

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA
CAMPUS CAÇAPAVA DO SUL
BACHARELADO EM GEOLOGIA**

NAUAN MATHEUS BENEDET

**FORMAÇÃO SERRA GERAL, NOROESTE DE SANTA CATARINA:
MAPEAMENTO E PETROLOGIA**

**Caçapava do sul
2022**

NAUAN MATHEUS BENEDET

**FORMAÇÃO SERRA GERAL, NOROESTE DE SANTA CATARINA:
MAPEAMENTO E PETROLOGIA**

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.

Orientadora: Dr^a Delia Del Pilar M. de Almeida

**Caçapava do Sul
2022**

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos
pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do
Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais) .

B465f Benedet, Nauan Matheus

FORMAÇÃO SERRA GERAL, NOROESTE DE SANTA CATARINA:
MAPEAMENTO E PETROLOGIA / Nauan Matheus Benedet.
106 p.

Trabalho de Conclusão de Curso(Graduação)-- Universidade
Federal do Pampa, GEOLOGIA, 2022.

"Orientação: Delia del Pilar Montecinos Almeida".

1. Fácies Cordilheira Alta. 2. Fácies Campo Erê. 3.
Petrografia. 4. Basaltos. 5. Peperitos. I. Título.

NAUAN MATHEUS BENEDET

**FORMAÇÃO SERRA GERAL, NOROESTE DE SANTA CATARINA:
MAPEAMENTO E PETROLOGIA**

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:

18 de março de 2022.

Banca examinadora:

Prof. Dr^a. Delia Del Pilar Montecinos de Almeida

Orientadora

Universidade Federal do Pampa

Prof. Dr^o Vinicius Matté

Universidade Federal do Pampa

Diogo Gabriel Sperandio

Universidade Federal de Minas Gerais



Assinado eletronicamente por **VINICIUS MATTE, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 21/03/2022, às 19:29, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **DIOGO GABRIEL SPERANDIO, Usuário Externo**, em 24/03/2022, às 11:48, 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 26/03/2022, às 10:06, 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 **0760575** e o código CRC **7C575A51**.

Universidade Federal do Pampa, Campus Caçapava do Sul

AGRADECIMENTOS

Não poderia começar estes agradecimentos sem agradecer a Universidade Federal do Pampa, está que é fruto de uma luta de iniciativa popular, resultado de uma política de expansão e interiorização do ensino superior público, gratuito e acima de tudo, de excelentíssima qualidade. Até a chegada deste momento passei por diversas adversidades, como a mais marcante a perda de um dos meus principais pilares, meu querido pai Claudinei, tenho certeza de que sem ele nada disso hoje seria possível, e tenho a plena certeza de onde quer ele esteja, está orgulho da pessoa que me tornei, bem como o profissional imensamente dedicado e competente, por isso, obrigado Pai. A minha mãe Elaine, não tenho palavras para agradecer por todo apoio e suporte nessa jornada, mulher de fibra e coragem, que move montanhas para que eu e minha irmã Nathaly possa alcançar nossos objetivos, sempre fazendo o possível e impossível para nos dar todo o suporte necessário. Agradeço imensamente a minha orientadora Pilar, e carinhosamente apelidada por mim como segunda mãe, a qual foi uma pessoa ímpar na minha jornada acadêmica, mulher a qual tenho orgulho de chamar amiga, está nunca negou esforços para me auxiliar e guiar pelos melhores caminhos da pesquisa e da ciência, pessoa de pulso firme, mas com um coração enorme, que sempre empenhou esforços a mim e todos os colegas da graduação, muito obrigado por tudo. Agradeço imensamente ao meus dois pilares da graduação André e Jean (salaminho), estes foram peças essenciais na minha formação pessoal e profissional, obrigado a todos os momentos de conversa geológica, desabafos e descontração (bora tomar uma?). Agradeço a todo o corpo docente da Universidade Federal do Pampa, cada um com seus diferenciais e peculiaridades, tenho certeza de que levarei estas pessoas, agora colegas de profissão em meu coração, muito obrigado por todas as discussões geológicas e momentos de descontração, Tiago gregory (Greg), Ezequiel Galvão (Zaza), Cristiane Gomes (Cris), Igor Clemente (Jubinha). E claro, não menos importante, a todos os meus amigos da graduação, tenho a imensa certeza que consegui somar em algo na vida de todos da mesma forma que vocês conseguiram contribuir na minha formação pessoal e profissional,

obrigado: Alessandra Carniel, Diogo Sperandio, Anna Clara, Paula Sampaio, Layandra Oliveira, Rennan Cardoso, Ana Strelow, Issacar Barroso, Renê Coutinho, Gabriel Smith (Will), Divino Augusto (Guto), Ana Artine. Claro que não poderia deixar de agradecer ao municio de Caçapava do Sul, minha casa por 6 anos, obrigado por proporcionar tantos momentos únicos e memoráveis, os belíssimos pôr do sol, as paisagens cinematográficas que só a capital da geodiversidade é capaz de proporcionar.

*“This is a mean old world, baby, to live in
by yourself*

*This is a mean old world to live in by
yourself.”*

T-Bone Walker

(Trecho da música *Mean Old World*.)

RESUMO

O presente trabalho apresenta um estudo petrográfico e petrológico das rochas vulcânicas e as feições de interações vulcano-sedimentares da Formação Serra Geral na região de Guaraciaba-SC (Bacia do Paraná). Como objetivos nesta pesquisa buscou-se promover a discussão acerca da evolução entre os derrames, com vistas a compreender sua gênese bem como eventos que condicionam estas rochas vulcânicas, os registros vulcano-sedimentares e os registros hidrovulcânicos presentes na área de estudo. A sistemática do estudo consistiu em atividades de campo, com obtenção de amostras de rochas vulcânicas, vulcano-sedimentares e hidrovulcânicas, bem como fotografias e descrição de feições de importância significativa para o escopo do trabalho. Através da análise mesoscópica, macroscópica e microscópica pode-se caracterizar a ocorrência das fácies Cordilheira Alta e Campo Erê, estas que em geral são caracterizadas pela ocorrência de rochas basálticas, de coloração acinzentada em face fresca, variando entre afanítica a fanerítica fina, bem como, a existência de inúmeros registros de interação vulcano-sedimentar, da mesma forma foi possível constatar a ocorrência de registros hidrovulcânicos, que condicionam inúmeras ocorrências de alteração e mineralização hidrotermal. Deste modo o presente estudo contribuiu para o entendimento petrográfico e petrogenético das rochas e feições pertencentes a Formação Serra Geral.

Palavras-Chave: Fácies Cordilheira Alta; Fácies Campo Erê; Petrografia; Basaltos; Peperitos.

ABSTRACT

The present work presents a petrographic and petrological study of the volcanic rocks and the features of volcano-sedimentary interactions of the Serra Geral Formation in the region of Guaraciaba-SC (Paraná Basin). The objectives of this research were to promote the discussion about the evolution between the spills, to understand their genesis as well as the events that condition these volcanic rocks, the volcano-sedimentary records and the hydrovolcanic records present in the study area. The systematic of the study consisted of field activities, with obtaining samples of volcanic, volcano-sedimentary and hydrovolcanic rocks, as well as photographs and description of features of significant importance for the scope of the work. Through the mesoscopic, macroscopic and microscopic analysis it was possible to characterize the occurrence of the Cordilheira Alta and Campo Erê facies, which in general are characterized by the occurrence of basaltic rocks, with grayish coloration in fresh face, varying from aphanitic to fine phaneritic, as well as, the existence of numerous records of volcano-sedimentary interaction, in the same way it was possible to verify the occurrence of hydrovolcanic records, which condition numerous occurrences of alteration and hydrothermal mineralization. In this way the present study contributed to the petrographic and petrogenetic understanding of the rocks and features belonging to the Serra Geral Formation.

Keywords: Cordilheira Alta facies; Campo Erê facies; Petrography; Basalts; Peperites.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo _____	21
Figura 2 - esquematizando a localização da Província Magmática do Paraná e Etendeka, nos continentes sul-americano e africano, respectivamente. _____	24
Figura 3 - Estrias de fluxo de lava em sedimentos inconsolidados. A linha indica a direção de fluxo. _____	29
Figura 4 - Marca em crescente oriunda do fluxo de lobos de lava tipo pahoehoe. A seta indica o sentido do fluxo. _____	29
Figura 5 - Dique clástico de injeção na formação Serra Geral, Torres, RS. _____	30
Figura 6 – Brecha composta por matriz arenosa e clastos basálticos. _____	32
Figura 7 - Horizonte piroclástico formado por hidrotufos intercalado com derrames de basalto no platô do Deccan. Distrito de Kolhapur, Maharashtra, India. _____	34
Figura 8 - Peperito com matriz areno-siltosa as margens da BR-163. _____	35
Figura 9 - Mapa geológico da área de estudo. _____	40
Figura 10 - Perfis esquemáticos Litofaciológicos da área de estudo. _____	41
Figura 11 - Estruturas de desgaseificação (destaque em vermelho) em basaltos aflorantes no ponto PSG20-05. _____	42
Figura 12 - Afloramento em corte de estrada no ponto PSG20-04. Nota-se porções lobadas bem como algumas djunções incipientes. _____	43
Figura 13 - A) Amostra PSG20-05, onde nota-se a presença de um litoclasto de composição basáltica bem como preenchimento de amígdalas por celadonita a NC. B) Amostra PSG20-11 apresenta arranjo equigranular bem como a presença de óxidos de ferro intersticial a NC. C) Amostra PSG20-10 apresenta arranjo equigranular associado a intensa presença de minerais opacos a ND, possivelmente trata-se de magnetita. D) Amostra de mão do ponto PSG20-04 demonstra textura porfírica fina com a presença de fenocristais de plagioclásio e intensa cloritização. (todas as fotos em lâmina delgada apresentam aumento de 50x). _____	44
Figura 14 – Afloramento em corte de estrada no ponto PSG20-08. Nota-se intensa presença de disjunções tabulares na base e colunares no topo, evidenciando a variação na espessura dos derrames da fácies Campo Erê. _____	46
Figura 15 – A) Amostra PSG20-01A. Demonstra a intensa presença de óxidos de ferro intersticiais bem como a presença de textura pilotaxítica em cristais de plagioclásio. B) Amostra PSG20-01C expõe a presença de óxidos de ferro associado a opacos e cristais de Augita, nota-se uma amígdala preenchida por polimorfos de quartzo (Seta vermelha). C) Amostra PSG20-01H apresenta fenocristal subédrico de Augita (Ag) no centro da foto, nota-se associação de Plagioclásio (Pg) e Epidoto (Ep). (Fotos em 15x). _____	47
Figura 16 – Amostra PSG20-01D apresenta Basalto Vitreo, nota-se ao centro da imagem uma pseudomorfose da Olivina para óxidos de ferro. (Foto em 15x). _____	48

Figura 17 – Amostra PSG20-07 demonstra agregado de fenocristais de Plagioclásio (Pg) e Sanidina (Sd), nota-se coroas de óxidos de ferro em cristais de Augita (Ag) e opacos (Magnetita?).	49
Figura 18 - Ponto PSG20-01, apresenta Peperito, onde em A, apresenta matriz areno-siltosa de composição quartzo-feldspática, já em B, dispõem-se clastos de composição basáltica.	51
Figura 19 - Amostra PSG20-01B. A) Nota-se a presença de Muscovita (seta preta) na porção sedimentar, observa-se a pseudomorfose dos cristais de Olivina (Ol), bem como a presença de óxidos intersticiais em meio a porção vulcânica. B) Demonstra porções de quartzo recristalizados (seta preta, Qz), bem como o contato difuso entre os dois materiais distintos, nota-se ainda a grande presença de óxidos de ferro (seta preta).	52
Figura 20 - Dique clástico (A) de composição areno-siltosa, discordante de pacotes basálticos da Fácies Campo Erê presente no ponto PSG20-01.	53
Figura 21 - Amostra PSG20-01I, demonstra a presença de diques clásticos de preenchimento (A), nota-se leves feições de gradação inversa e normal.	54
Figura 22 – Brecha de peperítica presente no ponto PSG20-16, nota-se em A) material areno-siltoso de coloração avermelhada preenchendo lacunas de B) sendo esta rocha de composição basáltica, com aspecto brechado e intensa presença de vesículas.	55
Figura 23 – Amostra PSG20-16. A) Foto em lâmina delgada a ND, observa-se a presença de perfis de minerais opacos (seta preta). B) Foto em lâmina delgada a NC, observa-se a presença de alguns sucintos perfis de Muscovita (seta preta) orientadas paralelo a laminação.	56
Figura 24 - Hidrotufo presente no ponto PSG20-01, nota-se sobreposto a ele, estruturas lobulares de lava (possivelmente pillow lavas) pertencentes a Fácies Campo Erê.	57
Figura 25 - A) Amostra PSG20-01F, demonstra a intensa palagonitização e oxidação da amostra, observa-se alguns cristalaclastos de minerais opacos, possivelmente Magnetita. B) Amostra PSG20-01G Dispõem de intensa presença de vitroclastos intensamente oxidados e palagonitizados.	58
Figura 26 - Parabrecha Vulcanoclástica de matriz calcítica, presente no ponto PSG20-03.	59
Figura 27 - Amostra macroscópica, nota-se a presença de vesículas e amígdalas.	66
Figura 28 - Amostra a ND, apresenta intensa oxidação e coroas de óxidos em minerais opacos.	67
Figura 51 – Amostra peperítica, nota-se contato difuso entre as porções bem como amígdalas preenchidas por quartzo.	68
Figura 30 - Amostra peperítica a NC, nota-se a presença de Olivinas substituídas para óxidos de ferro bem como o contato variando entre difuso a bem-marcado.	70
Figura 31 - Amostra macroscópica, onde é possível observar através da variação da coloração um perfil bem definido de oxidação da rocha.	71
Figura 32 – Fotomicrografia a ND, nota-se espículas de óxidos de ferro e ferro intersticial.	72
Figura 33 – Amostra macroscópica apresentando contraste de cores de alteração bem como vesículas e amígdalas preenchidas com quartzo e calcita.	73
Figura 34 - Fotomicrografia a NC, nota-se a intensa presença de vidro vulcânico na matriz, bem como pseudomorfose de Olivinas para óxidos de ferro.	74

Figura 35 - Amostra macroscópica, nota-se na amostra de menor dimensão, concreções ferruginosas.	75
Figura 36 - Fotomicrografia a ND, nota-se matriz composta unicamente por óxidos e hidróxidos de ferro.	76
Figura 37 - Amostra macroscópica, nota-se a presença de fraturas conchoidal.	77
Figura 38 – Fotomicrografia a NC, nota-se intensa presença de palagonita disseminada por toda a lâmina.	78
Figura 39 - Amostra macroscópica, nota-se a presença de fraturas conchoidal.	79
Figura 40 – Fotomicrografia a NC, nota-se a presença de vidro vulcânico intensamente palagonitizado, observa-se óxidos e hidróxidos de ferro em meio a matriz.	80
Figura 41 – Fotomicrografia a NC, observa-se ao centro fenocristal de Augita, bem como associação de plagioclásio e Epidoto, cristais amorfos aparecem disseminados (possivelmente magnetita).	81
Figura 42 – Amostra macroscópica, nota-se a presença clasto de composição basáltica intensamente vesiculado, sua matriz é de composição areno-siltosa.	82
Figura 43 – Amostra macroscópica, apresenta interação vulcano-sedimentar, onde a porção sedimentar dispõem de laminação difusa.	83
Figura 44 – Fotomicrografia a NC, observa-se o contato entre a porção ígnea e sedimentar variando entre bem definida a difusa.	84
Figura 45 - Amostra macroscópica, nota-se a intensa presença de vesículas e amígdalas preenchidas por quartzo, calcita e zeólita.	85
Figura 46 - Amostra de composição basáltica completamente afanítica.	86
Figura 47 – Amostra de composição basáltica, nota-se a intensa presença de fenocristais de plagioclásio e Celadonita.	87
Figura 48 – Fotomicrografia a NC, nota-se a presença de óxidos de forma de coroas bem como disseminados pela matriz, há presença de amígdalas preenchidas por Celadonita.	89
Figura 49 - Amostra macroscópica, demonstra a intensa presença de amígdalas preenchidas por Celadonita.	90
Figura 50 – Fotomicrografia a NC, nota-se a presença de litoclastos de composição basáltica e amígdalas preenchidas por Celadonita.	91
Figura 51 – Amostra macroscópica, demonstra a formação de clorita e caulinita como mineral de alteração.	92
Figura 52 – Fotomicrografia a NC, nota-se coroas de óxidos em cristais de Augita, aglomerados de plagioclásio e Epidoto, bem como cristais de sanidina euédrico.	93
Figura 53 - Nota-se o contato bem definido entre a porção ígnea e sedimentar.	94
Figura 54 – Fotomicrografia a NC, nota-se a intensa presença de óxidos na porção ígnea.	95
Figura 55 – Amostra macroscópica, nota-se seu aspecto afanítico e suas cores de alteração em tons de cinza esverdeado.	96

Figura 56 – Amostras macroscópicas, nota-se a presença de pequenas amígdalas preenchidas por Celadonita. _____	97
Figura 57 – Fotomicrografia a ND, nota-se a presença de minerais opacos, possivelmente magnetita, observa-se ainda a presença de coroas de óxidos associada a piroxênios do tipo Augita. _____	98
Figura 58 - Amostra macroscópica, demonstra matriz afanítica, com pequenos fenocristais de piroxênios e plagioclásios. _____	99
Figura 59 – Fotomicrografia a NC, nota-se a presença de óxidos de ferro intersticial e minerais opacos disseminados. _____	100
Figura 60 - Amostra macroscópica, nota-se a presença de clorita e algumas amígdalas preenchidas por Celadonita de forma globular. _____	101
Figura 61 - Fotomicrografia a NC, nota-se a intensa presença de sericita e caulinita dispostas por toda a matriz. _____	102
Figura 62 – Amostra macroscópica, nota-se a presença de intensa alteração associada a caulinitização dos cristais de plagioclásio, observa-se ainda a presença de amígdalas preenchidas por Celadonita. _____	103
Figura 63 - Fotomicrografia a NC, nota-se a presença de fenocristais de Augita com coroas de clorita, nota-se ainda a presença de amígdalas preenchidas parcialmente por aragonita. _____	104
Figura 64 - Amostra macroscópica, demonstra a intensa presença de laminação plano-paralela, esta que se encontra variando entre bem-marcada a descontinua. _____	105
Figura 65 - Fotomicrografia a ND, nota-se a presença de bandas de minerais opacos, bem como a gradação inversa e normal presente nos sedimentos. _____	106

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Evolução das concepções estratigráficas para a bacia do paraná.	23
tabela 2 - Principais aspectos a serem analisados na descrição petrográfica macroscópica.	37

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	18
2.	OBJETIVOS.....	19
2.1.	Objetivos Gerais.....	19
2.2.	Objetivos Específicos	19
3.	JUSTIFICATIVA	20
4.	SITUAÇÃO E LOCALIZAÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO.....	20
5.	ESTADO DA ARTE	22
5.1	Formação Serra Geral.....	23
5.2	Formação Botucatu.....	26
5.3	Interações Vulcano-Sedimentares.....	27
5.3.1	Marcas de fluxo.....	28
5.3.2	Diques clásticos.....	30
5.3.3	Peperitos	31
5.3.4	Xenólitos e apófises	32
5.4	Hidrovulcanismo	33
6	GEOLOGIA LOCAL.....	34
7	METODOLOGIA	36
7.1	Campanha de campo	36
7.2	Estudo Petrográfico	37
7.2.1	Análise Macroscópica e Microscópica.....	37
7.2.2	Seleção de amostras e confecção de lâminas delgadas	38
8	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	39
8.1	Petrografia e Petrologia.....	39

8.1.1 Fácies Cordilheira Alta	41
8.1.2 Fácies Campo Erê	45
8.2 Interações Vulcano-sedimentar	50
8.2.1 Peperitos	50
8.2.2 Diques de clásticos.....	52
8.2.3 Brechas peperíticas.....	54
8.3 Hidrovulcânismo	56
9 CONSIDERAÇÕES FINAIS	59
REFERÊNCIAS	61
APENDICE A - Descrição Macroscópica e Microscópica.....	66

1. INTRODUÇÃO

A Bacia do Paraná é uma extensa bacia sedimentar, desenvolvida durante o Paleozoico e o Mesozoico, em suas porções mais superiores ocorrem derrames vulcânicos da Formação Serra Geral – desenvolvida desde o Cretáceo até o Cretáceo, esta ocupa cerca de 1.500.000 km² dentro do Brasil, Uruguai, Paraguai e Argentina. As idades dos depósitos que a compõem vão desde o Neo-Ordoviciano até o Neocretáceo (Milani et al., 1998).

De modo geral a estratigrafia regional é dada pela sua base através da Formação Botucatu, expressa por pacotes sedimentares eólicos, encoberta pela Formação Serra Geral, representada pelos expressivos derrames vulcânicos. A Formação Botucatu, cujo correspondente africano na Bacia de Etendeka é a porção superior da Formação Etjo (MOUNTNEY et al., 1999), representa um imenso campo de dunas eólicas, com interdunas secas (SCHERER, 1998). Tem uma íntima relação com a Formação Serra Geral, que é o registro do vulcanismo ocasionado pela ruptura do mega continente de Gondwana. A presença de lentes areníticas entre derrames na Formação Serra Geral sugere que as condições desérticas persistiram durante o vulcanismo (MILANI et al., 1998; SCHERER et al., 2000, PETRY et al. 2007). Outras feições são amplamente descritas para toda a bacia, feições de interações Vulcano-sedimentares que são caracterizadas para o contato com os pacotes sedimentares da Formação Botucatu e vulcânicas da Formação Serra Geral, feições de produtos hidrovulcânicos também são apresentadas em trabalhos descritos por Licht (2012).

Nesta pesquisa busca-se abranger a geologia da cidade de Guaraciaba e arredores, no estado de Santa Catarina, através do estudo das rochas correspondentes a Fm. Serra Geral e Botucatu. Pretende-se através da elaboração de perfis litológicos desenvolver um modelo estratigráfico local para as unidades que ali ocorrem, bem como inferir a respeito de seus mecanismos de formação e evolução, uma vez que ali se encontra registrado o contato entre derrames e

materiais siliciclásticos inconsolidados, tal qual a formação de feições características de interação vulcano-sedimentar.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivos Gerais

- Contribuir aos estudos petrográficos e petrológicos da Fm. Serra Geral e Fm. Botucatu na região de Guaraciaba, SC.

2.2. Objetivos Específicos

- Caracterização dos processos geológicos e petrológicos ocorridos na área de estudo;
- Mapeamento geológico em escala 1:50.000 da região de Guaraciaba-SC;
- Confecção de seções delgadas das rochas que compõem a variação litológica local;
- Petrografia das rochas vulcânicas e das interações Vulcano-sedimentares da região;
- Gerar uma seção estratigráfica da área estudada, a fim de definir o empilhamento faciológico local.

