



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JULIO DE MESQUITA FILHO”
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS



Relatório Final do Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)

Curso de Graduação em Geologia

**MAPEAMENTO GEOLÓGICO E ESTRUTURAL DA
ROCHA FRESCA AFLORANTE NO TALUDE LESTE DA
MINA DE BOA VISTA, CATALÃO, GO.**

JOÃO EDUARDO FOCHI RAMIRES

Orientador: Prof. Dr. Norberto Morales
Co-Orientador: Prof. Dr. José Affonso Brod

Rio Claro (SP)

2015



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JULIO DE MESQUITA FILHO"
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS



MAPEAMENTO GEOLÓGICO E ESTRUTURAL DA ROCHA FRESCA AFLORANTE NO TALUDE LESTE DA MINA DE BOA VISTA, CATALÃO, GO.

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

JOÃO EDUARDO FOCHI RAMIRES

Área de Concentração: Geologia Estrutural, Petrografia, Geofísica e Geologia Econômica

Orientador: Prof. Dr. Norberto Morales

Co-Orientador: Prof. Dr. José Affonso Brod

Membros da Banca Examinadora:

Prof. Dr. José Affonso Brod - UFG/UnB

Mestre e Gerente de Geociências Matheus Palmieri – Grupo Anglo American.

Prof. Dr. George Luiz Luvizotto - Unesp

06/05/2015

RIO CLARO/SP

551.8 Ramires, João Eduardo Fochi
R173m Mapeamento geológico e estrutural da rocha fresca aflorante no
 talude leste da mina de Boa Vista, Catalão, GO. / João Eduardo Fochi
 Ramires. - Rio Claro,
2015
 104 f. : il., figs., gráfs., tabs., fots., mapas
 Trabalho de conclusão de curso (Geologia) - Universidade Estadual
Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas
 Orientador: Norberto Morales
 Coorientador: José Affonso Brod
 1. Geologia estrutural. 2. Mineralizações de nióbio. 3. Complexo
alcalino. 4. Série Foscorítica. 5. Pirocloro. 6. Nióbio. I. Título.

Ficha Catalográfica elaborada pela STATI - Biblioteca da UNESP
Campus de Rio Claro/SP

Dedico este trabalho de conclusão de curso aos meus pais e minha irmã:

João Riberto de Jesus Ramires

Mirian Rosa Fochi Ramires

Rafaela Fochi Ramires

“It’s a long way to the top (if you wanna rock and roll)”

AC/DC, 1975.

Agradecimentos

O autor agradece a Anglo American Nióbio Brasil Ltda. e especialmente ao gerente de geociências Matheus Palmieri (grande amigo e mentor) por financiar e liberar os dados sem os quais esse TCC não existiria, também por todas as oportunidades que foram concebidas ao longo de quase 4 anos de trabalho, amizade e irmandade.

Aos amigos geólogos e técnicos da Anglo American Nióbio Brasil Ltda (Sérgio Eduardo E Silva, Carlos H. Peters, Giséli Silva Ramos, Daniel Marinzek de Souza, Jonas Fernandes dos Santos, William Souza da Silva, Wesley Aparecido da Sila R Rodrigues, Juarez Antonio de Moira e Sebastião Divino Pimenta) pelo apoio dado desde o início deste trabalho, e aos amigos geólogos da Anglo American Fosfato Brasil Ltda (Bruno P. Milanezi, Thales Nicoli e Aldo José Duarte Ferrari). Um agradecimento em especial ao Coordenador de Geologia Bruno P. Milanezi, por todo suporte e discussões geológicas durante as etapas de trabalho, na empresa, em casa e no bar.

Aos Minreds do grupo Anglo American Mike Harley e Dirk Harney, por todas as oportunidades e aos geólogos (Harry Liscester, Fanie Nail, Willemin, Johan e Chris) do setor de exploração da mina de ferro de Thabazimbi, Kumba Iron Ore na África do Sul.

Agradecimentos especiais aos grandes professores e amigos José Affonso Brod e Tereza C. Junqueira-Brod (uma dedicação especial a família Brod, que me apoiaram muito proporcionando minha formatura no final deste ano letivo) e Norberto Morales que me ensinaram muito ao longo de quatro anos de convivência e amizade. Aos professores Ebehard Wernick e Hardy Jost, por todas as valiosas discussões geológicas em sala de aula, campo ou bar, pessoas com quem amadureci muito em contexto geológico e pessoal. Aos professores George Luiz Luvizotto (por todo o suporte na Unesp), Luiz Amarante Simões e Leandro Eugênio Silva Cerri, Peter Christian Hackspacher, Arthur, Antenor Zanardo e aos professores da Universidade Johannesburgo Nicholas Beukes and Herman Van Niekerk, todos grandes professores.

Aos meus grandes amigos “das antigas” (Boy, Roque, Azulão, Marcão, Virsu, Doguinho, Paulão, Guma e Urso heavy) por todos os anos de metal e muita música boa.

Aos meus grandes amigos de infância (Budinha, Pé de Chumbo, Du Montanari, Dudu, Linão, Estelinha, Mateuzinho, Dressi e Aiessa) e todos os amigos do colégio Dom Bosco e do Eastview High School em Barrie no Canadá..

Aos ex e atuais moradores das Repúblicas Kraka-a-toa, Grosa (*in memorian*), Livrância (*in memorian*), Caenga (*in memorian*), Metazoa, Safari, Fossa.

Especial agradecimento aos meus grandes amigos Cesar D’Abronzo Martinelli (Cezinha - *in memorian*), Marcelo Juliano de Carvalho (Carreira), Ricardo Fráguas (Kiko), Wellington Damazio (Vinhedo), Emerson Ricardo Ré (Ré), Maximiliano Reato (Panda), Matheus Palmieri (Ploc), Flávio Henrique de Souza (Tg), Allan Penati, Osmair de Souza (Glicose), Vinícius Gomes Rodrigues (Bacalhau), Leandro Rocha (Dundum), Leandro Ballarin Vieira (Espetinho), José Guilherme Valle (Lagartixa) que me mostraram o caminho da verdadeira Geologia.

Aos ex e atuais moradores da república Mansão, e um agradecimento em especial ao Júlio Silva (Gordão), Caio Sérgio Socchor (Boca), Felipe Seguin (Merda), Antônio Ferreira (Estopa), Felipe Viegas (Shrek), Vinícius Rocha (Caubaixo), Helena Badari (Lele), Guilherme Chiochetti Sbicca (Sacudo), Rodrigo Beluco (Piru) Paulo Eduardo Pinto (Presuntinho) por todos os anos de convívio e “rock” juntos.

Aos meus amigos geólogos ou não que conheci ao longo de meus trabalhos e viagens e que viraram família, em especial Adriana Basílie (Zefa), Thais Munhoz, Kawinã Cardoso (Kaw), Andrew Brown, Zohan Flava Ubermensch, Faez Eezo Mangera, Chris Scharf, Rodiney Scharf, Debbie Scharf, Florian Faeling, Marcus Álvares e Júlio César Arthur (Pazuzu – Loki).

um agradecimento especial a minha querida e adorada Renata Siade, que me apoiou e não saiu do meu lado em todos os momentos.

A todos dos dois lados de minha família (Fochi e Ramires), um agradecimento em especial aos meus Avós Alvaro Fochi (Capado - *In memorian*) e Beatriz de Biagi Fochi, ao meu tio geólogo Alvaro César Fochi (Telex) que me serviu como inspiração e sua esposa Elisa Fochi Graçon. Aos meus tios César Golin e Margarete Fochi Golin que me apoiaram para ingressar no curso de geologia da Unesp. Aos meus avós Manuel Ramires (*In memorian*) e Laura Ramires (*In memorian*), a todos os meus tios, tias e primos das família Ramires. Um abraço especial para os meus primos Ricardo Ramires (Rick), Thiago Ramires (Pimposo/Furunco), Luiz Fochi Golin (Guto), Ana Lúcia Fochi Golin (Aninha), Mirella Fochi Graçon (Mi) e Carolina Fochi Graçon (Caca).

Todo meu agradecimento e amor para meus pais João Riberto de Jesus Ramires e Mirian Rosa Fochi Ramires, também para minha amada irmã Rafaela Fochi Ramires que me apoiaram desde que nasci e nunca saíram do meu lado, pessoas quem amo mais que tudo nesta vida.

A eterna banda de rock and roll geológico “Cold Beer” e seus integrantes (Ploc – Drums, Penélope (Eu) – Guitars, Vinnie - Guitars, Bigato - Vocals e Chuc - Bass, headbangers com quem aprendi a tocar o rock and roll verdadeiro.

Finalmente agradeço ao rock and roll, ao blues, ao jazz, ao reggae, ao metal e toda música boa em si que me acompanhou e inspirou ao longo deste trabalho.

Agradecimento em especial ao Matheus Miani (Meião – *in memoriam*), que me ensinou a tocar guitarra.

Às pessoas que não citei, por esquecimento, mas não por menor importância, muito obrigado.

Resumo

A mina Boa Vista localiza-se no município de Catalão, na porção sudeste do estado de Goiás e representa atualmente, de 7,0 a 8,0% da produção mundial de Nióbio, exercendo importante papel na economia do estado de Goiás e do Brasil.

A atividade mineira na mina Boa Vista foi iniciada com a lavra de minério oxidado em solo. A alta susceptibilidade das rochas dos complexos de Catalão I e II ao intemperismo químico desenvolveu espessos horizontes de solo, proporcionando quase 40 anos de lavra deste material. Entretanto, em virtude do contínuo avanço da cava, espessos blocos de rocha sã (rocha fresca) passaram a aflorar em meio aos horizontes de solo, predominantemente no talude leste da mina.

Com a certeza da futura escassez do minério oxidado, lavrado no perfil de alteração, a empresa Anglo American vem desenvolvendo um projeto denominado “Projeto Rocha Fresca”, com o intuito de detalhar o conhecimento do futuro material a ser lavrado. Nesse projeto está inserido o presente trabalho de conclusão do curso, realizado pelo estagiário de geologia João Eduardo Fochi Ramires.

Os Complexos de Catalão I e II contêm uma grande variedade de mineralizações, incluindo nióbio, fosfato, terras raras, vermiculita, titânio e barita, apresentando potencial também para outros bens minerais como cobre, urânio, tório e magnetita.

A mineração de Nióbio foi iniciada no Complexo de Catalão I em meados de 1976, passando posteriormente para a mina de Boa Vista no Complexo de Catalão II, a qual é atualmente operada pelo grupo Anglo American Nióbio Brasil Ltda.

A mina se localiza na porção sudoeste do complexo de Catalão II e compreende uma área de 854,321 m por 849,933 m, em consequência do avanço da cava desde o início da atividade mineira na área, atualmente o “pit” apresenta aproximadamente 300 m de profundidade.

O maior bloco aflorante de “rocha fresca” está situado no talude leste da mina e toma uma área de aproximadamente 14.300 m², seguido de dois blocos menores (450 m² e 380 m²) que afloram a sul do bloco principal. O padrão de intemperismo

diferencial desenvolvido sobre cada litotipo que compõe a geologia da mina influenciou o “layout” atual desta.

O principal objetivo deste trabalho é o mapeamento geológico-estrutural da área da mina inserida no projeto rocha fresca, na escala de detalhe 1:500, mais a caracterização estrutural das estruturas presentes nas rochas encaixantes que hospedam as rochas intrusivas, a caracterização petrográfica por meio de descrição de lâminas delgadas dos litotipos que compõem a área, com o intuito de classificar as rochas intrusivas e a caracterização magnética das litologias que compreendem o talude leste da mina.

Sete litologias afloram neste talude. Duas destas, o fenito (filitos, xistos e quartzitos fenitizados) e o anfíbolito representam rochas metassedimentares e metavulcânicas pertencentes ao Grupo Araxá, com idade Neoproterozóica. Tais litotipos são as rochas encaixantes para as intrusões dos pulsos alcalinos ultramáficos durante o Cretáceo Superior.

As rochas alcalinas são relacionadas a três séries petrogenéticas; a Série Carbonatítica, que é representada por calciocarbonatito, magnesiocarbonatito, ferrocarbonatito e pseudonelsonito, e a a Série Foscorítica, que é representada por nelsonito, e a Série Kamafugítica que é representada na mina pelo flogopita-picrito.

Ao longo da evolução da intrusão de Catalão II um complexo controle estrutural foi desenvolvido dentro do plugue e em suas encaixantes, sendo necessário separar em estruturas associadas a dois eventos distintos no tempo para apresentação e discussão da geração das estruturas mapeadas. O primeiro evento é relacionado ainda ao desenvolvimento das rochas encaixantes no Neoproterozóico, representado pelas estruturas contidas nos metassedimentos do Grupo Araxá, associadas ao processo deformacional das rochas da Faixa Brasília. O segundo evento, reconhecido como o principal na geração de estruturas, é associado aos consecutivos pulsos intrusivos de magma rico em voláteis que aproveitaram, pelo menos em parte, os traços estruturais da foliação da rocha encaixante. A desgaseificação explosiva desses magmas gerou brechas e fraturas com diversas orientações e mergulhos que cruzam toda a estrutura. Com o final da evolução magmática, e conseqüente resfriamento e acomodação das rochas intrusivas, foram geradas ainda fraturas de alívio de pressão, com mergulhos horizontais a sub-horizontais, que ocorrem nas porções superficiais do todo o complexo alcalino, registrando as últimas fraturas geradas relacionadas ao posicionamento do corpo alcalino, durante o Cretáceo Superior.

Em geral, as rochas alcalinas apresentam grande volume de magnetita em sua composição modal o que permitiu a utilização de susceptibilidade magnética como auxílio ao mapeamento geológico, principalmente na delimitação de zonas mineralizadas, visto que no nelsonito, pseudonelsonito e calciocarbonatito a magnetita está fortemente associada ao pirocloro, que é o mineral de minério de nióbio.

O trabalho realizado é que registrado e reportado nesta monografia tem grande relevância na operação de lavra de nióbio da mina de Boa Vista, visto que integra os dados geológicos, estruturais e magnéticos de campo, com os dados petrográficos levantados em laboratório, otimizando, do ponto de vista de extração, a operação do futuro minério de rocha fresca a ser lavrado pela empresa.

Palavras-chave: Província Alcalina do Alto Paranaíba (APIP), Complexo de Catalão II, Mina de Boa Vista, Geologia Estrutural, Petrografia, Susceptibilidade Magnética, Rocha Fresca, Série Foscorítica, Nelsonito, Pseudo-nelsonito, Pirocloro, Nióbio.

Abstract

The Boa Vista mine is located near the Catalão city, in the southeast portion of the Goiás State, and currently represents 7.0 to 8.0% of the world niobium production, playing an important role in the economy of Goiás and Brazil.

Mining activities in the Boa Vista mine began with the mining of oxidized ore hosted in the weathering profile. The high susceptibility of the rocks from the Catalão I and II complexes to chemical weathering developed thick soil horizons, providing nearly 40 years of mining from this material. However, due to the continuous development of the pit, thick bedrock blocks (fresh rock) began to crop out in the midst of the soil cover, predominantly in the east slope of the mine.

With the certainty of future scarcity of the oxidized ore mined in the weathering profile, Anglo American has developed a project called "Fresh Rock Project", with the aim to improve the knowledge of the future material to be mined from the fresh rock, This B.Sc. monograph from the geology course at Unesp is ,inserted in that project.

The Catalão I and II Complexes contain a wide variety of mineralization, including niobium, phosphate, rare earths, vermiculite, barite, and titanium, also showing potential for other deposits such as copper, uranium, thorium and magnetite.

Niobium mining was started at the Catalão I complex in the middle of 1976. The mining was later changed to the Boa Vista mine in Catalão II, which is currently operated by Anglo American Niobium Brazil Ltda.

The mine is located in the southwest portion of the Catalão II complex and comprises an area of 854.321 m by 849.933 m. The current pit has a depth of approximately 300 m.

The largest fresh-rock outcropping block is situated in the east slope of the mine and takes an area of ca. 14,300 m², followed by two smaller blocks (450 m² and 380 m²) to the south. The differential weathering developed by each lithotype, resulted in the current pit layout.

The main objectives of this work are the geological and structural mapping of the area inserted in the “Fresh-Rock Project” on a detail (1:500) scale, the structural characterization and the investigation of the control of the host-rock structures on the structures that host the intrusive plugs, the petrographic characterization of all rock-types present in the area and the magnetic characterization of rock-types occurring in the east slope of the mine.

Seven rock-types crop out on the east slope. Two of these; the fenite (phyllites, schists and quartzites) and the amphibolite representing metasedimentary and metavolcanic rocks belonging to the Neoproterozoic Araxá Group. These rock types are the hosts for the intrusions of the alkaline ultramafic magma pulses that occurred during the Late Cretaceous.

Alkaline rocks are related to three different petrogenetic series; the carbonatite series is represented by calciocarbonatite, magnesiocarbonatite, ferrocarnatite and pseudonelsonite. The phoscorite series is represented by nelsonite, and the kamafugite series is represented in the mine by phlogopite-picrite.

Through the evolution of the Catalão II intrusion, a complex structural control was developed within the plug and its host rocks, requiring the definition of two events of structure generation in time for the presentation and discussion of the mapped structures. The first event is related to the Neoproterozoic development of the host rocks, represented by the structures contained in the metasedimentary rocks of the Araxá Group, associated with the deformation process of the Brasília Mobile Belt. The second event is recognized as the structures involved in the injection of the consecutive magmatic pulses, when intrusive magma took advantage of at least part of the structural features of the country-rock. The explosive intrusion of this volatile-rich magma often generated breccias and fractures with different orientations and dips across the entire complex. With the end of the magmatic evolution, the cooling and accommodation of intrusive rocks generated decompression fractures, with horizontal to sub-horizontal dips, which are the last fractures related to the positioning of the alkaline body, during the Late Cretaceous.

In general, the Catalão alkaline rocks have large amounts of modal magnetite, which allowed the use of the magnetic properties as a support to geological mapping,

especially in the definition of mineralized zones, since magnetite is associated with pyrochlore in nelsonite, pseudonelsonite and calciocarbonatite.

The work recorded and reported in this monograph has great relevance in the niobium mining operation of the Boa Vista mine, since it integrates geological, structural and magnetic data collected at the field, with the petrographic data collected in the laboratory, and will help in optimizing the operation of the fresh-rock ore to be extracted by the company in the future.

Keywords Alto Paranaíba's Alkaline Province (APIP), Catalão II Complex, Boa Vista Mine, Structural Geology, Petrography, Magnetic Susceptibility, Fresh Rock, Foscoritic Series, Nelsonite, Pseudo-nelsonite, Pyrochlore, Niobium.

Sumário

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	2
3. MÉTODO E ETAPAS DA PESQUISA	2
3.1. FLUXOGRAMA	3
4. REVISÕES	3
4.1. GEOLOGIA REGIONAL	4
4.1.1. GEOMORFOLOGIA	8
4.1.2. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA	8
5. RESULTADOS	9
5.1. GEOLOGIA LOCAL	10
5.2. PETROGRAFIA	12
5.2.1. Descrição Macroscópica	12
5.2.1.1. Fenito (Fen)	13
5.2.1.1. Anfibolito (Anf)	14
5.2.1.1. Carbonatitos (CaoCb e MgCb)	15
5.2.1.1. Nelsonito (N1)	16
5.2.1.2. Pseudo-nelsonito (N2)	16
5.2.1.3. Flogopita-picrito (Pi)	16
5.2.2. Descrição Microscópica	18
5.2.2.1. Fenito (Fen)	19
5.2.2.1.1. Descrição dos Minerais	19
5.2.2.1.2. Bandamento Composicional	20
5.2.2.2. Anfibolito (Anf)	21
5.2.2.2.1. Descrição dos Minerais	22
5.2.2.3. Carbonatitos (Cb)	23
5.2.2.3.1. Calciocarbonatito (CaoCb)	23
5.2.2.3.1.1. Descrição dos Minerais	25
5.2.2.3.2. Magnesiocarbonatito (MgCb)	26
5.2.2.3.3. Descrição dos Minerais	28
5.2.2.4. Nelsonito (N1)	29
5.2.2.4.1. Descrição dos Minerais	31
5.2.2.5. Pseudo-nelsonito (N2)	32

5.2.2.6.	Flogopita-picrito (Pi).....	35
5.2.2.6.1.	Descrição dos Minerais	36
5.3.	MAPA GEOLÓGICO-ESTRUTURAL	38
5.4.	GEOLOGIA ESTRUTURAL	39
5.4.1.	Morfologia dos litotipos	39
5.4.2.	Foliação (Sn)	40
5.4.3.	Juntas e Fraturas	43
5.4.3.1.	Família de Fratura 1 (F1)	44
5.4.3.2.	Família de Fratura 2 (F2)	45
5.4.3.3.	Família de Fratura 3 (F3)	48
5.4.3.4.	Família de Fratura (F4)	48
5.4.3.5.	Padrão de Fraturamento	49
5.4.4.	Estruturas das Litologias Intrusivas	53
5.4.4.1.	Carbonatito (Cb).....	54
5.4.4.2.	Nelsonito (N1).....	58
5.4.4.3.	Pseudo-nelsonito (N2).....	60
5.4.4.4.	Picrito (Pi)	63
5.4.5.	Estrutura Padrão das Intrusivas	66
5.5.	SUSCEPTIBILIDADE MAGNÉTICA DOS TALUDES	70
5.5.1.	Susceptibilidade Magnética.....	70
5.5.1.1.	Magnetita.....	70
5.5.2.	Equipamento e Método de Aquisição de Dados	71
5.5.3.	Mapa de Localização	72
5.5.3.1.	Talude 1.....	73
5.5.3.2.	Talude 2.....	75
5.5.3.3.	Talude 3.....	76
5.5.3.4.	Talude 4.....	78
5.5.3.5.	Utilidade	79
6.	DISCUSSÕES	79
6.1.	ROCHAS ENCAIXANTES.....	79
6.1.1.	Foliação Sn.....	80
6.2.	PADRÃO DE FRATURAMENTO.....	81
6.3.	INTRUSIVAS	82
6.3.1.	Carbonatitos (CaoCb e MgCb).....	82
6.3.2.	Nelsonito (N1)	83

6.3.3. Pseudo-nelsonito (N2)	84
6.3.4. Picrito (Pi).....	84
6.4. APLICAÇÕES	85
7. CONCLUSÕES	85

ANEXOS

ANEXO I: FICHA PETROGRÁFICA 1 – FENITOS

ANEXO II: FICHA PETROGRÁFICA 2 – ANFIBOLITOS

ANEXO III: FICHA PETROGRÁFICA 3 -CALCIOCARBONATITOS

ANEXO IV: FICHA PETROGRÁFICA 4 - MAGNESIOCARBONATITOS

ANEXO V: FICHA PETROGRÁFICA 5 - NELSONITOS

ANEXO VI: FICHA PETROGRÁFICA 6 - PSEUDONELSONITOS

ANEXO VII: FICHA PETROGRÁFICA 7 – PICRITOS

ANEXO VIII: SUSCEPTIBILIDADE MAGNÉTICA - NELSONITO

ANEXO IX: SUSCEPTIBILIDADE MAGNÉTICA – PSEUDO-NELSONITO

ANEXO X: SUSCEPTIBILIDADE MAGNÉTICA –NELSONITO

ANEXO XI: RESULTADOS - CALCIOCARBONATITO

ANEXO XII: RESULTADOS - NELSONITO

ANEXO XIII: RESULTADOS – PSEUDO-NELSONITO

Índice de Figuras

Figura 4.1.1. - Mapa Geológico da Província Tocantins (modificado de Pimentel et al., 2011)	5
Figura 4.1.2. - Localização dos complexos alcalinos de Catalão I e Catalão II pertencentes à Província Ígnea do Alto Paranaíba. Modificado de Gibson et al., (1995).	6
Figura 4.1.3. - Mapa Geológico da região de Catalão, apresentando a localização dos complexos alcalinos de Catalão I e II. Adaptado de Oliveira et al. (2004).	7
Figura 4.1.2.1. - Composição colorida de imagem de satélite mostrando a localização das cidades de Catalão e Ouidor e dos complexos Alcalinos de Catalão I e Catalão II, segundo Palmieri et al. (2011).	9
Os seguinte capítulo envolve os resultados levantados durante o mapeamento geológico-estrutural e escaneamento magnético dos taludes mapeados, mais os dados petrográficos que foram coletados no laboratório de microscopia.....	9
Figura 5.1.1. - Mapa esquemático de localização apresentando o complexo de Catalão II e a localização da mina de Boa Vista dentro do complexo.....	10
Figura 5.1.2. - Fotografia aérea demonstrando a localização do Complexo Alcalino de Catalão II, a localização da Mina de Boa Vista dentro do Complexo, e a localização da área de mapeamento (Rocha Fresca) dentro da Mina. 11	11
Figura 5.2.1.1. - Foto esquemática demonstrando a rocha fresca (área de mapeamento) aflorante no talude leste da mina de Boa Vista.	13
Figura 5.2.1.2.- Foto esquemática demonstrando afloramento composto por Fenito, Anfibolito e “stockwork” de diques de Carbonatito. É esboçado a diferença de competência entre as duas rochas encaixantes presentes na foto, sendo que o anfibolito contém um volume maior de veios de Carbonatito intrudidos neste, enquanto o Fenito demonstra poucas intrusões.....	14
Figura 5.2.1.3. - São apresentadas duas séries de classificação de rochas. A série de classificação mineralógica de rochas Foscoríticas simplificada de Yegorov (1993), e a série de classificação química de rochas Carbonatíticas, modificada de Woolley & Kempe (1989).....	15
Figura 5.2.1.4.- Foto esquemática demonstrando afloramento composto por quase todas as litologias presentes na área, com exceção do Anfibolito e o Calcicocarbonatito, mas é possível ver a complexa relação de contato desenvolvida entre o Fenito, Magnesiocarbonatito, Nelsonito e Pseudo-nelsonito durante seu processo de evolução.....	17
Figura - 5.2.2.1. Foto demonstrando a etapa de descrição petrográfica das lâminas delgadas dos sete litotipos de rocha no laboratório de microscopia do IESA da UFG. .	18
Figura 5.2.2.1.1.1. – Foto da seção 531855 em microscópio de luz transmitida (aumento 2.5x) demonstrando a grande volume de flogopita devido ao intenso processo de fenitização das rocha encaixantes.....	20

Figura 5.2.1.3. - São apresentadas duas séries de classificação de rochas. A série de classificação mineralógica de rochas Foscoríticas simplificada de Yegorov (1993), e a série de classificação química de rochas Carbonatíticas, modificada de Woolley & Kempe (1989).....	15
Figura 5.2.1.4.- Foto esquemática demonstrando afloramento composto por quase todas as litologias presentes na área, com exceção do Anfibolito e o Calciocarbonatito, mas é possível ver a complexa relação de contato desenvolvida entre o Fenito, Magnesiocarbonatito, Nelsonito e Pseudo-nelsonito durante seu processo de evolução.	17
Figura - 5.2.2.1. Foto demonstrando a etapa de descrição petrográfica das lâminas delgadas dos sete litotipos de rocha no laboratório de microscopia do IESA da UFG. .	18
Figura 5.2.2.1.1.1. – Foto da seção 531855 em microscópio de luz transmitida (aumento 2.5x) demonstrando a grande volume de flogopita devido ao intenso processo de fenitização das rocha encaixantes.....	20
Figura 5.2.2.1.1.2. – Foto da seção 535449 em microscópio de luz transmitida (aumento 4.0x) demonstrando os de cristais de clorita como produto de alteração supergena da flogopita presente neste litotipo, onde se destacam núcleos de cristais de flogopita com as bordas de alteração compostas por clorita.....	20
Figura 5.2.2.1.2.1. – Foto da seção 535472 em microscópio de luz transmitida (aumento 2.5x) onde é possível reconhecer o bandamento composto por bandas quartzo-feldspáticas e banda flogopíticas e/ou cloríticas, que está associado a Sn neoproterozoica reconhecida no mapeamento em porções em que esta encontra-se preservada “in situ”, em núcleos onde o processo de fenitização foi menos intenso. Também é esboçado uma micro falha dextral que cruza a toda a estrutura deslocando o bandamento composicional (Sn).....	21
Figura 5.2.2.2.1.1. – Foto seção 535450 em microscópio de luz transmitida (aumento 4.0x) demonstrando os de cristais de Flogopita, Actinolita, Feldspato, Clorita e um único cristal de Titanita.	23
Figura 5.2.2.3.1.1. – Diagrama ternário de classificação mineralógica da Série Carbonatítica, demonstrando a classificação das quatro seções de calciocarbonatito analisadas em laboratório.	24
Figura 5.2.2.3.1.1.1. – Foto da seção 535446 em microscópio de luz transmitida (aumento 10x) demonstrando os de cristais de calcita, flogopita, e pirocloro.....	25
Figura 1Figura 5.2.2.3.1.1.2. – A) Foto da seção 531854 em microscópio de luz refletida (aumento 5x) demonstrando os de cristais de magnetita e sulfetos (Calcopirita). B) Foto da seção 531854 em microscópio de luz refletida (aumento 5x) demonstrando os de cristais tabulares de calcopirita.....	26
Figura 5.2.2.3.1.1.3. – Foto da seção 531861 em microscópio de luz transmitida (aumento 4x) demonstrando os cristais de calcita, flogopita, opacos (magnetita e sulfetos) e uma acumulação pontual de cristais de pirocloro no calciocarbonatito.....	26
Figura 5.2.2.3.2.1. – Diagrama ternário de classificação mineralógica da Série Carbonatítica, demonstrando a classificação das quatro seções de magnesiocarbonatito analisadas em laboratório.	27

Figura 5.2.2.3.3.1. – Foto da seção 535468 em microscópio de luz transmitida (aumento 20x) demonstrando os cristais de dolomita e flogopita, onde é esboçado a clivagem romboédrica desenvolvida pelos carbonatos.	28
Figura 5.2.2.3.3.2. – Foto da seção 535468 em microscópio de luz transmitida (aumento 10x) demonstrando os de cristais de dolomita, flogopita e opacos.	28
Figura 5.2.2.3.3.3. – Foto da seção 535468 em microscópio de luz transmitida (aumento 20x) demonstrando a matriz de dolomita com cristais de euedrais à subedrais de pirocloro disseminados.....	29
Figura 5.2.2.3.3.4. – A) Foto da seção 535462 em microscópio de luz refletida (aumento 5x) demonstrando os de cristais de tabulares de calcopirita. B) Foto da seção 535462 em microscópio de luz refletida (aumento 5x) demonstrando os de cristais tabular res de calcopirita. B) Foto da seção 535462 em microscópio de luz refletida (aumento 5x) demonstrando os de cristais tabulares de pirita.....	29
Figura 5.2.2.4.1. – Diagrama ternário de classificação da Série Foscorítica (olivina x apatita magnetita), demonstrando a classificação das duas seções de nelsonito analisadas em laboratório.	30
Figura 5.2.2.4.1.1. – Foto da seção 273557A em microscópio de luz transmitida (aumento 2.5x) demonstrando a matriz apatítica envolto a flogopita, pirocloro e minerais opacos (magnetita). É visível a concentração de cristais de pirocloro e sua forte relação com a magnetita.	31
Figura 2Figura 5.2.2.4.1.2. – Foto da seção 535460 em microscópio de luz transmitida (aumento 2.5x) demonstrando a matriz apatítica envolto a flogopita, carbonato, pirocloro e minerais opacos (magnetita). É visível a concentração de de fenocristais de pirocloro e sua forte relação com a magnetita.	31
Figura 5.2.2.4.1.3. – A) Foto da seção 535460 em microscópio de luz transmitida (aumento 4x) demonstrando a matriz composta por apatita envolto a flogopita, magnetita e fenocristais de pirocloro. B) Foto da seção 273557A em microscópio de luz refletida (aumento 5x) demonstrando os cristais de magnetita..	32
Figura 5.2.2.5.1. – Diagrama ternário de classificação da Série Foscorítica (olivina x apatita magnetita), demonstrando a classificação das quatro seções de nelsonito analisadas em laboratório.	33
Figura 3Figura 5.2.2.5.1.1. – Foto da seção 535458 em microscópio de luz transmitida (aumento 2.5x) demonstrando a matriz composta tanto por carbonato quanto por magnetita associada a sulfetos.Fenocristais de flogopita são visíveis tanto quanto a grande concentração de cristais de pirocloro associados principalmente a magnetita e os sulfetos.	34

