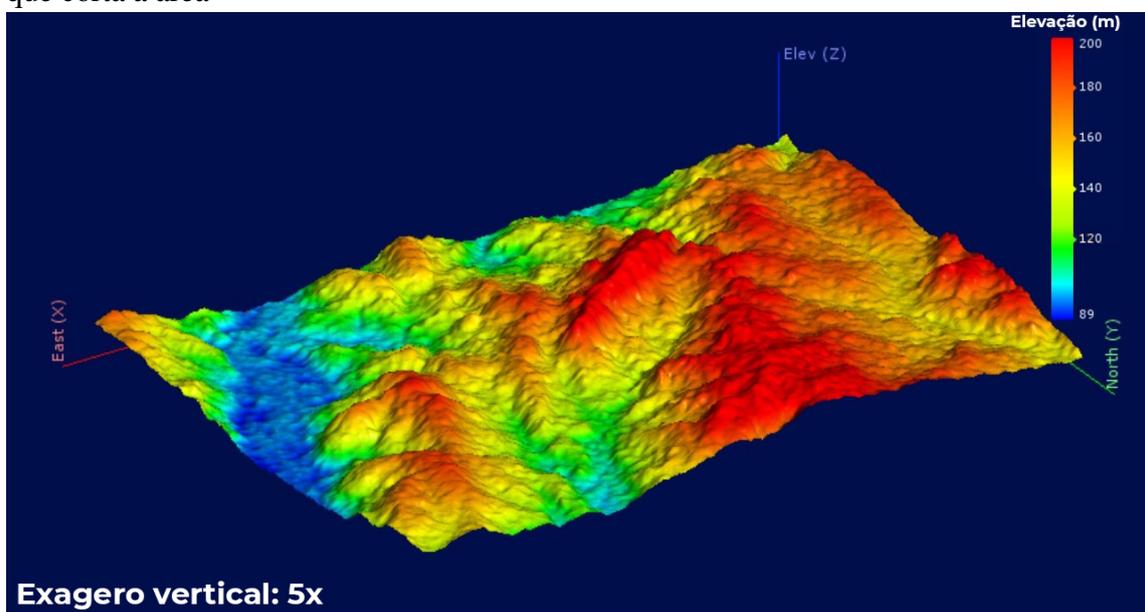
Fonte: Confeccionado pelo autor utilizando base cartográfica da USGS

Figura 22 – Mapa topográfico com visada para NE. Área de estudo representada pelo retângulo sombreado



Fonte: Confeccionado pelo autor utilizando base cartográfica da USGS

Figura 23 – Mapa topográfico com visada para SW. Cotas mais altas representam o cerro que corta a área



Fonte: Confeccionado pelo autor utilizando base cartográfica da USGS

9.2 Geologia

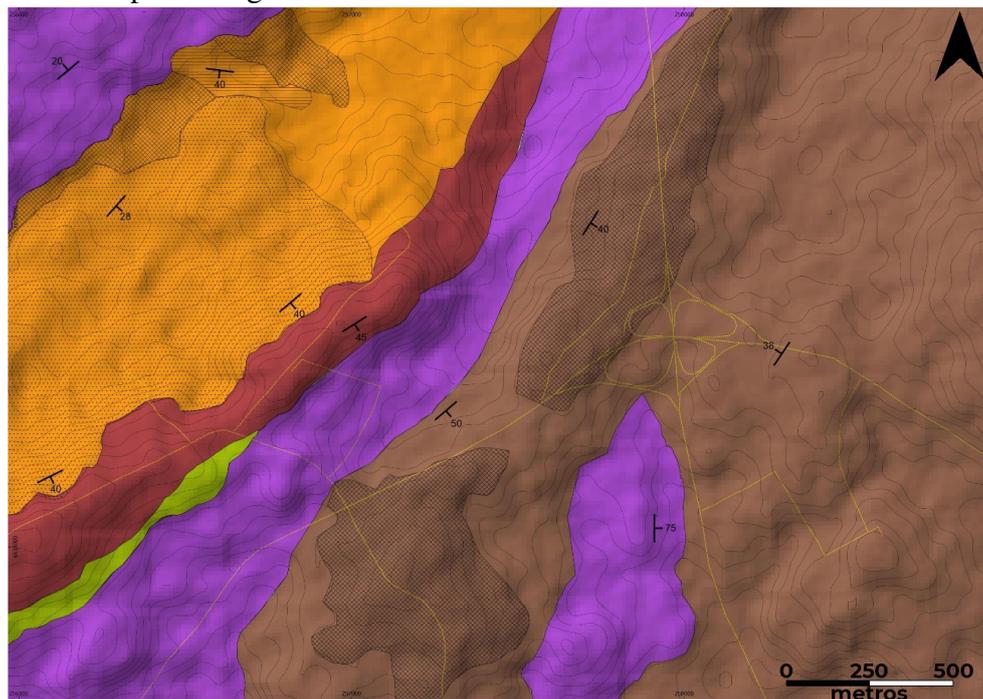
A área de estudo é de aproximadamente 6,6 km² e ocorre uma significativa variação litológica e faciológica onde, através dos trabalhos de campo e do estudo petrográfico das amostras, foi possível identificar cinco unidades distintas.

Foram descritos mais de duzentos afloramentos para a obtenção de um banco de dados significativo da área. Em todas as unidades encontram-se evidências de deformação rúptil porém não foram analisadas criteriosamente por não se tratar do escopo do trabalho, ao invés disso foram obtidas medidas de acamamento onde somente as mais confiáveis foram plotadas no mapa.

As unidades encontradas, da base para o topo, foram as seguintes: (i) Pacote Sedimentar 1; (ii) Sucessões de Derrames; (iii) Rocha Piroclástica; (iv) Quartzo Jaime; (v) Pacote Sedimentar 2.

Assim, foi confeccionado o mapa geológico a seguir (Figura 24)

Figura 24 – Mapa Geológico



Pacote Sedimentar II



Conglomerados com seixos e blocos arredondados de composição predominantemente riolítica



Arenitos feldspáticos, arenitos com laminação tabular; arenitos conglomeráticos intercalados com siltitos tabulares com marcas de onda



Quartzo com dobras centimétricas e foliação de fluxo



Tufos ácidos: Lápili tufos soldados; Lápili tufos com foliação de fluxo e púmices



Basaltos, andesitos e traquitos intercalados; andesitos amigdaloidais com estruturas de fluxo

Pacote Sedimentar I



Arenitos tabulares localmente conglomeráticos; arcóseos com estratificação cruzada; arenitos com lâminas de material ferromagnésiano



Pelitos e siltitos tabulares intercalados com arenito fino

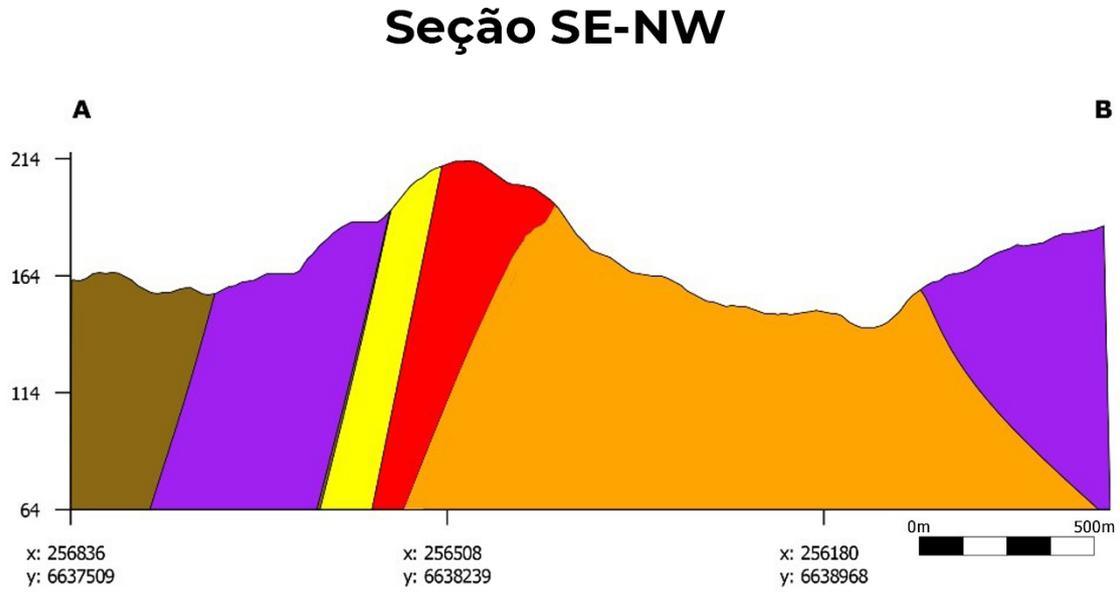


Conglomerados com seixos e blocos bem arredondados de granitos, granitos foliados e andesitos

Fonte: Autor

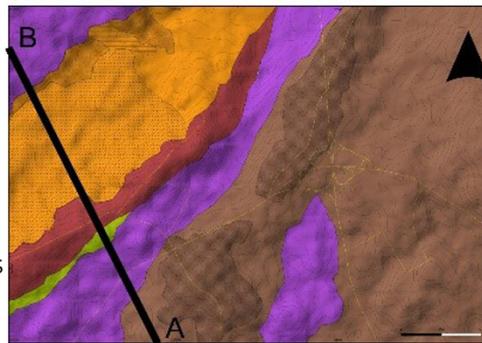
À partir do mapa geológico, foi gerada a seção A-B que contempla todas as unidades encontradas na área, onde podem ser observadas suas relações de contato (Figura 25).