3. JUSTIFICATIVA

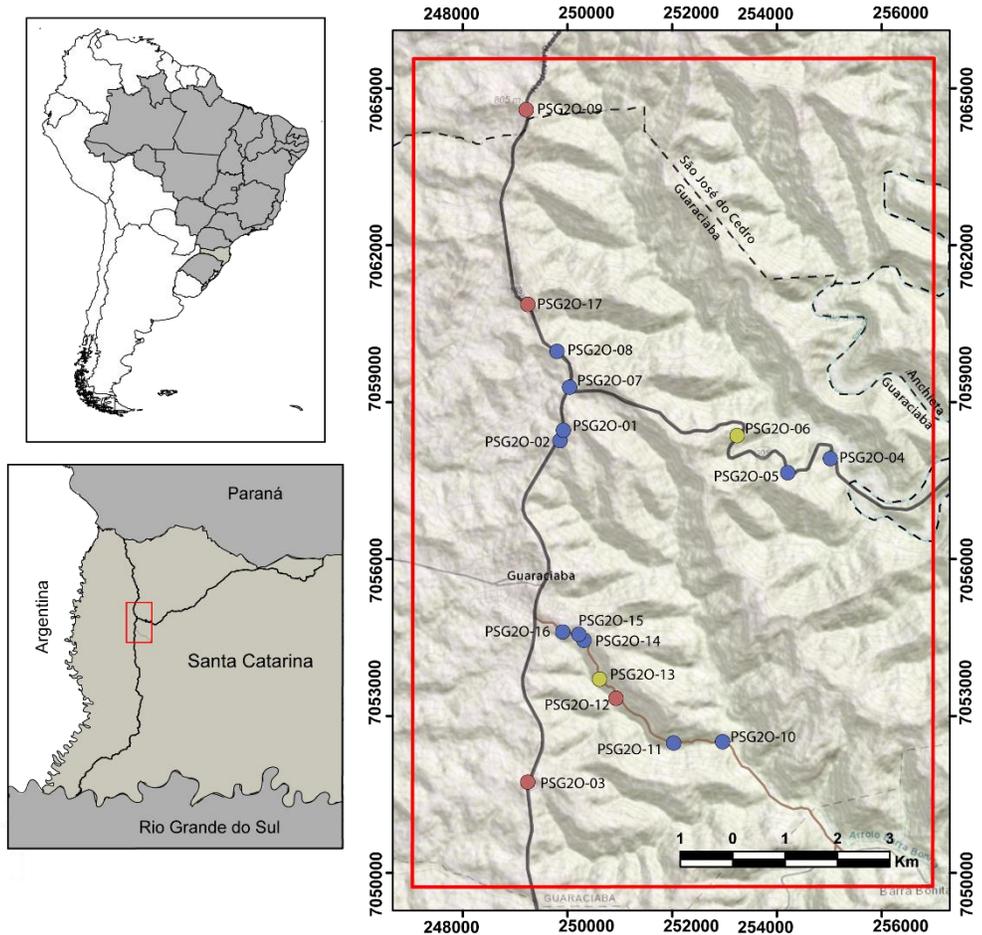
Diversos autores vêm estudando a Formação Serra Geral e seu contexto evolutivo, seja através da caracterização geoquímica, geotectônica bem como estratigráfica (FODOR 1987; HAWKESWORTH *et al.*, 1992; MANTOVANI *et al.* 1985; STEWART *et al.*, 1996; PICCIRILLO *et al.* 1988; RENNE *et al.* 1992; TURNER *et al.* 1994; WAICHEL *et al.*, 2006). No entanto, é desconhecido o estudo estratigráfico e evolutivo da área em estudo proposta neste trabalho, pelo simples fato da complexidade e dimensão da formação em questão, onde os trabalhos realizados, em geral os trabalhos na região em estudo possuem escalas regionais, muitas vezes deixando passar despercebido feições e estruturas de grande valia.

A principal justificativa deste estudo se fundamenta na ideia de propor uma visão em detalhe da área em questão, área esta que através dos estudos de campo, demonstrou um potencial significativo no que se refere as características petrográficas, texturais e petrológica das rochas nesta região, o que permitirá trabalhos futuros e aplicação de novas metodologias, deste modo, apresentar um estudo inédito sobre a petrografia e estratigrafia das rochas vulcânicas e interações vulcano-sedimentares da região de Guaraciaba-SC.

4. SITUAÇÃO E LOCALIZAÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO

A área de estudo situa-se no extremo oeste de Santa Catarina, no município de Guaraciaba (fig. 1), 43 km a norte do município está localizado a divisa com o estado do Paraná, a sul a cerca de 75 km encontra-se o rio Uruguai e a divisa com o estado do Rio Grande do Sul e a aproximadamente 25 km a oeste localiza-se a fronteira brasileira com a Argentina. A área de estudo é cortada de norte a sul pela BR-163, a principal rodovia da região.

Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo



LEGENDA

- | | | | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
|  | Área de estudo |  | Santa Catarina |  | Ponto com Amostra |
|  | Estradas vicinais |  | Brasil |  | Ponto com Amostra e Lâmina |
|  | Rodovias |  | América do Sul |  | Ponto sem Amostra |

Fonte: Autor (2020).

5. ESTADO DA ARTE

No decorrer da Era Mesozoica, o supercontinente Gondwana se tornou alvo de uma extensa atividade vulcânica, que originou derrames expressivos ao longo do continente. Subsequentemente, devido a processos distensivos da crosta litosférica, desencadeou-se a fragmentação da grande massa continental, originando novas bacias oceânicas. Por outro lado, a gênese da província cretácea do Paraná e do Etendeka são anteriores a formação da parcela sul do Oceano Atlântico (NARDY et al.2008).

De forma geral, todas essas províncias magmáticas expressivas são caracterizadas como LIPs - *Large Igneous Provinces* (COFFIN & ELDHOLM, 1994), onde geralmente dispõem de características anômalas, como por exemplo a natureza toleítica, a distribuição por longas áreas, um vasto espessamento do derrame, onde tudo isso ocorre em um curto espaço de tempo (alguns poucos milhões de anos). Desta forma, a Formação Serra Geral se torna a mais expressiva dentre todas, devido ao seu vasto espessamento, podendo atingir cerca 1500m no depocentro da bacia, bem como sua distribuição, onde no Brasil encontra-se registrado cerca de 95% deste evento, que recobre aproximadamente 75% da Bacia do Paraná (MILNER et al.,1995).

A tabela 1 abaixo apresenta as diferentes unidades que preencheram a Bacia do Paraná definidas por diferentes autores.

Tabela 1 - Evolução das concepções estratigráficas para a Bacia do Paraná.

White (1908)		Gordon Jr. (1947)		Andreis <i>et al.</i> (1980)		Faccini (1989)
Série São Bento	Rochas eruptivas da Serra Geral	Série São Bento	Formação Serra Geral	Grupo São Bento	Formação Serra Geral	Seqüência IV
	Grês de São Bento		Arenito Botucatu		Formação Botucatu	
	Camadas vermelhas do Rio do Rasto	Série São Bento	Formação Santa Maria	Grupo Rosário do Sul	Formação Caturrita	Seqüência III (Arenito Mata)
			Formação Rio do Rasto		Formação Santa Maria	Seqüência II
				Formação Sanga do Cabral	Seqüência I	

----- Contato concordante
 ————— Contato discordante

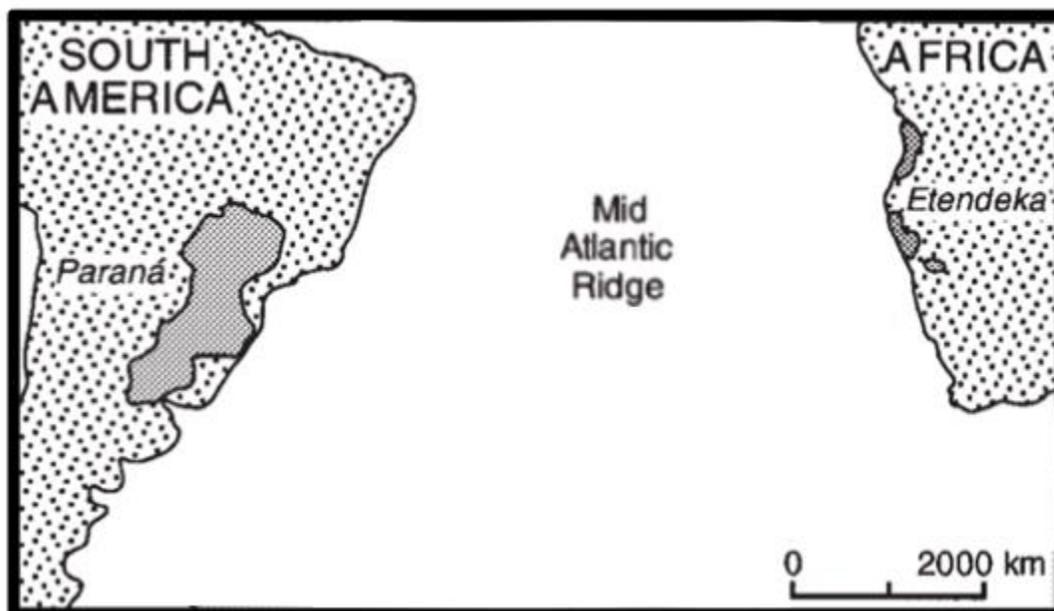
Fonte: Adaptado de Scherer et. Al. (2000).

5.1 Formação Serra Geral

A Província Vulcânica Paraná-Etendeka representa o topo da sequência estratigráfica da Bacia do Paraná, onde recobre cerca de 1.280.000 km², sua espessura varia entre 600 e 800 metros, podendo atingir até 1500 metros no depocentro da bacia. Na América do Sul ocupa cerca de 1.200.000 km² (fig. 2), sendo distribuídos pelo Centro-Oeste e Sul do Brasil (Formação Serra Geral), Norte da Argentina (Membro Posadas da Formação Curuzú), Sudeste do Paraguai (Formação Alto Paraná) e Leste do Uruguai (Formação Arapey) (POLO, 2014). De forma geral, estas rochas vulcânicas da Formação Serra Geral estão sobrepostas aos arenitos eólicos pertencentes a Formação Botucatu, porém há ocorrências de contato direto com rochas Permo-triássicas da Bacia do Paraná bem como o próprio

embasamento cristalino nas porções distais da bacia (ROISENBERG & VIERO, 2000).

Figura 2 - esquematizando a localização da Província Magmática do Paraná e Etendeka, nos continentes sul-americano e africano, respectivamente.



Fonte: Modificado de Peate et al. (1999).

Nardy (1995) ressalta que, os derrames basálticos em geral apresentam espessuras individuais variáveis entre 10 até 90 metros, desenvolvendo sequências que superam a marca de 1.000 metros de espessura, enquanto as porções ácidas não superam a marca de 20 a 80 metros, onde formam no máximo sequências de até 400 metros de espessura.

As idades para a Formação Serra Geral foram primeiramente aferidas por Amaral et al., (1967), onde foi constatado através do método K/Ar um intervalo entre 147 a 119 Ma, desta forma o ápice do vulcanismo ocorreu em aproximadamente 125 Ma, porém outros trabalhos (RENNE *et al.*, 1992a, 1996a, b; TURNER *et al.*, 1994; ERNESTO *et al.*, 1999, 2002; MINCATO *et al.*, 2003) sugerem um pico de atividade entre 133 e 130 Ma através do método $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$, desde então esta metodologia vem ganhando mais adeptos, desta forma

corroborando para um intervalo temporal de aproximadamente 10 a 12 Ma para a Formação Serra geral, indo de 138 Ma até 127 Ma, desse modo, estando temporalmente localizado no Cretáceo inferior.

Renne et al. (1992a, 1992b, 1996b) sugerem através de suas datações pelo método $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$, que o magmatismo da Formação Serra Geral teve um caráter migratório de sul para norte, visto que a porção sul da Bacia do Paraná apresenta idades entre $131,4 \pm 1,6$ Ma a 132,9 Ma enquanto a porção norte apresenta um caráter mais jovem, onde ocorrem rochas datadas entre $129,9 \pm 0,1$ Ma e $131,9 \pm 0,9$ Ma.

De forma geral, as rochas da Formação Serra Geral dispõem de um caráter bimodal constituído por uma série de derrames de lavas básicas toleíticas, intercaladas com lavas ácidas na porção mais superior do derrame. Este vulcanismo pode ser dividido em três grandes províncias, a partir da sua assinatura geoquímica em relação aos conteúdos de TiO_2 e P_2O_5 (MANTOVANI *et al.* 1985; FODOR 1987; PICCIRILLO *et al.* 1988): (1) Bacia do Paraná Sul, onde está localizada a sul do lineamento definido pelo Rio Uruguai, (2) Bacia do Paraná Norte, situada a norte do lineamento definido pelo Rio Piquiri e (3) Bacia do Paraná Central, estabelecida entre os lineamentos definidos pelo Rio Piquiri e Rio Uruguai. Para a porção norte da bacia denota-se altos teores de TiO_2 ($>3,0\%$) e um enriquecimento de P_2O_5 ($>0,3\%$), já a porção sul é caracterizada pelo seu baixo conteúdo em TiO_2 ($<2,0\%$), enquanto a porção central da bacia, está em que se encontra a área de estudo do presente trabalho, é reconhecida por seu caráter transicional, onde ocorrem rochas com características de alto- TiO_2 e baixo- TiO_2 , bem como basaltos com valores transicionais de TiO_2 (ROISENBERG & VIERO, 2000).

Os registros ácidos da Formação Serra Geral ocorrem intercalados aos membros basálticos, Nardy et al. (2002) propuseram a inclusão de duas novas unidades litoestratigráficas, desta forma, também representam dois magmas-tipo, onde são denominados de membro Palmas e Chapecó. Ambos os membros têm sua gênese correlacionada a fusão parcial dos membros basálticos, onde o membro Palmas dispõe de características de baixos teores de TiO_2 , enquanto o membro

Chapecó apresenta um caráter com altos teores de TiO_2 . Corroborando a estas informações, Nardy (1995) destaca a presença do membro Palmas na porção sul da Bacia do Paraná, enquanto o membro Chapecó dispõe-se na porção centro-norte, dando continuidade aos trabalhos de classificação das três grandes províncias da Formação Serra Geral (MANTOVANI *et al.* 1985; FODOR 1987; PICCIRILLO *et al.* 1988). Dentre os trabalhos precursores destacam-se os levantamentos feitos por Guimarães (1933) e Leinz (1949) o qual elaboraram uma detalhada descrição geológica e petrológica destes derrames.

Embora as diversas controvérsias entre autores quanto à forma e as feições extrusivas destes derrames (ácidos e básicos), Peate *et al.* (1992) destaca características comumente associados a fluxos de lava bem como feições de autobrecha, além disto destaca-se a preservação local de algumas texturas piroclásticas, o que sugerem um estilo ignimbrítico de erupção, corroborando e correlacionando com as unidades interpretadas por Milner (1986), no qual destaca densos fluxos de cinza de alta temperatura e/ou reoingnimbritos os quais foram sujeitos a um fluxo viscoso, semelhante a lava, presentes nas unidades de Etendeka.

5.2 Formação Botucatu

A Formação Botucatu, cujo correspondente africano na Bacia de Etendeka é a porção superior da Formação Etjo (MOUNTNEY *et al.*, 1999), representa um imenso campo de dunas eólicas, com a presença de interdunas secas (SCHERER, 1998). Ainda que uma idade mais precisa para o início da sedimentação eólica não seja conhecida, sua intrínseca relação com a Formação Serra Geral sugere que sua deposição ocorreu em um pequeno espaço temporal, cerca de apenas algumas centenas de milhares de anos (SCHERER, 1998). A presença de lentes de arenito intercaladas na Formação Serra Geral sugere que as condições desérticas persistiram durante o início do vulcanismo (MILANI *et al.*, 1998; SCHERER *et al.*, 2000). Fernandes *et al.* (2014) ressalta uma possível presença

de ambientes interdunas úmidos (estes que são peça fundamental na gênese de peperitos), através da identificação de icnofósseis de seis diferentes grupos de dinossauros que percorriam essa região. Segundo Stewart et al., (1996) através do método $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ obteve idades próximas a 138 Ma para a base da Formação Serra Geral, está que serve como limite superior para a Formação Botucatu.

Em termos litológicos, a Formação Botucatu é definida pela presença de arenitos de coloração avermelhada, com granulometria variando de fina a média, onde em geral apresenta grãos foscos de quartzo (FACCINI, 1989). Em termos estruturais, nota-se a grande presença de estruturas estratificadas, sejam elas, cruzadas acanaladas, planares bem como cunhas planares. Em geral dispõem-se em grande porte, refletindo dunas barcanas simples e complexas, dunas lineares complexas, onde nota-se a presença de laminação do tipo *ripple* associadas a estruturas plano-paralelas e cruzadas acanaladas, representando feições de ambientes interdunas (FACCINI, 1989).

5.3 Interações Vulcano-Sedimentares

Interações vulcano-sedimentares são caracterizadas para o contato dos derrames com os pacotes sedimentares da Formação Botucatu, bem como, feições de produtos hidrovulcânicos também são apresentadas por Litch (2012).

De modo geral estas feições ocorrem quando um determinado magma interage com um ambiente sedimentar ativo, em deposição ou recém depositado, gerando feições únicas que caracterizam sua intrínseca relação de contemporaneidade. Derrames, fluxos piroclásticos e intrusões rasas (diques e soleiras) podem gerar tais feições, desde que encontrem em seu caminho sedimentos inconsolidados ou muito pouco consolidados, característicos de ambientes sedimentares ainda em fase de deposição, mesmo em porções que já sofreram algum soterramento.

Como exemplos de interações vulcano-sedimentares pode-se mencionar: Marcas de fluxo, Diques clásticos, Brechas vulcano-sedimentares (peperitos), xenólitos e apófises.

Scherer (1998, 2000) descreveu feições de interação vulcano-sedimentar para o contato da Formação Botucatu com o Vulcanismo Serra Geral, e destaca a presença de estrias de fluxo e marcas em crescente, além da presença de peperitos (ainda que tenha sido chamado apenas de brecha). A presença de uma brecha com constituintes sedimentares e vulcânicos (peperito) também foi notada na região de Salto do Jacuí-RS por Heemann & Strieder (2000), bem como em Torres-RS por Petry (2007), onde nota-se o contraste litológico e textural entre os constituintes que a compõem. Aqueles ainda ressaltam a existências de estruturas macroscópicas e microscópicas que evidenciam estas interações. Wildner *et al.* (2002) e Waichel *et al.* (2006) notaram a presença de diques clásticos e peperitos na Formação Serra Geral no oeste do estado do Paraná.

5.3.1 Marcas de fluxo

Quando ocorre o derrame de lava sobre sedimentos inconsolidados, este acaba deixando registros sobre sua direção, seja através de estrias de fluxo ou marcas em crescente, bem como formas de leito, estas que dificilmente ficam preservadas.

As estrias são oriundas do atrito entre a lava ainda fluida sobre os sedimentos inconsolidados. Apresentam em geral formas subparalelas (fig. 3) e com pouco espaçamento entre si (<1 cm) e pouco profundas (± 1 mm), onde representam a direção do fluxo, porém sem indicar seu sentido (JERRAM & STOLLHOFEN, 2002; SCHERER, 2002).

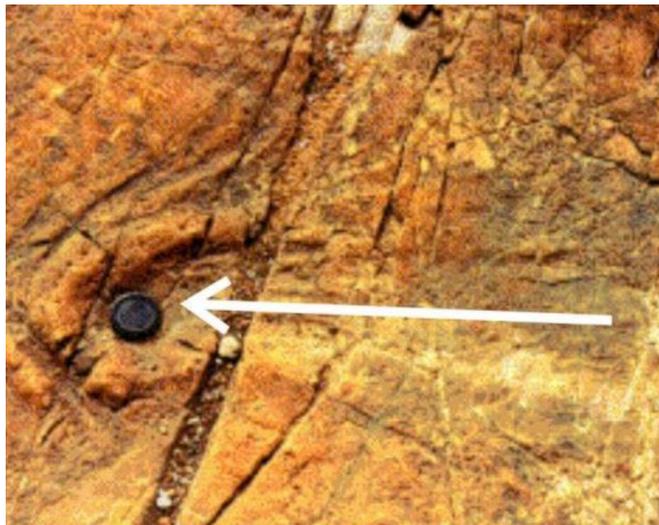
Figura 3 - Estrias de fluxo de lava em sedimentos inconsolidados. A linha indica a direção de fluxo.



Fonte: Jerram & Stollhofen, (2002).

O sentido de fluxo só é possível de ser preservado quando ocorre a presença de marcas em crescente, formadas pelo avanço de lobos de lava do tipo *pahoehoe*, onde acabam deformando os sedimentos inconsolidados, de tal modo que acaba gerando uma forma convexa da forma em crescente (fig. 4) (JERRAM & STOLLHOFEN, 2002).

Figura 4 - Marca em crescente oriunda do fluxo de lobos de lava tipo *pahoehoe*. A seta indica o sentido do fluxo.



Fonte: Jerram & Stollhofen, (2002)

Vale ressaltar que estas estruturas apesar de indicarem indiretamente a direção e sentido do fluxo, podem não atestar fielmente tais direções, uma vez que

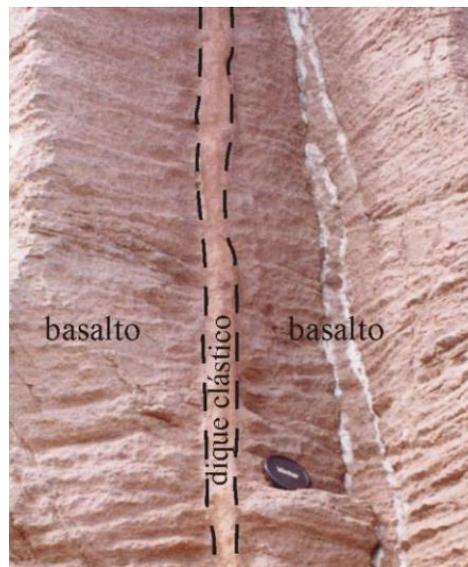
as lavas fluidas acabam sendo condicionadas a ficarem confinadas primeiramente em regiões de relevo mais deprimidos, onde acabam sendo controladas pelo paleo-relevo da região (SCHERER, 2002).

5.3.2 Diques clásticos

Diques clásticos são estruturas de caráter planar discordantes do pacote onde encontram-se inseridos. Estes podem ter sua gênese relacionado a injeção de sedimentos úmidos ou por preenchimento superior através de fraturas.

Os diques formados pela injeção de sedimentos úmidos são formados quando há presença de material inconsolidado úmido e este é sobreposto por um derrame, quando este derrame se resfria, acaba desenvolvendo fraturas e/ou disjunções na maioria das vezes horizontais devido a contração, deste modo ocorre um alívio de pressão no material inconsolidado de modo que se desloca através destas fraturas a preenchendo com o material inconsolidado (fig. 5).

Figura 5 - Dique clástico de injeção na formação Serra Geral, Torres, RS.



Fonte: Petry, (2007).

Já os diques clásticos de preenchimento ocorrem quando há o preenchimento destas fraturas e/ou disjunções pela porção superior do derrame

consolidado, de modo que ocorre a migração de sedimentos que recobrem o derrame e porventura preenchem estas lacunas.

5.3.3 Peperitos

Existem diversos tipos de brechas, algumas são compostas unicamente por integrantes vulcânicos, entretanto quando a lava fluida ou pouco litificada encontra-se com sedimentos inconsolidados ou pouco consolidados, pode ocorrer a mistura destes materiais, onde dá a origem a uma brecha com matriz composta por sedimentos e o material mais grosseiro composto por clastos de lava (Fig. 6).

Esta fragmentação do magma que origina a brecha é facilitada quando há presença de água, causando explosões freatomagmáticas, desintegrando o magma e causando a mistura com sedimentos, porém a presença de água não é imprescindível para a gênese destes depósitos, tendo em vista que os próprios derrames do tipo *aa* já são suficientes para desintegrar-se parcialmente. Outro fator que acaba por auxiliar na desintegração da lava é a presença de um alto gradiente topográfico, visto que o aumento da velocidade da lava acaba por auxiliar na sua desintegração (SCHERER, 1998). Deste modo a gênese destas brechas ocorrem quando a lava desintegrada é arrastada pelo substrato sedimentar, causando uma mistura de origem dinâmica.

Figura 6 – Brecha composta por matriz arenosa e clastos basálticos.



Fonte: Jerram & Stollhofen (2002).

5.3.4 Xenólitos e apófises

São termos amplamente aplicados nos contextos de grandes intrusões profundas, bem como em rochas metamórficas de alto grau, entretanto podem ser associados a intrusões rasas de menor volume.

Xenólitos são pedaços oriundos da rocha encaixante que acabam por ser englobados pela intrusão durante sua ascensão.

Apófises são ramificações de intrusões, estas associadas a diques e/ou soleiras e que demonstram a natureza intrusiva do magma.