Figura 5.2.2.5.1.1. – Tanto a foto A (aumento 2.5x) quanto a foto B (aumento 2.5x) são da seção 273557B em microscópio de luz transmitida demonstram o grande volume de pirocloro na seção de pseudo nelsonito analisada. Geralmente o pirocloro ocorre associado principalmente a magnetita e os sulfetos. A foto C (aumento 20x) também da seção 273557B em microscópio de luz transmitida demonstra dois cristais euedrais de pirocloro associado a matriz carbonática. A foto D (aumento 2.5x) da seção 531856 em microscópio de luz transmitida demonstra a relação dos cristais de pirocloro com a magnetita, os sulfetos, a flogopita e a matriz carbonática.	34
Figura 5.2.2.5.1.2. – Ambas as fotos A e B são da seção 531856 em microscópio de luz refletida (aumento 2.5x) demonstrando a relação entre os cristais de magnetita e os sulfetos (calcopirita).	35
Figura 5.2.2.6.1.1. – Foto da seção 535456 em microscópio de luz transmitida (aumento 2.5x) demonstrando a matriz composta por cristais de olivina (forsterita) com flogopita intersticial.	36
Figura 5.2.2.6.1.2. – Foto da seção 531860 em microscópio de luz transmitida (aumento 4x) demonstrando uma flogopita de origem magmática com borda de alteração metassomática. Também é esboçado a alteração das flogopitas metassomáticas em tetra-ferriflogopita.	37
Figura 5.4.2.4. – Estereograma de frequência dos polos da foliação Sn reconhecida na área (projeção no hemisfério inferior).	41
Figura 5.4.2.2. – Mapa estrutural da área mapeada com o estereograma de frequência dos polos da foliação Sn, esboçando a variação da orientação e mergulho da Sn ao longo do corpo de rocha fresca.	42
Figura 5.4.2.3. – Estereograma tridimensional esboçando a variação da orientação e mergulho da foliação Sn, em verde claro, azul claro, rosa claro e amarelo claro são representados os quatro medidas de Sn escolhidos no estereograma de frequência dos polos do Foliação Sn citado acima para a elaboração desta imagem.	43
Figura 5.4.3.6. – Estereograma de frequência dos polos das quatro famílias de fraturas (F1, F2, F3 e F4) reconhecida na área (projeção no hemisfério inferior).	44
Figura 5.4.3.8.1. – Estereograma de frequência dos polos da família de fratura F1 reconhecida na área (projeção no hemisfério inferior).	45
Figura 5.4.3.2.1. – Estereograma de frequência dos polos da família de fratura F2 reconhecida na área (projeção no hemisfério inferior).	46
Figura 5.4.3.2.2. – Estereograma tridimensional esboçando a relação de orientação e mergulho desenvolvida pela foliação Sn (amarelo) e a família de fratura F2(cinza), onde ambas estão aproximadamente orientadas de NW/SE, mergulhando subparalelo para para SW, a plotagem de dados para confecção do estereograma foi realizada com os valores da orientação preferencial adquiridos nos estereogramas de frequência dos polos da Sn e F2.	47

Figura 5.4.3.2.3. – Seção esquemática demonstrando o maior espaçamento os planos de fraturas da família F2 devido ao deslocamento natural desenvolvido segundo aos planos de foliação que são paralelos a subparalelos aos planos de F2.....	47
Figura 5.4.3.3.1. – Estereograma de frequência dos polos da família de fratura F3 reconhecida na área (projeção no hemisfério inferior).	48
Figura 5.4.3.4.1. – Estereograma de frequência dos polos da família de fratura F4 reconhecida na área (projeção no hemisfério inferior).	49
Figura 5.4.3.5.1. - Estereograma tridimensional demonstrando as orientações e mergulhos de todas das quatro famílias de fraturas que representam o padrão de fraturamento da área mapeada. Em cinza são esboçadas os planos de fraturas das Famílias F1 e F2 e em azul os planos de fraturas das famílias F3 e F4. Foram usadas as orientações preferências fornecidas pelos estereograma de frequência dos polos de cada família de fratura para a geração desta imagem.	50
Figura 5.4.3.5.2. – Foto de afloramento demonstrando o padrão de fraturamento da área, englobando as quatro famílias de fraturas (F1, F2, F3 e F4) reconhecidas durante o trabalho.	51
Figura 5.4.3.5.3. – Bloco tridimensional demonstrando o padrão de fraturamento desenvolvido pelas quatro famílias de fraturas F1, F2, F3 e F4, e suas relações com a foliação Sn. São esboçados os estereogramas de frequência dos polos das cinco estruturas utilizadas na confecção desta imagem.	52
Figura 5.4.4.1.1. – Estereograma de frequência dos polos dos diques de calcicarbonatito e magnesiocarbonatito reconhecidos na área (projeção no hemisfério inferior).	54
Figura 5.4.4.1.2. – Seção esquemática demonstrando a intrusão dos carbonatitos em diversas orientações e mergulhos conforme mostrado no estereograma de frequência dos polos dos diques de carbonatito. Também é esboçado a gênese do pseudonelsonito que são derivados durante os processos finais de cristalização do magnesiocarbonatito por segregação magmática.	55
Figura 5.4.4.1.3. – Foto de afloramento demonstrando o comportamento irregular dos diques de Cálcio-carbonatito, com dois diques com orientações aproximadas e mergulhos para SW, mas um dos diques mergulha sub-vertical com um ângulo de 85° e o outro mergulha com um ângulo de 20°	56
Figura 5.4.4.1.4. – Foto de afloramento demonstrando o comportamento irregular dos diques de calcicarbonatito e a complexidade para definir uma ordem temporal para as intrusões.	57
Figura 5.4.4.2.1. – Estereograma de frequência dos polos dos diques e soleiras de Nelsonito reconhecidos na área (projeção no hemisfério inferior).	59
Figura 5.4.4.2.2. – Foto de afloramento demonstrando o comportamento irregular de uma soleira de nelsonito englobando um xenólito de magnesiocarbonatito.	59

- Figura 5.4.4.3.1. – Estereograma de frequência dos polos dos discos de Pseudo-nelsonito reconhecidos na área (projeção no hemisfério inferior).60
- Figura 5.4.4.3.2. – Seção esquemática demonstrando a intrusão dos diques e soleiras de nelsonito quando em contato com um corpo anfíbolítico, o que interrompe a ascensão do nelsonito e proporciona a formação de soleiras, que estão orientados preferencialmente paralelos à subparalelos a orientação preferencial da família de fratura F2 segundo o estereograma de frequências dos polos do nelsonito e F2, e mergulhando para SW, o que proporciona maior espaçamento para formação de diques e soleiras em escala métrica de tamanho, pois estão encaixados segundo os planos de deslocamento da foliação Sn. Também é possível visualizar a intrusão dos diques de pseudo-nelsonito com orientação preferencial paralela a subparalela a orientação preferencial da família de fratura F1 como consta nos estereogramas de frequências dos polos dos diques de pseudo-nelsonito e de família de fratura F1. É esboçado pontos de acumulação do magma pseudo-nelsonítico em barreiras de densidade como Anfíbolitos e a derivação deste do magma magnesiocarbonatítico.61
- Figura 5.4.4.3.3. – Foto de afloramento demonstrando a relação entre diques e soleiras de Nelsonito, diques de Pseudo-nelsonito e Cálcio-carbonatito esboçadas na seção esquemática a cima (Figura 5.4.4.3.2.). É visível a diferente morfologia dos corpos de Nelsonito e Pseudo-nelsonito e também a derivação de um dique de Pseudo-nelsonito de um dique de Cálcio-carbonatito e os pontos de acumulação de magma como mostra a foto digitalizada.62
- Figura 5.4.4.4.1. – Estereograma de frequência dos polos dos discos de Picrito reconhecidos na área (projeção no hemisfério inferior).....63
- Figura 5.4.4.4.2. – Seção esquemática demonstrando a intrusão dos diques picrito orientados paralelos à subparalelos da família de fratura F2, como consta nos estereogramas de frequências dos polos dos diques de Picrito e da família de fratura F2. Cabe salientar que a espessura em escala métrica dos diques de Picrito são proporcionadas pelo deslocamento da foliação Sn que ocorre com a mesma orientação dos diques e da família de fratura F2.64
- Figura 5.4.4.4.3. – Foto de afloramento demonstrando a relação entre um dique de Picrito encaixado exatamente no contato de um corpo carbonatítico e um corpo fenítico, o que mostra a contínua abertura das famílias de fraturas F1 e F2 durante a evolução do complexo de catalão II.65
- Figura 5.4.5.1. - Estereograma tridimensional demonstrando as orientações preferenciais segundo o estereograma de frequência dos polos de cada uma das quatro litologias intrusivas da área mapeada. Em azul claro são apresentados os Carbonatitos, em roxo o Nelsonito, em vermelho o Pseudo-nelsonito e em verde claro o Picrito. 66

Figura 5.4.5.2. – O bloco esquemático tridimensional demonstra as relações de contato entre os litotipos da área mapeada, segundo as famílias de fraturas principais que servem como condutos para as intrusões assim como a morfologia irregular das rochas alcalinas e do Picrito que é menos irregular que as demais. Em amarelo é representado o Fento, em rosa o Anfibolito, em Azul escuro são representados os dois Carbonatitos (calcioarbonatito e magnesioarbonatito), em roxo o Nelsonito, em vermelho o Pseudonelsonito e em verde o Picrito.	67
Figura 5.4.5.3. – Foto de afloramento demonstrando a relação de contato e as orientações preferenciais de quase todos os litotipos presentes na área. A foto serve como modelo para o entendimento do bloco diagrama tridimensional ilustrado a cima (Figura 5.4.5.2.).	69
Figura 5.5.1.1.1. – Foto demonstrando grande volume de magnetita atraída por “caneta imã” utilizada no trabalho.	71
Figura 5.5.2.1. – É demonstrado o Susceptibilímetro Magnético KT-10 utilizado no método.	71
Figura 5.5.2.2. – É demonstrado o Susceptibilímetro Magnético KT-10 sendo operado na varredura do topo de um dos afloramentos da área de trabalho.	72
Figura 5.5.3.1. – Mapa demonstrando a localização (Talude 1, Talude 2, Talude 3 e Talude 4), onde foram realizadas as leituras de susceptibilidade magnética apresentadas neste capítulo.	73
Figura 5.5.3.1.1. – É esboçado o perfil magnético do Talude 1 com as litologias presentes em cada intervalo.	75
Figura 5.5.3.1.2. – É esboçada a localização da soleira de nelsonito em mapa, suas relações de contato com o pseudonelsonito, magnesioarbonatito, picrito e fenito, o grande volume de magnetita presente no nelsonito na foto da seção 273557A e a resposta magnética deste bloco no perfil.	75
Figura 5.5.3.1.3. – É esboçada a localização de um “stockwork” de diques de pseudonelsonito, nelsonito e calcioarbonatito intrudidos em um bloco de fenito. Também é apresentado o grande volume de magnetita nos diques de pseudonelsonito como mostra a foto da seção 273557A e sua resposta magnética no perfil magnético do talude 1.	76
Figura 5.5.3.2.1. – É esboçado o perfil magnético do Talude 2 com as litologias presentes em cada intervalo.	76
Figura 5.5.3.2.2. – É esboçada a localização de uma soleira de nelsonito englobando um xenólito de magnesioarbonatito e apresentando a resposta magnética conforme o grande volume de magnetita presente neste litotipo como visto na foto da seção 273557A.	77
Figura 5.5.3.3.1. – É esboçado o perfil magnético do Talude 3 com as litologias presentes em cada intervalo.	77

Figura 5.5.3.4.1. – É esboçado o perfil magnético do Talude 4 com as litologias presentes em cada intervalo.	78
Figura 6.1.1.1. – Demonstra a relação do corte de abertura dos taludes na porção leste da mina, com orientação subparalela ao deslocamento da foliação Sn.	81

Índice de Tabelas

Tabela 5.2.2.1.1. – Tabela de composição mineralógica modal (%) das quatro seções delgadas de fenito analisadas.....	19
Tabela 5.2.2.1.1. – Tabela de composição mineralógica modal (%) das quatro seções delgadas de fenito analisadas	19
Tabela 5.2.2.3.1.1. - Tabela de composição mineralógica modal (%) das quatro seções delgadas de calciocarbonatito analisadas.	24
Tabela 5.2.2.3.2.1. - Tabela de composição mineralógica modal (%) das três seções delgadas de magnesiocarbonatito analisadas.	27
Tabela 5.2.2.5.1. - Tabela de composição mineralógica modal (%) das quatro seções delgadas de pseudonelsonito analisadas.	32
Tabela 5.2.2.6.1. - Tabela de composição mineralógica modal (%) das duas seções delgadas de flogopita-picrito analisadas.	36
Tabela 5.5.3.1.1. – São apresentados os valores médios de mínimo, máximo e a média destes utilizada na confecção do perfil magnético do talude 1.	74
Tabela 5.5.3.2.1. – São apresentados os valores médios de mínimo, máximo e a média destes utilizada na confecção do perfil magnético do talude 2.	75
Tabela 5.5.3.3.1. - São apresentados os valores médios de mínimo, máximo e a média destes utilizada na confecção do perfil magnético do talude 3.	77
Tabela 5.5.3.4.1. - São apresentados os valores médios de mínimo, máximo e a média destes utilizada na confecção do perfil magnético do talude 3.....	78

1. INTRODUÇÃO

Inserido no contexto da disciplina denominada “Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)”, a presente Monografia apresenta os resultados dos trabalhos realizados pelo aluno João Eduardo Fochi Ramires, R.A. 213000803, sob as orientações dos Prof. Dr. Norberto Morales do Departamento de Petrologia e Metalogenia (DPM) da Unesp e Prof. Dr. José Affonso Brod do Instituto de Estudos Sócio Ambientais (IESA) da Universidade Federal de Goiânia, visando contribuir no conhecimento da mineralização de Pirocloro na Mina de Boa Vista.

A mina de Boa Vista localiza-se no município de Catalão, na porção sudeste do estado de Goiás e representa atualmente, aproximadamente de 7,0 à 8,0% da produção mundial de Nióbio, exercendo importante papel na economia do estado de Goiás e do Brasil.

A atividade mineira na mina de Boa Vista foi iniciada com a lavra de minério oxidado em solo. A alta susceptibilidade das rochas dos complexos de Catalão I e II ao intemperismo químico desenvolveu espessos horizontes de solo, proporcionando quase 40 anos de lavra deste material. Entretanto, em virtude do contínuo avanço da cava e da alteração diferencial desenvolvida nas unidades litológicas presentes na mina, espessos blocos de rocha sã (rocha fresca) passaram a aflorar em meio aos horizontes de solo, predominantemente no talude leste da mina.

Com a certeza da futura escassez do minério oxidado, lavrado no perfil de alteração, a Anglo American Nióbio Brasil Ltda vem desenvolvendo um projeto denominado “Projeto Rocha Fresca”, com o intuito de detalhar o conhecimento do futuro material a ser lavrado. A importância deste mapeamento de detalhe da “Rocha Fresca” aflorante no talude leste da mina, está exatamente no aumento do conhecimento da mineralização em rocha fresca (até então não explorada na mina), contribuindo assim para o desenvolvimento de novas técnicas de caracterização do controle mineralógico nas frentes de lavra, para otimização da operação de extração do minério e aumento da vida útil da mina. Foi desenvolvido pelo aluno na forma de seu trabalho de conclusão do curso de Geologia da Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas – Campus de Rio Claro, SP.

2. OBJETIVOS

O principal objetivo deste trabalho é o mapeamento geológico-estrutural da área da mina inserida no projeto rocha fresca, na escala de detalhe 1:500. O objetivo será alcançado a partir de trabalhos de campo, de laboratório e de escritório buscando a caracterização estrutural, petrográfica e magnética dos taludes mapeados, com o intuito de otimizar as perspectivas de lavra do futuro minério em rocha fresca.

3. MÉTODO E ETAPAS DA PESQUISA

Etapa 1 - Levantamento Bibliográfico – Abril a Julho/2014:

A pesquisa bibliográfica foi realizada com a leitura de artigos publicados em periódicos, dissertações de mestrado e teses de doutorado, livros, relatórios técnicos, relatórios internos da empresa, mapas geológicos regionais e locais, e dados de levantamentos geofísicos previamente realizados na área. (Vide Capítulo Revisão Bibliográfica). As bases de dados utilizadas foram o portal de periódicos da Capes, as bibliotecas da Unesp, da UNB e repositórios acadêmicos da internet.

Etapa 2 - Trabalho de Campo

O trabalho de campo envolveu mapeamento de detalhe em escala 1:100, e teve como objetivo a identificação das litologias, a realização de medidas estruturais, além da determinação da susceptibilidade magnética das rochas nos taludes mapeados. A integração dos dados levantados foi realizada na escala 1:500 tendo em vista a apresentação dos mesmos em relatórios e nesta monografia.

Etapa 3 - Descrição de Lâminas Petrográficas

Foram confeccionadas 24 lâminas delgadas a partir de amostras retiradas de furos de sondagem existentes na área de estudo. A análise petrográfica do material coletada foi feita pelo aluno João Eduardo Fochi Ramires nos laboratórios de microscopia da Unesp-Rio Claro e do IESA/UFG.

Etapa 4 - Integração de Dados e Elaboração do Relatório Final

Os dados obtidos durante o trabalho de campo e durante os estudos petrográficos foram integrados com os dados existentes na literatura, mapas regionais e locais, dados geofísicos e de furos de sondagem.

3.1. FLUXOGRAMA



Figura 3.1.1. - Fluxograma demonstrando as etapas de trabalho desenvolvidas para a confecção desta monografia.

4. REVISÕES

Nas regiões sudeste de Goiás e noroeste de Minas Gerais está situada a Província Alcalina do Alto Paranaíba (APIP, Gibson *et al.*, 1995), composta por rochas alcalinas do Cretáceo Superior, instaladas em terrenos pré-cambrianos da Faixa Brasília. A APIP tem grande importância no contexto de províncias minerais do Brasil, com ambientes favoráveis à mineralização de diamante em kimberlitos e aluviões, e de nióbio, fosfato, titânio, vermiculita, terras raras e barita, entre outros, associados a complexos alcalino-carbonatíticos (Palmieri, 2011), tendo como exemplos Araxá, Salitre, Tapira, Serra Negra e Catalão I e II.

4.1. GEOLOGIA REGIONAL

A Província Estrutural do Tocantins (*Almeida et al 1977*) (Figura 4.1.1) compreende todos os terrenos situados entre os Crátons Amazônico e o do São Francisco. Situada na porção oriental desta província, a Faixa Brasília limita-se a leste com o Cráton do São Francisco, a sul com a Faixa Alto Rio Grande, a sudoeste é recoberta pelas rochas sedimentares da Bacia do Paraná e a oeste limita-se com o Maciço de Goiás. Geocronologicamente, a Faixa Brasília registra os eventos colisionais de dois Crátons (São Francisco e Amazônico) e do fragmento cratônico do Rio De La Plata, ultimo evento tectônico do Neoproterozóico na região (*Fonseca et al., 1995*).

As rochas alcalinas da APIP intrudem rochas metassedimentares neoproterozoicas da Faixa de Dobramento Brasília durante o Cretáceo Superior, em uma faixa de orientação NW (Arco do Alto Paranaíba), entre a borda sudoeste do Cráton do São Francisco e a borda noroeste da Bacia do Paraná (Figura 4.1.2.). Esta província se estende por 25.000 km² e consiste principalmente em lavas e *plugs* kamafugíticos, com diatremas kimberlíticos subordinados e complexos alcalino-carbonatíticos plutônicos. A intensa atividade magmática que gerou a província é resultante ao impacto da pluma mantélica de trindade, sob a litosfera continental do Brasil central em 90 Ma, o que ocasionou a fusão parcial do manto litosférico metassomatizado sobrejacente e a volumosa produção de magmas ultrapotássicos (*Gibson et al., 1995; Thompson et al., 1998*).

Os complexos alcalino-carbonatítico-foscoríticos da APIP tem caráter ultrapotássico e afinidade kamafugítica (*Brod et al., 2000; 2004*), e são cogenéticos com os numeroso *plugs* kamafugíticos que ocorrem na província, bem como com as lavas e piroclásticas kamafugíticas do Grupo Mata da Corda (*Leonardos et al., 1991; Sgarbi & Gaspar, 2002; Sgarbi et al., 2004; Araújo et al., 2001*).

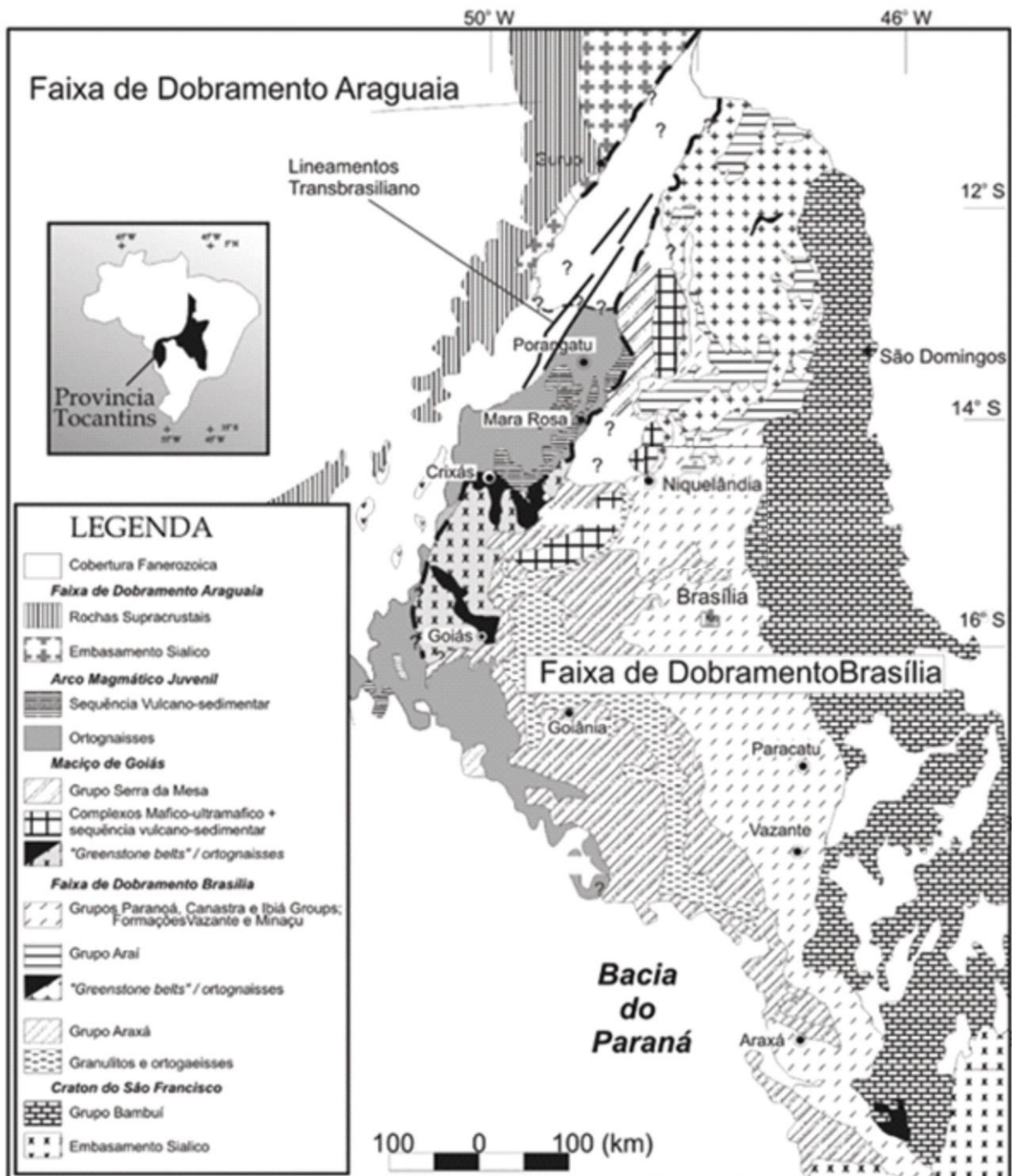


Figura 4.1.1. - Mapa Geológico da Província Tocantins (modificado de Pimentel et al., 2001)

A porção sudeste do estado de Goiás é composta por rochas pré-cambrianas do Grupo Araxá, com predominância de micaxistos de granulação grossa a fina, filitos intercalados com delgados leitos e lentes de quartzitos e raros anfíbolitos (Barbosa et al., 1970). A xistosidade regional tem direção NW-SE mergulhando para SW, sendo que nas adjacências de Catalão I, estas rochas encontram-se arqueadas pela intrusão em estrutura dômica.

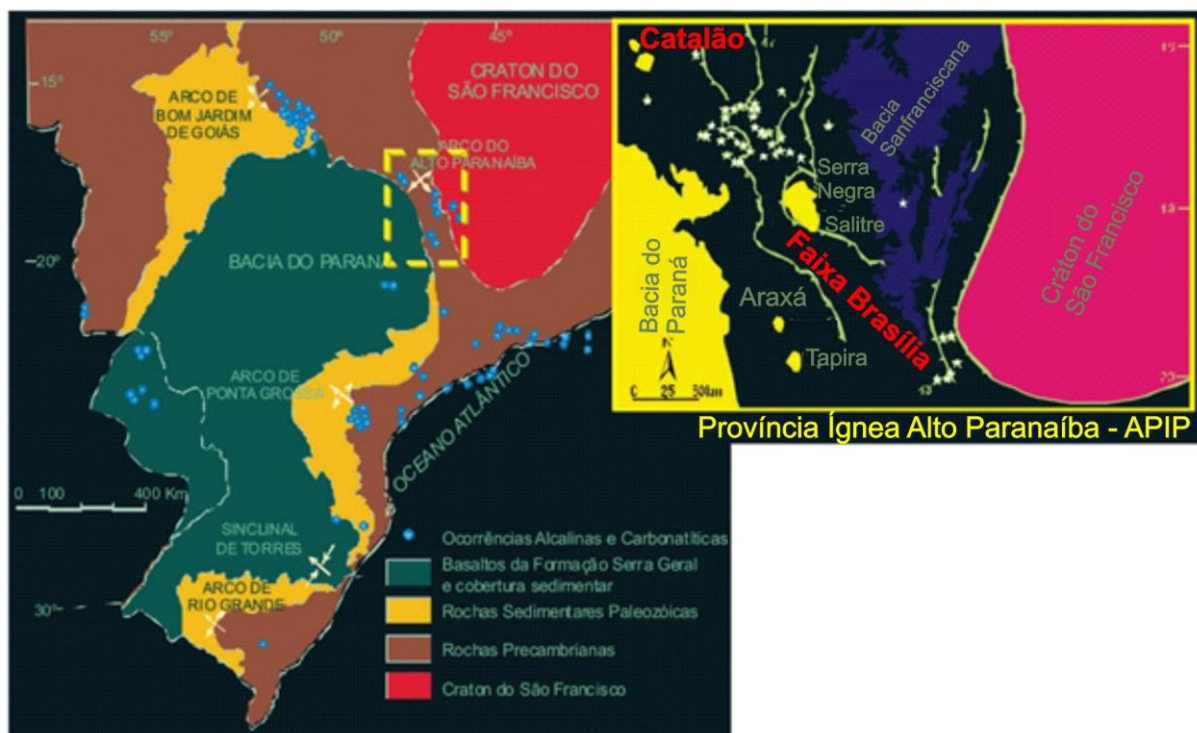


Figura 4.1.2. - Localização dos complexos alcalinos de Catalão I e Catalão II pertencentes à Província Ígnea do Alto Paranaíba. Modificado de Gibson et al., (1995).

Os Complexos de Catalão I e II contêm uma grande variedade de mineralizações, incluindo nióbio, fosfato, terras raras, vermiculita, titânio e barita (Carvalho, 1974a; 1974b; Carvalho & Araújo, 1974; Carvalho & Bressan, 1981; 1997; Baecker, 1983; Gierth et al., 1985; Gierth & Baecker, 1986; Machado Junior, 1991; Fava, 2001; Brod et al., 2004; Ribeiro et al., 2005b; Ribeiro, 2008; Palmieri et al., 2006; Grasso et al., 2006; Palmieri, 2011), apresentando potencial também para outros bens minerais como cobre, urânio, tório e magnetita.

A mineração de Nióbio foi iniciada no Complexo de Catalão I em meados de 1976, passando posteriormente para a mina de Boa Vista no Complexo de Catalão II, a qual atualmente é operada pelo grupo Anglo American Nióbio Brasil Ltda, e representa de 7 à 8% da produção mundial de Nióbio. A Mina Boa Vista é o local onde foi realizado este trabalho de conclusão de curso.

A Figura 4.1.3. mostra o mapa geológico regional.

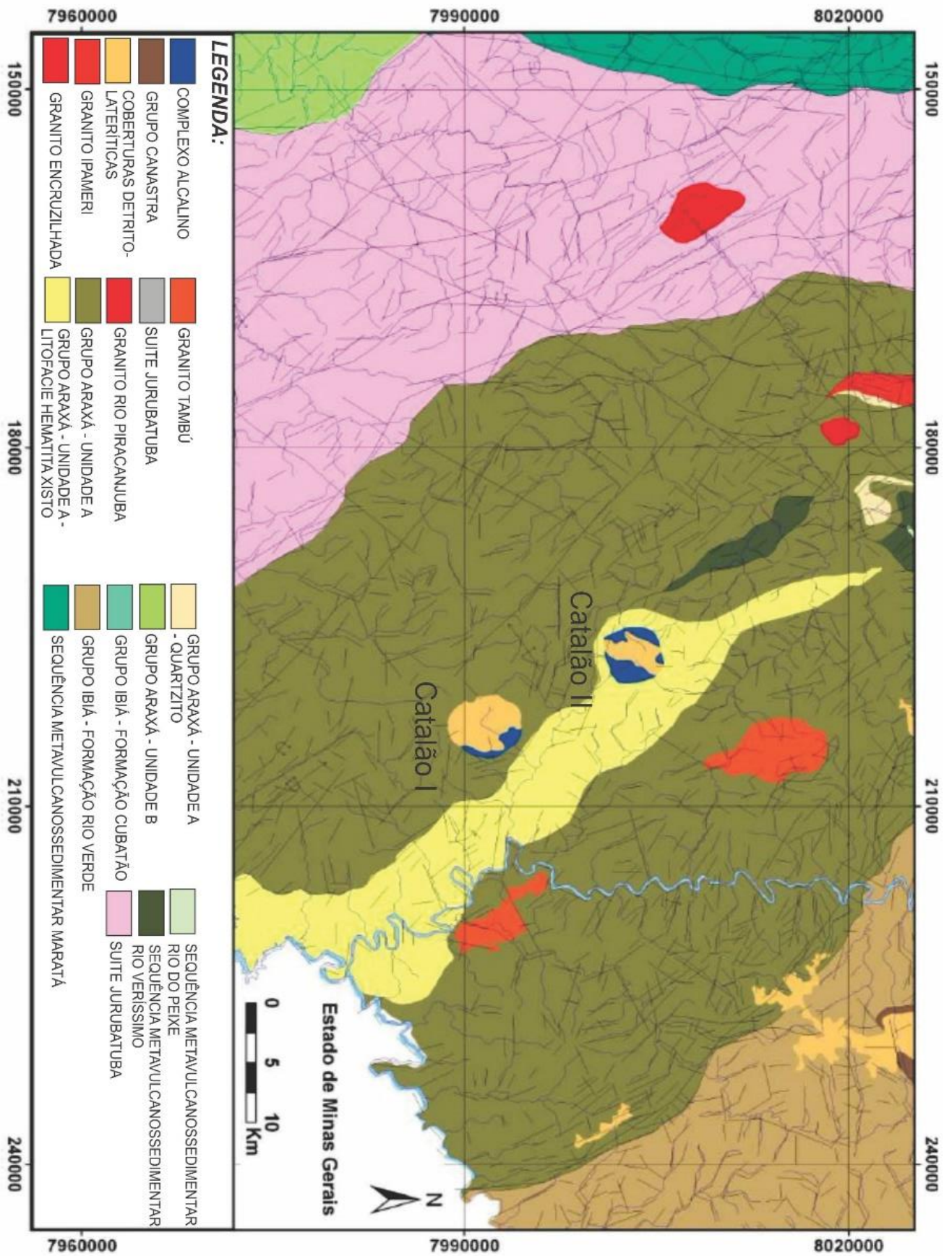


Figura 4.1.3. - Mapa Geológico da região de Catalão, apresentando a localização dos complexos alcalinos de Catalão I e II. Adaptado de Oliveira et al. (2004).

4.1.1. GEOMORFOLOGIA

A geomorfologia da região é marcada por planalto profundamente dissecado, dominado por rochas metassedimentares e metavulcânicas proterozoicas da Faixa Brasília (Grupo Araxá), com dois tipos principais de relevo: 1) relevo suavemente ondulado em micaxistos de granulação grossa, onde destacam-se elevações alongadas de quartzitos alinhadas segundo NW-SE. 2) relevo acidentado, apresentando vales profundos, sobre filitos e sericita-xistos finos que ocorre a NE dos complexos alcalinos. As drenagens regionais obedecem padrão dendrítico, mas no interior dos complexos desenvolve-se padrões de drenagem específicos. O complexo de Catalão I é delimitado por um anel de rochas mais resistentes ao intemperismo, o que levou à formação de um padrão de drenagem radial-anelar típico. Ao contrário de Catalão I, o Complexo Alcalino de Catalão II, com forma elíptica, eixo NW de aproximadamente 4,5 km e eixo NE de aproximadamente 2,5 km, não apresenta auréola de rochas resistentes à ação intempérica. Como resultado, Catalão II tem uma expressão topográfica menos conspícua e desenvolveu uma bacia de drenagem para SSW, com consequente erosão parcial da cobertura de solo. Não obstante, um perfil de intemperismo substancial, com cerca de 80 m de espessura, está ainda preservado sobre o complexo (Palmieri et al., 2011).