Figura 25 – Seção geológica



Legenda

- Pacote sedimentar 2
- Veio de Quartzo
- Rochas piroclásticas
- Sucessões de derrames
- Pacote Sedimentar 1



Localização

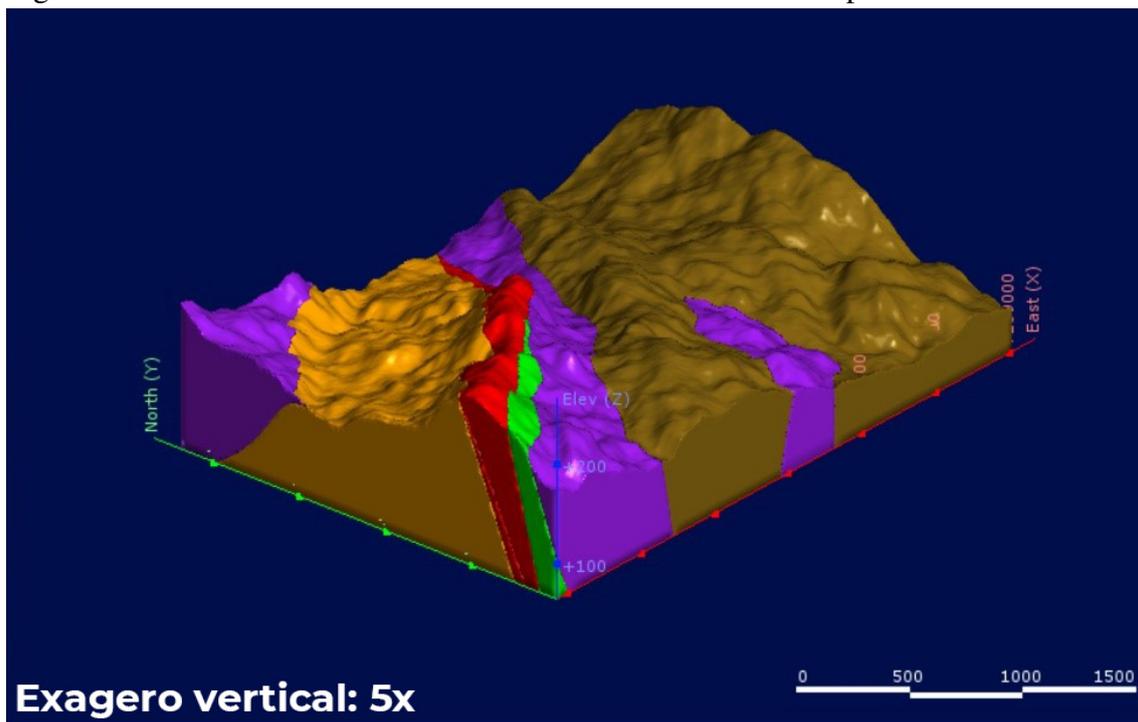
A: 256829, 6637506
 B: 255923, 6639520
 Escala: 1:11.000
 Exagero vertical: 5x

Fonte: Autor

9.3 Modelo Geológico 3D

O modelo tridimensional foi gerado a partir dos dados coletados em campo e do mapa gerado neste trabalho (Figuras 26 e 27). Os planos de contato foram definidos de acordo com o contexto geológico da região e dada as características dos contatos, postulase que estes sejam por falha exceto pelo Quartzo Jaime.

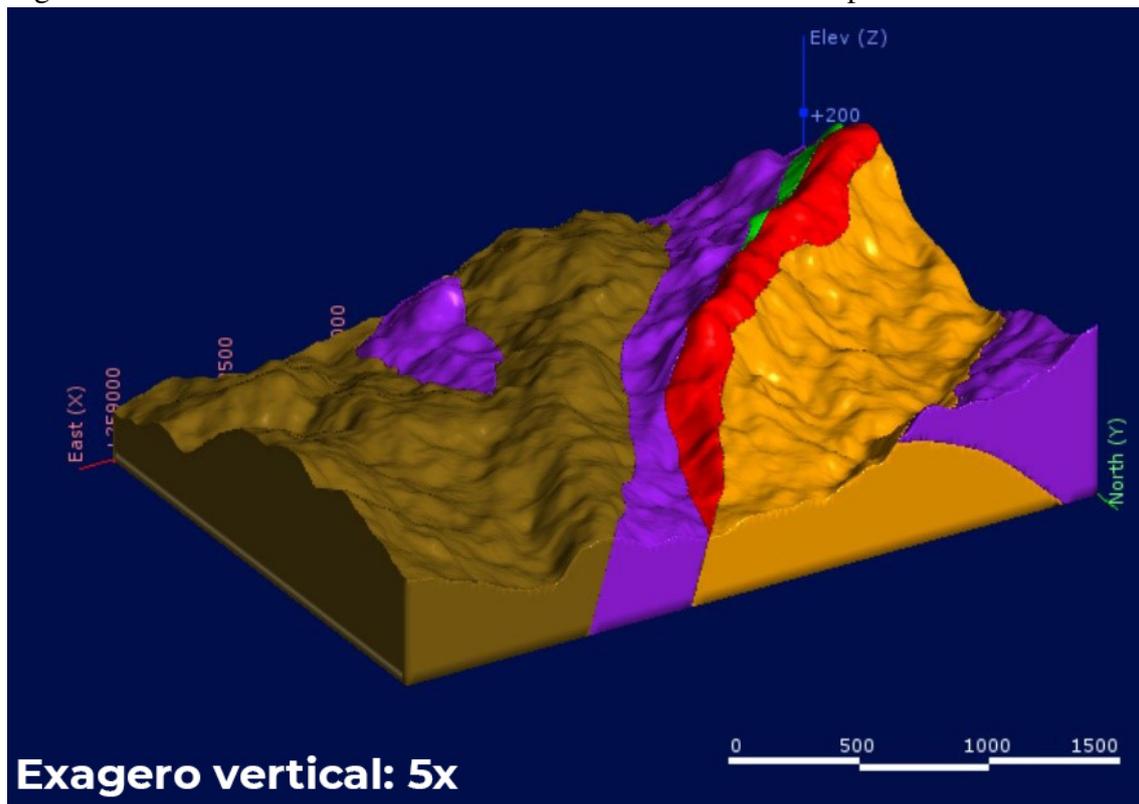
Figura 26 – Modelo tridimensional da área de estudo com visada para NE



Unidades		Pacote Sedimentar 2
		Veio de Quartzo
		Rochas Piroclásticas
		Sucessão de Derrames
		Pacote Sedimentar 1

Fonte: Autor

Figura 27 – Modelo tridimensional da área de estudo com visada para SW



Unidades	 Pacote Sedimentar 2
	 Veio de Quartzo
	 Rochas Piroclásticas
	 Sucessão de Derrames
	 Pacote Sedimentar 1

Fonte: Autor

9.4 Unidades

9.4.1 Pacote sedimentar 1:

Os afloramentos dessa unidade encontram-se distribuídos no quadrante NW da área de estudo com boas exposições sendo encontradas à norte do cerro onde afloram as Rochas Piroclásticas. Este cerro pode ser visto nas Figuras 21, 22 e 23. Trata-se de um pacote sedimentar de aproximadamente 700m de espessura com diferentes litotipos. Sua área de exposição representa cerca de 20% da área mapeada.

Esta unidade é composta predominantemente por arcósios e litoarenitos bem

litificados sendo que nas porções basais são encontrados conglomerados clastosuportados gradando para arenitos médios e grossos com estratificação cruzada acanalada e tabular, no topo ocorrem arenitos médios a finos com estratificação plano-paralela marcada por minerais opacos ferromagnéticos.

Nas cotas mais baixas são encontrados conglomerados clastosuportados com matacões e blocos bem arredondados (Fig. 28 - A). A análise modal realizada nos blocos e matacões encontrados mostrou uma proveniência principalmente granítica apresentando também, muitos granitos foliados e, subordinadamente, rochas vulcânicas intermediárias.

Estes conglomerados apresentam uma certa continuidade vertical e lateral, porém, são interrompidos por um pacote tabular de pelitos e arenitos finos intercalados (Fig. 28 - B). Tanto os conglomerados quanto os pelitos tabulares apresentam um acamadamento concordante, ambos mergulhando cerca de 40° para S-SW.

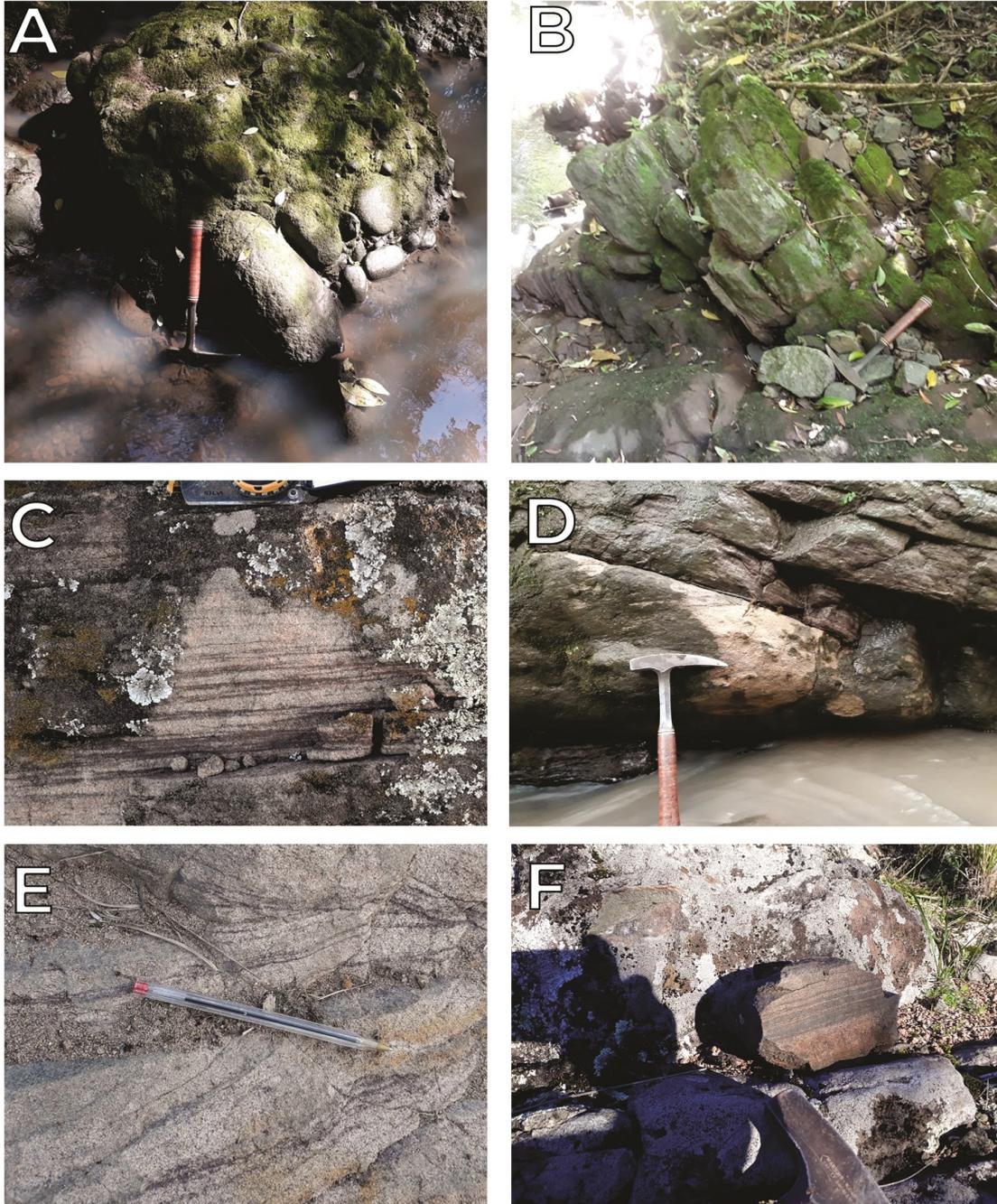
A direção mergulho dos conglomerados foi medido em uma grande exposição onde os blocos e matacões encontravam-se bem orientados.

