

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA
CURSO DE GEOLOGIA

Gabriel Rossi

**CARACTERIZAÇÃO PETROGRÁFICA DOS GNAISSES DO COMPLEXO
GRANULÍTICO DE SANTA CATARINA DA REGIÃO SUL DO MUNICÍPIO DE
LUIZ ALVES, SC.**

Florianópolis, SC

2022

Gabriel Rossi

**CARACTERIZAÇÃO PETROGRÁFICA DOS GNAISSES DO COMPLEXO
GRANULÍTICO DE SANTA CATARINA DA REGIÃO SUL DO MUNICÍPIO DE
LUIZ ALVES, SC.**

Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Geologia do Centro de Filosofia e Ciências Humanas da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Geologia.
Orientador: Prof. Dr. Roberto Sacks de Campos.

Florianópolis, SC

2022

Rossi, Gabriel

Caracterização Petrográfica do Gnaisses do Complexo Granulítico de Santa Catarina da Região Sul do município de Luiz Alves, SC / Gabriel Rossi ; orientador, Roberto Sacks de Campos, 2022.

90 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de
Filosofia e Ciências Humanas, Graduação em Geologia,
Florianópolis, 2022.

Inclui referências.

1. Geologia. 2. Petrografia. 3. Paragênese. 4. Complexo Granulítico de Santa Catarina. 5. Gnaisses Granulíticos de Luis Alves . I. Campos, Roberto Sacks de. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Geologia. III. Título.

Gabriel Rossi

**CARACTERIZAÇÃO PETROGRÁFICA DOS GNAISSES DO COMPLEXO GRANULÍTICO
DE SANTA CATARINA DA REGIÃO SUL DO MUNICÍPIO DE LUIZ ALVES, SC.**

Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de “Bacharel em Geologia” e aprovado em sua forma final pelo Curso de Graduação em Geologia.

Florianópolis, 12 de dezembro de 2022.

Prof.^a Dra. Manoela Bettarel Bállico
Coordenadora do Curso

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Roberto Sacks de Campos
Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof.^a Dra. Luana Moreira Florisbal
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. Edison Ramos Tomazzoli
Universidade Federal de Santa Catarina

Florianópolis, SC

2022

Este trabalho é dedicado aos meus queridos pais Gilberto Rossi e Sinara Rossi e ao meu querido irmão Felipe Rossi, por todo carinho que recebo desde do dia em que cheguei ao planeta Terra.

AGRADECIMENTOS

Tenho muito a agradecer a todos que acompanharam e participaram deste trabalho, distantes ou próximos. A conclusão do curso de geologia ficou longe de ser desenvolvida sozinho ou restrito ao meio acadêmico. Por isso, abaixo estão citados alguns dos muitos colaboradores:

À minha família, pela inesgotável paciência, compreensão e dedicação, mesmo nos períodos mais críticos. Que não foram poucos. Em especial ao meu Pai Gilberto Rossi, pela inspiração com todo seu ardor e entusiasmo em seus relatos do seu tempo em que exerceu a profissão de geólogo. Obrigado, Pai, Mãe e irmão!

Ao meu orientador Prof. Dr. Roberto Sacks de Campos pela confiança, disposição e por ter aceitado este desafio.

À todo corpo docente, discente do Curso de Geologia e a todos os servidores técnicos administrativos do Departamento de Geociências da Universidade Federal de Santa Catarina. Muito obrigado por tudo e a todos!

Ao Rancho do Segredo (rancho de pesca artesanal da praia do Campeche, Florianópolis, SC). “Aos camaradas, remadores, cozinheiros e patrões do rancho”, por todo aprendizado e ensinamentos dessa cultura maravilhosa. Em especial nos meses de maio à junho com a pesca da tainha. Valeu meus queridos!

RESUMO

O presente trabalho originou-se a partir da integração de informações de campo com análise petrográfica e interpretação petrogenética, e foi realizado em amostras de ortognaisses aflorantes na região sul do Município de Luiz Alves - SC pertencentes a unidade litológica Complexo Granulítico de Santa Catarina (CGSC). A mesoestrutura mais frequentemente observada na área é um bandamento composicional onde alternam-se diferentes tipos de ortognaisses, e de maneira mais restrita outras rochas metamórficas como quartzitos e brechas máficas. Considerando os ortognaisses, este bandamento resulta da justaposição tectônica de uma associação de rochas ortoderivadas com composições variando entre trondhjemito, tonalito, enderbito e gabro, constituindo parte de uma associação do tipo TTG. A origem desta associação está possivelmente relacionada à raiz de um arco magmático ou zona de delaminação de idade arqueana. Nos diferentes níveis de ortognaisses é possível observar a formação de estruturas penetrativas como foliações minerais e bandamentos metamórficos, indicando que a justaposição e deformação da associação de rochas magmáticas pretéritas ocorreu durante um evento metamórfico principal (M1) do tipo regional orogênico, em condições da fácies granulito de baixa pressão com base na interpretação da paragênese clinopiroxênio, ortopiroxênio e plagioclásio que ocorre nos gnaisses gabronoríticos. Nas rochas gabronoríticas também foi possível caracterizar 2 eventos retrometamórficos. O primeiro evento de retrometamorfismo (M2) ocorreu em condições da fácies anfibolito e caracteriza-se pela formação de coroas de hornblenda ao redor dos cristais de piroxênio. Já o segundo evento retrometamórfico (M3) está associado a formação de cristais sintaxiais de prehnita, epidoto e actinolita nas brechas máficas, indicando condições relativas transição entre a fácies sub-xistos verdes e xistos verdes.

Palavras-chave: Complexo Granulítico de Santa Catarina; Cráton Luis Alves; TTG. Petrografia; Petrogênese.

ABSTRACT

This work originated from the integration of field information with petrographic analysis and petrogenetic interpretation, and was carried out on samples of outcropping orthogneisses in the southern region of Luiz Alves - SC, belonging to the lithological unit Santa Catarina Granulitic Complex (SCGC). The most frequently observed mesostructure in the area is a compositional banding where different types of orthogneisses alternate, and in a more restricted way other metamorphic rocks such as quartzites and mafic breccias. Considering the orthogneisses, this banding results from the tectonic juxtaposition of an association of orthoderived rocks with compositions ranging from trondhjemite, tonalite, enderbite and gabbro, constituting part of an association of the TTG type. The origin of this association is possibly related to the root of a magmatic arc or delamination zone of Archean age. In the different levels of orthogneisses, it is possible to observe the formation of penetrative structures such as mineral foliations and metamorphic bandings, indicating that the juxtaposition and deformation of the association of past magmatic rocks occurred during a main metamorphic event (M1) of the regional orogenic type, in low pressure granulite-facies conditions based on the interpretation of clinopyroxene, orthopyroxene and plagioclase paragenesis occurring in gabbro-norite gneisses. In gabbro-norite rocks it was also possible to characterize 2 retrograde metamorphic events. The first retro-metamorphism event (M2) occurred under amphibolite facies conditions and is characterized by the formation of hornblende crowns around pyroxene crystals. The second retrograde metamorphic event (M3) is associated with the formation of syntaxial crystals of prehnite, epidote and actinolite in mafic breccias, indicating transition conditions between sub-greenschist and greenschist facies.

Keywords: Santa Catarina Granulitic Complex; Luis Alves Craton; TTG; Petrography; Petrogenesis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de localização dos pontos analisados com principais vias de acesso.....	17
Figura 2 - Compartimentação Tectônica da Província Mantiqueira (Setentrional, Central e Meridional). Indicando o Cráton Luis Alves (seta amarela) modificado de (Heilbron et.al.2004). Legenda 1 - Cobertura Fanerozóicas; 2 - Província Tocantins/Mantiqueira; 3 - Sequências metassedimentares e metavulcanosedimentares neoproterozóicas; 4 - Granitóides neoproterozóicos pré-colisionais; granitóides sin-colisionais; 5 - Orógenos Apiaí e São Gabriel; 6 - Cobertura Neoproterozóicas; 7 - Crátons: CSF - Cráton São Francisco; CLA – Cráton Luis Alves; CRP – Cráton Rio de La Plata.....	19
Figura 3 - (a) Compartimentação geotectônica da porção meridional da Província Mantiqueira. (b) Compartimentação tectônica do Escudo Catarinense.....	21
Figura 4 - Disposição aproximadas das fácies metamórficas na grade petrogenética de pressão por temperatura. Números indicam curvas de reações de fusão de pelitos extraídas de Yardley (1989): 1 - $Ab + Qzo + H_2O = fusão$; 2 - $Ms + Kf + Qzo + H_2O = fusão$; 3 - $Ms + Qzo = Kf + Als + Fusão$	29
Figura 5 - Grade petrogenética com as trajetórias das séries de alta, média e baixa P/T para o metamorfismo das rochas máficas (metabásicas) representada através de diagramas ACF. O diagrama do canto superior esquerdo representa a composição do protólito.....	31
Figura 6 - Mapa geológico da área de estudo com localização dos pontos investigados.....	42
Figura 7 - Fotografia da amostra de mão LA 123/14.01.A.....	43
Figura 8 - Fotomicrografias da amostra LA 123/14.01.A. A) e B) Aspectos microestruturais e texturais da rocha: em A) Bandamento caracterizado por níveis com teores mais elevados de anfibólio e piroxênio em Luz Plano Polarizada (LPP), em B) fotomicrografia destacando a textura granoblástica do quartzo e plagioclásio com os Polarizadores Cruzados (PC). intercalado com níveis de quartzo e plagioclásio. C) Detalhe dos cristais de piroxênio manteados por hornblenda (LPP) minerais opacos. D) Detalhe das feições de alteração dos cristais de hornblenda com bordas substituídas por clorita, epidoto e minerais opacos (LPP)	45
Figura 9 - Fotografia da amostra de mão LA 123/14.01.B.....	46
Figura 10 - Fotomicrografias da amostra LA 123/14.01.B. A) e B) Fotomicrografias mostrando aspecto geral da textura brechada do hidrotermalito (LPP e PC respectivamente). C) Detalhe dos agregados sintaxitais de cristais de prehnita e epidoto em (PC). (D) Detalhe cristal subédrico de actinolita preenchendo fratura (LPP).....	47

Figura 11 - Fotografia da amostra de mão LA 123/14.01.C.....	48
Figura 12 - Fotomicrografias da amostra LA 123/14.01.C. A) Porfiroclasto de plagioclásio e cristais granoblásticos de quartzo e plagioclásio (PC). B) Foliação milonítica marcada pela formação de ribbons de quartzo (PC). C) Cristais orientados de biotitas com formação de kink bands (LPP). D) Detalhe de um cristal de granada com a borda alterada para biotita e opacos (LPP). E) Detalhe de um cristal de zircão apresentando fraturas de fissão.....	49
Figura 13 - Fotografia da amostra de mão LA 123/14.01.D.....	50
Figura 14 - Fotomicrografias da amostra. LA 123/14.01.D. A) Aspectos gerais das texturas granoblástica e porfiroblástica. Destaque para porfiroclasto deformado de plagioclásio, com planos de macla encurvados devido a esforços tectônicos (PC). B) Cristal de ortopiroxênio incluso em porfiroclasto de plagioclásio (PC). C) Detalhe de um cristal de ortopiroxênio com substituição por clorita, hornblenda, minerais opacos e biotita nas fraturas e bordas (LPP)....	52
Figura 15 - Fotografia da amostra de mão LA 123/14.06.A.....	54
Figura 16 - Fotomicrografias da amostra. LA 123/14.06.A. A) Aspecto estrutural e geral da amostra (LPP). B) Detalhe dos aspectos texturais evidenciando porfiroclasto de plagioclásio com maclas deformadas (PC). C) Detalhe do cristal de hornblenda com as bordas alteradas para clorita e epidoto (LPP).....	55
Figura 17 - Fotografia da amostra de mão LA 123/14.06.B.....	56
Figura 18 - Fotomicrografias da amostra mostra de mão LA 123/14.06.B. A) Fotomicrografia geral da lâmina (PC). B) Detalhe da textura porfiroclástica do plagioclásio (PC). (C) Ortopiroxênio pseudometamorfizado para esfeno, clorita e opacos (LPP).....	57
Figura 19 - Fotografia da amostra de mão LA123/14.06.C.....	58
Figura 20 - Fotomicrografias da amostra LA123/14.06.C. A) e B) Aspectos estruturais e texturais gerais (LPP e PC respectivamente) e (C) Detalhe de um cristal de quartzo estirado com formação de subgrãos (PC).....	59
Figura 21 - Fotografia da amostra de mão LA 123/14.07.A.....	61
Figura 22 - Fotomicrografias da amostra LA.123/14.07.A. A) e B) Fotomicrografias mostrando aspectos estruturais e texturais gerais da lâmina (LPP e PC respectivamente). C) Detalhe de um porfiroclasto de plagioclásio (PC). D) Detalhe de um cristal de quartzo alongado com extinção ondulante e formação de subgrãos (PC).....	62
Figura 23 - Fotografia da amostra de mão LA 123/14.07.B.....	63
Figura 24 - Fotomicrografias da amostra LA 123/14.07.B. A) Aspecto geral da estrutura bandada (LPP). B) Detalhe de um porfiroclasto de plagioclásio e de um cristal anédrico de ortopiroxênio (PC).....	64

Figura 25 - Fotografia da amostra de mão LA 123/14.07.C.....	65
Figura 26 - Fotomicrografias da amostra LA 123/14.07.C. (A) Aspectos estruturais e texturais gerais da amostra (PC). (B) Detalhe da coroa de alteração da hornblenda clorita, esfeno e opacos (LPP).....	66
Figura 27 - Fotografia da amostra de mão LA 123/14.08.A.....	68
Figura 28 - Fotomicrografias da amostra LA 123/14.08.A. (A) e (B) fotomicrografias geral da lâmina (PC) e (LPP).(C) Quartzo e plagioclásio com textura granoblástica e cristal de clinozoisita.(D) Ortopiroxênio nematoblástico, quartzo e plagioclásio granoblástico.....	69
Figura 29 - Fotografia da amostra de mão LA 123/14.08.B.....	70
Figura 30 - Fotomicrografias da amostra LA 123/14.08.B. (A) e (B) Fotomicrografia geral da lâmina com porfiroclasto de plagioclásio com maclas polissintéticas evanescentes. (LPP) e (PC). (C) Fotomicrografia de detalhe de cristal de clinozoisita. (D) Plagioclásio evidenciando o processo de saussuritização.....	71
Figura 31 - Fotografia da amostra de mão LA 123/14.08.C.....	72
Figura 32 - Fotomicrografias da amostra LA 123/14.08.C. (A) e (B) Fotomicrografia geral da lâmina (LPP) e (PC). (C) e (D) Fotomicrografia de detalhe cristal de ortopiroxênio com borda alterada para clorita, biotita e opacos (PC) e (LPP).....	73
Figura 33 - Fotografia da amostra de mão LA 123/14.08.D.....	74
Figura 34 - Fotomicrografias da amostra LA 123/14.08.D. (A) e (B) Fotomicrografias geral da lâmina (PC) e (LPP) mostrando o bandamento composicional. (C) Fotomicrografia com pseudomorfo de ortopiroxênio nematoblástico com intenso processo de cloritização, em baixo do cristal de ortopiroxênio um porfiroclasto de plagioclásio e em cima uma biotita lepidoblástica (D) Detalhe cristal de Opx fortemente cloritizado e com as bordas alteradas para biotita e opacos.....	75
Figura 35 - Fotografia da amostra de mão LA 123/14.08.E.....	76
Figura 36 - Fotomicrografias da amostra LA 123/14.08.E. (A) e (B) fotomicrografia geral da lâmina, evidenciando veio de quartzo microcristalino em (PC) e (LPP) respectivamente. (C) e (D) fotomicrografia de detalhe com porfiroclasto de plagioclásio com bordas alteradas para clinozoisita e epidoto em (LPP) e (PC). respectivamente.....	77
Figura 37 - Fotografia da amostra de mão LA 123/14.08.F.....	78
Figura 38 - Fotomicrografias da amostra LA 123/14.08.F. (A) e (B) Fotomicrografia geral da lâmina, com quartzo fitado em mostrando foliação milonítica (LPP) e (PC). (C) fotomicrografia de detalhe porfiroclasto de plagioclásio com macla polissintética deformada, cristais equigranulares de quartzo e plagioclásio granoblástico, hornblenda nematoblástica e	

biotita lepidoblástica.....	79
Figura 39 - Fotografia da amostra de mão LA 123/14.08.G.....	80
Figura 40 - Fotomicrografias da amostra LA 123/14.08.G. (A) e (B) Fotomicrografia geral da lâmina com quartzo granoblástico em série.....	80
Figura 41: Diagramas de classificação mineral aplicados para as amostras ortoderivadas. A) Diagramas Q-(A+P)-M, B) diagrama Q-A-P (Streckeisen, 1976), C) Diagrama de classificação para rochas gabróicas, Streckeisen (1976) e D)Diagrama Q-A-P para rochas portadoras de ortopiroxênio (Le Maitre, 2002).....	84

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Sistemática para nomenclatura de rochas metamórficas.....	33
Quadro 2 - Comparação entre as diferentes tipologias propostas para a classificação de rochas graníticas.....	35
Quadro 3 - Associações minerais diagnósticas da fácies granulito.....	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Análise modal e classificação das lâminas petrográficas das amostras do ponto LA 01.....	53
Tabela 2 - Análise modal e classificação das lâminas petrográficas das amostras do ponto LA.06.....	60
Tabela 3 - Análise modal e classificação das lâminas petrográficas das amostras do ponto LA.07.....	67
Tabela 4 - Análise modal e classificação das lâminas petrográficas das amostras do ponto LA.08.....	81

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Act	Actinolita
An	Anortita
ATG	<i>Arc Tholeitic Granitoids</i>
aH ₂ O	Atividade de água
Bt	Biotita
CCSb	Cinturão de Cisalhamento Sul-brasileiro
CGSC	Complexo Granulítico de Santa Catarina
Cl	Clorita
CLA	Cráton Luis Alves
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
CRP	Cráton Rio de La Plata
CSF	Cráton São Francisco
Cz	Clinozoisita
Ep	Epidoto
Ga	Giga-anos
Gt	Granada
Hbl	Hornblenda
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IUGS	<i>International Union of Geological Sciences</i>
LABEMO	Laboratório de Microscopia Óptica
LPP	Luz Plano Polarizada
MORB	<i>Middle Ocean Ridge Bassalt</i>
Op	Opacos
Opx	Ortopiroxênio
PC	Polarizadores cruzados
Pl	Plagioclásio
PM	Província Mantiqueira
Pre	Prehnita

Qtz	Quartzo
RTG	<i>Ridge Tholeiitic Granitoids</i>
SC	Santa Catarina
SCGC	Santa Catarina Granulite Complex
SCMR	<i>Subcommission on the Systematics of Metamorphic Rocks</i>
SHRIMP	<i>Sensitive High Resolution Ion Microprobe</i>
SIG	Sistema de Informações Geográficas
Sr	Sericita
TAG	Terreno Anfibolítico-Granulítico do Paraná e Santa Catarina
TTG	Tonalito-Trondhjemito-Granodiorito
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
UY	Uruguai
ZCIP	Zona de Cisalhamento Itajaí-Perimbó
ZCMG	Zona de Cisalhamento Major Gercino
Zr	Zircão

Sumário

1	INTRODUÇÃO.....	15
1.1	OBJETIVOS.....	15
1.2	JUSTIFICATIVA.....	16
1.3	LOCALIZAÇÃO E ACESSOS.....	17
2	CONTEXTO GEOTECTÔNICO.....	18
2.1	ESCUDO CATARINENSE.....	19
2.2	COMPLEXO GRANULÍTICO DE SANTA CATARINA.....	21
2.3	GNAISSES GRANULÍTICOS LUIS ALVES.....	23
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	25
3.1	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	25
3.2	ANÁLISE DE DADOS PRÉ EXISTENTES.....	25
3.3	ANÁLISE PETROGRÁFICA.....	26
3.4	ANÁLISE DE DADOS GERADOS.....	27
4	REFERENCIAL TEÓRICO.....	28
4.1	METAMORFISMO DE ROCHAS MÁFICAS.....	28
4.2	CLASSIFICAÇÃO PETROGRÁFICA DE ROCHAS METAMÓRFICAS MÁFICAS.....	32
4.3	CLASSIFICAÇÃO PETROGENÉTICAS DE GRANITÓIDES.....	34
4.3.1	Granitóides Arqueanos.....	36
4.4	GRANULITOS: UMA BREVE REVISÃO.....	36
4.4.1	Terminologia.....	36
4.4.2	Características gerais.....	37
4.4.3	Metamorfismo Granulítico.....	40
4.4.4	Distribuição Espacial e Temporal dos Granulitos.....	40
5	RESULTADOS.....	41
5.1	CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA E PETROGRÁFICA DOS AFLORAMENTOS.....	41
5.1.1	Ponto LA 01.....	42

5.1.2	Ponto LA 06.....	53
5.1.3	Ponto LA 07.....	60
5.1.4	Ponto LA 08.....	67
5.2	CLASSIFICAÇÃO MINERAL E <i>TREND</i> EVOLUTIVO DOS ORTOGNAISSES.....	83
5.3	CLASSIFICAÇÃO PETROGENÉTICA E AMBIENTE GEOTECTÔNICO DOS ORTOGNAISSES.....	84
5.4	EVENTOS METAMÓRFICOS.....	85
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES.....	86
	REFERÊNCIAS.....	87

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho tem como objeto de estudo uma associação de ortognaisses metamorfizados na fácies granulito que afloram na região sul do município de Luiz Alves. Estes pertencem a uma unidade geológica denominada de Complexo Granulítico de Santa Catarina Hartmann *et al.*, (1979), e são uma importante fonte de informações a respeito da constituição litológica, do ambiente de formação e dos processos geológicos atuantes na base de um dos terrenos mais antigos do escudo catarinense.

Para isto, o presente trabalho de conclusão de curso apresenta uma caracterização petrográfica detalhada destes ortognaisses, trazendo valiosas informações de detalhe a respeito de suas estruturas e texturas em meso e micro escala, bem como sobre a diversidade e o teor dos constituintes minerais. Estes dados foram interpretados com base na aplicação de diagramas existentes na literatura específica e na comparação com associações e modelos clássicos propostos para terrenos de alto grau.

A estrutura deste volume inicia com uma revisão bibliográfica referente ao contexto geológico e geotectônico da região sul do Brasil, seguida pelos materiais e métodos utilizados para a realização deste trabalho. Após, uma contextualização teórica sobre metamorfismo de rochas máficas e suas classificações petrográficas e petrogenéticas, devido a área de estudo situar-se em um terreno granulítico, foi abordada uma breve revisão sobre rochas granulíticas e por suas semelhanças com terrenos arqueanos Tonalito-Trondhjemito-Granodiorito (TTG) foi necessário uma revisão sobre terrenos TTG. Por fim, serão apresentados os resultados, discussões e conclusões decorrentes do trabalho.

1.1 OBJETIVOS

O objetivo principal deste trabalho é a caracterizar petrograficamente as amostras estudadas em meso e microescala, com ênfase na determinação de estruturas, texturas e da estimativa modal dos minerais pertencentes aos ortognaisses do Complexo Granulítico de Santa Catarina (CGSC) que afloram na região sul do município de Luiz Alves, SC.

1.2 JUSTIFICATIVA

As rochas metamorizadas de fácies granulito têm sido tema de um grande número de estudos ao longo das últimas décadas. Toda essa atenção se deve ao fato desses litotipos representarem resquícios de raízes profundas da crosta e trazem informações importantes acerca da provável natureza e composição crustal (HARLEY, 1998; WINTER, 2001). Também podem servir para um melhor entendimento dos processos tectônicos envolvidos na evolução de um orógeno Harley (1989).

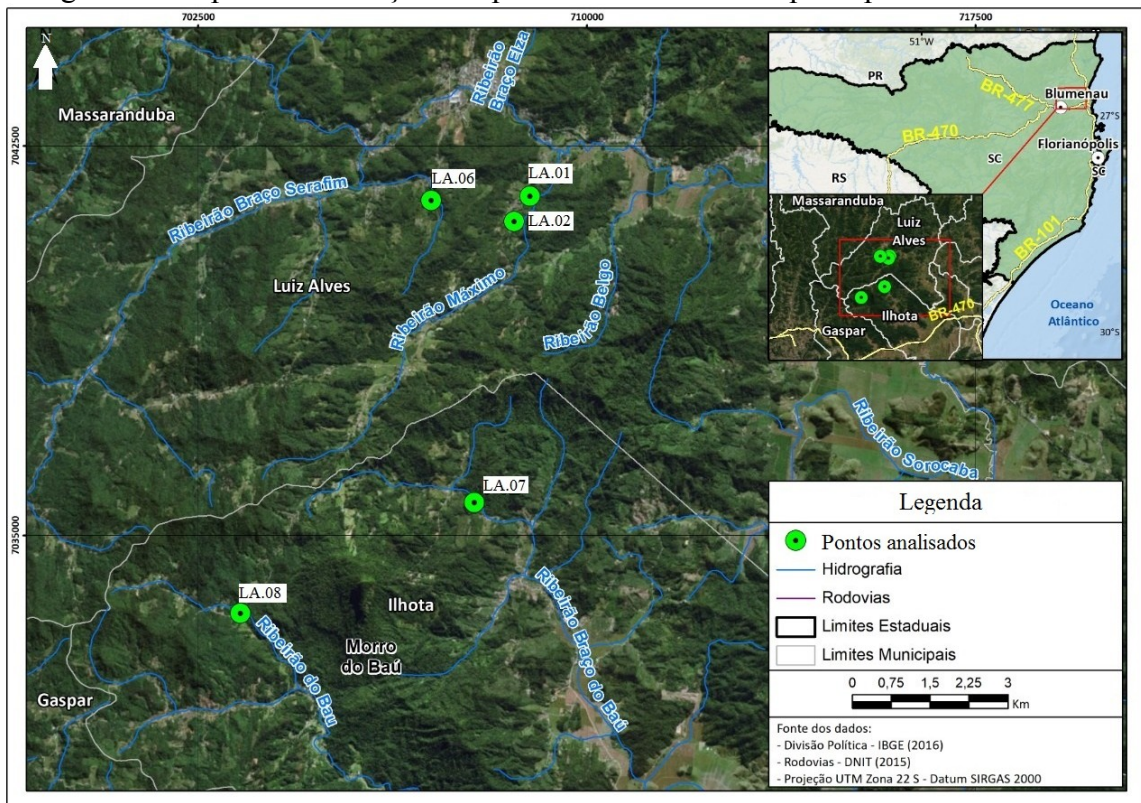
Apesar dos diversos estudos publicados por autores consagrados para o CGSC como: Bartorelli (1968), Minioli (1972), Hartmann (2000), Figueiredo (1991), Harara (2001 e 2003) e Basei (2010), Iglesias et al., (2011) e Heller et al., (2020). Ainda existe uma grande carência de trabalhos recentes, com ênfase na análise petrográfica e que tenham sido realizados na região sul do município de Luiz Alves. Portanto este trabalho trará importantes dados à comunidade acadêmica especializada porque apresenta um detalhamento petrográfico da constituição litológica do CGSC, e também porque discute informações a respeito dos processos e condições de formação das rochas em estudo, buscando associar estas informações ao possível ambiente tectônico de formação do complexo.

1.3 LOCALIZAÇÃO E ACESSOS

A área de estudo está localizada na Região Sul do território brasileiro, fazendo parte da porção nordeste do estado de Santa Catarina, ao sul do município de Luiz Alves. Os pontos analisados pertencem aos municípios de Luiz Alves e Ilhota.

Seu principal acesso se faz pela estrada federal BR-101 que corta cidades litorâneas de norte a sul em Santa Catarina. Conectando-se à estrada federal BR-470 e por fim a estrada estadual SC-414 sentido oeste, chegando ao município de Luiz Alves. Ao sul do município de Luiz Alves, à beira de estradas municipais, ocorrem pequenos leitos de rios e drenagens onde encontram-se expostos os afloramentos analisados, apenas o Ponto LA 02 não foi amostrado devido tratar-se da mesma litologia do Ponto LA 01. Na figura 1 é apresentado o mapa de localização dos pontos analisados e suas principais vias de acesso.

Figura 1 - Mapa de localização dos pontos analisados com principais vias de acesso.



Fonte: Google Earth Pro, IBGE (2016) e DNIT (2016).