5.4 Hidrovulcanismo

A principal distinção entre os eventos hidrovulcânicos e as erupções magmáticas convencionais se dá pelo fator condicionante, onde as convencionais são subordinadas pela interação de gases magmáticos juvenis com magmas intermediários a ácidos, já os eventos hidrovulcânicos se dão pela interação de geofluidos¹ externos com magmas básicos (LITCH, 2012).

É necessário se ter ciência em relação ao ambiente geológico em que estes fluidos se encontram situados, em que a água presente neste magma se encontra sob alta temperatura e elevada pressão confinante. Tendo em vista estes fatores, este comporta-se como um fluido supercrítico, isto significa que este geofluido apresenta a capacidade de difundir-se através de sólidos como um gás e dissolver sólidos como um líquido, da mesma forma, sua densidade e seu poder corrosivo também se potencializam (LITCH, 2012).

Um dos principais produtos gerados por estes eventos são os tufos, ou hidrotufos (Fig. 7), segundo Sumner e Widdowson (2011) estes depósitos são descritos como *red boles*, estes que representam depósitos piroclásticos, tendo em vista o resultado de suas análises petrográficas, já a alteração destas feições, principalmente por geofluidos, dá origem à palagonita, esta que é um mineraloide hialoclástico, sendo um dos principais condicionantes para a coloração avermelhada destes depósitos, desta forma, estes depósitos representam horizontes piroclásticos intemperizados.

¹ Geofluidos são compostos principalmente de águas subsuperficiais associada a elementos químicos provenientes das rochas em que estes fluidos estão inseridos.

Figura 7 - Horizonte piroclástico formado por hidrotufos intercalado com derrames de basalto no platô do Deccan. Distrito de Kolhapur, Maharashtra, Índia.



Fonte: Ghosh *et al* (2006).

6 GEOLOGIA LOCAL

Freitas *et al.* (2002) descreve para a região de estudo do presente trabalho uma sequência de empilhamento definida entre inferior, intermediária e superior. Na porção inferior destaca-se a presença dos Basaltos Campos Novos, onde em geral dispõem-se basaltos e basaltos-andesíticos constituídos por espessos derrames. Na porção intermediária se faz presente as rochas ácidas Palmas/Caxias, onde encontra-se riolitos e riodacitos afíricos com a presença de disjunções horizontais e feições de fluxo bem delimitadas. Já a porção sobreposta denominada de Chapecó, dispõem de dacitos, riodacitos e traquitos porfiríticos, intercalados com arenitos "intertraps"² bem como autobrechas. A porção superior é composta pelos basaltos Cordilheira Alta, onde apresentam derrames espessos, eventualmente vítreo e micro-vesicular, que dispõem em sua base feições de interação vulcano-sedimentar. Por fim no topo da sequência se faz presente os basaltos Campo Erê, onde dispõem-se intercalados com materiais sedimentares epiclásticos finos,

² São lentes ou camadas oriundas de sedimentos inconsolidados que foram preservados entre derrames vulcânicos.

arenitos, conglomerados e brechas peperíticas. Associado ao topo da sequência, Freitas *et al.*(2002) destacam a presença de brechas peperíticas na localidade de São José do Cedro, as margens da BR-163, município a norte da área do presente estudo. Estes ainda ressaltam que a brecha peperítica (fig. 8) apresenta feições típicas do contato entre derrames dos Basaltos Campo-Erê, evidenciando a matriz fina composta por areias muito finas e siltes.

Figura 8 - Peperito com matriz areno-siltosa as margens da BR-163.



Fonte: Litch et. al. (2012).

7 METODOLOGIA

De forma geral todo o estudo se baseou na coleta de dados em campo e análises posteriores em laboratório, com o intuito de realizar uma integração dos dados obtidos, desta forma este tópico dividiu-se em: 1) *Campanha de campo*; 2) *Estudo petrográfico* (englobando todos os aspectos de análise macroscópica e microscópica, bem como a seleção de amostras e confecção de secções delgadas).

Deste modo, nos tópicos abaixo serão mencionadas as metodologias utilizadas nesta pesquisa.

7.1 Campanha de campo

A campanha de campo (PSG20-XX) fora realizada em duas etapas, a primeira (29/07/2019) ocorreu com o intuito de reconhecimento da área e busca por afloramentos que apresentassem feições expressivas para o presente estudo. A segunda etapa ocorreu em dois dias (17/12/2019 e 18/12/2019), onde fora realizado o mapeamento da região de estudo, visando ser o mais representativo em questão de pontos de amostragem, totalizando 17 afloramentos. Para esta etapa foi utilizado a base topográfica matricial Anchieta, folha SG-22-Y-A-V-1 e São Miguel do oeste, folha SG-22-Y-A-IV-2, ambas na escala 1:50.000 (Exército Brasileiro) situadas no DATUM WGS84 zona 22J.

Deste modo, a campanha visou a descrição das principais estruturas, variações mineralógicas e texturais entre os pacotes vulcânicos, a coleta de um total de 20 amostras (vulcânicas, hidrovulcânicas e vulcano-sedimentares), para assim, correlacionar estas distintas litologias estratigraficamente através de três perfis, sendo um de orientação norte-sul e dois de orientação leste-oeste.

7.2 Estudo Petrográfico

Cada rocha apresenta suas peculiaridades petrográficas, estas estão intimamente relacionadas ao seu processo de formação, seja vulcânica através do resfriamento do magma, ou sedimentar, por meio da diagênese. Desta forma, os principais agentes da diferenciação magmática são imprescindíveis para o entendimento da gênese destas rochas vulcânicas, bem como as feições desenvolvidas pela interação entre os pacotes vulcânicos e sedimentares. Considerando estes aspectos, se torna imprescindível o conhecimento das principais texturas e estruturas das rochas, bem como seu arranjo mineralógico afim de facilitar o entendimento de seus processos petrogenéticos.

7.2.1 Análise Macroscópica e Microscópica

A abordagem realizada no presente estudo, se baseia na descrição dos principais aspectos encontrados nas rochas investigadas, a partir de feições macroscópicas, bem como, da assembleia mineralógica a nível microscópico, analisada com o auxílio do microscópio de luz polarizada. A metodologia da análise se baseia na Tabela 2:

Tabela 2 - Principais aspectos a serem analisados na descrição petrográfica macroscópica.

1 - Aspecto Geral da Rocha:	Descrição geral da rocha em termos de tamanho, grau de alteração (baixo, moderado ou alto), suas cores nas superfícies fresca e alterada.
2 – Mineralogia	Descrição (em termos de tamanho, características etc.) de cada um dos constituintes minerais, sua classificação e sua distribuição percentual na rocha.
2.1 - Grau de Perfeição	Euédrico, subédrico ou anédrico.
2.2 – Hábito	Equidimensional, tabular, lamelar, prismático, esquelético etc.
2.3 - Outras propriedades características	Cor, zonação, alteração, inclusões, magnetismo etc.
3 - Grau de Cristalização	Holocristalina - Predomínio de minerais; Hipocristalina - Predomínio de minerais sobre vidro vulcânico; Hipohialina - Predomínio de vidro sobre minerais; Holohialina - Predomínio de vidro (podendo ser: Vitrófiro: nome

	genérico; Obsidiana: Brilho vítreo; Pitchstone: brilho resinoso; Perlito: Vidro cinza (hidratado) com fraturas circulares).
4 – Granulação	Afanítica (minerais não distinguíveis a olho nu): Microcristalina (micrólitos vistos ao microscópio. Fanerítica (minerais distinguíveis a olho nu): Muito fina (<0,5mm); Fina (0,5 – 1mm); Média (1 – 3mm); Grossa (0,3 – 1cm); Muito Grossa (>1cm).
5 - Arranjo entre os minerais	Equigranular (muito fino, fino, médio, grossa, muito grossa); Inequigranular, dividida em: Porfírica - presença de fenocristais ou megacristais; Vitrofirica - fenocristais envolvidos por vidro; Glomeroporfírica; Seriada e Poiquilitica/ofítica.
6 - Texturas que expressam orientação	Traquítica - dividida em Pilotaxítica (matriz cristalina) e Hialopilitica (matriz vítrea); Spinifex - orientação de cristais aciculares de olivina e piroxênio.
7 - Texturas que expressam intercrescimento	Pertítica/Antipertítica - exsolução de Na (Albita)/exsolução de K (ortoclásio); Simplectítica - Intercrescimento com hábito vermicular
8 - Texturas cumuláticas	Ortocumulato - crescimento adicional da fase cumulus pós-decantação em sistema fechado; Adcumulato - Crescimento adicional da fase cumulus pós-decantação em sistema aberto; Heterocumulato - crescimento adicional da fase intercumulus poiquiliticamente
9 – Estruturas	
9.1 - Relacionadas a Escape de gases	Amígdala/Vesícula - Preenchida/Vazia; Litofise - Cavidade em esferulito; Púmice (magma ácido); Escória (magma básico)
9.2 - Relacionadas à Movimento da Lava	Foliação de fluxo/lineação de fluxo/dobra de fluxo; Brecha de derrame (textura jigsaw-fit); Blocos (derrame aa) /lava em corda (derrame pahoehoe); Peperito (interação lava e sedimento úmido)
9.3 - Relacionadas a resfriamento Sin/Pós-deposicional	Diaclase - junta ou disjunção tabular ou colunar; Entablamento - disjunção curvada; Fratura conchoidal; Perlito - microfratura conchoidal; Almofada - ambiente subaquoso; Esferulito - devitrificação; Soldagem (em piroclásticas) - classificada em: Incipiente, moderada e densa (razão comp./larg: 1:1 a 2:1 / 3:1 a 5:1 / e >5:1 respectivamente) (soldagem moderada/densa: textura eutaxítica. Se reomórfico: parataxítica)
9.4 - Estrutura maciça	Se não houver nenhuma estrutura
9.5 - Estruturas tectônicas	Ex.: Foliações
10 – Classificação	Classificação da rocha através dos diagramas Streckeisen e Classificações IUSGS

Fonte: Matté, 2016. (adaptado)

As 20 amostras obtidas em campo, foram estudadas in situ e posteriormente em laboratório com o auxílio de lupa de mão.

7.2.2 Seleção de amostras e confecção de lâminas delgadas

A seleção de amostras para laminação se deu a partir da diferenciação entre as principais litologias, da forma que fosse o mais representativo e expressivo em

relação as variações litológicas encontradas. Considerando os parâmetros enunciados foram selecionadas 18 amostras para laminação, as quais foram laminadas no laboratório de laminação da UNIPAMPA, e posteriormente estudadas no microscópio de luz polarizada.

As lâminas, foram confeccionadas no laboratório de laminação da Universidade Federal do Pampa (Unipampa), deste modo, as amostras previamente selecionadas foram cortadas, impregnadas com resina e posteriormente coladas ao vidro, para que desta forma fossem desbastadas e polidas até a espessura ideal de 30 micras.

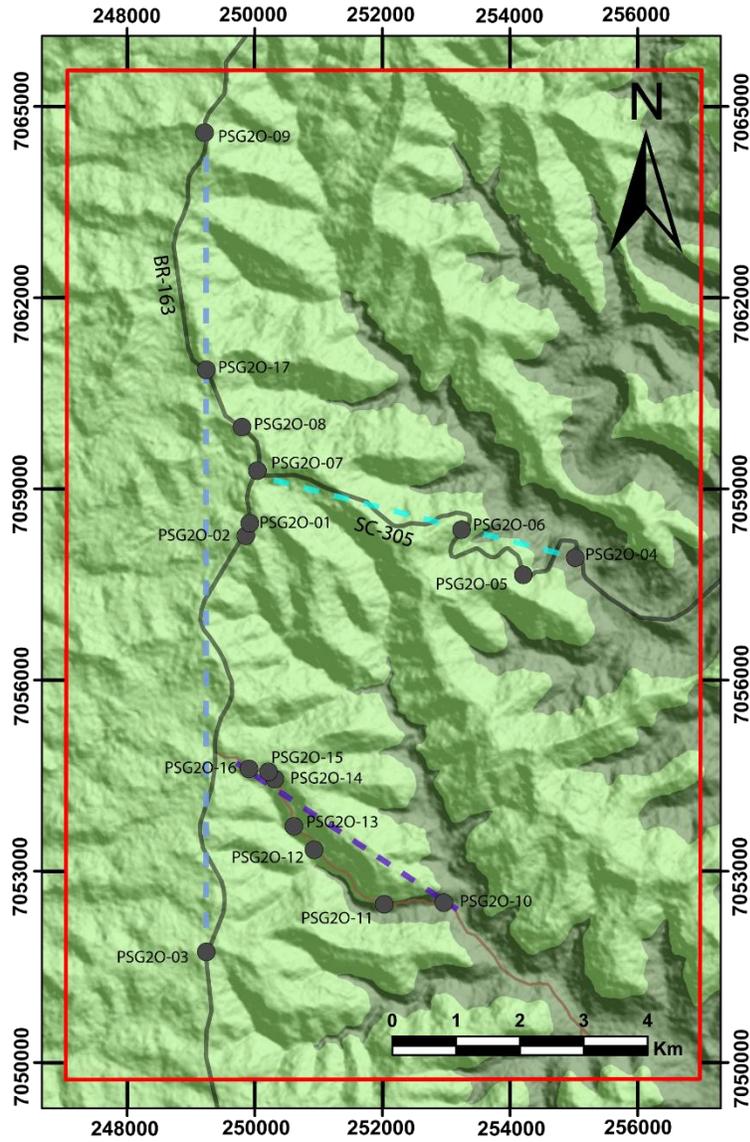
8 RESULTADOS E DISCUSSÕES

8.1 Petrografia e Petrologia

A campanha de campo realizada demonstrou um grande potencial, visto as variedades litológicas encontradas na área de estudo. Foi observado uma predominância de rochas basálticas, geralmente com textura afanítica, apresentando por vezes estruturas de escape de gases (vesículas), estas em alguns casos exibem-se preenchidas (amígdalas) por quartzo, calcita, celadonita e zeólita. Nota-se ainda uma ampla ocorrência de interações vulcano-sedimentar (peperitos), bem como algumas ocorrências locais de produtos de hidrovulcanismo.

Ao todo foram identificados duas Fácies da Formação Serra Geral (Fig.9 e Fig. 10), sendo a porção basal definida como Fácies Cordilheira Alta, e a porção superior, sendo a mais expressiva, definida como Fácies Campo Erê.

Figura 9 - Mapa geológico da área de estudo.

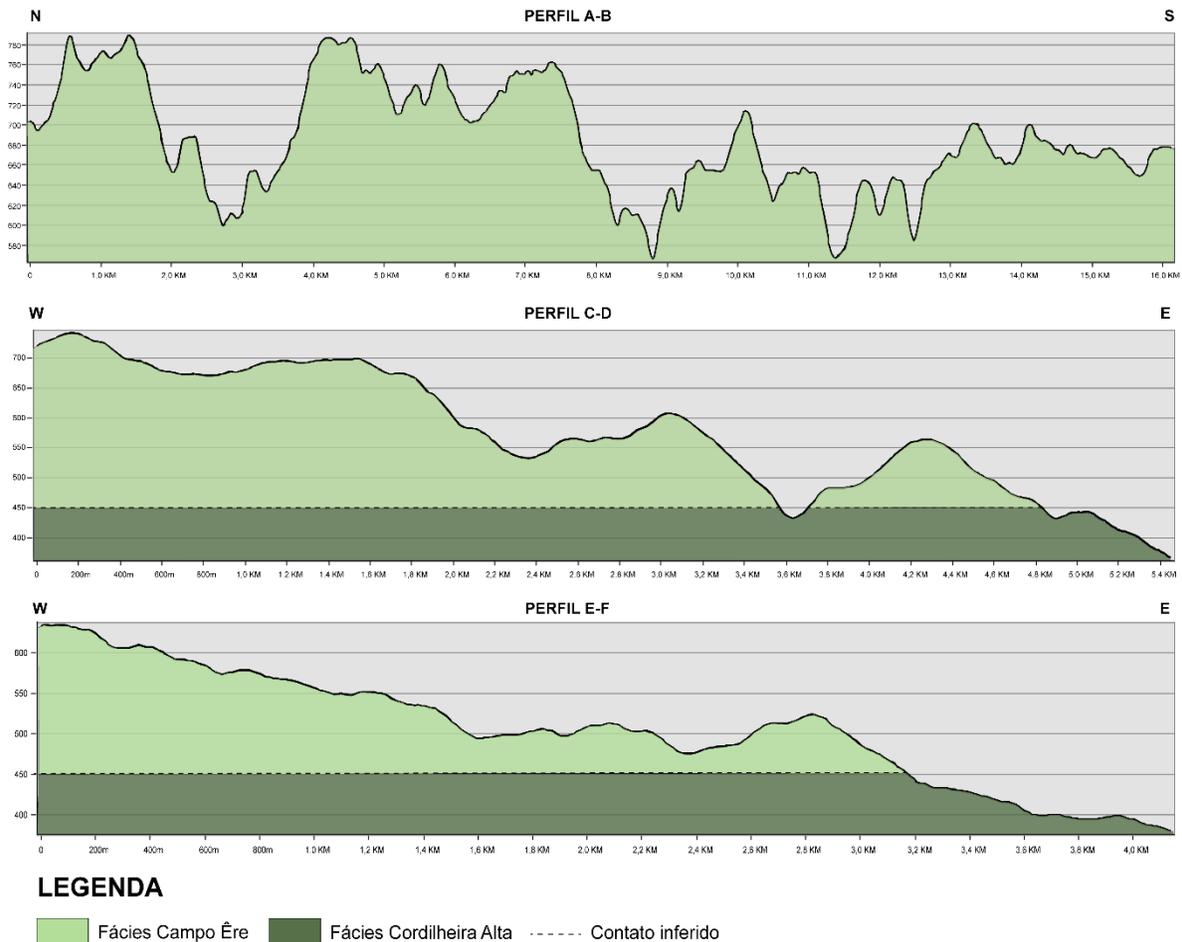


LEGENDA

- | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Área de estudo | Fácies Campo Êre |
| Estradas vicinais | Fácies Cordilheira Alta |
| Perfil A-B | Pontos |
| Perfil E-F | Perfil C-D |

Fonte: Autor (2022).

Figura 10 - Perfis esquemáticos Litofaciológicos da área de estudo.



Fonte: Autor (2022).

8.1.1 Fácies Cordilheira Alta

Esta fácies representa a base da região mapeada, correspondendo a cerca de 25% da área de estudo. Petrograficamente é expressa por basaltos de coloração acinzentada em face fresca, e em face alterada apresentam-se em tons de marrom avermelhado, Mesoscopicamente apresentam-se afaníticos, ora fracamente porfírico e raramente fanerítico médio. Dispõem-se de forma geral maciça em nível de afloramento, notando-se algumas disjunções colunares, porém estas demonstram-se pouco expressivas. É possível observar uma intensa desgaseificação (Fig. 11) com a formação de condutos vesiculares, produzidos por resfriamento rápido, desta forma corroborando com as estruturas descritas por Brito

(2006) na região de Barracão-PR, onde notam-se em algumas porções destas estruturas preenchimento por carbonatos, zeólitas e celadonita.

Figura 11 - Estruturas de desgaseificação em basaltos aflorantes no ponto PSG20-05.



Fonte: Autor (2019).

Regionalmente estes derrames dispõem-se de forma tabular (fig. 12), classificam-se como derrames do tipo aa' e pahoehoe, porém sua continuidade

lateral é de difícil definição devido a interdigitação com interações vulcano-sedimentares (peperitos), estas que serão discutidas separadamente em detalhes no tópico subsequente.

Figura 12 - Afloramento em corte de estrada no ponto PSG20-04. Nota-se porções lobadas bem como algumas djunções incipientes.



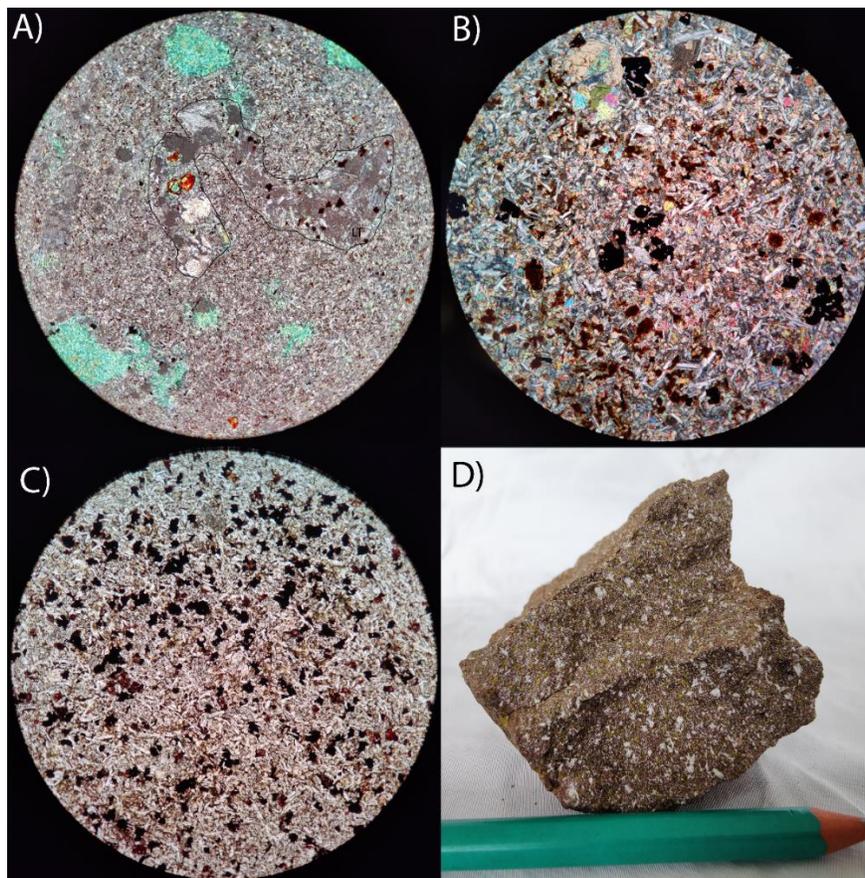
Fonte: Autor (2019).

Em lâmina delgada estas rochas apresentam-se variando entre hipocristalina e holocristalina. Em geral seu arranjo encontra-se equigranular, são compostas por plagioclásio, este que se dispõem de forma tabular, subédrico, apresentando sua típica macla polissintética, a qual por vezes encontra-se descontinua a incipiente. Quimicamente variam entre em Oligoclásio e Andesina (An 10% até 70%). Encontram-se associados a este mineral, piroxênios do tipo augita, estes apresentam-se em geral anédricos, sua clivagem na maior parte está incipiente. Nota-se na amostra PSG20-05 a presença de litoclastos (fig. 13A) de mesma composição basáltica.

Estas rochas possivelmente foram afetadas por uma leve alteração por condicionantes hidrotermais, visto a intensa presença de óxidos e hidróxidos de ferro intersticial ou na formação de coroas de óxidos (fig. 13B e C) em cristais de

augita. Essa intensa presença de ferro possivelmente é fruto da alteração dos piroxênios e olivinas (levando em consideração sua paragênese mineral e a intensa presença de óxidos e hidróxidos de ferro, sugere-se que seja faialita), estas que em algumas porções encontram-se completamente substituídas para goethita e hematita. Nota-se a presença de magnetita como mineral acessório, esta apresenta-se opaca e de forma anédrica a subédrica, as rochas pertencentes a esta fácies classificam-se como basalto e basalto andesítico.

Figura 13 - A) Amostra PSG20-05, onde nota-se a presença de um litoclasto de composição basáltica bem como preenchimento de amigdalas por celadonita a NC. B) Amostra PSG20-11 apresenta arranjo equigranular bem como a presença de óxidos de ferro intersticial a NC. C) Amostra PSG20-10 apresenta arranjo equigranular associado a intensa presença de minerais opacos a ND, possivelmente trata-se de magnetita. D) Amostra de mão do ponto PSG20-04 demonstra textura porfírica fina com a presença de fenocristais de plagioclásio e intensa cloritização. (todas as fotos em lâmina delgada apresentam aumento de 50x).