Acima da cota dos conglomerados tem-se arenitos médios a grossos contendo seixos esparços de composição granítica. Um pouco acima, seguindo a sudoeste em direção ao cerro, encontram-se arenitos rosados e alaranjados com estratificação plano-paralela, cruzada tabular e cruzada acanalada observadas em cotas semelhantes, porém, com variação lateral (Fig. 28 - C, D, E).

Nas cotas mais altas do cerro, próximo ao contato com as rochas piroclásticas, afloram arenitos de cor acinzentada com acamadamento definido por níveis contendo minerais ferromagnéticos (Fig. 28 - F). A orientação desses acamadamentos é concordante com a orientação da foliação de fluxo encontrada nos afloramentos de lápili tufo que se localizam logo acima.

Um estudo petrográfico realizado nos arenitos desta unidade permitiu a identificação de arcósios e litoarenitos bem selecionados e compactados, possuindo uma cimentação calcítica microcristalina, com a notável presença de minerais opacos.

Figura 28 – Fácies Pacote 1: A) Conglomerados Clastosuportados; B) Pelitos Tabulares; C) Arenitos com laminação Plano Paralela; D) Arenitos com estratificação Cruzada Tabular; E) Arenitos com Estratificação Cruzada Tabular; F) Arenito com níveis ferromagnéticos.

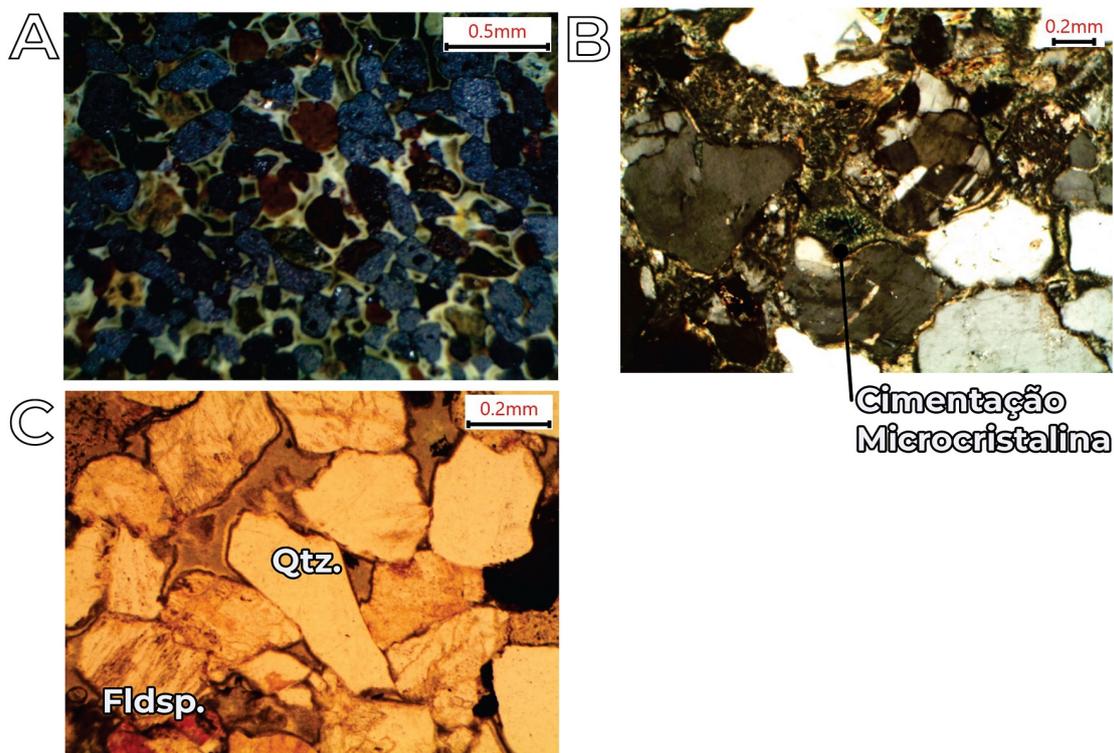


Fonte: autor

Na Figura 29 estão apresentadas seções delgadas desta unidade, em “A” observa-se os minerais opacos com a ajuda de uma luz polarizada posicionada acima da lâmina. Em “B” é possível identificar a cimentação microcristalina de cor esverdeada, bastante recorrente neste pacote. Já em “C” estão apresentados alguns contatos suturados entre os

grãos de quartzo e feldspato.

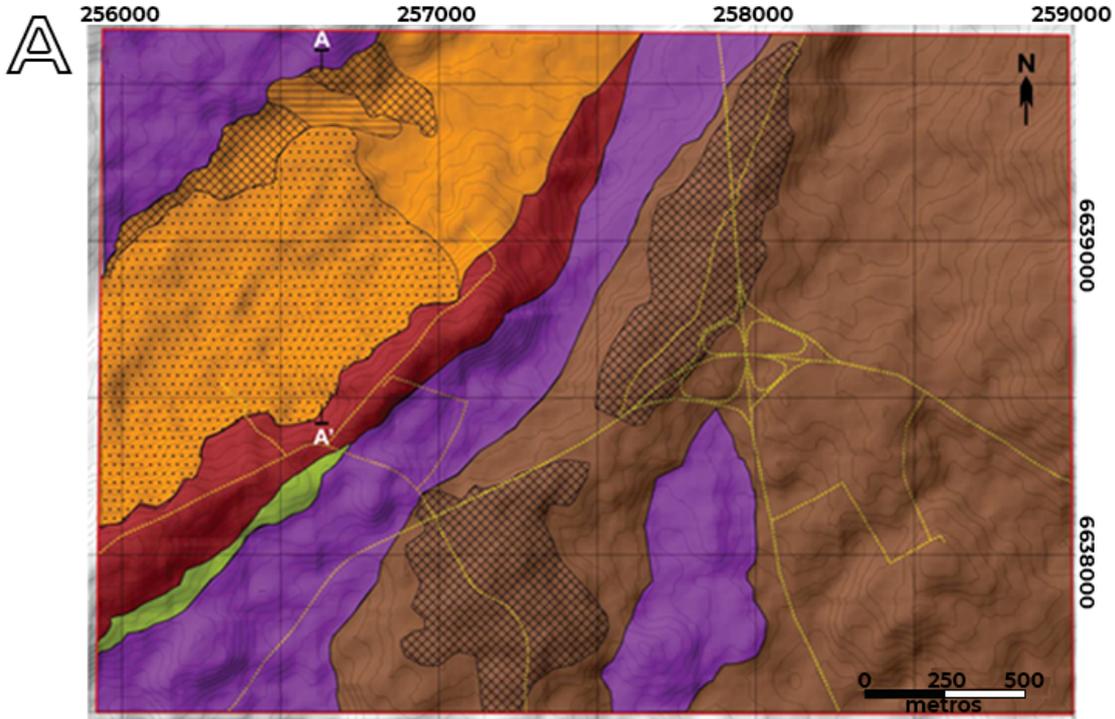
Figura 29 – Lâminas delgadas



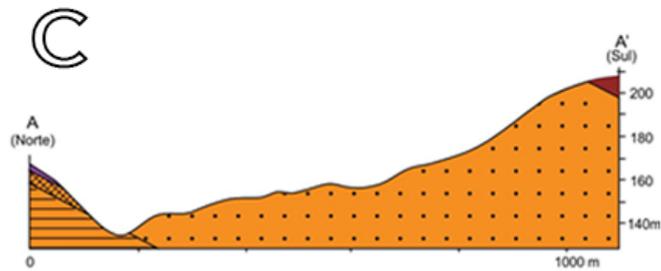
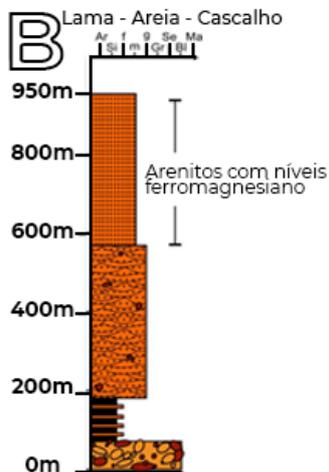
Fonte: autor

A partir dos dados obtidos, foi esboçada uma seção colunar desta unidade (Figura 30) representando a variação dos litotipos e as estruturas sedimentares observadas num perfil N-S. Na base da seção encontram-se os conglomerados clastosuportados, seguidos por pelitos tabulares intercalados com arenitos finos. Acima estão os espessos pacotes areníticos que diferem-se entre si pelas estruturas sedimentares e pela presença de níveis de minerais opacos ferromagnéticos que são encontrados no topo da seção.

Figura 30 – A) Mapa geológico da área de estudo; B) seção geológica do pacote sedimentar II, C) perfil geológico A-A’.



- Pacote Sedimentar I**
- Conglomerados com seixos e blocos arredondados de composição predominantemente riolítica
 - Arenitos feldspáticos, arenitos com laminação tabular; arenitos conglomeráticos intercalados com siltitos tabulares com marcas de onda.
 - Quartzos com dobras centimétricas e foliação de fluxo
 - Tufos ácidos: Lápili tufos soldados; Lápili tufos com foliação de fluxo e púmices
 - Basaltos, andesitos e traquitos intercalados; andesitos amigdaloidais com estruturas de fluxo
- Pacote Sedimentar II**
- Arenitos tabulares localmente conglomeráticos; arcóseos com estratificação cruzada; arenitos com lâminas de material ferromagnésiano
 - Pelitos e siltitos tabulares intercalados com arenito fino
 - Conglomerados com seixos e blocos bem arredondados de granitos, granitos foliados e andesitos



Fonte: autor

9.4.2 Sucessões de derrames:

Esta unidade distribuiu-se em três regiões da área de estudo formando corpos ígneos de composição básica e intermediária. Seus litotipos distribuem-se em uma área correspondendo a aproximadamente 21% da área mapeada.