4.1.2. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA

A mina de Boa Vista se localiza-se na folha SE23-Y-A-I, cerca de 20 km a NNE da cidade de Catalão (Figura 4.1.2.1.), no sudeste do estado de Goiás, próximo à divisa com estado de Minas Gerais, na bacia hidrográfica do Rio Paranaíba. O acesso à mina se dá a partir de Brasília pela rodovia BR-050, asfaltada, que passa às margens da cidade de Catalão e liga as cidades de São Paulo (720 km) e Brasília (305 km), (Palmieri et al., 2011).

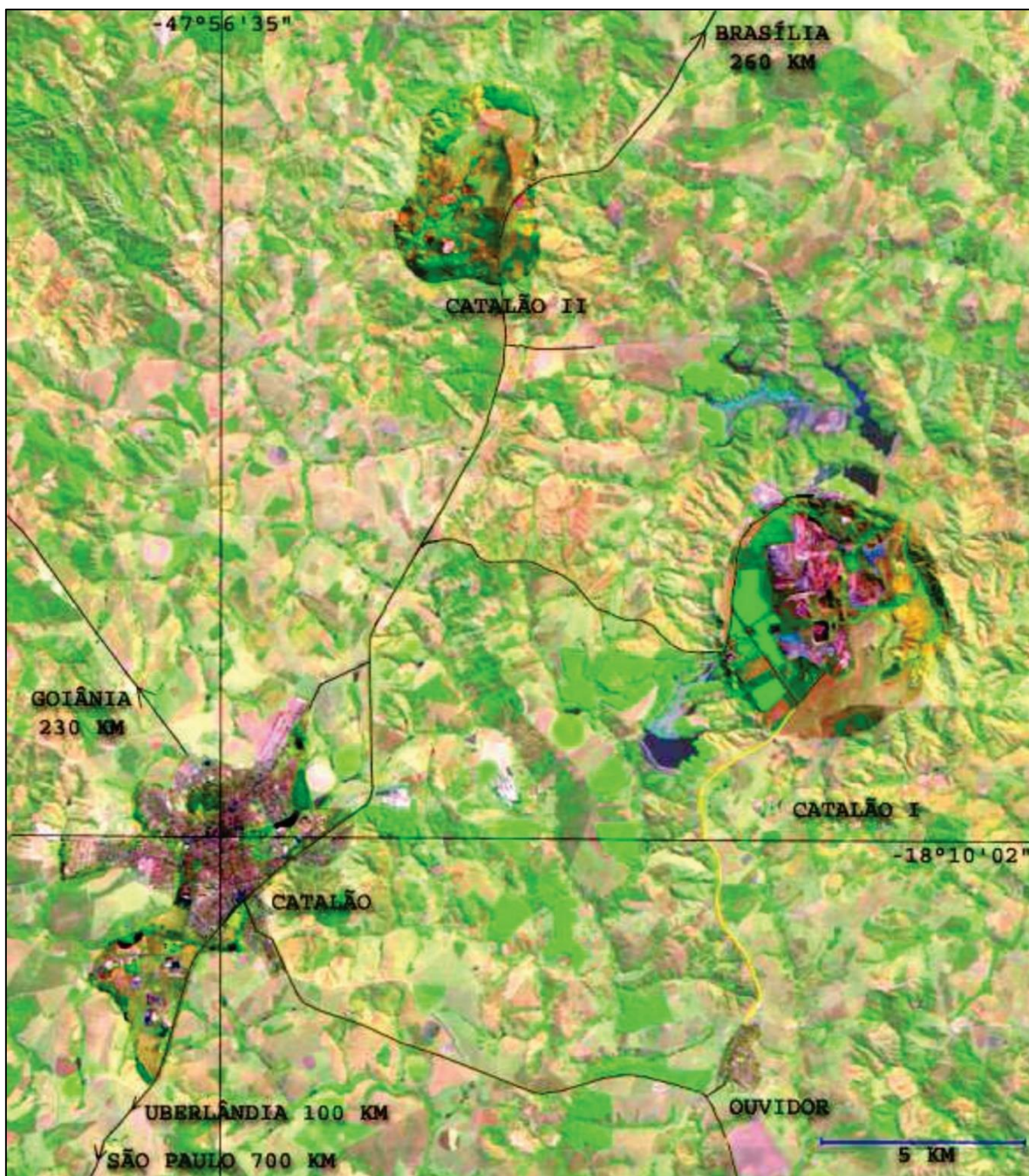


Figura 4.1.2.1. - Composição colorida de imagem de satélite mostrando a localização das cidades de Catalão e Ouvidor e dos complexos Alcalinos de Catalão I e Catalão II, segundo Palmieri et al. (2011).

5. RESULTADOS

Os seguinte capítulo envolve os resultados levantados durante o mapeamento geológico-estrutural e escaneamento magnético dos taludes mapeados, mais os dados petrográficos que foram coletados no laboratório de microscopia.

5.1. GEOLOGIA LOCAL

A mina de Boa Vista situa-se na porção sudoeste do Complexo de Catalão II (Figura 5.1.1.), e consiste de nelsonitos e carbonatitos encaixados em quartzitos, filitos, xistos, e *boudins* de anfibolitos. As rochas encaixantes foram fenitizadas durante a intrusão.

De maneira similar a outros complexos alcalinos da APIP (Santos & Clayton, 1995; Brod et al., 2001; 2004; Ribeiro et al., 2001; 2005a), Catalão II pode ser considerado uma câmara magmática rasa, com múltiplas fases de evolução. Nos complexos da APIP o magma primitivo, de afinidade kamafugítica (Brod et al., 2000; Barbosa, 2009; Ribeiro, 2008; Grasso, 2010), evoluiu por meio de complexas combinações de cristalização fracionada, imiscibilidade de líquidos, segregação magmática, desgaseificação e metassomatismo, o que proporcionou uma ampla variedade de litologias e mineralizações. Devido à alta susceptibilidade das rochas alcalinas ao intemperismo químico em clima tropical, desenvolveram-se espessos horizontes de solo nos complexos carbonatíticos da APIP.

A mina se localiza na porção sudoeste do complexo de catalão II e compreende uma área de aproximadamente 854,321 m de extensão por 849,933 m laterais (medidas realizadas no Arc Gis), em consequência do avanço da cava desde o início da atividade mineira na área, atualmente o “pit” apresenta aproximadamente 300,00 m de profundidade.

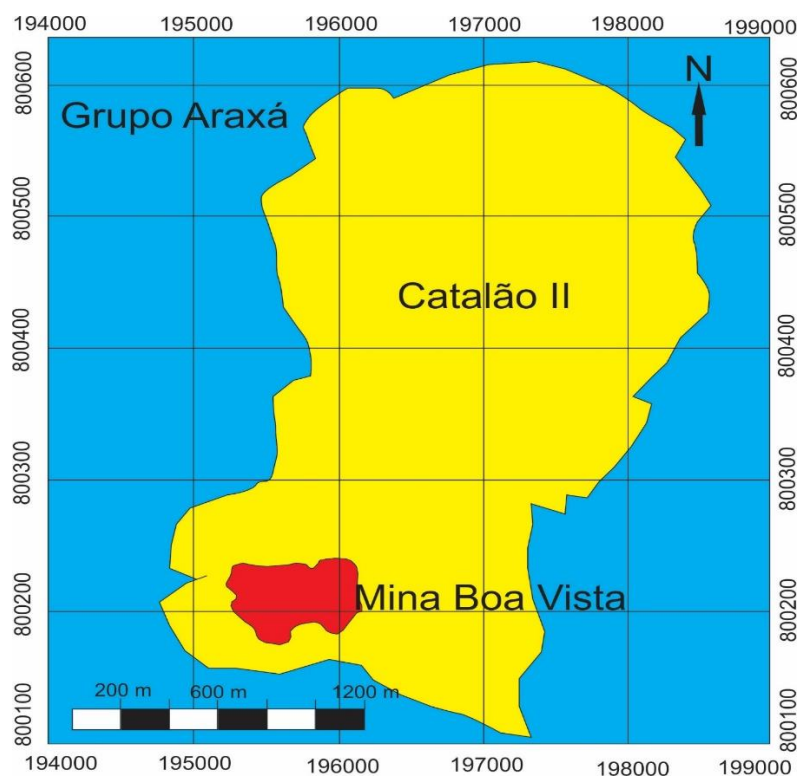


Figura 5.1.1. - Mapa esquemático de localização apresentando o complexo de Catalão II e a localização da mina de Boa Vista dentro do complexo.

O maior bloco aflorante de “rocha fresca” (Figura 5.1.2.) está situado no talude leste da mina e toma uma área de aproximadamente 14.300,00 m², seguido de dois blocos menores (450,00 m² e 380,00 m²) que afloram a sul do bloco principal. Este padrão de intemperismo diferencial desenvolvido por cada litotipo que compõe a geologia da mina resulta no “layout” atual desta, visto que preferencialmente o manto de intemperismo é mais espesso na porção sudoeste da mina, devido a predominância de blocos carbonatíticos que sustentam “stockworks” de espessos diques picríticos que apresentam alta susceptibilidade ao intemperismo químico. Entre tanto mais de 60% da rocha fresca aflorante no talude leste da mina, é composto por blocos de fenitos e raros anfibolitos, onde ambos sustentam “stockworks” de nelsonitos, carbonatitos e picritos de espessuras que vão da escala centimétrica a métrica.



Figura 5.1.2. - Fotografia aérea demonstrando a localização do Complexo Alcalino de Catalão II, a localização da Mina de Boa Vista dentro do Complexo, e a localização da área de mapeamento (Rocha Fresca) dentro da Mina.

5.2. PETROGRAFIA

Foram reconhecidas sete rochas no talude leste onde aflora a rocha fresca. Duas destas; o fenito (filitos, xistos e quartzitos) e o anfibolito representam os metassedimentos e metavulcânicas pertencentes ao contexto do Grupo Araxá, de idade Neoproterozoica. Tais litotipos são as rochas encaixantes que sustentam as intrusões dos pulsos alcalinos e ultramáficos durante o Cretáceo Superior .

As rochas alcalinas são relacionadas a três séries de rochas distintas; a Série Carbonatítica que é representada pelo calciocarbonatito, o magnesiocarbonatito, o ferrocronatito e o pseudonelsonito, a Série Foscorítica que é representada pelo nelsonito, e a Série Kamafugítica, representada na mina pelo flogopita-picrito.

5.2.1. Descrição Macroscópica

Dentro da área de mapeamento afloram duas unidades litológicas pré-cambrianas: uma composta por rochas metassedimentares (quartzitos, xistos e filitos fenitizados pelas intrusões, que não apresentam diferenças visíveis em escala de afloramento ou amostra de mão) e rochas metabásicas (anfibolitos que também encontram-se fenitizados pelas intrusões), ambas inseridas no contexto do Grupo Araxá. Entre tanto para manter a consistência com a nomenclatura utilizada na operação da mina, as rochas metassedimentares são denominadas fenitos e as rochas metabásicas mesmo que fenitizadas, são denominadas anfibolitos. Fato que estas são as rochas encaixantes das consecutivas intrusões dos magmas alcalinos e ultramáficos cretácios. As rochas encaixantes podem ser hospedeiras dos diques alcalinos ou constituir xenólitos no interior destes. Estão metassomatizadas em intensidade variável devido principalmente à intensa emissão de gases produzidos pela desgaseificação dos magmas alcalinos durante os pulsos intrusivos. A Figura 5.2.1.1. abaixo mostra a área de mapeamento da rocha fresca aflorante no talude leste da mina de Boa Vista.



Figura 5.2.1.1. - Foto esquemática demonstrando a rocha fresca (área de mapeamento) aflorante no talude leste da mina de Boa Vista.

5.2.1.1. Fenito (Fen)

Rocha de cor cinza, granulação fina, com textura inequigranular, afanítica a fanerítica, estrutura foliada cortada por “stockworks” de carbonatito, nelsonito, pseudonelsonito e flogopita-picrito. As intrusões alcalinas metassomatizam as encaixantes (quartzitos, xistos e filitos), geralmente nas bordas de espessos diques de nelsonito, pseudonelsonito, calciocarbonatito e magnesiocarbonatito, modificando a textura primária e dificultando em alguns afloramentos reconhecer a foliação (Sn) primária dos metassedimentos do Grupo Araxá. Entretanto, o maior volume de diques de todas as litológicas alcalinas apresenta espessura centimétrica, o que preserva núcleos nas rochas encaixantes onde o processo de fenitização foi menos intenso, assim possibilitando o reconhecimento da foliação (Sn) “in situ”.

O Fenito é composto mineralogicamente por feldspato, quartzo, flogopita, carbonato e clorita e representa 50% da área mapeada, com a foliação (Sn) de direção geral NW/SE mergulhando para SW.

5.2.1.2. Anfibolito (Anf)

Apresenta coloração preta e granulação fina, textura inequigranular, afanítica, granonematoblástica, estrutura maciça a foliada, quando preservada e contida em núcleos onde o processo de fenitização foi menos intenso. Representa 10% da área mapeada.

Apresenta composição básica, dominada por plagioclásio, hornblenda, actinolita, flogopita e minerais acessórios como epidoto, titanita, clorita e quartzo.

A figura 5.2.1.2. abaixo demonstra as relações de contato do Fenito e Anfibolito, e suas intrusivas.

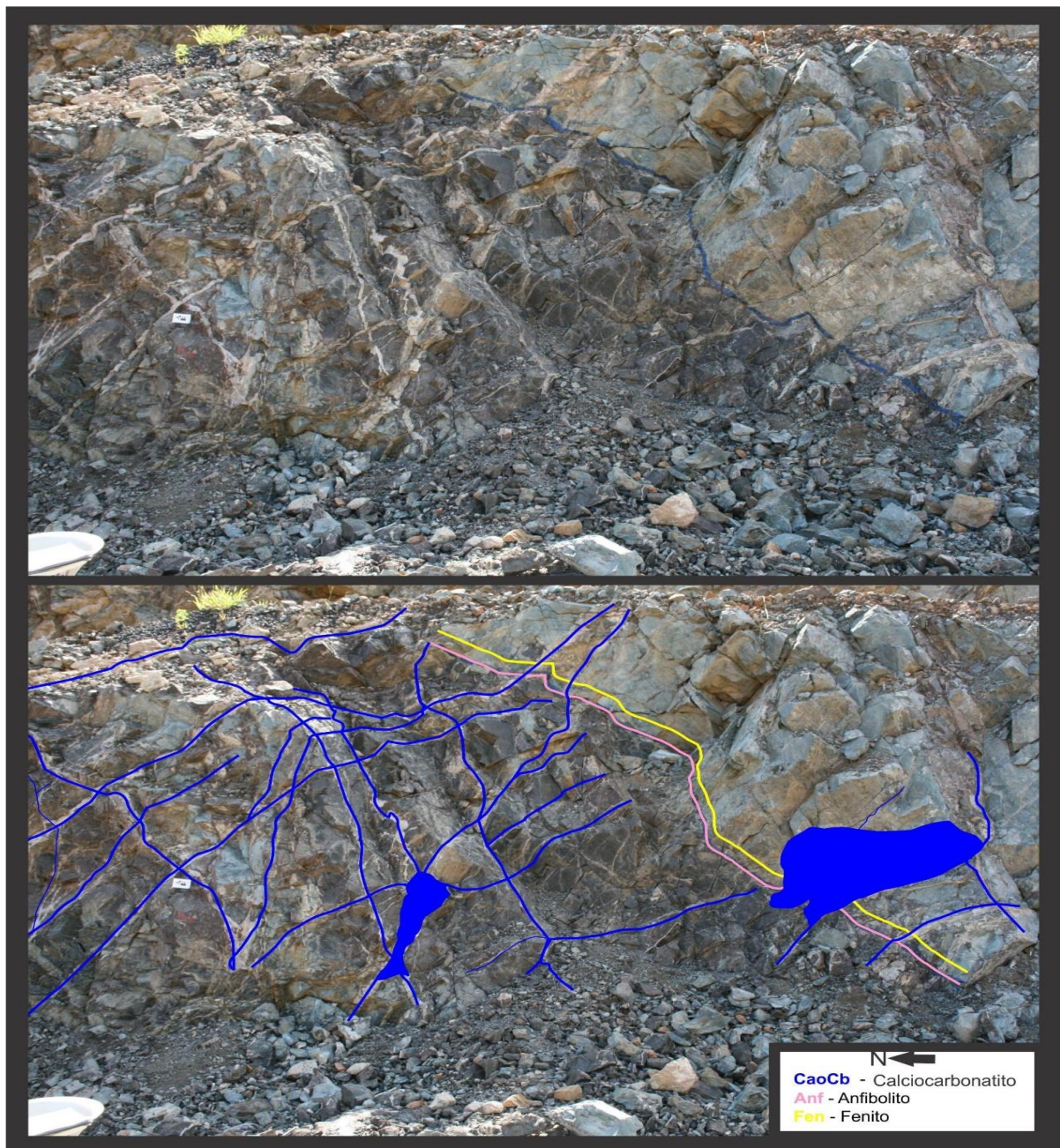


Figura 5.2.1.2.- Foto esquemática demonstrando afloramento composto por Fenito, Anfibolito e “stockwork” de diques de Carbonatito. É esboçado a diferença de competência entre as duas rochas encaixantes presentes na foto, sendo que o anfibolito contém um volume maior de veios de Carbonatito intrudidos neste, enquanto o Fenito demonstra poucas intrusões.

Durante o evento magmático cretáceo três séries de rochas (Figura 5.2.1.3.) foram desenvolvidas na porção em que se encontra a mina e estão presentes na área mapeada. A série carbonatítica (calciocarbonatito, magnesiocarbonatito, ferrocarbonatito e pseudonelsonito) foscorítica (nelsonito) e kamafugítica (flogopita picrito), as quais interagem entre si de forma complexa durante sua evolução (Palmieri, 2011).

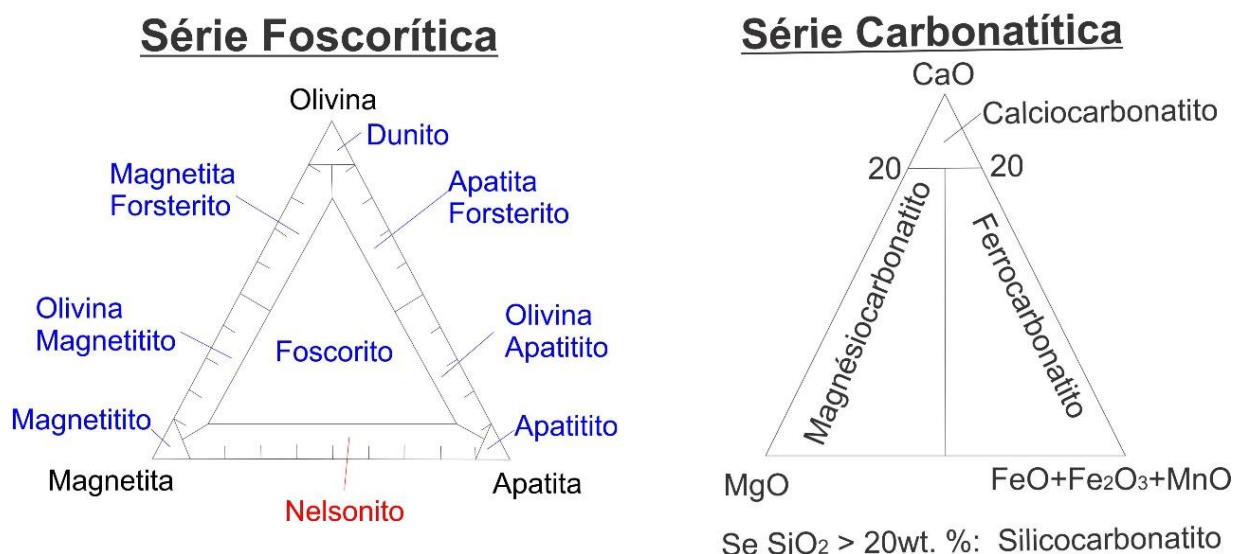


Figura 5.2.1.3. - São apresentadas duas séries de classificação de rochas. A série de classificação mineralógica de rochas Foscoríticas simplificada de Yegorov (1993), e a série de classificação química de rochas Carbonatíticas, modificada de Woolley & Kempe (1989).

5.2.1.1. Carbonatitos (CaoCb e MgCb)

O grupo dos carbonatitos representa 10% da área de trabalho. A partir de observações preliminares de campo em escala de afloramento e amostra de mão nota-se que há três gerações de carbonatitos:

(1) um calciocarbonatito branco acinzentado, relativamente puro, fino a muito grosso, textura inequigranular, afanítica a porfirítica, com fenocristais de calcita. É o carbonatito predominante na porção noroeste da área mapeada, intrude o fenito e o anfibolito, mas é intrudido pelo dique principal de nelsonito e por diques centimétricos de pseudonelsonito. Contém fragmentos de fenito, muitas vezes flogopitizados, de tamanhos variados. Mineralogicamente é composto por calcita, magnetita, flogopita e sulfetos;

(2) O magnesiocarbonatito apresenta granulação fina a muito grossa, com coloração bege a amarelado, ou esverdeado (maiores concentrações de monazita), textura inequigranular fanerítica a porfirítica. Mineralogicamente é composto por dolomita, magnetita, flogopita e monazita. Ocorre preferencialmente na porção sudoeste da área mapeada.

(3) o ferrocarbonatito ocorre em pequenos bolsões dentro dos outros dois tipos de carbonatito, sendo que na escala de mapeamento seu tamanho é irrelevante. Apresenta textura inequigranular, afanítica a fanerítica, coloração rosa a avermelhado, e é composto mineralogicamente por ankerita, magnetita, flogopita e/ou tetra-ferriflogopita.

5.2.1.1. Nelsonito (N1)

Rocha de granulação média a grossa, textura inequigranular, afanítica a fanerítica, apresenta feições tipo sal e pimenta devido à dispersão de cristais de magnetita em meio à matriz apatítica. Mineralogicamente é composta por apatita, magnetita, flogopita, carbonato e pirocloro. Ocorre predominantemente na forma de diques e/ou soleiras, representando 5% da área mapeada.

5.2.1.2. Pseudo-nelsonito (N2)

Rocha de coloração branca a preta, com textura inequigranular, porfirítica, ocorrendo desde a forma de agregados muito finos a cristais de granulação muito grossa. A matriz pode ser composta tanto por carbonato quanto por magnetita dependendo da concentração pontual desses dois minerais na amostra analisada. Mineralogicamente são compostos por magnetita, carbonato, flogopita, apatita, sulfetos e pirocloro. Ocorre na forma de diques centimétricos a métricos e representa 15% da área mapeada. Ocorre preferencialmente com orientação NW/SE mergulhando para NE.

5.2.1.3. Flogopita-picrito (Pi)

Rocha de cor verde, granulação fina a média, textura inequigranular afanítica a porfirítica, textura venular e presença de glóbulos de calcita. Fenocristais de olivina acumulados no centro dos diques marcam uma estrutura fluidal bandada. Mineralogicamente composta por olivina, flogopita, tetra-ferriflogopita, clorita, magnetita, perovskita, serpentina, apatita e diopsídio. Ocorre como diques e corta todas as rochas encaixantes e alcalinas na mina. Apresenta composição ultramáfica sendo caracterizada como o magma mais primitivo de Catalão II (Palmieri, 2011). Representa 5% da área mapeada e ocorre preferencialmente segundo o plano NW/SE mergulhando para SW.

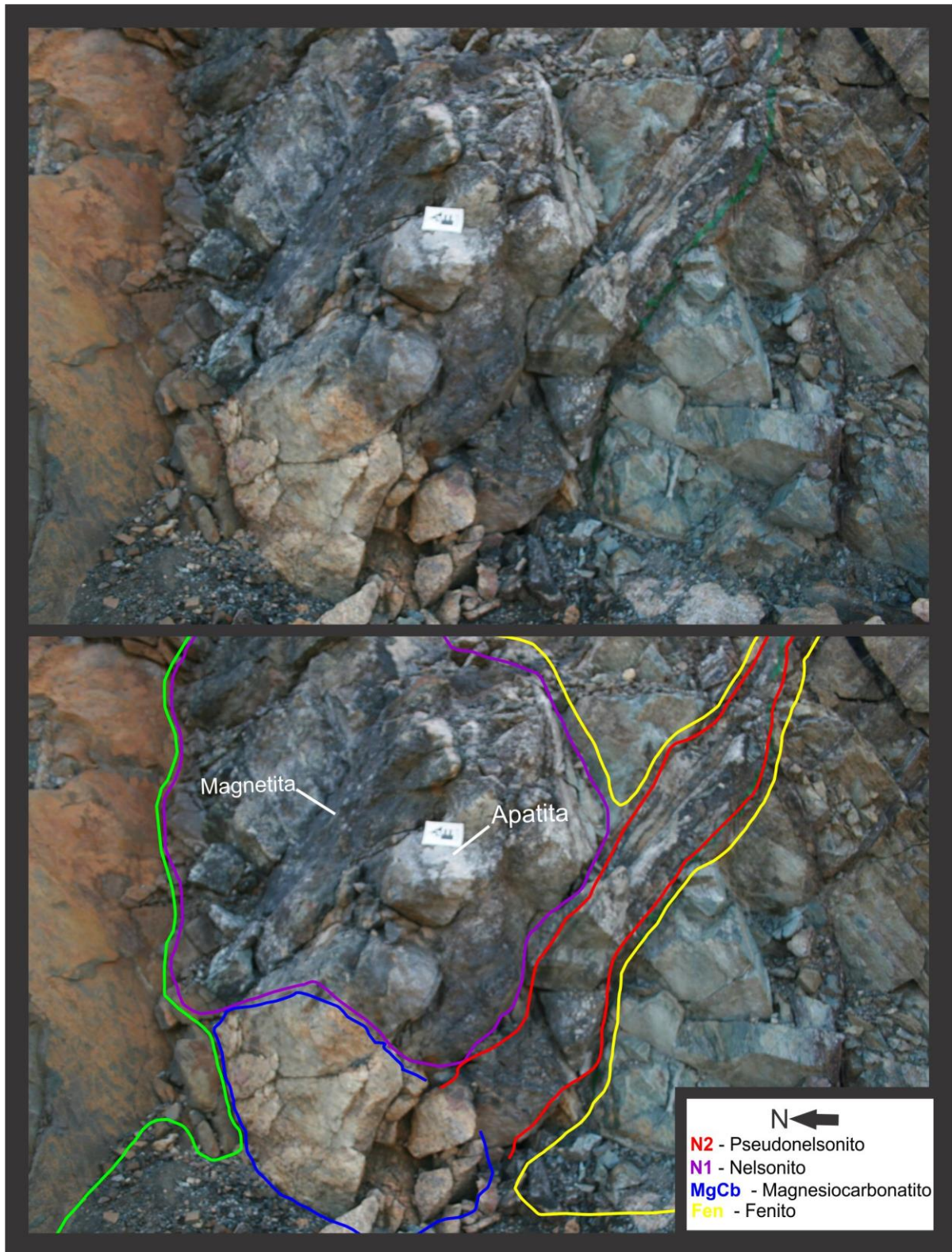


Figura 5.2.1.4.- Foto esquemática demonstrando afloramento composto por quase todas as litologias presentes na área, com exceção do Anfíbolito e o Calcicarbonatito, mas é possível ver a complexa relação de contato desenvolvida entre o Fenito, Magnesiocarbonatito, Nelsonito e Pseudo-nelsonito durante seu processo de evolução.

5.2.2. Descrição Microscópica

A etapa de descrição petrográfica consistiu na descrição de vinte e quatro lâminas delgadas em microscópio de luz transmitida e refletida (quando necessário), englobando as sete litologias definidas pelo mapeamento geológico-estrutural, registradas neste capítulo e na forma de fichas petrográficas (que seguem em anexo à esta monografia) geradas durante a etapa de descrição petrográfica nos laboratórios de microscopia da Unesp e do IESA/UFG (Figura 5.2.2.1.).

Quatro lâminas delgadas do fenito (seções: 531855, 535474, 535472 e 535449) foram analisadas e integradas na “Ficha Petrográfica 1 – Fenitos”.

Três lâminas delgadas do anfíbolito (seções: 535469, 535450 e 273559) foram analisadas e integradas na “Ficha Petrográfica 2 – Anfíbolitos”.

Quatro lâminas delgadas do calciocarbonatito (seções: 531861, 535457, 273555 e 535466) foram analisadas e integradas na “Ficha Petrográfica 3 – Calciocarbonatitos”.

Três lâminas delgadas do magnesiocarbonatito (seções: 273558, 535462 e 535468) foram analisadas e integradas na “Ficha Petrográfica 4 – Magnesiocarbonatitos”.

Duas lâminas delgadas do nelsonito (seções: 273557A e 535460) foram analisadas e integradas na “Ficha Petrográfica 5 – Nelsonitos”.

Quatro lâminas delgadas do pseudonelsonito (seções: 535461, 531856, 273557B e 535458) foram analisadas e integradas na “Ficha Petrográfica 6 – Pseudonelsonitos”.

Duas lâminas delgadas do picrito (seções: 531860 e 535456) foram analisadas e integradas na “Ficha Petrográfica 7 – Picritos”.



Figura - 5.2.2.1. Foto demonstrando a etapa de descrição petrográfica das lâminas delgadas dos sete litotipos de rocha no laboratório de microscopia do IESA da UFG.

Abaixo segue a descrição petrográfica das sete unidades litológicas discriminadas no mapeamento geológico-estrutural da rocha fresca aflorante no talude leste da mina como proposto acima:

5.2.2.1. Fenito (Fen)

Lâminas: 531855, 535474, 535472 e 535449

Segundo as quatro seções analisadas, a textura é inequigranular, porfiroclástica, sendo a matriz composta por feldspato, quartzo, flogopita e/ou clorita, e traços de minerais opacos como segue a tabela 5.2.2.1.1. que demonstra a composição mineralógica em porcentagem modal das quatro seções de fenitos analisadas. Em algumas das seções há também ocorrência de carbonatos intersticiais.

Composição Mineralógica Modal (%)				
SEÇÃO:	531855	535474	535472	535449
Carbonato	10%	5%	traço	2%
Flogopita	78%	50%	10%	13%
Clorita		10%	50%	40%
Feldspato	7%	20%	25%	20%
Quartzo	5%	15%	15%	15%
Opacos	traço	traço	traço	traço
TOTAL:	100%	100%	100%	100%

Tabela 5.2.2.1.1. – Tabela de composição mineralógica modal (%) das quatro seções delgadas de fenito analisadas.

5.2.2.1.1. Descrição dos Minerais

O feldspato (Fsp) ocorre na forma de cristais anedrais a subedrais, de granulação muito fina a média, birrefringência cinza claro a cinza escuro, preferencialmente na forma de bandas ou bolsões associado ao quartzo.

Os cristais de quartzo (Qtz) são anedrais, de granulação muito fina a média, coloração cinza claro, ocorrendo em bandas ou bolsões associado ao feldspato.

A flogopita (Phl, Figura 5.2.2.1.1.1.) ocorre na forma de cristais anedrais a euedrais, de granulação muito fina a muito grossa, coloração marrom claro a marrom escuro, representando o principal mineral cristalizado durante o processo de fenitização e geralmente ocorre associada a clorita que representa um produto de alteração supergena da flogopita (seção – 531855).