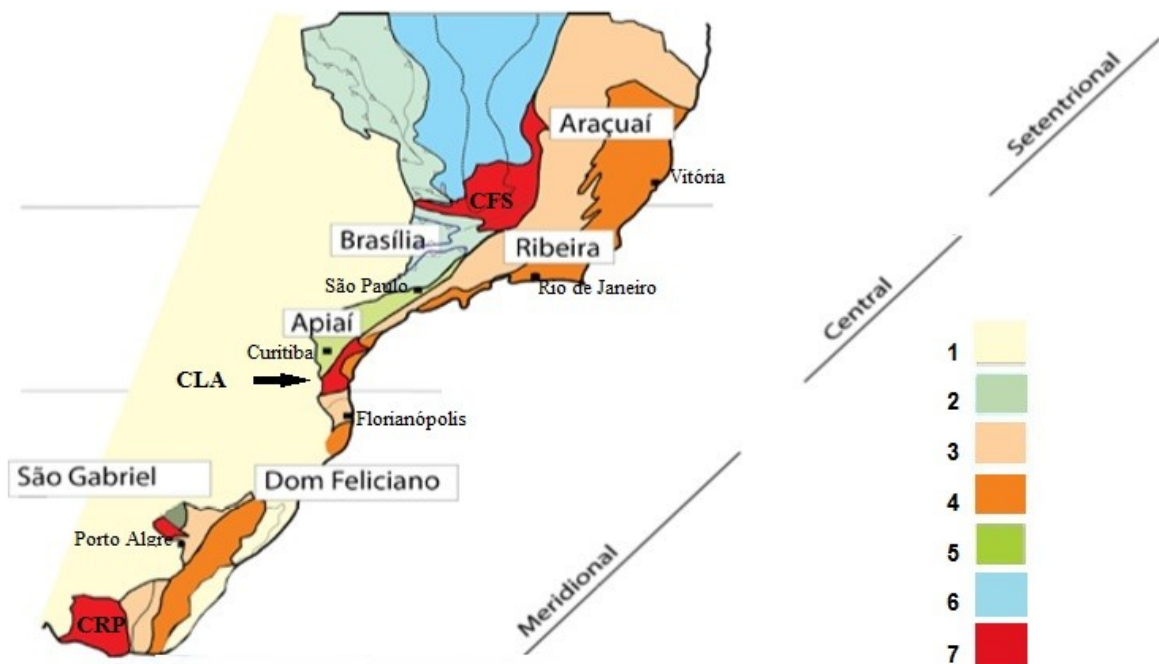
2 CONTEXTO GEOTECTÔNICO

A área de estudo está situada na Província Mantiqueira (PM), definido por (ALMEIDA *et al.*, 1967), como um sistema orogênico Neoproterozóico, que se estende no Brasil desde o sul do estado da Bahia até o Rio Grande do Sul prolongando-se até o Uruguai (UY), compreendendo uma área média de 3.000 km de comprimento por 400 km de largura.

Seu limite a norte se dá pelo Cráton São Francisco, a sul com o Cráton Rio de La Plata, a oeste com o Cinturão Brasília e as rochas da Bacia do Paraná e a leste por rochas quaternárias. Este sistema é constituído pelos orógenos Araçuaí, Ribeira, Dom Feliciano e São Gabriel, e pela zona de interferência entre os orógenos Brasília e Ribeira.

A Província Mantiqueira pode ser compartimentada estratigraficamente, de uma forma simplificada, em: embasamento arqueano e/ou paleoproterozóico; sequências metassedimentares paleoproterozóicas a neoproterozóicas, sequências metassedimentares e metavulcano-sedimentares neoproterozóicas; granitóides neoproterozóicos pré-colisionais; granitóides sin-colisionais; coberturas neoproterozóica-cambrianas e magmatismo pós-colisional. A PM é subdividida em unidades Setentrional (Orógeno Araçuaí), Central (porção sul do Orógeno Brasília e os orógenos Ribeira e Apiaí) e Meridional (os orógenos Dom Feliciano e São Gabriel) (ALMEIDA *et al.*, 1967; HASUI, 1984; HEILBRON *et al.*, 2004), entre a PM central e a PM meridional encontra-se o Cráton Luis Alves, área de interesse do trabalho (Figura 2).

Figura 2 - Compartimentação Tectônica da Província Mantiqueira (Setentrional, Central e Meridional). Indicando o Cráton Luis Alves (seta preta) modificado de (Heilbron et.al.2004).
 Legenda 1 - Cobertura Fanerozóicas; 2 - Província Tocantins/Mantiqueira; 3 - Sequências metassedimentares e metavulcanosedimentares neoproterozóicas; 4 - Granitóides neoproterozóicos pré-colisionais; granitóides sin-colisionais; 5 - Orógenos Apiaí e São Gabriel; 6 - Cobertura Neoproterozóicas; 7 - Crátons: CSF - Cráton São Francisco; CLA – Cráton Luis Alves; CRP – Cráton Rio de La Plata.



Fonte: Extraído de (Heilbron et.al., 2004).

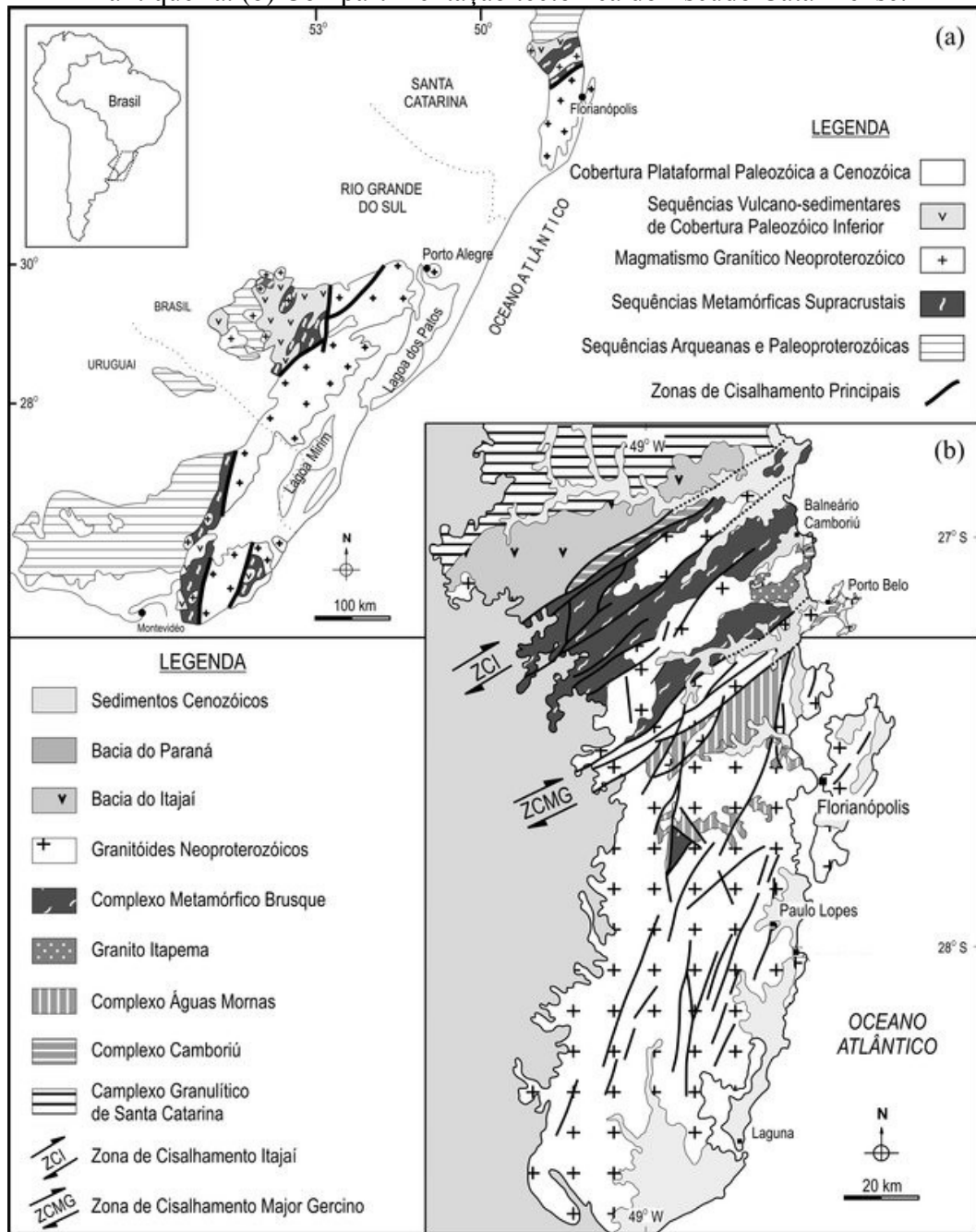
2.1 ESCUDO CATARINENSE

Primeiramente compartimentado em Domínios Externo, Intermediário e Interno, segmentados por duas zonas de cisalhamento principais por Basei (1985). Zonas que constituem lineamentos expressivos pertencentes ao Cinturão de Cisalhamento Sul-brasileiro (CCSb - BITENCOURT *et al.*, 1996). Essas zonas em Santa Catarina são denominadas de Zona de Cisalhamento Itajaí-Perimbó (ZCIP - SILVA; DIAS, 1981) e Zona de Cisalhamento Major Gercino (ZCMG – BITENCOURT *et al.*, 1989).

Subsequentemente com o intuito de desvincular a nomenclatura utilizada das interpretações tectônicas dos modelos preexistentes, Florisbal (2011) compartimentou o

Escudo Catarinense de forma equivalente a Basei (1985) onde renomeou os Domínios Externo, Intermediário e Interno como Norte, Central e Sul. Domínio Norte é composto por rochas do Complexo Granulítico de Santa Catarina e as Bacias do Itajaí e Campo Alegre, que fazem contato ao sul com a ZCIP; Domínio Central pelas rochas do Complexo Metamórfico Brusque e do Complexo Camboriú, além de corpos graníticos menores. Seus limites a norte e a sul são demarcados pela ZCIP e ZCMG, respectivamente; o Domínio Sul é composto principalmente pelas rochas graníticas do Batólito Florianópolis, além de porções remanescentes do Complexo Águas Mornas e Complexo Queçaba, ambos interpretados como *roof pendants* e/ou *inliers* do embasamento (BASEI, 1985, 2000; PASSARELI *et al.*, 2010), (figura 3).

Figura 3 - (a) Compartimentação geotectônica da porção meridional da Província Mantiqueira. (b) Compartimentação tectônica do Escudo Catarinense.



Fonte: a) Chemale et al. (1995). e b) Bitencourt et al. (1989).

2.2 COMPLEXO GRANULÍTICO DE SANTA CATARINA

O Complexo Granulítico de Santa Catarina (CGSC) constitui o núcleo Neoarqueano a Paleoproterozóico da Microplaca Luis Alves, situado entre o bloco Paranaguá, Microplaca Curitiba e o Cinturão Dom Feliciano, sendo que, suas fronteiras são estabelecidas por grandes

zonas de cisalhamento (HARTMANN *et al.*, 1979). Este complexo metamórfico não foi afetado pelos eventos termo-tectônicos da orogenia do Ciclo Brasileiro, caracterizando-o como indeformado internamente, embora apresente intrusões pontuais de granitóides Neoproterozóicos relacionados a este ciclo (HARTMANN *et al.*, 1979). Está localizado no nordeste do estado Santa Catarina e sudeste do Estado do Paraná (FIGUEIREDO *et al.*, 1997), situado entre os cinturões Ribeira e Dom Feliciano, ocupando uma área de aproximadamente 6.000 km² e sua espessura de crosta podendo chegar a 45 km (BASEI *et al.*, 1998). O CGSC, é subdividido, segundo Iglesias (2011) nas seguintes unidades: Gnaisses granulíticos Arqueanos e Paleoproterozóicos (Unidade Máfica-Ultramáfica Barra Velha, Gnaisses Granulíticos Luis Alves, Paragnaisses Luis Alves, Charnockito Postema) e Ortognaisses graníticos, granodioríticos e granitóides Paleoproterozóicos (Ortognaisse Pomerode, Metagranito, Granodiorito Rodeio e Suíte Rio da Luz).

Próximo da divisa do Paraná e Santa Catarina, (Harara *et al.*, 2001) subdividiu o (CGSC) de (HARTMANN *et al.*, 1979), em Terreno Gnáissico Anfíbolítico-Granulítico do Paraná e Santa Catarina (TAG) que é subdividido em seis litofácies gnáissicas, sendo cinco litofácies formadas por ortogranulitos máficos, intermediários e fêlsicos, alguns com granada e uma litofácies de biotita gnaisse anfíbolítico, sem orto e clinopiroxênios. Harara *et al.*, (2001) descreve também uma litofácies ultramáfica, formada por lentes de serpentinitos, olivina ortopiroxenitos e olivina websteritos serpentinizados. Como pertencentes ao Complexo Granulítico de Santa Catarina. Devido o presente trabalho não pertencer a essa região, tal divisão não foi adotada.

O CGSC tem como sua litologia predominante os ortognaisses da fácies granulito e de maneira restrita rochas metamórficas da fácies anfíbolito e xisto verde. Os ortognaisses têm como composição predominantemente máfica (gnaisses noríticos), intermediária (gnaisses enderbíticos) ou ácida (gnaisses charnoenderbíticos). Sua estrutura é foliada ou bandada, de coloração cinza esverdeada em geral, o seu bandamento é caracterizado pela alternância de níveis milimétricos a centimétricos de composição essencialmente fêlsica (quartzo e feldspato) com níveis de mesma competência de composição máfica (anfíbólios, piroxênios e biotita). De maneira mais pontual os ortognaisses podem se apresentar maciços, com aspecto ígneo. É possível encontrar em áreas restritas do complexo, os ortognaisses da fácies granulito retrometamorfisados ao fácies anfíbolito, promovendo a transformação do hiperstênio em hornblenda (BASEI *et al.*, 1998).

Os paragnaisses (muito raros) são calciossilicáticos ou kinzigíticos, constituindo os

termos paraderivados do complexo. As rochas ultramáficas são de natureza cumulática e compreendem piroxenitos, além de anfíbolitos. As rochas migmatíticas, de ocorrência bastante escassa, são de estrutura bandada, mostrando alternância de bandas quartzo-feldspáticas com outras constituídas predominantemente por biotita e anfibólio.

A partir de um acervo de dados geocronológicos (datações pelos métodos Rb-Sr, U-Pb, Sm-Nd e K-Ar), de Basei et al., (1998), Hartmann et al., (1996 b) e Heller et al., (2020), pode se resumir a origem e evolução desse complexo em cinco etapas:

- 1º) Formação, por diferenciações do manto, de crosta continental juvenil (protólitos). Idade: $> 2,6$ Ga;
- 2º) Metamorfismo regional do fácies granulito. Idade: $2,6 \pm 0,2$ Ga;
- 3º) Metamorfismo regional do fácies anfíbolito, com migmatização. Possível adição de material juvenil à crosta. Idade: $2,0 \pm 0,2$ Ga;
- 4º) Estabilização tectônica regional (resfriamento). Idade: $1,9 \pm 0,2$ Ga;
- 5º) Surgimento de diferentes tipos de falhas e zonas de cisalhamento; reativações de estruturas antigas. Idade: $0,6 \pm 0,1$ Ga.

Trabalhando no CGSC, nos gnaisses da região de Luiz Alves, Hartmann *et al.*, (2000), datou zircões de uma rocha trondhjêmica associada a ortogranulitos, e foi obtido uma idade U-Pb (SHRIMP) arqueana para o protólito magmático com idades de $(2.716 \pm 16$ Ma).

2.3 GNAISSES GRANULÍTICOS LUIS ALVES

Esta unidade representa o núcleo gnáissico-granulítico indiferenciado do Complexo Granulítico de Santa Catarina, nela estão englobados os litotipos indivisos durante o mapeamento na escala 1:250.000 segundo Iglesias *et al.*, (2011). Petrograficamente esta unidade é constituída predominantemente por gnaisses enderbíticos, charnoenderbíticos e trondhjêmicos com enclaves máficos-ultramáfico de metagabro-noritos, metapiroxenitos e metahornblenditos. Gnaisses granulíticos básicos, gnaisses anfíbolíticos, anfíbolitos e lentes de gnaisses kinzigíticos, calcissilicáticas e quartzitos, também ocorrem.

Os Gnaisses Granulíticos Luis Alves são descritos por Fornari *et al.*, (1998) como uma associação enderbítica (composta por enderbitos, charno-enderbitos), seguindo a classificação de Le Maitre *et al.*, (2002) para os protólitos ígneos. Sua litologia é constituída por rochas mesocráticas de coloração cinza médio a cinza esverdeado, formadas por gnaisses a plagioclásio (andesina), quartzo, ortopiroxênio (hiperstênio) e clinopiroxênio (augita). Esses

gnaisses encontram-se associados a gnaisses com granada (almandina), formando bandas com anfíbolitos e gnaisses trondhjemíticos que ocorrem em pequena quantidade quando comparados aos gnaisses enderbíticos. Esses gnaisses trondhjemíticos são formados principalmente por plagioclásio e quartzo com até 2% de K-feldspato e poucos máficos Iglesias *et al.*, (2011).

A orientação do bandamento nesses gnaisses granulíticos é francamente NW, diferente do padrão NE dos demais domínios. Este bandamento, uma superfície S2 gerada em condições de alto grau, apresenta-se redobrado com atitudes do plano axial NW-SE (BASEI *et al.*, 1992).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia utilizada neste trabalho foi baseada na análise das características petrográficas e petrogenéticas dos ortognaisses da região sul do município de Luiz Alves, pertencentes a unidade Gnaisses Granulíticos Luis Alves do (CGSC). As investigações ocorreram a partir de descrições de campo e de amostras obtidas no projeto Prh-240 (convênio Petrobrás-UFSC). Após a metodologia de trabalho foi dividida em etapas, são elas: revisão bibliográfica, análise de dados existentes, análise petrográfica e análise de dados. Que são descritas no decorrer dos itens seguintes.

3.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Etapa importante que abrange todas as fases da realização do trabalho que envolveu a leitura de livros, artigos científicos, teses e dissertações a fim de ampliar o conhecimento sobre a geologia da área e realizar uma revisão conceitual relacionada a assuntos sobre petrografia e petrogênese metamórfica principalmente referindo-se a rochas metamórficas máficas e granulitos. Foi a primeira etapa a ser iniciada e uma das últimas a ser finalizada devido à constante evolução de ideias e hipóteses ao tema estudado.

3.2 ANÁLISE DE DADOS PRÉ EXISTENTES

A segunda etapa do trabalho consistiu na compilação de dados existentes extraídos do projeto PFRH-PB 240 “Caracterização Litoestrutural do Complexo Granulítico Santa Catarina na Região do Ribeirão Três Córregos, Limite Norte da Bacia do Itajaí-SC.” Foram compilados os dados de descrição de afloramentos e suas coordenadas de pontos amostrados. Também foram utilizadas as amostras de mão coletadas e suas respectivas lâminas delgadas. Com a utilização do software livre Libreoffice Calc 6.1, foi organizada uma tabela de atributos. Para utilizar no software livre Quantum GIS, organizando dados, compilando-os para um ambiente SIG os pontos analisados a fim de espacializar as considerações alcançadas. Com isso foram gerados dois mapas. Um mapa de localização com os pontos investigados e principais vias de acesso e o outro mapa geológico com os pontos analisados plotados. Foram utilizadas como base, imagens retiradas de Geologia e Recursos Minerais da Folha SG-22-Z-B Joinville, estado de Santa Catarina (CPRM, 2011) e do software Google Earth Pro (Figuras

1 e 6).

3.3 ANÁLISE PETROGRÁFICA

Foram realizadas caracterizações macroscópicas de detalhe, em 17 amostras de mão, com o auxílio de Lupa Olympus SZ do Laboratório de microscopia óptica da UFSC (LABEMO). Obtendo informações sobre texturas, estruturas e mineralogia das próprias. Para cada amostra de mão descrita foi confeccionada uma lâmina delgada, que foram utilizadas para realizar caracterizações petrográficas de detalhe, com o auxílio de um Microscópio óptico binocular de luz transmitida Meiji ML7420 do (LABEMO). Possibilitando analisar suas texturas, estruturas e mineralogia buscando classificar e caracterizar as amostras. Discriminando-as conforme o seu grau metamórfico e seu possível protólito. Foi realizado uma análise modal quantitativa que é a análise pontual dos minerais localizados no centro exato da imagem do microscópio, que se situa no cruzamento dos retículos. Após o registro do mineral, desloca-se a platina em uma determinada distância, utilizando o charriot de passo da platina do microscópio. Nesta nova posição, o mineral localizado no cruzamento dos retículos é analisado. Caso o cruzamento dos retículos indique o mesmo mineral, este mineral é computado novamente. Desta forma, as análises continuam até o final da coluna. Ao final da coluna (ou linha), efetua-se o deslocamento horizontal (ou vertical). Através deste processo, a lâmina delgada é analisada na forma de varredura. A soma dos pontos computados para cada mineral representa a abundância relativa do mineral em volume, e a porcentagem corresponde à moda. Devido às rochas analisadas se tratarem de rochas holocristalinas com granulação variando de fina à média, determinou-se fazer uma análise quantitativa de ± 500 pontos por lâmina delgada e o espaçamento entre os pontos de 0.5mm. Foi determinado o teor de anortita dos plagioclásios pelo método de Michel-Levi. Os valores das contagens modais de pontos foram transformados em percentuais de volume por meio do software livre Libreoffice Calc 6.1. Os dados de volumes, foram separados em tabelas (Tabelas 1, 2, 3 e 4) e quando possível foram plotados nos diagramas triangulares de classificação adequados para cada amostra (Figura 41 A, B e C). Nos casos em que as amostras sofreram intenso grau de recristalização, os nomes atribuídos foram devido a seus possíveis protólitos.

Foram utilizados, como apoio, as recomendações da (IUGS) *International Union of Geological Sciences* e dos livros tradicionais de petrologia ígnea e metamórfica (STREIKEISEN, 1976; LE MAITRE, 1989, 2002; YARDLEY, 1994; LE BAS e

STRECKEISEN, 1991; MIYASHIRO, 1994; BUCHER e FREY, 1994; SCHMID *et al.*, 2007).

3.4 ANÁLISE DE DADOS GERADOS

Foram analisadas as descrições realizadas dando ênfase em seus minerais primários e secundários, aspectos texturais, hábitos, tamanho dos cristais e paragêneses minerais. A partir do qual, foram aplicados alguns diagramas de classificação e petrogenéticos, para interpretar as condições de pressão e temperatura do metamorfismo, protólitos e ambientes geotectônicos dos Gnaisses Granulíticos Luís Alves que afloram na região sul do município de Luiz Alves, SC.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo foi realizada uma revisão conceitual relacionada a assuntos sobre petrografia e petrogênese metamórfica principalmente referindo-se a rochas metamórficas máficas e granulitos.

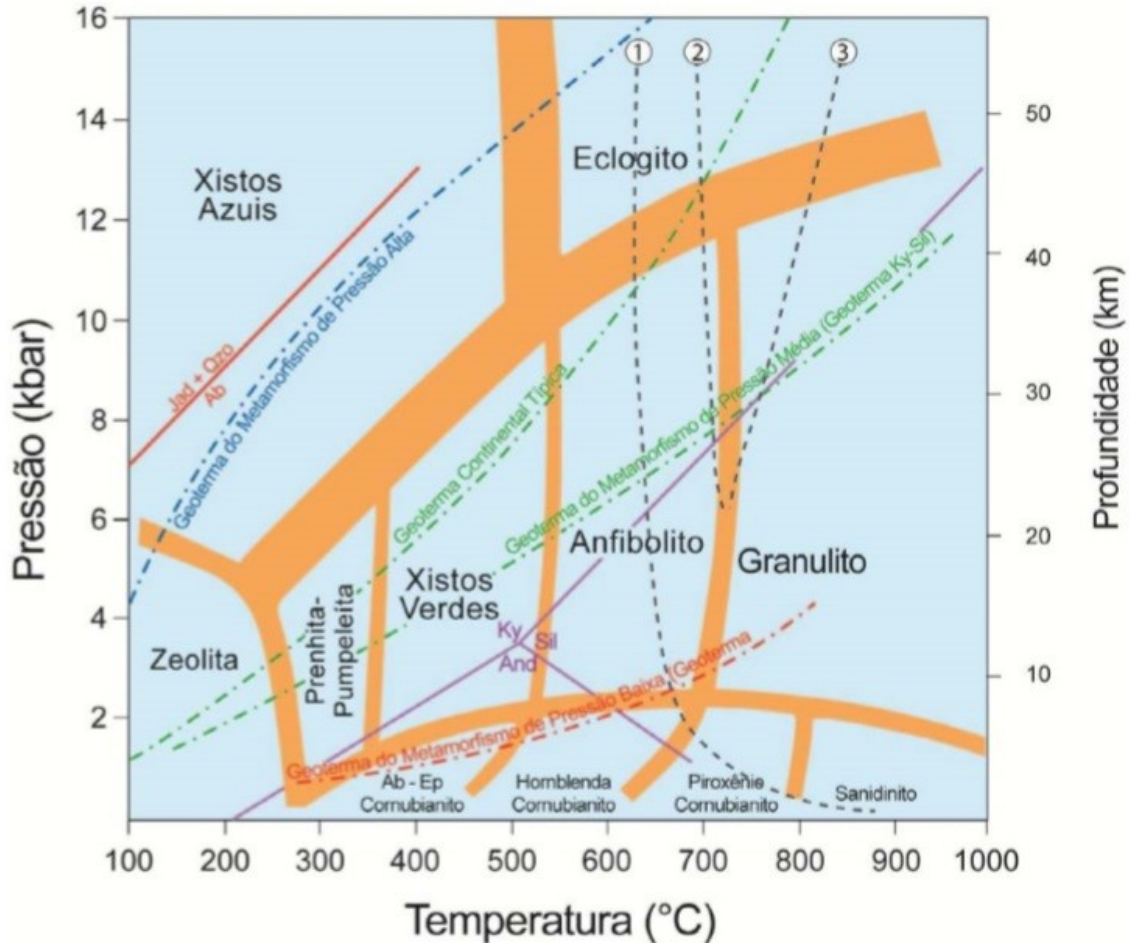
4.1 METAMORFISMO DE ROCHAS MÁFICAS

Gabros e basaltos, quando metamorfizados formam paragêneses minerais bastantes diagnósticas para identificação do grau metamórfico. Quando metamorfizadas em alto grau, formam paragêneses que permitem identificar o grau metamórfico e se é de baixa, média ou alta pressão (tipos báricos) Bucher e Frey (1994).

As rochas máficas, e básicas, são muito suscetíveis a mudanças de temperatura e pressão, a maior parte dos nomes de suas fácies metamórficas são derivadas das assembleias minerais características das rochas metamáficas. Na (figura 4) é possível observar a disposição das fácies metamórficas na grade petrogenética de P-T, (BUCHER E FREY, 1994), de um basalto quando submetido a um metamorfismo progressivo ao longo da geoterma cianita-silimanita inicialmente mostrará assembleias minerais características da fácies zeolita e prehnita-pumpellyita, passando para assembleias da fácies xisto verde, anfíbolito e então, finalmente, irá gerar um granulito máfico. Enquanto em um metamorfismo de alta pressão e baixa temperatura irá transformar um basalto em xisto azuis, que será transformado em eclogito. Já em um metamorfismo de contato (alta temperatura e baixa pressão), os basaltos serão transformados em cornubianitos máficos.

Os processos de fusão parcial em rochas metamáficas têm sua temperatura de início diretamente relacionada a pressão de H₂O em seus voláteis quanto maior a pressão, mais baixa a temperatura de fusão. Entretanto, mesmo em rochas máficas saturadas em H₂O, essa temperatura é mais alta que em metapelitos ou metagranitóides, com valores entre 800 e 900°C. Um dos fatores que vão definir a existência ou não de transformações metamórficas Winkler *et al.*, (1997).

Figura 4 - Disposição aproximadas das fácies metamórficas na grade petrogenética de pressão por temperatura. Números indicam curvas de reações de fusão de pelitos extraídas de Yardley (1989): 1 - $Ab + Qzo + H_2O = \text{fusão}$; 2 - $Ms + Kf + Qzo + H_2O = \text{fusão}$; 3 - $Ms + Qzo = Kf + Als + \text{Fusão}$.



Fonte: Bucher & Frey (1994).

O metamorfismo progressivo em rochas máficas podem ser comparado com os de rochas pelíticas devido a cada um dos dois produzirem uma sequência de zonas minerais, com uma série de fatores bastante característicos ao longo de sua progressão e condições de metamorfismo.

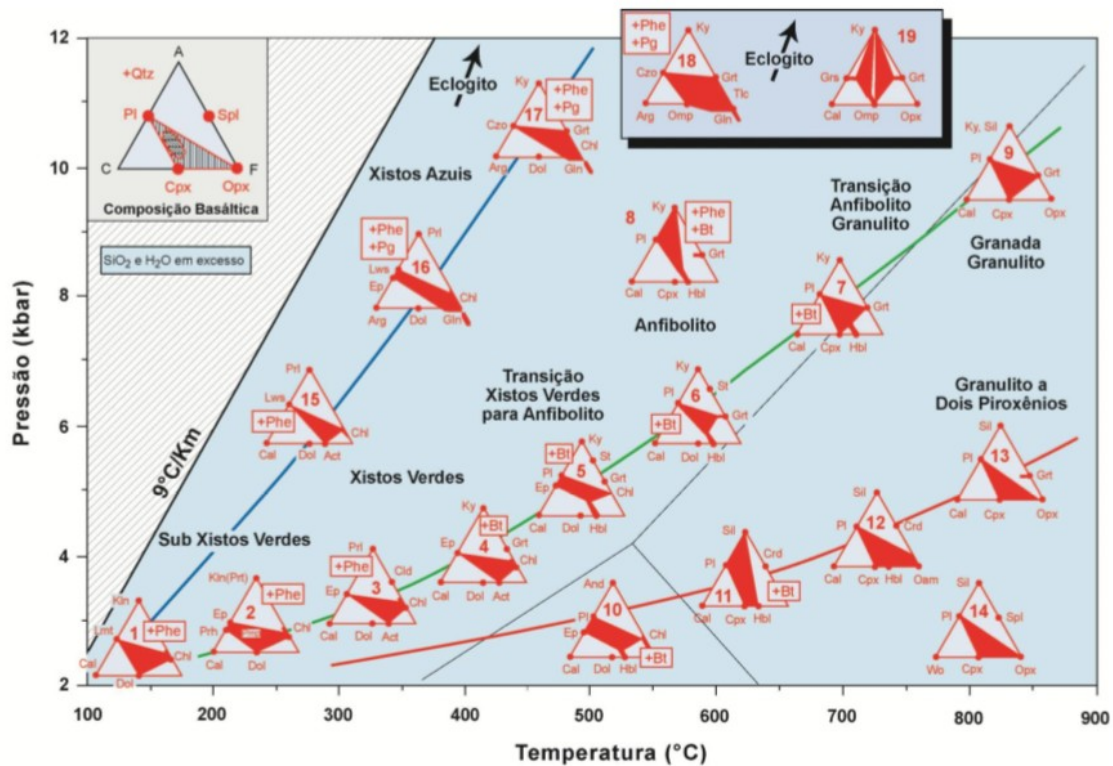
Em rochas máficas, existem poucas espécies minerais presentes. Na fácies Xisto Verdes a assembleia mineral seria ($<An_5$) + clorita + actinolita + epidoto. Na fácies anfíbolito a mineralogia seria: ($>An_{17}$) + hornblenda + biotita + epidoto. A maior parte dos minerais ocorrem em muitas zonas minerais. Suas características de mudanças progradacionais estão baseadas na variação composicional do plagioclásio e do anfíbólio. A composição do plagioclásio varia da albita em baixo grau, para plagioclásios mais cálcicos (oligoclásio e

andesina) com o incremento do grau metamórfico. A transição albita para oligoclásio acontece de maneira abrupta e marca o limite entre as fácies Xistos Verdes a Anfibolito.