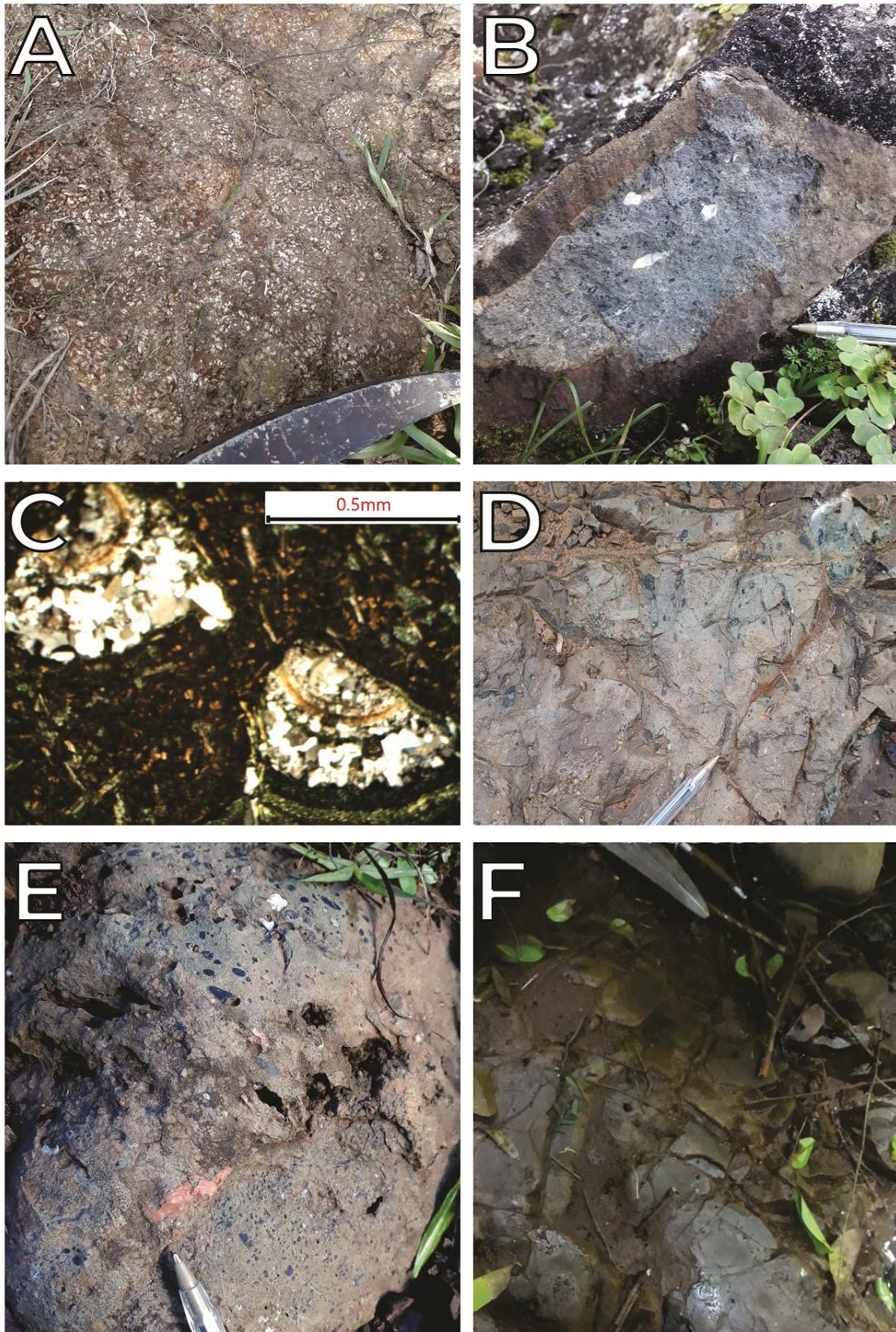
Nos três corpos ígneos são encontradas rochas de cor acinzentada, com textura variando entre afaníticas e porfíricas com fenocristais de plagioclásio (Fig. 31 - A). As variações granulométricas encontradas nesta unidade não apresentam continuidade para serem apresentadas em mapa. Nas diferentes regiões onde essas rochas afloram, as características composicionais e granulométricas apresentam semelhanças, porém, algumas diferenças precisam ser pontuadas.

Nas exposições encontradas no extremo NW da área, foram observadas mineralizações de pirita e algumas dobras abertas. No corpo que aflora a oeste do entroncamento, as rochas apresentam vesículas alongadas preenchidas por calcita, calcedônia e ágata (Fig. 31 - B, C, D), também identificou-se exposições apresentando fenocristais de feldspato alcalino (Fig. 31 - E).

Algumas foliações e dobras fechadas, provavelmente relacionadas a fluxo, foram encontradas esporadicamente em pequenos afloramentos de drenagens. (Fig. 31 - F).

Nos afloramentos encontrados a sul do entroncamento, a unidade apresenta uma mineralização carbonática mais intensa se comparada às outras exposições desta mesma unidade. Neste local ocorrem veios preenchidos por calcita e substituição de alguns silicatos por carbonatos. Através da análise microscópica, e da análise petrográfica qualitativa realizada em campo e em laboratório encontraram-se os seguintes litotipos: basaltos, andesitos e traquitos com texturas macroscópicas que variam entre afaníticas e porfíricas, e ao microscópio textura pilotaxítica e traquítica.

Figura 31 – Fotos de campo e lâmina delgada



Fonte: autor

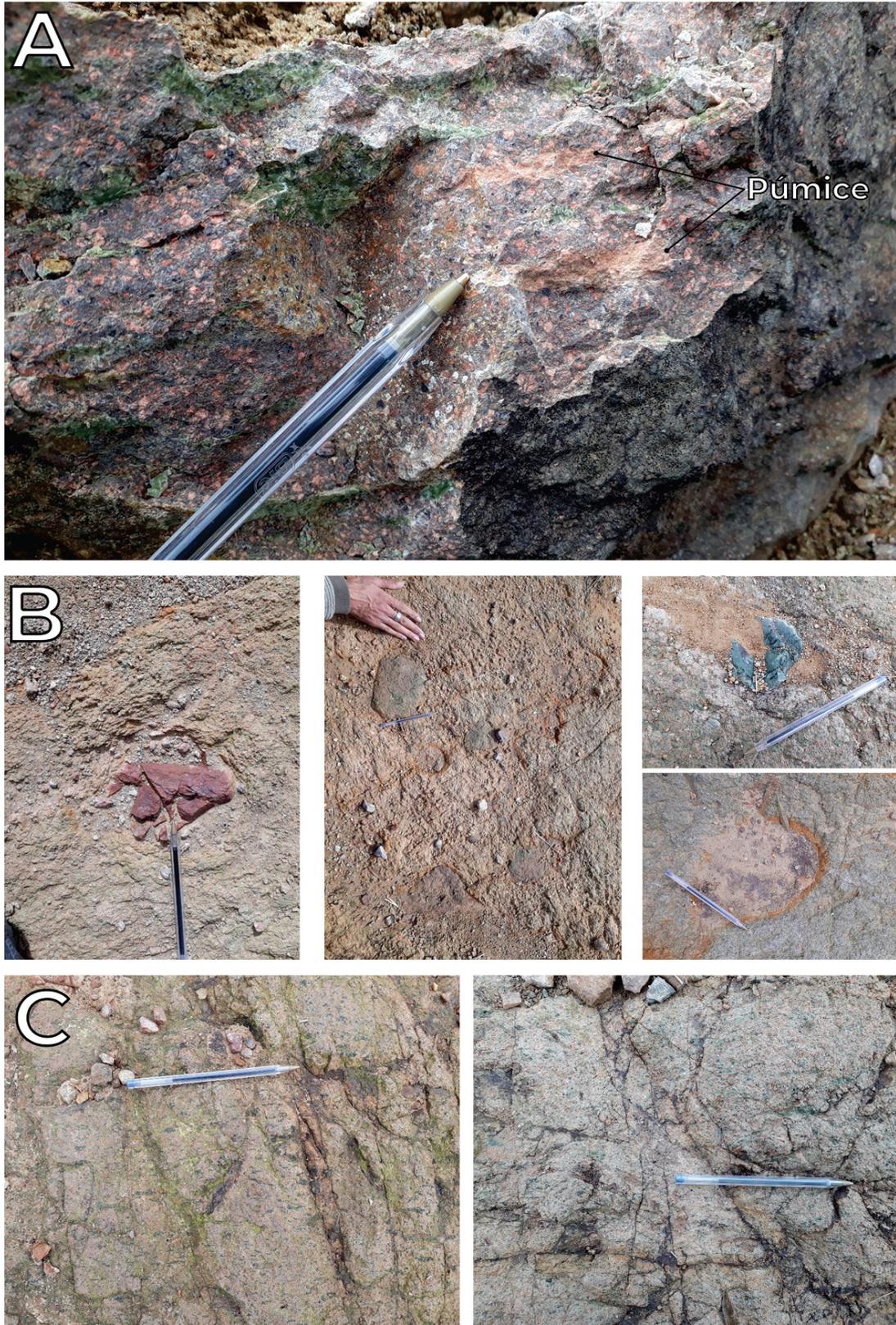
9.4.3 Rocha piroclástica:

Esta unidade estende-se na direção NE-SW com exposições limitadas ao cume do pequeno cerro que corta a área nessa mesma direção (Figura 21). Na porção oeste do cerro as rochas afloram em uma faixa de aproximadamente 350m de largura. Já na porção leste do cerro os afloramentos ficam restritos a uma faixa menor de com cerca de 150 m de largura. Possuindo uma área exposta de 460.000 m² a unidade corresponde a 7% da área de estudo.

Realizando um perfil SW-NE no cerro, é perceptível a variação de fácies nesta unidade onde tufos soldados são encontrados, principalmente, na porção sudoeste do cerro em uma pequena pedreira desativada (Fig. 32 - A). Nos afloramentos encontrados próximos à pedreira foram observadas bombas piroclásticas (Fig. 32 - B).