Fonte: Autor (2022)

8.1.2 Fácies Campo Erê

Esta fácies representa grande parte da área mapeada, representando cerca de 75% da área de estudo. De modo geral é constituída por basaltos e basaltos andesíticos. Petrograficamente estas rochas são semelhantes às que ocorrem na Fácies Cordilheira Alta, porém o principal fator que as diferem é o baixo índice de vesiculação. Segundo Brito (2006) as principais zonas de vesiculação ocorrem na zona superior do derrame, outro fator condicionante para a diferenciação destas fácies é a grande presença de disjunções colunares e tabulares bem-marcadas (fig. 14), estas que condicionam a ideia proposta por Budkewitsch & Robin (1994) para um prolongado e heterogêneo período de resfriamento, da mesma forma, condicionantes petrográficos como a intensa presença de vidro vulcânico em algumas amostras, corroboram para um rápido resfriamento, desta forma, condicionando para a heterogeneidade da presente fácies.

Figura 14 – Afloramento em corte de estrada no ponto PSG20-08. Nota-se intensa presença de disjunções tabulares na base e colunares no topo, evidenciando a variação na espessura dos derrames da fácies Campo Erê.



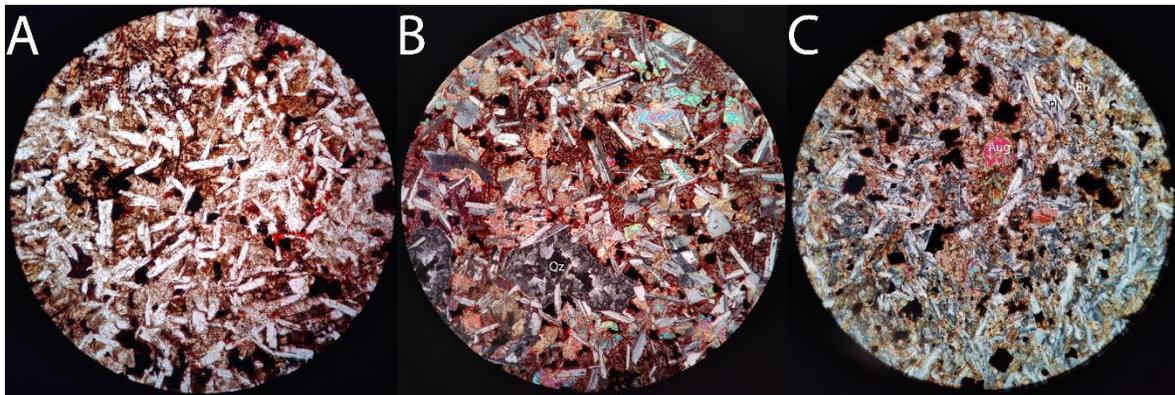
Fonte: Autor (2019)

Genericamente esta fácies é constituída por basaltos de coloração cinza claro a cinza escuro em face fresca, e em face alterada apresentam-se em tons de marrom avermelhado e amarelo ocre. Mesoscopicamente apresentam-se em sua maioria afanítico e raramente fanerítico fino a médio.

Estas rochas exibem-se variando entre holocristalina até holohialina. Mineralogicamente não possuem grandes diferenciais em relação a fácies Cordilheira Alta, conseqüentemente são compostos por plagioclásio, estes variam entre Oligoclásio a Labradorita (An 10% até 70%), onde as porções basais possuem em sua maioria oligoclásio, da mesma forma, a porção superior dispõem de maior conteúdo de labradorita, estes dispõem de forma tabular, variam de subédrico a euédrico, apresentam suas típicas maclas polissintéticas, estas horas apresentam-se descontínuas, em geral encontram-se associados em aglomerados com

clinopiroxênios do tipo augita, estes dispõem-se subédricos a anédricos, moderadamente alterado. De modo geral, todas as amostras apresentam um certo nível de alteração, seja pela presença de argilominerais ou óxidos e hidróxidos de ferro (Fig. 15).

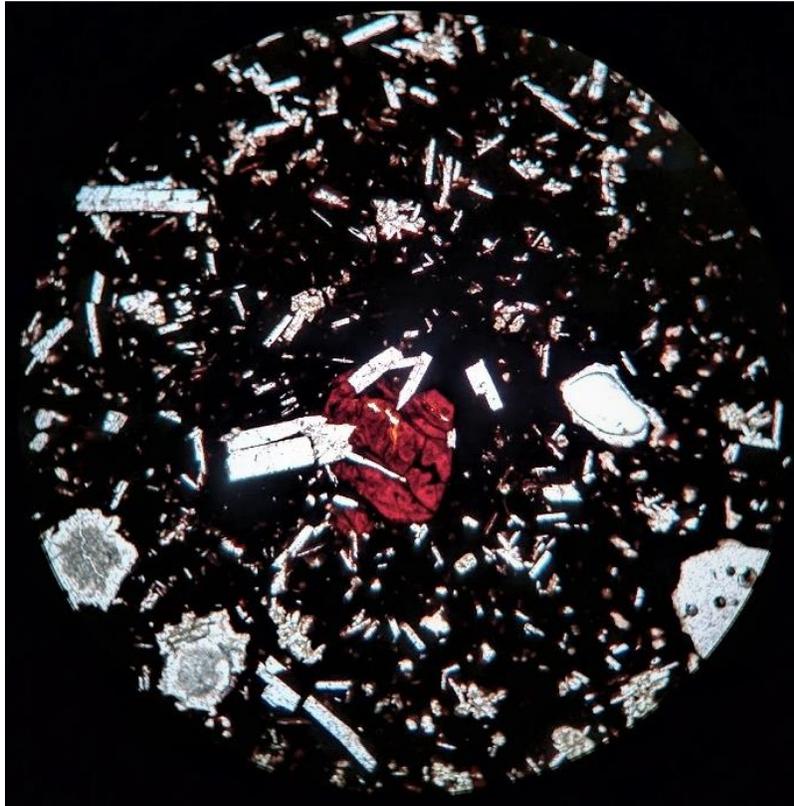
Figura 15 – A) Amostra PSG20-01A. Demonstra a intensa presença de óxidos de ferro intersticiais bem como a presença de textura pilotaxítica em cristais de plagioclásio. B) Amostra PSG20-01C expõe a presença de óxidos de ferro associado a opacos e cristais de Augita, nota-se uma amígdala preenchida por polimorfos de quartzo (Qz). C) Amostra PSG20-01H apresenta fenocristal subédrico de Augita (Aug) no centro da foto, nota-se associação de Plagioclásio (Pl) e Epidoto (Ep). (Fotos em 15x).



Fonte: Autor (2022).

Olivinas do tipo Faialita dispõem-se intensamente alterada, nota-se preservado seu típico fraturamento e relevo alto, observa-se uma substituição completa para óxidos de ferro (Fig. 16). A gênese deste pseudomorfismo possivelmente fora condicionada por eventos hidrotermais, tendo em vista que geofluidos dispõem de propriedades corrosivas potencializadas, desta forma, aceleram este processo de alteração (Litch, 2012).

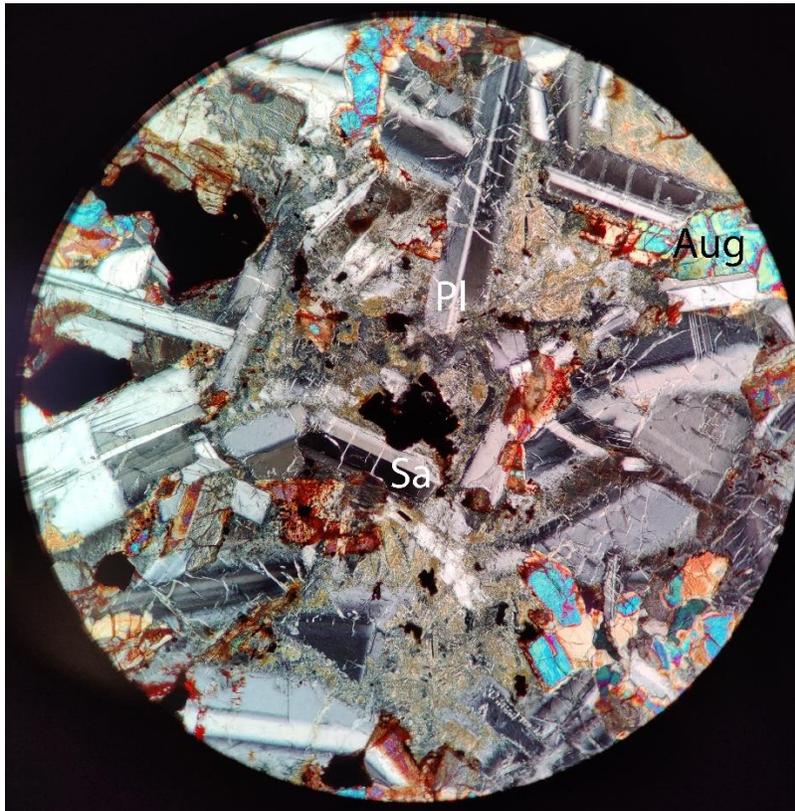
Figura 16 – Amostra PSG20-01D apresenta Basalto Vitreo, nota-se ao centro da imagem uma pseudomorfose da Olivina para óxidos de ferro. (Foto em 15x).



Fonte: Autor (2022).

Diferentemente da fácies Cordilheira Alta, aqui há ocorrência restrita de cristais de Sanidina (Fig. 17), porém ocorrem localizadamente, ou seja, não há uma homogeneidade em todo o derrame da presente fácies. Estes dispõem-se de forma tabular, em geral euédricos, dispõem de macla do tipo carlsbad, está em geral é bem definida.

Figura 17 – Amostra PSG20-07 demonstra agregado de fenocristais de Plagioclásio (Pl) e Sanidina (Sa), nota-se coroas de óxidos de ferro em cristais de Augita (Aug) e opacos (Magnetita?).



Fonte: Autor (2022).

Como minerais secundários nota-se a presença de Epidoto, este em geral tem sua gênese associada a alteração hidrotermal de Plagioclásios e Augita, tendo em vista a sua associação a estes minerais. É possível observar a existência de minerais opacos, principalmente magnetita, está em geral é anédrica, quando euédrico dispõem de hábito cúbico. Hematita e Goethita encontram-se amplamente distribuída em todas as rochas analisadas da presente fácies, em geral encontram-se anédricos, dispõem de coloração avermelhada em lâmina delgada. De modo geral todos estes minerais acessórios têm sua gênese associada a condicionantes hidrotermais, fato esse que corrobora com a ideia proposta por Litch (2012) para eventos de hidrovulcanismo na região, este que será discutido em tópico subsequente.

8.2 Interações Vulcano-sedimentar

Diversas feições de interação vulcano-sedimentar foram observadas em toda a região de estudo, desta forma corroborando para a contemporaneidade dos derrames basálticos da Formação Serra Geral e persistência dos campos de dunas provenientes da Formação Botucatu. Estas feições apresentam-se entre derrames, cortando derrames verticalmente bem como recobrimdo topo de derrames.

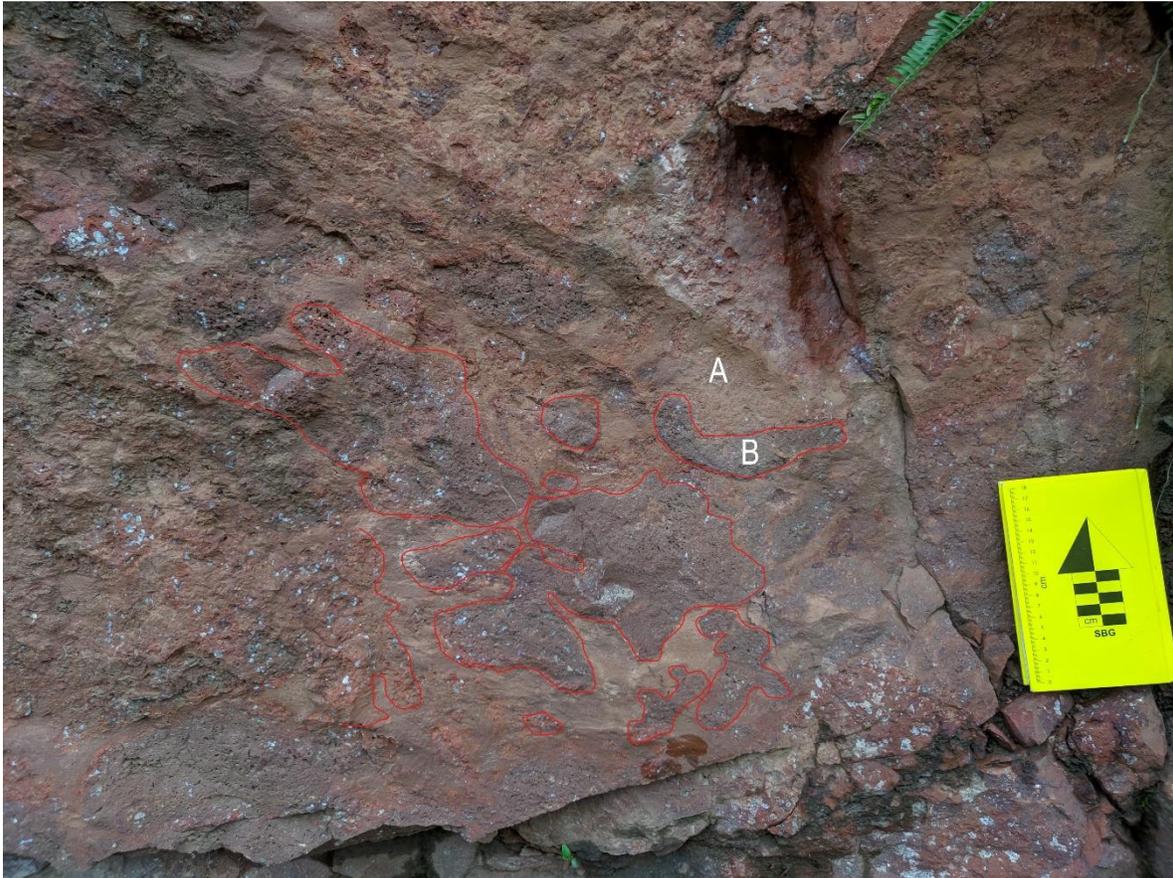
As principais feições peperíticas ocorrem situadas na fácies Campo Erê, estas ocorrências variam de centímetros a metros, sendo as porções mais superiores as mais expressivas. Nota-se a presença de três produtos com gêneses distintas.

8.2.1 Peperitos

Estas feições são formadas pelo avanço dos derrames sobre sedimentos inconsolidados ou pouco consolidados, deste modo, ocorre a mistura entre estes dois materiais distintos, em geral, este processo da origem a brechas peperíticas, onde se tem uma matriz areno-siltosa e clastos vulcânicos oriundos da fragmentação da lava, porem vale ressaltar que a presença de água associada aos sedimentos é um condicionante para derrames do tipo pahoehoe, mas em contraponto, em derrames do tipo AA' não há necessidade, tendo em vista que a própria fragmentação do derrame se torna um condicionante (Petry, 2007).

Em contraponto, Litch (2012) descreve estas interações presentes na região, tendo sua gênese única e exclusivamente associada a eventos hidrovulcânicos, desta forma, as interações descritas nos pontos PSG20-01, PSG20-02 e PSG20-08 são classificados como Peperitos (fig. 18). Em lâmina delgada estas interações apresentam aspectos intrínsecos que corroboram com as feições descritas por Petry (2007) na região de Torres-RS.

Figura 18 - Ponto PSG20-01, apresenta Peperito, onde em A, apresenta matriz areno-siltosa de composição quartzo-feldspática, já em B, dispõem-se clastos de composição basáltica.



Fonte: Autor (2019).

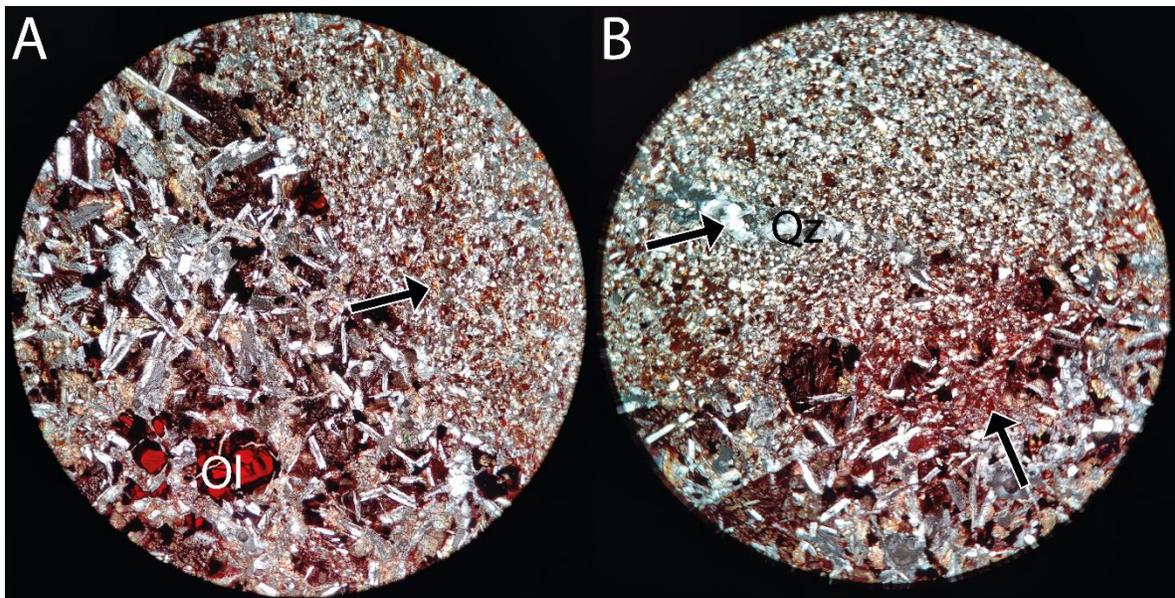
Em geral os constituintes vulcânicos são compostos por clastos de composição basáltica, em sua maioria apresentam textura pilotaxítica, onde dispõem de cristais tabulares de plagioclásio, estes em geral são euédricos a subédricos, cristais de Augita, subédricos a anédricos, onde apresentam coroas de óxidos e cores de 2ª ordem, e cristais de Olivina, estas apresentam pseudomorfose para óxidos de ferro (Fig. 19 A).

A porção sedimentar em geral apresenta composição quartzo-feldespática, nota-se o alinhamento preferencial de cristais de muscovita (Fig. 19 A), corroborando com a textura pilotaxítica presente na porção vulcânica, em geral os cristais apresentam-se moderadamente arredondados, bem selecionados e com alta esfericidade, corroborando para sua origem em um ambiente eólico, porém a

presença de muscovita condiciona a presença de água, ou seja, sua origem está associada a um possível ambiente interdunas úmido.

O contato entre ambas as porções em lâmina delgada apresenta-se difuso a abrupto, é possível observar texturas de recristalização do quartzo (fig. 19 B), possivelmente condicionada pela temperatura em meio a mistura dos materiais, nota-se ainda a presença de veios de calcita em algumas porções, possivelmente subordinado por eventos hidrotermais posteriores.

Figura 19 - Amostra PSG20-01B. A) Nota-se a presença de Muscovita (seta preta) na porção sedimentar, observa-se a pseudomorfose dos cristais de Olivina (Ol), bem como a presença de óxidos intersticiais em meio a porção vulcânica. B) Demonstra porções de quartzo recristalizados (seta preta, Qz), bem como o contato difuso entre os dois materiais distintos, nota-se ainda a grande presença de óxidos de ferro (seta preta) .



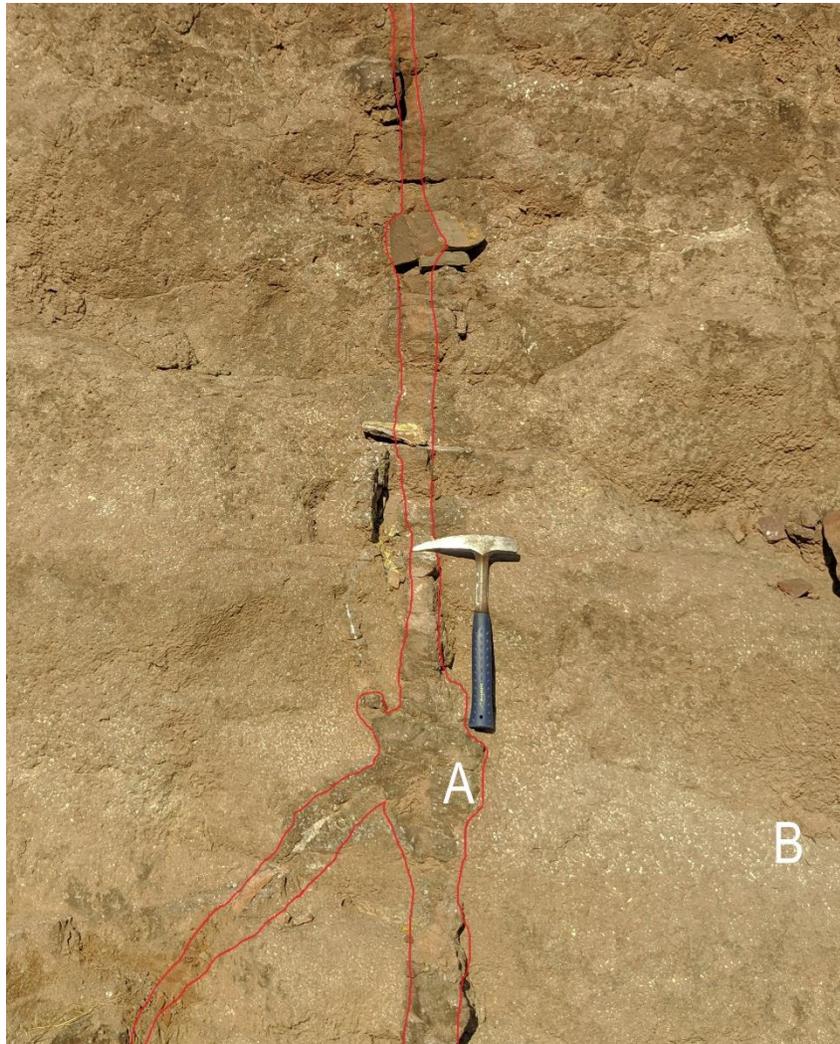
Fonte: Autor (2022).

8.2.2 Diques de clásticos

Estas feições ocorrem nas porções mais superiores da fácies Campo Erê, mais precisamente no ponto PSG20-01, em geral sua gênese está condicionada pelo recobrimento de sedimentos inconsolidados ou pouco consolidados por derrames, desta forma com o confinamento deste material sobre pressão e

temperatura, portanto quando ocorre o resfriamento das lavas sobrejacentes e concomitantemente as disjunções acabam por subordinar o alívio deste material, desta forma dando origem a estas estruturas discordantes, definidas como diques clásticos (Fig.20).

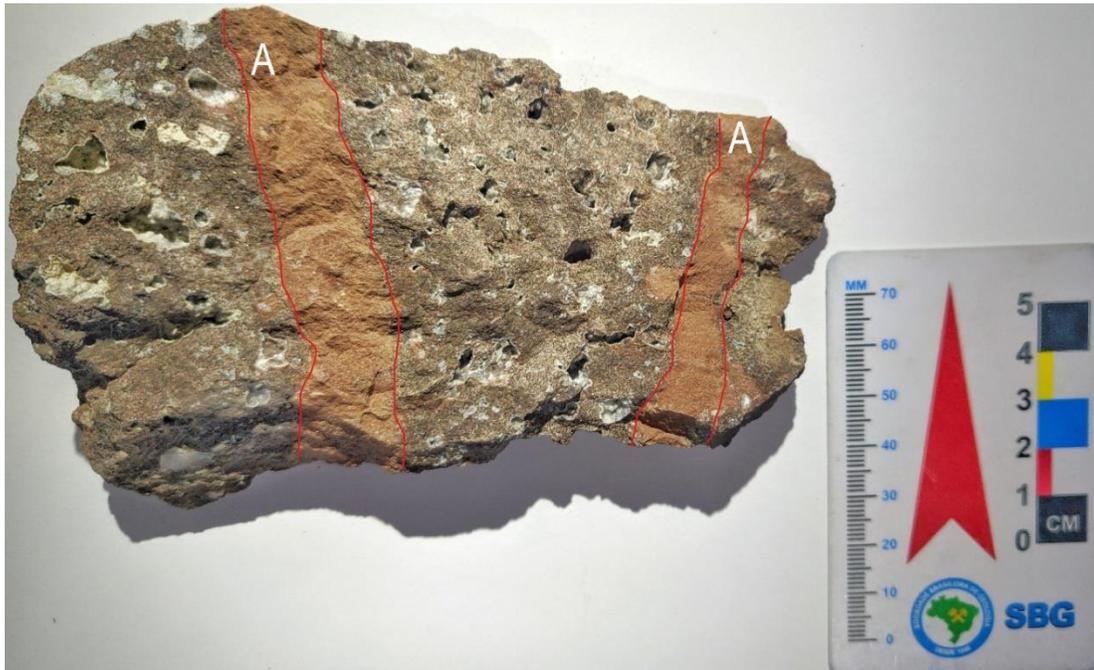
Figura 20 - Dique clástico (A) de composição areno-siltosa, discordante de pacotes basálticos da Fácies Campo Erê presente no ponto PSG20-01.