As mudanças composicionais nos anfibólitos variam de actinolita em graus baixos para hornblenda mais alcalinas e aluminosas em graus metamórficos mais elevados. Outros fatores relevantes é quando ocasionalmente o quartzo está presente os diagramas ACF devem ser utilizados com cautela, a partir da fácies Xisto Verde até a fácies Anfibolito superior a biotita pode estar presente como mineral acessório e em rochas de grau metamórfico baixo a calcita pode estar presente porém por reações de mistura de voláteis no metamorfismo progressivo ela é consumida.

A grade petrogenética da (Figura 5), mostra a progressão do metamorfismo em rochas máficas sob as três séries clássicas de P/T segundo Bucher e Frey (1994). Este diagrama enfatiza a composição das assembleias minerais características dos metabasaltos, a partir de diagramas triangulares ACF, para cada condição de temperatura e pressão. Os diagramas estão arranjados ao longo de três geotermas típicas da Terra, representando respectivamente as trajetórias encontradas nas zonas de subducção (alta P/T), cinturões colisionais (média P/T) e sistemas de arco magmáticos colisionais (baixa P/T). A relação com o diagrama de fase de aluminossilicatos correspondente é dada como referência. O triângulo inserido no canto esquerdo superior mostra a composição de um basalto do tipo *Middle Ocean Ridge Basalt*, MORB (Pl+Cpx+Opx+Qtz) no diagrama ACF. Nos triângulos ACF da (figura 5), as assembleias que representam a composição aproximada de MORB foram sombreadas.

Figura 5 - Grade petrogenética com as trajetórias das séries de alta, média e baixa P/T para o metamorfismo das rochas máficas (metabásicas) representada através de diagramas ACF. O diagrama do canto superior esquerdo representa a composição do protólito.



Fonte: Extraído de Bucher & Frey (1994) apud Campos (2012).

Em rochas de origem gabróica sob metamorfismo progressivo de baixa pressão, as transformações metamórficas sob condições da fácies sub-xistos verdes irão gerar uma assembleia mineralógica característica composta por prehnita+epidoto+clorita+dolomita (diagrama n.º2 Figura 5). Com o incremento do grau metamórfico a rocha atingirá condições da fácies xistos verdes formando a assembleia mineral albita+actinolita+epidoto+clorita (diagrama n.º4 Figura 5).

Na transição da fácies xistos verdes para fácies anfibolito de baixa pressão, a actinolita, albita, clorita e epidoto desaparecem dando lugar para a assembleia mostrada no diagrama n.º11 da figura 5: plagioclásio ($An > 17$)+hornblenda+clinopiroxênio. Na transição para a fácies granulito poderá aparecer anfibólio ferromagnésiano (vértice Oam do diagrama 12 da figura 5).

Por fim, em grau metamórfico alto a rocha passa a ter a assembleia mineral típica do Fácies Granulito de baixa pressão contendo dois piroxênios (ortopiroxênio + clinopiroxênio) + plagioclásio (diagrama n.º13 da figura 5).

4.2 CLASSIFICAÇÃO PETROGRÁFICA DE ROCHAS METAMÓRFICAS MÁFICAS

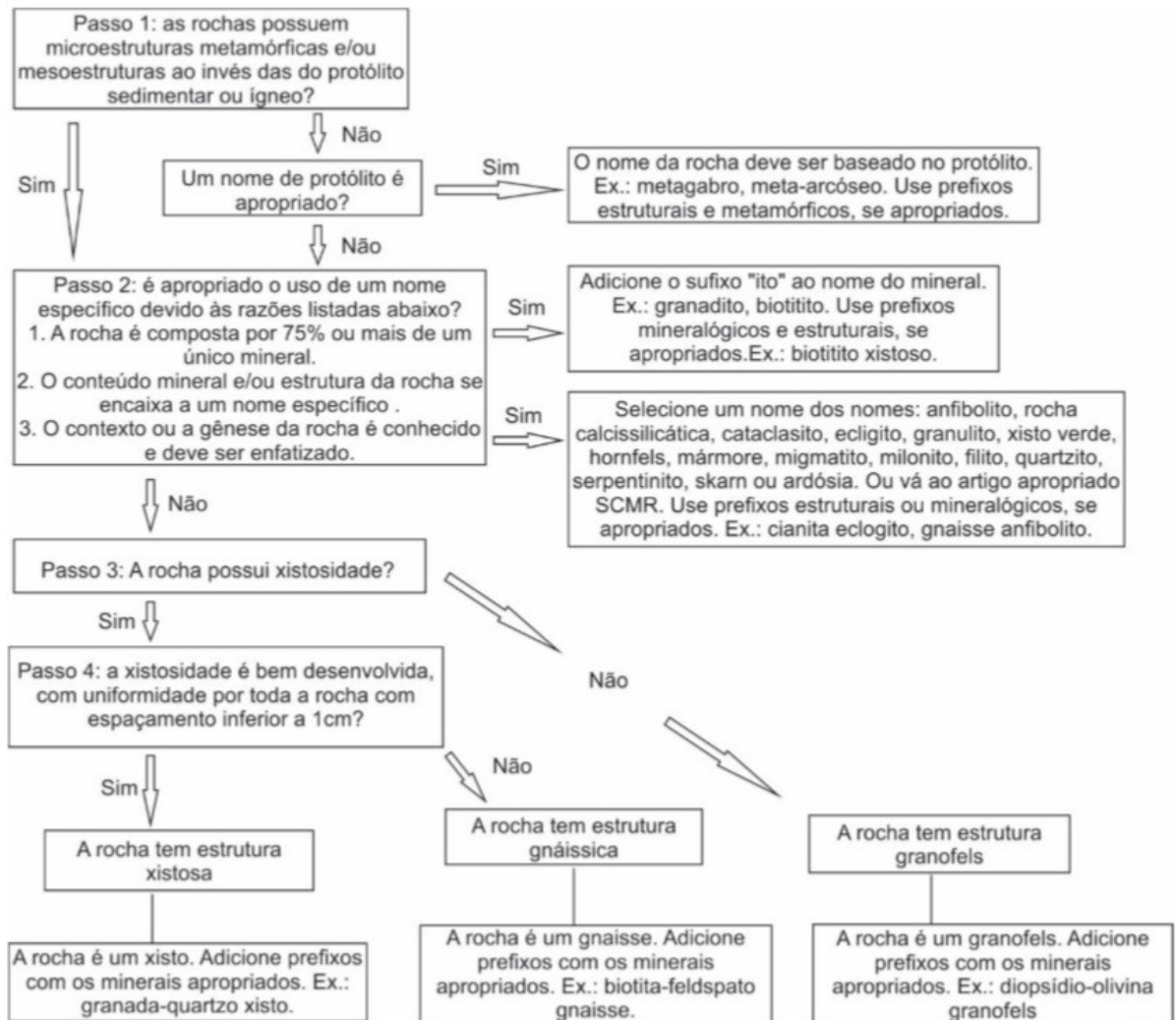
A classificação de rochas metamórficas máficas envolve a identificação de estruturas e texturas em meso e microescala, bem como sua composição mineralógica a partir de sua moda, junto com as observações de campo.

Schmid *et al.*,(2007) propuseram uma nomenclatura para rochas metamórficas aprovado pela (SCMR) *Subcommission on the Systematics of Metamorphic Rocks* da (IUGS) *International Union of Geological Sciences*. Método que leva em consideração, primeiramente, as feições diretamente observáveis em escala mesoscópica, seguido pelas feições em escala microscópica (minerais e estruturas), sem utilizar características genéticas como base para a definição primária da rocha. Em seguida é para casos de rochas de baixo grau metamórfico ou fracamente deformadas, o uso de seu protólito é recomendado.

Com o intuito de sistematizar os critérios de classificação, o método procurou estabelecer uma padronização baseada em termos estruturais, ao qual promove menor generalização da nomenclatura em relação a critérios mineralógicos.

De modo geral o método obedece a um critério sistemático, cujos os dois primeiros passos relacionam o uso de nomes específicos baseados em protólitos e nomes com o sufixo “-ito-”. Enquanto que os dois critérios seguintes levam a escolha de um nome baseado na presença de xistosidade, distinguindo xistos (rochas metamórficas com estrutura xistosa, uma orientação preferencial de minerais ou agregados minerais fruto de processos metamórficos), gnaisses (rochas metamórficas com estrutura gnáissica, caracterizada como uma xistosidade pouco desenvolvida ou, se bem desenvolvida ocorre como bandas com espaçamento maior que um centímetro) ou *granofels* (rochas metamórficas que têm ausência de xistosidade). Esse método é simplificado no Quadro 1.

Quadro 1 - Sistemática para nomenclatura de rochas metamórficas.



Fonte: extraído de Schmid et al., (2007).

Algumas rochas, no entanto, possuem nomes bem estabelecidos, os quais dispensam a classificação segundo o método SCMR, como anfibolitos e serpentinitos, para o caso específico de rochas metamáficas e metaultramáficas, respectivamente. Segundo Schmid *et al.*, (2007), anfibolitos são rochas gnáissicas ou granofélsicas compostas por, majoritariamente, anfibólios e plagioclásios os quais, juntos, somam mais de 75% dos minerais presentes na rocha. Além disso, o anfibólio deve constituir mais de 50% dos minerais máficos e representar mais de 30 % da moda da rocha. Por sua vez, os serpentinitos são rochas metamórficas compostas por mais de 75%, em volume de minerais da rocha, de minerais do grupo da serpentina.

Em rochas ortoderivadas que preservam um grande volume de cristais reliquiares, é possível reconhecer o protólito. As nomenclaturas baseadas em diagramas minerais como por exemplo: Le Bas e Streckeisen (1991) e Le Maitre *et al.*, (2002) podem ser aplicadas utilizando-se o prefixo meta.

4.3 CLASSIFICAÇÃO PETROGENÉTICAS DE GRANITÓIDES

Na área de estudo a predominância encontrada foi de ortognaisses quartzo-feldspáticos portadores de hiperstênio (associação enderbítica) e ortognaisses quartzo-feldspáticos desprovidos de ortopiroxênios (associação tonalítica-trondhjemítica). Devido esse fato, se fez necessário a revisão petrogenética de granitóides.

A classificação petrogenética para granitóides revela aspectos não detectáveis apenas por análises modais. Barbarin (1990, 1999) sumariza grande parte das classificações propostas na literatura (Quadro 2). Que mostra a dificuldade de estabelecer uma correlação entre ela e atribui diferentes critérios aplicados a rochas de regiões específicas.

Quadro 2 - Comparação entre as diferentes tipologias propostas para a classificação de rochas graníticas.

PARÂMETROS	AUTORES	ORIGEM				
		CRUSTAL	MISTA	MANTO		
PRIMEIRAS NOMENCLATURAS QUÍMICAS	SHAND (1927 e 1943)	ROCHAS PERALUMINOSAS		METALUMINOSAS		PERALCALINAS
	LA CROIX (1933)	ROCHAS CÁLCIO-ALCALINAS alto Al		ROCHAS CÁLCIO-ALCALINAS		
PETROGRAFIA	CAPDEVILA & FLOOR (1970) e CAPEDEVILA et al. (1973)	GRANITOS MESOCRUSTAIS		BASE DE CROTA		
	ORSINI (1976 e 1979)	A.M SUB-ALC. ALUMINOSA		A.M. SUB-ALC. HIPOALUMINOSO A.M. CÁLCIO-ALCALINA		
ENCLAVES	YANG CHAOQUIN (1982)	TIPO MM	TIPO CR	TIPO MS		TIPO MD
	TISCHENDORF & PALCHEN (1988)	Si	Si	Ik	Im	Ima
MINERALOGIA (SISTEMA QAP)	DIDIER & LAMEYRE (1969) e DIDIER	TIPO C		TIPO M		
	LAMEYRE (1980) e LAMEYRE & B	LEUCOGRANITOS		SÉRIES CALCIO-ALCALINA		PERALCALINA
MINERAIS MÁFICOS	ROSSI & CHEVREMENT (1987)	A.M. ALUMINOPOTÁSSICA		A.M. MONZONÍTICA		A.M. PERALCALINA
	ISHIHARA (1977) e CZAMANSKE	SÉRIE DA ILMENITA		SÉRIE DA MAGNETITA		
GEOQUÍMICA (ELEMENTOS MAIORES)	WHALEN et al. (1987)	TPO S	TIPO I		TIPO M	
	LA ROCHE (1986) e LA ROCHE et al.	A.M. AK-L	A.M. AK-G	A.M. SA	A.M. CA	A.M. A-PA
GEOQUÍMICA (ELEMENTOS TRAÇO)	DEBON & LE FORT (1983 e 1988)	A.M. ALUMINOSA		A.M. ALUMINO-CAFEMC e CAFEMC		
	MANIAR & PICOLLI (1989)	CCG	POG	CAG	IAG	OP
AMBIENTE TECTÓNICO	PEARCE et al. (1984)	COLG - GRANITOS DE COLISÃO		VAG - GRANITOS DE ARCO VULCÂNICO		WPG - GRANITOS INTRAPLACA
		SIN-TECTÓNICO	PÓS-TECTÓNICO			
CLASSIFICAÇÃO INTEGRADA	PITCHER et al. (1983 e 1987)	TIPO S	TIPO CALEDONIANO		TIPO M	TIPO NIGERIANOS
	BARBARIN (1999)	MPG	CPG	KCG	ATG	PAG

Fonte: Traduzido de Barbarin (1999)

4.3.1 Granitóides Arqueanos

Os Granitóides Arqueanos, são formados por três séries de associações: tonalíticas, trondhjemíticas e granodioríticas (TTG), sanukitóides e leucogranitos.

Associações TTG, são os principais componentes de terrenos arqueanos e correspondem ao embasamento da crosta continental arqueana preservada (Condie 1993, 2005; Martin et al., 2005).

Os mecanismos para formação de associações do tipo TTG, aceitos são: fusão parcial de basaltos toleíticos de crosta oceânica, derivados do mantosuperior, previamente transformados em anfibolitos com granada (greenstone belts ou horblenda eclogitos), relacionada à subducção em sistema de arco (Condie 1993, Martin 1994, Martin et al., 1997, Althoff et al., 2000) ou a eventos de tectônica vertical (Choukronne et al., 1997, Leite et al., 2004).

Recentemente, Condie (2005), conclui que adakitos são provavelmente fusões da crosta oceânica subductante, enquanto que os TTG's seriam produto da fusão parcial da crosta inferior em sistema de arco ou nas zonas de platôs oceânicos.

4.4 GRANULITOS: UMA BREVE REVISÃO

Neste capítulo será apresentado uma breve revisão sobre Granulitos. Etapa muito importante para realização do trabalho, devido a área de interesse do estudo estar localizada em um terreno com ocorrência de rochas “granulíticas”.

4.4.1 Terminologia

O termo granulito, derivado do latim (*granulum*), foi introduzido por (Weiss, 1803 apud Moraes *et al.*, 2004) para designar uma rocha granular de composição quartzo-feldspática, dos maciços da Saxônia e Boemia, na Europa Central. Foi utilizado, posteriormente, por autores alemães para designar leptinitos de Granulitgebirge, Floresta Negra (RINNE *et al.*, 1949) em função, essencialmente, da textura fina e granoblástica que apresenta. Segundo Miyashiro (1973), o nome granulito significava originariamente rochas com textura granulítica, caracterizada por bandas ou fitas de diferentes minerais com

tendência equigranular e equidimensional. Este termo tem sido usado com conotação variável, de petrográfica faciológica (fácies metamórfica granulito de Eskola, 1939; Turner e Veerhoogen, 1960) a geotectônica, relacionada com a compartimentação em cinturões de alto grau metamórfico. O termo foi proposto para todas as rochas metamorfizadas na fácies granulito, incluindo aquelas de composição intermediária e básica. O mesmo autor vinculou as condições da fácies granulito à ocorrência do piroxênio (Eskola *et al.*, 1939, 1952).

Os termos granulito máfico e granulito félsico foram empregados por Harley (1985) para designar granulitos de composição básica e quartzo-feldspática, respectivamente. Esta nomenclatura é atualmente adotada pela (IUGS) *International Union of Geological Sciences*, por meio da (SCMR), a qual recomenda que os granulitos devam ser nomeados basicamente de acordo com sua composição mineral e características macroscópicas, evitando sempre que possível qualquer conotação genética.

A SCMR define que: “Granulito é uma rocha de alto grau metamórfico, na qual silicatos de Fe-Mg são predominantemente anidros. A presença de feldspato e a ausência de moscovita primária são críticas; cordierita pode estar presente. A composição mineral é indicada pela utilização dos componentes principais como prefixos. As rochas com mais de 30% de minerais máficos (predominantemente piroxênio) são chamadas granulitos máficos; aquelas com menos de 30% de minerais máficos (predominantemente piroxênio) são chamadas granulitos félsicos. O termo não deve ser aplicado a rochas ultramáficas, calciossilicáticas, mármore, quartzitos ou formações ferríferas” (COUTINHO *et al.*, 2007)

Neste trabalho, o termo granulito será utilizado, com um sentido amplo, servindo tanto para designar a fácies metamórfica quanto as rochas metamorfizadas sob condições desta fácies. Assim, os granulitos compreendem rochas de composição variada, de origem intra ou supracrustal, que sofreram metamorfismo de fácies granulito.

4.4.2 Características Gerais

Embora Harley (1989) liste uma série de ocorrências granulíticas que datam desde o Mesozoico (3500-3000 Ma) até o Terciário (85-38 Ma), é mais comum encontrá-las nos terrenos pré-cambrianos.

O metamorfismo de fácies granulito está associado à maioria, senão a todos os episódios de formação e retrabalhamento da crosta continental. Os granulitos podem ocorrer em grande escala, como cinturões regionais pré-cambrianos de centenas a milhares de

quilômetros de extensão (*mobile belts* ou *high grade terrains*); como fragmentos expostos em cadeias de montanhas jovens ou como xenólitos carregados por magmas basálticos e kimberlíticos (Harley, 1989).

Os terrenos granulíticos são limitados por discordâncias ou falhas, sendo raras as evidências do metamorfismo progressivo de anfibolitos para granulitos. Na maioria dos casos em que rochas de fácies anfibolito ocorrem com rochas de fácies granulito, os anfibólios são de origem retrometamórfica (BEST, 2003; YARDLEY, 2004). Em sua grande maioria os terrenos granulíticos são constituídos por mais de um tipo de rocha metamórfica de alto grau, que podem incluir rochas ortoderivadas máficas e félsicas, bem como rochas paraderivadas. É comum a predominância de rochas ortoderivadas do que paraderivadas em terrenos granulíticos (Harley, 1989).

As paragêneses minerais de fácies granulito se equilibram em um amplo intervalo de pressão e temperatura. A maioria dos granulitos se forma entre 700-850°C, mas muitos terrenos registram temperaturas de formação muito altas de até 1050°C. As pressões variam entre 5 e 15 kbar para profundidades entre 20-45 km (HARLEY, 1989; BEST, 2003; YARDLEY, 2004). Entretanto, trabalhos baseados em geotermobarômetros internamente consistentes sugerem que o limite inferior da fácies granulito esteja subestimado em aproximadamente 1000°C Pattison *et al.*, (2003).

As paragêneses diagnósticas da fácies granulito variam de acordo com a composição do protólito. Em rochas quartzo-feldspáticas, a passagem da fácies anfibolito para a fácies granulito é marcada pela formação de ortopiroxênio e feldspato alcalino em detrimento da biotita (BEST, 2003). Em rochas máficas, esse limite é definido pela formação dos piroxênios às expensas da hornblenda e se dá pelas seguintes reações (BUCKER e FREY 1994):

Hornblenda + quartzo = ortopiroxênio + clinopiroxênio + plagioclásio + H₂O (pressão <5-7bar).

Hornblenda + quartzo = plagioclásio + clinopiroxênio + granada + H₂O (pressão > 5-7 kbar).

Nos metapelitos, a transição entre as duas fácies é marcada pelo desaparecimento da moscovita, que pode ocorrer a partir das seguintes reações Winkler (1979):

Muscovita + quartzo = ortoclásio + sillimanita + H₂O (em pressão H₂O < 3 kbar)

Albita + Muscovita + quartzo + H₂O = fusão + sillimanita/cianita (pressão H₂O > 3 kbar)

Como apresentado acima, existe uma série de diferenças entre as paragêneses da fácies

granulito que são atribuídas a variações de pressão. Em razão disso, (GREEN e RINGWOOD, 1967; YARDLEY, 2004) propuseram a divisão dessa fácies em baixa, média e alta pressão (Quadro 3). Sob altas pressões, os metabasitos da fácies granulito distinguem-se dos eclogitos por conterem plagioclásio Yardley (2004).

Quadro 3 - Associações minerais diagnósticas da fácies granulito.

Pressão (<i>P</i>)	Rochas metabásicas	Rochas metapelíticas
Baixa <i>P</i>	Ortopiroxênio + Clinopiroxênio + Plagioclásio ± Olivina ± Hornblenda	Cordierita ± Granada ± Hiperstênio
Média <i>P</i>	Granada + Clinopiroxênio + Ortopiroxênio + Plagioclásio ± Hornblenda	Cordierita + Granada + K-Feldspato + Silimanita
Alta <i>P</i>	Granada + Clinopiroxênio + Quartzo + Plagioclásio ± Hornblenda	Cianita + K-Feldspato Hiperstênio, Safirina + Quartzo

Fonte: Green & Ringwood 1967 , Yardley 2004.

A estabilidade das paragêneses da fácies granulito depende também de uma baixa atividade de água (a_{H_2O}). Os possíveis fatores de redução da a_{H_2O} incluem: a perda de H_2O durante as reações de desidratação; a extração de fusões parciais hidratadas; a infiltração de fluidos ricos em CO_2 , diluindo a concentração de H_2O e a escassez de H_2O nos protólitos (Best 2003; Yardley 2004).

As associações litológicas dos terrenos granulíticos compreendem rochas de diversos tipos e origens. Podem ocorrer rochas metaultramáficas, gnaisses, leptinitos e outras rochas silicosas e/ou aluminosas, meta-máficas, entre outras.

Os protólitos mais comuns são plutônicos, mas, protólitos supracrustais podem ser expressivos, como, por exemplo, no Complexo Jequié, Bahia (FIGUEIREDO e BARBOSA, 1993).

As texturas e estruturas são variadas: desde maciças a fortemente foliadas. Geralmente são rochas predominantemente granoblásticas, constituídas por paragêneses essencialmente anidras. Podem preservar texturas e estruturas reliquiares como xenólitos angulosos, acamadamento ígneo, pórfiros, simplectitos e estruturas cumuláticas, que ocorrem lado a lado com as texturas fortemente deformadas. Também podem apresentar texturas miloníticas.

Esta variabilidade de texturas e estruturas, com porções preservadas entre faixas fortemente deformadas e estiradas, é verificada desde a escala microscópica até a escala de afloramentos e indica, como característica geral, que a deformação metamórfica foi heterogênea, não pervasiva.

Bolsões ou veios de material anatóxico ocorrem principalmente associados aos termos

mais ácidos, e muitas vezes podem representar transições para terrenos migmatíticos.

É comum encontrar corpos plutônicos escuros de composição charnockítica, associados aos granulitos em terrenos de alto grau Winge *et al.*, (1995).

4.4.3 Metamorfismo Granulítico

Segundo Yardley *et al.*, (1989), o metamorfismo granulítico é como um processo de amplitude regional, desenvolvido em ambiente geológico com baixa atividade de H₂O (anidro), altas temperaturas, pressões litostáticas crustais e gradiente geotérmico elevado a, mais raramente, intermediário. As determinações termo barométricas das paragêneses tem indicado para as variáveis intensivas condições comuns entre 700 e 850°C (atingindo até 1000° C) e pressões em torno de 8 kbar, variando de valores inferiores a 5 até 12 kbar (HARLEY, 1989).

4.4.4 Distribuição Espacial E Temporal Dos Granulitos

As rochas granulíticas podem ser encontradas na superfície terrestre, tanto em domínios continentais emersos ou submersos. Seus principais tipos de ocorrências são:

1 - Cinturões ou faixas de rochas granulíticas, geralmente com centenas de quilômetros de extensão, como cinturões móveis, terrenos de alto grau ou áreas cratônicas, geralmente muito antigas e retrabalhadas.

2 - Em núcleos ou raízes granito-migmatíticas de cinturões orogênicos como paleossomas ou enclaves granulíticos em migmatitos ou anatexitos.

3 - Em sistemas ofiolíticos, principalmente junto a contatos com corpos ultramáficos mantélicos, onde massas obductadas alóctones provocam metamorfismo de alto grau sobre estratos crustais cavalgados com zoneografia decrescente em profundidade.

4 - Na forma de xenólitos oriundos de níveis crustais inferiores, associados com eclogitos e outras rochas de profundidade, extraídos em sistemas vulcânicos e subvulcânicos de magmatismo de rápida ascensão, muito comuns nas províncias continentais alcalinas e kimberlíticas;

5 - Em auréolas de metamorfismo de contato ocasionados pela intrusão de corpos básicos nas zonas de alto grau Winge *et al.*, (1995).

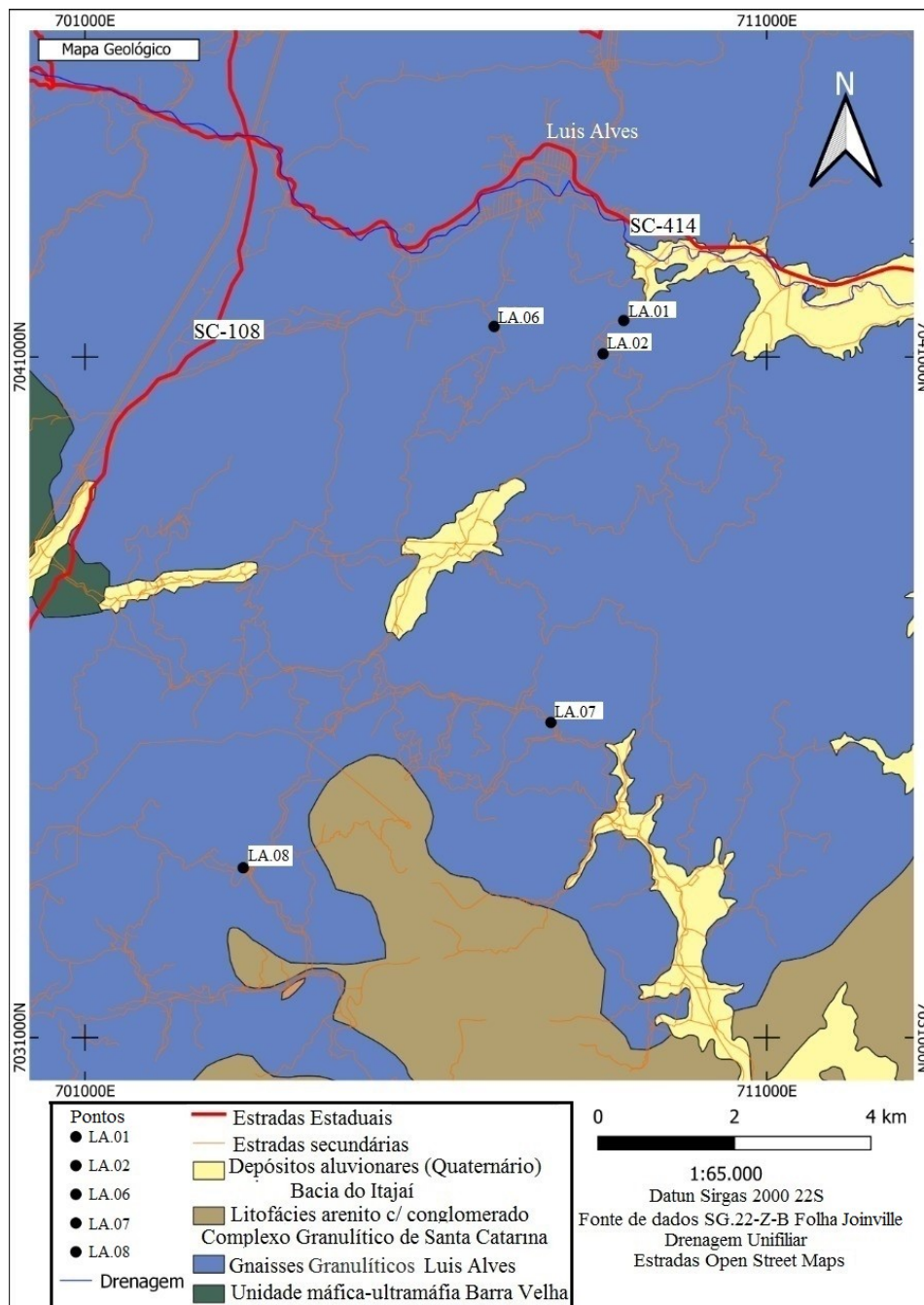
5 RESULTADOS

Neste estudo, foram analisados 5 pontos pertencentes à unidade litológica Gnaisses Granulítico Luis Alves, fazendo parte do CGSC. Foram analisadas 17 amostras de mão e suas respectivas lâminas delgadas, com o objetivo de caracterizar e classificar as amostras petrograficamente. A seguir será apresentado a caracterização geológica e petrográfica dos afloramentos investigados.