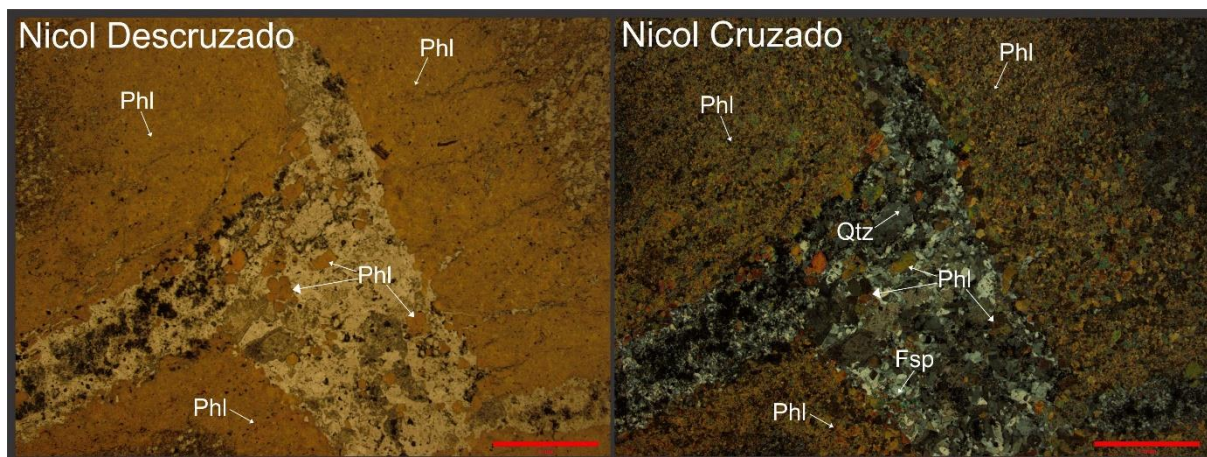


Figura 5.2.2.1.1.1. – Foto da seção 531855 em microscópio de luz transmitida (aumento 2.5x) demonstrando a grande volume de flogopita devido ao intenso processo de fenitização das rocha encaixantes.

Os cristais de clorita (Chl, como esboçada na Figura 5.2.2.1.1.2.) são anedrais a subedrais, de granulação muito fina a média, coloração verde claro a escuro, associada ou não a flogopita, e demonstrando ser produto de alteração supergena desta (seção - 535449).

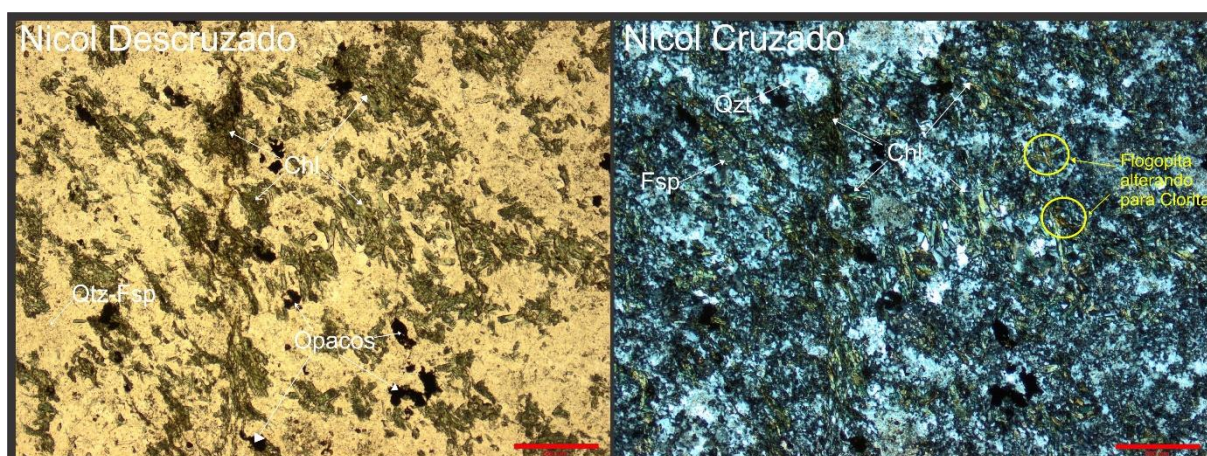


Figura 5.2.2.1.1.2. – Foto da seção 535449 em microscópio de luz transmitida (aumento 4.0x) demonstrando os de cristais de clorita como produto de alteração supergena da flogopita presente neste litotipo, onde se destacam núcleos de cristais de flogopita com as bordas de alteração compostas por clorita.

O carbonato (Cb) ocorre na forma de cristais anedrais a subedrais, de granulação fina a média, coloração branco, com os cristais disseminados ao longo dos interstícios dos grãos de feldspato, quartzo e flogopita.

Os minerais opacos ocorrem na forma de traço, disseminados ao longo da amostra.

5.2.2.1.2. Bandamento Composicional

É visível bandamento composicional com bandas compostas por quartzo e feldspato e bandas compostas por flogopita e/ou clorita (Figura 5.2.2.1.2.1., seção 535472). Tal

bandamento em escala de afloramento representa a foliação neoproterozóica, que foi reconhecida e definida como Sn no mapeamento geológico-estrutural. Cabe salientar que essa seção foi realizada em uma mostra de rocha retirada de um núcleo onde o processo de fenitização foi menos intenso, preservando assim a estrutura (bandamento). Esta interpretação é corroborada pelo fato de que a flogopita (mineral típico presente no processo de fenitização) representa apenas 10% da seção em composição modal, como demonstrado na tabela de composição modal em porcentagem dos fenitos acima.

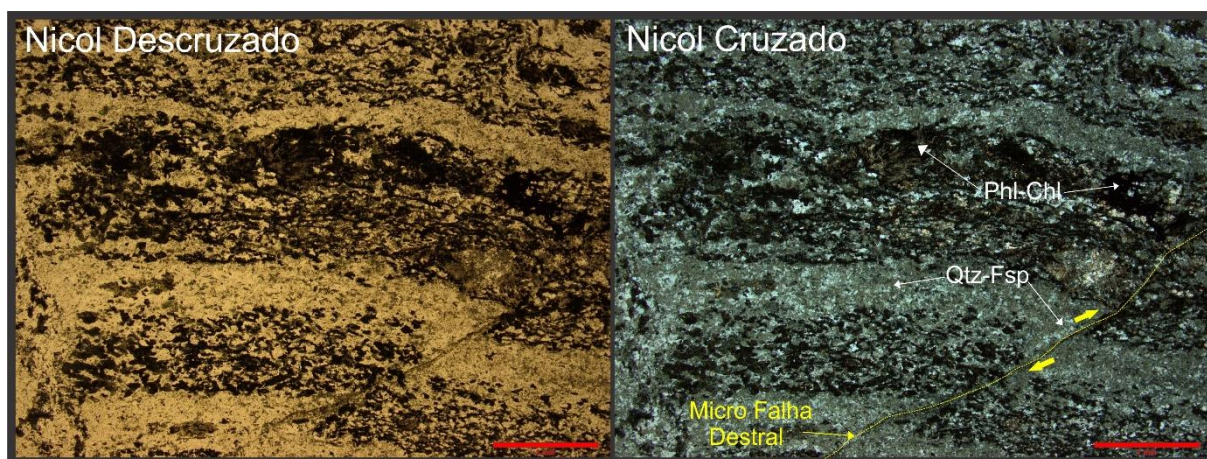


Figura 5.2.2.1.2.1. – Foto da seção 535472 em microscópio de luz transmitida (aumento 2.5x) onde é possível reconhecer o bandamento composto por bandas quartzo-feldspáticas e banda flogopíticas e/ou cloríticas, que está associado a Sn neoproterozóica reconhecida no mapeamento em porções em que esta encontra-se preservada “in situ”, em núcleos onde o processo de fenitização foi menos intenso. Também é esboçado uma micro falha destal que cruza a toda a estrutura deslocando o bandamento composicional (Sn).

5.2.2.2. Anfibolito (Anf)

Lâminas: 535469, 535450 e 273559

Segundo as três seções analisadas a textura é inequigranular, afanítica a fanerítica, anedral a subedral, apresenta cristais de granulometria muito fina à grossa. Como demonstra a tabela de porcentagem modal dos anfibolitos (Tabela 5.2.2.2.1.), tal litotipo é composto principalmente por plagioclásio, actinolita e flogopita, tendo como minerais acessórios hornblenda, titanita, epidoto e quartzo de granulação muito fina à grossa (Figura 5.2.2.2.1.1.).

Composição Mineralógica Modal (%)			
SEÇÃO:	535469	535450	273559
Actinolita	30%	40%	20%
Hornblenda	5%	6%	3%
Plagioclásio	59%	30%	34%
Titanita	1%		
Quartzo	5%	9%	5%
Epidoto	traço		
Clorita		15%	10%
Flogopita			28%
TOTAL:	100%	100%	100%

Tabela 5.2.2.2.1. – Tabela de composição mineralógica modal (%) das três seções delgadas de anfíbolito analisadas.

5.2.2.2.1. Descrição dos Minerais

A actinolita (Act) ocorre na forma de cristais anedrais a subedrais com hábito fibroso a prismático, de incolor a verde claro, ocorrendo em meio a matriz e associada ao plagioclásio e a flogopita.

Os cristais de flogopita (Phl) são euedrais a subedrais, de granulação muito fina a grossa, coloração marrom claro a vermelho escuro, geralmente associados ao plagioclásio e a actinolita, ou disseminados na amostra e representam o produto do processo de fenitização das rochas encaixantes.

O plagioclásio (Pl) ocorre na forma de cristais anedrais a euedrais, de coloração apresentam birrefringência cinza claro à cinza escuro, presente na matriz muito fina e em cristais de granulação média.

A clorita (Chl) apresenta cristais anedrais, de coloração verde clara a escura, na forma de cristais prismáticos disseminados ao longo da rocha, ou na forma de aglomerados em porções pontuais, geralmente associados à alteração da hornblenda.

A hornblenda (Hbl) é anedral a subedral, ocorrendo na forma de aglomerados de coloração verde escuro a marrom, de granulação média a grossa, geralmente associada a clorita, ou concentrada em núcleos pontuais.

Os cristais de titanita (Ttn) são subedrais a euedrais, de coloração amarelo claro e disseminados ao longo da seção.

Os cristais de quartzo (Qtz) são anedrais, apresentam birrefringência de cinza claro a cinza escuro e ocorrem disseminados ao longo da seção.

Os cristais de epidoto (Ep) são raros e ocorrem pontualmente em uma das seções como cristais anedrais a subedrais de coloração verde escura.

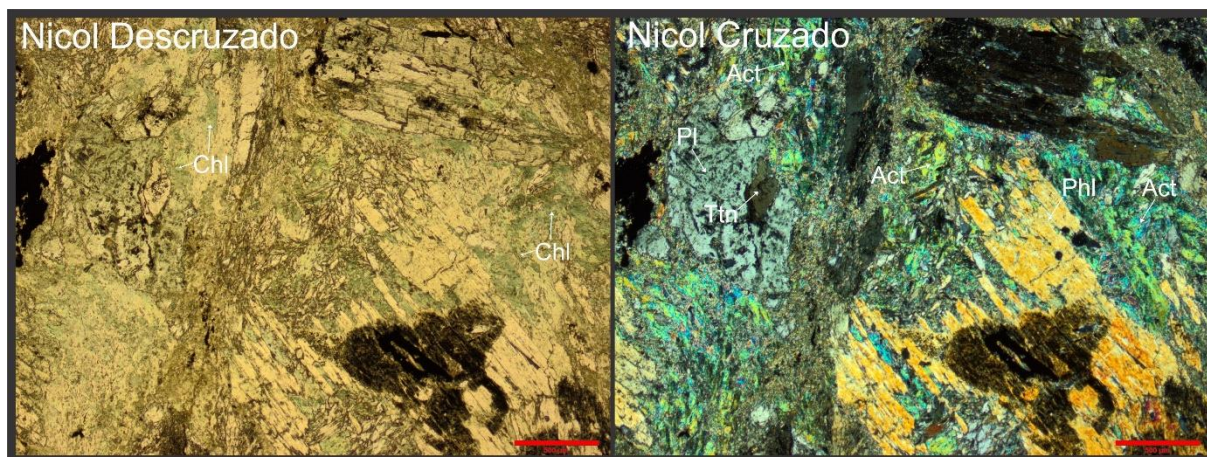


Figura 5.2.2.2.1.1. – Foto seção 535450 em microscópio de luz transmitida (aumento 4.0x) demonstrando os de cristais de Flogopita, Actinolita, Feldspato, Clorita e um único cristal de Titanita.

5.2.2.3. Carbonatitos (Cb)

Foram descritas seções de dois tipos de carbonatito, o calciocarbonatito e o magnesiocarbonatito. Não foram realizadas lâminas do ferrocarnatito visto que esse ocorre em pequenas frações dentro dos outros dois carbonatitos na área mapeada, sendo volumetricamente irrelevante na escala de mapeamento e na caracterização mineral.

5.2.2.3.1. Calciocarbonatito (CaoCb)

Lâminas: 531861, 535457, 273555 e 535466

Segundo as quatro seções analisadas a textura é inequigranular, afanítica a porfírica (Seção: 535457). A tabela 5.2.2.3.1.1. mostra a porcentagem modal das quatro seções de calciocarbonatito. Este litotipo é composto por fenocristais de carbonato em matriz muito fina a fina composta por flogopita, magnetita e carbonato. Sulfetos ocorrem na forma de veios com morfologia tabular que cruzam a matriz (seção: 531861) e demonstrando textura de desgaseificação.

Composição Mineralógica Modal (%)				
SEÇÃO:	531861	535457	273555	535466
Carbonato	81%	97%	87%	89%
Flogopita	1%	2%	10%	10%
Magnetita	3%	1%	3%	
Barita	traço			
Pirocloro	traço	traço	traço	1%
Sulfeto	15%			
Monazita	traço			
TOTAL:	100%	100%	100%	100%

Tabela 5.2.2.3.1.1. - Tabela de composição mineralógica modal (%) das quatro seções delgadas de calciocarbonatito analisadas.

Abaixo segue o diagrama ternário de classificação petrográfica da série carbonatítica, gerado com a composição mineralógica modal (%) das quatro seções de calciocarbonatito analisadas. CaO (calcita - calciocarbonatito), MgO (dolomita - magnesiocarbonatito) e FeO + Fe₂O₃ + MnO (ankerita - ferrocarbonatito).

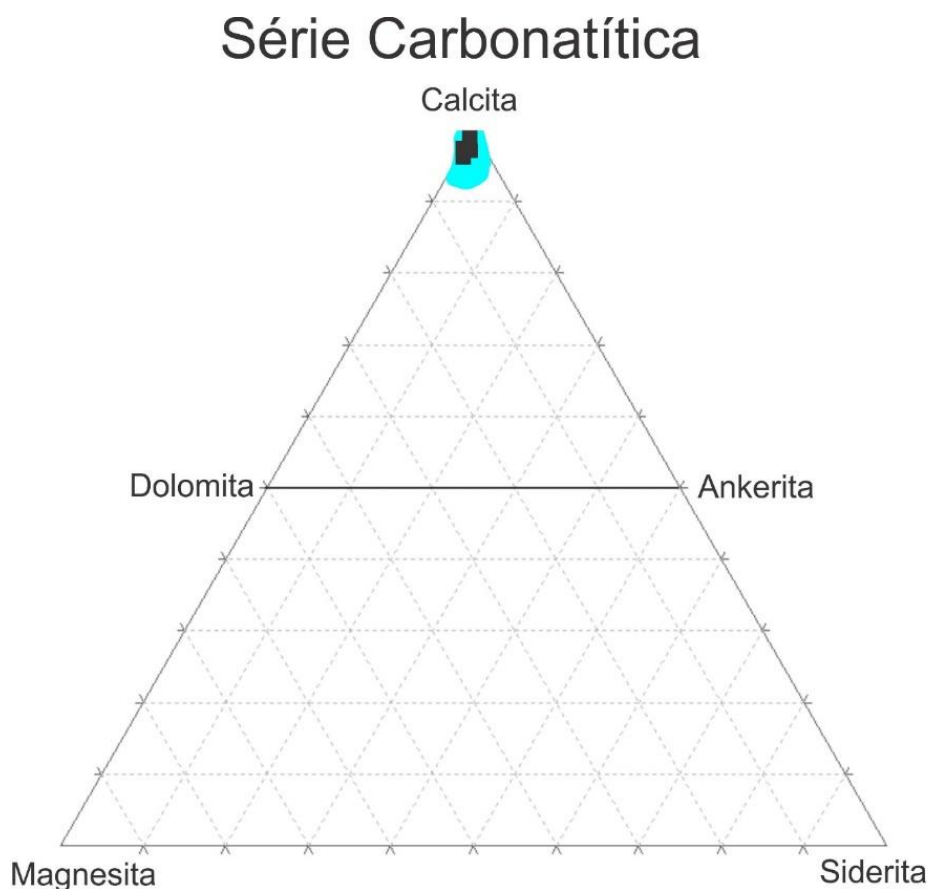


Figura 5.2.2.3.1.1. – Diagrama ternário de classificação mineralógica da Série Carbonatítica, demonstrando a classificação das quatro seções de calciocarbonatito analisadas em laboratório.

5.2.2.3.1.1. Descrição dos Minerais

A calcita (Cal) apresenta cristais eudrais a anedrais, textura inequigranular, fanerítica a porfírica com clivagem romboédrica visível (seção - 535457) e incolor. Entretanto quando em matriz muito fina a fina, ocorre na forma de agregados.

A flogopita (Phl) ocorre como cristais eudrais a subedrais, muito fina a fina, coloração alaranjado a avermelhado (Figura 5.2.2.3.1.1.1.).

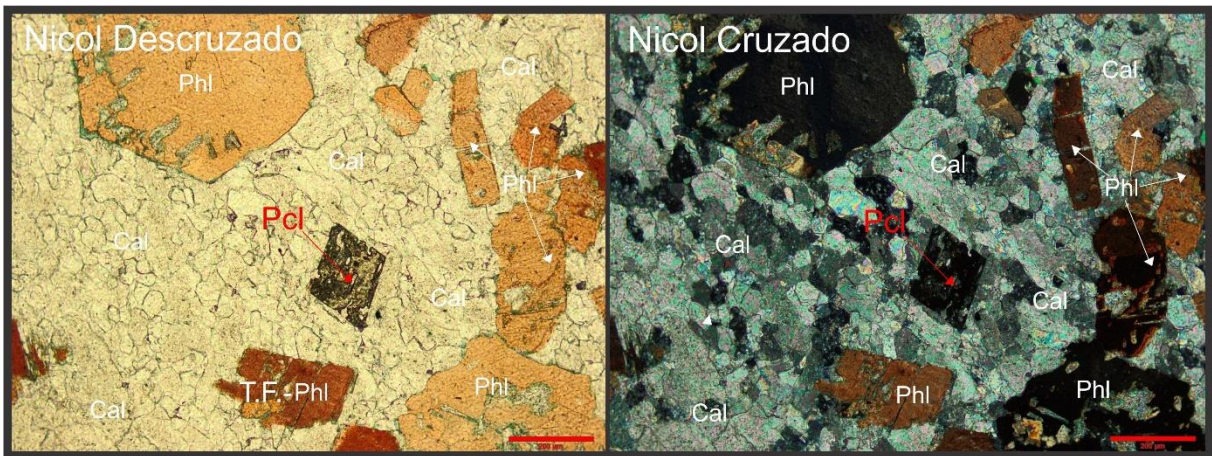


Figura 5.2.2.3.1.1.1. – Foto da seção 535446 em microscópio de luz transmitida (aumento 10x) demonstrando os de cristais de calcita, flogopita, e pirocloro.

A magnetita (Mag) em microscópio de luz refletida apresenta cristais subedrais a anedrais, de granulação muito fina e em concentrações pontuais, com coloração cinza claro e associada a flogopita, pirocloro e a própria calcita quando em matriz muito fina (Figura 5.2.2.3.1.1.2.).

Os sulfetos (Sulf) são predominantemente representados pela calcopirita (Ccp), que em microscópio de luz refletida são anedrais, tabulares e apresentam coloração amarelo intenso.

Os cristais de barita (Brt) apresentam cristais anedrais, de granulação muito fina a fina, com coloração amarelo claro.

A monazita (Mnz) ocorre na forma de agregados muito finos dentro de veios, e geralmente está associada a barita.

O pirocloro (Pcl) ocorre na forma de cristais eudrais a subedrais, trapezoidais e de coloração marrom claro a escuro.

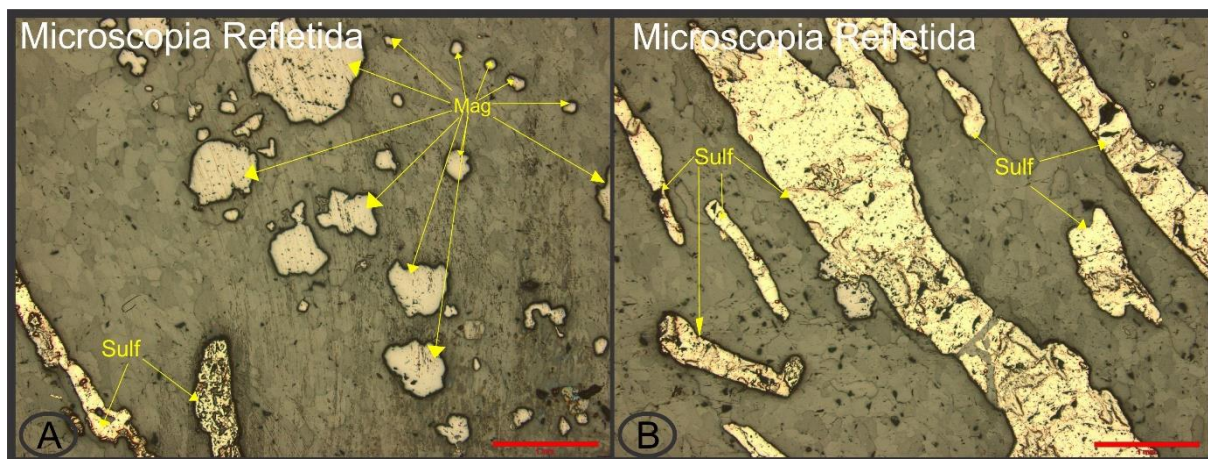


Figura 1 Figura 5.2.2.3.1.1.2. – A) Foto da seção 531854 em microscópio de luz refletida (aumento 5x) demonstrando os de cristais de magnetita e sulfetos (Calcopirita). B) Foto da seção 531854 em microscópio de luz refletida (aumento 5x) demonstrando os de cristais tabulares de calcopirita.

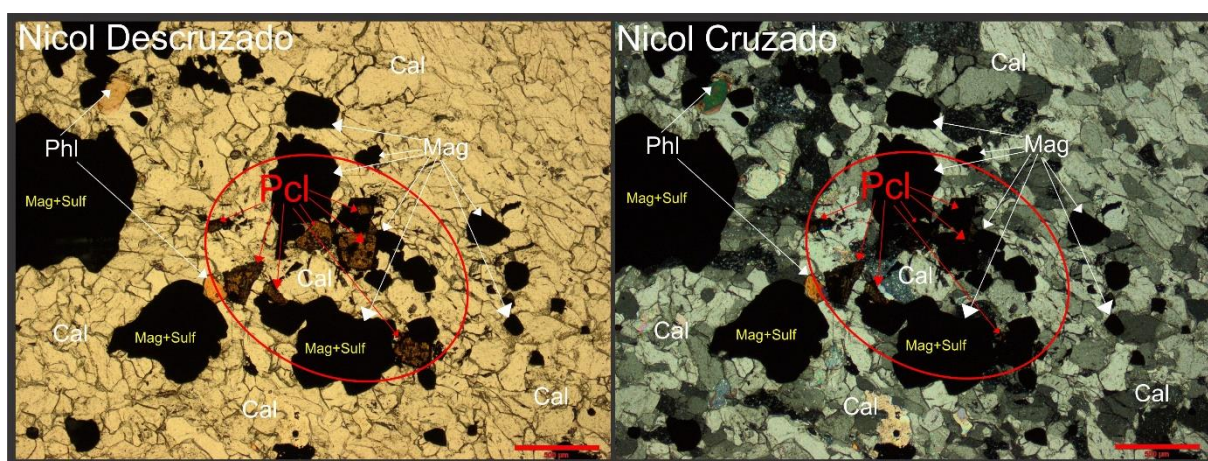


Figura 5.2.2.3.1.1.3. – Foto da seção 531861 em microscópio de luz transmitida (aumento 4x) demonstrando os cristais de calcita, flogopita, opacos (magnetita e sulfetos) e uma acumulação pontual de cristais de pirocloro no calciocarbonatito.

5.2.2.3.2. Magnesiocarbonatito (MgCb)

Lâminas: 273558; 535462 e 535468

Segundo as três seções analisadas a textura é inequigranular, fanerítica, apresentando inclusões de agregados carbonáticos de granulação muito fina em carbonatos pretéritos de granulação média a grossa, o que indica temperaturas distintas de cristalização para cada carbonato. Veios hidrotermais cortam a matriz carbonática com associações de monazita e barita como identificado na seção 273558. Textura de desgaseificação é visível em sulfetos tabulares que cortam a matriz na seção 535462.

Estruturas como cavidades de dissolução nos carbonatos e presença de farinha de falha em fraturas também são visíveis nas seções e, como demonstra a tabela de porcentagem modal dos magnesiocarbonatito (Tabela 5.2.2.3.2.1.), este litotipo é composto predominantemente por dolomita, e secundariamente por flogopita, monazita, barita, magnetita, pirocloro, pirita, calcopirita e pirrotita.

Composição Mineralógica Modal (%)			
SEÇÃO:	273558	535462	535468
Dolomita	95%	94%	93%
Flogopita		traço	1%
Magnetita			5%
Barita	2%	traço	1%
Pirocloro	traço		traço
Pirita		6%	
Calcopirita		traço	
Pirrotita		traço	
Monazita	3%		
TOTAL:	100%	100%	100%

Tabela 5.2.2.3.2.1. - Tabela de composição mineralógica modal (%) das três seções delgadas de magnesiocarbonatito analisadas.

Abaixo segue o diagrama ternário de classificação petrográfica da série carbonatítica, gerado com a composição mineralógica modal (%) das três seções de magnesiocarbonatito analisadas. Os três eixos do diagrama são compostos por CaO (calcita - calciocarbonatito), MgO (dolomita - magnesiocarbonatito) e FeO + Fe₂O₃ + MnO (ankerita - ferrocarbonatito).

Série Carbonatítica

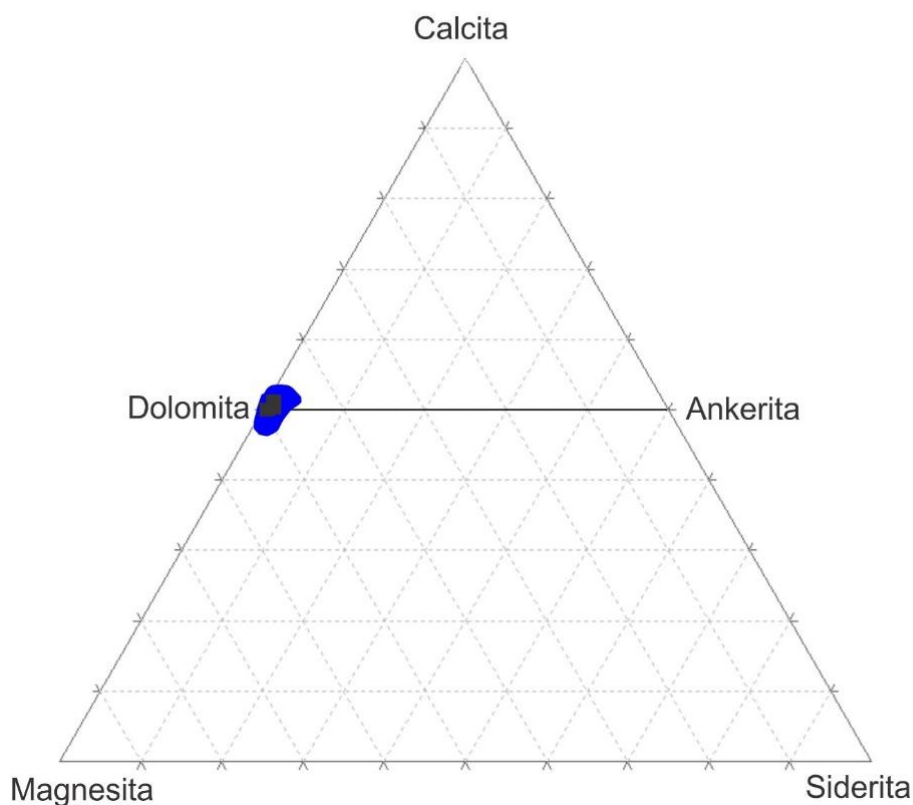


Figura 5.2.2.3.2.1. – Diagrama ternário de classificação mineralógica da Série Carbonatítica, demonstrando a classificação das quatro seções de magnesiocarbonatito analisadas em laboratório.

5.2.2.3.3. Descrição dos Minerais

A dolomita (Dol) apresenta cristais eudrais a anedrais, romboédricos e/ou prismáticos, de granulação fina a grossa e de coloração amarelo claro.

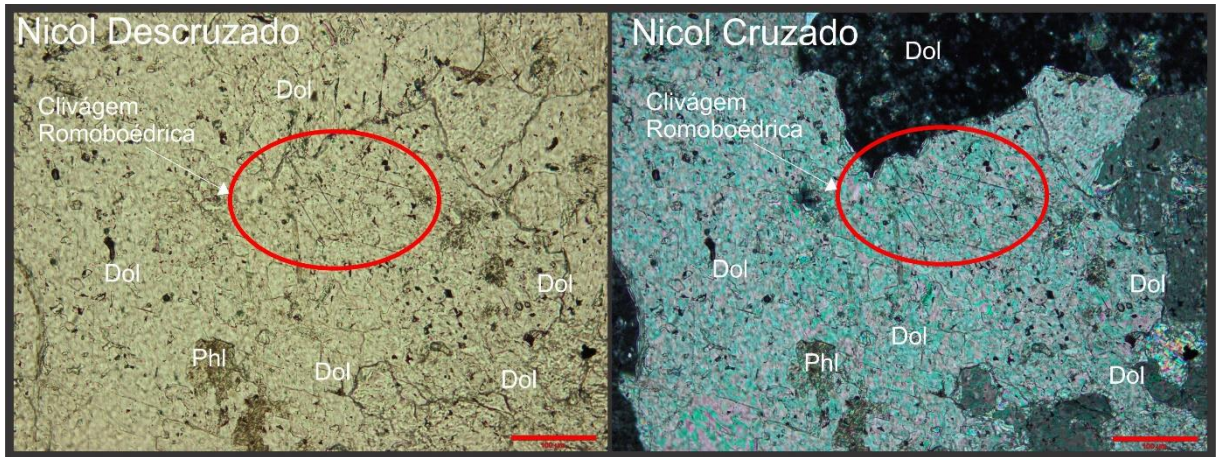


Figura 5.2.2.3.3.1. – Foto da seção 535468 em microscópio de luz transmitida (aumento 20x) demonstrando os cristais de dolomita e flogopita, onde é esboçado a clivagem romboédrica desenvolvida pelos carbonatos.

A flogopita (Phl) é quase inexistente nas amostras e quando visível apresenta cristais eudrais, de granulação muito fina e coloração amarelo claro a avermelhado.

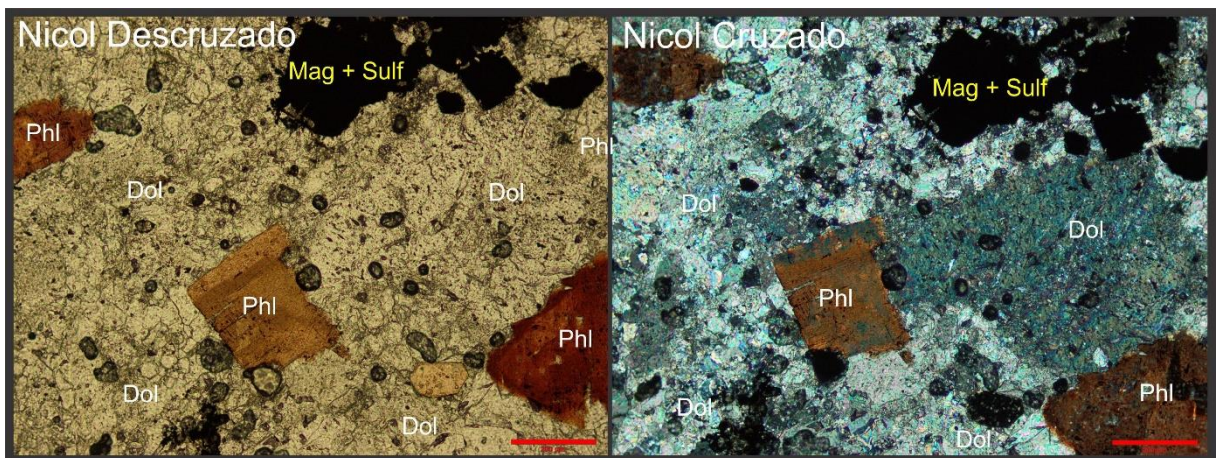


Figura 5.2.2.3.3.2. – Foto da seção 535468 em microscópio de luz transmitida (aumento 10x) demonstrando os de cristais de dolomita, flogopita e opacos.

A magnetita (Mag) ocorre na forma de cristais eudrais a subedrais, angulosos a sub angulosos, de granulação muito fina e coloração amarelo claro.

O pirocloro (Pcl) ocorre na forma de cristais eudrais, trapezoidais e de coloração amarelo claro.