Fonte: Autor (2022).

Na figura 21, temos outro exemplo de dique clástico. Com preenchimento de fraturas e/ou disjunções por material sedimentar, isso ocorre quando há o transporte de material inconsolidado sobre os derrames parcialmente consolidados.

Figura 21 - Amostra PSG20-011, demonstra a presença de diques clásticos de preenchimento (A), nota-se leves feições de gradação inversa e normal.



Fonte: Autor (2022).

8.2.3 Brechas peperíticas

A origem desta estruturas está subordinada frequentemente ao topo de derrames do tipo AA', isto é, com o brechamento habitual destes derrames e o transporte de sedimentos, ocorre o preenchimento destas lacunas (Fig. 22) geradas pelo próprio avanço do derrame.

Figura 22 – Brecha de peperítica presente no ponto PSG20-16, nota-se em A) material areno-siltoso de coloração avermelhada preenchendo lacunas de B) sendo este rocha de composição basáltica, com aspecto brechado e intensa presença de vesículas.

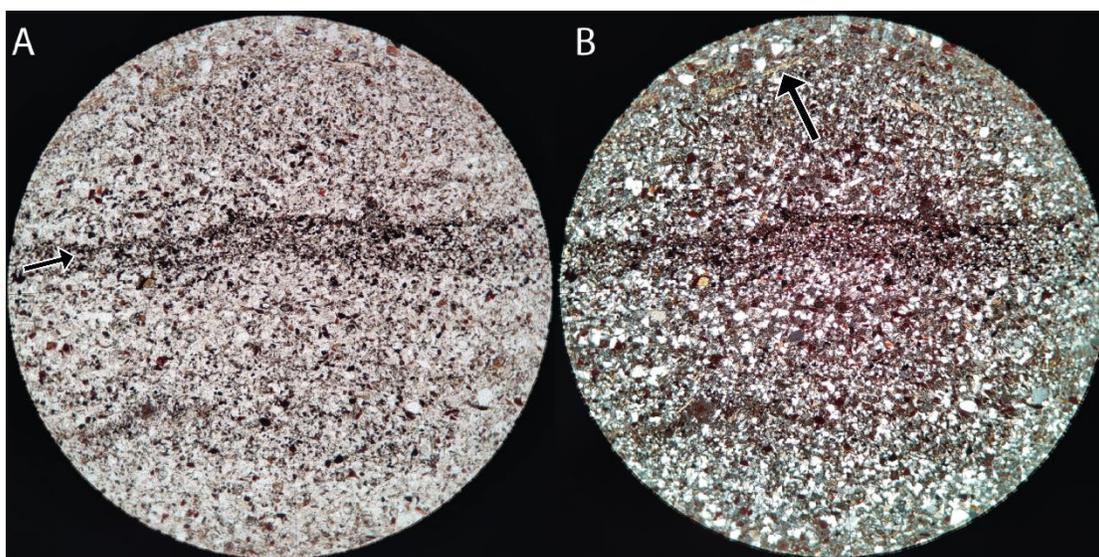


Fonte: Autor (2019).

Em lâmina delgada fica nítido o hiato temporal na deposição destes sedimentos, onde é possível observar estruturas de gradação normal e inversa (Fig. 23), desta forma, sendo subordinado pela variação dos fatores condicionantes de transporte. Em geral, estes sedimentos apresentam moderada seleção, baixa

esfericidade e moderado arredondamento, dispõem de composição quartzo-feldspática, seu tamanho de grão varia de silte até areia média, nota-se bandas de minerais opacos, bem como a presença de alguns finos níveis de muscovita orientadas paralelamente a laminação sedimentar.

Figura 23 – Amostra PSG20-16. A) Foto em lâmina delgada a ND, observa-se a presença de perfis de minerais opacos (seta preta). B) Foto em lâmina delgada a NC, observa-se a presença de alguns sucintos perfis de Muscovita (seta preta) orientadas paralelo a laminação.



Fonte: Autor (2022).

8.3 Hidrovulcanismo

Os depósitos de hidrotufo oriundos da ação do hidrovulcanismo presente ao redor do planeta são motivo de inúmeras discussões entre autores (GÉRARD, 2006; GOSH, 2006; LITCH; 2012). Gérard (2006) descreve estes registros presentes no platô do Deccan, na Índia, como paleossolos, em contraponto, Ghosh (2006) descreve estes mesmo depósitos como frutos oriundos da ação hidrovulcânica. Litch (2012) interpreta os depósitos de *Red Boles* ou Hidrotufo, como são comumente conhecidos, tendo sua gênese condicionada pelo hidrovulcanismo presente na Formação Serra Geral.

Na região de estudo constatou-se a presença desta ocorrência, nota-se uma longa e extensa camada de coloração avermelhada, afanítica, com inúmeras fraturas conchoidais vistas macroscopicamente e em amostra de mão, estas que por sua vez são condicionadas pela expressiva quantidade de vidro vulcânico presente nestas rochas, estes depósitos apresentam uma extensa lateralidade, sendo observada em todos os pontos presentes no perfil A-B, sendo a ocorrência mais expressiva no ponto PSG20-01 (Fig. 24).

Figura 24 - Hidrotufo presente no ponto PSG20-01, nota-se sobreposto a ele, estruturas lobulares de lava (possivelmente pillow lavas) pertencentes a Fácies Campo Erê.

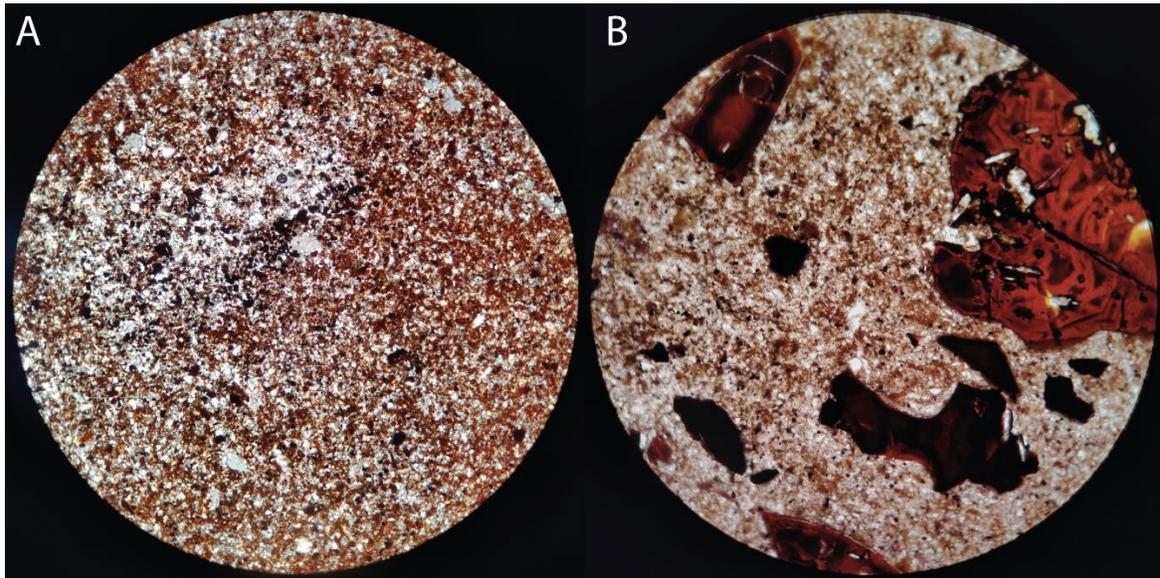


Fonte: Autor (2019).

Em lâmina delgada estas rochas apresentam-se variando entre cinza grossa e cinza fina (Fig. 25), sendo a porção mais grosseira composta por cristaloclastos e

vitroclastos, onde em geral, são formados por Plagioclásio e alguns poucos cristaloclastos de Augita, porém ambos encontram-se intensamente alterados, nota-se ainda alguns cristaloclastos de minerais opacos, possivelmente Magnetita, já os vitroclastos são compostos por espículas de vidro associados a óxidos de ferro. A porção mais fina é composta essencialmente de vidro vulcânico, este que se encontra intensamente alterados para palagonita, da mesma forma, observa-se de forma disseminada algumas porções grosseiras de vidro vulcânico, este por sua vez encontra-se completamente substituído para óxidos de ferro.

Figura 25 - A) Amostra PSG20-01F, demonstra a intensa palagonitização e oxidação da amostra, observa-se alguns cristaloclastos de minerais opacos, possivelmente Magnetita. B) Amostra PSG20-01G Dispõem de intensa presença de vitroclastos intensamente oxidados e palagonitizado.



Fonte: Autor (2022).

Desta forma, considerando todos os aspectos de campo e de petrografia, tendem por corroborar com os depósitos descritos e interpretados por Litch (2012) para a Formação Serra Geral.

Vale ressaltar que apesar da presença dos hidrotufos na área de estudo, os registros hidrovulcânicos tendem por condicionar eventos hidrotermais, fato este que é observado no ponto PSG20-03, onde nota-se a presença de uma parabrecha hidrotermal (Fig.26), esta apresenta clastos de composição basáltica e matriz

composta unicamente por calcita, desta forma, este registro como outros supracitados, são uma provável evidência da alteração hidrotermal presente nas rochas presentes na área de estudo.

Figura 26 - Parabrecha Vulcanoclástica de matriz calcítica, presente no ponto PSG20-03.



Fonte: Autor (2019).

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nas observações de campo e petrográficas (macroscópicas e microscópicas) para as rochas estudadas, é sugerido que este estudo permitiu um novo aporte na identificação bem como o entendimento petrogenéticos da Formação Serra Geral. Fica nítido a forte influência dos eventos hidrovulcânicos e hidrotermais na região, seja pela alteração das rochas basálticas ou mesmo pela

formação de brechas tendo sua gênese unicamente associada a eventos hidrotermais.

Assim, nesta região tem-se a presença de duas ocorrências: a fácies Cordilheira Alta e Campo Erê. Estas que são caracterizadas pela presença basaltos e basaltos andesíticos, com intensa presença de óxidos e hidróxidos de ferro oriundos da ação hidrotermal, onde tem como seu principal condicionante o hidrovolcanismo constatado na região de estudo. Nota-se ainda a presença de arenitos intertrápicos intercalados com os basaltos pertencentes as fácies Campo Erê.

Observa-se a presença de Interações vulcano-sedimentares, gerando peperitos e diques clásticos, estes que tem sua gênese associada intrinsecamente com o avanço dos derrames pertencentes a fácies Campo Erê, da mesma forma, nota-se estas ocorrências para a fácies Cordilheira Alta, porém de forma menos expressiva.

Por outro lado, o desenvolvimento deste estudo possibilitou uma nova discussão acerca destes eventos, bem como um novo espectro para gênese das interações vulcano-sedimentares. Deste modo, é sugestivo a continuidade deste trabalho no âmbito do mapeamento e entendimento petrogenético destas rochas bem como dos eventos que as condicionam.

REFERÊNCIAS

- AMARAL, G. et al. Potassium-argon ages of alkaline rocks from southern Brazil. **Geochimica et cosmochimica acta**, v. 31, n. 2, p. 117-142, 1967.
- BRITO, Reinaldo Santana Correia de et al. Geologia e recursos minerais do sudoeste do estado do Paraná. 2006.
- BUDKEWITSCH, Paul; ROBIN, Pierre-Yves. Modelling the evolution of columnar joints. **Journal of Volcanology and Geothermal Research**, v. 59, n. 3, p. 219-239, 1994.
- COFFIN, Millard F.; ELDHOLM, Olav. Large igneous provinces: crustal structure, dimensions, and external consequences. **Reviews of Geophysics**, v. 32, n. 1, p. 1-36, 1994.
- COIRA, Beatriz; PÉREZ, Belén. Peperitic textures of Ordovician dacitic synsedimentary intrusions in Argentina's Puna Highland: clues to emplacement conditions. **Journal of Volcanology and Geothermal Research**, v. 114, n. 1-2, p. 165-180, 2002.
- ERNESTO, M. et al. Paraná Magmatic Province–Tristan da Cunha plume system: fixed versus mobile plume, petrogenetic considerations and alternative heat sources. **Journal of Volcanology and Geothermal Research**, v. 118, n. 1-2, p. 15-36, 2002.
- ERNESTO, M. et al. Paleomagnetism, geochemistry and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating of the North-eastern Paraná Magmatic Province: tectonic implications. **Journal of Geodynamics**, v. 28, n. 4-5, p. 321-340, 1999.
- FACCINI, U. F. O Permo-Triássico do Rio Grande do Sul. Uma análise sob o ponto de vista das seqüências deposicionais. **Porto Alegre. 121p. Dissertação de Mestrado em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1989.**
- FERNANDES, Marcelo Adorna; GHILARDI, Aline Marcelle; DE SOUZA CARVALHO, Ismar. Paleodeserto Botucatu: inferências ambientais e climáticas com base na ocorrência de icnofósseis. **Paleontologia: Cenários de Vida–Paleoclimas, Interciência, Rio de Janeiro**, v. 5, p. 71-80, 2014.
- FODOR, R. V. Low-and high-TiO₂ flood basalts of southern Brazil: origin from picritic parentage and a common mantle source. **Earth and Planetary Science Letters**, v. 84, n. 4, p. 423-430, 1987.
- FREITAS, Marcos Alexandre de; CAYE, Braulio Robério; MACHADO, José Luiz Flores. Projeto Oeste de Santa Catarina-PROESC: diagnóstico dos recursos hídricos subterrâneos do oeste do estado de Santa Catarina. 2002.
- GARLAND, F.; HAWKESWORTH, C. J.; MANTOVANI, M. S. M. Description and petrogenesis of the Parana rhyolites, southern Brazil. **Journal of Petrology**, v. 36,

n. 5, p. 1193-1227, 1995. GORDON, Mackenzie. **Classification of the Gondwanic rocks of Paraná, Santa Catarina, and Rio Grande do Sul.** 1947.

GHOSH, P., SAYEED, M.R.G., ISLAM, R., HUNDEKARI, S.M. Inter-basaltic clay (bole bed) horizons from Deccan traps of India: Implications for palaeo-weathering and palaeo-climate during Deccan volcanism. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, 242. Pp 90-109. 2006.

GLOBALSPEC The Engineering Search Engine. Supercritical Fluid Extraction Systems Information. Disponível em http://www.globalspec.com/learnmore/laboratory_equipment_scientific_instruments/sample_preparation_wet_chemical_analysis/supercritical_fluid_extraction_system. Acesso em 03/03/2022.

HAWKESWORTH, C. J. et al. Paraná magmatism and the opening of the South Atlantic. **Geological Society, London, Special Publications**, v. 68, n. 1, p. 221-240, 1992.

HEEMANN, R. et al. Interaction features between Serra Geral Formation lava flows and Botucatu Formation sandstones (Salto do Jacuí, RS, Brazil). **SBG, Congresso Internacional de Geologia, 30, Rio de Janeiro, 2000. Anais Digitais**

JERRAM, Dougal A.; STOLLHOFEN, Harald. Lava–sediment interaction in desert settings; are all peperite-like textures the result of magma–water interaction? **Journal of Volcanology and Geothermal Research**, v. 114, n. 1-2, p. 231-249, 2002.

LICHT, O. A. B. et al. Estudo de produtos hidrovulcânicos no sudoeste do Paraná. **Mineropar, Curitiba, PR, Brazil (192 pp.)**, 2012.

LUCHETTI, Ana Carolina Franciosi. **Aspectos vulcanológicos dos traquidacitos da região de Piraju-Ourinhos (SP)**. 2010. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

MANTOVANI, M.S.M., CORDANI, U.G., ROISENBERG, A. Geoquímica isotópica em rochas vulcânicas ácidas da Bacia do Paraná e implicações genéticas associadas. **Revista Brasileira de Geociências**, 15: 61-65, 1985

MATTÉ, Vinicius. O vulcanismo ediacarano da porção oriental do Platô da Ramada, oeste do Escudo Sul-rio-grandense. **IGEO/UFRGS, Porto Alegre, RS**. 2016.

MILANI, Edison José et al. Sequences and stratigraphic hierarchy of the Paraná Basin (Ordovician to Cretaceous), southern Brazil. **Boletim IG-USP**, v. 29, p. 125-173, 1998.

MILNER, S. C. et al. Trans-Atlantic correlation of eruptive sequences and individual silicic volcanic units within the Paraná-Etendeka igneous province. **Journal of Volcanology and Geothermal Research**, v. 69, n. 3-4, p. 137-157, 1995.

MILNER, S. C. The geological and volcanological features of the quartz latites of the Etendeka Formation. **Comm Geol Surv Southwest Africa/Namibia**, v. 2, p. 109-116, 1986.

MINCATO, R. L.; ENZWEILER, J.; SCHRANK, A. Novas idades $^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$ e implicações na metalogênese dos depósitos de sulfetos magmáticos de Ni-Cu-EPG na Província Ígnea Continental do Paraná. In: **9th Brazilian Congress of Geochemistry, Belém (Pará), Brazil**. 2003. p. 2-9.

MOUNTNEY, N. et al. Stratigraphic subdivision within the aeolian/fluvial Etjo Sandstone Formation, NW Namibia. **Journal of African Earth Sciences**, v. 27, n. 2, p. 175-192, 1998.

NARDY, A. J. R. Geologia e petrologia do vulcanismo mesozóico da região central da Bacia do Paraná. **Rio Claro**, 1995.

NARDY, Antonio José Ranalli; MACHADO, Fábio Braz; DE OLIVEIRA, Marcos Aurélio Farias. As rochas vulcânicas mesozóicas ácidas da Bacia do Paraná: litoestratigrafia e considerações geoquímico-estratigráficas. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 38, n. 1, p. 178-195, 2008.

PEATE, David W. et al. Petrogenesis and stratigraphy of the high-Ti/Y Urubici magma type in the Paraná flood basalt province and implications for the nature of 'Dupal'-type mantle in the South Atlantic region. **Journal of Petrology**, v. 40, n. 3, p. 451-473, 1999.

PETRY, Karla et al. Volcanic-sedimentary features in the Serra Geral Fm., Paraná Basin, southern Brazil: examples of dynamic lava-sediment interactions in an arid setting. **Journal of Volcanology and Geothermal Research**, v. 159, n. 4, p. 313-325, 2007.

PETTIJOHN, Francis John. **Sedimentary rocks**. New York: Harper & Row, 1975.

PICCIRILLO, E. M. et al. Petrogenetic aspects of continental flood basalt-rhyolite suites from the Paraná Basin (Brazil). 1988.

POLO, Liza Angélica. **O vulcanismo ácido da Província Magmática Paraná-Etendeka na região de Gramado Xavier, RS: estratigrafia, estruturas, petrogênese e modelo eruptivo**. 2014. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

RENNE, P. R. Age and duration of Paraná flood volcanism in Brazil. **EOS Trans. Am. Geophys. Union**, 1992.

RENNE, Paul R. et al. Age of Etendeka flood volcanism and associated intrusions in southwestern Africa. **Geology**, v. 24, n. 7, p. 659-662, 1996.

RENNE, Paul R. et al. Age of the Ponta Grossa dike swarm (Brazil), and implications to Paraná flood volcanism. **Earth and Planetary Science Letters**, v. 144, n. 1-2, p. 199-211, 1996.

RENNE, Paul R. et al. The age of Paraná flood volcanism, rifting of Gondwanaland, and the Jurassic-Cretaceous boundary. **Science**, v. 258, n. 5084, p. 975-979, 1992.

ROISENBERG, Ari; VIERO, Antônio Pedro. O vulcanismo mesozóico da Bacia do Paraná no Rio Grande do Sul. **Geologia do Rio Grande do Sul, Centro de Investigação do Gondwana, UFRGS**, p. 355-374, 2000.

SCHERER, C. M. S. Eolian dunes of the Botucatu Formation (Cretaceous) in southernmost Brazil: morphology and origin. **Sedimentary Geology**, v. 137, n. 1-2, p. 63-84, 2000.

SCHERER, C. M. S. **Análise estratigráfica e litofaciológica da Formação Botucatu (Neocomiano) no Estado do Rio Grande do Sul**. 1998. Tese de Doutorado. Tese de Doutorado em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

SCHERER, CM dos S.; FACCINI, U. Ferruccio; LAVINA, E. L. Arcabouço estratigráfico do Mesozóico da Bacia do Paraná. **Geologia do Rio Grande do Sul**, p. 335-354, 2000.

STEWART, Kathy et al. 3-D, $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ geochronology in the Paraná continental flood basalt province. **Earth and Planetary Science Letters**, v. 143, n. 1-4, p. 95-109, 1996.

SUMNER, J., WIDDOWSON, M. Explosive flood basalt eruptions across the Cretaceous-Tertiary boundary (KTB): the importance of red bole horizons within the Deccan trapps, India. **Volcanic and Magmatic Studies Group Annual Meeting. Queens College Cambridge**. 5-7 January. 2011.

TURNER, Simon et al. Magmatism and continental break-up in the South Atlantic: high precision $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ geochronology. **Earth and Planetary Science Letters**, v. 121, n. 3-4, p. 333-348, 1994.

WAICHEL, Breno L. et al. Pahoehoe flows from the central Paraná continental flood basalts. **Bulletin of Volcanology**, v. 68, n. 7-8, p. 599-610, 2006.

WAICHEL, BRENO LEITÃO; DE LIMA, EVANDRO FERNANDES; SOMMER, CARLOS AUGUSTO. Tipos de derrame e reconhecimento de estruturas nos basaltos da Formação Serra Geral: terminologia e aspectos de campo. **Pesquisas em Geociências**, v. 33, n. 2, p. 123-133, 2006.

WHITNEY, Donna L.; EVANS, Bernard W. Abbreviations for names of rock-forming minerals. **American mineralogist**, v. 95, n. 1, p. 185-187, 2010.

APENDICE A - DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA E MICROSCÓPICA

PSG20-01A

Descrição Macroscópica

Amostra de rocha vulcânica com baixo grau de alteração. A coloração em face fresca é cinza amarronzado e possui coloração alaranjado em face alterada. Apresenta um arranjo equigranular afanítico e um grau de cristalização variando de hipocristalina a hipocristalina. Apresenta uma estrutura maciça com grande quantidade de vesículas e amígdalas (Fig. 49) preenchida por calcita, quartzo e Celadonita, esta geralmente apresenta-se nas bordas ou em cavidades menores. Além disso, ocorre a presença de esferulitos, ora preenchendo as cavidades. A porção alterada é composta principalmente por hidróxidos de ferro do tipo limonita, que condicionam a coloração. Além disso, ocorre a presença de caulinita.

Figura 27 - Amostra macroscópica, nota-se a presença de vesículas e amígdalas.



Fonte: Autor (2022).