5.1 CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA E PETROGRÁFICA DOS AFLORAMENTOS

O contexto geológico dos pontos investigados é mostrado na figura 6. Os afloramentos selecionados ocorrem na forma de lajedos em drenagens e são caracterizados por exposições de área significativas com grau de intemperismo muito baixo. A mesoestrutura mais frequente na área é um bandamento composicional em geral regular e contínuo com espessuras na ordem de centímetros a decímetros onde observam-se diferentes tipos de ortognaisses e rochas metamórficas. Nos níveis de ortognaisses pode ocorrer um bandamento metamórfico também regular, porém com espessuras na ordem de milímetros, marcado pela alternância de níveis de cor clara e níveis de cor escura. Abaixo serão apresentadas as características geológicas de campo dos afloramentos investigados e a descrição petrográfica dos níveis composicionais identificados. Para cada ponto foi gerado uma tabela contendo suas amostras descritas, com suas porcentagens modais e devida classificação e serão apresentadas nas Tabelas 1, 2, 3 e 4.

Figura 6 - Mapa geológico da área de estudo com localização dos pontos investigados.



Fonte: Geologia e recursos minerais da Folha-SG.22-ZB Folha Joinville, estado de Santa Catarina. CPRM, 2011.

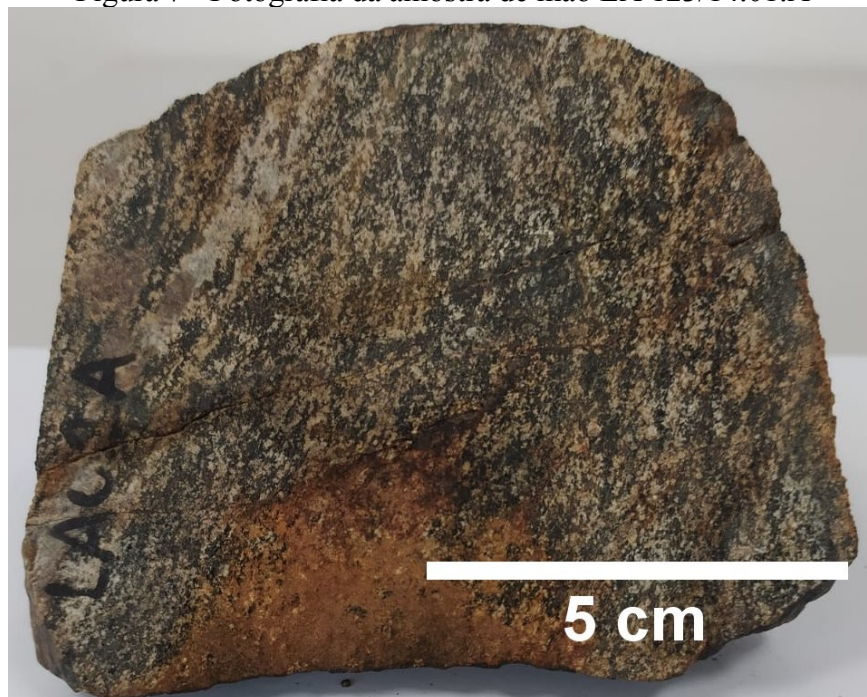
5.1.1 Ponto LA 01

Trata-se de um afloramento do tipo lajedo com ótima exposição e baixo grau de intemperismo. A rocha é um gnaisse com bandamento caracterizado por diferentes níveis composicionais, espessura centimétrica a decimétrica e contatos difusos. Ao todo foram

identificados 4 tipos distintos de níveis composicionais. A seguir será apresentada a descrição petrográfica de amostras obtidas em cada nível composicional, de acordo com a seguinte nomenclatura: LA 123/14.01.A corresponde a um nível de composição quartzo norítica, LA 123/14.01.B é um hidrotermalito máfico, LA 123/14.01.C um nível de composição tonalítica e LA 123/14.01.D um nível de composição enderbítica.

Amostra LA 123/14.01.A, corresponde ao nível mais melanocrático observado no afloramento. Macroscopicamente apresenta um bandamento metamórfico marcado pela alternância de níveis milimétricos de coloração cinza esbranquiçada, granulação fina a média e composição félsica, com níveis de mesma espessura, com coloração cinza escuro, granulação variando de fina a média, e composição máfica. Os contatos entre as bandas são difusos (Figura 7).

Figura 7 - Fotografia da amostra de mão LA 123/14.01.A



Sob o microscópio petrográfico, o bandamento metamórfico evidencia-se pela variação nos teores de hornblenda, clino e ortopiroxênio. Apresenta granulação mineral fina a média (0,1-2,5 mm) e textura principal granoblástica desenvolvida pelos cristais de quartzo e plagioclásio e textura subordinada decussada definida por cristais subédricos de anfibólios (Figura 8 A e B). Ainda, podem ser observados cristais de ortopiroxênio e clinopiroxênio subédricos a anédricos, e de maneira restrita, cristais de epidoto, clorita e minerais opacos

(Figura 8 C e D). A classificação petrográfica e análise modal mineral é apresentada na (tabela 1).

Hornblenda perfaz cerca de 29% da rocha. Possui granulação fina a média (0,5-1,5 mm), hábito subédrico e textura decussada. Apresenta forte pleocroísmo verde para marrom.

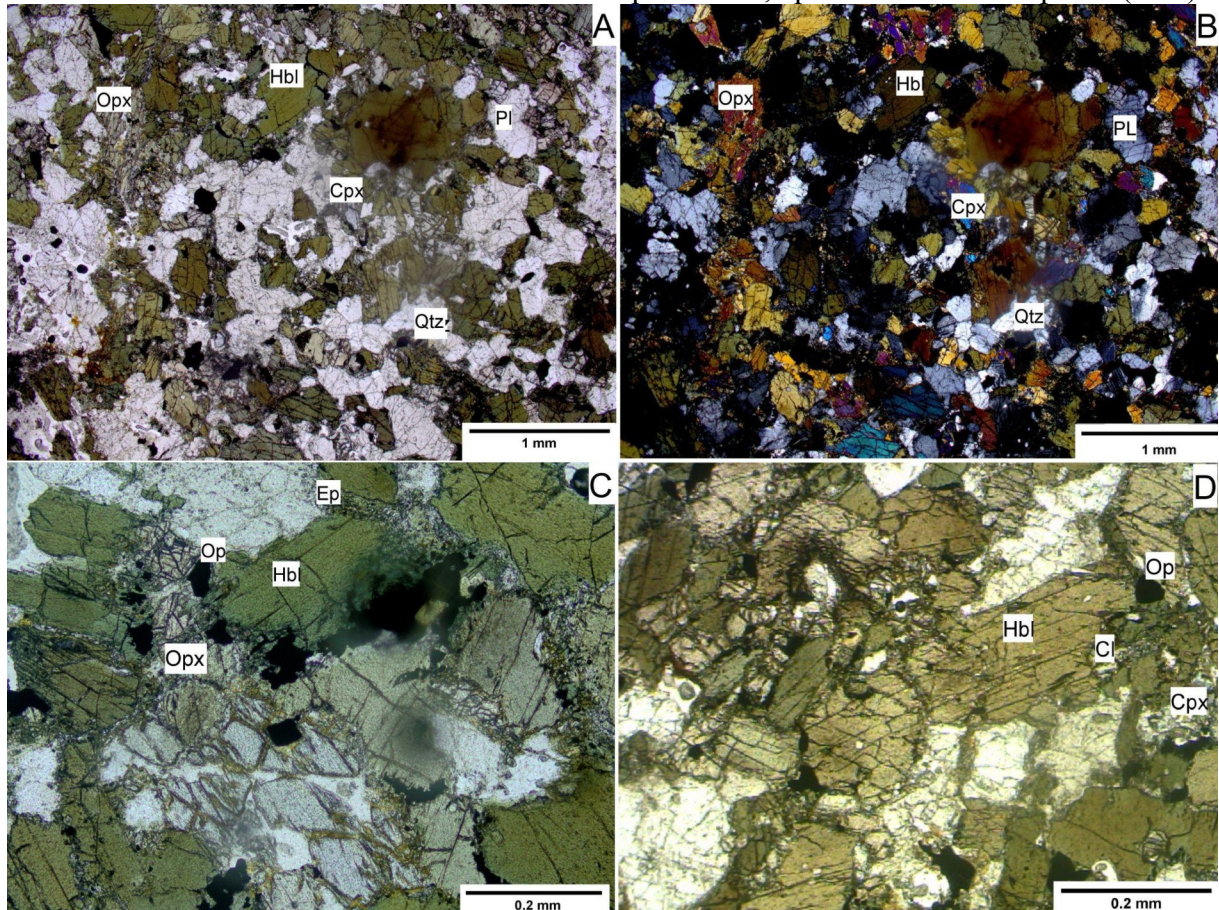
Os cristais de piroxênio estão frequentemente manteados por cristais de anfibólio e minerais opacos. O ortopiroxênio compõem 12% da rocha, tem granulação fina (<1 mm), forma subédrica a anédrica e pleocroísmo variando do verde pálido ao rosa, indicando ser possivelmente hiperstênio. O clinopiroxênio perfaz cerca de 7% da rocha, tem granulação fina (<1 mm), hábito anédrico a subédrico e pleocroísmo em tons acastanhados a esverdeados.

Plagioclásio perfaz 43% da rocha, sua granulação varia de fina a média (0,3-2mm), de textura granoblástica. Observa-se macla polissintética evanescente em cristais reliquiares. Alguns grãos fortemente alterados para sericita. Teor de anortita estimado foi An_{28-34} .

O quartzo compõem aproximadamente 9% da rocha. Apresenta textura granoblástica inequigranular fina à média (0,2-1,5 mm) com contatos interlobados a retos. Apresenta extinção ondulante em sua grande maioria.

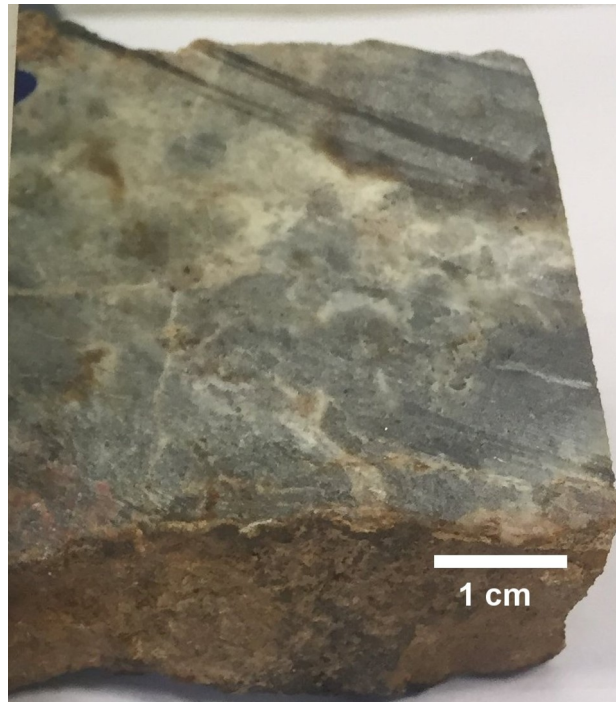
Minerais opacos, clorita e epidoto ocorrem em quantias subordinadas. Apresentam granulação fina, por vezes ocorrem como produtos de alteração da hornblenda, formando agregados ao redor deste mineral.

Figura 8 - Fotomicrografias da amostra LA 123/14.01. A) e B) Aspectos microestruturais e texturais da rocha: em A) Bandamento caracterizado por níveis com teores mais elevados de anfibólio e piroxênio em Luz Plano Polarizada (LPP), em B) fotomicrografia destacando a textura granoblástica do quartzo e plagioclásio com os Polarizadores Cruzados (PC) intercalado com níveis de quartzo e plagioclásio. C) Detalhe dos cristais de piroxênio manteados por hornblenda (LPP) minerais opacos. D) Detalhe das feições de alteração dos cristais de hornblenda com bordas substituídas por clorita, epidoto e minerais opacos (LPP)



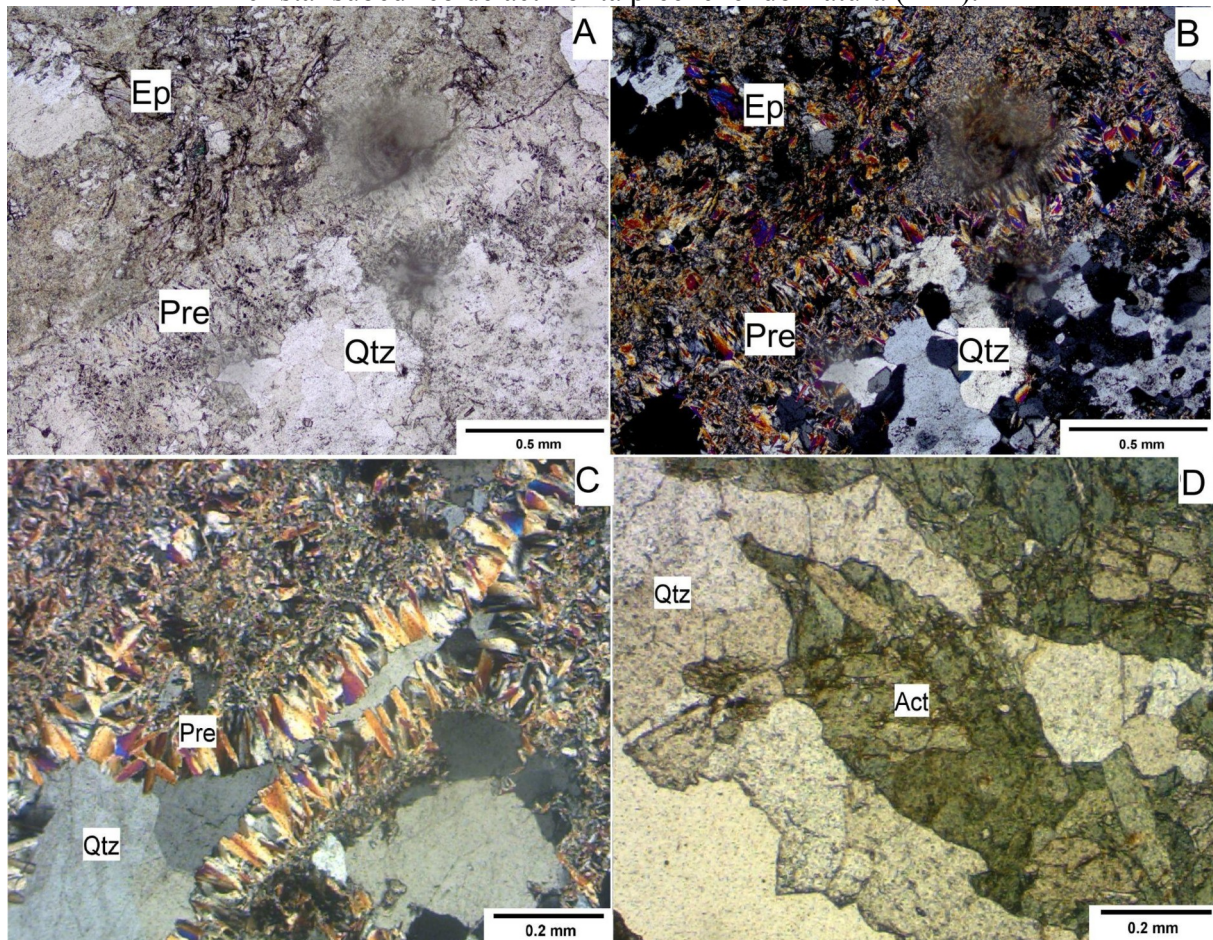
A amostra LA 123/14.01.B (Figura 9), é um hidrotermalito composto essencialmente por quartzo microcristalino de coloração cinza escuro e textura brechada, com fraturas de espessura na ordem de milímetros até centímetros, preenchidas por materiais de cor branca e hábito muito diminuto.

Figura 9 - Fotografia da amostra de mão LA
123/14.01.B



Sob o microscópio petrográfico fica evidente a textura brechada, caracterizada por clastos irregulares e de tamanhos variados compostos por quartzo granoblástico poligonal médio a fino (0,5-1,5 mm) (Figura 10 A e B). Estes estão envoltos e/ou venulados por agregados de zeólita, epidoto e prenhita de granulação fina (<0,5 mm) e textura syntaxial (Figura 10 C). Também foram observados agregados de cristais subédricos de actinolita com até 1 mm de tamanho. Apresentam pleocroísmo característico em tons verde-amarelo pálido e verde-azul pálido e os agregados ocorrem preenchendo fraturas (Figura 10 D).

Figura 10 - Fotomicrografias da amostra LA 123/14.01.B. A) e B) Fotomicrografias mostrando aspecto geral da textura brechada do hidrotermalito (LPP e PC respectivamente). C) Detalhe dos agregados sintaxitais de cristais de prehnita e epidoto em (PC). (D) Detalhe cristal subédrico de actinolita preenchendo fratura (LPP).



A amostra LA 123/14.01.C apresenta coloração cinza castanho claro, composição tonalítica e macroscopicamente aparenta ser maciça, com granulação variando de fina a média (Figura 11). Ocorrem agregados dispersos de minerais máficos de biotita de coloração escura com granulação fina, e observa-se a presença de cristais de granada com coloração avermelhada e granulação fina (<1 mm).

Figura 11 - Fotografia da amostra de mão LA 123/14.01.C.



Ao microscópio petrográfico é uma rocha inequigranular com granulação variando de fina a média (0,1-1,5 mm). Possui textura principal granoblástica equigranular interlobada a reta desenvolvida por cristais de quartzo e plagioclásio. Subordinadamente ocorre textura porfiroclástica apresentada por cristais reliquiares subédricos e tabulares de plagioclásio de até 1,5 mm de tamanho, que frequentemente apresentam maclas polissintéticas deformadas (Figura 12 A), e lepidoblástica desenvolvida por cristais de biotita. De maneira localizada, a amostra apresenta foliação milonítica evidenciada por feições texturais orientadas como *ribbons* de quartzo (quartzo estirado) (Figura 12 B) e também feições de deformações rúpteis e dúcteis, como *kink bands* em biotita (Figura 12 C). Também ocorre granada com as bordas moderadamente alteradas para biotita e opacos.

O quartzo constitui aproximadamente 47% da rocha. Em geral apresenta textura granoblástica equigranular fina a média (0,2-1,25 mm) com contato interlobados a retos e extinção ondulante. Localizadamente forma agregados em fita (*ribbons*) com até 0,5 mm de tamanho.

O Plagioclásio possui teor de anortita variando entre An_{28-30} e perfaz cerca de 43% da rocha. É encontrado, principalmente, na forma de cristais granoblásticos inequigranulares finos a médios (0,5-1,5 mm) com contatos interlobados a retos. Também ocorrem porfiroclastos tabulares subédricos com até 1,5 mm de tamanho com macla polissintética evanescente.

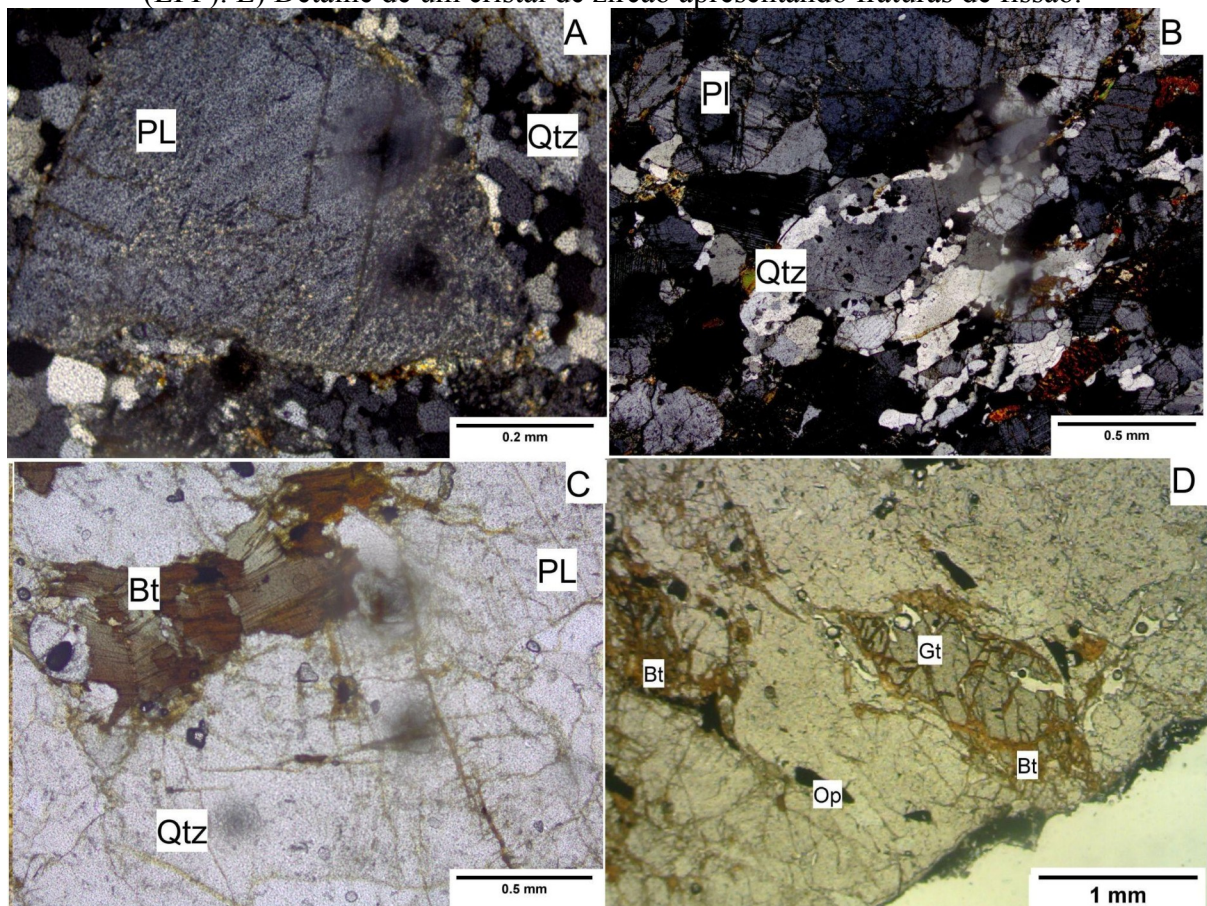
A biotita compõem 9% da rocha. Apresenta textura lepidoblástica com granulação fina (0,1-1mm), e alguns cristais apresentam a formação de *kink bands*. O pleocroísmo varia de

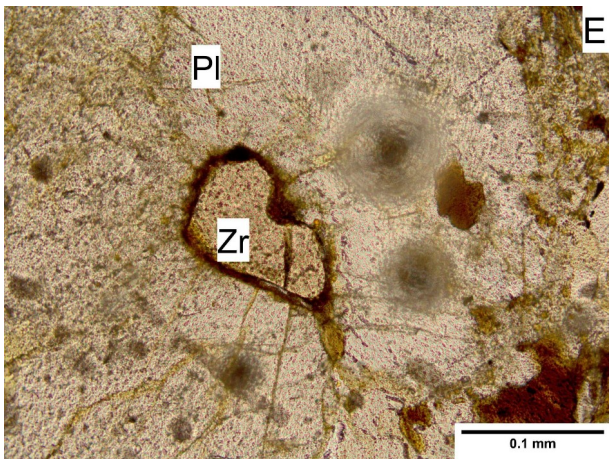
tons acastanhados a amarelo claro. A biotita também ocorre mantendo os cristais de granada (Figura 12 D).

A Granada compõem aproximadamente 2% da rocha, é anédrica e possui granulação variando de fina a média (0,5-1,5 mm), e cor cinza pálido. Em sua grande maioria, apresenta bordas alteradas para biotita e opacos (Figura 12 D).

Minerais opacos, epidoto e zircão ocorrem como acessório, com destaque para a formação de fraturas de fissão na borda dos cristais de zircão (Figura 12 E).

Figura 12 - Fotomicrografias da amostra LA 123/14.01.C. A) Porfiroclasto de plagioclásio e cristais granoblásticos de quartzo e plagioclásio (PC). B) Foliação milonítica marcada pela formação de ribbons de quartzo (PC). C) Cristais orientados de biotitas com formação de kink bands (LPP). D) Detalhe de um cristal de granada com a borda alterada para biotita e opacos (LPP). E) Detalhe de um cristal de zircão apresentando fraturas de fissão.





A amostra LA 123/14.01.D tem composição mineral enderbítica. É uma rocha maciça de cor cinza claro e granulação variando de fina a média (até 2,5 mm). Observa-se a ocorrência de agregados irregulares de minerais máficos como piroxênio, anfibólio e biotita, também com granulação fina a média (Figura 13).

Figura 13 - Fotografia da amostra de mão LA 123/14.01.D



Sob o microscópio petrográfico é uma rocha inequigranular com granulação variando de fina a média (0,2-2,5 mm). Possui como textura principal granoblástica equigranular dada pelos cristais de quartzo e plagioclásio e subordinadamente porfiroclástica, dada pelos cristais

reliquiars de plagioclásio com macla polissintética por vezes fortemente deformadas. Em menor proporção, observam-se cristais de ortopiroxênio (Figura 14 A).

O quartzo perfaz cerca de 24% da rocha. Tem textura granoblástica fina a média (0,2-1,5 mm) com contatos interlobados a retos e extinção ondulante.

O plagioclásio tem composição An_{30-34} e constitui 64% da rocha. Em sua maioria ocorre na forma de cristais granoblásticos de granulação fina a média (0,5-2,5 mm) com contatos interlobados a retos. Secundariamente ocorre na forma de porfiroclastos subédricos tabulares com até 1,5 mm de tamanho com maclas polisintéticas bastante arqueadas (evanescentes). O plagioclásio apresenta-se substituição moderada para sericita.

O ortopiroxênio perfaz cerca de 9% da rocha, tem hábito xenoblástico a hipidioblástico com granulação fina a média (0,1-1 mm). Com pleocroísmo fraco variando de verde pálido a rosa acastanhado. Alguns cristais ocorrem como inclusões em porfiroclastos de plagioclásio (Figura 14 B) e outros apresentam retrometamorfismo, transformando-se para hornblenda, clorita, biotita e minerais opacos ao longo de fraturas e nas bordas (Figura 14 C).

Hornblenda compõem cerca de 2% da rocha, possui granulação fina (0,2-0,7 mm) e forma xenoblástica e hipidioblástica. Apresenta pleocroísmo verde a marrom forte. Se dispõe em agregados, normalmente associados com biotita e opacos.

Figura 14 - Fotomicrografias da amostra. LA 123/14.01.D. A) Aspectos gerais das texturas granoblástica e porfiroblástica. Destaque para porfiroclasto deformado de plagioclásio, com planos de macla encurvados devido a esforços tectônicos (PC). B) Cristal de ortopiroxênio incluído em porfiroclasto de plagioclásio (PC). C) Detalhe de um cristal de ortopiroxênio com substituição por clorita, hornblenda, minerais opacos e biotita nas fraturas e bordas (LPP).