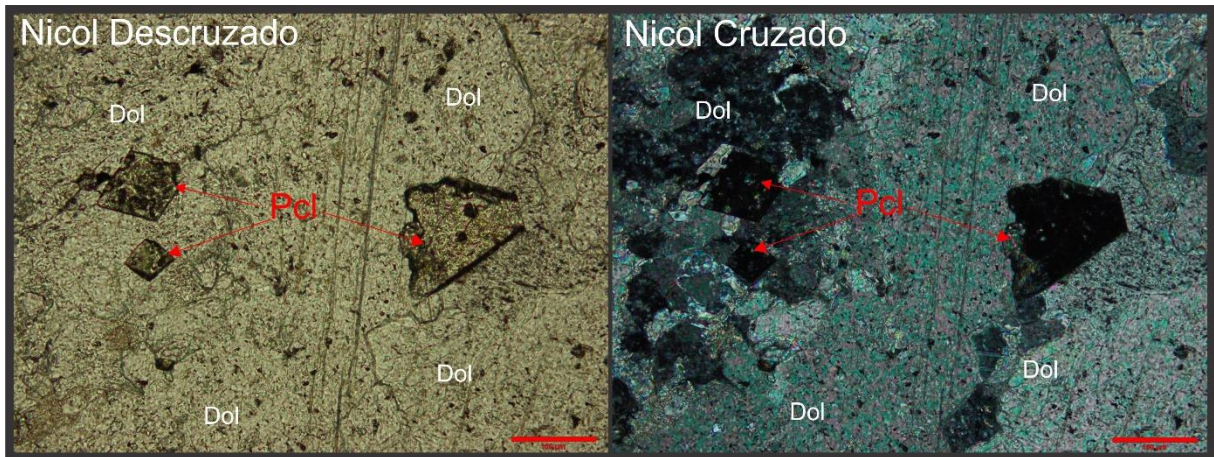


Figura 5.2.2.3.3.3. – Foto da seção 535468 em microscópio de luz transmitida (aumento 20x) demonstrando a matriz de dolomita com cristais de euedrais à subedrais de pirocloro disseminados.

Os cristais de barita (Brt) apresentam-se anedrais, de granulação muito fina e coloração amarelo claro associado a monazita dentro dos veios monazíticos.

A monazita (Mnz) apresenta agregados de cristais muito finos em veios associados a barita.

Os sulfetos (Sulf) predominantemente são calcopirita (Ccp), anedrais, tabulares e apresentam coloração amarelo intenso.

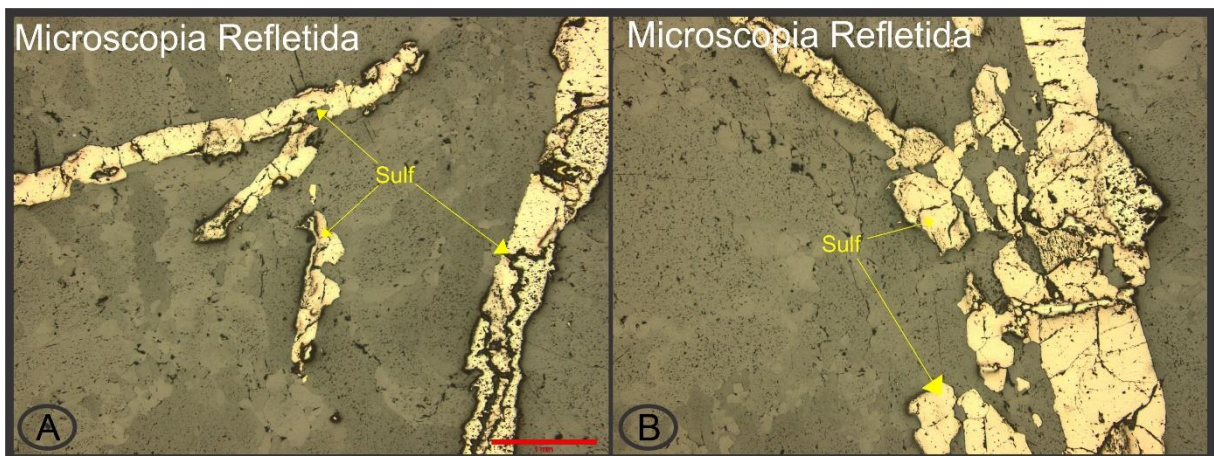


Figura 5.2.2.3.3.4. – A) Foto da seção 535462 em microscópio de luz refletida (aumento 5x) demonstrando os de cristais de tabulares de calcopirita. B) Foto da seção 535462 em microscópio de luz refletida (aumento 5x) demonstrando os de cristais tabular res de calcopirita. B) Foto da seção 535462 em microscópio de luz refletida (aumento 5x) demonstrando os de cristais tabulares de pirita.

5.2.2.4. Nelsonito (N1)

Lâminas: 273557A e 535460

Conforme as duas seções de nelsonito analisadas a textura é inequigranular, afanítica a fanerítica, de coloração branco e/ou preto (dependendo da concentração pontual de

magnetita). Como demonstra a tabela de proporção modal das duas seções de nelsonito analisadas (Tabela 5.2.2.4.1.), este litotipo é composto por uma matriz muito fina apatítica, que envolve cristais de magnetita, pirocloro e flogopita de granulação fina a média.

Composição Mineralógica Modal (%)		
SEÇÃO:	273557A	535460
Carbonato	3%	5%
Flogopita	5%	3%
Magnetita	20%	10%
Pirocloro	2%	1%
Apatita	70%	81%
TOTAL:	100%	100%

Tabela 5.2.2.4.1. - Tabela de composição mineralógica modal (%) das duas seções delgadas de nelsonito analisadas.

A Figura 5.2.2.4.1 mostra o diagrama ternário de classificação petrográfica da série foscorítica, gerado com a composição mineralógica modal (%) das duas seções de nelsonito analisadas. Os três vértices do diagrama são compostos por olivina, apatita e magnetita.

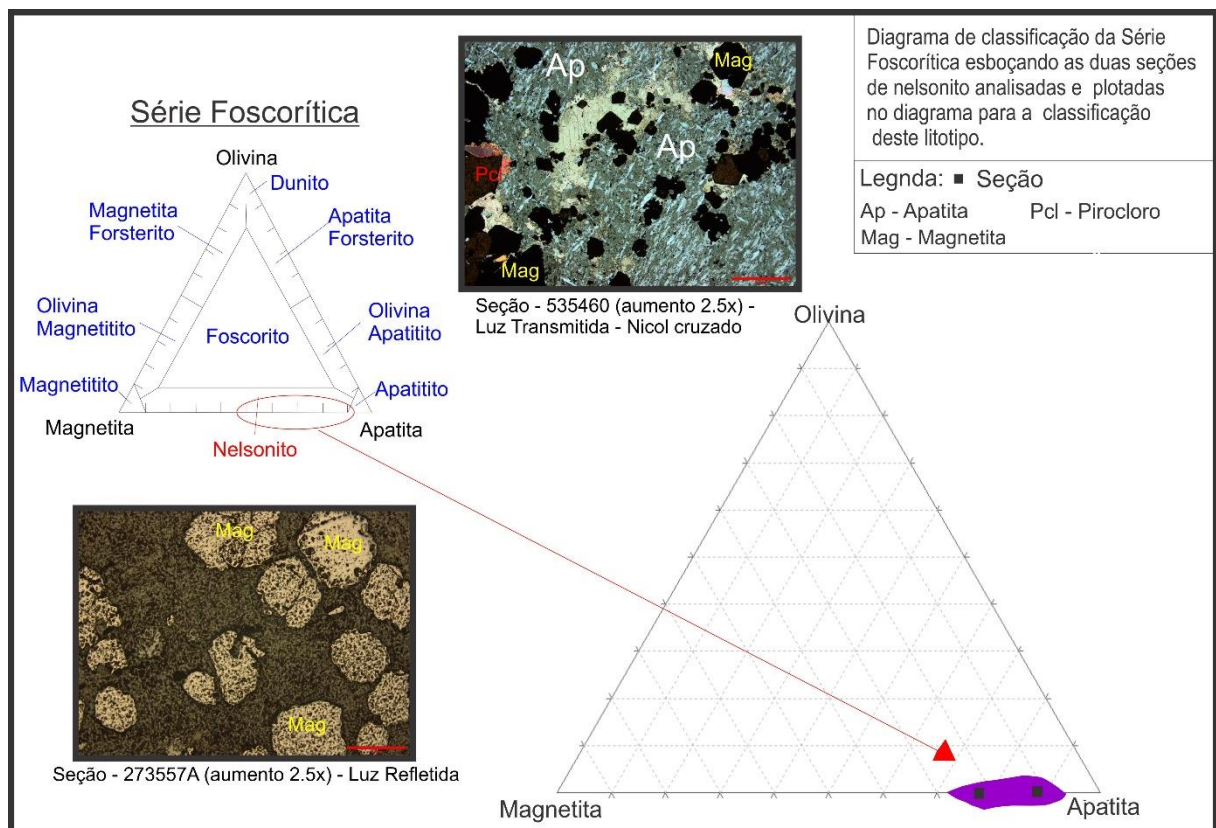


Figura 5.2.2.4.1. – Diagrama ternário de classificação da Série Foscorítica (olivina x apatita magnetita), demonstrando a classificação das duas seções de nelsonito analisadas em laboratório.

5.2.2.4.1. Descrição dos Minerais

A apatita (Ap) apresenta cristais eudrais a subedrais, prismáticos, de granulação muito fina e birrefringência cinza claro à branco.

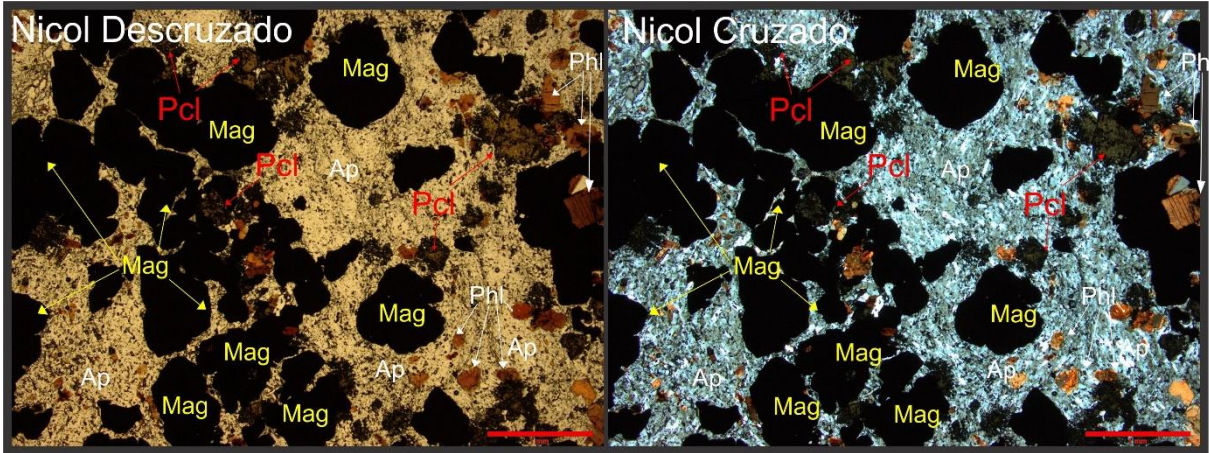


Figura 5.2.2.4.1.1. – Foto da seção 273557A em microscópio de luz transmitida (aumento 2.5x) demonstrando a matriz apatítica envolta a flogopita, pirocloro e minerais opacos (magnetita). É visível a concentração de cristais de pirocloro e sua forte relação com a magnetita.

A calcita (Cal) ocorre na forma de poucos cristais disseminados na matriz ou concentrado em bolsões, com clivagem romboédrica perfeita, de granulação muito fina a fina e transparente.

A flogopita (Phl) presente ocorre na forma de cristais eudrais a subedrais de granulação muito fina a média e coloração marrom claro a vermelho escuro.

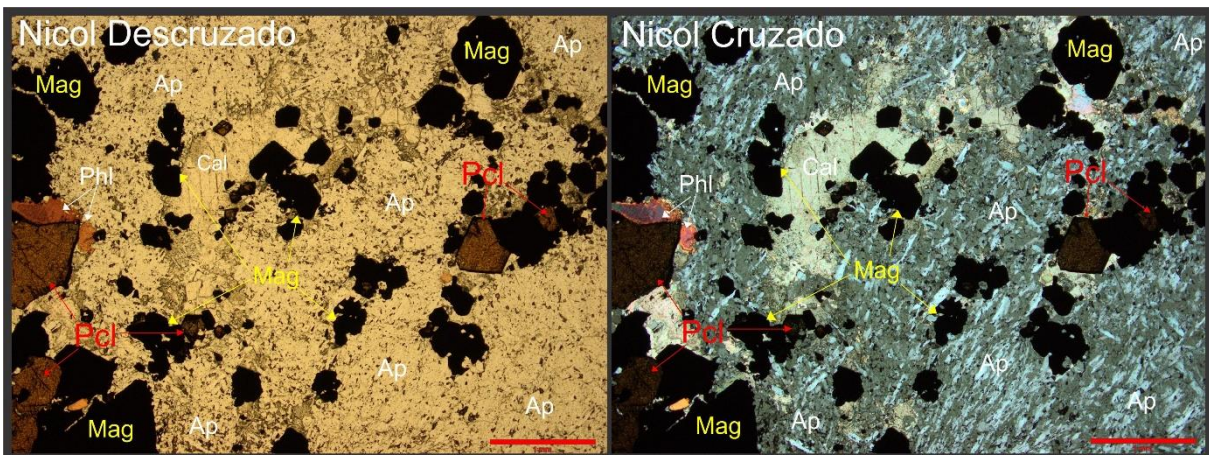


Figura 2Figura 5.2.2.4.1.2. – Foto da seção 535460 em microscópio de luz transmitida (aumento 2.5x) demonstrando a matriz apatítica envolta a flogopita, carbonato, pirocloro e minerais opacos (magnetita). É visível a concentração de fenocristais de pirocloro e sua forte relação com a magnetita.

Os cristais de magnetita (Mag) apresentam-se eudrais a subedrais, de granulação muito fina a média e coloração cinza claro.

O pirocloro (Pcl) apresenta cristais euedrais a subedrais, de granulação muito fina a fina, e coloração marrom escuro.

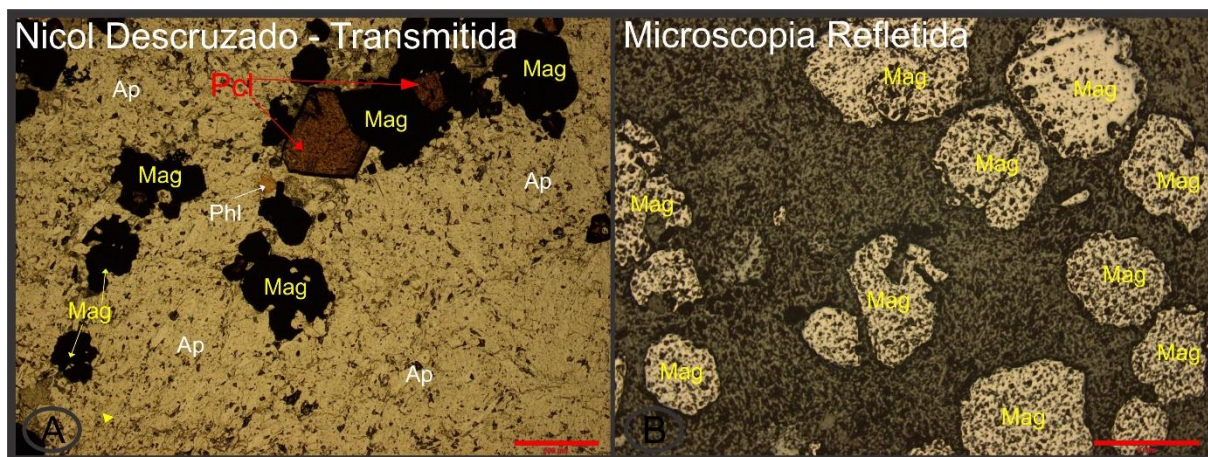


Figura 5.2.2.4.1.3. – A) Foto da seção 535460 em microscópio de luz transmitida (aumento 4x) demonstrando a matriz composta por apatita envolto a flogopita, magnetita e fenocristais de pirocloro. B) Foto da seção 273557A em microscópio de luz refletida (aumento 5x) demonstrando os cristais de magnetita..

5.2.2.5. Pseudo-nelsonito (N2)

Lâminas: 535461; 531856; 273557B e 535458

Segundo as quatro seções analisadas a textura é inequigranular, porfírica, ocorrendo em forma de aglomerados muito finos a cristais de granulação grossa. Carbonatos compõem desde a matriz muito fina até fenocristais com clivagem romboédrica. Segundo a porcentagem modal do pseudonelsonito (Tabela 5.2.2.5.1.) a matriz pode ser composta por carbonato ou magnetita, dependendo da porção analisada da seção. A apatita apresenta aglomerados de grãos muito finos a finos, flogopita e pirocloro ocorrem disseminados nas amostras ou em concentrações pontuais associados geralmente a magnetita e sulfetos.

Composição Mineralógica Modal (%)				
SEÇÃO:	535461	531856	273557B	535458
Carbonato	15%	3%	81%	52%
Flogopita	25%	81%	7%	15%
Magnetita	37%	10%	10%	25%
Pirocloro	3%	1%	1%	5%
Sulfeto	10%	5%	traço	
Apatita	10%		1%	3%
TOTAL:	100%	100%	100%	100%

Tabela 5.2.2.5.1. - Tabela de composição mineralógica modal (%) das quatro seções delgadas de pseudonelsonito analisadas.

Abaixo segue o diagrama ternário de classificação petrográfica da série foscorítica, gerado com a composição mineralógica modal (%) das quatro seções de pseudonelsonito analisadas. Os três vértices do diagrama são compostos por olivina, apatita e magnetita.

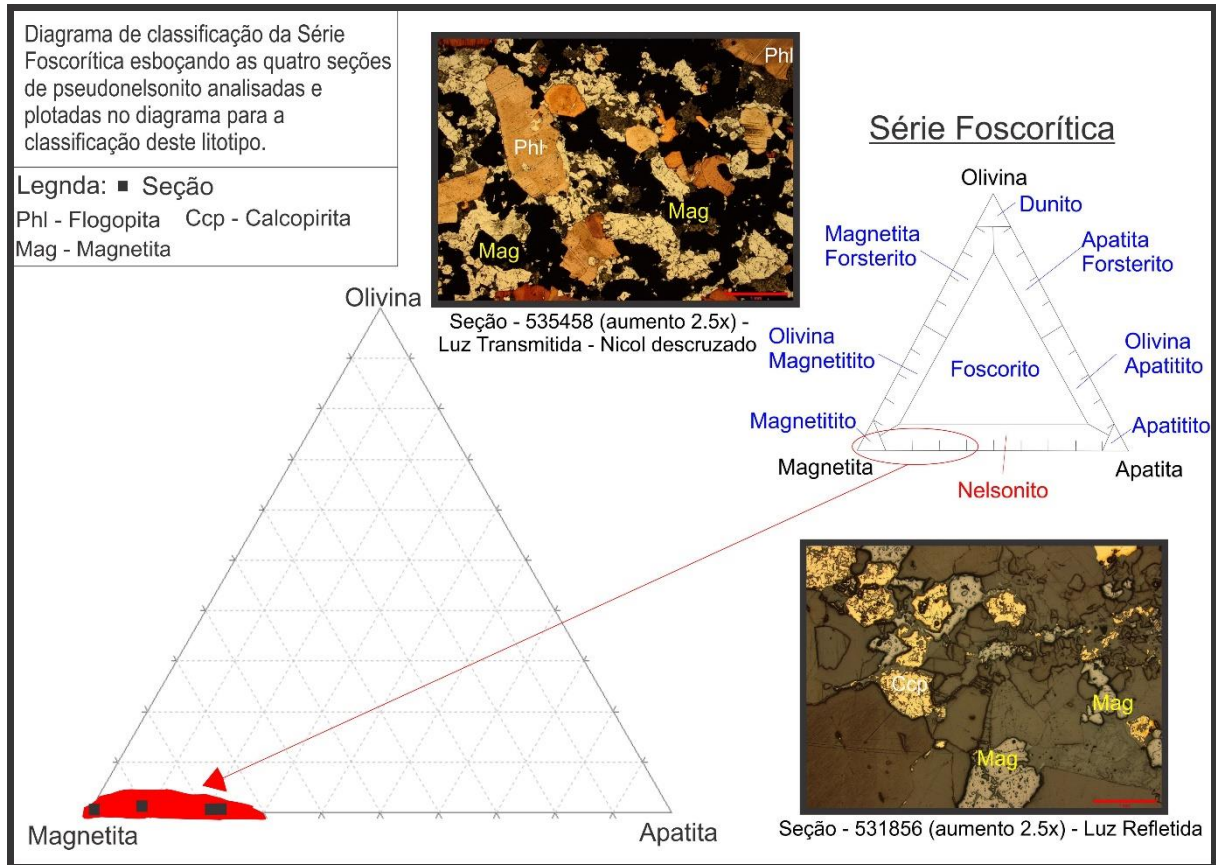


Figura 5.2.2.5.1. – Diagrama ternário de classificação da Série Foscorítica (olivina x apatita magnetita), demonstrando a classificação das quatro seções de nelsonito analisadas em laboratório.

5.2.2.5.1. Descrição dos Minerais

A calcita (Cal) compõe a matriz das amostras e forma cristais eudrais a anedrais, de granulação muito fina a grossa, apresentando clivagem romboédrica perfeita em grãos de granulação grossa e incolor.

A flogopita (Phl) apresenta cristais eudrais a subedrais, de granulação muito fina a grossa, coloração de marrom claro a vermelho escuro, geralmente associada a magnetita ou disseminada na amostra.

O pirocloro (Pcl) ocorre em cristais eudrais a subedrais, de granulação muito fina a média, coloração amarelo escuro a marrom claro, ocorrendo disseminado na amostra ou em concentrações pontuais associado a magnetita e flogopita.

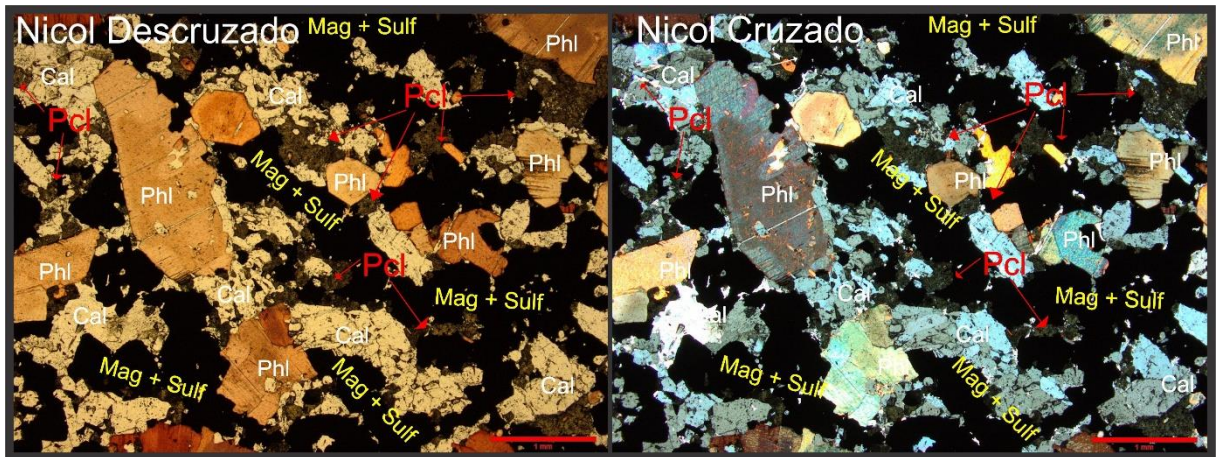


Figura 3Figura 5.2.2.5.1.1. – Foto da seção 535458 em microscópio de luz transmitida (aumento 2.5x) demonstrando a matriz composta tanto por carbonato quanto por magnetita associada a sulfetos. Fenocristais de flogopita são visíveis tanto quanto a grande concentração de cristais de pirocloro associados principalmente a magnetita e os sulfetos.

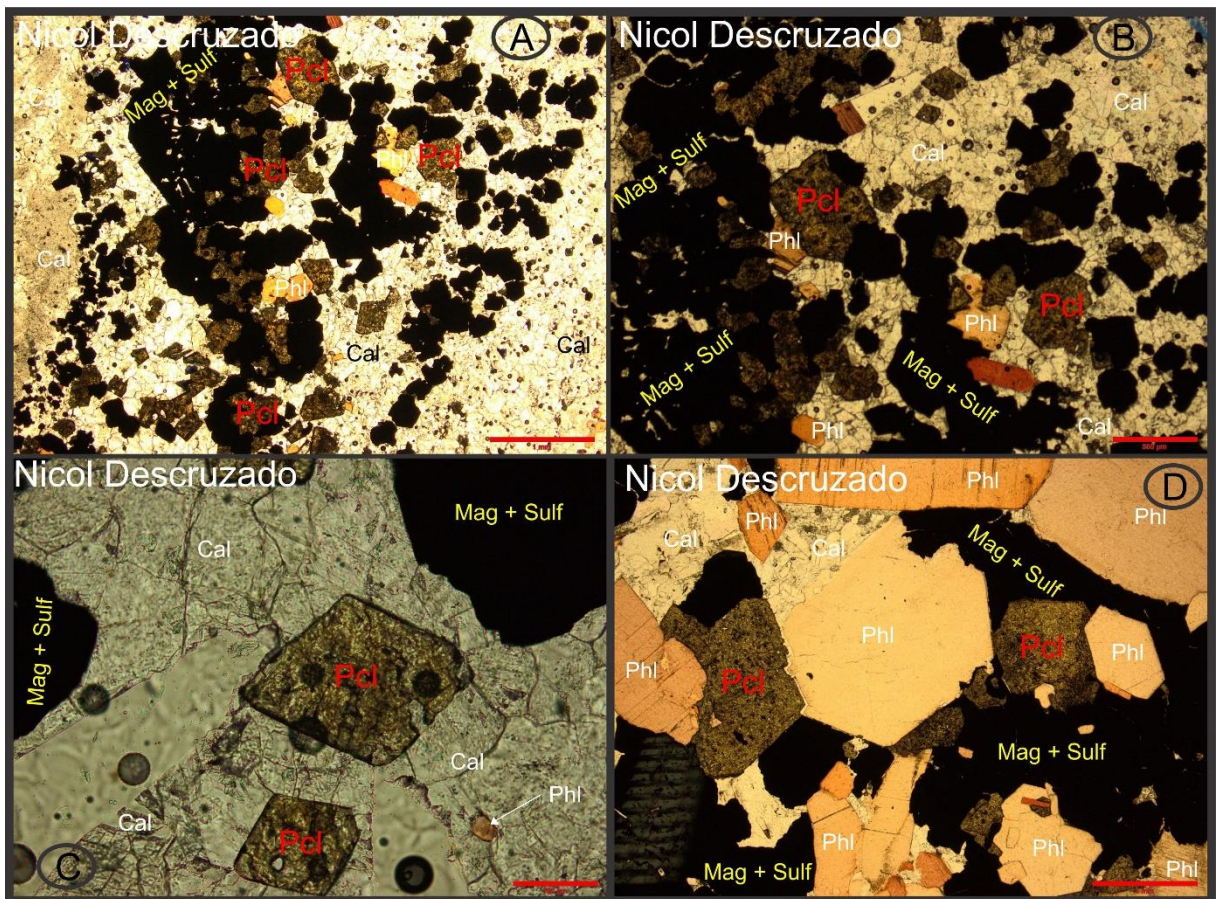


Figura 5.2.2.5.1.1. – Tanto a foto A (aumento 2.5x) quanto a foto B (aumento 2.5x) são da seção 273557B em microscópio de luz transmitida demonstram o grande volume de pirocloro na seção de pseudo nelsonito analisada. Geralmente o pirocloro ocorre associado principalmente a magnetita e os sulfetos. A foto C (aumento 20x) também da seção 273557B em microscópio de luz transmitida demonstra dois cristais euedrais de pirocloro associado a matriz carbonática. A foto D (aumento 2.5x) da seção 531856 em microscópio de luz transmitida demonstra a relação dos cristais de pirocloro com a magnetita, os sulfetos, a flogopita e a matriz carbonática.

A magnetita (Mag) apresenta cristais eudrais a anedrais, de granulação muito fina a grossa, coloração cinza claro, ocorrendo disseminada na amostra ou em concentrações pontuais, estando quase sempre associada a flogopita e ao pirocloro.

O sulfeto (Sulf) ocorre em cristais tabulares, alongados, eudrais a subedrais, de granulação fina a grossa, coloração amarelo intenso, em veios ou concentrações pontuais associados a magnetita ou finos cristais disseminados.

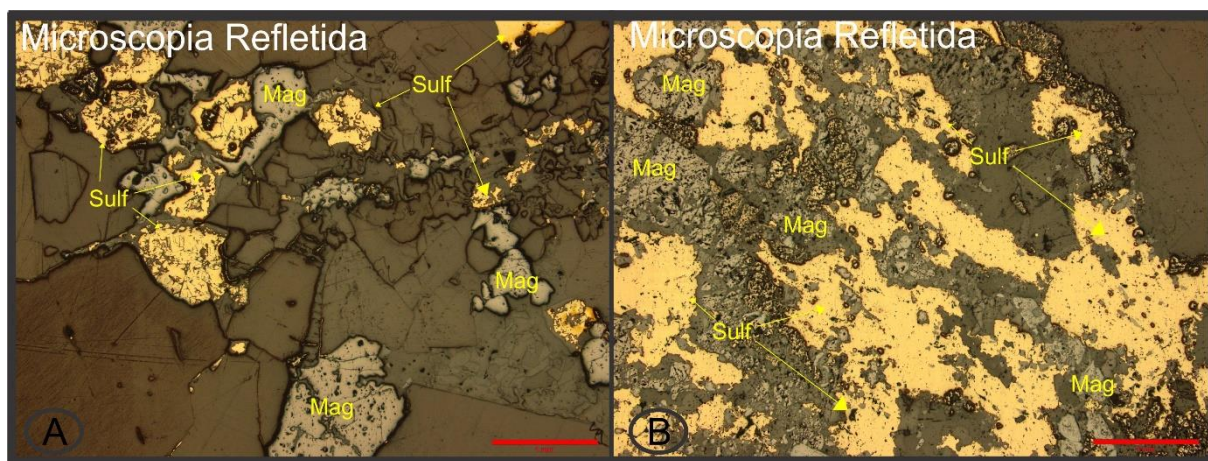


Figura 5.2.2.5.1.2. – Ambas as fotos A e B são da seção 531856 em microscópio de luz refletida (aumento 2.5x) demonstrando a relação entre os cristais de magnetita e os sulfetos (calcopirita).

A apatita (Ap) apresenta cristais eudrais a anedrais, granulação muito fina a média, com morfologia prismática, de coloração cinza claro a escuro, quando muito fina ocorre na forma de aglomerados, entretanto pode ocorrer na forma de cristais de granulação grossa associada a calcita.

5.2.2.6. Flogopita-picrito (Pi)

Lâminas: 531860 e 535456

Segundo as duas amostras analisadas a textura presente é inequigranular, fanerítica a porfirítica, de coloração verde escuro. A tabela 5.2.2.6.1. mostra a porcentagem modal do flogopita-picrito. A rocha contém fenocristais de olivina (pseudomorfos) com matriz intragranular fina composta por flogopita, tetra-ferriflogopita, magnetita e peroviskita. Localmente a seção 535456, apresenta veios de clorita magnésiana substituindo a flogopita.

1 – Composição Mineralógica Modal (%)		
SEÇÃO:	531860	535456
Olivina	25%	8%
Diopsídeo	2%	traço
Flogopita	35%	38%
Tetra-ferriflogopita	15%	14%
Serpentina	5%	13%
Perovskita	6%	4%
Magnetita	9%	8%
Clorita		15%
Apatita	3%	
TOTAL:	100%	100%

Tabela 5.2.2.6.1. - Tabela de composição mineralógica modal (%) das duas seções delgadas de flogopita-picrito analisadas.

5.2.2.6.1. Descrição dos Minerais

A olivina ocorre em grãos eudrais à subedrais, amarelo claro a cinza claro, granulação grossa (0,15 a 2,0mm), envoltos por uma matriz fina de flogopita. Predominantemente a olivina presente neste litotipo é a forsterita (Fo), que, por alteração, produz serpentina.