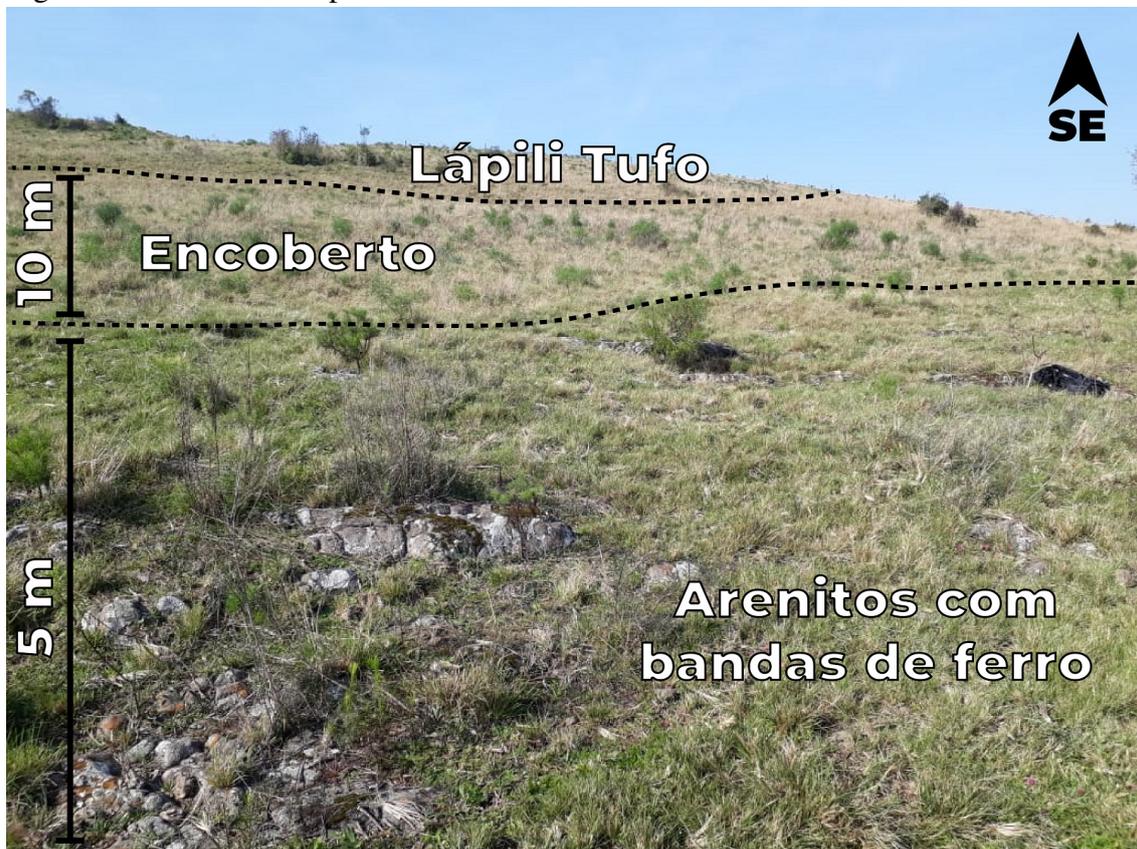
Seguindo na direção leste pelo cerro, foi identificada uma variação faciológica de tufos soldados para lúpili tufos menos compactados (Fig. 32 - C). O plano de foliação de fluxo medido em afloramentos no flanco norte do cerro mostra que as camadas mergulham para S e SE.

Figura 32 – A) Tufos Soldados; B) Bombas piroclásticas; C) Lapili tufos com estrutura de fluxo



No flanco norte do cerro, uma faixa encoberta de aproximadamente 10 m separam os Tufos dos arenitos com níveis de ferromagnéticos pertencentes ao Pacote Sedimentar 1 (Figura 33). Ambas unidades possuem acamamento concordantes mergulhando para SE.

Figura 33 – Encoberto separando as unidades

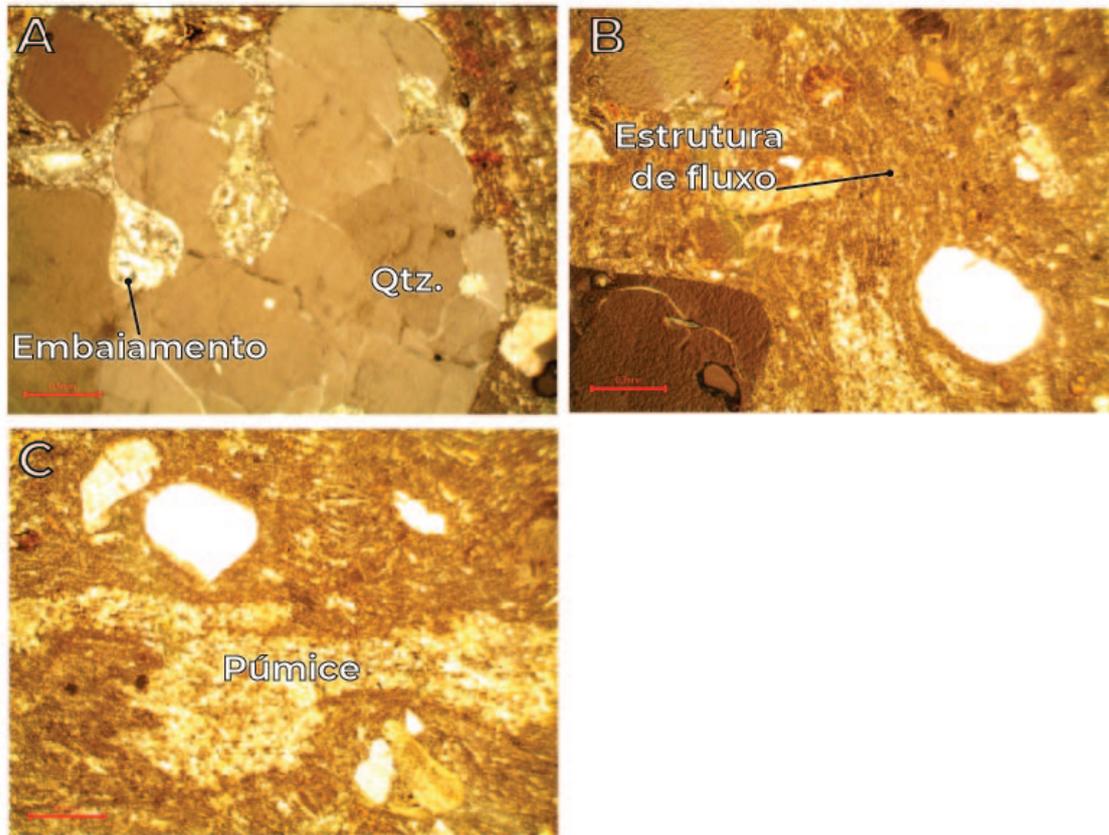


Fonte: autor

Vale observar que a algumas dezenas de metros a oeste da área de estudo, onde a estrada que passa pelo cerro segue para norte, foi encontrado uma superfície de contato com orientação aparentemente discordante das medidas de acamadamento dos Lápili Tufos e do Pacote Sedimentar 1 coletadas ao longo do cerro.

Tanto nas fácies de lápili tufos quanto nas fácies de lápili tufos soldados são encontrados grãos milimétricos angulosos e arredondados de feldspato e quartzo, e litoclastos subordinados imersos em uma matriz fina feldspática. Ao microscópio, observa-se a textura eutaxítica, presença de cristaloclastos milimétricos de quartzo arredondados apresentando estruturas de embaiamento (Fig. 34 - A), também foram observadas estruturas de fluxo e púmices (Fig. 34 - B, C).

Figura 34 – A) Quartzo com estrutura de embaiamento; B) Estruturas de fluxo; C) Púmices e estrutura de fluxo



Fonte: autor

9.4.4 Quartzo Jaime:

Trata-se de um corpo alongado que estende-se com direção NE-SW por uma faixa de aproximadamente 50m de largura e 800 m de comprimento no flanco sul do cerro. Possuindo exposições restritas a uma área de aproximadamente 61.000 m², o quartzo Jaime corresponde a somente 1% da área de estudo. Esta unidade possui apenas um litotipo composto por sílica e apresentando foliações e dobras de fluxo (Fig. 35 - A). Também são encontradas algumas estruturas semelhantes a vesículas com superfície irregular (Fig. 35 - B). É notável a presença de óxidos de cor amarelada e avermelhada por vezes preenchendo planos de fraqueza e cobrindo a superfície interna de algumas vesículas (Fig. 35 - B, C). O nome proposto para esta unidade é em homenagem ao Sr. Jaime, proprietário da terra onde encontram-se as exposições dessa rocha.

Figura 35 – Amostras do Quartzzo Jaime



Fonte: autor

9.4.5 Pacote sedimentar 2:

Esta unidade cobre quase a metade da área de estudo com grandes exposições encontradas nos quadrantes NE, SE e SW da área.

Apesar da grande quantidade de afloramentos encontrados na região é difícil apresentar em mapa como estão variando os litotipos presentes nesta unidade pois eles não apresentam uma continuidade lateral ou vertical bem definida, salvo em alguns afloramentos como em um corte da BR-290 no leste da área onde nota-se uma granodecrescência em um perfil L-O até chegar no entroncamento.

No extremo leste da área seguindo a BR-290, são encontrados litoarenitos com laminação tabular e cimentação carbonática (Fig. 36 - A). Nas imediações do lado leste do entroncamento da BR-290 com a BR-392 são encontrados arenitos finos com *ripple marks* (Fig. 36 - B).

No centro do entroncamento encontram-se arenitos finos intensamente fraturados com mineralizações carbonáticas preenchendo veios e, em algumas exposições, apresentando uma foliação bem definida na direção NE-SW (Fig. 36 - C). Foi feita uma análise microscópica em amostras desta zona deformada onde notou-se evidências de cominuição de grãos e uma intensa mineralização calcítica (Figura 37).

Um padrão observado nesta unidade foi uma maior ocorrência de conglomerados nas cotas mais altas porém, mesmo nesses locais, ocorrem arenitos e arenitos conglomeráticos intercalados.