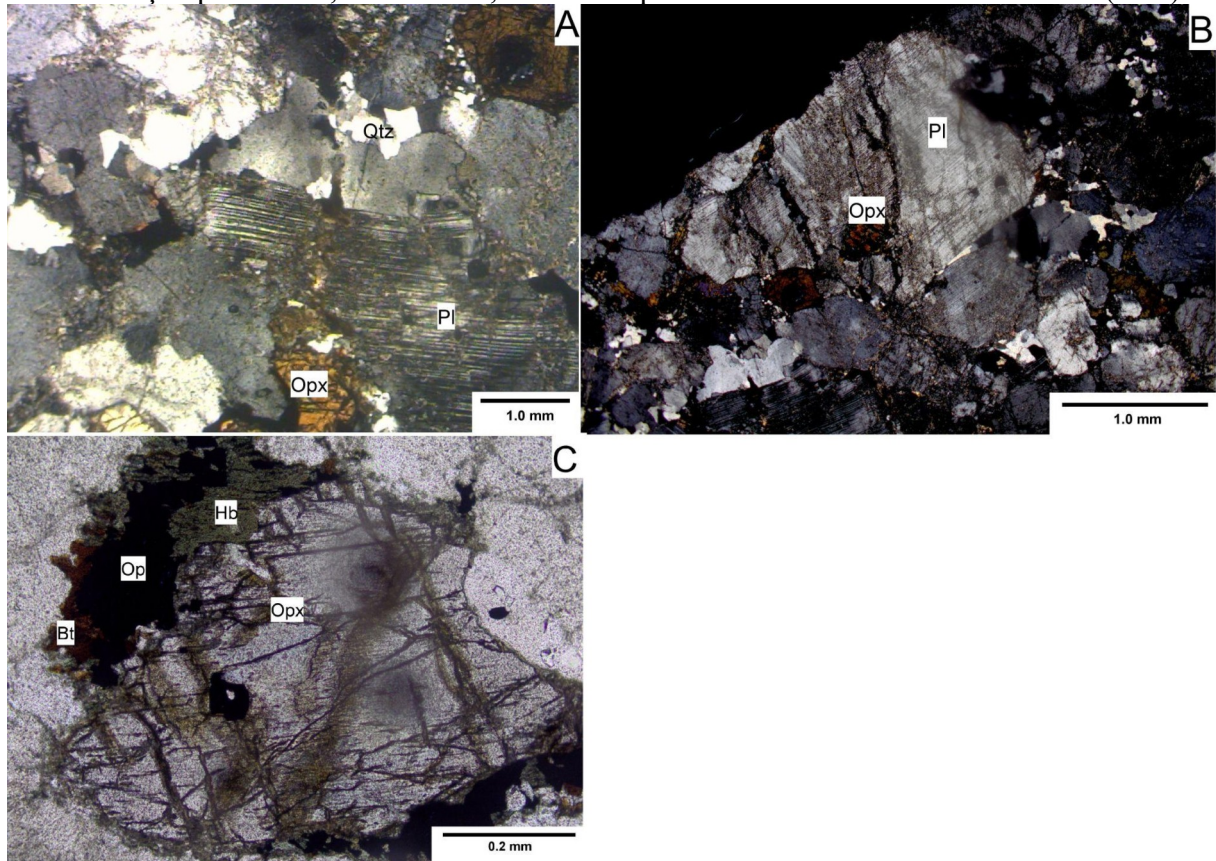


Tabela 1 - Análise modal e classificação das lâminas petrográficas das amostras do ponto LA 01.

Ponto LA 01				
AMOSTRA	LA 123/14.01.A	LA 123/14.01.B	LA 123/14.01.C	LA 123/14.01.D
Classificação	Gnaiss Gabronorítico	Hidrotermalito	Gnaiss Tonalítico	Gnaiss Enderbitico
Plagioclásio	43%	...	43%	64%
Quartzo	9%	80%	47%	24%
Biotita	...	...	9%	TR
Hornblenda	29%	...	...	2%
Ortopiroxênio	12%	...	...	9%
Clinopiroxênio	4%	...	...	...
Epidoto	...	...	...	...
Granada	...	...	2%	...
Min.Opacos	TR	...	TR	TR
Zircão	...	...	TR	...
ΣM	45%	...	11%	11%
Alt. Hidrotermal	Incipiente	moderadamente	Incipiente	Incipiente
Clorita	Borda(Hb)	...	...	...
Epidoto	Borda(Hb)	substituindo quartzo	...	...
Min. Opacos	Borda(Hb)	...	Borda(Gr)	Borda (Opx)
Biotita	...	...	Borda(Gr)	Borda(Opx)
Sericita	Macla (Pl)	...	Macla (Pl)	Macla (Pl)
Actinolita	...	presença	...	...
Prehnita	...	substituindo quartzo	...	...
Zeolita	...	substituindo quartzo	...	...
Alt. Intempérica	Incipiente	Incipiente	Incipiente	Incipiente
Plagioclásio	x	x	x	x
Quartzo	...	...	...	...
Biotita	...	...	...	...

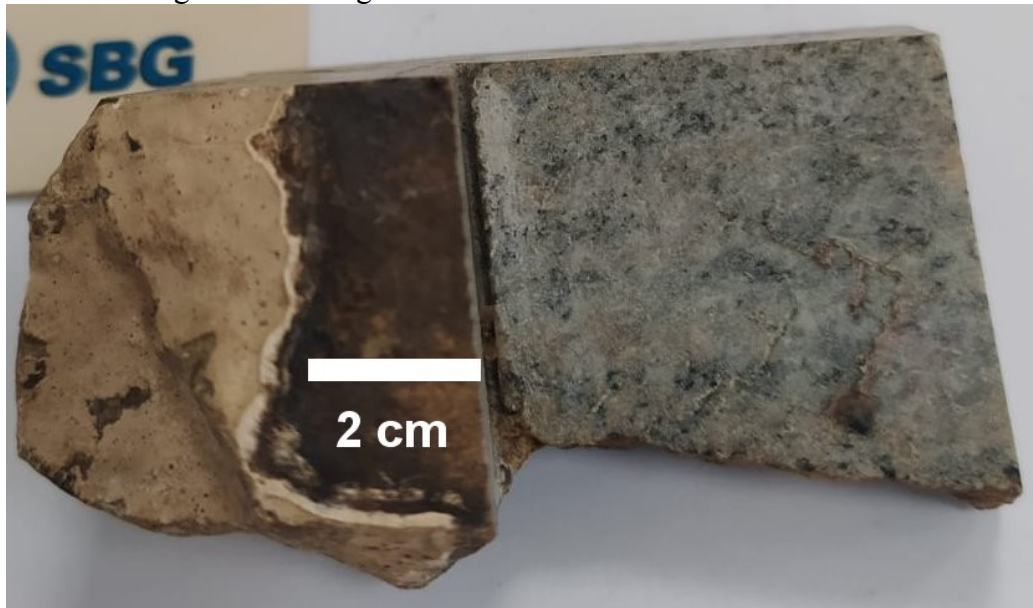
5.1.2 Ponto LA 06

Neste ponto ocorre uma excelente exposição de gnaisses na forma de lajedo em drenagem à beira da estrada, com ótima exposição e baixo grau de intemperismo. O gnaiss apresenta um bandamento evidenciado por diferentes níveis composicionais de espessura centimétrica a decimétrica e contatos difusos. Ao todo foram identificados 3 tipos distintos de níveis composicionais que foram amostrados de acordo com a seguinte nomenclatura: LA 123/14.06.A é um nível de composição quartzo norítica, LA 123/14.06.B é um nível de composição enderbítica e LA 123/14.06.C um nível de composição trondhjemítica.

Amostra LA 123/14.06.A tem composição mineral máfica e apresenta bandamento metamórfico caracterizado pela alternância de níveis milimétricos e irregulares de coloração cinza esbranquiçada e granulação fina a média com composição félsica, com níveis mais finos e irregulares de cor escura e granulação fina a média com predominância de minerais máficos,

os contatos entre as bandas são difusos (Figura 15).

Figura 15 - Fotografia da amostra de mão LA 123/14.06.A



Sob o microscópio petrográfico a rocha é inequigranular com granulação variando de fina a média (0,1-1,5 mm). Sua estrutura é bandada e foliada, sendo este bandamento caracterizado pela formação de níveis milimétricos irregulares e descontínuos onde observam-se teores mais elevados de hornblenda, clinopiroxênio e ortopiroxênio. Sua textura principal é granoblástica com contatos interlobados a retos, desenvolvida pelos cristais equigranulares de quartzo e plagioclásio. De maneira subordinada ocorre textura nematoblástica desenvolvida por cristais de anfibólio (hornblenda), (Figura 16 A). Observa-se também a textura porfiroclástica em cristais de plagioclásio com maclas polissintéticas deformadas (Figura 16 B).

O plagioclásio possui teor de anortita que varia entre An_{28-34} e compõem 40% da rocha. Com granulação variando de fina a média (0,5-1,5 mm), tem como principal textura granoblástica e subordinadamente porfiroclástica dada pelos cristais tabulares subédricos deformados com maclas polissintéticas evanescente e extinção ondulante.

A hornblenda compõem 28% da rocha, possui granulação fina a média (0,3-1,2mm), e textura nematoblástica. Apresenta pleocroísmo característico verde para marrom.

O clinopiroxênio perfaz cerca de 12% da rocha, possui granulação fina (<1 mm), e hábito hipidioblástico a xenoblástico. Apresenta pleocroísmo marrom pálido.

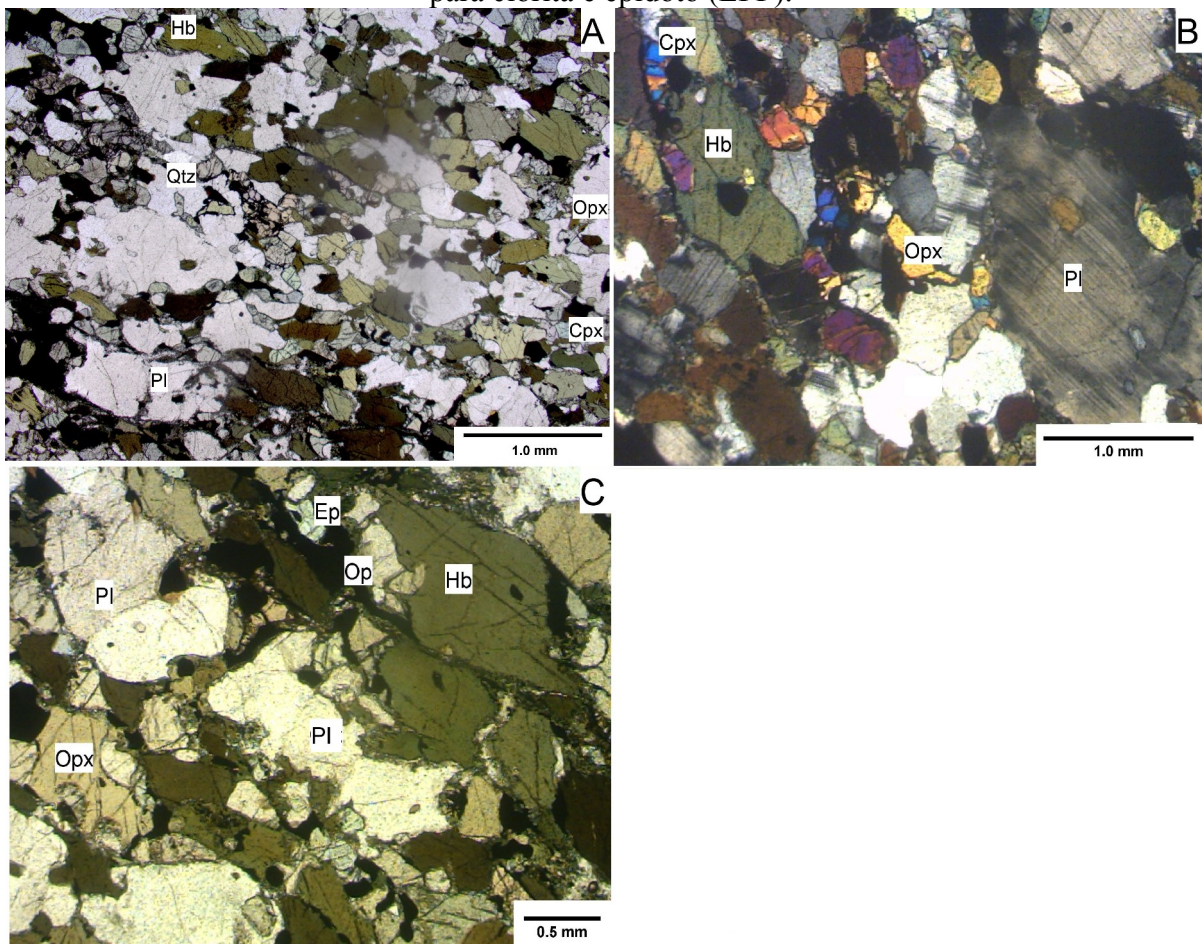
Ortopiroxênio compõem 9% da rocha, tem granulação fina (<1 mm) e hábito xenoblástico a hipidioblástico. Apresenta pleocroísmo fraco variando de verde pálido a rosa

acastanhado.

O quartzo perfaz cerca de 9% da rocha, possui granulação fina a média (0,2-1,3 mm) e textura granoblástica com contatos interlobados e extinção ondulante.

Clorita e epidoto compõe menos de 1% da rocha e ocorrem como minerais de alteração, dispendo-se como agregados de cristais diminutos ao redor dos cristais de hornblenda (Figura 16 C).

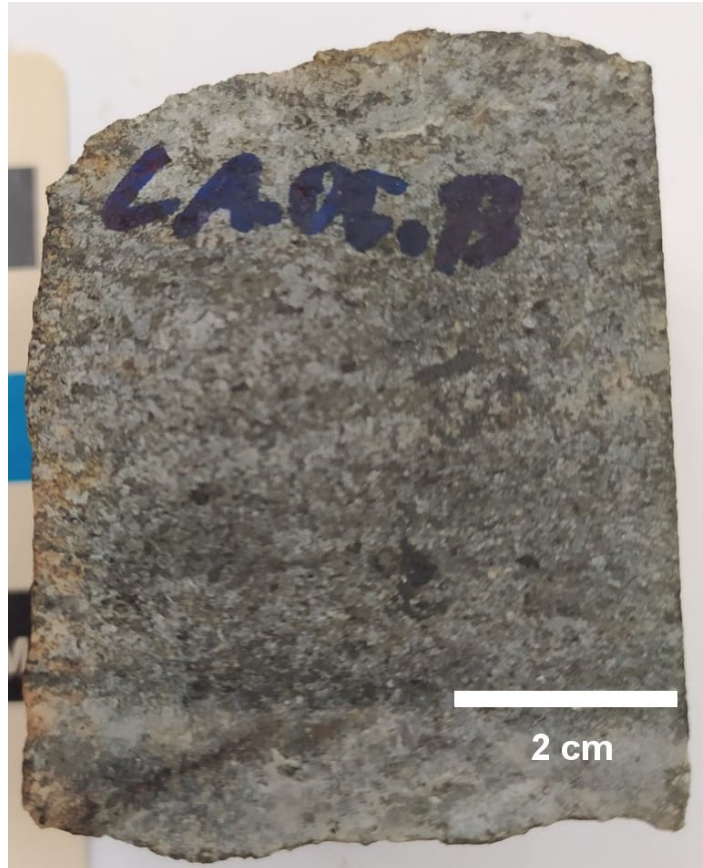
Figura 16 - Fotomicrografias da amostra. LA 123/14.06.A. A) Aspecto estrutural e geral da amostra (LPP). B) Detalhe dos aspectos texturais evidenciando porfiroclasto de plagioclásio com maclas deformadas (PC). C) Detalhe do cristal de hornblenda com as bordas alteradas para clorita e epidoto (LPP).



A amostra LA 123/14.06.B, de composição enderbítica, é uma rocha maciça, inequigranular com granulação variando de fina a média, coloração cinza esverdeada. Ocorrem agregados máficos dispersos por toda a amostra. Estes apresentam coloração escura

e granulação variando de fina a média (Figura 17).

Figura 17 - Fotografia da amostra de mão LA 123/14.06.B.



Sob microscópio petrográfico a rocha apresenta estrutura maciça e textura principal granoblástica desenvolvida por cristais de quartzo e plagioclásio (Figura 18 A) e textura secundária porfiroclástica em cristais de plagioclásio (Figura 18 B). Ocorrem agregados de ortopiroxênios pseudomorfizados para clorita, esfeno e opacos (Figura 18 C). Ocorrem pequenos teores de biotita e granada.

O plagioclásio perfaz cerca de 45% da rocha. Ocorre na forma de cristais granoblásticos finos (0,2-0,6 mm) com contatos interlobados a retos. O plagioclásio também é observado na forma de porfiroclásticos subédricos tabulares com até 1,5 mm de tamanho, apresentando maclas polissintéticas evanescentes (figura 18 B). O teor de anortita estimado foi de An_{30-34} .

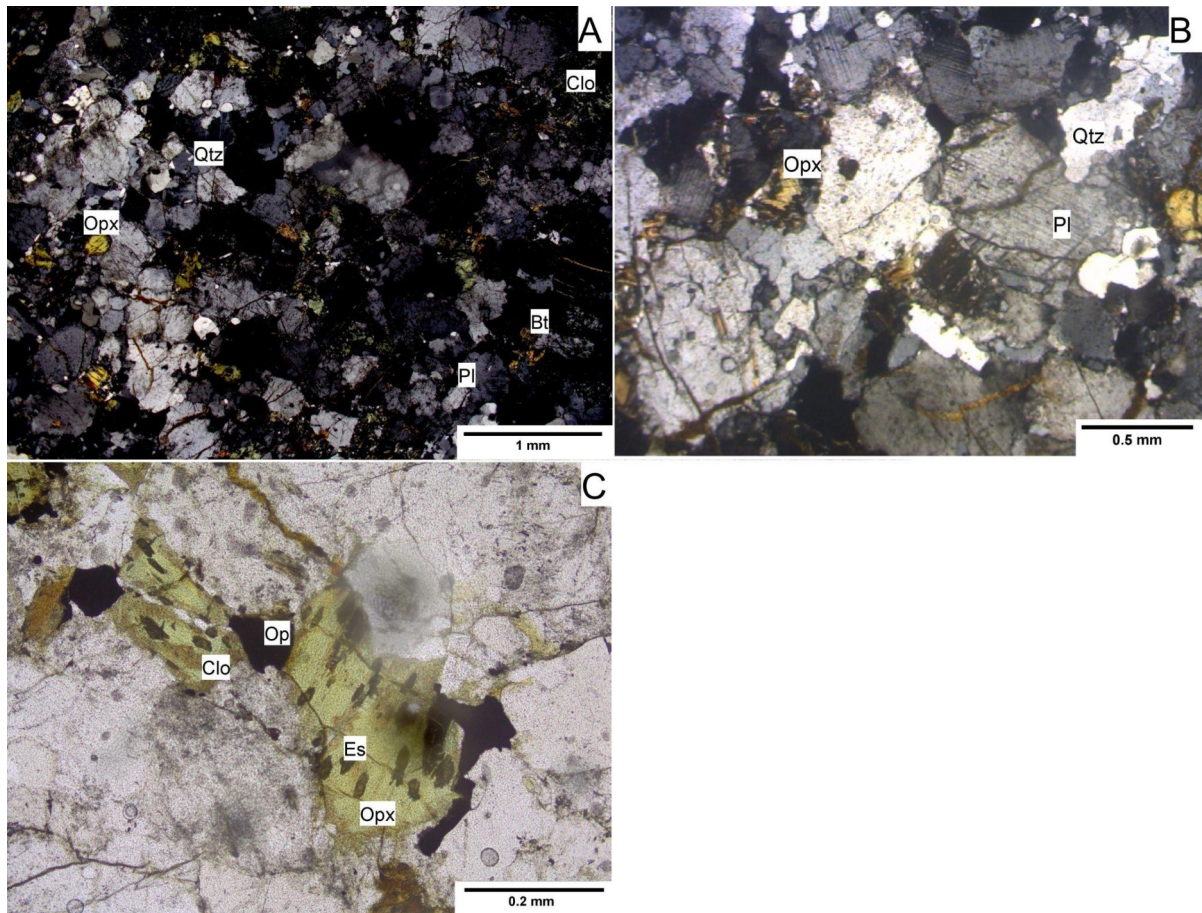
O quartzo compõem aproximadamente 37% da rocha, possui granulação fina (0,2-1 mm) e textura granoblástica com contatos interlobados. Frequentemente apresentam extinção ondulante (Figura 18 A).

Ortopiroxênio (hiperstênio) compõem 15% da rocha, com granulação fina a média (0,1-1mm), e hábito subédrico a anédrico. Tem pleocroísmo fraco variando de verde pálido a rosa acastanhado, em sua grande maioria encontram-se substituídos por clorita, esfeno e opacos (Figura 18 C)

Minerais opacos perfazem cerca de 3% da rocha, tem forma subédrica a anédrica com granulação é fina.

Biotita, esfeno, clorita e granada ocorrem como traço, menos de 1% da rocha.

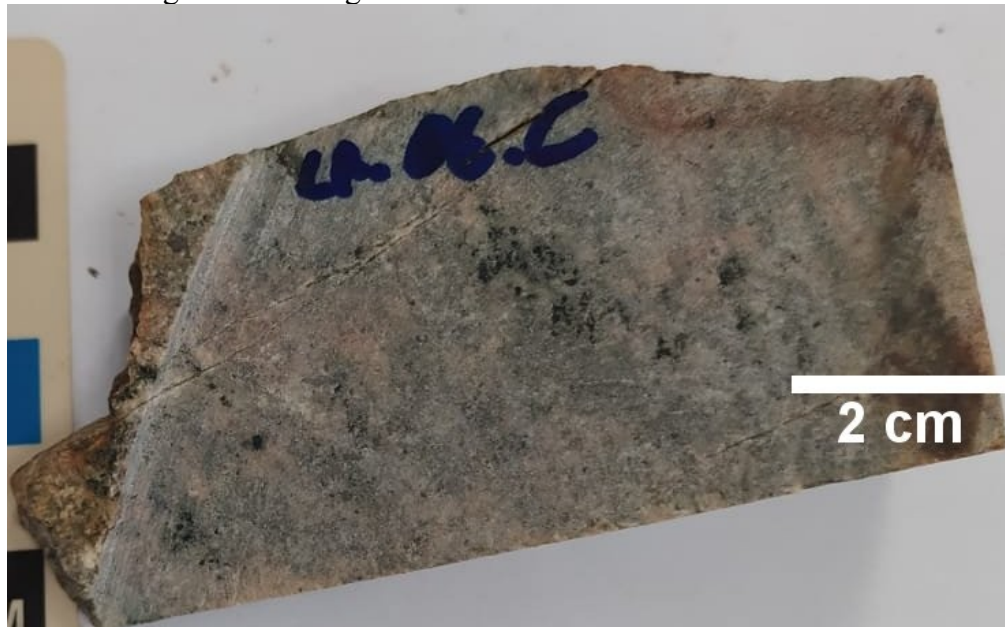
Figura 18 - Fotomicrografias da amostra mostra de mão LA 123/14.06.B. A) Fotomicrografia geral da lâmina (PC). B) Detalhe da textura porfiroclástica do plagioclásio (PC). (C) Ortopiroxênio pseudometamorfizado para esfeno, clorita e opacos (LPP)



A amostra LA 123/14.06.C tem composição tonalítica-trondhjemítica, coloração branca avermelhada e granulação fina a média. Apresenta foliação incipiente marcada por

níveis milimétricos de composição félsica contendo minerais estirados/ alongados incolores (Figura 19).

Figura 19 - Fotografia da amostra de mão LA123/14.06.C.



Sob o microscópio petrográfico observa-se que é composta essencialmente por quartzo e plagioclásio. Apresenta textura principal granoblástica equigranular de contatos interlobados a retos desenvolvida por estes minerais e textura subordinada lepidoblástica definida pela orientação dos cristais de biotita. Observa-se também uma foliação milonítica definida por níveis milimétricos regulares contendo cristais de quartzo alongados (Figura 20 A e B).

O Plagioclásio tem composição An_{28-33} e perfaz cerca de 57% da rocha. Ocorre principalmente como cristais granoblásticos finos a médios (0,2-1,5 mm) com contatos interlobados a retos. Ocorrem cristais reliquiares tabulares subédricos a anédricos com maclas polissintéticas deformadas, definindo uma textura porfiroblástica. Alguns cristais podem apresentar sericitização intensa.

O quartzo compõem aproximadamente 39% da rocha. Ocorre predominantemente na forma de cristais granoblásticos de granulação fina a média (0,2-1,2 mm) com contatos interlobados a retos e extinção ondulante. Também é encontrado formando níveis milimétricos discretos contendo cristais alongados/estirados com formação de subgrãos ou fitas e tamanho de aproximadamente 0,5 mm (Figura 20 C).

A Biotita compõem cerca de 4% da rocha, possui granulação fina (<1mm) e textura lepidoblástica. Seu pleocroísmo varia entre tons acastanhados a amarelo claro.

Figura 20 - Fotomicrografias da amostra LA123/14.06.C. A) e B) Aspectos estruturais e texturais gerais (LPP e PC respectivamente) e (C) Detalhe de um cristal de quartzo estirado com formação de subgrãos (PC).

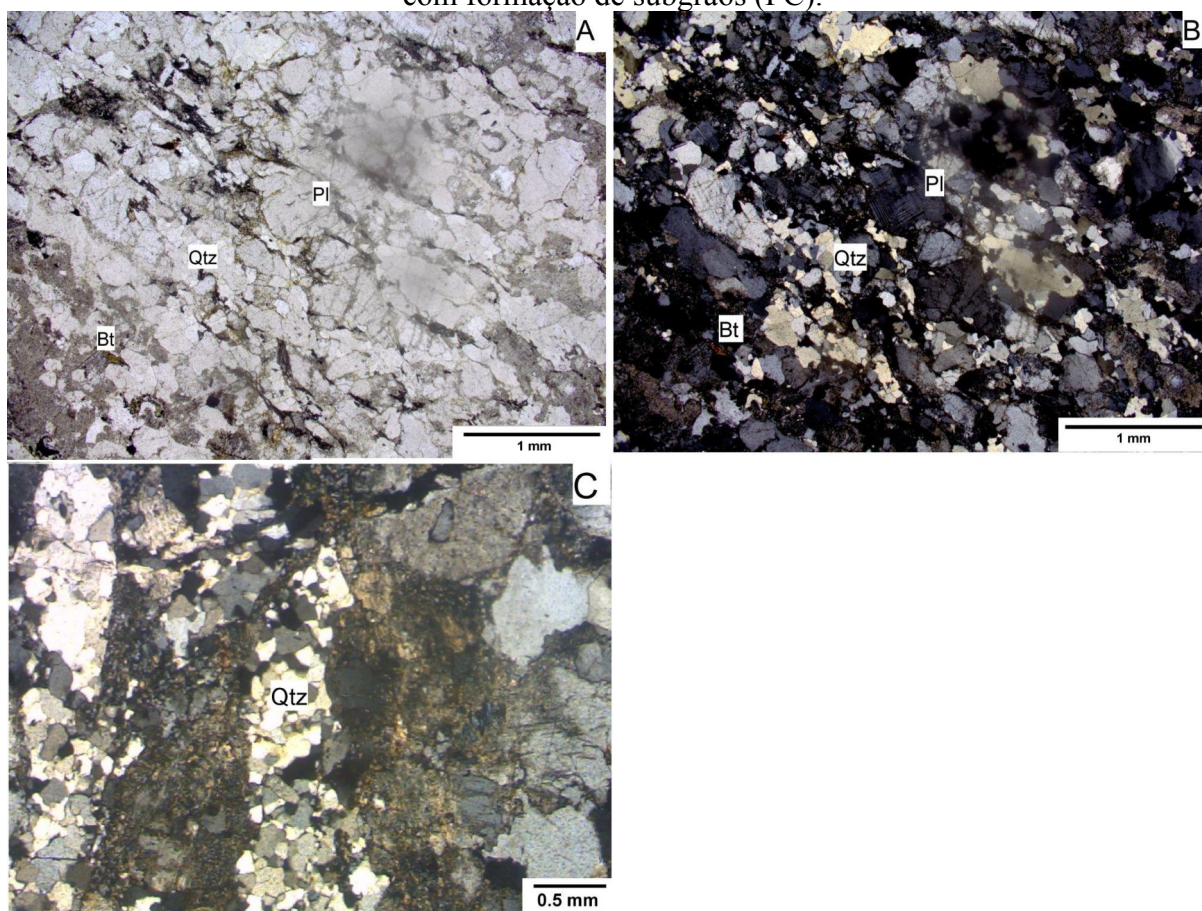


Tabela 2 - Análise modal e classificação das lâminas petrográficas das amostras do ponto LA.06

Ponto LA 06			
AMOSTRA	LA 123/14.06.A	LA 123/14.06.B	LA 123/14.06.C
Classificação	Gnaiss Gabronorítico	Gnaiss Enderbítico	Gnaiss Trondhjemitico
Plagioclásio	40%	45%	57%
Quartzo	9%	37%	39%
Biotita	TR	TR	4%
Hornblenda	30%	...	...
Ortopiroxênio	12%	15%	...
Clinopiroxênio	9%	...	...
Epidoto	TR	...	...
Granada	...	TR	...
Min.Opacos	TR	3%	TR
Zircão	...	...	...
ΣM	49%	18%	4%
Alt. Hidrotermal	Incipiente	Moderado	Incipiente
Clorita	Borda (Hbl)	Opx	Pl
Epidoto	Borda (Hbl)	...	...
Min. Opacos	Borda (Hbl)	Opx	...
Biotita	...	...	...
Sericita	Macla(Pl)	Macla(Pl)	Macla(Pl)
Actinolita	...	...	...
Prehnita	...	...	...
Zeolita	...	...	...
Esfeno	...	Opx	...
Alt. Intempérica	Incipiente	Incipiente	Incipiente
Plagioclásio	x	x	x
Quartzo	...	...	...
Biotita	...	...	...