Descrição Microscópica

Rocha inequigranular, afanítica, criptocristalina, apresenta-se moderadamente alterada, sua mineralogia consiste em 35% de plagioclásio, moderadamente alterado, dispõem-se de forma subédrica a anédrica, em geral de forma tabular, alguns cristais apresentam argilização avançada, estes variam de oligoclásio a andesina, onde em geral os cristais menores ($>0.2\text{mm}$) são classificados como andesina e os fenocristais ($>1.2\text{mm}$) como oligoclásio. Piroxineoides representam 15%, de modo geral encontram-se em processo avançado de alteração, dispõem-se de forma anédrica, devido a sua clivagem e relevo foram classificados como Augita, estes encontram-se em agregados como fenocristais de plagioclásio, a porção restante da rocha é composta por opacos (Possivelmente magnetita) e óxidos de ferro (hematita e Goethita) (Fig. 50), diversas amígdalas encontram-se preenchidas por quartzo criptocristalino.

A rocha foi classificada como Basalto.

Figura 28 - Amostra a ND, apresenta intensa oxidação e coroas de óxidos em minerais opacos.



Fonte: Autor (2022).

PSG20-01B

Descrição Macroscópica

Trate-se de uma interação vulcano-sedimentar, a porção ígnea apresenta-se intensamente oxidada, variam em tons de cinza avermelhado a vermelho acinzentado, nota-se a presença de amígdalas preenchidas por calcita e quartzo, bem como vesículas dispersas sem uma orientação preferencial, de modo geral apresenta-se intensamente alterada, seu arranjo é holocristalino fanerítico muito fino, nota-se fenocristais de plagioclásio com hábito tabular. De modo geral o contato encontra-se difuso (Fig. 51). A porção sedimentar varia em tons de bege, sua granulometria varia de silte a areia muito fina, não há presença de laminação.

Figura 29 – Amostra peperítica, nota-se contato difuso entre as porções bem como amígdalas preenchidas por quartzo.



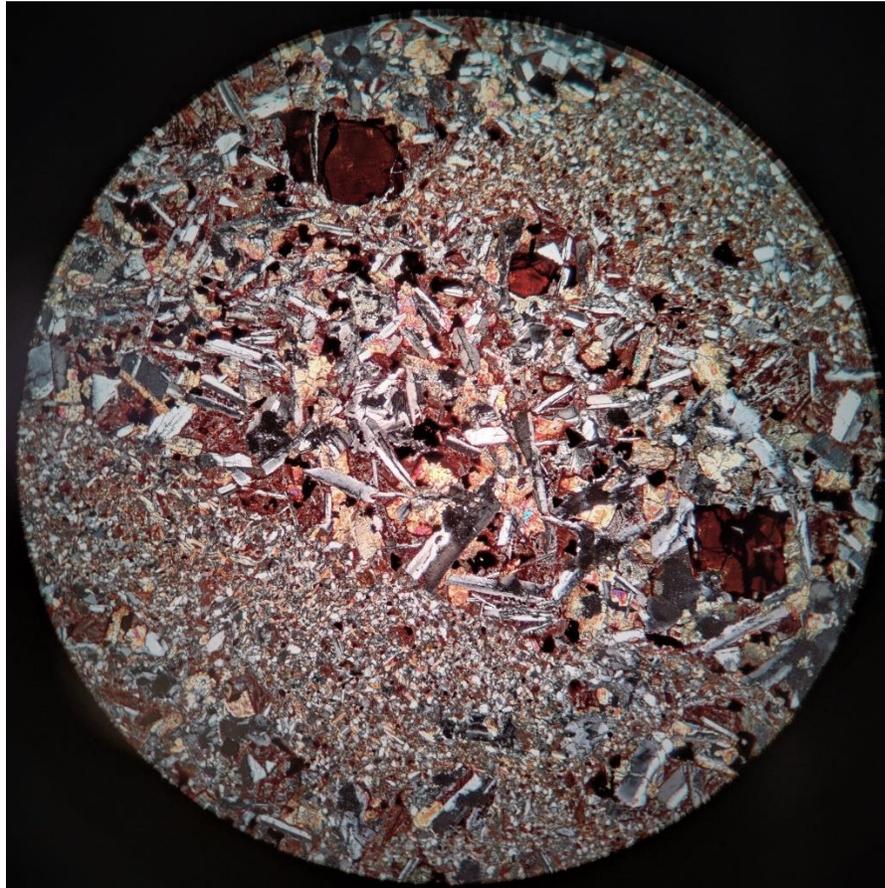
Fonte: Autor (2022).

Descrição Microscópica

Rocha moderadamente alterada, holocristalina, inequigranular, nota-se a presença de materiais distintos, há uma porção vulcânica composta por plagioclásios do tipo oligoclásio, estes em geral são tabulares, subédricos, variam entre 0,1mm até 0,7mm, nota-se em alguns cristais início de caulinitização e sericitização, encontra-se associados a estes cristais a formação de Epidoto onde horas acaba formando coroas ao redor dos plagioclásios, Olivinas possuem em geral 0.5mm até 1mm, dispõem-se amorfos, intensamente alteradas para óxidos de ferro (Hematita e Goethita), processo típico de olivinas do tipo Faialita (Fig. 52), observou-se poucos cristais de Augita, em geral encontra-se amorfos, moderadamente alterados, variam entre 0.1mm até 0.3mm, de modo geral todos os espaços intersticiais encontram-se preenchidos por óxidos de ferro. A porção sedimentar é de composição quartzo-feldespática, observa-se grãos arredondados, bem selecionados com alta esfericidade, observou-se alguns poucos cristais de zircão, estes encontram-se amorfos, alto relevo bem como sua típica auréola causada pelo decaimento radioativo, observa-se ainda o alinhamento de minerais como a Muscovita, condicionado uma orientação preferencial no qual este material fluiu. Na porção em que ocorre o contato entre estes materiais distintos nota-se texturas glomeroporfiritica (Extinção ondulante em agregados de cristais amorfos de quartzo), nota-se também a presença de veios de calcita por toda a amostra.

A rocha foi classificada como Peperito de mistura.

Figura 30 - Amostra peperítica a NC, nota-se a presença de Olivinas substituídas para óxidos de ferro bem como o contato variando entre difuso a bem-marcado.



Fonte: Autor (2022).

PSG20-01C

Descrição Macroscópica

Amostra apresenta-se moderadamente alterada, com coloração cinza avermelhado, seu arranjo é afanítico hipohialino, nota-se intensa presença de amígdalas preenchidas por quartzo e calcita. É possível observar através da variação da coloração um perfil bem definido de oxidação da rocha (Fig. 53), variando de marrom até vermelho, da mesma forma, é possível notar uma intensa presença de vesículas amorfas sem uma orientação preferencial.

Figura 31 - Amostra macroscópica, onde é possível observar através da variação da coloração um perfil bem definido de oxidação da rocha.



Fonte: Autor (2022).

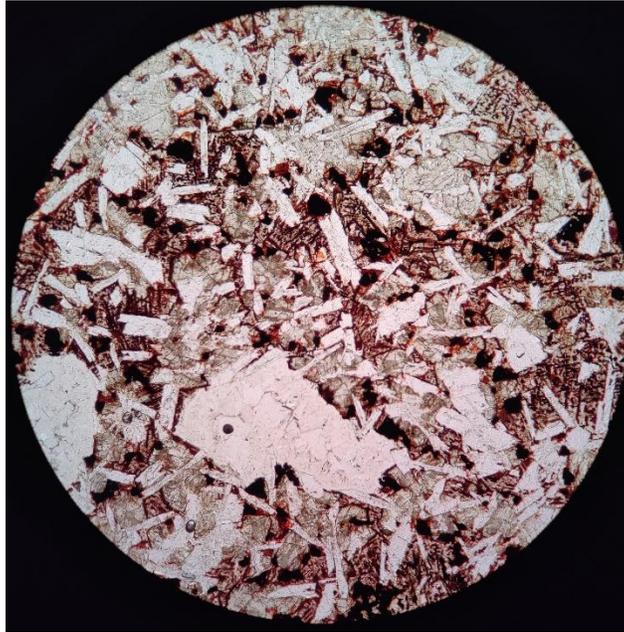
Descrição Microscópica

Rocha vulcânica, inequigranular, afanítica, criptocristalina, sua mineralogia é composta por plagioclásios, estes encontram-se subédricos com alguns poucos cristais euédricos, dispõem-se de forma tabular, nota-se a presença de maclas polissintéticas bem definidas, em geral apresentam-se como oligoclásio representando cerca de 38%, 17% da lamina é composta por piroxênios, estes são classificados como augita, em geral encontram-se alterados, anédricos de forma equidimensional, a ND apresentam-se incolores a leves tons de marrom claro, a NC suas cores de 2ª ordem se fazem presentes, variam entre 0.1mm até 0.4mm, diferentemente da lamina PSG20-1ª aqui podemos observar amígdalas com cristais bem formados, euédricos. Nota-se a presença de

espículas de óxidos de ferro bem como de forma intersticiais em meio a matriz (Fig. 54).

A rocha foi classificada como Basalto.

Figura 32 – Fotomicrografia a ND, nota-se espículas de óxidos de ferro e ferro intersticial.



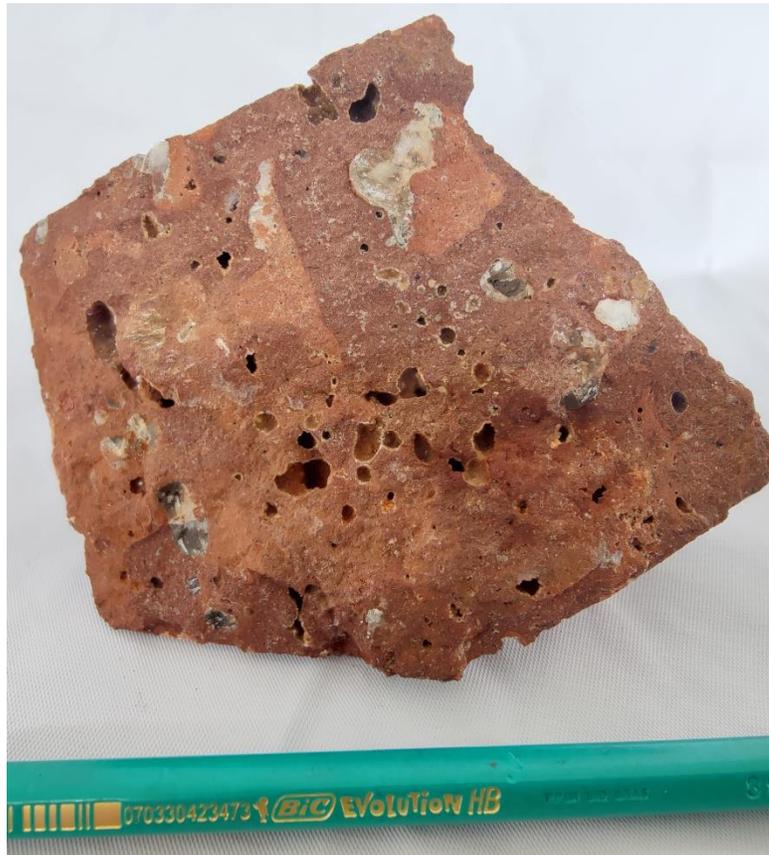
Fonte: Autor (2022).

PSG20-01D

Descrição Macroscópica

Amostra de rocha vulcânica com baixo grau de alteração. A coloração em face fresca é cinza amarronzado e possui coloração alaranjado em face alterada, é possível observar um contraste de cores devido a perfis de oxidação. Apresenta um arranjo inequigranular fanerítico muito fino, seu grau de cristalização é hipocristalina. Seu fenocristais são compostos por plagioclásio, estes dispõem de hábito tabular, já sua matriz é afanítica. Nota-se a intensa presença de amígdalas milimétricas até centimétricas, em geral são preenchidas com quartzo e calcita (Fig. 55).

Figura 33 – Amostra macroscópica apresentando contraste de cores de alteração bem como vesículas e amígdalas preenchidas com quartzo e calcita.



Fonte: Autor (2022).

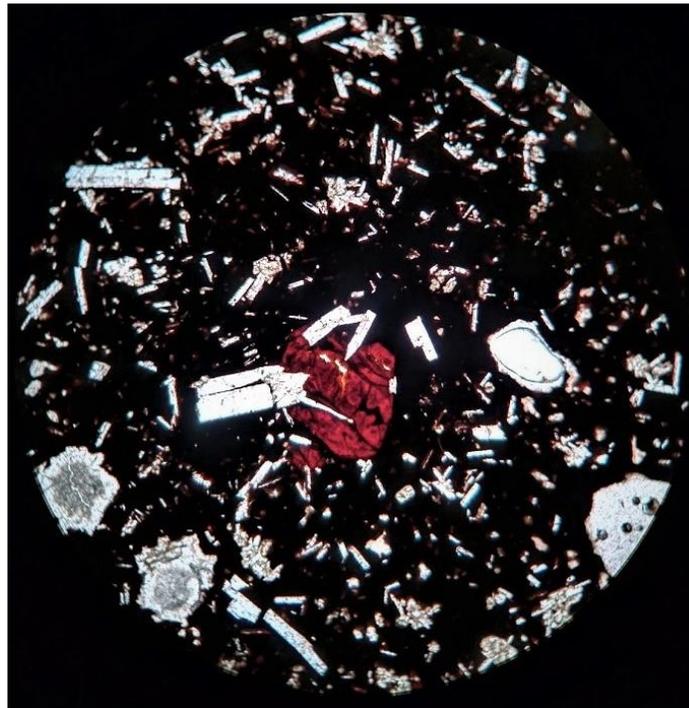
Descrição Microscópica

Rocha de origem vulcânica, inequigranular, vitrofirica, hipohialina (Fig. 56), seus fenocristais são compostos por plagioclásio, estes variam de oligoclásio a andesina, são incolores a ND e com maclas polissintéticas a NC, horas estas apresentam incipiente, representam cerca de 15% , os fenocristais atingem 1,2mm, já os cristais que compõem a matriz não ultrapassam 0.4mm, clinopiroxênios do tipo Augita representam 10%, estes são visíveis em menores dimensões (0,6mm), geralmente encontram-se na forma de agregados com plagioclásios, a NC apresentam cores de 2ª ordem, em geral são anédricos, fraturados e em processo de alteração para esmectita, por fim alguns cristais de Olivina em processo

avançado de alteração foram observados, representam cerca de 5%, atingem em média 0.6mm, dispõem-se de forma subédrica a anédrica, intenso fraturamento, típico de Olivinas, sua alteração para óxidos de ferro (hematita e Goethita), típico de Faialita. A matriz é composta por pequenos cristais de plagioclásio, algumas poucas amígdalas preenchidas horas por quartzo amorfo e em outras porções é preenchida por Calcita, no mais é composta por vidro vulcânico, nota-se em algumas porções texturas típicas de desvitrificação.

A rocha foi classificada como Basalto Vitreo.

Figura 34 - Fotomicrografia a NC, nota-se a intensa presença de vidro vulcânico na matriz, bem como pseudomorfose de Olivinas para óxidos de ferro.



Fonte: Autor (2022).

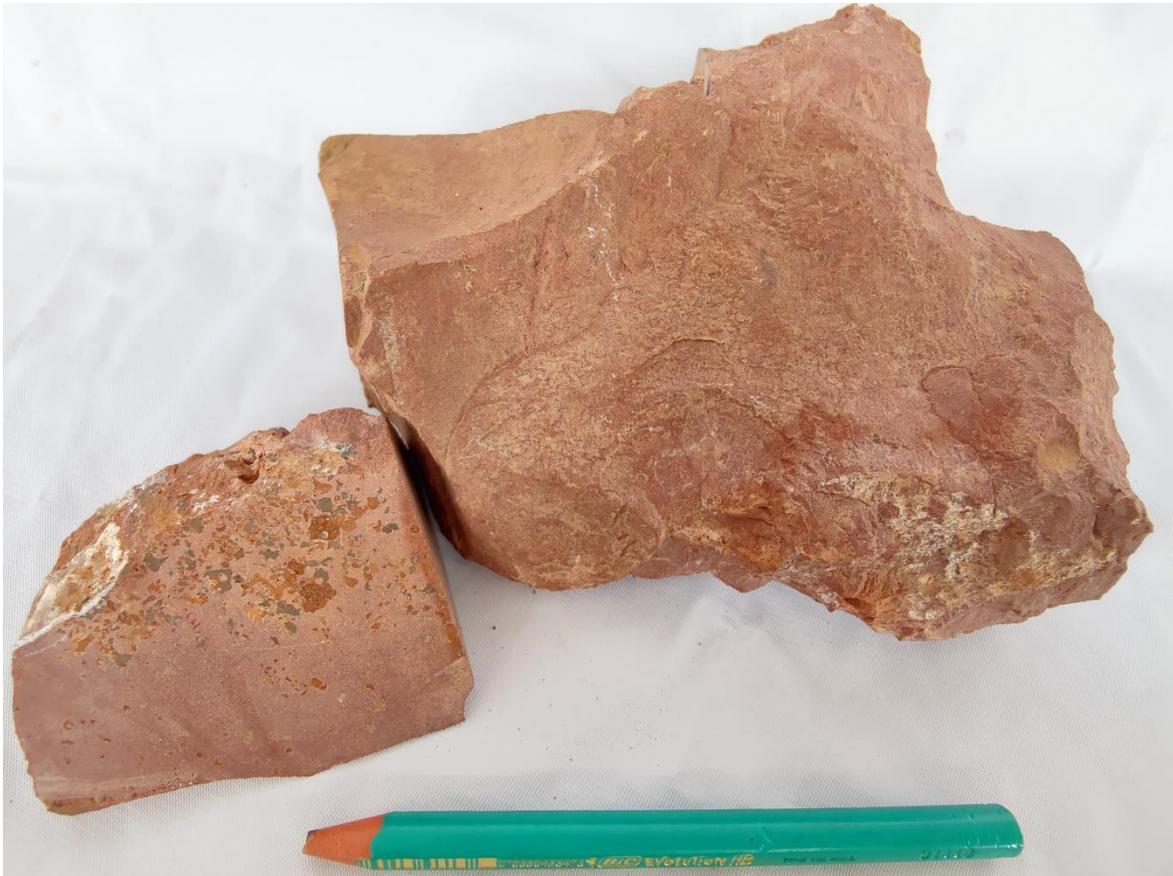
PSG20-01E

Descrição Macroscópica

Amostra de rocha vulcânica com baixo grau de alteração. A coloração em face fresca é cinza amarronzado e possui coloração alaranjado em face alterada.

Esta dispõe de um arranjo inequigranular fina, seus fenocristais são compostos por plagioclásios com hábito tabular, ainda é possível notar textura glomeroporfírica de concreções ferruginosas (Fig. 57), estas são compostas por óxidos de hidróxidos de ferro, já sua matriz é afanítica.

Figura 35 - Amostra macroscópica, nota-se na amostra de menor dimensão, concreções ferruginosas.



Fonte: Autor (2022).

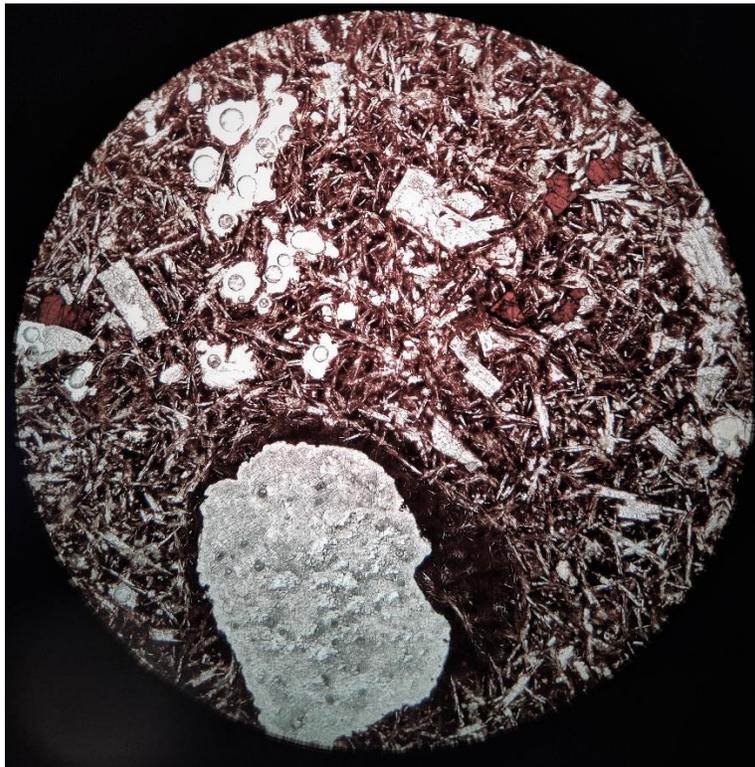
Descrição Microscópica

Rocha de origem vulcânica, inequigranular, vitrofirica, hipohialina, seus fenocristais são compostos por plagioclásio, estes variam de oligoclásio a andesina, são incolores a ND e com maclas polissintéticas a NC, horas estas apresentam incipiente, representam cerca de 18% , os fenocristais atingem 1,0mm, por fim

alguns cristais de Olivina com pseudomorfose para óxidos de ferro, representam cerca de 5%, atingem em média 0.6mm, dispõem-se de forma subédrica a anédrica, apresentam seu típico fraturamento difuso. A matriz é composta unicamente por óxidos e hidróxidos de ferro, Goethita, Hematita e Limonita (Fig. 58).

A rocha foi classificada como Basalto oxidado.

Figura 36 - Fotomicrografia a ND, nota-se matriz composta unicamente por óxidos e hidróxidos de ferro.



Fonte: Autor (2022).

PSG20-01F

Descrição Macroscópica

Amostra moderadamente alterada, sua coloração em face fresca varia em tons de vermelho escuro, já em face alterada dispõe de tons de bege avermelhado, de modo geral apresenta-se afanítica holohialina, nota-se a presença de fraturas do tipo conchoidal (Fig. 59).

Figura 37 - Amostra macroscópica, nota-se a presença de fraturas conchoidal.



Fonte: Autor (2022).

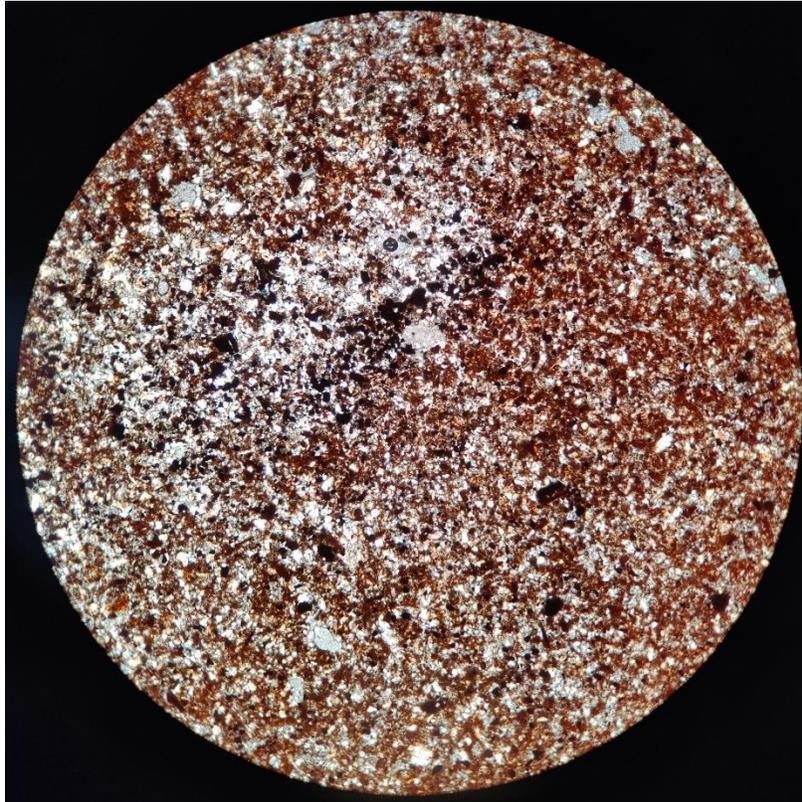
Descrição Microscópica

A amostra é composta por 40% de cinza grossa e 60% cinza fina, a porção mais grosseira é composta por cristaloclastos e vitroclastos, em geral são formados por quartzo e plagioclásio, ocorre em menor proporção cristais de augita, porém estes encontram-se intensamente alterados, em geral são clastos angulosos com alta esfericidade, já os vitroclastos são compostos por espículas de vidro associados a óxidos de ferro, já a porção mais fina é composta essencialmente de vidro

vulcânico, nota-se ainda disseminado na amostra em algumas porções clastos de vidro vulcânico intensamente oxidados e angulosos. Observa-se intensa palagonitização em toda lâmina (Fig. 60).