Na maioria dos afloramentos ocorrem arenitos com níveis conglomeráticos, e as vezes conglomerados com níveis areníticos. (Fig. 35 - D). Outro litotipo bastante comum nesta unidade, são arenitos com seixos e blocos espaços de riolitos e andesitos bem arredondados (Fig. 36 - E)

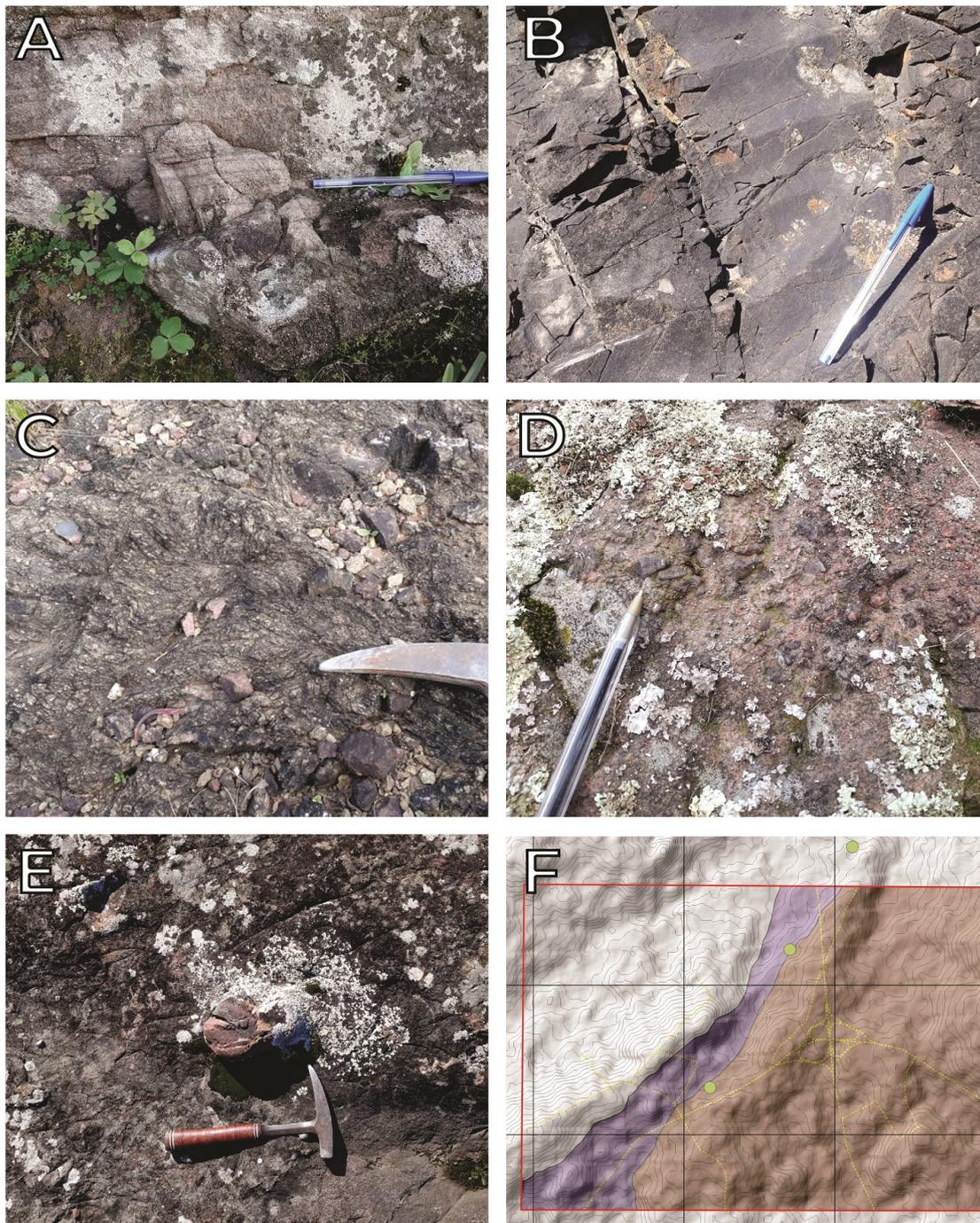
Esta unidade é limitada por uma falha que atravessa a área no sentido NE-SW. Próximo ao contato entre este pacote sedimentar e as rochas ígneas são encontrados pelitos muito fraturados em drenagens onde é possível perceber um alinhamento entre as exposições encontradas (Fig. 36 - F).

A análise petrográfica realizada em arenitos desta unidade permitiu a identificação de litoarenitos mal selecionados com cimentação calcítica possuindo pouca ou nenhuma matriz.

Nas análises realizadas em seixos e blocos das fácies conglomeráticas, notou-se uma proveniência vulcânica para esta unidade onde são abundantes os clastos de

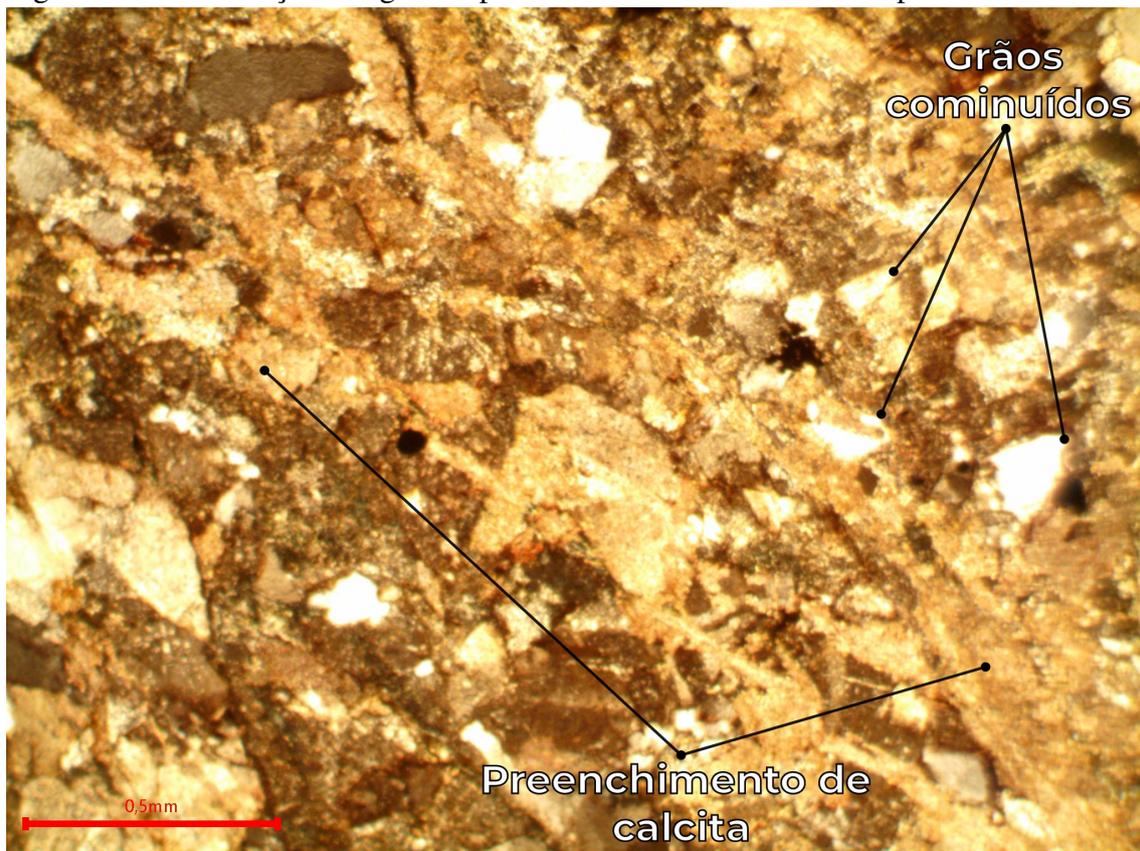
composição riolítica e andesítica.

Figura 36 – A) Arenito friável com laminação plano-paralela; B) Arenito fino com wave riple; C) Arenito deformado; D) Arenito com níveis conglomeráticos imbricados; E) Seixos esparsos de composição ácida; F) Alinhamento dos pelitos encontrados próximos aos contatos.



Fonte: autor

Figura 37 – Cominuição dos grãos e preenchimento de microfaturas por calcita



Fonte: autor

10 DISCUSSÕES

10.1 Considerações sobre as unidades encontradas

Pacote Sedimentar I

Esta unidade possui um nível conglomerático basal formado principalmente por seixos e blocos de granitos e granitos foliados. Acima dos conglomerados ocorre um espesso horizonte de arcóseos muito duros e compactados, de cor cinza e possuindo grãos de quartzo e feldspato. No topo ocorrem níveis de minerais ferromagnesianos opacos visíveis macroscopicamente nos arenitos.

As características descritas se assemelham com as descrições de Leinz et al. (1941) sobre o grupo maricá onde os autores dizem que a sedimentação normalmente inicia-se por conglomerados ou arcósios, é mencionado um conglomerado basal formado por seixos e blocos de granitos, gnaisses e quartzitos. O autor também comenta sobre a compactação e a alta competência dos arenitos, aspectos esses também observado por Ribeiro et al. (1966).

Ribeiro et al. (1966) comenta que por vezes os arcóseos da Formação Maricá são intercalados por siltitos ou folhelhos silticos com estruturas de *graded bedding*. Na área de estudo ocorre uma camada de pelitos entre os conglomerados basais e os arcósios. A presença de minerais escuros nos arcóseos foi observada por Ribeiro et al. (1966), onde o autor diz que esses minerais conferem aos arenitos o aspecto de uma mistura de “sal e pimenta”, características observadas também na área de estudo.

Análises de proveniência do Grupo Maricá realizada por Pelosi & Fragoso-Cesar (2016), apontam uma composição principalmente granítica dos clastos, onde a maioria deles encontram-se foliados. Nos conglomerados basais encontrados na área de estudo, são predominantes os seixos e blocos de granito foliado.

Em comparação com o Pacote Sedimentar II, o Pacote Sedimentar I possui uma notável continuidade lateral dos arenitos.

A partir da comparação dos dados levantados em campo, com as informações obtidas na bibliografia, conclui-se que o Pacote Sedimentar I corresponde ao Grupo Maricá.

Sucessões de Derrames Muitos autores denominam como Hilário as sucessões de derrames de composição principalmente intermediária, como já visto em Ribeiro et al. (1966), Santos et al. (1978), Chemale (2000), Paim et al. (2000), Janikian et al. (2003),

Almeida et al. (2012), dentre outros.

Rochas Piroclásticas Na área de estudo afloram lópili tufos e tufos soldados de composição ácida. Rochas com essas características encontradas na Bacia do Camaquã são denominadas de Formação Acampamento Velho, de acordo com Ribeiro et al. (1966), Cordani et al. (1974), Ribeiro & Fantinel (1978), Paim et al. (1995), Soliani et al. (2000), Almeida et al. (2012), Paim et al. (2014).

Quartzo Jaime Esta unidade não possui uma correlação com as unidades da Bacia do Camaquã pois trata-se de um grande veio de quartzo, sendo elevado à categoria de unidade apenas neste trabalho devido à escala de mapeamento.