5.1.3 Ponto LA 07

Este ponto consiste em um afloramento do tipo lajedo em cachoeira com baixo grau de intemperismo e grande área de exposição. Afloram gnaisses com destacado bandamento composicional, regular, de espessura centimétrica a decimétrica, onde alternam-se níveis de composições tonalítica e enderbítica. Estes foram amostrados de acordo com a seguinte nomenclatura: amostras LA 123/14.07.A e LA 123/14.07.C correspondem a níveis de composição tonalítica, e LA 123/14.07.B é um nível de composição enderbítica.

A amostra LA 123/14.07.A tem composição tonalítica e granulação variando de fina a média. Apresenta estrutura bandada definida por níveis milimétricos descontínuos contendo

minerais de coloração escura e composição máfica que contrastam com a cor cinza claro dos níveis quartzo-feldspáticos (Figura 21).

Figura 21 - Fotografia da amostra de mão LA 123/14.07.A.



Sob microscópio petrográfico, o bandamento fica evidenciado pela intercalação de níveis milimétricos ricos em hornblenda e biotita dispostos na forma de cristais nematoblásticos e lepidoblásticos (Figura 22 A). A textura principal é granoblástica, desenvolvida por cristais de quartzo e plagioclásio. Pode ser observada uma foliação milonítica discreta definida por níveis milimétricos regulares contendo cristais de quartzo alongados (Figura 22 B).

O plagioclásio possui teor de anortita variando de An_{27-32} e compõe cerca de 58% da rocha. Tem textura granoblástica inequigranular fina a média (0,5-1mm) com contatos interlobados a retos. Mais restritamente pode ocorrer como porfiroclastos tabulares subédricos de até 1,5 mm apresentando maclas polissintéticas evanescentes (Figura 22 C). Alguns grãos estão fortemente alterados para sericita.

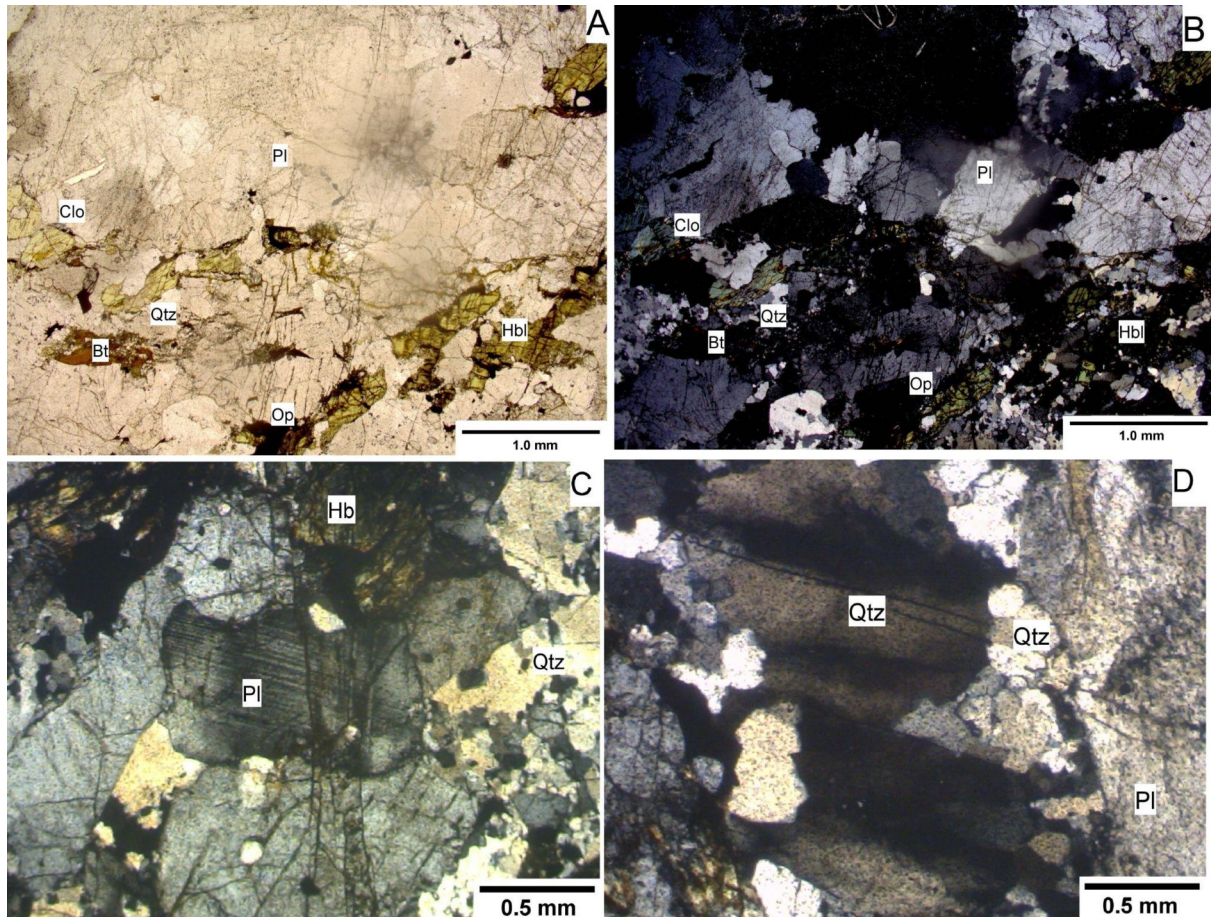
O quartzo compõem aproximadamente 26% da rocha, tem textura predominante granoblástica fina a média (0,1-1,2mm) com contatos interlobados a retos e extinção ondulante. Também são observados cristais alongados/estirados com formação de subgrãos ou fitas (Figura 22 D).

O teor de hornblenda é de aproximadamente 12%. Ocorre na forma de cristais nematoblásticos de granulação fina a média (0,5-1,5mm). Apresenta pleocroísmo forte nas cores verde e marrom. Em alguns cristais observa-se alteração para clorita e opacos.

A biotita perfaz cerca de 3% da rocha, possui textura lepidoblástica e granulação fina

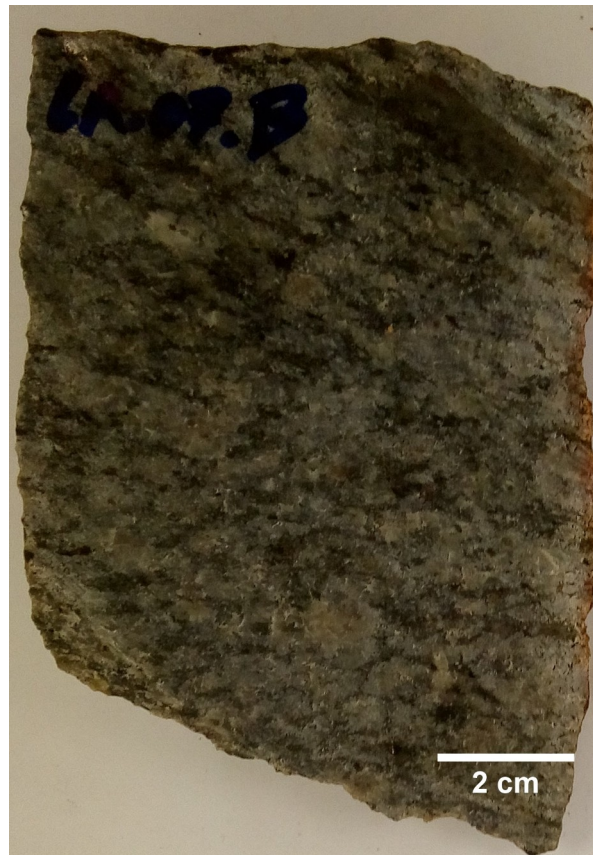
(<1mm). Tem pleocroísmo que varia entre de tons acastanhados a amarelo claro.

Figura 22 - Fotomicrografias da amostra LA.123/14.07.A. A) e B) Fotomicrografias mostrando aspectos estruturais e texturais gerais da lâmina (LPP e PC respectivamente). C) Detalhe de um porfiroclasto de plagioclásio (PC). D) Detalhe de um cristal de quartzo alongado com extinção ondulante e formação de subgrãos (PC).



A amostra LA.123/14.07.B tem composição enderbítica e granulação fina a média. Mostra um bandamento metamórfico descontínuo/irregular milimétrico marcado pela alternância de níveis de coloração escura compostos por minerais máficos com orientação incipiente. Estes se alternam com níveis de coloração cinza clara e composição essencialmente félsica. Os contatos entre os níveis são difusos e pouco definidos (Figura 23).

Figura 23 - Fotografia da amostra de mão LA
123/14.07.B



Sob microscópio petrográfico é uma rocha inequigranular com granulação variando de fina a média (0,2-1,2 mm). O bandamento é marcado por níveis milimétricos e irregulares mais ricos em hornblenda, ortopiroxênio, biotita e minerais opacos (Figura 24 A). Possui como textura principal granoblástica dada pelos cristais equigranulares de quartzo e plagioclásio e subordinadamente porfiroclástica dada pelos cristais reliquiares de plagioclásio com macla polissintética evanescente.

O plagioclásio tem composição An_{28-33} e compõem em torno de 42% da rocha. Sua textura principal é granoblástica equigranular fina (até 0,5 mm) com contatos interlobados a retos. Mais restritamente é observado plagioclásio na forma de porfiroclastos de até 0,4 mm de tamanho apresentando macla polissintética deformada (figura 24 B).

O quartzo perfaz cerca de 35% da rocha, tem textura granoblástica equigranular fina (0,1-1 mm) com contatos interlobados a retos.

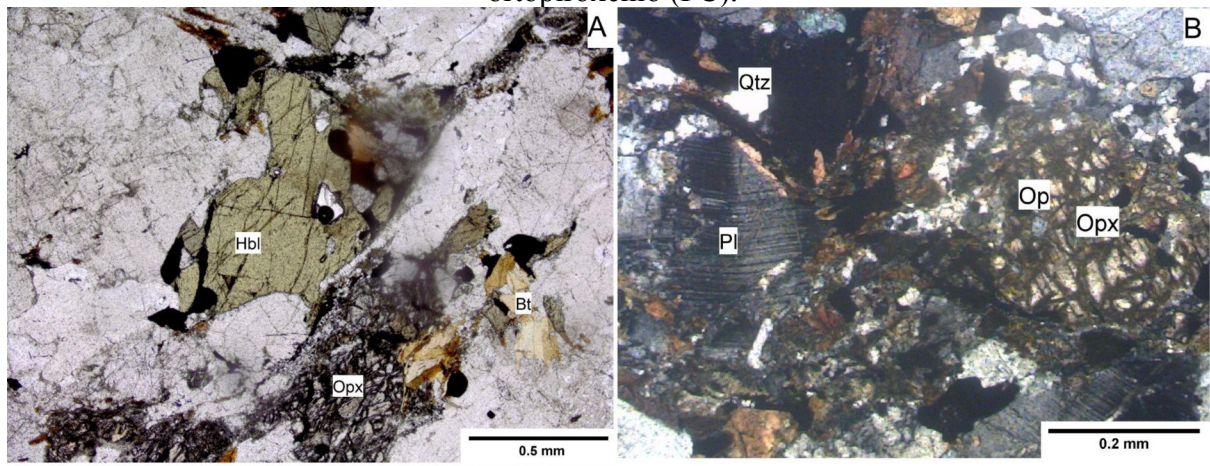
O Ortopiroxênio compõem aproximadamente 12% da rocha, e ocorre na forma de

cristais xenoblásticos a hipidioblásticos de granulação fina (<1 mm). Apresenta pleocroísmo típico verde pálido a rosa. Alguns cristais estão moderadamente alterados para clorita, biotita e opacos (Figura 24 B).

A Hornblenda perfaz cerca de 8% da rocha, ocorre como cristais hipidioblásticos a xenoblásticos de granulação fina (<1 mm). Apresentam pleocroísmo verde a marrom característico. Encontram-se frequentemente alterados para clorita e opacos (Figura 24 A).

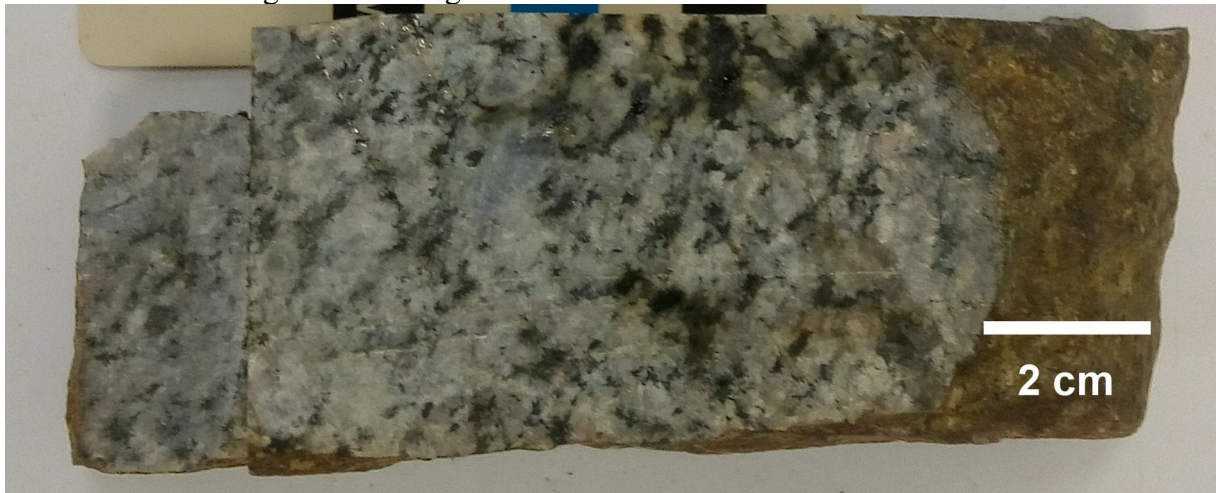
A biotita perfaz cerca de 3% da rocha, possui textura lepidoblástica moderada e granulação fina (<1 mm). Seu pleocroísmo varia de tons acastanhados a amarelo claro.

Figura 24 - Fotomicrografias da amostra LA 123/14.07.B. A) Aspecto geral da estrutura bandada (LPP). B) Detalhe de um porfiroclasto de plagioclásio e de um cristal anédrico de ortopiroxênio (PC).



A amostra LA 123/14.07.C possui composição tonalítica e granulação fina a média. Apresenta bandamento metamórfico irregular e descontínuo definido pela intercalação de níveis fêlsicos de espessura milimétrica e cor clara, com níveis escuros contendo teores mais elevados de minerais máficos. Nestes níveis observa-se orientação mineral (Figura 25).

Figura 25 - Fotografia da amostra de mão LA 123/14.07.C



Sob microscópio petrográfico a rocha é inequigranular com granulometria variando de fina a média (0,1-2,2 mm). O bandamento é caracterizado por níveis com teores mais elevados de hornblenda, diopsídio, clorita e minerais opacos em geral orientados. A textura principal da rocha é granoblástica desenvolvida pelos cristais de plagioclásio e quartzo. De maneira subordinada ocorre textura nematoblástica desenvolvida pela hornblenda (Figura 26 A).

O plagioclásio compõem aproximadamente 43% da rocha. Apresenta-se, principalmente, como cristais granoblásticos inequigranulares finos (até 0,5 mm) com contatos interlobados. Também ocorre na forma de porfiroclastos tabulares subédricos com até 1 mm de tamanho e macla polissintética deformada. O teor estimado de anortita nos porfiroclastos foi de An_{28-34} .

O quartzo perfaz cerca de 38% da rocha, possui granulação fina variando de (0,1-0,5 mm) e textura granoblástica. Os contatos entre os grãos são interlobados. A maioria dos cristais apresentam extinção ondulante.

A hornblenda perfaz cerca de 16% da rocha. Apresenta textura nematoblástica de granulação fina a média (0,1-1,5 mm). Tem pleocroísmo forte nas cores verde e marrom e apresentam alteração para clorita e opacos. Por vezes esta alteração promove a formação de coroas de alteração ao redor dos cristais de hornblenda (Figura 26 B).

O Clinopiroxênio compõem aproximadamente 2% da rocha.. Sua granulação é fina (<1 mm) e o hábito dos cristais varia de xenoblástica a hipidioblástica. Apresenta pleocroísmo em tons acastanhados a verde azulado.

Observa-se quantidades diminutas de minerais opacos, clorita e esfeno.

Figura 26 - Fotomicrografias da amostra LA 123/14.07.C. (A) Aspectos estruturais e texturais gerais da amostra (PC). (B) Detalhe da coroa de alteração da hornblenda clorita, esfeno e opacos (LPP).

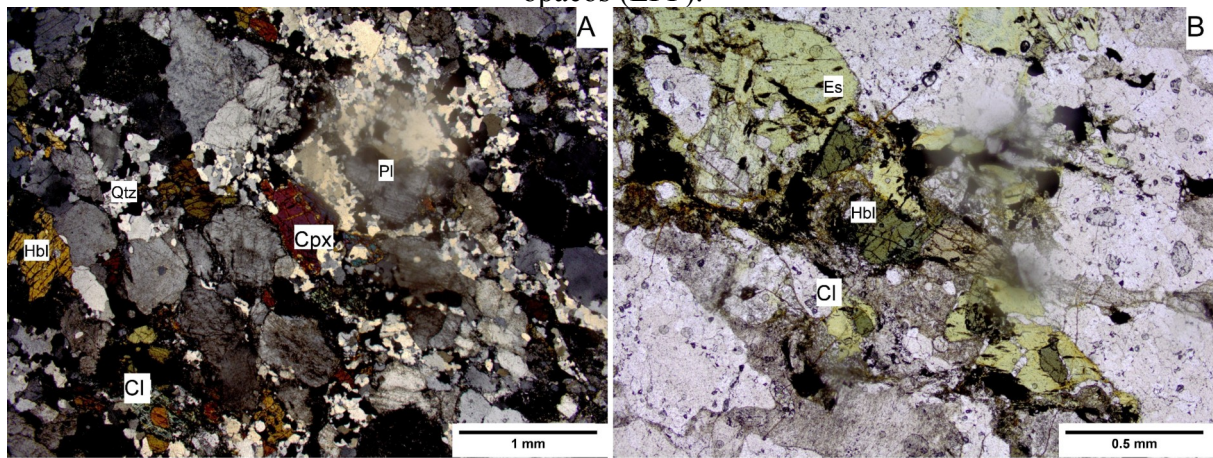


Tabela 3 - Análise modal e classificação das lâminas petrográficas das amostras do ponto LA.07.

Ponto LA 07			
AMOSTRA	LA 123/14.07.A	LA 123/14.07.B	LA 123/14.07.C
Classificação	Gnaiss Tonalítico	Gnaiss Enderbítico	Gnaiss Tonalítico
Plagioclásio	58%	42%	43%
Quartzo	26%	35%	38%
Biotita	3%	3%	...
Hornblenda	12%	8%	16%
Ortopiroxênio	...	12%	...
Clinopiroxênio	...	...	2%
Epidoto			
Granada	...	...	...
Min.Opacos	TR	TR	TR
Zircão	...	...	...
ΣM	15%	19%	18%
Alt. Hidrotermal	Incipiente	Incipiente	Incipiente
Clorita	Borda(Hbl)	Opx,Hbl	Hbl
Epidoto	...	...	...
Min. Opacos	Hbl	Opx,Hbl	Hbl
Biotita	...	...	Hbl
Sericita	Pl	Hbl	...
Actinolita	...	...	...
Prehnita	...	...	...
Zeolita	...	...	...
Esfeno	...	Opx,Hbl	Hbl
Alt. Intemperica	Incipiente	Moderada	Incipiente
Plagioclásio	argilização	argilização	x
Quartzo	...	...	...
Biotita	...	...	...

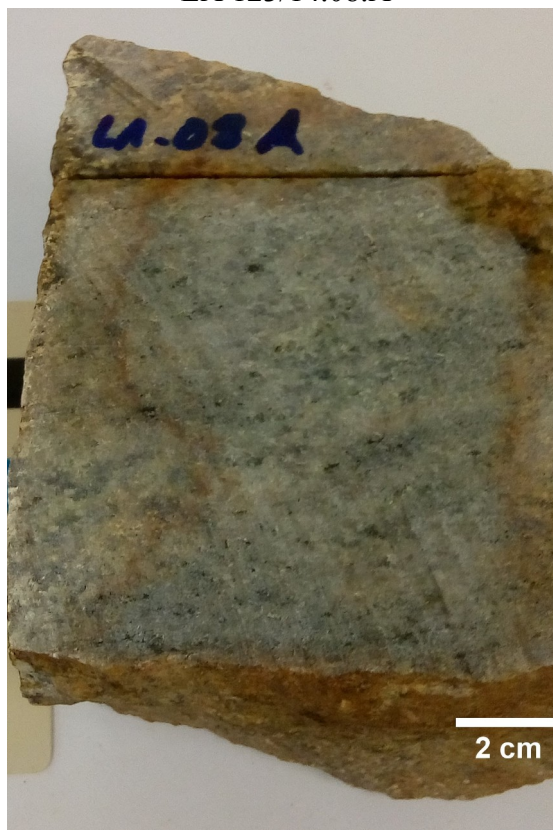
5.1.4 Ponto LA 08

Trata-se de um afloramento com baixo grau de intemperismo e com ótima exposição em uma cachoeira (área com riscos de deslizamentos), dentro de um parque abandonado. A rocha é um gnaiss com bandamento caracterizado por diferentes níveis composicionais, espessura centimétrica a decimétrica e contatos difusos. Ocorrem enclaves e veios de quartzo microcristalino concordantes com a foliação cortada por fraturas NE-NW. Foram amostrados diferentes níveis composicionais de acordo com a nomenclatura: LA 123/14.08.A, LA 123/14.08.C e LA 123/14.08.D (níveis de composição enderbítica), LA 123/14.08.B e LA

123/14.08.E (níveis de composição trondhjémítica), LA 123/14.08.F um nível de composição tonalítica e LA 123/14.08.G veio de quartzo.

A amostra LA 123/14.08.A tem composição trondhjémítica e granulação fina a média. Apresenta um bandamento descontínuo/irregular milimétrico a centimétrico marcado pela alternância de níveis de coloração cinza esbranquiçada de composição essencialmente félsica. Estes se alternam com níveis de coloração escura e composição máfica. Os contatos entre as bandas são difusos (Figura 27).

Figura 27 - Fotografia da amostra de mão
LA 123/14.08.A



Sob o microscópio petrográfico é uma rocha inequigranular com granulação variando de fina a média (0,2-1,5 mm) apresentando foliação incipiente. É composta essencialmente por quartzo e feldspato, sua textura principal é granoblástica dada pelos cristais equigranulares de quartzo e plagioclásio com contatos interlobados e secundária nematoblástica dada pelos cristais de ortopiroxênio levemente orientados (Figura 28).

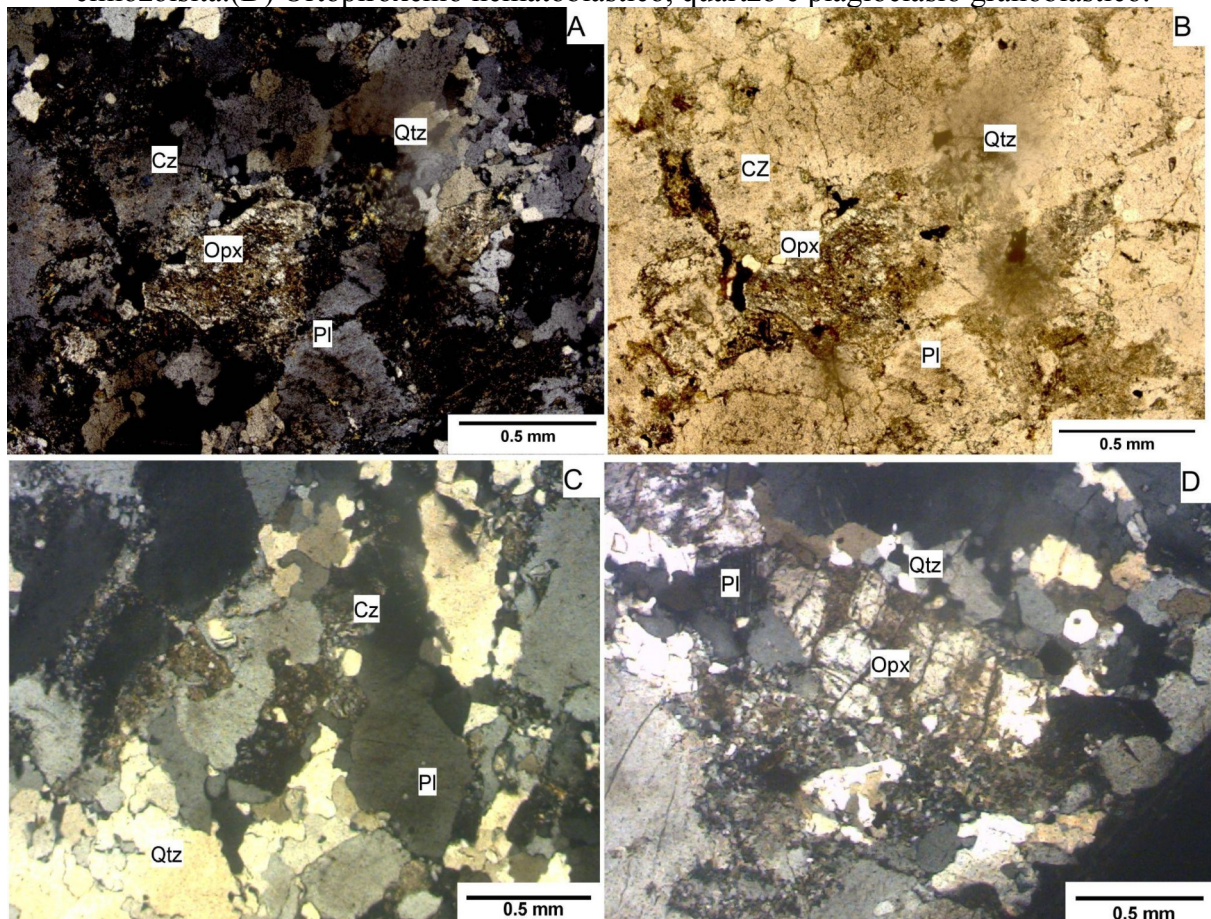
O quartzo compõem 52% da rocha, possui granulação variando de fina média (0,1-1,2 mm) e textura granoblástica. Os contatos entre os grãos são interlobados. A maioria dos cristais apresentam extinção ondulante (Figura 28 C).

O plagioclásio tem composição An_{27-32} e perfaz cerca de 39% da rocha, sua granulação varia de fina a média (0,5-1,5 mm). Sua textura principal é granoblástica dada pelos cristais equigranulares com contato interlobados entre os grãos e subordinadamente porfiroclástica em cristais reliquiares com macla polissintética deformada .

Ortopiroxênio compõem aproximadamente 8% da rocha, sua granulação varia de fina a média (0,2-1,3 mm), apresenta forma xenoblástica a hipidioblástica, com pleocroísmo variando de verde pálido a rosa (Figura 28 A e B).

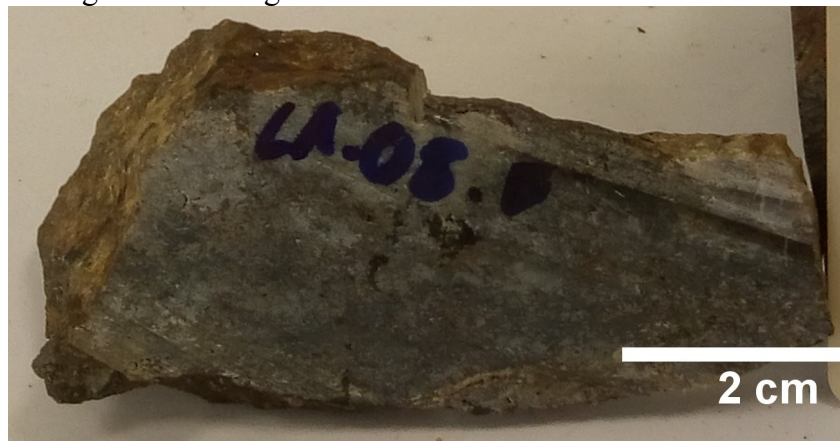
Observa-se quantidades diminutas de clinozoisita, epidoto e minerais opacos.

Figura 28 - Fotomicrografias da amostra LA 123/14.08.A. (A) e (B) fotomicrografias geral da lâmina (PC) e (LPP).(C) Quartzo e plagioclásio com textura granoblástica e cristal de clinozoisita.(D) Ortopiroxênio nematoblástico, quartzo e plagioclásio granoblástico.



A amostra LA 123/14.08.B, de composição trondhjemítica, é uma rocha inequigranular, maciça de coloração cinza claro, sua granulação varia de fina a média (0,1-2,5 mm) de composição essencialmente félsica, com agregados de minerais máficos (Figura 29).

Figura 29 - Fotografia da amostra de mão LA 123/14.08.B



Sob microscópio petrográfico é uma rocha com estrutura maciça, composta essencialmente de plagioclásio e quartzo. Com textura principal granoblástica marcada pelos cristas equigranulares de quartzo e plagioclásio, e porfiroclástica dada pelos cristais reliquiares de plagioclásio com maclas polissintéticas evanescentes.