A rocha foi classificada como hidrotufo palagonitizado.

Figura 38 – Fotomicrografia a NC, nota-se intensa presença de palagonita disseminada por toda a lâmina.



Fonte: Autor (2022).

PSG20-01G

Descrição Macroscópica

Amostra moderadamente alterada, sua coloração em face fresca varia em tons de vermelho escuro, já em face alterada dispõe de tons de bege avermelhado, de modo geral apresenta-se afanítica holohialina, nota-se a presença de fraturas do tipo conchoidal (Fig. 61).

Figura 39 - Amostra macroscópica, nota-se a presença de fraturas conchoidal.



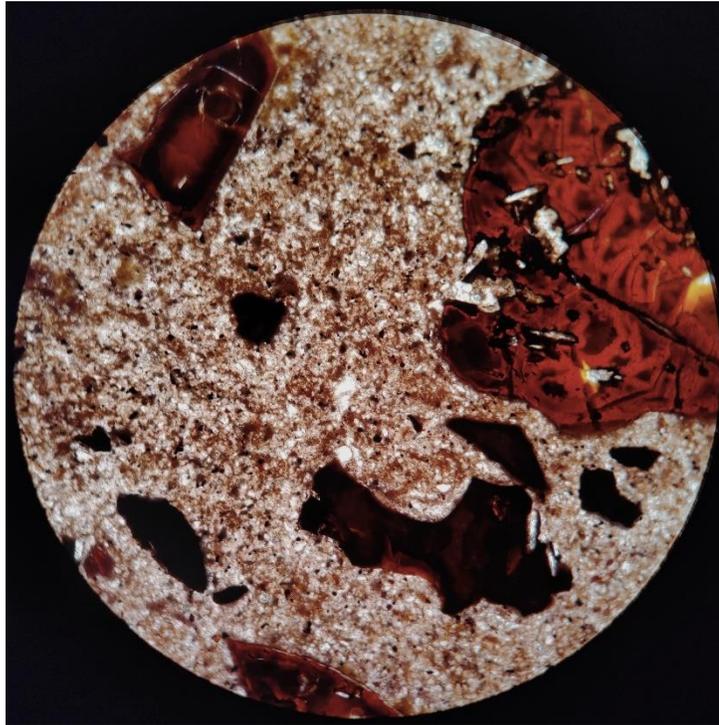
Fonte: Autor (2022).

Descrição Microscópica

A rocha foi classificada como uma piroclástica, é composta por cristaloclastos, em geral do tamanho cinza média a fina, mineralogicamente são formados por quartzo, subédricos a anédricos, plagioclásio anédricos, apresentam intensa argilização nas bordas, nota-se em alguns cristaloclastos seu habito tabular preservados, nota-se disperso por toda a lamina grandes porções de vidro vulcânico (Fig. 62), este encontra-se intensamente palagonitizado, bem como toda a matriz cristaloclastica, texturas esferulíticas também foram observadas.

A rocha foi classificada como Hidrotufo palagonitizado.

Figura 40 – Fotomicrografia a NC, nota-se a presença de vidro vulcânico intensamente palagonitizado, observa-se óxidos e hidróxidos de ferro em meio a matriz.



Fonte: Autor (2022).

PSG20-01H

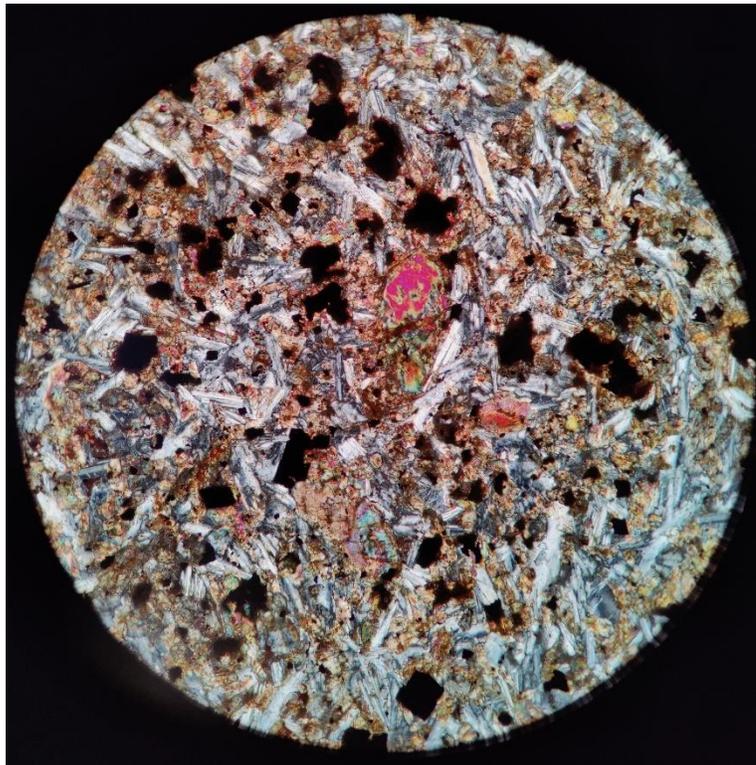
Descrição Microscópica

Rocha bem alterada, holocristalina, afanítica microcristalina, dispõem-se de forma equigranular com alguns poucos fenocristais isolados de plagioclásio e augita (pode ser titanogaugita), de modo geral a rocha é composta por plagioclásio (variam de Andesina a Labradorita), correspondem a 40%, apresentam-se de forma tabular, subédricos, suas maclas polissintéticas encontram-se bem definidas, variam entre 0.4mm até 0.2mm, estes estão associados em forma de agregados com cristais de Augita, está que dispõem-se em geral de forma anédrica, em tons amarelados a ND e a NC apresenta cores de 2ª ordem. Alguns poucos cristais de olivinas foram observados, porém encontram-se em estado avançado de alteração para óxidos de

ferro. De modo geral observou-se diversos minerais de alteração, como Caulinita, Clorita, Goethita, Hematita e Epidoto.

A rocha foi classificada como Basalto.

Figura 41 – Fotomicrografia a NC, observa-se ao centro fenocristal de Augita, bem como associação de plagioclásio e Epidoto, cristais amorfos aparecem disseminados (possivelmente magnetita).



Fonte: Autor (2022).

PSG20-02A

Descrição Macroscópica

Trate-se de uma interação vulcano-sedimentar, a porção ígnea apresenta-se intensamente vesiculado (Fig. 64), variam em tons de cinza avermelhado, nota-se a presença de amígdalas preenchidas por calcita, de modo geral apresenta-se moderadamente alterada, seu arranjo é holocristalino afanítico. A porção

sedimentar varia em tons de bege, sua granulometria varia de silte a argila, apresenta-se intensamente alterado.

A rocha foi classificada como Peperito.

Figura 42 – Amostra macroscópica, nota-se a presença de clastos de composição basáltica intensamente vesiculado, sua matriz é de composição areno-siltosa.



Fonte: Autor (2022).

PSG20-02C

Descrição Macroscópica

Trate-se de uma interação vulcano-sedimentar, a porção ígnea apresenta-se intensamente vesiculada, bem como a presença de amígdalas preenchidas por quartzo e calcita, variam em tons de cinza escuro, de modo geral apresenta-se intensamente alterada, seu arranjo é holocristalino afanítico. A porção sedimentar varia em tons de bege, sua granulometria varia de silte a argila, apresenta-se intensamente alterado, nota-se laminação difusa (Fig. 65), bem como a intensa presença de óxidos e hidróxidos de ferro.

Figura 43 – Amostra macroscópica, apresenta interação vulcano-sedimentar, onde a porção sedimentar dispõem de laminação difusa.



Fonte: Autor (2022).

Descrição Microscópica

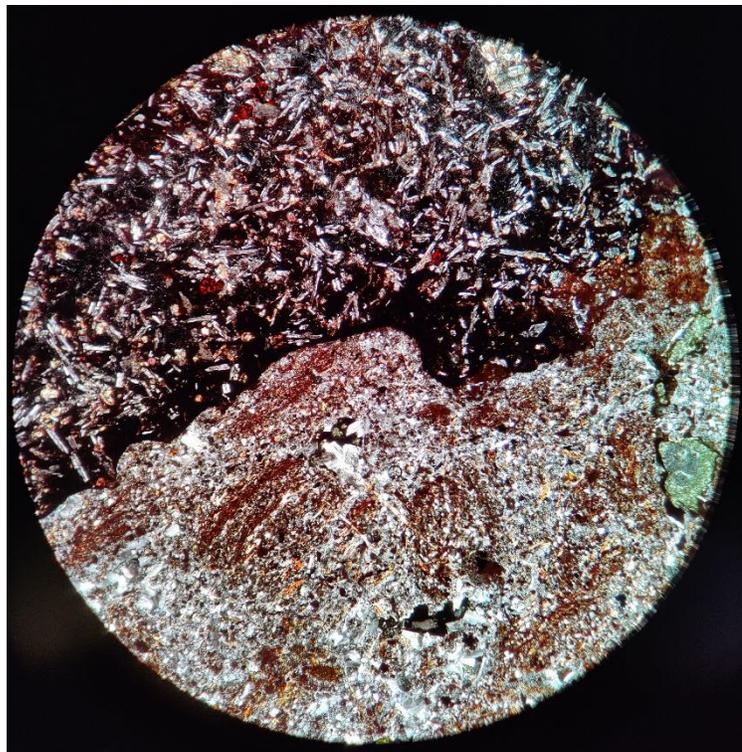
Rocha moderadamente alterada, hipocristalina, inequigranular, nota-se a presença de materiais distintos, há uma porção vulcânica composta por plagioclásios do tipo oligoclásio, estes em geral são tabulares, subédricos, variam entre 0,05mm até 0,3mm, quimicamente variam entre oligoclásio e andesina, estes apresentam-se subédricos a anédricos representando cerca de 30%. Cristais de Sanidina apresentam sua típica macla carlsbad, nota-se o fraturamento dos cristais de maior dimensão, observa-se ainda alguns cristais zonados, em geral variam entre 0,4mm até 0,8mm representando cerca de 10%. Olivinas possuem em geral 0.5mm até 1mm representando cerca de 8%, dispõem-se amorfos, intensamente alteradas para óxidos de ferro (Hematita e Goethita), processo típico de olivinas do tipo Faialita. Observou-se poucos cristais de Augita, em geral encontra-se amorfos, moderadamente alterados, variam entre 0.05mm até 0.08mm representando cerca

de 5%. De modo geral a matriz encontra-se preenchidos por microlitos de plagioclásio e vidro vulcânico.

O contato entre a porção ígnea e a sedimentar ocorre de forma difusa e horas bem-marcada (Fig. 66). A porção sedimentar varia entre silte e areia fina, de forma geral são moderadamente selecionados e dispõem de esfericidade moderada e cristais subangulosos. Sua composição é quartzo-feldespática, observa-se óxidos de ferro compondo a matriz.

A rocha foi classificada como Peperito de mistura.

Figura 44 – Fotomicrografia a NC, observa-se o contato entre a porção ígnea e sedimentar variando entre bem definida a difusa.



Fonte: Autor (2022).

PSG20-03B

Descrição Macroscópica

Amostra pouco alterada, sua coloração varia em tons de cinza avermelhado em face fresca, já em face alterada varia em tons de marrom avermelhado. De modo geral seu arranjo é afanítico holohialino, nota-se a intensa presença de vesículas e amígdalas preenchidas por quartzo, calcita e zeólita (Fig. 67). As vesículas em uma das faces da amostra demonstram um leve estiramento e orientação preferencial.

A rocha foi classificada como Basalto.

Figura 45 - Amostra macroscópica, nota-se a intensa presença de vesículas e amígdalas preenchidas por quartzo, calcita e zeólita.



Fonte: Autor (2022).

PSG20-03C

Descrição Macroscópica

Amostra pouco alterada, sua coloração em face fresca varia em tons de cinza escuro, já em face alterada apresenta tons de bege amarronzado. De modo geral apresenta-se afanítica hipocristalina (Fig. 68), do mesmo modo, nota-se a presença de argilominerais (caulinita).

A rocha foi classificada como Basalto.

Figura 46 - Amostra de composição basáltica completamente afanítica.



Fonte: Autor (2022).

PSG20-04

Descrição Macroscópica

Rocha de coloração cinza amarronzado em face alterada e cinza claro em face fresca, nota-se baixo grau de alteração. Apresenta pontos esverdeados e brancos, possivelmente clorita e caulinita respectivamente. Apresenta um arranjo é

hipocristalino inequigranular porfírico com matriz afanítica, seus fenocristais são compostos por plagioclásios de forma acicular que geram agregados. A matriz apresenta porções de vidro vulcânico. Os minerais secundários visualizados são cristais de Celadonita que formam grandes porções recobrimo a amostra. Além disso, é possível observar cristais de Plagioclásio alterando-se para Celadonita (Fig. 69).

Figura 47 – Amostra de composição basáltica, nota-se a intensa presença de fenocristais de plagioclásio e Celadonita.



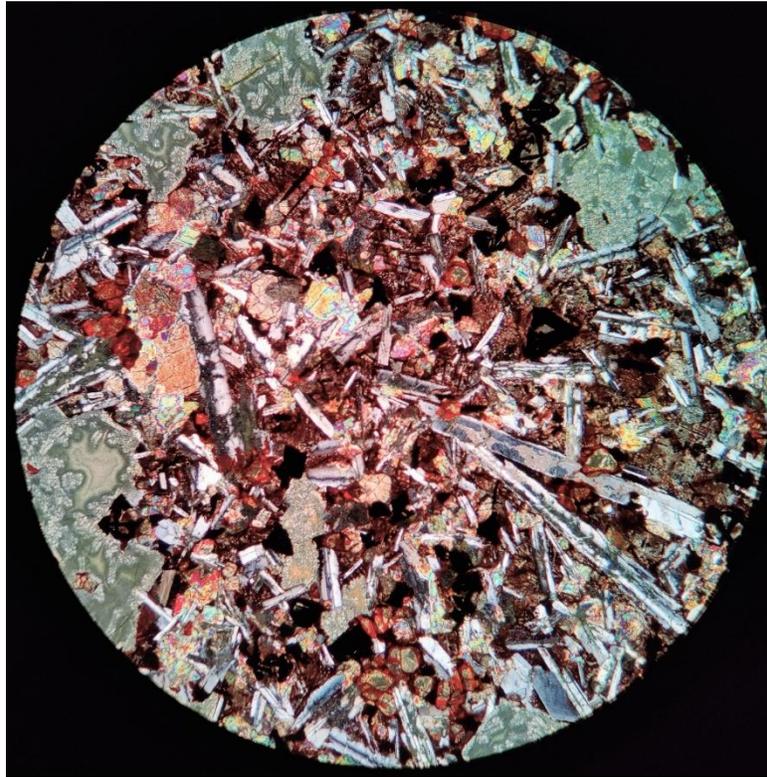
Fonte: Autor (2022).

Descrição Microscópica

Rocha moderadamente alterada, holocristalina com arranjo afanítico microcristalino, se dispõem de forma inequigranular, seus pequenos fenocristais são compostos por plagioclásio (25%), possuem em média 0,6mm até 1,6mm, variam entre subédricos a euédricos, estes variam quimicamente entre oligoclásio a andesina, se dispõem de forma tabular com a presença de maclas polissintéticas, estas apresentam-se bem definidas, é possível notar com mineral secundário a presença de sericita. Nota-se associados a estes, cristais de Augita, estas encontram-se anédricos, porém identifica-se suas clivagens, mas estas ocorrem de forma difusa, é possível observar ainda a formação de coroas de óxidos de ferro nestes cristais. Observa-se amígdalas preenchidas por quartzo e Celadonita (Fig. 70).

A rocha foi classificada como Basalto.

Figura 48 – Fotomicrografia a NC, nota-se a presença de óxidos de forma de coroas bem como disseminados pela matriz, há presença de amígdalas preenchidas por Celadonita.



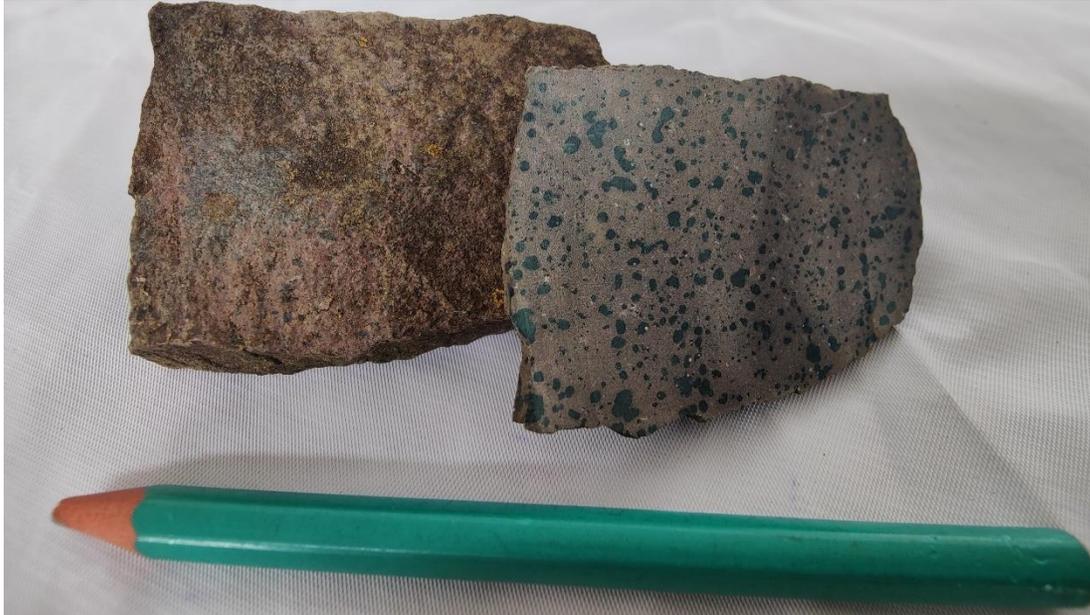
Fonte: Autor (2022).

PSG20-05

Descrição Macroscópica

Amostra apresenta-se moderadamente alterada, com coloração cinza avermelhada, em face fresca apresenta coloração cinza claro, seu arranjo dispõe-se holocristalino, inequigranular, nota-se inúmeras amígdalas preenchidas com Celadonita (Fig. 71).

Figura 49 - Amostra macroscópica, demonstra a intensa presença de amígdalas preenchidas por Celadonita.



Fonte: Autor (2022).

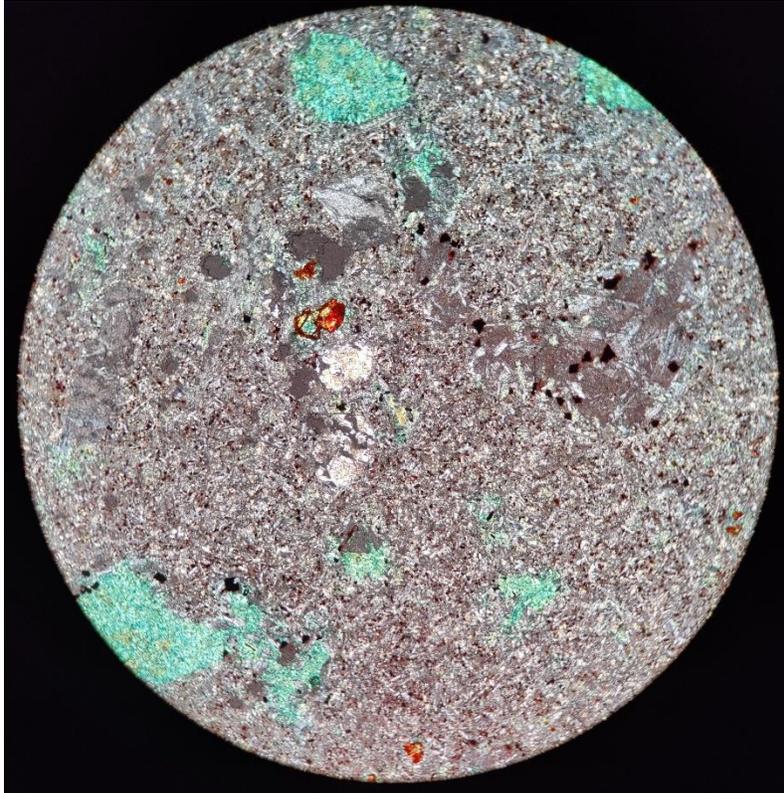
Descrição Microscópica

Rocha moderadamente alterada, Hipocristalina, afanítica microcristalina, equigranular fina a muito fina, destaca-se vesículas e amígdalas totalmente preenchidas por Celadonita (Fig. 72), observa-se uma leve textura do tipo stockwork entre as amígdalas, observa-se alguns poucos fenocristais de Olivina, porem todos encontram-se intensamente alterados para óxidos de ferro, alguns litoclastos de basalto compostos por plagioclásios, quartzo, alguns poucos cristais de augita e vidro vulcânico, nota-se que esta inclusão apresenta os contatos incipientes, corroborando para a ideia de lavas de temperaturas similares, a matriz da rocha é composta por plagioclásios (0,2mm), minerais opacos (0,03mm) e Augita (0,1mm).

Possivelmente trata-se de um basalto associado a uma efusão rápida de alta temperatura, onde agregou-se litoclastos das rochas sotopostas corroborando a

ideia proposta para o contato dos litoclastos, sugere-se um retrabalhamento posterior através de eventos hidrotermais, está ideia corrobora com a cristalização das amígdalas preenchidas com Celadonita bem como a intensa alteração das olivinas para óxidos de ferro.

Figura 50 – Fotomicrografia a NC, nota-se a presença de litoclastos de composição basáltica e amígdalas preenchidas por Celadonita.



Fonte: Autor (2022).

PSG20-07

Descrição Macroscópica

Rocha vulcânica, fanerítica muito fina, dispõe-se de forma inequigranular, nota-se fenocristais de plagioclásio com hábito tabular, estes em geral apresentam-se argilizados, formando caulinita e clorita (Fig. 73). Em sua matriz nota-se a

presença de minerais máficos, possivelmente piroxênio. Nota-se a presença de vesículas milimétricas sem forma regular.

Figura 51 – Amostra macroscópica, demonstra a formação de clorita e caulinita como mineral de alteração.



Fonte: Autor (2022).

Descrição Microscópica

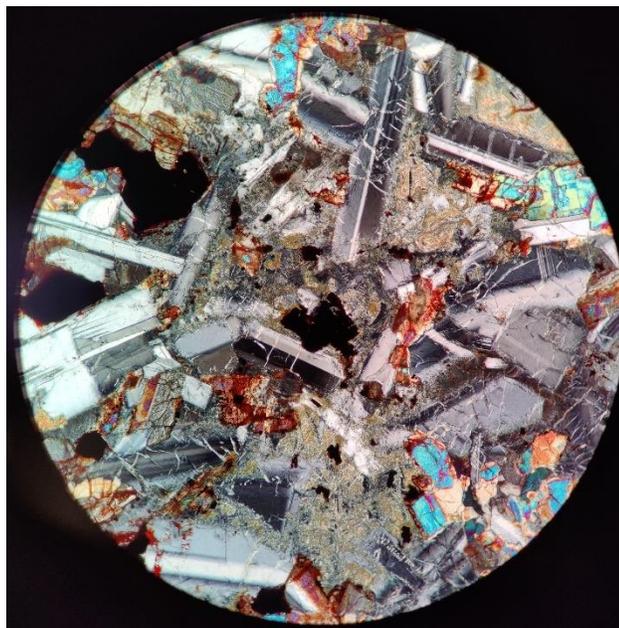
Rocha holocristalina, moderadamente alterada, afanítica microcristalina, inequigranular, porfírica com fenocristais de Plagioclásio, estes variam de 1.6mm até 0.2mm (porções pertencentes a matriz), suas maclas polissintéticas encontram-se incipientes e descontínuas em algumas porções, a partir do seu ângulo de extinção classificou-se como oligoclásio, observou-se um intenso fraturamento dos cristais com preenchimento de calcita, representam cerca de 45% da rocha, nota-

se poucos cristais euédricos, em geral dispõem-se de forma subédricos a anédricos, porem sempre de forma tabular. Alguns poucos cristais de Sanidina foram observados, estes variam em torno de 0.4mm, encontram-se euédricos, com maclas Carlsbad bem definida, representam 15% da rocha, observa-se um fraturamento ortogonal ao eixo de macla. Piroxênios do tipo Augita dispõem-se em agregados com plagioclásios, em geral encontram-se bem alterados, dispõem-se de forma geral amorfos, subédricos a anédricos, relevo alto, porém sua clivagem típica em duas direções ainda se encontra preservada, representam cerca de 30%, nota-se ainda suas típicas cores de 2ª ordem a NC. Poucos cristais de olivina foram observados (3%), encontram-se intensamente alterados para óxidos, porém encontra-se preservado seus fraturamento típico e relevo alto.