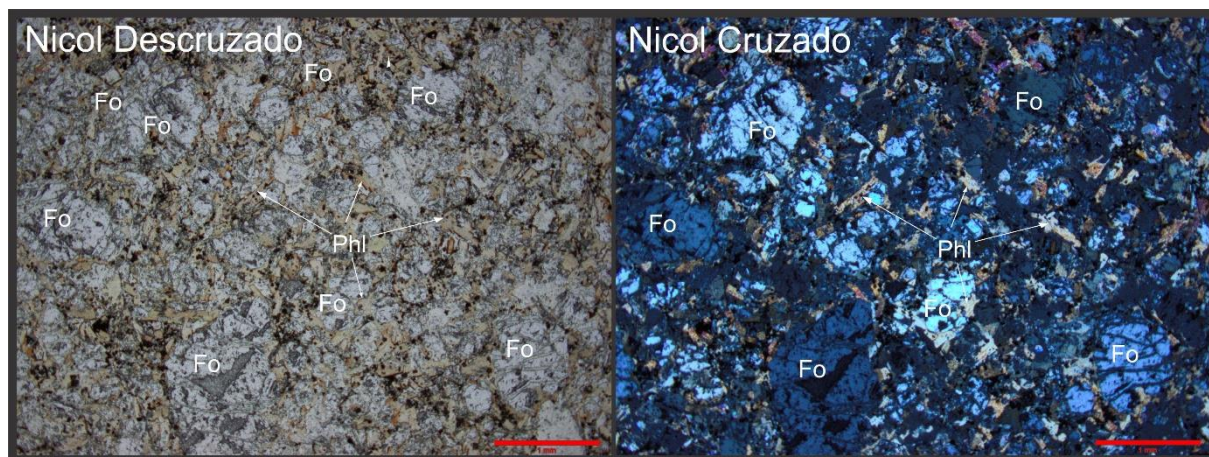


Figura 5.2.2.6.1.1. – Foto da seção 535456 em microscópio de luz transmitida (aumento 2.5x) demonstrando a matriz composta por cristais de olivina (forsterita) com flogopita intersticial.

Ocorrem flogopitas magmáticas (Phl – Magm.) e metassomáticas (Phl – Mets.), onde as magmáticas apresentam cristais eudrais a subedrais, na forma de fenocristais, porém com granulação fina quando compoem a matriz e coloração amarelo claro a avermelhado. As flogopitas metassomáticas apresentam-se anedrais, com granulação fina e na forma de

agregados. Entretanto, predominantemente apresentam bordas de reação de tetra-ferriflogopita.

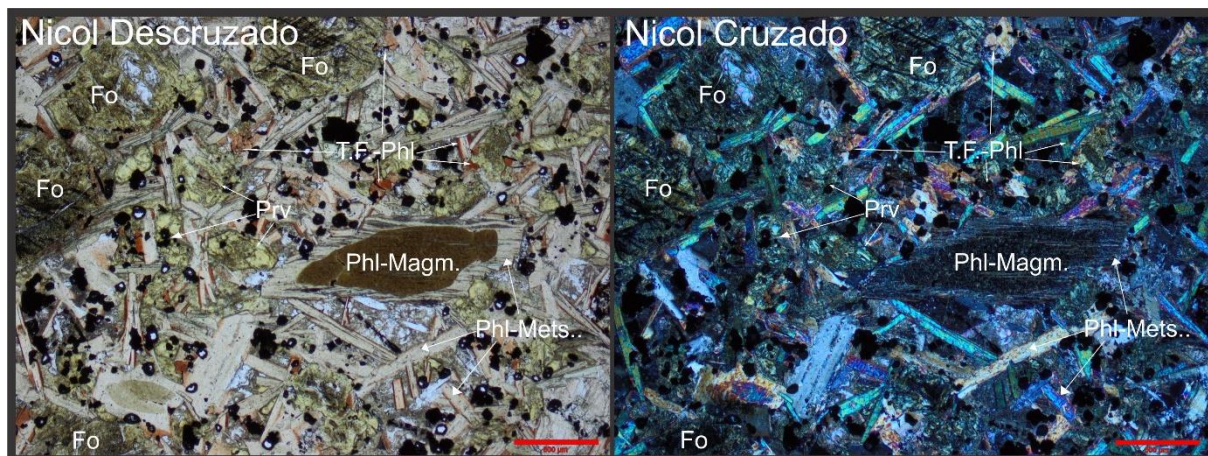


Figura 4Figura 5.2.2.6.1.2. – Foto da seção 531860 em microscópio de luz transmitida (aumento 4x) demonstrando uma flogopita de origem magmática com borda de alteração metassomática. Também é esboçado a alteração das flogopitas metassomáticas em tetra-ferriflogopita.

O clinopiroxênio é representado por cristais prismáticos de diopsídio (Di), alongados e fraturados, apresentam coloração bege claro, granulação fina a média média, ocorrendo associado a flogopita, tetra-ferriflogopita, magnetita e perovskita na matriz.

A perovskita (Prv) apresenta cristais eudrais a subedrais, de granulação fina, coloração amarelo claro a marrom escuro, ocorrendo associada a magnetita e flogopita. Por hidrotermalismo ou alteração pode gerar anatásio, que não foi identificado nas duas seções analisadas.

Cristais de clorita magnésiana (Chl) ocorre na forma de veios pela alteração da flogopita pretérita.

A apatita (Ap) ocorre no forma de cristais prismáticos, eudrais e anedrais e de coloração amarelo claro.

A magnetita (Mag) apresenta grãos eudrais, angulosos e de granulação fina.

Como citado no início deste capítulo, sete unidades litológicas foram reconhecidas no mapeamento e petrograficamente caracterizadas por microscopia de luz transmitida e refletida, possibilitando a classificação das rochas encaixantes e intrusivas que compõem a área mapeada. Tais litotipos, como demonstrado, apresentam diversificadas composições minerais e em escala macro apresentam complexa relação de contato entre si, as quais são esboçadas nos dois capítulos seguintes (Mapa Geológico-Estrutural e Geologia Estrutural).

5.3. MAPA GEOLÓGICO-ESTRUTURAL

O mapa Geológico-Estrutural (Figura 5.3.1.) apresentado a seguir visou o mapeamento das porções de rocha fresca (três blocos restritos na mina, especificamente no talude leste desta) aflorante em meio ao perfil de solo oxidado representado no mapa em cinza pelo manto de intemperismo químico. Dentro das unidades litológicas aflorantes, duas litologias distintas representam as rochas encaixantes neoproterozóicas que são intrudidas pelos pulsos alcalinos e ultramáfico; o fenito (quartzitos, xistos e filitos fenitizados pelas intrusões, que não apresentam diferenças visíveis em escala de afloramento ou amostra de mão) representado pela cor amarela no mapa e englobam 50% da área. É onde está contida, e em alguns pontos preservada a foliação neoproterozóica definida Sn (orientação preferencial NW/SE mergulhando para SW). O anfibolito (também fenitizado, porém com diferenças, estruturais, texturais e composicionais visíveis dos outros corpos de fenito tanto em afloramento quanto em amostra de mão), é representado pela cor rosa no mapa e engloba 10%.

Seguindo a sequência lógica das intrusões, o primeiro magma a ascender e intrudir as rochas encaixantes é de filiação carbonatítica, engloba 10% da área, e por complexas relações de diferenciação magmática, cristalização fracionada e imiscibilidade líquidos deriva três unidades de rocha; O calciocarbonatito (representado em azul claro no mapa), o magnesiocarbonatito (representado em azul escuro no mapa) e o ferrocarbonatito que não está inserido no mapa, pois está presente na área na forma frações deste magma em pequenos bolsões dentro dos outros dois carbonatitos e que são irrelevantes em relação a escala do mapeamento. Por imiscibilidade de líquidos o magma de caráter nelsonítico (representado no mapa pela cor roxa) é derivado do magma inicial carbonatítico intrudindo com orientação preferencial NW/SE mergulhando para SW e englobando 5% da área do trabalho. O pseudonelsonito é derivado por segregação magmática e desgaseificação nas fases finais de cristalização das frações de magma magnesiocarbonatítico, intrude com orientação preferencial NW/SE mergulhando para NE e representa 15% da área mapeada. O flogopita-picrito ascende após o final da evolução dos magmas alcalinos com orientação preferencial NW/SE mergulhando para SW, engloba 5% da área e é representado em verde no mapa.

Uma observação que deve ser tomada e inserida neste capítulo envolve o comportamento da foliação Sn que está orientada paralela aos planos de corte (N/S) sub-vertical dos taludes da mina, entretanto mergulhando com baixo ângulo para SW. Com o avanço de cava e abertura dos taludes a foliação Sn fica livre, sem barreiras físicas para impedir que esta

deslize segundo seus planos de mergulho proporcionando situações de risco durante a operação da mina.

5.4. GEOLOGIA ESTRUTURAL

Ao longo da evolução da intrusão de Catalão II, um complexo controle estrutural foi desenvolvido dentro do plugue e em suas encaixantes, sendo necessário separar em estruturas associadas a dois eventos distintos em tempo para apresentação e discussão da geração das estruturas mapeadas. O primeiro evento é relacionado ainda ao desenvolvimento das rochas encaixantes no Neoproterozóico, representado pelas estruturas contidas nos metassedimentos do Grupo Araxá, associadas ao processo deformacional das rochas da Faixa Brasília. Apesar do estudo ter sido realizado no talude e na ocorrência das rochas não alteradas (Projeto Rocha Fresca), o processo de fenitização decorrente das intrusões alcalinas sobre as rochas encaixantes descaracterizou as estruturas originais em quase sua totalidade, sendo possível reconhecer apenas uma foliação (aqui chamada de Sn), que se encontra parcialmente preservada ou totalmente destruída.

O segundo evento, reconhecido como o principal na geração de estruturas, é associado ao processo dos consecutivos pulsos intrusivos de magma rico em voláteis que aproveitou pelo menos em parte os traços estruturais da foliação da rocha encaixante e, por desgaseificação de magma e posterior explosão, gerou brechas e fraturas com diversas orientações e mergulhos que cruzam toda a estrutura. Com o final da evolução magmática, mais o resfriamento e acomodação das rochas intrusivas, foram geradas ainda fraturas de alívio de pressão, com mergulhos horizontais a sub-horizontais, que ocorrem nas porções superficiais do todo o complexo alcalino, registrando as últimas fraturas geradas relacionadas ao posicionamento do corpo alcalino, durante o Cretáceo Superior.

É importante citar neste capítulo que, devido ao grande volume de magnetita nos diques nelsoníticos, carbonatíticos e picríticos presentes na área mapeada, todas as medidas estruturais coletadas, mesmo nas rochas encaixantes, foram tomadas a partir de sua projeção, a pelo menos 1 metro de distância do afloramento, com auxílio de uma tábua de madeira.

5.4.1. Morfologia dos litotipos

Quartzitos, xistos e filitos ocorrem na forma de mega xenólitos fenitizados, aqui denominados fenitos pela dificuldade de sua separação em campo. Ocorrem em 50% da área mapeada, sendo possível em algumas porções reconhecer ainda a foliação metamórfica da

rocha neoproterozoica. Os corpos anfíbolíticos representam cerca de 10% da área mapeada e ocorrem na forma de lentes (podendo até representar localmente boudins) que, junto com metassedimentos acima mencionados, encontram-se fenitizados e representam as rochas encaixantes das intrusões.

Devido à baixa viscosidade do magma (Palmieri, 2011), tanto o calciocarbonatito quando o magnesiocarbonatito intrudem ao longo das fraturas, gerando corpos na forma de soleiras ou “stockworks” de diques entrecruzados, nesta porção da mina com espessuras centimétricas a métricas e representam juntos aproximadamente 20% em área estudada.

O pseudonelsonito deriva diretamente do magma magnesiocarbonatítico (Palmieri, 2011) e ocorre na forma de “stockworks” de diques, com formato irregular e espessuras variando de centímetros a metros, intrudindo preferencialmente a família de fraturas F1 (descritas adiante) e contemplando 10% da área.

O apatita nelsonito (N1) ocorre preferencialmente na forma de soleiras quando próximo aos corpos anfíbolíticos, que funcionaram como barreiras de densidade, interrompendo a ascensão do magma apatítico (Palmieri, 2011). Em porções distais dos anfíbolitos, estas rochas ocorrem na forma de diques com espessuras variando de centímetros a metros, com morfologia irregular. Juntos compõem 5% da área .

O picrito ocorre na forma de “stockworks” de diques menos irregulares e intrude preferencialmente a família de fraturas F2, que apresentam maior espaçamento entre si, pois o padrão de fraturamento ocorre paralelo a subparalelo ao deslocamento da foliação Sn; compõe 5% da área mapeada.

5.4.2. Foliação (Sn)

A foliação reconhecida e denominada Sn é representada pela estrutura planar mais penetrativa nas rochas encaixantes. Interpretada como decorrente do evento Neoproterozoico e é encontrada bem preservada em contexto regional nos metassedimentos do Grupo Araxá. Dentro da área mapeada, nas rochas encaixantes das intrusões, a foliação encontra-se parcial ou totalmente destruída pelo processo de fenitização, o que impede a identificação de outras eventuais foliações presentes no contexto do Grupo Araxá, bem como outras estruturas tipo lineações de intersecção e/ou mineral ou mesmo feições atectônicas, reconhecidas no contexto regional.

A foliação Sn ocorre com direção principal NW/SE, com uma variação até próximo a EW e mergulhos entre 5 e 80°, também para SW. Segundo o estereograma gerado com os dados

estruturais coletados em campo (Figura 5.4.2.5.), apresenta orientação preferencial N30W/51SW (240/39 pela reta de mergulho – *dip direction*).

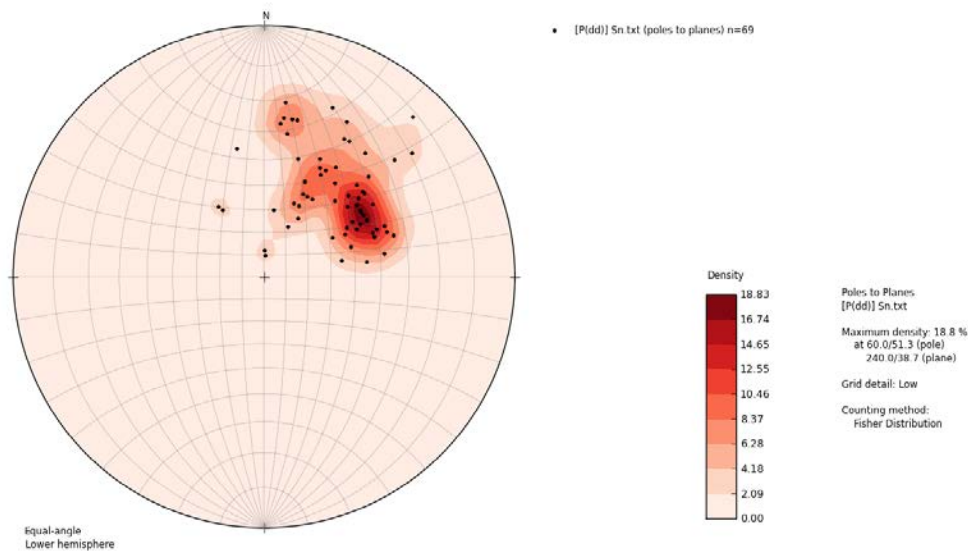


Figura 5.4.2.4. – Estereograma de frequência dos polos da foliação Sn reconhecida na área (projeção no hemisfério inferior).

Através da interpretação dos dados estruturais em mapa (Figura 5.4.2.2) e estereograma fica visível a variação da foliação Sn, em função de seu reconhecimento “moldado” ao longo dos corpos da rocha fresca, em núcleos onde o processo de fenitização foi menos intenso. Nas proximidades de espessos diques de carbonatito, nelsonito, pseudo-nelsonito e picrito, a rocha encaixante está totalmente fenitizada, não sendo possível reconhecer a foliação, porém em alguns casos ela se encontra rotacionada, associada à rocha extremamente fraturada. Entretanto, grande parte das ocorrências de “stockworks” de diques de todas as litologias presentes na área do mapa ocorre em escala centimétrica, desta forma permitindo a preservação local da foliação em núcleos, onde a Sn está “in situ” e pode ser usada na interpretação dos dados estruturais. Abaixo segue o mapa estrutural e estereograma da Sn demonstrando o comportamento irregular da foliação e a variação desenvolvida.

O estereograma tridimensional (Figura 5.4.2.3.) foi gerado com medidas escolhidas no estereograma de frequência dos polos para demonstrar a variação lateral e vertical da Sn, todos os planos, linhas e pontos de todas as cores são equivalentes aos dados estruturais condizentes com a foliação, escolhidos no estereograma de polos para representar sua variação lateral e vertical ao longo do corpo de rocha fresca, como demonstra a imagem.

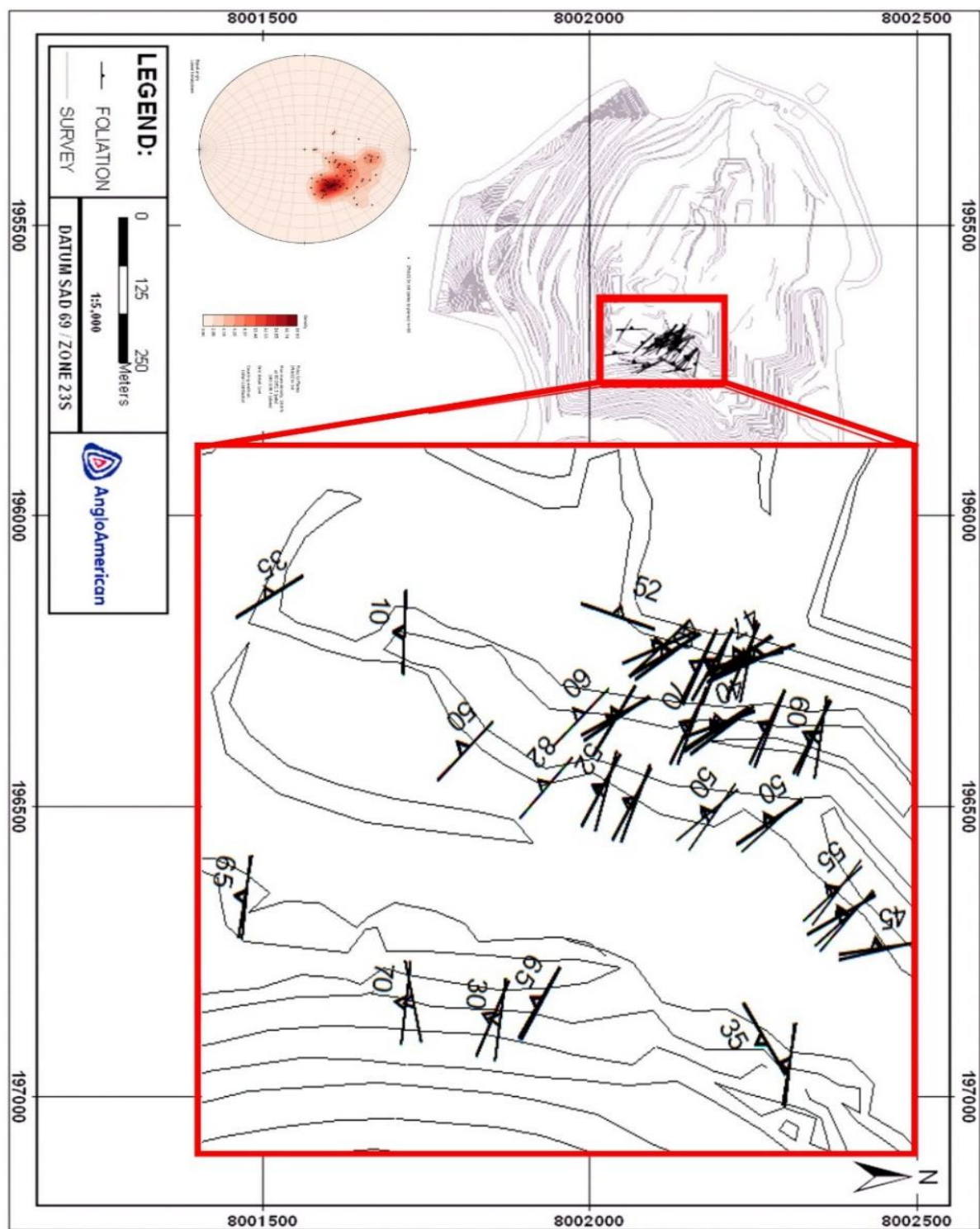


Figura 5.4.2.2. – Mapa estrutural da área mapeada com o estereograma de frequência dos polos da foliação S_n , esboçando a variação da orientação e mergulho da S_n ao longo do corpo de rocha fresca.

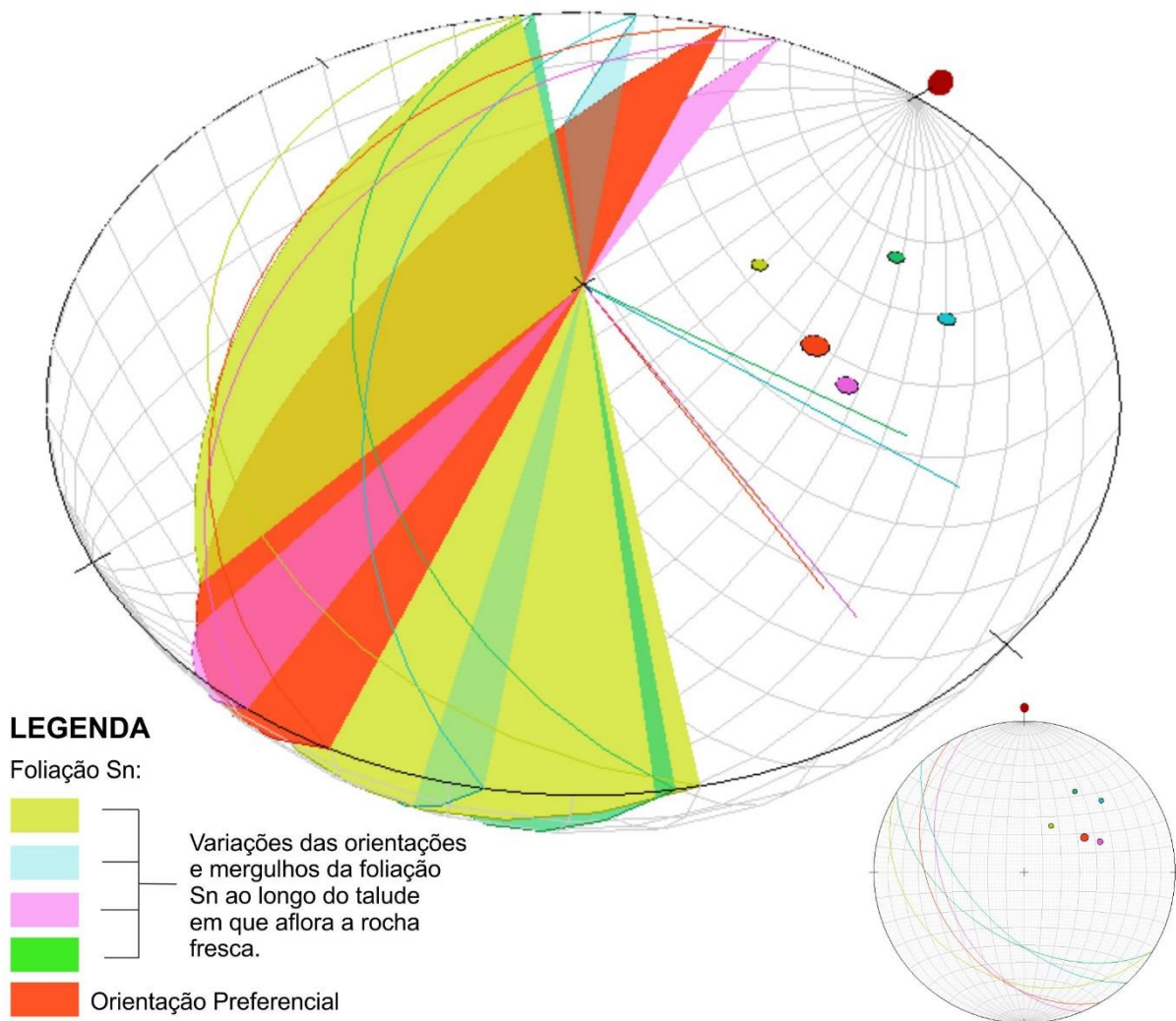


Figura 5.4.2.3. – Estereograma tridimensional esboçando a variação da orientação e mergulho da foliação Sn, em verde claro, azul claro, rosa claro e amarelo claro são representados os quatro medidas de Sn escolhidos no estereograma de frequência dos polos do Foliação Sn citado acima para a elaboração desta imagem.

5.4.3. Juntas e Fraturas

O padrão de fraturamento reconhecido no mapeamento estrutural do talude de rocha fresca é composto por quatro famílias distintas de fraturas, representando direções principais de aberturas preenchidas pelas rochas magmáticas alcalinas e ultramáficas, em suas diferentes fases (Figura 5.4.3.6.). O padrão de fraturamento reconhecido no estereograma mostra as direções principais orientadas preferencialmente NW-SE, com variação de mergulhos para NE e SW. Concentrações de polos em outras direções denunciam o grande número de fraturas e de orientações reconhecidas, porém o reconhecimento dos diques das diversas composições permitiu assumir quatro famílias como principais, descritas a seguir.

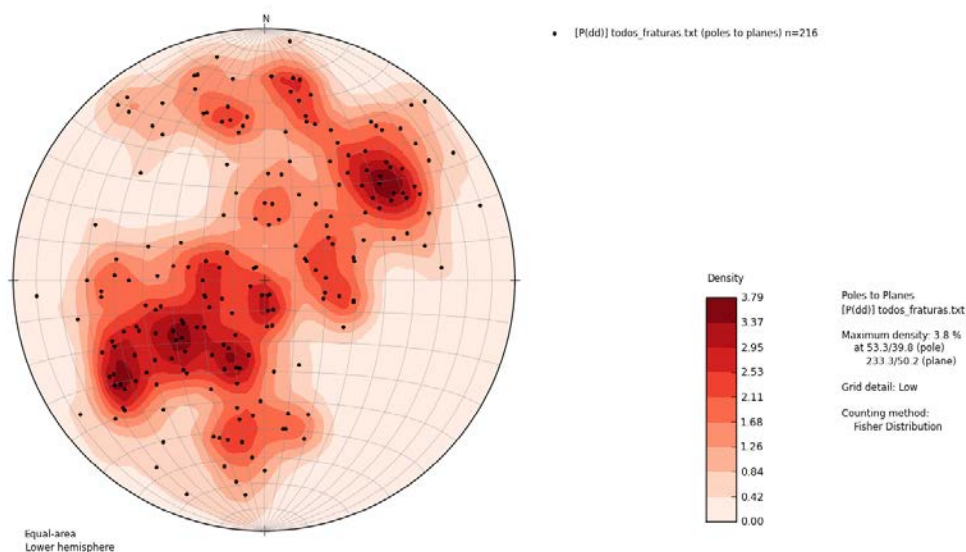


Figura 5.4.3.6. – Estereograma de frequência dos polos das quatro famílias de fraturas (F1, F2, F3 e F4) reconhecida na área (projecção no hemisfério inferior).

A família de fraturas F1 é a mais penetrativa no talude leste, enquanto a família F2 proporciona um fraturamento com planos mais abertos e preenchimentos mais espessos. As fraturas da família F2 são subparalelas a paralelas ao deslocamento da foliação Sn, com maior continuidade, porem são menos penetrativas que F1, nesta porção da mina. Representam em conjunto os principais condutos para as intrusões das rochas alcalinas e ultramáficas, entretanto os diques mineralizados de pseudo-nelsonito nesta porção da mina preferencialmente estão orientados segundo o plano da família de fratura F1.

Duas outras famílias de fraturas, com mergulhos horizontal a sub-horizontal, são reconhecidas, chamadas de famílias F3 e F4, que estão associadas a fraturas de alívio de pressão, originadas provavelmente durante a fase de resfriamento desta porção do complexo e consecutiva acomodação dos corpos litológicos. F4 é menos penetrativa que F3.

As diversas famílias e suas orientações são apresentadas a seguir.

5.4.3.1. Família de Fratura 1 (F1)

A família de fraturas F1 é a mais penetrativa das quatro, ocorre com orientação NW/SE e com mergulhos variando de 20 a 80°, como é possível observar no estereograma da Figura 5.4.3.7.1., gerado com os dados estruturais coletados em campo. Como consta no mesmo estereograma, F1 tem orientação preferencial N36W/45NE (54/45 pela reta de mergulho – *dip direction*).

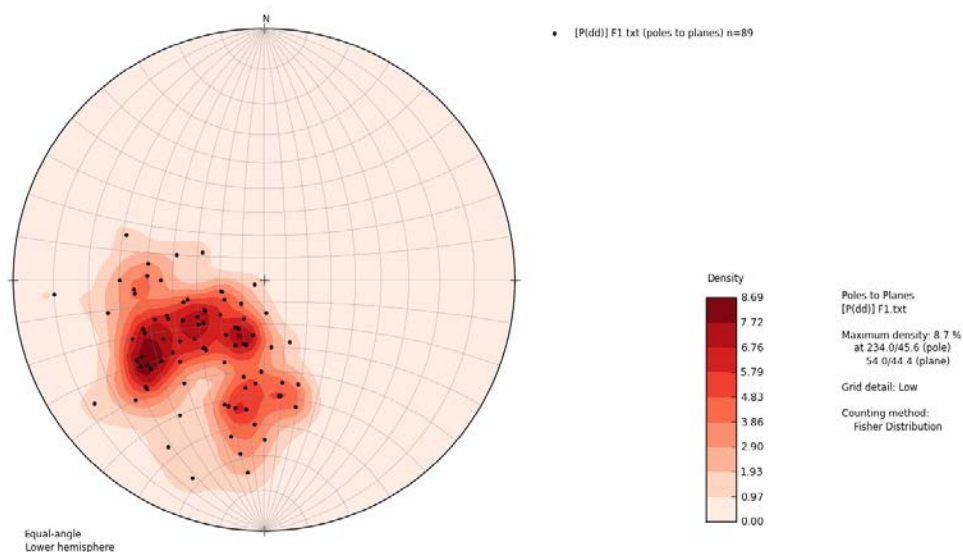


Figura 5.4.3.8.1. – Estereograma de frequência dos polos da família de fratura F1 reconhecida na área (projeção no hemisfério inferior).

5.4.3.2. Família de Fratura 2 (F2)

A família de fratura F2 é, nesta porção da mina, menos penetrativa que F1. Entretanto o padrão de fraturamento que gera F2 marca um maior espaçamento das fraturas, visto que está encontra-se paralela a subparalela à foliação Sn, realçada pelo deslocamento ao longo desses planos, proporcionando que as fraturas aumentem seu espaçamento e sua continuidade lateral.

A F2 ocorre também com direção NW/SE com mergulhos variando de 10 à 80° para SW, e como segue abaixo no estereograma gerado pelos dados estruturais coletados no mapeamento, a orientação preferencial é N47W/39SW (233/39 pela reta de mergulho– *dip direction*), porém com uma maior dispersão das atitudes ao longo do intervalo WSW/ESE até NNW-SSE (Figura 5.4.3.2.1.).

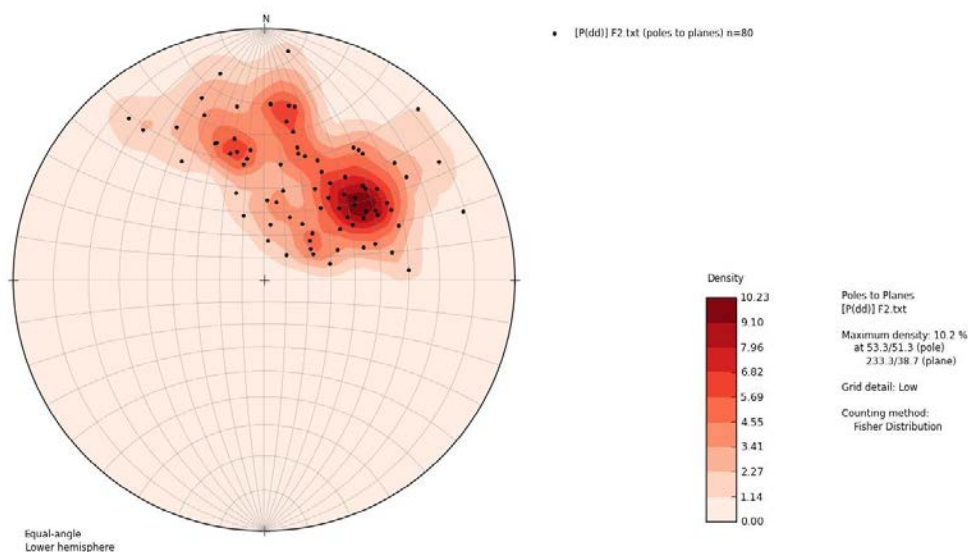


Figura 5.4.3.2.1. – Estereograma de frequência dos polos da família de fratura F2 reconhecida na área (projeção no hemisfério inferior).