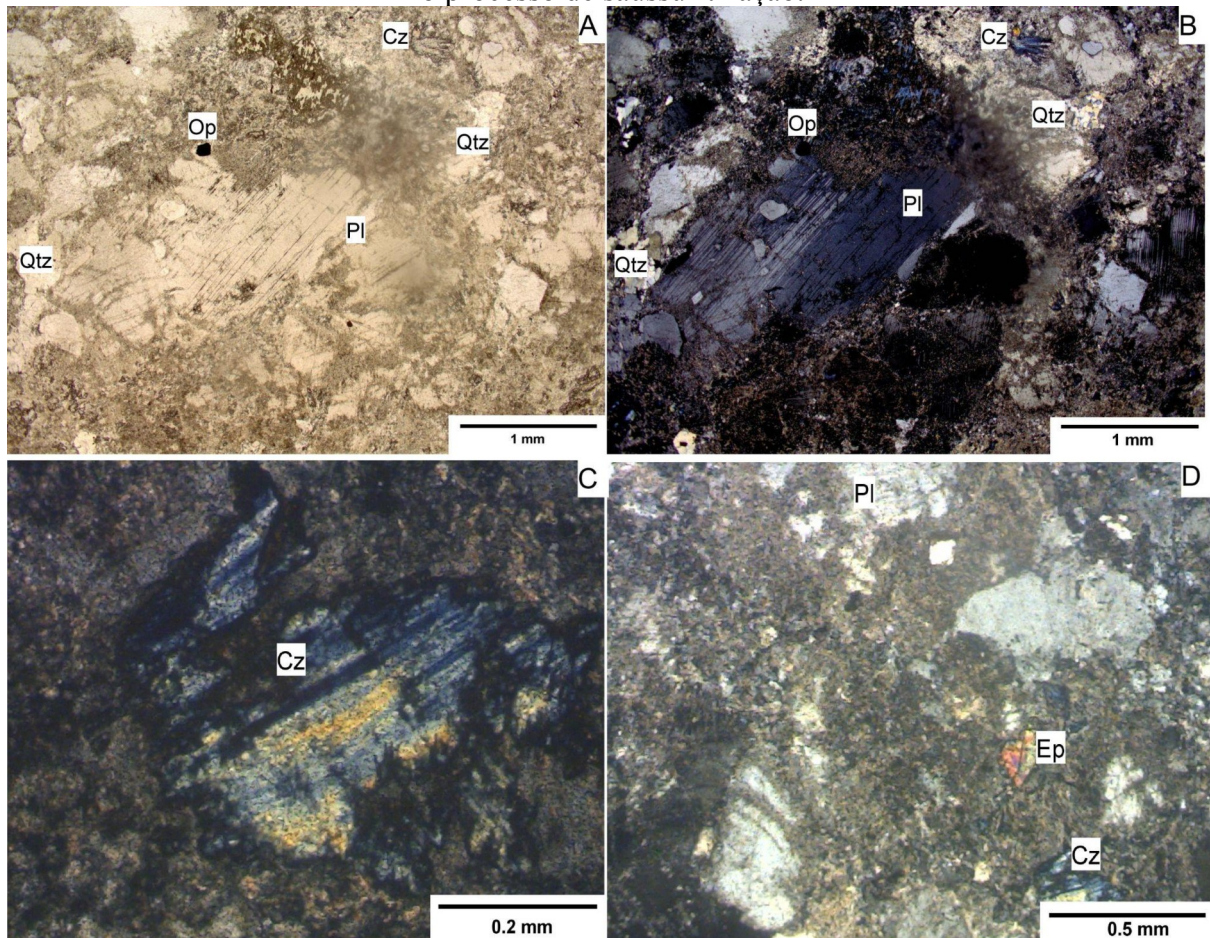
O quartzo perfaz cerca de 26% da rocha, possui granulação variando de fina a média (0,2-1,5 mm) de textura granoblástica e contatos interlobados entre os grãos. A maioria dos cristais apresentam extinção ondulante.

O Plagioclásio possui teor de anortita variando de An_{28-30} e compõem aproximadamente 70% da rocha com granulação variando de fina a média (0,2-2,2 mm) tem como textura principal granoblástica e subordinadamente porfiroclástica com cristais euédricos de até 2,2 mm (Figura 30 A e B). Muitos cristais passaram pelo processo de saussuritização (alteração do plagioclásio para clinzoisita), (Figura 30 D).

A Clinzoisita perfaz cerca de 3% da rocha, possui granulação fina (<1 mm), forma hipidioblástica. Seu relevo é alto positivo, com birrefringência intensas em tons de azul e amarelo (Figura 30 A e D).

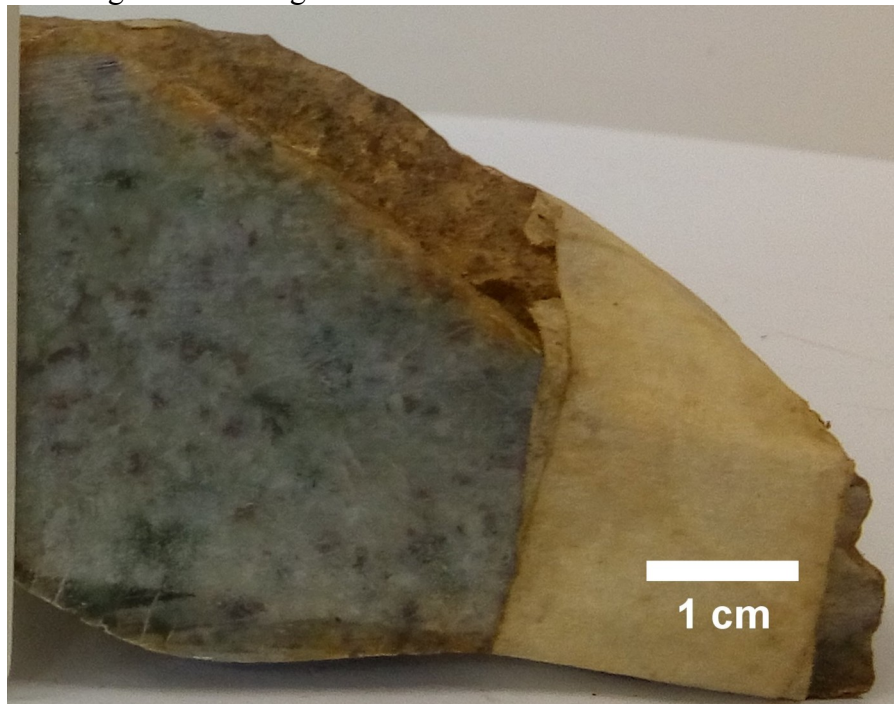
Como traço ocorrem epidoto (Figura 30 D), sericita e opacos.

Figura 30 - Fotomicrografias da amostra LA 123/14.08.B. (A) e (B) Fotomicrografia geral da lâmina com porfiroclasto de plagioclásio com maclas polissintéticas evanescentes. (LPP) e (PC). (C) Fotomicrografia de detalhe de cristal de clinozoisita. (D) Plagioclásio evidenciando o processo de saussuritização.



A amostra LA 123/14.08C, tem composição enderbítica, é uma rocha bandada marcada pela alternância de níveis milimétricos de coloração esbranquiçada com granulação variando de fina a média e composição félsica. Estes se alternam com níveis milimétricos de coloração cinza escuro a avermelhada com granulação variando fina a média de composição máfica de biotita e piroxênio, levemente orientados (Figura 31).

Figura 31 - Fotografia da amostra de mão LA 123/14.08.C



Sob microscópio petrográfico é uma rocha inequigranular com granulação variando de fina a média (0,1-1,5 mm). Mostra um bandamento marcado pela intercalação de níveis milimétricos e irregulares mais ricos em ortopiroxênio, biotita e opacos. Intercalado por níveis milimétricos de quartzo e plagioclásio minerais (Figura 32 A e B), o contato entre as bandas são difusos. Possui como textura principal granoblástica dada pelos cristais equigranulares de quartzo e plagioclásio e subordinadamente profiroclástica em cristais reliquiares de plagioclásio.

O quartzo compõem aproximadamente 26% da rocha, possui granulação variando de fina a média (0,1-1,2 mm) com textura granoblástica. Os contatos entre os grãos são interlobados. A maioria dos cristais apresentam extinção ondulante.

Plagioclásio compõem aproximadamente 41% da rocha com granulação variando de fina a média (0,2-1,5 mm) tem como textura principal granoblástica e subordinadamente profiroclástica marcada por cristais reliquiares com maclas polissintéticas evanescentes (Figura 32 A e B). O teor de anortita estimado foi de An_{28-34} .

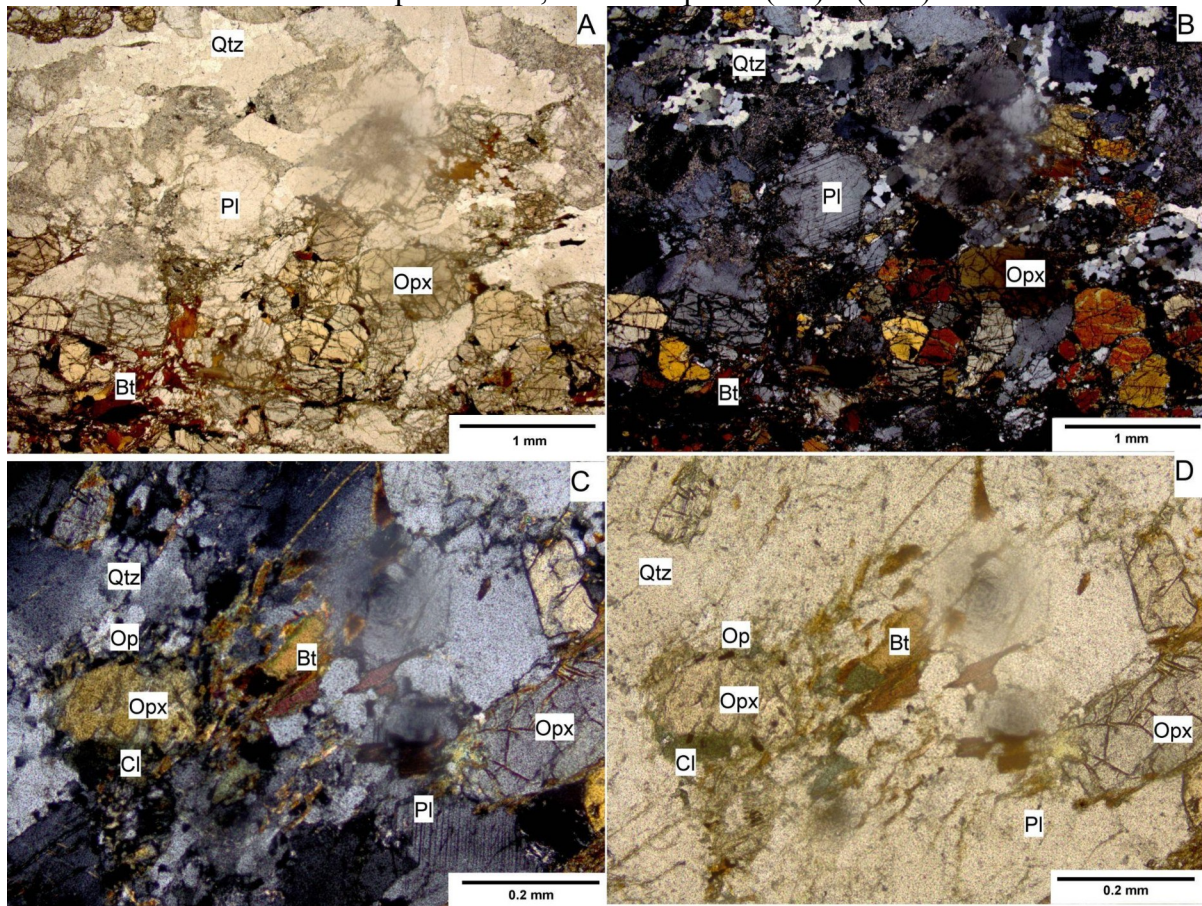
O ortopiroxênio perfaz cerca de 23% da rocha com granulação variando de fina a média (0,2-1,2 mm), hábito subédrico a anédrico e textura nematoblástica. Com pleocroísmo variando de verde pálido a rosa. Alguns cristais encontram-se com as bordas alteradas para

biotita, clorita e opacos (Figura 32 C e D).

A biotita compõem aproximadamente 8% da rocha possui granulação fina (<1 mm), seu pleocroísmo varia de tons acastanhados a amarelo-claro com textura lepidoblástica marcada por sua orientação mineral (Figura 32).

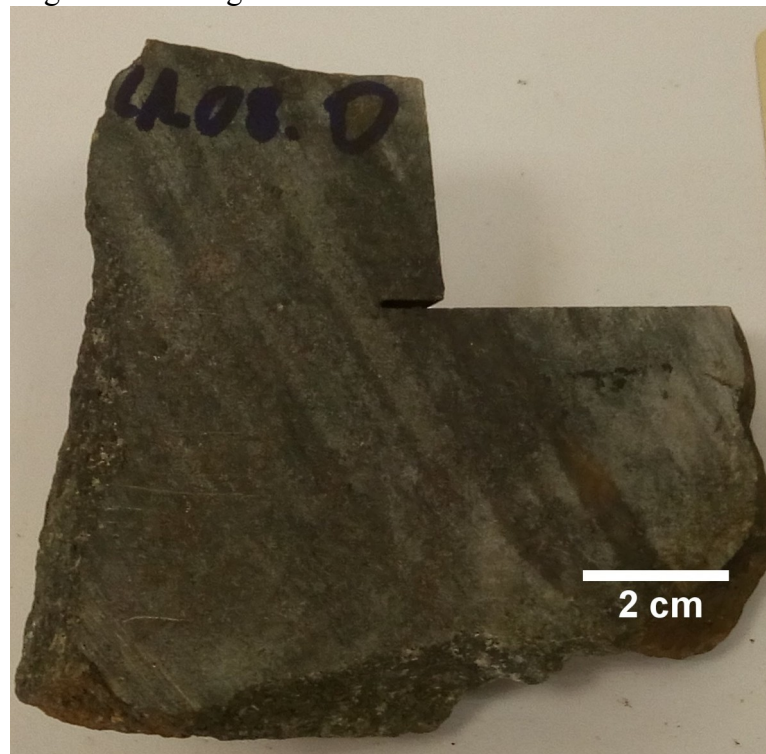
Observa-se quantidades diminutas de clorita e minerais opacos.

Figura 32 - Fotomicrografias da amostra LA 123/14.08.C. (A) e (B) Fotomicrografia geral da lâmina (LPP) e (PC). (C) e (D) Fotomicrografia de detalhe cristal de ortopiroxênio com borda alterada para clorita, biotita e opacos (PC) e (LPP).



A amostra LA 123/14.08.D tem composição enderbítica e granulação fina. Mostra um bandamento milimétrico marcado pela alternância de níveis irregulares de coloração cinza escuro composto por minerais máficos. Estes se alternam com níveis de mesma competência com coloração cinza claro de composição essencialmente félsica. Os contatos entre os níveis são difusos (Figura 33).

Figura 33 - Fotografia da amostra de mão LA 123/14.08.D



Sob microscópio petrográfico é uma rocha inequigranular de granulação fina (<1 mm). Apresentando um bandamento composicional marcado pela intercalação de níveis irregulares milimétricos ricos em ortopiroxênio, biotita e opacos. Intercalado com níveis milimétricos compostos por quartzo e plagioclásio. Os contatos entre os níveis são difusos.

O quartzo perfaz cerca de 28% da rocha, possui granulação fina (<1 mm) com textura granoblástica. A maioria dos cristais com extinção ondulante (Figura 34 A e B).

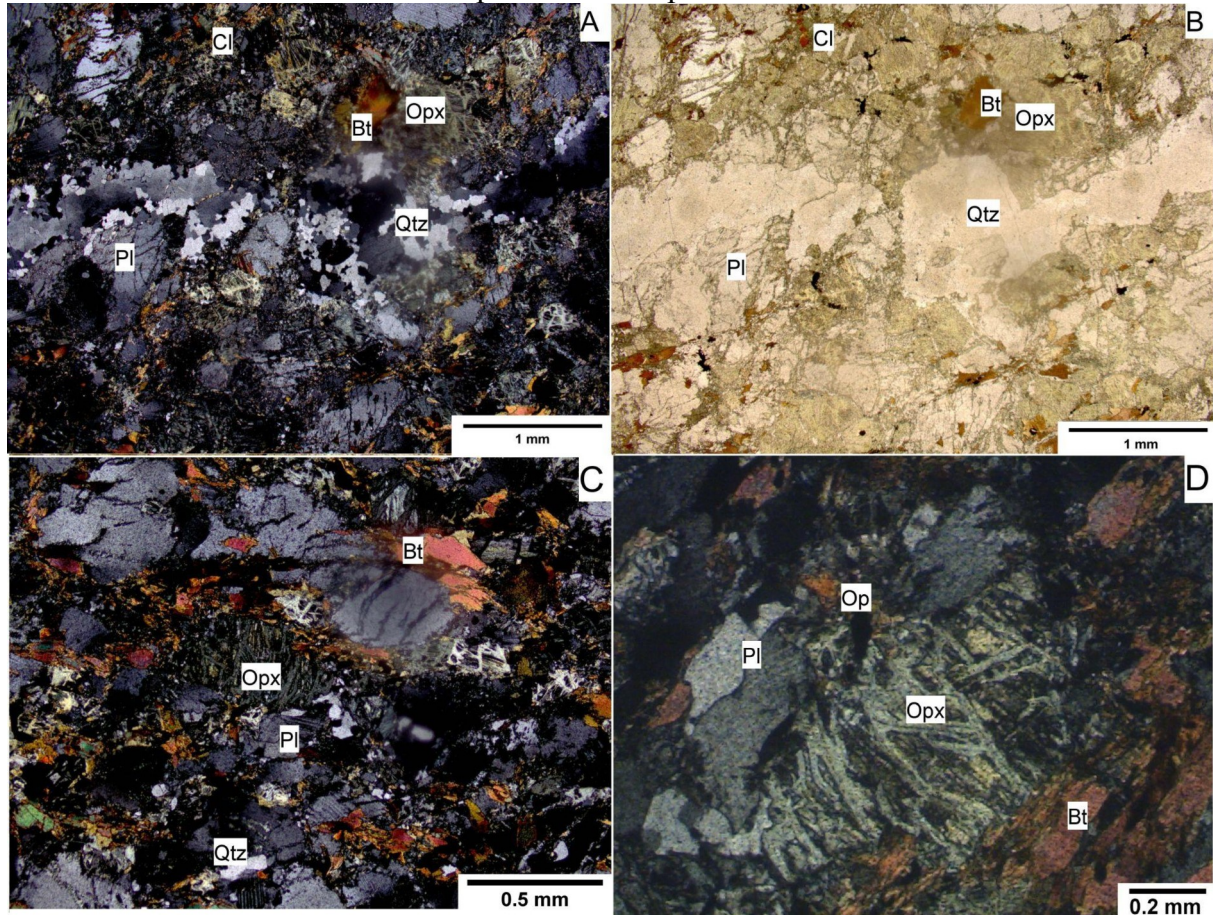
Contém aproximadamente 50% de plagioclásio na rocha, possui granulação fina (<1 mm) com textura granoblástica e subordinadamente profiroclástica em cristais reliquiares com macla polissintéticas deformadas (Figura 34 C). O teor de anortita estimado foi de An_{30-33} .

Ortopiroxênio perfaz cerca de 12% da rocha, com granulação fina de forma xenoblástica a hipidioblástica e textura nematoblástica. Com pleocroísmo variando de verde pálido a rosa. Alguns cristais com intensa cloritização e suas bordas alteradas para biotita e opacos (Figura 34 D).

A biotita compõem 9% da rocha possui granulação fina (<1 mm), seu pleocroísmo varia de tons acastanhados a amarelo-claro com textura lepidoblástica marcada por sua orientação mineral (Figura 34 C e D).

Observa-se quantidades diminutas de minerais opacos e clorita.

Figura 34 - Fotomicrografias da amostra LA 123/14.08.D. (A) e (B) Fotomicrografias geral da lâmina (PC) e (LPP) mostrando o bandamento composicional. (C) Fotomicrografia com pseudomorfo de ortopiroxênio nematoblástico com intenso processo de cloritização, em baixo do cristal de ortopiroxênio um porfiroclasto de plagioclásio e em cima uma biotita lepidoblástica (D) Detalhe cristal de Opx fortemente cloritizado e com as bordas alteradas para biotita e opacos.



A amostra LA 123/14.08.E de composição trondhjemítica, é uma rocha maciça, inequigranular com granulação variando de fina a média de coloração esbranquiçada por vezes avermelhada e composição essencialmente félsica. A amostra é cortada por veio milimétrico de quartzo microcristalino, o contato com a rocha é abrupto (Figura 35).

Figura 35 - Fotografia da amostra de mão LA 123/14.08.E



Sob microscópio petrográfico a rocha apresenta “ilhas” de plagioclásio, quartzo, epidoto e clinzoisita com granulação fina a média (0,1-1,3 mm), envoltos em veio de quartzo microcristalino (Figura 36).

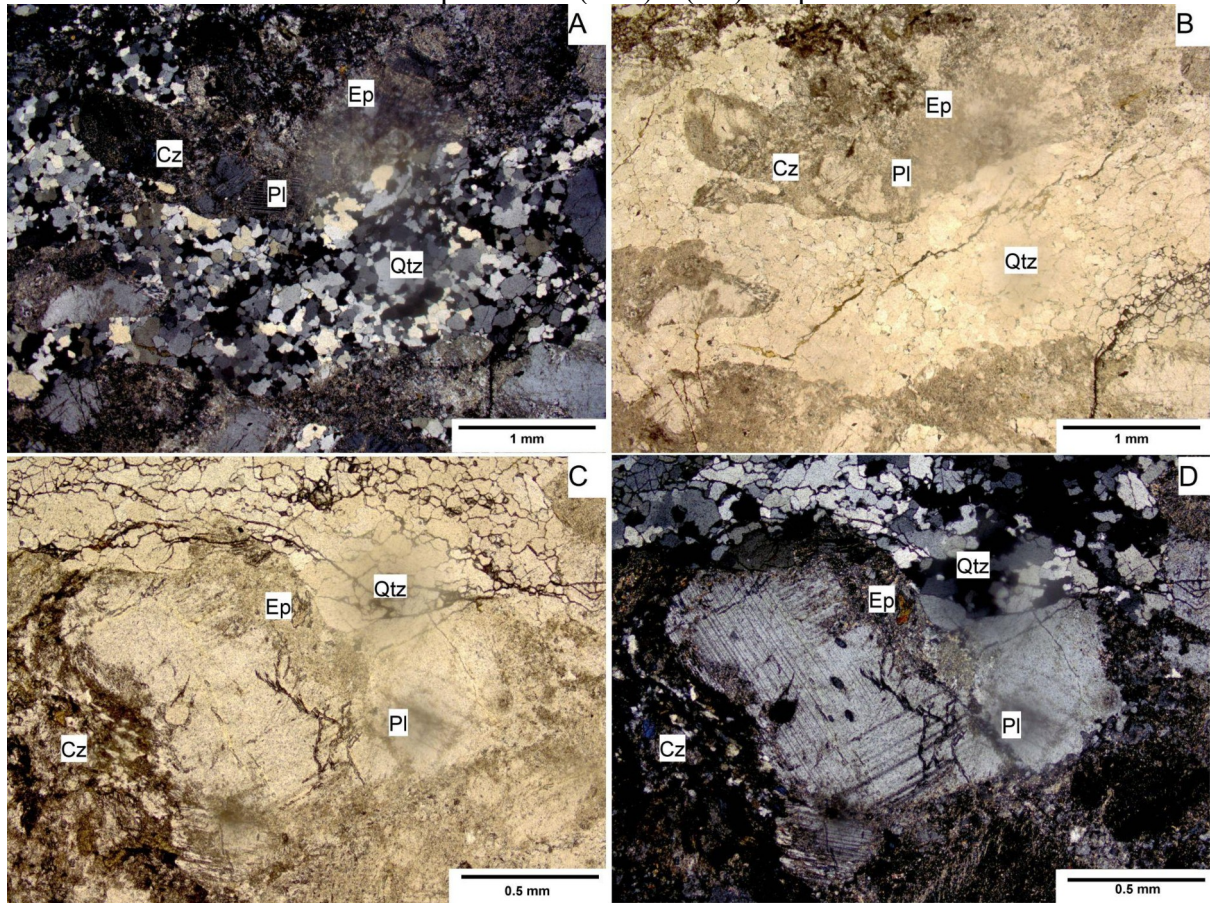
O quartzo perfaz cerca de 21% da rocha possui granulação fina (<1 mm) com textura granoblástica. A maioria dos cristais com extinção ondulante.

Plagioclásio possui teor de anortita variando de An_{32-35} e compõem aproximadamente 75% da rocha com textura granoblástica e subordinadamente profiroclástica em cristais reliquiares com as bordas alterando para epidoto e clinzoisita, processo denominado de saussuritização (Figura 36).

Clinzoisita compõem 3% da rocha, possui granulação fina (<1 mm) e forma hipidioblástica. Seu relevo é alto positivo, com birrefringência intensas em tons de azul e amarelo (Figura 36 C e D).

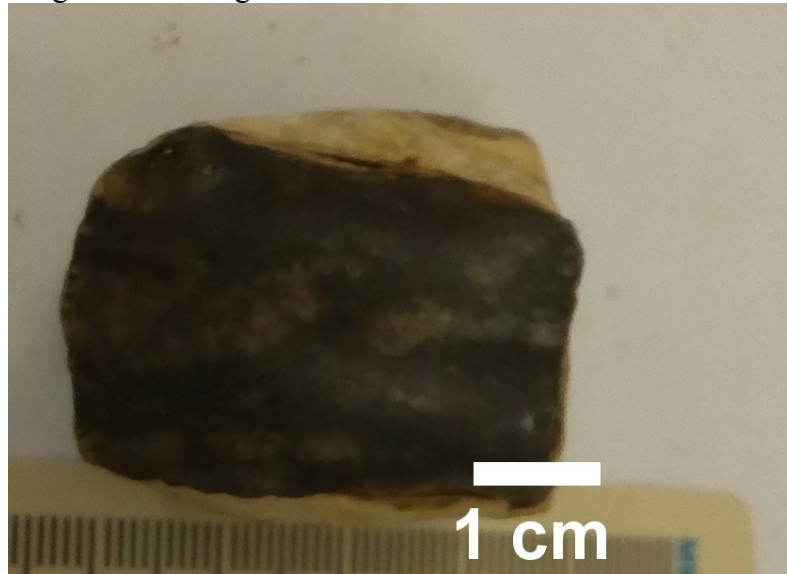
Observa-se quantidades diminutas de epidoto e opacos.

Figura 36 - Fotomicrografias da amostra LA 123/14.08.E. (A) e (B) fotomicrografia geral da lâmina, evidenciando veio de quartzo microcristalino em (PC) e (LPP) respectivamente. (C) e (D) fotomicrografia de detalhe com porfiroclasto de plagioclásio com bordas alteradas para clinozoisita e epidoto em (LPP) e (PC), respectivamente.



Amostra LA 123/14.08.F, de composição tonalítica e granulação fina. É uma rocha bandada marcada pela alternância de níveis com coloração cinza escura e composição máfica intercalado de níveis com mesma competência e granulação, de coloração cinza esbranquiçado e composição félsica (Figura 37).

Figura 37 - Fotografia da amostra de mão LA 123/14.08.F.



Sob microscópio petrográfico é uma rocha inequigranular de granulação fina (<1 mm). Sua estrutura é bandada e foliada, sendo este bandamento caracterizado pela formação de níveis milimétricos irregulares ricos em hornblenda, biotita e opacos. Intercalada com níveis de mesma espessura de quartzo e plagioclásio. Sua textura principal é granoblástica em cristais equigranulares de quartzo e feldspato e subordinadamente porfiroblástica em cristais reliquiares de plagioclásio.

O quartzo compõem aproximadamente 40% da rocha, possui granulação fina até 1 mm, com textura granoblástica em série. Presença de quartzo fitado evidenciando seu estiramento mineral (Figura 38 A e B).