Nota-se de modo geral um intenso retrabalhamento posterior em toda lâmina, observou-se diversos veios de óxidos de ferro, calcita e Epidoto como mineral de alteração.

A rocha foi classificada como Basalto Andesítico.

Figura 52 – Fotomicrografia a NC, nota-se coroas de óxidos em cristais de Augita, aglomerados de plagioclásio e Epidoto, bem como cristais de sanidina euédrico.



Fonte: Autor (2022).

PSG20-08

Descrição Macroscópica

Trate-se de uma interação vulcano-sedimentar, a porção ígnea apresenta-se moderadamente alterada, está varia em tons de cinza claro em face fresca, já em face alterada varia em tons de cinza amarronzado. Em geral seu arranjo é inequigranular porfirítico muito fino, estes são compostos por cristais ripidiformes de plagioclásio, é possível observar amígdalas preenchidas por quartzo. Nota-se um contato bem definido entre a porção ígnea e a sedimentar (Fig. 75), esta que é composta silte e argila, variam em tons de bege a marrom com estrutura maciça.

Figura 53 - Nota-se o contato bem definido entre a porção ígnea e sedimentar.



Fonte: Autor (2022).

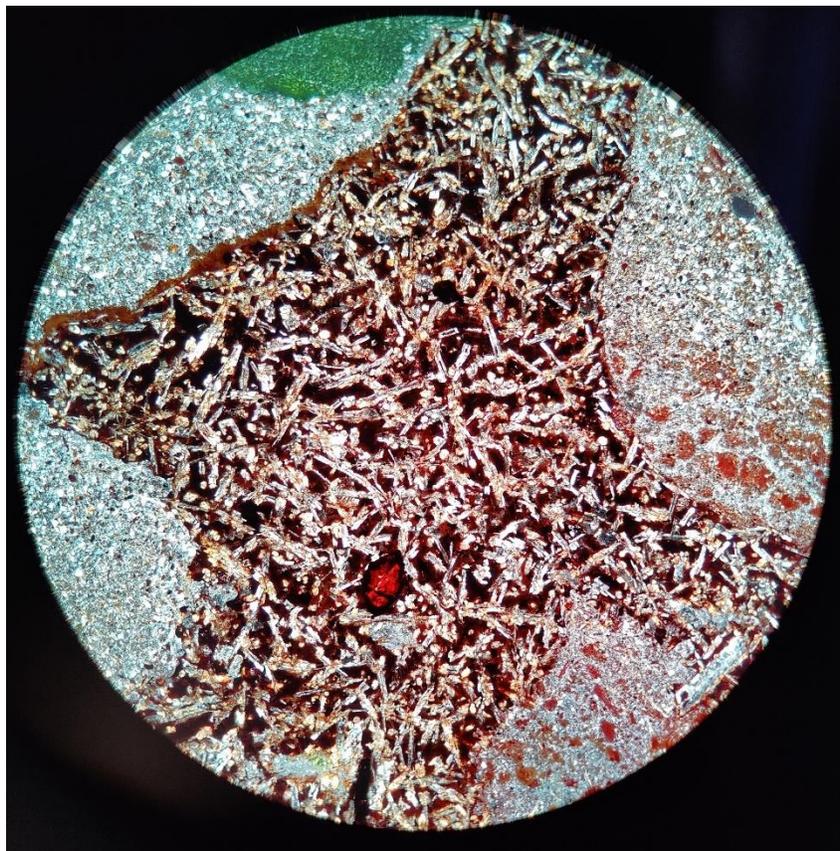
Descrição Microscópica

Trata-se de uma interação vulcano-sedimentar, a porção ígnea encontra-se hipocristalina equigranular muito fina, está é composta por plagioclásios (20%), estes encontram-se tabular, suas maclas polissintéticas são bem marcadas, em geral encontram-se subédricos, nota-se um intenso grau de sericitização, observou-se a formação de agregados destes cristais com cristais de Augita, estes que

representam cerca de 15%, em geral apresentam-se de forma amorfa, as porções mais próximas do contato com o material sedimentar é possível observar a formação de coroas de óxidos. Os poucos cristais de olivinas que foram observados encontram-se intensamente oxidados (Fig. 76), porém nota-se preservado seu relevo alto e seu típico fraturamento, observa na matriz a presença de algumas porções vítreas oxidados bem como óxidos de ferro *insitu*. A porção sedimentar é de composição quartzo-feldespatica, observa-se grãos arredondados, bem selecionados com alta esfericidade, alguns poucos cristais de Muscovita foram observados.

A rocha foi classificada como Peperito de mistura.

Figura 54 – Fotomicrografia a NC, nota-se a intensa presença de óxidos na porção ígnea.



Fonte: Autor (2022).

PSG20-09

Descrição Macroscópica

Rocha vulcânica, moderadamente alterada, seu arranjo dispõe-se de forma afanítica hipohialina (Fig. 77), apresenta estrutura maciça, varia em tons de cinza escuro em face alterada, já em face fresca varia em tons de cinza esverdeado. De modo geral apresenta estrutura maciça, nota-se pontos de caulinitização bem como a presença de calcita em fraturas. É possível observar amígdalas preenchidas parcialmente e completamente por Celadonita.

Figura 55 – Amostra macroscópica, nota-se seu aspecto afanítico e suas cores de alteração em tons de cinza esverdeado.



Fonte: Autor (2022).

PSG20-10

Descrição Macroscópica

Amostra apresenta caráter vulcânico com baixo grau de alteração, dispõem de coloração cinza escuro em face fresca e laranja claro em face alterada. Possui

um arranjo equigranular afanítico e um grau de cristalização hipocristalino. Apresenta uma estrutura maciça e uma mineralogia secundária composta por quartzo e Celadonita (Fig. 78), estes ocorrem preenchendo amigdalas. A porção mais alterada possui presença de hidróxidos e óxidos de ferro.

Figura 56 – Amostras macroscópicas, nota-se a presença de pequenas amigdalas preenchidas por Celadonita.



Fonte: Autor (2022).

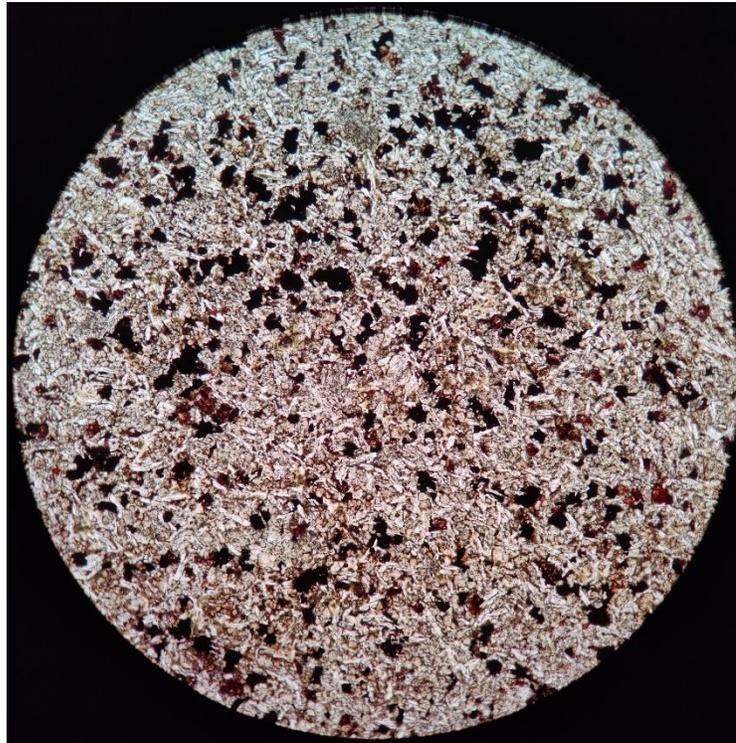
Descrição Microscópica

Rocha Holocristalina, afanítica microcristalina, apresenta-se de forma equigranular muito fina, nota-se uma leve textura pilotaxítica cristais de plagioclásio, estes que representam cerca de 40%, dispõem-se de forma tabular, subédricos, possuem em geral 0.5mm, encontram-se associados a cristais de piroxênios do tipo Augita, estes que representam cerca de 35%, dispõem-se de forma amorfa, anédricos, variando entre 0.05mm até 0.2mm, suas clivagem em geral encontra-se incipiente, porem nota-se preservado o relevo alto, bem como suas cores de 2ª ordem a NC, a ND nota-se o início da formação de uma leve coroa de alteração composta por óxidos de ferro. Alguns minerais opacos foram observados, levando

em consideração a paragênese da rocha, sugere-se que seja magnetita (Fig. 79). Foi possível observar o crescimento intersticial de Goethita e Hematita.

A rocha foi classificada como Basalto.

Figura 57 – Fotomicrografia a ND, nota-se a presença de minerais opacos, possivelmente magnetita, observa-se ainda a presença de coroas de óxidos associada a piroxênios do tipo Augita.



Fonte: Autor (2022).

PSG20-11

Descrição Macroscópica

Amostra de rocha vulcânica com baixo grau de alteração. Apresenta uma coloração cinza escuro em face fresca e alaranjado em face alterada. Possui um arranjo inequigranular porfirítico com matriz afanítica (Fig. 80), nota-se pequenas quantidades de fenocristais de plagioclásio e piroxênio. Apresenta estrutura maciça com pequenas amígdalas preenchidas por vidro vulcânico. As porções mais

alteradas é composta principalmente por hidróxidos de ferro do tipo limonita, que condicionam a coloração.

Figura 58 - Amostra macroscópica, demonstra matriz afanítica, com pequenos fenocristais de piroxênios e plagioclásios.



Fonte: Autor (2022).

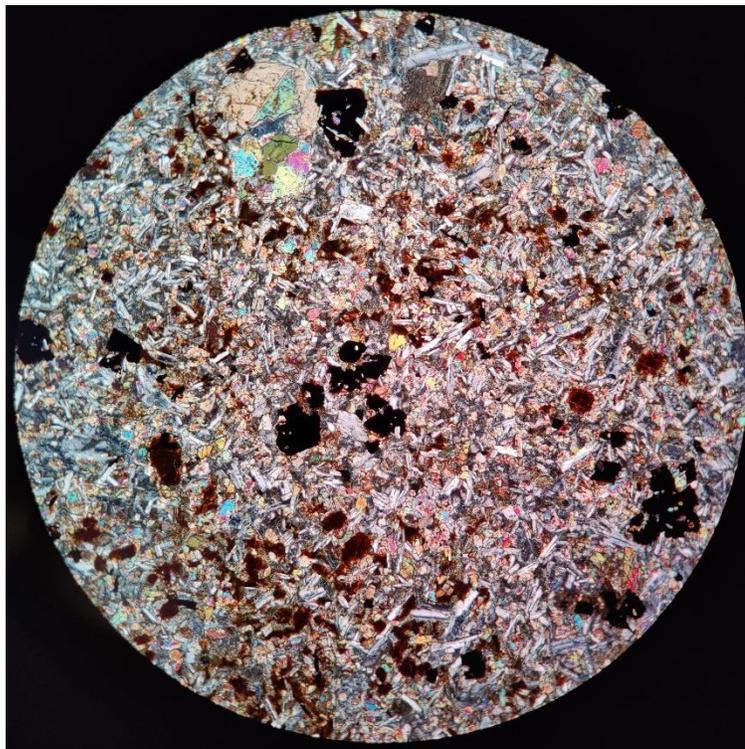
Descrição Microscópica

Rocha Holocristalina, afanítica microcristalina, apresenta-se de forma equigranular muito fina, nota-se uma leve textura pilotaxítica associada a cristais de plagioclásio, estes que representam cerca de 40%, dispõem-se de forma tabular, subédricos, possuem em geral 0.5mm, encontram-se associados a cristais de piroxênios do tipo Augita, estes que representam cerca de 35%, dispõem-se de forma amorfa, anédricos, variando entre 0.05mm até 0.2mm, suas clivagem em geral encontra-se incipiente, porem nota-se preservado o relevo alto, bem como

suas cores de 2ª ordem a NC, a ND nota-se o início da formação de uma leve coroa de alteração composta por óxidos de ferro. Alguns minerais opacos foram observados, levando em consideração a paragênese da rocha, sugere-se que seja magnetita. Foi possível observar o crescimento intersticial de Goethita e Hematita (Fig. 81).

A rocha foi classificada como Basalto.

Figura 59 – Fotomicrografia a NC, nota-se a presença de óxidos de ferro intersticial e minerais opacos disseminados.



Fonte: Autor (2022).

PSG20-14

Descrição Macroscópica

Rocha intensamente alterada, apresenta-se em tons de bege a marrom avermelhado, em face fresca é possível observar tons de cinza claro, seu arranjo dispõe-se inequigranular holocristalino, nota-se pequenos fenocristais ripidiformes

de Plagioclásio, é possível observar intensa presença de clorita (Fig. 82) e algumas ocorrências de Celadonita globular, bem como caulinita.

Figura 60 - Amostra macroscópica, nota-se a presença de clorita e algumas amígdalas preenchidas por Celadonita de forma globular.



Fonte: Autor (2022).

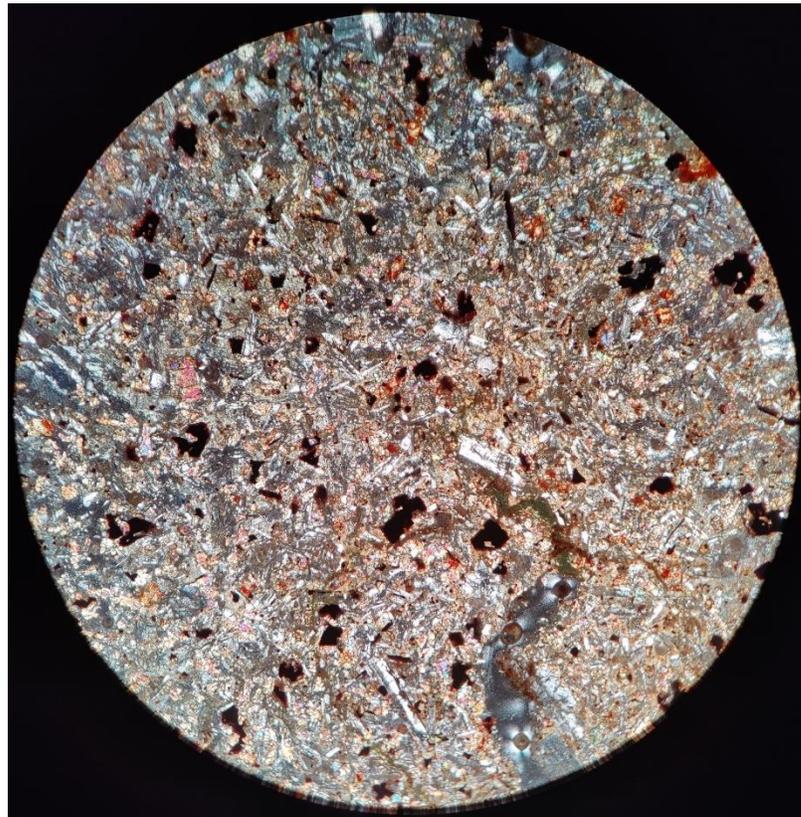
Descrição Microscópica

Rocha intensamente alterada, apresenta-se holocristalina microcristalina, seu arranjo dispõe-se de forma inequigranular porfirítico, seus fenocristais são compostos por Plagioclásio e Sanidina, estes variam de subédricos a anédricos, possuem em média 0,2mm até 0,4mm, apresentam suas maclas características (polissintética e carlsbad respectivamente), nota-se intensos processos de argilização e sericitização (Fig. 83). A matriz é composta basicamente por microlitos de Plagioclásio e microlitos de Augita, estes variam em torno de

0,04mm, em geral dispõe-se de forma anédrica. Nota-se na matriz a presença de óxidos de ferro intersticial bem como minerais opacos anédricos disseminados por toda a lâmina.

A rocha foi classificada como Basalto Andesítico.

Figura 61 - Fotomicrografia a NC, nota-se a intensa presença de sericita e caulinita dispostas por toda a matriz.



Fonte: Autor (2022).

PSG20-15

Descrição Macroscópica

Rocha intensamente alterada, apresenta-se em tons de bege escuro, em face fresca varia em tons de cinza claro a bege, é possível observar sua textura

inequigranular porfirítica, nota-se fenocristais ripidiformes de plagioclásio, observa-se intenso processo de caulinitização e cloritização, demonstra o crescimento amorfo de Celadonita (Fig. 84).

Figura 62 – Amostra macroscópica, nota-se a presença de intensa alteração associada a caulinitização dos cristais de plagioclásio, observa-se ainda a presença de amígdalas preenchidas por Celadonita.



Fonte: Autor (2022).

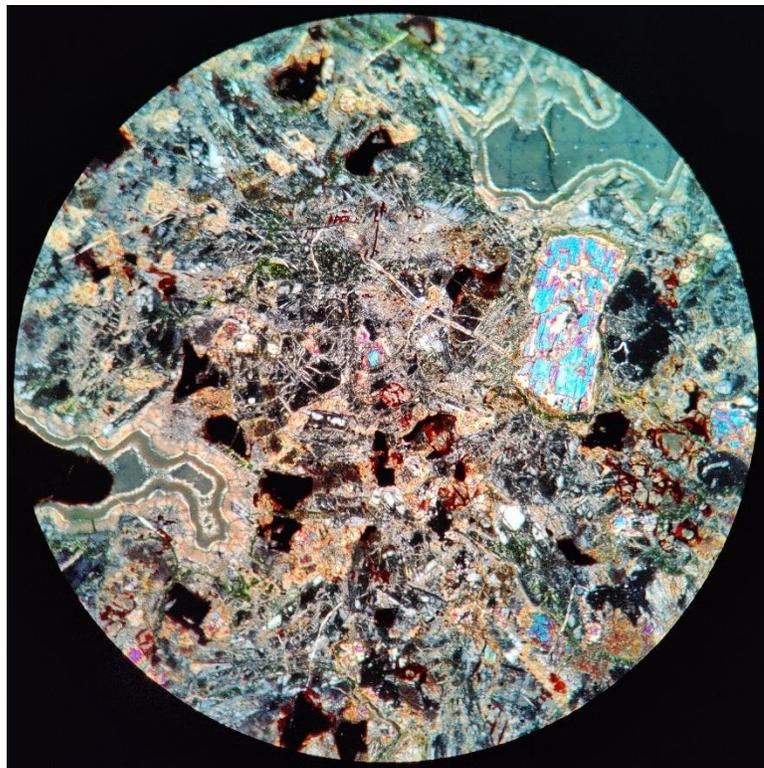
Descrição Microscópica

Rocha intensamente alterada, apresenta-se holocristalina, seu arranjo dispõe-se inequigranular, seus fenocristais são compostos por piroxênios do tipo Augita, este varia entre subédrico a anédrico, dispõe de suas clivagens difusas e cores de polarização de 2ª ordem, variam em torno de 0,5mm, nota-se ainda a presença de coroas de óxidos de ferro. Sua matriz é composta por pequenos cristais

de Plagioclásio variando entre 0,05mm até 0,1mm, nota-se processos avançados de caulinitização e principalmente sericitização (Fig. 85). Nota-se amígdalas preenchidas por Aragonita bem como a presença de óxidos de ferro intersticiais dispostos por toda a lâmina.

A rocha foi classificada como Basalto.

Figura 63 - Fotomicrografia a NC, nota-se a presença de fenocristais de Augita com coroas de clorita, nota-se ainda a presença de amígdalas preenchidas parcialmente por aragonita.



Fonte: Autor (2022).

PSG20-16

Descrição Macroscópica

Trate-se de uma interação vulcano-sedimentar, a porção ígnea apresenta-se variando em tons de cinza amarronzado, demonstra textura inequigranular

porfírica muito fina, nota-se pequenos fenocristais tabulares de plagioclásio, já a porção sedimentar apresenta-se em tons de bege a marrom, nota-se laminação plano-paralela bem-marcada (Fig. 86), porém horas nota-se descontínua, seus grãos variam entre silte e argila.

Figura 64 - Amostra macroscópica, demonstra a intensa presença de laminação plano-paralela, esta que se encontra variando entre bem-marcada a descontínua.



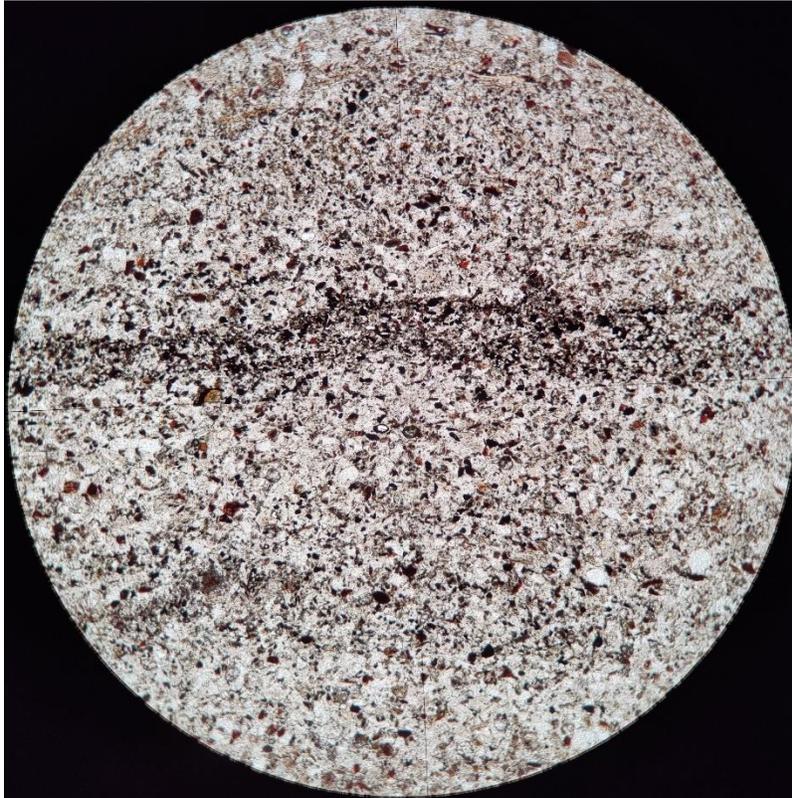
Fonte: Autor (2022).

Descrição Microscópica

Trata-se da porção sedimentar de uma brecha de preenchimento, está é de composição quartzo-feldespática, observa-se grãos moderadamente arredondados, moderadamente selecionados com alta esfericidade, variam de areia muito fina a areia média, alguns poucos cristais de Muscovita foram observados. Foi possível observar fácies de gradação (Fig. 87) em lâmina, horas normal, horas inversa, tal fato condiciona a variação de energia de transporte até a deposição.

A rocha foi classificada como uma brecha de preenchimento.

Figura 65 - Fotomicrografia a ND, nota-se a presença de bandas de minerais opacos, bem como a gradação inversa e normal presente nos sedimentos.



Fonte: Autor (2022).