A imagem abaixo (Figura 5.4.3.2.2.) demonstra a relação entre F2 (plano, linha e ponto em azul) e a foliação Sn (plano, linha e ponto em amarelo claro), onde ambas estão orientadas próximas a NW/SE, mergulhando subparalelas para SW, o que confirma a ideia de que F2 aproveita o deslocamento natural dos metassedimentos, tendo servido principalmente com fraturas abertas e mais espaçadas para o processo de fenitização. O estereograma tridimensional foi gerado com a orientação preferencial adquirida nos estereogramas de F2 e Sn.

Abaixo segue uma seção esquemática WSW-ENE (Figura 5.4.3.2.3.) demonstrando o padrão de fraturamento que F2 desenvolve segundo os planos de fraturas dos metassedimentos, mergulhando subparalelo a paralelo em relação a estes planos, que contêm Sn, e a abertura das fraturas perpendicular às suas paredes.

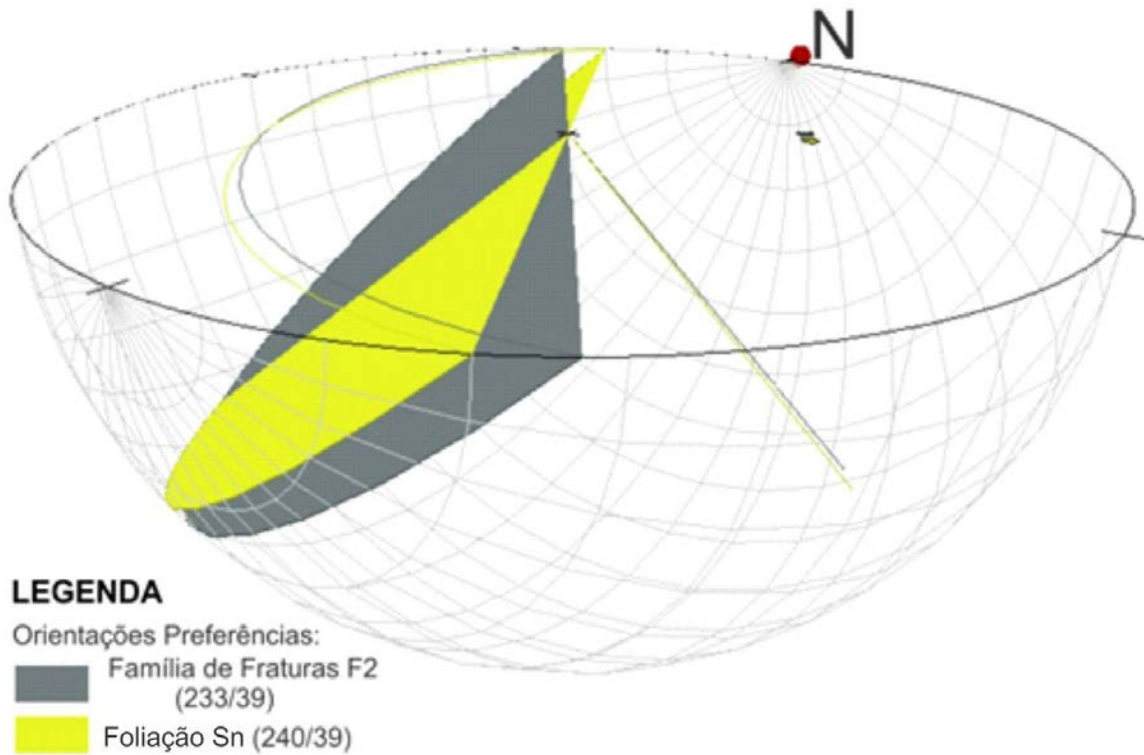


Figura 5.4.3.2.2. – Estereograma tridimensional esboçando a relação de orientação e mergulho desenvolvida pela foliação Sn (amarelo) e a família de fratura F2(cinza), onde ambas estão aproximadamente orientadas de NW/SE, mergulhando subparalelo para para SW, a plotagem de dados para confecção do estereograma foi realizada com os valores da orientação preferencial adquiridos nos estereogramas de frequência dos polos da Sn e F2.

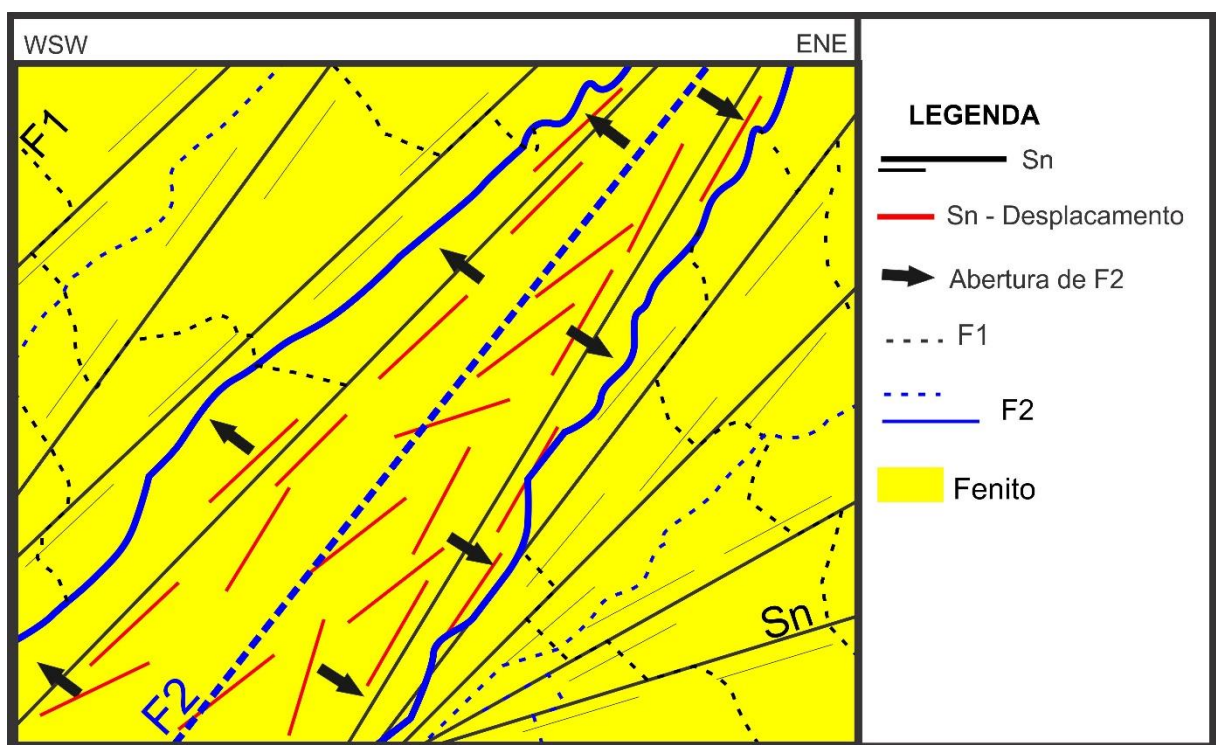


Figura 5.4.3.2.3. – Seção esquemática demonstrando o maior espaçamento os planos de fraturas da família F2 devido ao deslocamento natural desenvolvido segundo aos planos de foliação que são paralelos a subparalelos aos planos de F2.

5.4.3.3. Família de Fratura 3 (F3)

A família de fratura F3 está correlacionada ao evento de resfriamento magmático desta porção do complexo, diretamente ligado à acomodação dos corpos intrusivos e desenvolvimento de juntas por alívio de pressão. A F3 ocorre de NNE para SSW, com mergulho variando de 0 à 30° para WNW com orientação preferencial 288/20 (reta de mergulho – *dip direction*) ou N18E/20NW. Destaca-se a posição sub-horizontal destas fraturas (Figura 5.4.3.3.1).

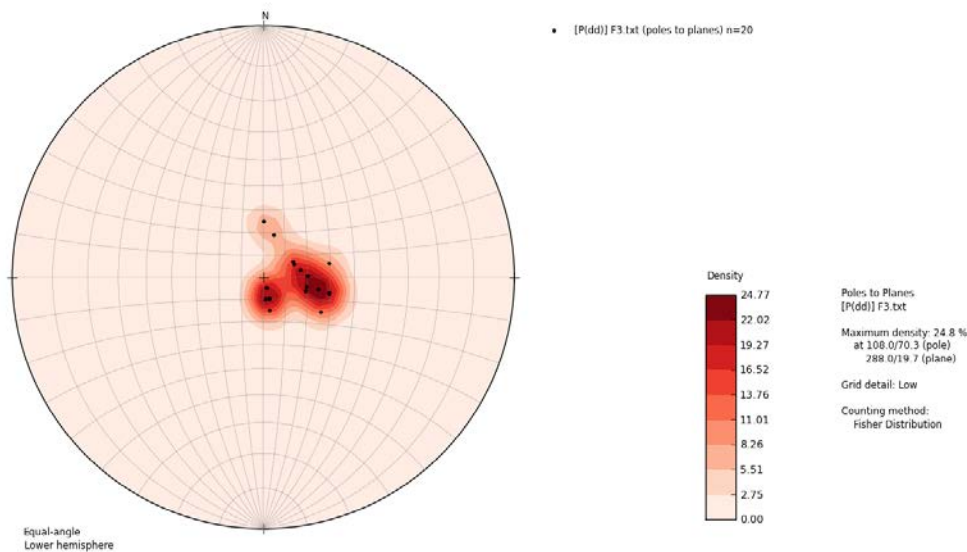


Figura 5.4.3.3.1. – Estereograma de frequência dos polos da família de fratura F3 reconhecida na área (projeção no hemisfério inferior).

5.4.3.4. Família de Fratura (F4)

A família de fraturas F4 também é associada ao mesmo evento de resfriamento magmático que gera F3, porém é menos penetrativa que as anteriormente descritas. É a estrutura menos presente na área mapeada. A F4 ocorre também com mergulhos de baixo ângulo, subhorizontais, para ESE, segundo o estereograma abaixo gerado com os dados coletados em campo. Os mergulhos variam de 0 a 40° para ESE com orientação preferencial 100/12 (pela reta de mergulho – *dip direction*) ou N10E/12SE (Figura 5.4.3.4.1.).

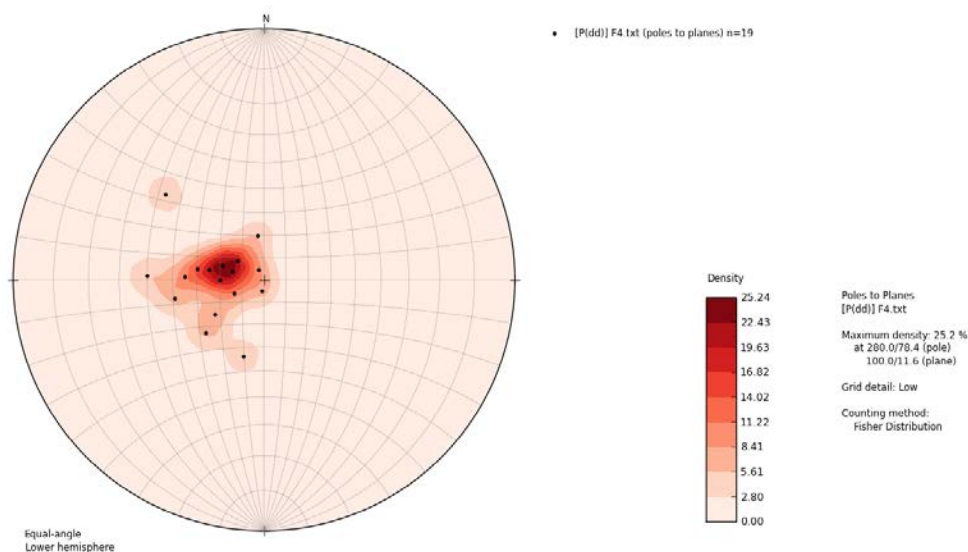


Figura 5.4.3.4.1. – Estereograma de frequência dos polos da família de fratura F4 reconhecida na área (projeção no hemisfério inferior).

5.4.3.5. Padrão de Fraturamento

O estereograma tridimensional à seguir (Figura 5.4.3.5.1.) demonstra a relação das quatro famílias de fratura (F1, F2, F3 e F4), representando o padrão de fraturamento geral reconhecido no talude leste da mina. Em cinza claro são representados os dois planos com orientação preferencial das fraturas F1 e F2, esta última reativando Sn. Ambas representam os condutos principais para a acomodação (na escala de talude) das intrusões das diferentes composições, no Cretáceo Superior. Ambas se apresentam orientadas segundo a direção NW/SE, com F1 mergulhando para NE e F2 mergulhando para SW. Em Azul são representados os dois planos com orientação preferencial das fraturas de resfriamento magmático (F3 e F4), orientadas segundo NNE/SSW, mas F3 mergulha para WNW e F4 para ESE. A relação entre esses 4 planos distintos de fratura compõem a configuração geral do padrão de fraturamento desenvolvido na rocha fresca.

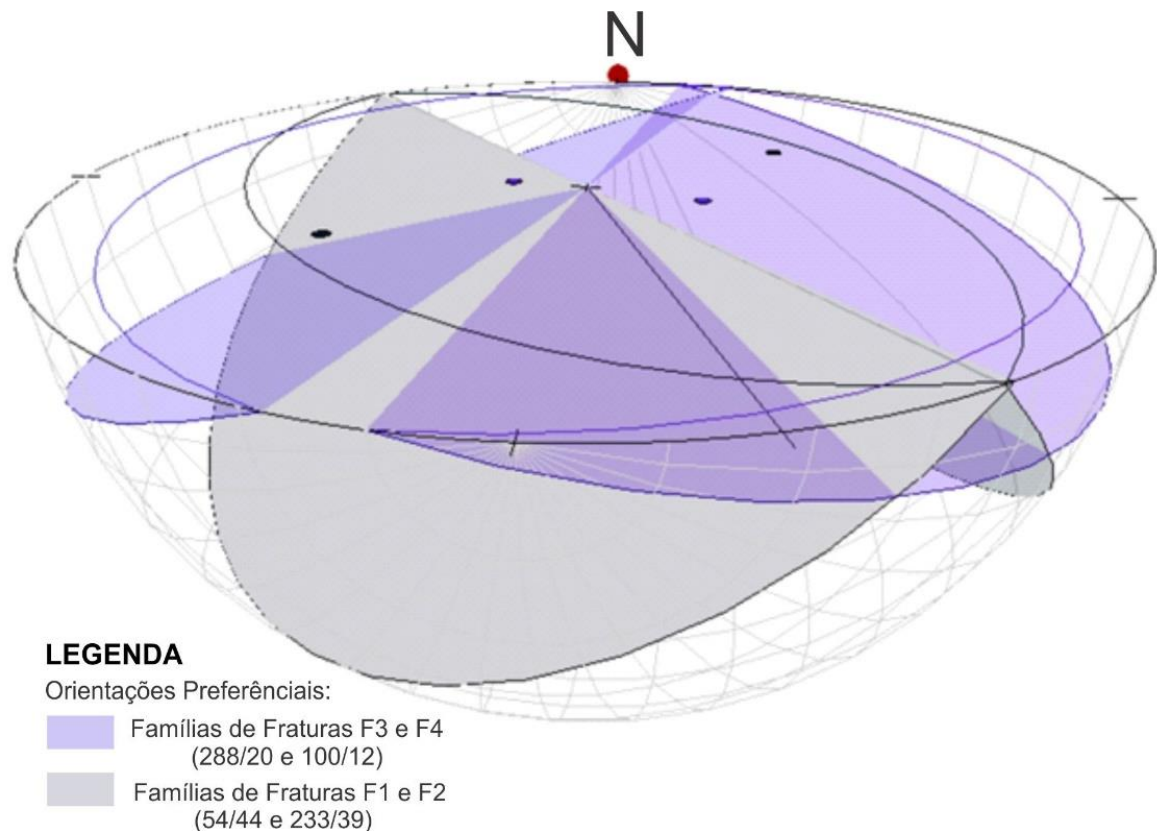


Figura 5.4.3.5.1. - Estereograma tridimensional demonstrando as orientações e mergulhos de todas das quatro famílias de fraturas que representam o padrão de fraturamento da área mapeada. Em cinza são esboçadas os planos de fraturas das Famílias F1 e F2 e em azul os planos de fraturas das famílias F3 e F4. Foram usadas as orientações preferências fornecidas pelos estereograma de frequência dos polos de cada família de fratura para a geração desta imagem.

Este padrão em escala de afloramento pode ser visualizado a partir da figura ilustrativa abaixo (Figura 5.4.3.5.2.), onde estão destacadas as quatro famílias de fraturas em um dos afloramentos da rocha fresca.

O padrão de fraturamento é demonstrado no bloco esquemático tridimensional apresentado a seguir (Figura 5.4.3.5.3.), onde é possível visualizar a relação estrutural e espacial das quatro famílias de fraturas (F1, F2, F3 e F4) e a foliação (Sn) em relação a seus estereogramas com orientação preferencial.

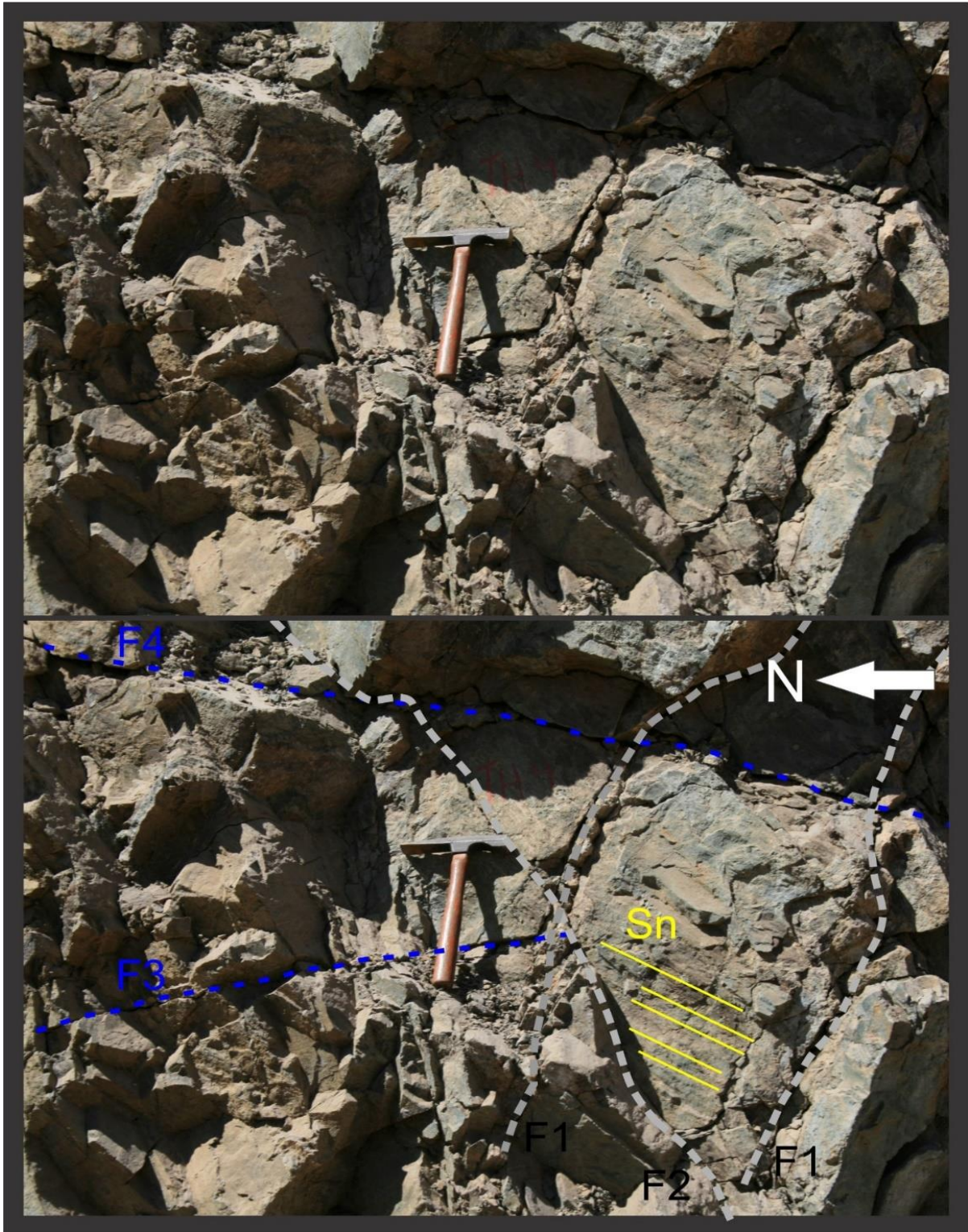


Figura 5.4.3.5.2. – Foto de afloramento demonstrando o padrão de fraturamento da área, englobando as quatro famílias de fraturas (F1, F2, F3 e F4) reconhecidas durante o trabalho.

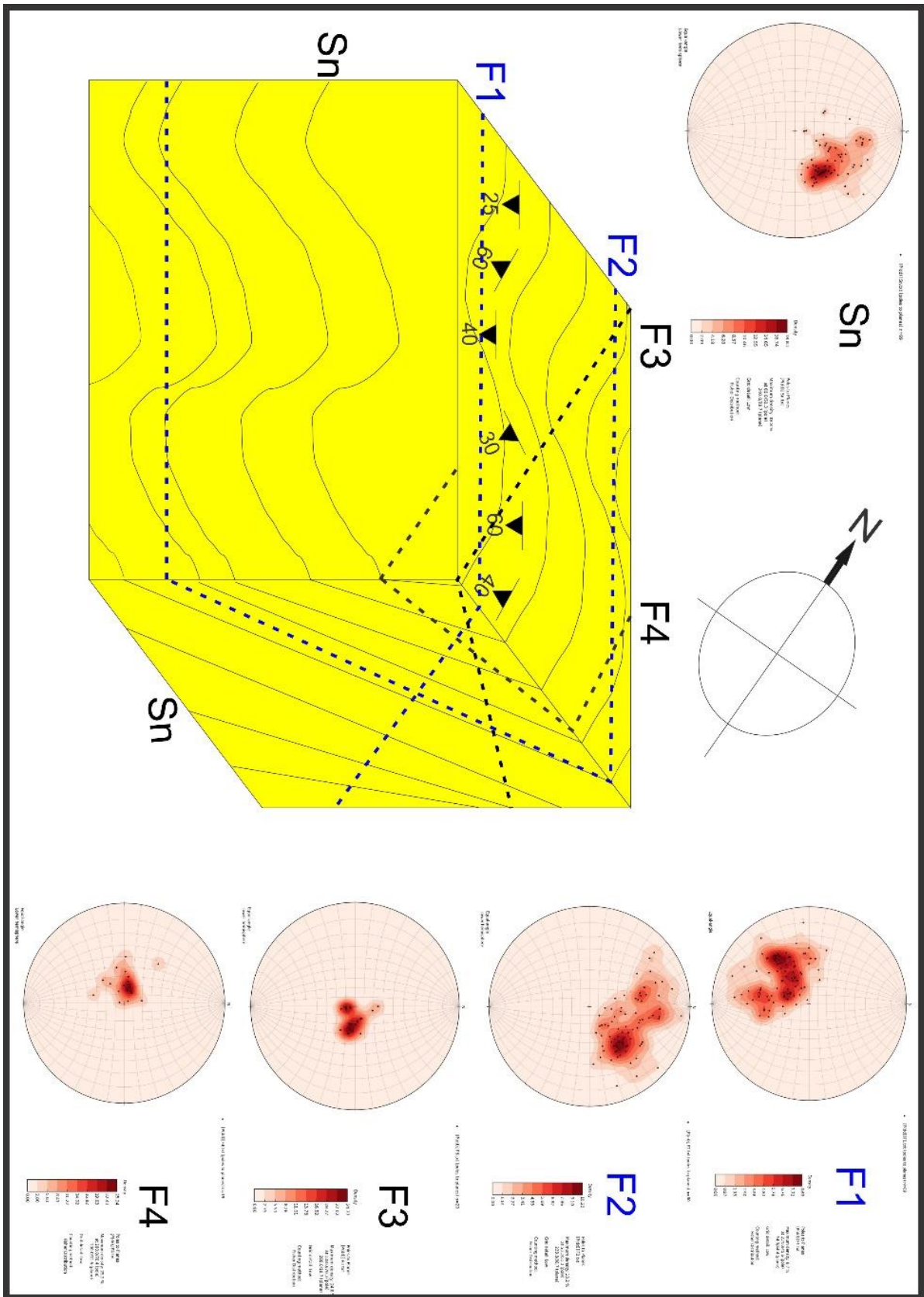


Figura 5.4.3.5.3. – Bloco tridimensional demonstrando o padrão de fraturamento desenvolvido pelas quatro famílias de fraturas F1, F2, F3 e F4, e suas relações com a foliação Sn. São esboçados os estereogramas de frequência dos polos das cinco estruturas utilizadas na confecção desta imagem.

5.4.4. Estruturas das Litologias Intrusivas

Pensando em uma sequência lógica de derivação magmática, interação e reações com as rochas encaixantes e intrusão em níveis superiores, o quadro ideal de pulsos magmáticos com variação de composição, seria o seguinte: a partir do magma primitivo picrítico (Série Kamafugítica) e suas interações com porções fundidas que compõe porções pontuais da litosfera, evoluiu por meio de complexas combinações de cristalização fracionada, imiscibilidade de líquidos, segregação magmática, desgaseificação e metassomatismo (Brod et al., 2000; Barbosa, 2009; Ribeiro, 2008; Grasso, 2010), assim derivando primeiramente os magmas de filiação carbonatítica que, através de diferenciação magmática e imiscibilidade de líquidos desenvolve três litotipos (ainda de caráter carbonatítico): o calciocarbonatito, o magnesiocarbonatito e o ferrocronatito. A fração apatítica, o nelsonito, é entendida como diferenciação a partir da imiscibilidade de líquidos, gerado a partir do magma carbonatítico. Por outro lado, o pseudo-nelsonito é derivado por segregação magmática e desgaseificação nas fases finais de cristalização do cálcio-carbonatítico. O magma picrítico ascende e intrude as rochas encaixantes (inclusive as alcalinas) em função do final da evolução e abertura das fraturas decorrente do alívio de pressão, representando assim o último pulso intrusivo.

Em um contexto temporal, estima-se então que a primeira série de rochas que intrudiria a área mapeada é a série carbonatítica. No entanto, o reconhecimento das diversas fases composicionais, seu arranjo na forma de diques (mesmo que irregulares) e a sua superposição (considerando que um determinado tipo mais antigo em sua intrusão é cortado pelo tipo mais jovem) mostra que a evolução do Complexo de Catalão II se dá por consecutivos pulsos de magmas carbonatíticos e nelsoníticos que interagem entre si ou não (Palmieri, 2011), sendo extremamente complexo definir intervalos bem definidos em tempo de ocorrência de cada uma das litologias derivadas destes dois magmas.

Pontualmente, onde se localiza a rocha fresca é possível entender que tanto o calciocarbonatito como o magnesiocarbonatito, e o apatita nelsonito, ocorrem na maior parte das vezes concordantemente em tempo e intrudem uns aos outros na forma de diques e soleiras, e são intrudidos pelos diques tardios de pseudo-nelsonito gerados nas fases finais do calciocarbonatito. O magma ultramáfico deriva o picrito, este sim distinto em tempo das intrusões alcalinas, pois intrude as rochas cruzando todas as litologias do complexo, posteriormente a todo o evento da evolução alcalina.

Para representar tentativamente esta organização sequencial, são apresentados a seguir os dados estruturais dos diques das rochas alcalinas e ultramáfica, acompanhados de esquemas

ilustrativos. As orientações preferenciais foram determinadas a partir dos dados estruturais obtidos no campo.

5.4.4.1. Carbonatito (Cb)

Tanto o calciocarbonatito como o magnesiocarbonatito ocorrem na forma de soleiras ou “stockworks” de diques que vão de centímetros a metros, em duas orientações preferenciais mais penetrativas (Figura 5.4.4.1.1.). As intrusões mais importantes ou mais repetitivas ocorrem na direção NW/SE com o mergulhos variando 10 a 70° para NE (40/24 pela reta de mergulho – *Dip Direction*), aproveitando a abertura das famílias de fraturas F1. A segunda orientação em importância em que os carbonatitos intrudem raramente é vista na área, mas ocorrem direcionadas NE/SW, com mergulhos médios a altos, variando de 40 a 90° para SE. Neste caso, aproveitaram algumas fraturas das famílias F1 e F2. Ambas estruturas estão representadas no estereograma abaixo confeccionado com as medidas coletadas em campo.

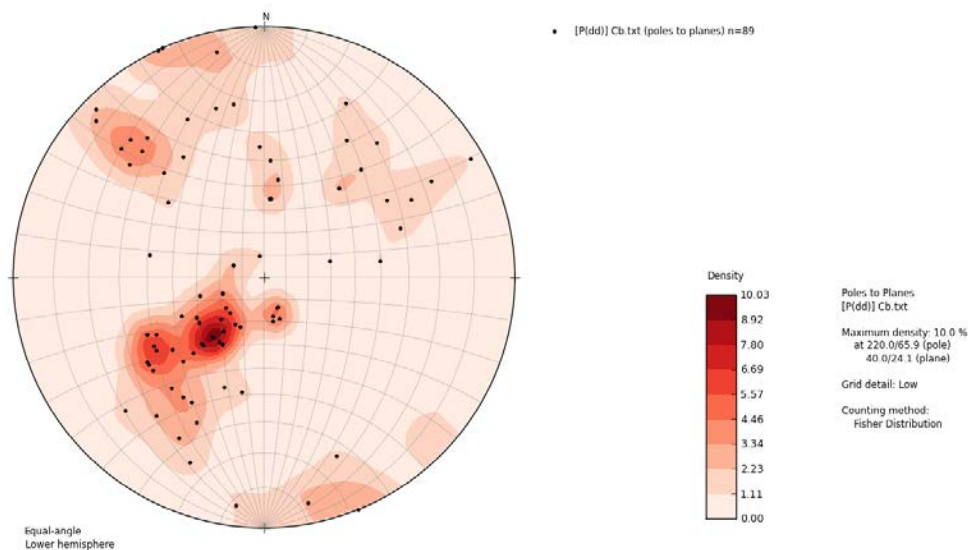


Figura 5.4.4.1.1. – Estereograma de frequência dos polos dos diques de calciocarbonatito e magnesiocarbonatito reconhecidos na área (projecção no hemisfério inferior).

A Figura 5.4.4.1.2. apresenta um modelo esquemático, representando o comportamento dos corpos carbonatíticos em relação as famílias de fraturas F1 e F2, e a foliação Sn. Também é esboçada a derivação dos diques de pseudonelsonito dos diques de magnesiocarbonatito. É possível reconhecer que, mesmo irregulares e intensamente segmentados, apresentam forte controle estrutural pelas fraturas F1, distorcidos em ângulos

altos para dentro de pequenos segmentos F2. A derivação para pseudonelsonitos, em fases tardias e enriquecidas em magnetita, também mostram este controle pelas fraturas principais do diques de carbonatitos.

A Figura 5.4.4.1.3. a seguir coletada em campo demonstra o comportamento irregular dos diques de cálcio-carbonatito, apresentando duas orientações preferenciais principais, uma com um mergulho sub-vertical (85°) e a outra com mergulho aproximadamente 20° , porém ocorrendo também em diversas direções, com variadas espessuras.