Pacote Sedimentar II Trata-se de um espesso pacote sedimentar composto majoritariamente por arenitos, arenitos com seixos esparsos vulcânicos de composição ácida, localmente ocorrendo pelitos com wave ripple.

Apesar das semelhanças petrográficas e visuais entre algumas fácies de arenitos dos dois pacotes sedimentares mapeados, nota-se uma diferença entre a seleção dos grãos onde os arenitos do Pacote Sedimentar I apresentam uma melhor seleção.

Nos níveis conglomeráticos é evidente que as duas unidades apresentam diferentes proveniências sendo a proveniência do Pacote Sedimentar I, principalmente granítica, e a proveniência do Pacote Sedimentar II, principalmente riolítica.

Paim et al. (1995) denomina como Aloformação Santa Fé conglomerados aluviais ricos em clastos vulcânicos de composição ácida.

A tabela a seguir (Tabela 3) sumariza a correlação das unidades mapeadas com a bibliografia.

Tabela 3 – Correlação entre unidades

UNIDADE NO MAPA	CORRELAÇÃO COM A BIBLIOGRAFIA
Pacote Sedimentar 2	Aloformação Santa Fé (PAIM et al., 1995)
Quartzo Jaime	Não foi encontrada uma correlação
Rochas Piroclásticas	Membro Acampamento Velho (RIBEIRO et al., 1966)
Sucessões de derrames	Andesito Hilário (ROBERTSON, 1966)
Pacote Sedimentar 1	Formação Maricá (LEINZ et al., 1941)

Com relação aos mapeamentos anteriores que incluem a área de estudo apresentados na seção 8 deste trabalho, é possível estabelecer a seguinte relação (Tabela 4) entre as unidades mapeadas por diferentes autores.

Tabela 4 – Relação entre unidades mapeadas por diferentes autores

Autor	Ribeiro et al. (1966)	Porcher et al. (1995)	Porcher & Lopes (2000)	Janikian (2004)	Pelosi (2005)	Lemos 2020
	2	3	3	3	5	5
Unidades					Grupo Santa Bárbara	Pacote Sedimentar II
						Quartzo Jaime
Membro	Seqüência	Membro	Formação	Acampamento Velho	Rochas Piroclásticas	
Acampamento Velho	Vulcano-sedimentar III	Acampamento Velho	Acampamento Velho	Acampamento Velho		
					Formação Picada das Graças (Grupo Bom Jardim)	
					Grupo São Jardim	Sucessões de derrames
Formação Maricá	Seqüência Vulcano-sedimentar I	Formação Maricá	Grupo Maricá	Formação São Rafael		
					Formação Passo da Promessa	Pacote Sedimentar I

10.2 Considerações sobre a geologia estrutural

Como pode ser observado nas Figuras (17, 18, 19, 20 e 24), a região de mapeamento é cortada por diversas falhas de direção nordeste-sudoeste.

Ribeiro et al. (1966) denomina o sistema de falhas que compreende grandes falhamentos regionais de direção nordeste-sudoeste, como “Sistema de Falhas Irapuá”. As zonas de falhas desse sistema são de grande extensão linear, podendo atingir centenas de quilômetros e com larguras que variam entre algumas centenas de metros a uns poucos quilômetros.

Segundo Ribeiro et al. (1966), as intrusões andesíticas do Hilário e a emissão de material vulcânico são claramente controladas por movimentos ao longo das zonas de falha nordeste do Sistema Irapuá. O autor também comenta que essas intrusões andesíticas, na sua grande maioria, deram-se muito próximas à superfície onde as rochas formadas por esses eventos podem ser ricas em vesículas. Portanto a unidade “Sucessão de Derrames” mapeada na área de estudo pode estar relacionada a intrusões rasas.

A principal evidência de falhamentos na área mapeada ocorre no contato entre o Pacote Sedimentar 2 e as Sucessões de Derrames (Figuras 24 e 36F), próximo ao contato entre essas duas unidades ocorrem pelitos intensamente fraturados com veios de material carbonático.

Também foram identificadas foliações de falha com direção NE no Pacote Sedimentar 2, onde através da análise microscópica foi possível identificar cominuição de grãos e um intenso faturamento preenchido por minerais carbonáticos.

Outra evidência foram alguns blocos rolados de brecha tufos encontrados nos flancos sudeste e noroeste do cerro (Figura 38), podendo indicar um contato por falha entre a Sucessão de Derrames e as rochas piroclásticas.

Figura 38 – Blocos de brecha-tufo rolados



Fonte: autor

Nos afloramentos visitados, os contatos entre o Pacote Sedimentar 1 e as Rochas Piroclásticas ocorrem por algumas dezenas de metros de encoberto como visto na Figura 33. Podendo este ser um indício de falha.

A partir das evidências de campo, conclui-se que os contatos mapeados se dão por falhamentos da Zona de Falha Santa Bárbara do Sistema Irapuá de direção nordeste-sudoeste possuindo algumas inflexões para norte, como visto em Ribeiro et al. (1966) e Almeida (2005).

11 SUGESTÕES

Visto a complexidade litoestratigráfica da Bacia do Camaquã, o mapeamento de detalhe de áreas estratégicas torna-se muito importante para o conhecimento sobre o preenchimento da bacia. Por se tratar de uma área pequena, o autor considera importante que sejam feitos estudos futuros ampliando a área de mapeamento pois, através dos estudos realizados, acredita-se que os padrões encontrados na área, se repitam nas imediações.

Destaca-se também, a importância de um detalhamento do sistema de falhas que ocorre no local, aumentando a escala de estudo pois trata-se de uma região onde ocorre uma convergência de falhas.

Por fim, sugere-se que seja feito um estudo petrográfico e geoquímico mais detalhado das rochas piroclásticas que ali afloram, afim de obter-se uma interpretação genética, esclarecendo também, a sua posição estratigráfica.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, D. d. P. et al. Petrography and geochemistry of the volcanic rocks of the Rodeio Velho Member, ordovician of the Camaquã basin (RS-Brazil): preliminary results. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 30, n. 4, p. 763–768, 2000.
- ALMEIDA, D. d. P. et al. The Acampamento Velho Formation, a lower Cambrian bimodal volcanic package: Geochemical and stratigraphic studies from the Cerro do Bugio, Perau and Serra de Santa Bárbara (Caçapava do Sul, Rio Grande do Sul, RS-Brazil). **Gondwana Research**, Elsevier, v. 5, n. 3, p. 721–733, 2002.
- ALMEIDA, D. d. P. M. d.; CHEMALE, F.; MACHADO, A. Late to post-orogenic Brasiliano-Pan-African volcano-sedimentary basins in the Dom Feliciano Belt, southernmost Brazil. **Petrology—New Perspectives and Applications**, InTech—Open Access Publisher Rijeka, v. 5, p. 73–105, 2012.
- ALMEIDA, F. F. M. d. Diferenciação tectônica da plataforma brasileira. Em: **Congresso Brasileiro de Geologia**. [S.l.: s.n.], 1969. v. 23, n. 1969, p. 29–46.
- ALMEIDA, F. F. M. d. et al. Províncias estruturais brasileiras. **Simpósio de Geologia do Nordeste**, Campina Grande SBG, v. 8, n. 1977, p. 363–391, 1977.
- ALMEIDA, R. P. d. **Evolução tectono-sedimentar da Formação Santa Bárbara na Sub-bacia Camaquã ocidental, RS**. Tese (PhD) — Universidade de São Paulo, 2001.
- ALMEIDA, R. P. d. **Tectônica e sedimentação do Ediacarano ao Ordoviciano: exemplos do Supergrupo Camaquã (RS) e do Grupo Caacupé (Paraguai oriental)**. Tese (PhD) — Universidade de São Paulo, 2005.
- ALMEIDA, R. P. d. et al. Evolution of a rift basin dominated by subaerial deposits: The Guaritas Rift, Early Cambrian, Southern Brazil. **Sedimentary Geology**, v. 217, n. 1, p. 30 – 51, 2009.
- BORBA, A. W. d.; MARASCHIN, A. J.; MIZUSAKI, A. M. P. Stratigraphic analysis and depositional evolution of the Neoproterozoic Marica Formation (southern Brazil): Constraints from field data and sandstone petrography. **Gondwana Research**, Elsevier, v. 7, n. 3, p. 871–886, 2004.
- BORBA, A. W. d. et al. U–Pb zircon and ⁴⁰Ar–³⁹Ar K-feldspar dating of syn-sedimentary volcanism of the Neoproterozoic Maricá Formation: constraining the age of foreland basin inception and inversion in the Camaquã Basin of southern Brazil. **Basin Research**, European Association of Geoscientists and Engineers, v. 20, n. 3, p. 359–375, 2008.
- BORBA, A. W. d. et al. Provenance of the Neoproterozoic Maricá Formation (Sul-rio-grandense Shield, southern Brazil): petrographic and Sm–Nd isotopic constraints. **Gondwana Research**, Elsevier, v. 9, n. 4, p. 464–474, 2006.
- CHEMALE, F. J. Evolução geológica do Escudo Sul-rio-grandense. **Geologia do Rio Grande do Sul**, CIGO/UFRGS Porto Alegre, p. 13–52, 2000.

CORDANI, U.; HALPERN, M.; BERENHOLC, M. Comentários sobre as determinações geocronológicas da Folha de Porto Alegre. **Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo, texto explicativo da Folha Porto Alegre e Lagoa Mirim.**, Brasília, DNPM, p. 70–84, 1974.

CPRM, S. G. d. B. Geodiversidade do Estado do Rio Grande do Sul. **Programa Geologia do Brasil, Levantamento da Geodiversidade. Porto Alegre: CPRM**, 2010.

EMBRAPA. **Súmula da 10. Reunião Técnica de Levantamento de Solos 10**. 1979.

FAMBRINI, G. et al. Tectônica extensional sin-deposicional na Formação Santa Bárbara, Bacia do Camaquã, RS (Neoproterozóico III-Cambriano Inferior). **SBG/ABGP, Simp. Nac. Estudos Tectônicos**, v. 8, p. 149–150, 2001.

FAMBRINI, G. L. **O Grupo Santa Bárbara (Neoproterozóico III) da Bacia do Camaquã, Rio Grande do Sul**. Tese (PhD) — Universidade de São Paulo, 2003.

FAMBRINI, G. L.; FRAGOSO-CESAR, A. R. S. Análise estratigráfica do Grupo Santa Bárbara (Ediacarano) na Sub-Bacia Camaquã Oriental, RS. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 36, n. 4, p. 663–678, 2006.