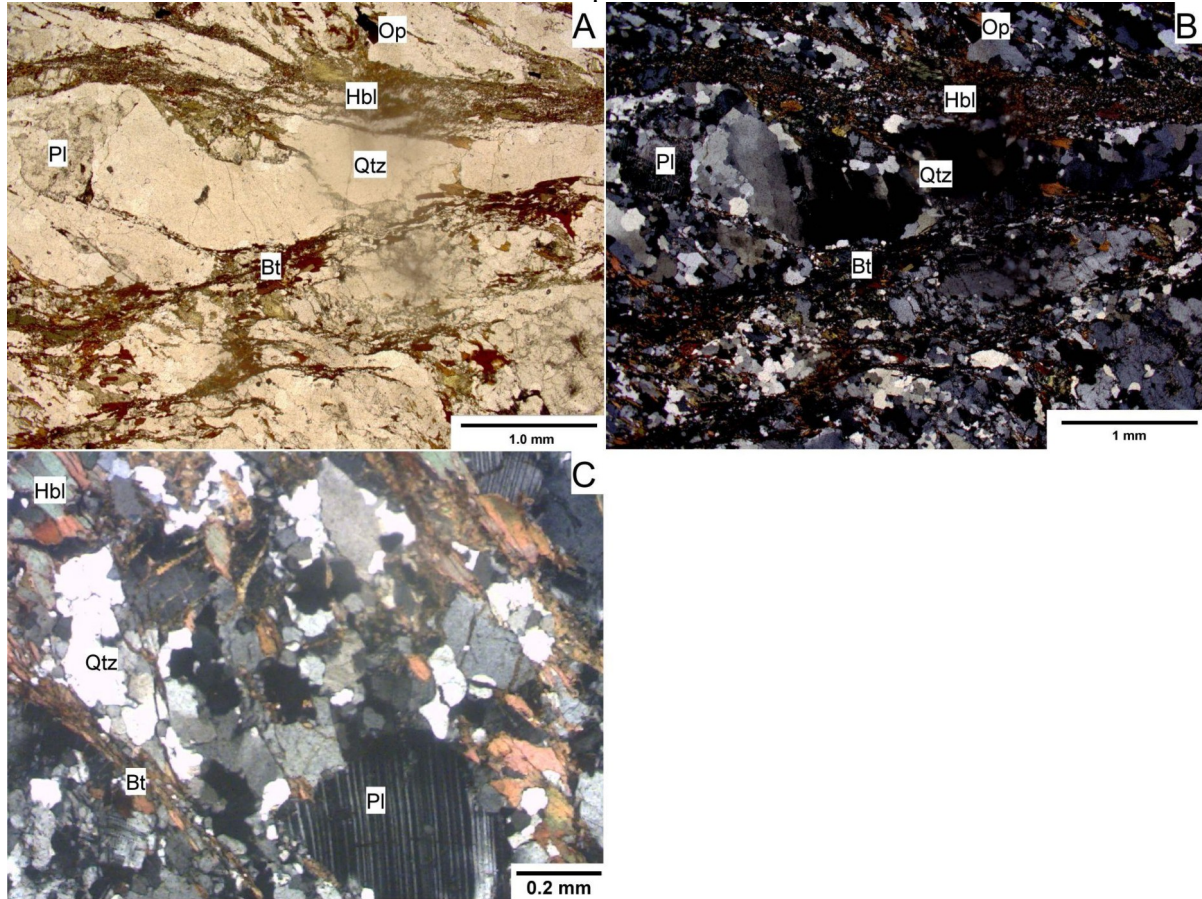
O Plagioclásio perfaz cerca de 27% da rocha com textura granoblástica e subordinadamente profiroclástica em cristais reliquiares com maclas polissintéticas evanescentes (Figura 38 C). O teor de anortita estimado foi de An_{30-33} .

Hornblenda compõem aproximadamente 14% da rocha com granulação fina (<1 mm) de textura nematoblástica. Sua coloração varia em tons de verde a marrom e pleocroísmo forte nesses tons. Com cristais fortemente orientados (Figura 38).

A biotita perfaz cerca de 12% da rocha possui granulação fina (<1mm), seu pleocroísmo varia de tons acastanhados a amarelo claro com textura lepidoblástica fortemente orientada (Figura 38).

Observa-se quantidades diminutas de minerais opacos.

Figura 38 - Fotomicrografias da amostra LA 123/14.08.F. (A) e (B) Fotomicrografia geral da lâmina, com quartzo fitado em mostrando foliação milonítica (LPP) e (PC). (C) fotomicrografia de detalhe porfiroclasto de plagioclásio com macla polissintética deformada, cristais equigranulares de quartzo e plagioclásio granoblástico, hornblenda nematoblástica e biotita lepidoblástica



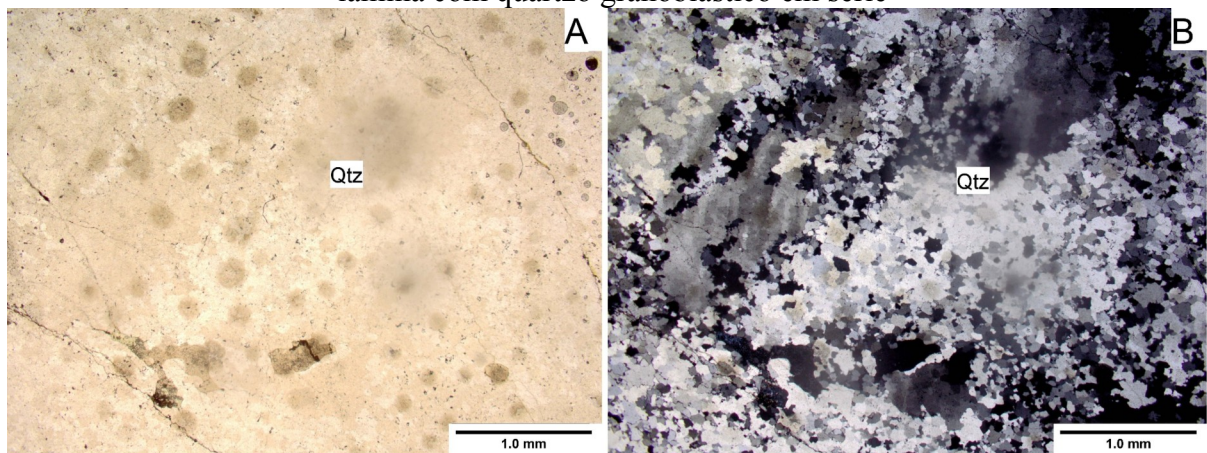
Amostra LA 123/14.08.G, é uma veio de quartzo recristalizado (Figura 39).

Figura 39 - Fotografia da amostra de mão LA 123/14.08.G.



Sob microscópio petrográfico rocha é composta de quartzo granoblástico em série com alguns cristais estirados (veio de quartzo), (Figura 40).

Figura 40 - Fotomicrografias da amostra LA 123/14.08.G. (A) e (B) Fotomicrografia geral da lâmina com quartzo granoblástico em série



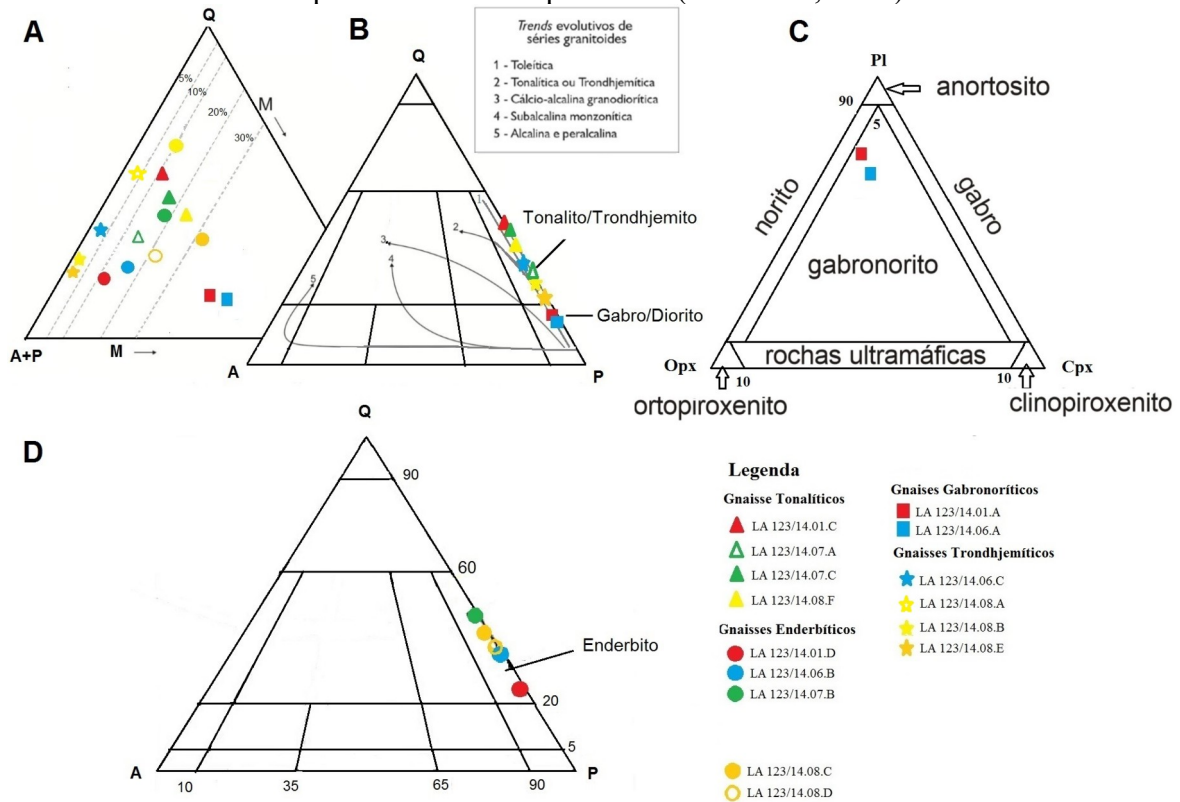
5.2 CLASSIFICAÇÃO MINERAL E *TREND* EVOLUTIVO DOS ORTOGNAISSES

A determinação da composição mineral e o reconhecimento das estruturas e texturas reliquias permitiu estabelecer que as amostras estudadas pertencem a uma associação de rochas plutônicas. Portanto, o bandamento composicional observado nos afloramentos pode ser interpretado como o resultado da justaposição por deformação de uma associação de rochas ortoderivadas com composição que varia entre máfica, intermediária e félsica (Figura 41 A), submetidas a um evento de metamorfismo regional orogênico de alto grau.

Os gnaisses com até 5% de minerais máficos possuem composição trondhjemítica. Os gnaisses de composição tonalítica e enderbítica apresentam conteúdo semelhante de minerais máficos, variando entre 10 e 31%. Já os gnaisses gabronoríticos apresentam teores de minerais máficos superiores a 45% (Figuras 41 A, B,C e D).

Com base na composição mineral, e levando em conta que o metamorfismo regional orogênico de alto grau ao qual estas rochas foram submetidas é tipicamente isoquímico, podemos considerar que os protólitos desta associação era constituído por trondhjemitos, tonalitos, enderbitos e gabros. Esta associação apresenta um *trend* evolutivo típico da série toleítica.

Figura 41: Diagramas de classificação mineral aplicados para as amostras ortoderivadas. A) Diagramas Q-(A+P)-M, B) diagrama Q-A-P (Streckeisen, 1976), C) Diagrama de classificação para rochas gabróicas, Streckeisen (1976) e D) Diagrama Q-A-P para rochas portadoras de ortopiroxênio (Le Maitre, 2002).



5.3 CLASSIFICAÇÃO PETROGENÉTICA E AMBIENTE GEOTECTÔNICO DOS ORTOGNAISSES

Utilizando como referência apenas os dados petrográficos obtidos na área de estudo, é possível destacar a grande semelhança composicional entre os ortognaisses e as associações de rochas granitóides de cordilheiras toleíticas, RTG (*Ridge Tholeiitic Granitoids*). Estas associações se originam a partir de magmas mantélicos e evoluem por cristalização fracionada extrema (BARBARIN, 1999). Nesta ótica, seria possível estabelecer um ambiente geotectônico relacionado com a evolução de um rift continental para geração e diferenciação dos magmas que deram origem aos ortognaisses que afloram na região de estudo.

Contudo, esta interpretação está em desacordo com aquelas apresentadas em trabalhos científicos de abrangência regional que incluem dados petrográficos e geoquímicos. Basei *et al.* (1998 e 2010) determinaram uma composição do tipo TTG (tonalito, trondhjemito e

granodiorito) para os ortognaisses do CGSC. Esta característica composicional, também denominada por Barbarin (1999) como ATG (*Arc Tholeitic Granitoids*) sugere que os magmas precursores dos ortognaisses possam ter se originado em um ambiente crustal profundo, associado a raiz de um arco magmático ou zona de delaminação crustal.

5.4 EVENTOS METAMÓRFICOS

A ordenação relativa dos eventos metamórficos, assim como a estimativa das respectivas condições de pressão e temperatura foi realizada com base na identificação de paragêneses e na interpretação das relações texturais observadas nos gnaisses da classe química máfica (gabróicos). O desenvolvimento de estrutura penetrativa e de recristalização granoblástica está relacionada ao evento metamórfico principal (M1) do tipo regional orogênico. O pico metamórfico associado a este evento gerou uma paragênese mineral contendo clinopiroxênio, ortopiroxênio e plagioclásio. A partir da interpretação da grade petrogenética para rochas máficas apresentada por Bucher e Frey (1994), é possível estimar que este evento atingiu condições da fácies granulito de baixa pressão (aproximadamente 825°C de temperatura e 5,25 Kbar de pressão). O desenvolvimento de coroas contendo hornblenda ao redor dos cristais de piroxênios está relacionada a um evento de retrometamorfismo denominado M2 que atingiu condições da fácies anfíbolito. Um segundo evento retrometamórfico (M3) foi observado de maneira mais restrita na área. Está registrado em uma amostra de hidrotermalito máfico contendo inúmeros veios e vênulas de quartzo que destacam o aspecto brechóide dos clastos de rocha máfica. Nestes clastos é observada a formação de agregados de cristais sintaxiais de prehnita, epidoto e actinolita (LA 123/14.01.B). Esta paragênese mineral indica que o evento M3 atingiu condições relativas a transição entre a fácies sub-xistos verdes e xistos verdes.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES

Com base na integração dos dados geológicos de campo e na realização de análise petrográfica de detalhe foi possível determinar que as rochas aflorantes na região sul do município de Luiz Alves, dentro dos limites da área deste estudo, são constituídas por ortognaisses pertencentes ao Complexo Granulítico Santa Catarina Hartmann *et al.*, (1979), ou Cráton/ Terreno Luiz Alves (KAUL 1980, 1984). São ortognaisses que apresentam um bandamento caracterizado pela alternância de níveis composicionais com espessuras de até cerca de 1 metro, originados a partir da justaposição por deformação de uma associação de rochas ortoderivadas plutônicas com composição que varia entre tonalítica, trondhjemítica, enderbítica e gabronorítica. Estes gnaisses são interpretados como parte de uma associação do tipo TTG, de ocorrência bastante comum em áreas cratônicas ao redor do mundo. Esta atividade magmática foi datada em 2,7 Ga pelo método U-Pb em zircão por Basei *et al.*, (2010).

Dentro dos diferentes níveis composicionais dos ortognaisses é possível observar a formação de estruturas penetrativas como foliação e/ou bandamento metamórfico acompanhada da formação de cristais granoblásticos. Estas feições são características do metamorfismo regional orogênico. Este evento metamórfico foi denominado de M1 e atingiu condições da fácies granulito de baixa pressão. Isto está de acordo com a estimativa de 800 °C e 5-8 Kbar apresentada por Basei *et al.*, (1998) para o evento metamórfico de alto grau. Basei *et al.*, (2010) balizam a idade máxima deste evento em $2,543 \pm 23$ Ga com base nos dados de U-Pb em zircão. Os mesmos autores estabeleceram o intervalo de idades entre 2,0 a 1,9 Ga para o evento retrometamórfico da fácies anfíbolito (evento M2). Idades K-Ar em biotitas apresentadas por Siga (1995) e Basei *et al.*, (1998a) indicam que há aproximadamente 1,8 Ga o CGSC já havia sido estabilizado e estava resfriado em temperaturas inferiores a 450 °C. Este dado é interpretado neste trabalho como a idade mínima para ocorrência do segundo evento retrometamórfico (M3, em condições de baixo grau), associado a reativação de falhas. Contudo, não está descartada a hipótese de que o desenvolvimento do M3 está relacionado ao ciclo Brasileiro, uma vez que a área de estudo situa-se na borda sul do CGSC e muito próximo a Zona de Cisalhamento Itajaí-Perimbó.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, L. L. F. et al. Geologia das quadrículas de Blumenau e Joinville, SC. **DNPM/CPRM (inédito), Porto Alegre, RS, 1971**
- ALMEIDA, F. F. M. et al. The Precambrian evolution of the South American cratonic margin south of the Amazon River. In: **The South Atlantic**. Springer, Boston, MA, 1973. p. 411-446.
- ALTHOFF, Fernando; BARBEY, Pierre; BOULLIER, Anne-Marie. 2.8–3.0 Ga plutonism and deformation in the SE Amazonian craton: the Archaean granitoids of Marajoara (Carajás Mineral Province, Brazil). **Precambrian Research**, v. 104, n. 3-4, p. 187-206, 2000
- BABINSKI, Marly et al. Geocronologia U-Pb e Sm-Nd do cinturão granítico-gnáissico neoproterozóico Dom Feliciano, sul do Brasil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 10, n. 3-4, pág. 263-274, 1997.
- BALDIN, Michelangelo Tissi; DE MESQUITA BARROS, Carlos Eduardo. Geologia das ilhas de Tamboretas, litoral norte do Estado de Santa Catarina, limite meridional do Terreno Paranaguá. **Boletim Paranaense de Geociências**, v. 73, n. 1, 2017.
- BARBARIN, Bernard. A review of the relationships between granitoid types, their origins and their geodynamic environments. **Lithos**, v. 46, n. 3, p. 605-626, 1999.
- BARTORELLI, ANDREA; MINIOLI, B.; KAWASHITA, K. O. J. I. Nota Preliminar sobre rochas ultrabásicas de Itajuba–Santa Catarina. In: **Congresso Brasileiro de Geologia**. 1968. p. 243-246.
- BASEI, M. A. S.; NUTMAN, A.; SIGA Jr., O.; PASSARELLI, C. R.; DRUKAS, C. O. The evolution and tectonic setting of the Luis Alves microplate of southern Brazil: an exotic terrane during the assembly of western Gondwana. In: GLAUCHER, C.; SIAL, A.; HAVERSON, G. **Neoproterozoic-Cambrian Tectonics, Global Change and Evolution: a focus on South Western Gondwana**. Amsterdam: Elsevier, 2010. p. 273- 291. (Developments in Precambrian geology, n. 16)
- BASEI, Miguel Angelo Stipp et al. Evolução tectônica dos terrenos entre os Cinturões Ribeira e Dom Feliciano (PR-SC). **Revista Brasileira de Geociências**, v. 22, n. 2, p. 216-21, 1992.
- BASEI, Miguel Angelo Stipp; CORDANI, Umberto G.; VASCONCELLOS, J. P. B. C. Tectônica e granitogênese brasileiras do pré-cambriano de Santa Catarina. **Atas**, v. 2, p. 789-790, 1987.
- BASEI, Miguel Ângelo Stipp; MCREATH, Ian; SIGA JR, O. O complexo granulítico catarinense do sul do Brasil: uma revisão. **Gondwana Research**, v. 1, n. 3-4, pág. 383-391, 1998.
- BASEI, Miguel Angelo Stipp. **O Cinturão Dom Feliciano em Santa Catarina**. 1985. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- BEST, Myron G. **Igneous and metamorphic petrology**. John Wiley & Sons, 2013.

BITENCOURT, M.F.; HACKSPACHER, P.C.; NARDI, L.V.S. A Zona de Cisalhamento Major Gercino –Santa Catarina. In: **SBG, II Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos**, Atas, pag. 214-216. 1989

BUCHER, Kurt; GRAPES, Rodney. **Petrogenesis of metamorphic rocks**. Springer Science & Business Media, 2011.

CASTRO, Luís Gustavo de; FERREIRA, Francisco José Fonseca. Arcabouço geofísico-estrutural da porção meridional do Cinturão Ribeira. **Brazilian Journal of Geology**, v. 45, p. 499-516, 2015.

CONDIE, K. C., 2005. **Earth as an Evolving Planetary System**: 1-447. Elsevier, Burlington.

COUTINHO, José et al. A systematic nomenclature for metamorphic rocks: 8. **Amphibolite and Granulite. Recommendations by the IUGS Subcommittee on the Systematics of Metamorphic Rocks. Recommendations, web version of**, v. 1, n. 07, 2007.

CURY, Leonardo Fadel. **Geologia do terreno Paranaguá**. 2009. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

FIGUEIREDO, M. C. H. et al. Geoquímica de parte do complexo granulítico de Santa Catarina, Brasil meridional: uma suíte calcio-alcalina antiga formada por diferenciação de basalto aluminoso. **Boletim IG-USP. Publicação Especial**, n. 18, p. 01-03, 1996.

FIGUEIREDO, M. C. H. et al. O Complexo Granulítico de Santa Catarina: um arco insular arqueano?. **Boletim IG-USP. Publicação Especial**, n. 9, p. 35-39, 1991.

FIGUEIREDO, Mário Cesar Heredia de; BARBOSA, J. S. F. Terrenos metamórficos de alto grau do Cráton do São Francisco. In: **Craton do Sao Francisco: Trabalhos Apresentados Na Reuniao Preparatoria do Segundo Simposio sobre o Craton do Sao Francisco**. 1993.

FLORISBAL, L.M. **Petrogênese de granitos sintectônicos em ambiente pós-colisional do Escudo Catarinense**: Estudo integrado de geologia estrutural, geoquímica elemental e isotópica Sr-Nd-Pb e geocronologia U-Pb em zircão. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Mineralogia e Petrologia, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2011. 153 p.

FORNARI, A. Geologia e metalogênese da porção meridional do Cráton Luís Alves–SC. **Universidade Estadual de Campinas (Tese, Programa de Pós-Graduação em Geociências)**. São Paulo, 1998.

FROST, B. Ronald; FROST, Carol D. On charnockites. **Gondwana Research**, v. 13, n. 1, p. 30-44, 2008.

GIRARDI, Vicente Antonio Vitorio; ULBRICH, H. H. G. J. Origin and evolution of the Piên Mafic-ultramafic Complex, southern Brazil. **The Journal of Geology**, v. 88, n. 3, p. 251-269, 1980.

HALLINAN, Stephen E. et al. Estrutura do Escudo Sul-Brasileiro: uma revisão através de dados gravimétricos e magnetométricos. **Brazilian Journal of Geology**, v. 23, n. 3, p. 201-214, 1993.

HARARA, Ossama Mohamed Milad. **Mapeamento e Investigação Petrológica e Geocronológica dos Litotipos da Região do Alto Rio Negro (PR-SC): um exemplo de sucessivas e distintas atividades magmáticas durante o Neoproterozóico III**. 2001. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

HARLEY, S. L. The origins of granulites: a metamorphic perspective. **Geological Magazine**, v. 126, n. 3, p. 215-247, 1989.

HARTMANN, L. A. Ocorrência de granulitos em Luís Alves, SC. In: **Congresso Brasileiro de Geologia, Belo Horizonte. Boletim de Resumos. Belo Horizonte, SBG**. 1976. p. 321.

HARTMANN, L. A.; NARDI, L. S.; CUPERTINO, J. A. A cataclase nos granulitos de Luis Alves (Santa Catarina). **Acta Geol. Leopold**, v. 3, p. 29-43, 1979.

HARTMANN, L. A.; SILVA, LC da; ORLANDI FILHO, V. O Complexo Granulítico de Santa Catarina; descrição e implicações genéticas. **Acta Geológica Leopoldensia**, v. 3, n. 10, p. 93-112, 1979.

HARTMANN, Léo A. et al. Ion microprobe (SHRIMP) dates complex granulite from Santa Catarina, southern Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 72, p. 559-572, 2000.

HASUI, YOCITERU. The Mantiqueira province: Archean structure and Proterozoic evolution. **Revista brasileira de geociências**, v. 12, n. 1-3, p. 167-171, 1982.

HEILBRON, M. et al. Geologia e Recursos Minerais do estado do Rio de Janeiro. 2017.

HEILBRON, Monica et al. Província mantiqueira. **Geologia do continente sul-americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida**, p. 203-235, 2004.

HELLER, Beatrix M. et al. Zircon U-Pb geochronology and Hf isotopes of the Luís Alves Terrane: Archean to Paleoproterozoic evolution and Neoproterozoic overprint. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 106, p. 103008, 2021.

HOLLAND, T. J. B. BWD Yardley 1989. An Introduction to Metamorphic Petrology. **Geological Magazine**, v. 127, n. 1, p. 81-82, 1990.

IGLESIAS, Carlos Moacyr da Fontoura et al. **Geologia e recursos minerais da folha Joinville-SG. 22-ZB: estado de Santa Catarina**. CPRM, 2011.

JÚNIOR, Oswaldo Siga; BASEI, Miguel AS; MACHIAVELLI, Adilson. Evolução geotectônica da porção NE de Santa Catarina e SE do Paraná, com base em interpretações geocronológicas. **Brazilian Journal of Geology**, v. 23, n. 3, p. 215-223, 1993.

KAUL, P. F. T. O Cráton de Luís Alves. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31., 1980, Balneário de Camboriú. **Anais...** Camboriú: SBG, 1980. v.5. p. 2677- 2683.

- KAUL, P. F. T. Precambriano e Eopaleozóico do nordeste de Santa Catarina e leste do Paraná: reavaliação de dados e correlação com a África. **SIMP. REG. GEOL. Rio Claro**, p. 1-15, 1979.
- KAUL, P. F. T. Significado dos granitos anorogênicos da Suíte Intrusiva Serra do Mar na evolução da crosta do sul-sudeste do Brasil, no âmbito das Folhas SG-22 - Curitiba e SG-23 - Iguape. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33., 1984, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBG, 1984. v.6, p.2815-2825.
- KAUL, P. F. T.; FERNANDES, E.; SANTOS NETO, A. Projeto Gerenciamento Costeiro GERCO-3 Fase: Geologia. **Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE**, 2003.
- LE BAS, M. J.; STRECKEISEN, Albert L. The IUGS systematics of igneous rocks. **Journal of the Geological Society**, v. 148, n. 5, p. 825-833, 1991.
- LEITE, A. A. S., R. DALL'AGNOL, M. J. B. MACAMBIRA & F. J. ALTHOFF, 2004. Geologia e geocronologia dos granitoides arqueanos da região de Xinguara-PA e suas implicações na evolução do Terreno Granito-Greenstone de Rio Maria, Cráton Amazônico. **Revista Brasileira de Geociências** 34(4): 447-458.
- LE MAITRE, R.W. **Igneous Rock: A Classification and Glossary of terms - Recommendations of the International Union of Geological Sciences, Subcommittee On the Systematics of Igneous Rocks**. Cambridge University Press. Nova Iorque, 2002. 326 p.
- LE MAITRE, Roger Walter et al. (Ed.). **Igneous rocks: a classification and glossary of terms: recommendations of the International Union of Geological Sciences Subcommittee on the Systematics of Igneous Rocks**. Cambridge University Press, 2005.
- LOPES, Angela Pacheco. **Geologia do complexo Camboriú, Santa Catarina**. 2014. Tese de Doutorado.
- MARTIN, H., R. H. SMITHIES, R. RAPP, J. -F. MOYEN & D. CHAMPION, 2005. An overview of adakite, tonalite-trondhjemitegranodiorite (TTG), and sanukitoid: relationships and some implications for crustal evolution. **Lithos** 79(1-2): 1-24
- MINIOLI, Bruno. **Aspectos geológicos da região litorânea Piçarras-Barra Velha, SC**. 1972. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- MIYASHIRO, Akiho. **Metamorphic petrology**. Crc Press, 1994.
- MORAES, Renato et al. Granulitos do Brasil. **Geologia do continente Sul-Americano Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida**. São Paulo, Beca, p. 321-347, 2004.
- PASSARELLI, Cláudia Regina et al. Deformation and geochronology of syntectonic granitoids emplaced in the Major Gercino Shear Zone, southeastern South America. **Gondwana Research**, v. 17, n. 4, p. 688-703, 2010.

- PASSARELLI, Claudia Regina et al. The Luis Alves and Curitiba terranes: continental fragments in the Adamastor Ocean. In: **Geology of Southwest Gondwana**. Springer, Cham, 2018. p. 189-215.
- PASSCHIER, C. W. **Geologia de campo de terrenos gnaissicos de alto grau**. EdUSP, 1993.
- PATTISON, D. R. M.; BÉGIN, N. J. Zoning patterns in orthopyroxene and garnet in granulites: implications for geothermometry. **Journal of Metamorphic Geology**, v. 12, n. 4, p. 387-410, 1994.
- PATTISON, DAVID RM et al. Temperatures of granulite-facies metamorphism: constraints from experimental phase equilibria and thermobarometry corrected for retrograde exchange. **Journal of Petrology**, v. 44, n. 5, p. 867-900, 2003.
- SCHMID, Rolf et al. How to name a metamorphic rock. **Metamorphic Rocks: A Classification and Glossary of Terms**, Cambridge University Press, Cambridge, p. p3-15, 2007.
- SIGA JUNIOR, Oswaldo. **Domínios tectônicos do sudeste do Paraná e nordeste de Santa Catarina: geocronologia e evolução crustal**. 1995. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- SILVA, L. C.; DIAS, A. de A. Os segmentos mediano e setentrional do Escudo Catarinense: II—Organização e evolução geotectônica. **Acta Geológica Leopoldensia**, v. 10, p. 121-140, 1981.
- STRECKEISEN, Albert L. Classification and nomenclature of igneous rockes. **N. Jb. Miner.**, v. 107, p. 144-240, 1967.
- STRECKEISEN, Albert. To each plutonic rock its proper name. **Earth-science reviews**, v. 12, n. 1, p. 1-33, 1976.
- WINDLEY, Brian F. The evolving continents. **Oceanographic Literature Review**, v. 8, n. 43, p. 785, 1996.
- WINKLER, Helmut GF. Definition and Types of Metamorphism. In: **Petrogenesis of Metamorphic Rocks**. Springer, New York, NY, 1979. p. 1-8.
- WINTER, John D. **Principles of igneous and metamorphic petrology**. Pearson education, 2013.
- YARDLEY, Bruce WD. **Introdução a petrologia metamórfica**. 1994.