FEPAM. **Biblioteca Digital**. 2000. Acessado em: 01.07.2020. Disponível em: <http://www.fepam.rs.gov.br/biblioteca/geo/bases_geo.asp>.

FRAGOSO-CESAR, A. R. S. O craton do Rio de la Plata eo cinturao Dom Feliciano no escudo Uruguaio-Sul-Riograndense. Em: ANAIS, CAMBORIÚ. **Congresso Brasileiro de Geologia**. [S.l.], 1980. v. 31, n. 1980, p. 2879–2882.

FRAGOSO-CESAR, A. R. S. **Tectônica de placas no Ciclo Brasileiro: as orogenias dos cinturões Dom Feliciano e Ribeira no Rio Grande do Sul**. Tese (PhD) — Universidade de São Paulo, 1991.

FRAGOSO-CESAR, A. R. S. et al. Revisão na estratigrafia das molassas do Ciclo Brasileiro no Rio Grande do Sul. **SIMP. SUL-BRAS. GEOL**, v. 2, p. 43–54, 1985.

FRAGOSO-CESAR, A. R. S. et al. As coberturas do Escudo Gaúcho no Rio Grande do Sul: revisão e síntese. Em: **Cong. Latinoamericano, 11 and Congresso Uruguayo de Geología**. [S.l.: s.n.], 2001. v. 3.

FRAGOSO-CESAR, A. R. S.; WERNICK, E.; SOLIANI-JR, E. Evolução geotectônica do Cinturão Dom Feliciano-uma contribuição através da aplicação do modelo de Tectônica de Placas. Em: **Congresso Brasileiro de Geologia**. [S.l.: s.n.], 1982. v. 32, n. 1982, p. 13–23.

HARTMANN, L.; CHEMALE, F.; PHILIPP, R. Evolução geotectônica do Rio Grande do Sul no pré-cambriano. **Ianuzzi R. and Frantz JC.(Org.)**, v. 50, p. 97–123, 2007.

HARTMANN, L. et al. Evolução geotectônica do sul do Brasil e Uruguai entre 3,3 Ga e 470 Ma. Em: **Congresso Uruguaio de Geologia**. [S.l.: s.n.], 1998. v. 2, p. 277–284.

HARTMANN, L. A.; SCHNEIDER, J. O.; MCNAUGHTON, N. J. Detrital zircon U-Pb age data, and Precambrian provenance of the Paleozoic Guaritas Formation, southern Brazilian Shield. **International Geology Review**, Taylor and Francis, v. 50, n. 4, p. 364–374, 2008.

HORBACH, R. et al. **Levantamento de Recursos Naturais. Folha SH.22 Porto Alegre e Parte das Folhas SH.21 Uruguaiana e SI.22 Rio de Janeiro.** [S.l.]: Rio de Janeiro, IBGE, 1986. 29–312 p.

IBGE. **Mapa Exploratório de Solos do Estado do Rio Grande do Sul.** 2002. Acessado em: 06.08.2020. Disponível em: <<https://mapas.ibge.gov.br/tematicos/solos>>.

IBGE, C. d. R. N. e. A. **Manual técnico de geomorfologia.** [S.l.]: Rio de Janeiro, RJ: IBGE, 2009.

JANIKIAN, L. **Evolução paleoambiental do Grupo Camaquã na região de Bom Jardim, sub-bacia Camaquã Central, RS.** Tese (PhD) — Universidade de São Paulo, 2001.

JANIKIAN, L. **Seqüências deposicionais e evolução paleoambiental do Grupo Bom Jardim e da Formação Acampamento Velho, Supergrupo Camaquã, Rio Grande do Sul.** Tese (PhD) — Universidade de São Paulo, 2004.

JANIKIAN, L. et al. The continental record of Ediacaran volcano-sedimentary successions in southern Brazil and their global implications. **Terra Nova**, Wiley Online Library, v. 20, n. 4, p. 259–266, 2008.

JANIKIAN, L. et al. Redefinição do Grupo Bom Jardim (Neoproterozóico III) em sua área-tipo: litoestratigrafia, evolução paleoambiental e contexto tectônico. **Brazilian Journal of Geology**, v. 33, n. 4, p. 349–362, 2003.

JANIKIAN, L. et al. Evolução paleoambiental e seqüências deposicionais do Grupo Bom Jardim e da Formação Acampamento Velho (Supergrupo Camaquã) na Porção Norte da Sub-Bacia Camaquã Ocidental. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 35, n. 2, p. 245–256, 2005.

LEINZ, V.; BARBOSA, A. F.; TEIXEIRA, E. A. Mapa Geológico Caçapava-Lavras. Rio Grande do Sul. **Prod. Min., Publ.**, v. 6, p. 39, 1941.

MATTÉ, V. et al. Petrologia e geocronologia das rochas dioríticas do Platô da Ramada (RS) e relações com o vulcanismo alcalino da Formação Acampamento Velho (Neoproterozóico do Escudo Sul-rio-grandense). **46º Congresso Brasileiro de Geologia, Santos. Anais do 46º Congresso Brasileiro de Geologia**, 2012.

OLIVEIRA, J. M. M. T.; FERNANDES, L. A. D. Estágios finais da evolução do Cinturão Dom Feliciano: Tectônica e sedimentação da Formação Arroio dos Nobres. **SBG, SNET**, v. 3, p. 58–59, 1991.

PAIM, P. S. G.; CHEMALE, F.; LOPES, R. d. C. A Bacia do Camaquã. **Geologia do Rio Grande do Sul**, CIGO/UFRGS Porto Alegre, p. 231–274, 2000.

PAIM, P. S. G.; CHEMALE, F.; WILDNER, W. Estágios evolutivos da Bacia do Camaquã (RS). **Ciência e Natura**, v. 36, n. 3, p. 183–193, 2014.

PAIM, P. S. G.; LOPES, R.; JR, F. C. Aloestratigrafia, sistemas deposicionais e evolução paleogeográfica da Bacia do Camaquã-Vendiano Superior/Ordoviciano Inferior do RS. **Simpósio Sul-Brasileiro de Geologia**, v. 6, p. 39–49, 1995.

PELOSI, A. P. d. M. R. **Evolução Paleogeográfica do Grupo Maricá, Neoproterozóico III do Rio Grande do Sul**. Tese (PhD) — Tese de Doutorado, IGc-USP, 2005.

PELOSI, A. P. d. M. R.; FRAGOSO-CESAR, A. R. S. Proposta de classificação litoestratigráfica para o Grupo Maricá. **Anais**, 2003.

PELOSI, A. P. d. M. R.; FRAGOSO-CESAR, A. R. S. Análise de proveniência, idades U-Pb da fonte, maturidade textural e paleocorrentes do Grupo Maricá (Ediacarano do Rio Grande do Sul). **Revista Brasileira de Geociências**, v. 36, n. 4, p. 733–747, 2016.

PICADA, R. Ensaio sobre a tectônica do Escudo Sul-Rio-Grandense. Caracterização dos sistemas de falhas. Em: **Congresso Brasileiro de Geologia**. [S.l.: s.n.], 1971. v. 25, n. 1971, p. 167–191.

PORCHER, C. A. et al. Passo do Salsinho, Folha SH. 22-YAI-4. CPRM, 1995.

PORCHER, C. A.; LOPES, R. d. C. Cachoeira do Sul: folha SH. 22-YA. CPRM, 2000.

Projeto RADAM Brasil. Folha SH. 22 Porto Alegre e parte das folhas SH. 21 Uruguaiana e SI. 22 Lagoa Mirim. **Rio de Janeiro: Departamento Nacional da Produção Mineral**, 1986.

REMUS, M. et al. SHRIMP U-Pb zircon ages of volcanism from the São Gabriel Block, southern Brazil. **Simpósio sobre vulcanismo e ambientes associados**, v. 1, n. 1999, p. 83, 1999.

RIBEIRO, M. et al. Geologia da quadrícula de Caçapava do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil. **Boletim do DNPM**, v. 127, p. 19–231, 1966.

RIBEIRO, M.; FANTINEL, L. Associações Petrotectônicas do escudo Sul-Riograndense. I. Tabulação e distribuição das Associações Petrotectônicas do escudo do Rio Grande do Sul. 1978.

RIBEIRO, M.; TEIXEIRA, C. Datações de rochas do Rio Grande do Sul e sua influência nos conceitos estratigráficos e geotectônicos locais. **Inheríngia, Série Geológica**, v. 3, p. 109–120, 1970.

ROBERTSON, J. Revision of Stratigraphy and nomenclature of rock units in Caçapava-Lavras Region. **Notas e estudos**, v. 1, n. 2, p. 41–54, 1966.

SANTOS, E. d. et al. Divisão lito-estratigráfica do Eo-Cambriano-Pré-Cambriano Superior do Escudo Sul-Riograndense. **SBG, Congr. Bras. Geol**, v. 30, p. 670–684, 1978.

SANTOS, H. G. dos et al. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. [S.l.]: Brasília, DF: Embrapa, 2018., 2018.

SEMA. **Bacias Hidrográficas**. 2018. Acessado em: 01.07.2020. Disponível em: <<https://www.sema.rs.gov.br/bacias-hidrograficas>>.

SOLIANI, E. **Os dados geocronológicos do Escudo Sul-rio-grandense e suas implicações de ordem geotectônica**. Tese (PhD) — Universidade de São Paulo, 1986.

SOLIANI, E. J.; KOESTER, E.; FERNANDES, L. Geologia isotópica do Escudo Sul-rio-grandense, parte II: os dados isotópicos e interpretações petrogenéticas. **Geologia do Rio Grande do Sul. CIGO-UFRGS**, p. 175–230, 2000.

SOMMER, C. A. et al. Potassic and low- and high-Ti mildly alkaline volcanism in the Neoproterozoic Ramada Plateau, southernmost Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, Elsevier, v. 18, n. 3-4, p. 237–254, 2005.

WILDNER, W.; CUNHA, R. L. Evolução geológica: do paleoproterozóico ao recente. **Geodiversidade do estado do Rio Grande do Sul/Organização Ana Cláudia Viero [e] Diogo Rodrigues Andrade da Silva.– Porto Alegre: CPRM**, 2010.

ZERFASS, H.; ALMEIDA, D. d. P. de 1997. Mapa geológico da região dos cerros do Bugio e Perau, Município de Caçapava do Sul, RS. **Acta Geológica Leopoldensia, Serie Mapas**, v. 20, p. 3–17, 1997.