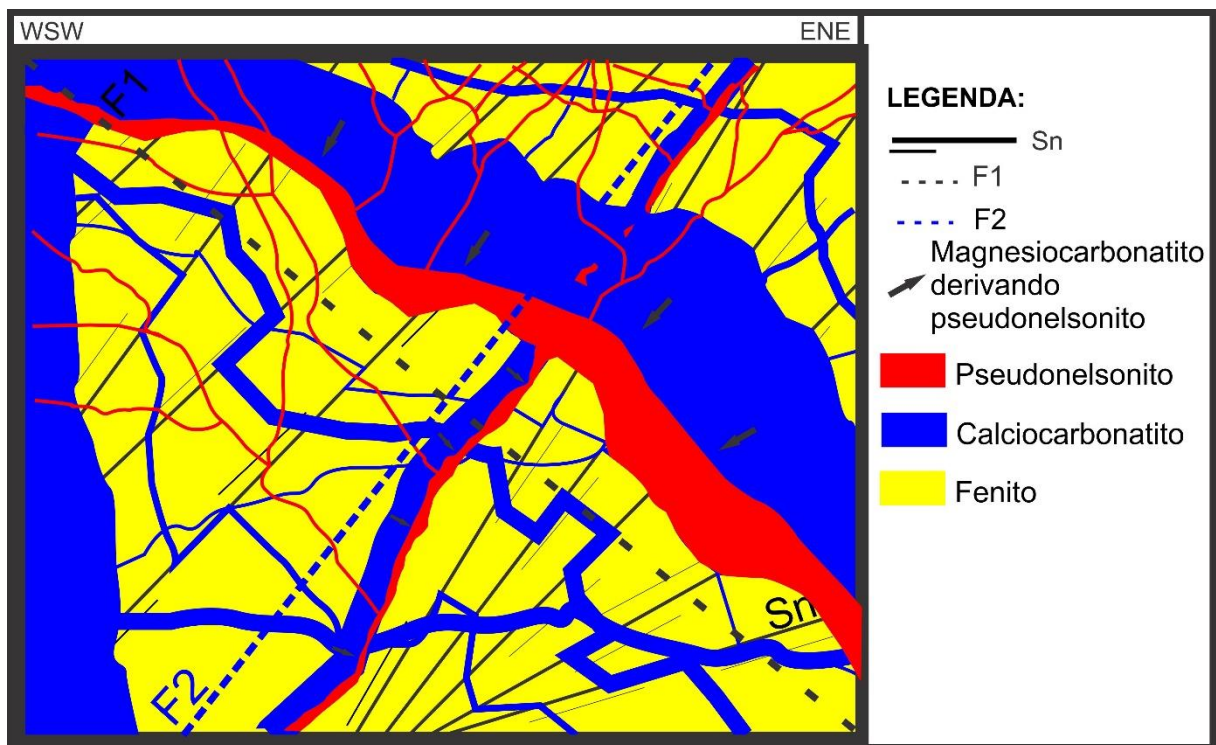


Figura 5.4.4.1.2. – Seção esquemática demonstrando a intrusão dos carbonatitos em diversas orientações e mergulhos conforme mostrado no estereograma de frequência dos polos dos diques de carbonatito. Também é esboçado a gênese do pseudonelsonito que são derivados durante os processos finais de cristalização do magnesiocarbonatito por segregação magmática.

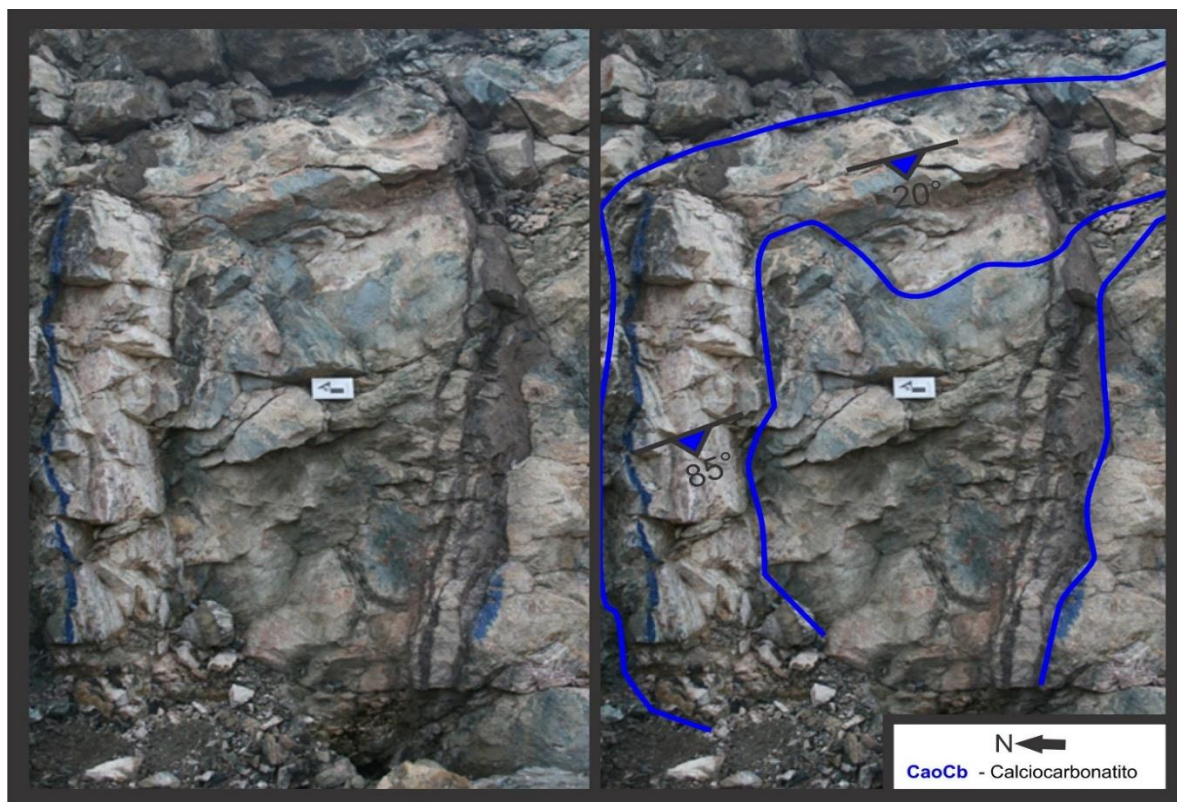


Figura 5.4.4.1.3. – Foto de afloramento demonstrando o comportamento irregular dos diques de Cálcio-carbonatito, com dois diques com orientações aproximadas e mergulhos para SW, mas um dos diques mergulha sub-vertical com um anglo de 85° e o outro mergulha com um anglo de 20°

A seguir é demonstrado na Figura 5.4.4.1.4. o comportamento irregular dos diques de calcicarbonatito em suas encaixantes (fenito e anfíbolito), visto que devido a diferente competência de cada um dos dois litotipos, no fenito os diques de carbonatito são mais espessos em escala métrica, com planos mais abertos e espaçados que no anfíbolito, que apresenta veios em escala centimétricas. É possível visualizar a derivação de um dique de pseudo-nelsonito dentro de um dos diques de calcicarbonatito como é esboçado na imagem.

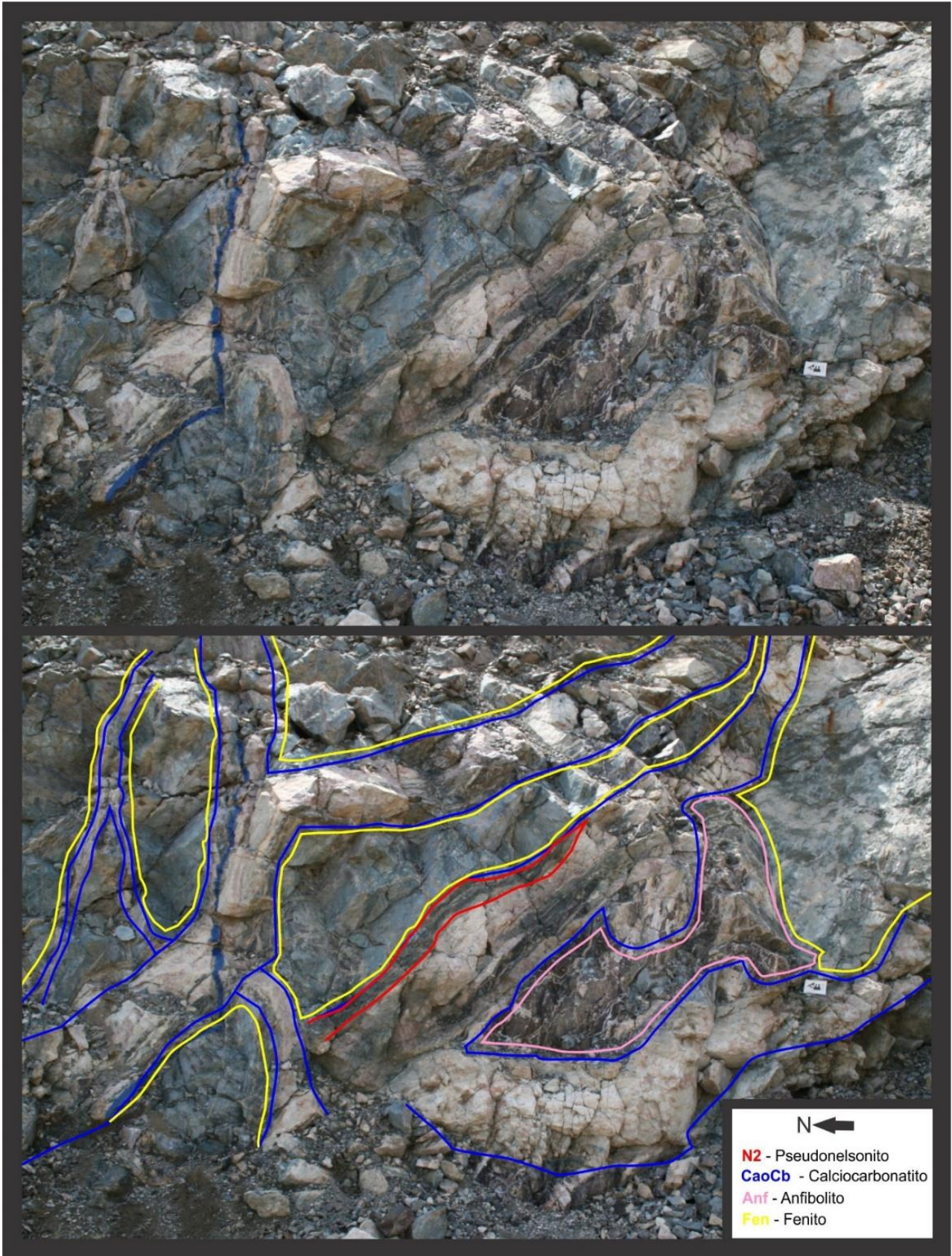


Figura 5.4.4.1.4. – Foto de afloramento demonstrando o comportamento irregular dos diques de calciocarbonatito e a complexidade para definir uma ordem temporal para as intrusões.

5.4.4.2. Nelsonito (N1)

O apatita nelsonito, devido á baixa viscosidade do magma, intrude em diversas orientações preferenciais, muitas vezes ocorrendo na forma de espessos diques ou soleiras, quando paralelo à família de fraturas F2. Como discutido acima, os diques são encontrados principalmente paralelos à foliação Sn, como demonstra a maior densidade de medidas estruturais no estereograma da Figura 5.4.4.2.1. Este tipo de estrutura ocorre com direção principal NW/SE, mergulhando entre 40 e 60° para SW, com orientação preferencial N47W/51SW (223/51 pela reta de mergulho – *Dip Direction*). O arranjo de porções de nelsonito laterais aos corpos anfíbolíticos permite a interpretação de que, durante a ascensão do magma nelsonítico, ao encontrar barreiras de maior densidade ou maior resistência ao faturamento que impediram que este continuasse a subir (tais barreiras na mina são representadas pelos corpos anfíbolíticos), o “barramento” forçou a acumulação de fluídos, a desgaseificação, levando a um acúmulo de fluídos localizado e proporcionando a formação de soleiras (*Figura 5.4.4.3.2.*). O aumento da pressão de fluídos na rocha acentuou o faturamento, levando ao desenvolvimento de inúmeros diques, formando “stockworks” de diques centimétricos de nelsonitos mineralizados. Tais “stockworks” de diques também são formados nas encaixantes feníticas, porém com diques mais espessos que no anfíbolito. Como registrado no estereograma, nos “stockworks” as direções dos diques, além da direção principal, ocorrem direcionados NW/SE, mergulhando em torno 50 e 60° para NE subparalelos à paralelos a família de fraturas F1, ou ainda NE/SW mergulhando em torno 10 a 20° para SE, ou em torno de 10 a 20° para NW, segundos os planos das famílias de fratura F3 e F4, ou de NW para SE, mergulhando vertical, como mostram os diferentes grupos de polos esboçados no estereograma abaixo.

A Figura 5.4.4.2.2. abaixo demonstra um dique de nelsonito encaixado entre o fenito e o calciocarbonatito segundo o plano de fratura da família F2, onde a intrusão do nelsonito arranca e engloba um xenólito de magnesiocarbonatito. Entretanto um dique centimétrico de magnesiocarbonatito intrude cortando toda a estrutura.

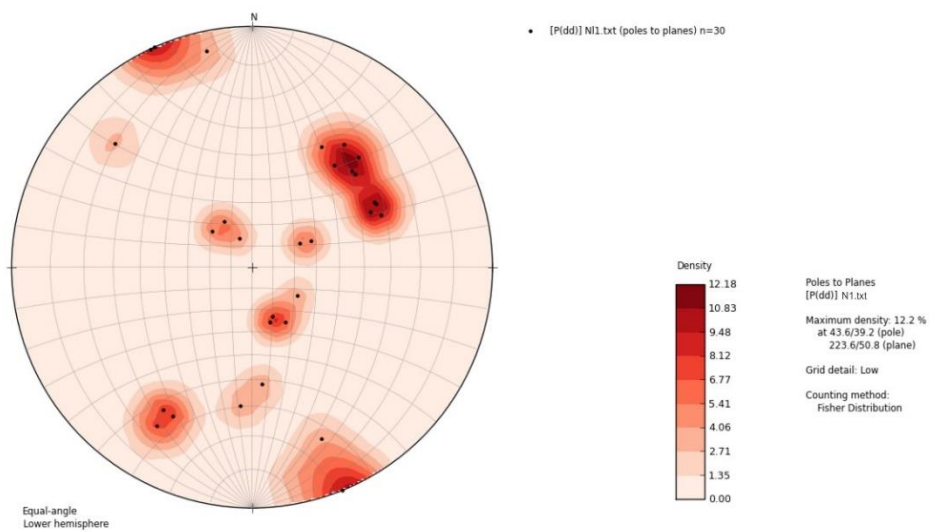


Figura 5.4.4.2.1. – Estereograma de frequência dos polos dos discos e soleiras de Nelsonito reconhecidos na área (projeção no hemisfério inferior).

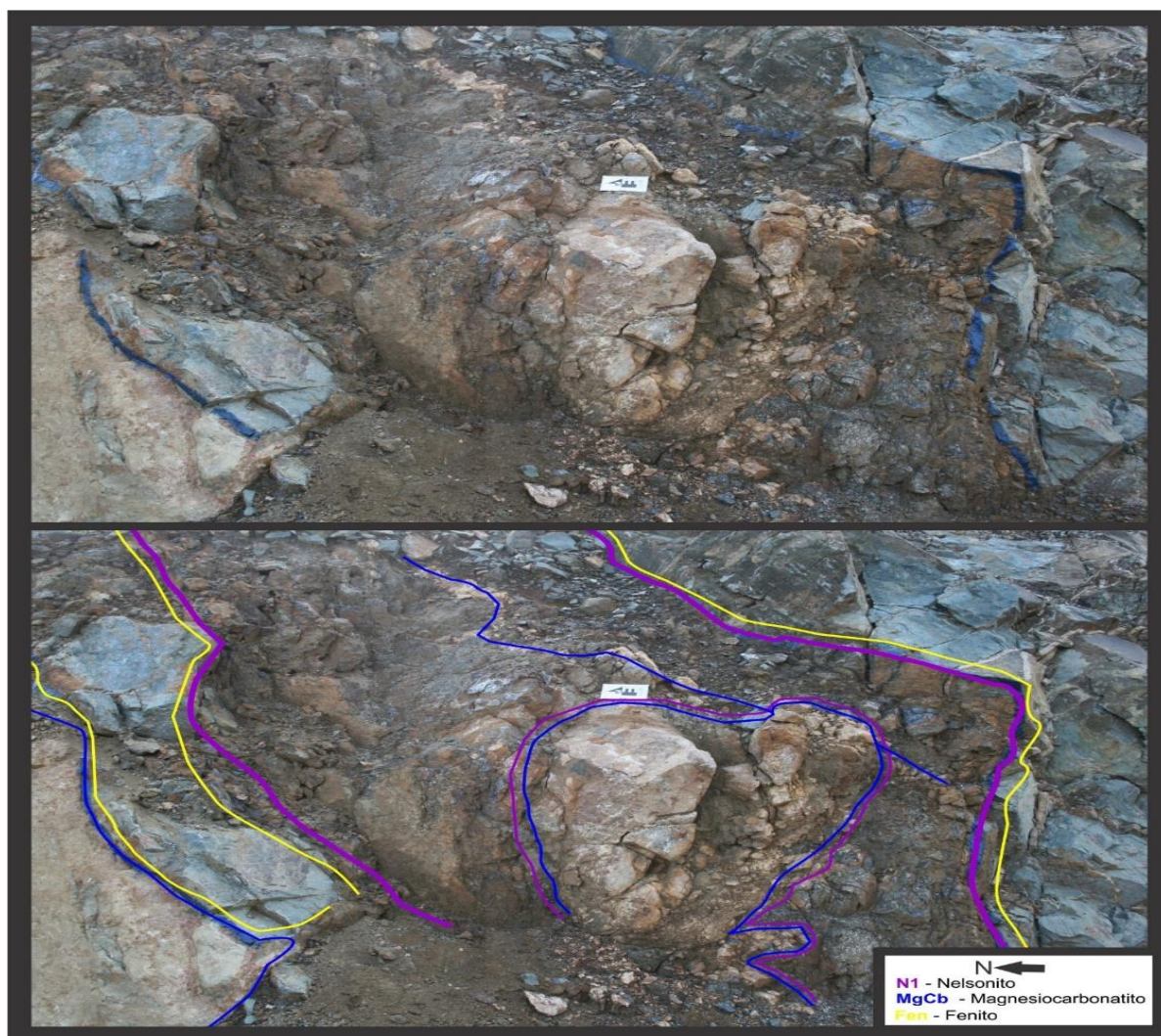


Figura 5.4.4.2.2. – Foto de afloramento demonstrando o comportamento irregular de uma soleira de nelsonite englobando um xenólito de magnesiocarbonatito.

5.4.4.3. Pseudo-nelsonito (N2)

O pseudo-nelsonito é derivado nas fases finais de cristalização do magma magnesiocarbonatítico, pelo processo de segregação magmática. Ocorre também na forma de “stockworks” de diques que vão de escala centimétrica a métrica, orientados preferencialmente (Figura 5.4.4.3.1.) de NW/SE, com mergulho variando entre 5 e 70° para NE, indicando orientação preferencial N37W/38NE (53/38 pela reta de mergulho – *Dip Direction*) conforme o estereograma abaixo. Destaca-se que esta orientação é paralela a subparalela aos planos de fratura da família F1.

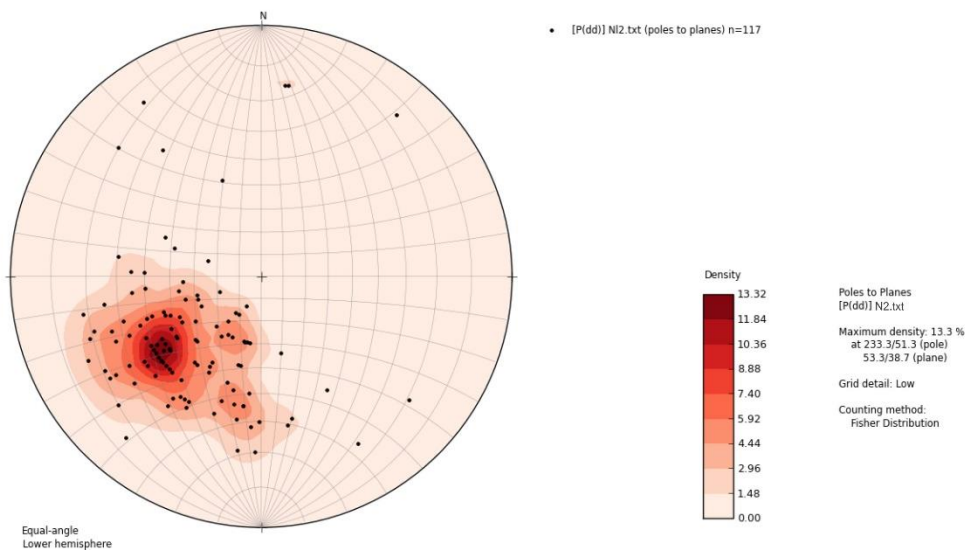


Figura 5.4.4.3.1. – Estereograma de frequência dos polos dos diques de Pseudo-nelsonito reconhecidos na área (projeção no hemisfério inferior).

A Figura 5.4.4.3.2. abaixo mostra o modelo esquemático do comportamento dos diques (NW/SE mergulhando para NE, subparalelo à subparalelo a F1) e soleiras (NW/SE mergulhando para SW, paralelo à subparalelo à F2) de apatita nelsonito e “stockworks” de diques de pseudo-nelsonito (NW/SE mergulhando para NE, paralelo à subparalelo à F1), em relação a foliação S_n e as famílias de fraturas F1 e F2. Cabe salientar ainda que os diques de pseudo-nelsonito também formam núcleos em barreiras de gravidade, que também por desgaseificação acumulam e formam esses núcleos ou bolsões, como ilustrado na figura.

Seguindo a ordem cronológica estipulada das intrusões, na seção a seguir os diques de Carbonatito já estavam presentes durante as intrusões do nelsonito e do pseudo-nelsonito, entretanto para otimizar a visualização do desenho que visa ilustrar a orientação preferencial dos magmas nelsonítico e pseudo-nelsonítico segundo as famílias de fraturas (F1 e F2), não foram ilustrados os diques de Carbonatito.

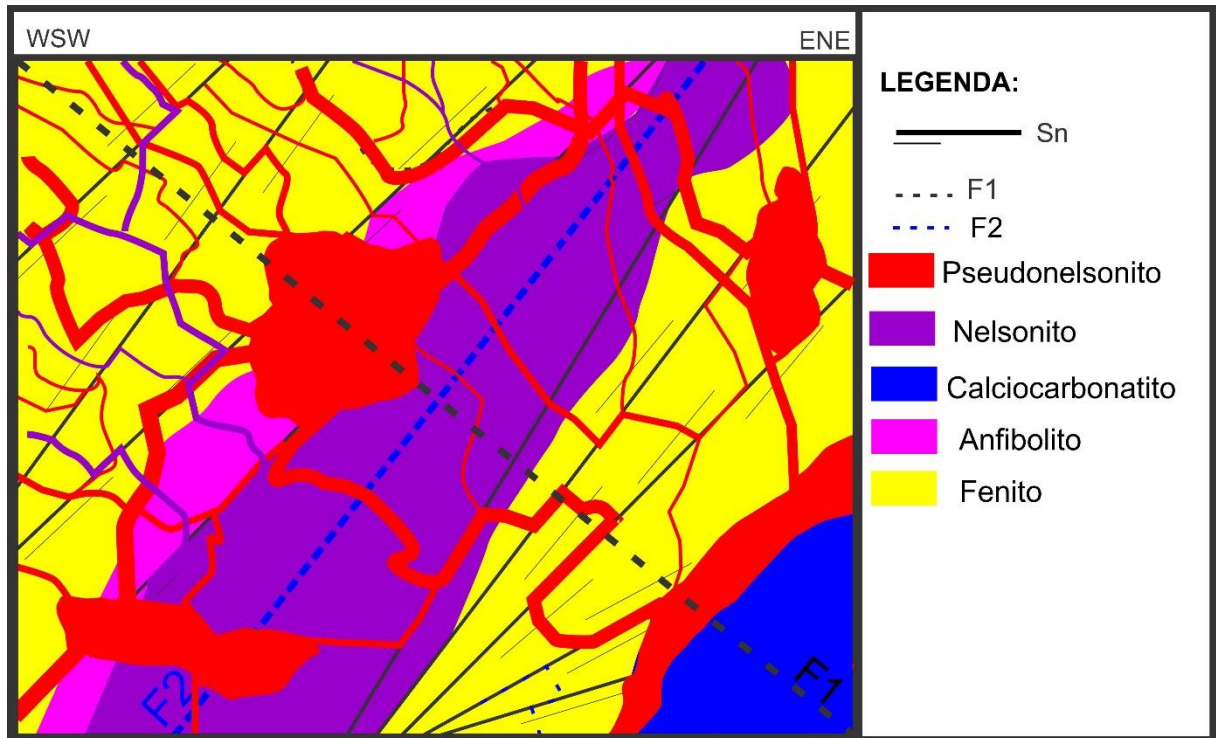


Figura 5.4.4.3.2. – Seção esquemática demonstrando a intrusão dos diques e soleiras de nelsonito quando em contato com um corpo anfíbolítico, o que interrompe a ascensão do nelsonito e proporciona a formação de soleiras, que estão orientados preferencialmente paralelos à subparalelos a orientação preferencial da família de fratura F2 segundo o estereograma de frequências dos polos do nelsonito e F2, e mergulhando para SW, o que proporciona maior espaçamento para formação de diques e soleiras em escala métrica de tamanho, pois estão encaixados segundo os planos de deslocamento da foliação Sn. Também é possível visualizar a intrusão dos diques de pseudo-nelsonito com orientação preferencial paralela a subparalela a orientação preferencial da família de fratura F1 como consta nos estereogramas de frequências dos polos dos diques de pseudo-nelsonito e de família de fratura F1. É esboçado pontos de acumulação do magma pseudo-nelsonítico em barreiras de densidade como Anfíbolitos e a derivação deste do magma magnesiocarbonatítico.

A foto coletada em campo a seguir (Figura 5.4.4.3.3.) demonstra em escala de afloramento a relação entre os diques e soleira de nelsonito e suas orientações preferenciais em relação as famílias de fraturas F1 e F2. Também demonstra a derivação dos diques de pseudo-nelsonito e a acumulação deste magma na forma de núcleos e/ou bolsões.

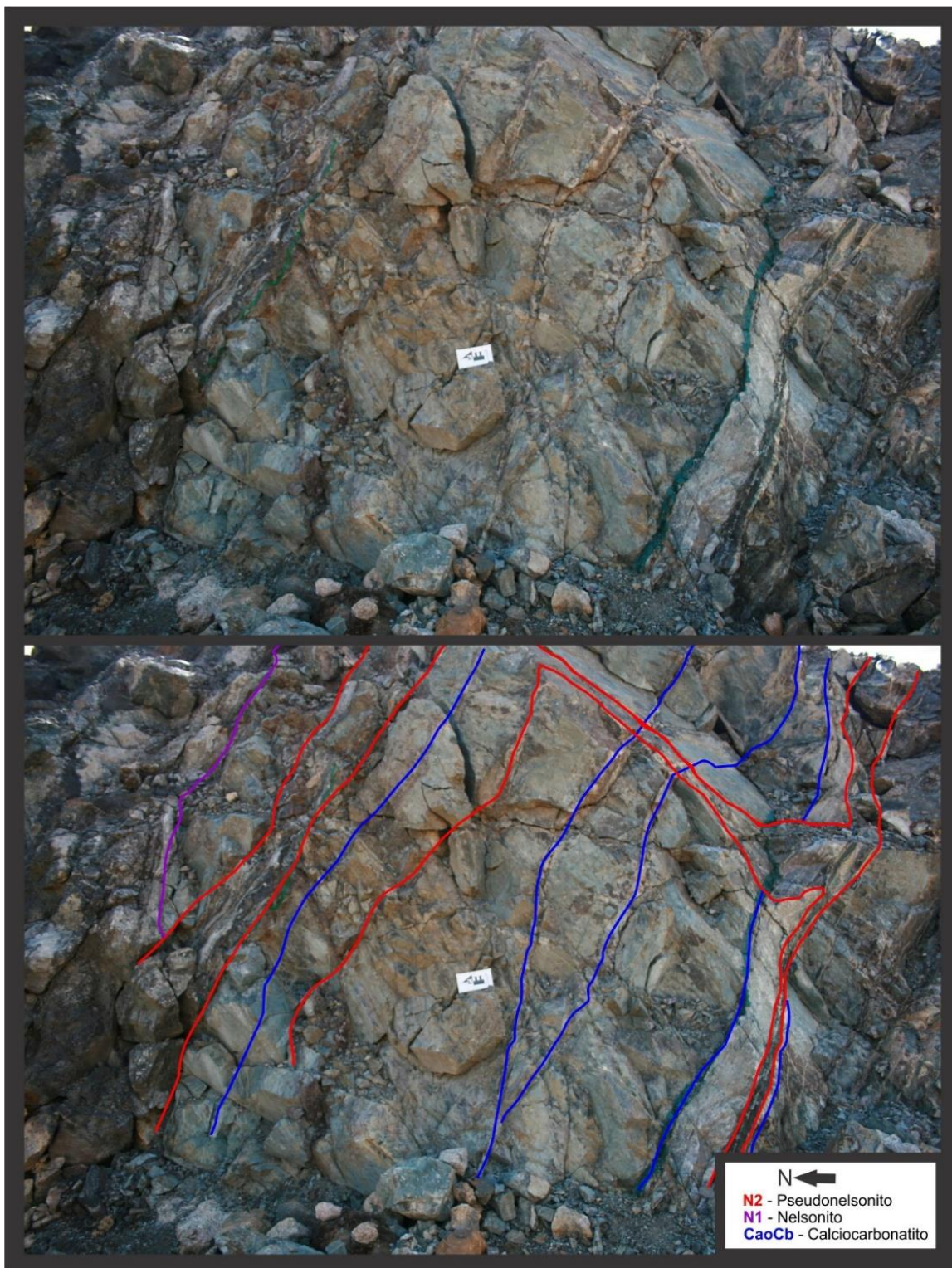


Figura 5.4.4.3.3. – Foto de afloramento demonstrando a relação entre diques e soleiras de Nelsonito, diques de Pseudo-nelsonito e Cálcio-carbonatito esboçadas na seção esquemática a cima (Figura 5.4.4.3.2.). É visível a diferente morfologia dos corpos de Nelsonito e Pseudo-nelsonito e também a derivação de um dique de Pseudo-nelsonito de um dique de Cálcio-carbonatito e os pontos de acumulação de magma como mostra a foto digitalizada.

5.4.4.4. Picrito (Pi)

O Picrito representa a série kamafugítica, de caráter ultramáfico, e é o último magma a intrudir a área mapeada. As intrusões, também irregulares mas com dimensões tabulares bem preservadas na forma de diques de espessura variada desde centímetros a metros, intrudem cruzando as demais litologias tanto da encaixante quanto das intrusões alcalinas precedentes. São orientados preferencialmente (Figura 5.4.4.4.1.) a NW/SE, com o mergulho variando entre 10 e 70° para SW, e segundo o estereograma inserido abaixo tem orientação preferencial N48W/44SW (222/44 pela reta de mergulho – *Dip Direction*), paralelo a subparalelo à família de fraturas F2.

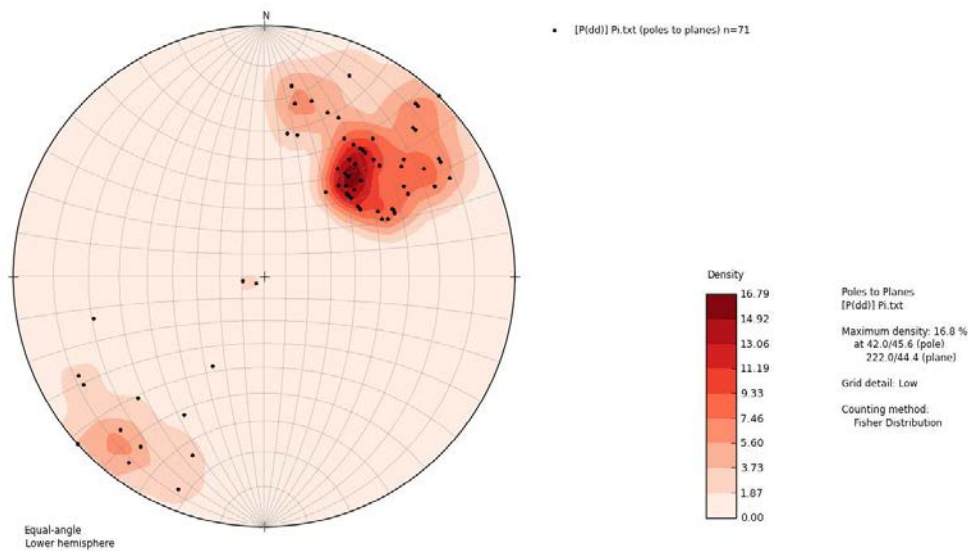


Figura 5.4.4.4.1. – Estereograma de frequência dos polos dos disques de Picrito reconhecidos na área (projeção no hemisfério inferior).

Conforme descrito acima, a família de fraturas F2 ocorre paralela a subparalela à foliação Sn (Figura 5.4.4.4.2.), o que proporciona uma maior abertura dos planos de fraturas, proporcionando que os diques nesta situação sejam em muitos casos espessos, geralmente em escala métrica. Nestes caso é possível reconhecer a textura de fluxo desenvolvida pela passagem e deposição de magma nos planos de fratura, com cristalização a partir da borda para o núcleo, indicando um sentido de abertura, como ilustrado na seção esquemática abaixo.

A Figura 5.4.4.4.3. demonstra as relações de contato de um dique de picrito que intrudido exatamente no contato entre um dique de carbonatito e a a rocha encaixante (fenito), confirmando a ideia da contínua abertura das famílias de fraturas F1 e F2 ao longo da evolução desta porção do complexo de Catalão II.

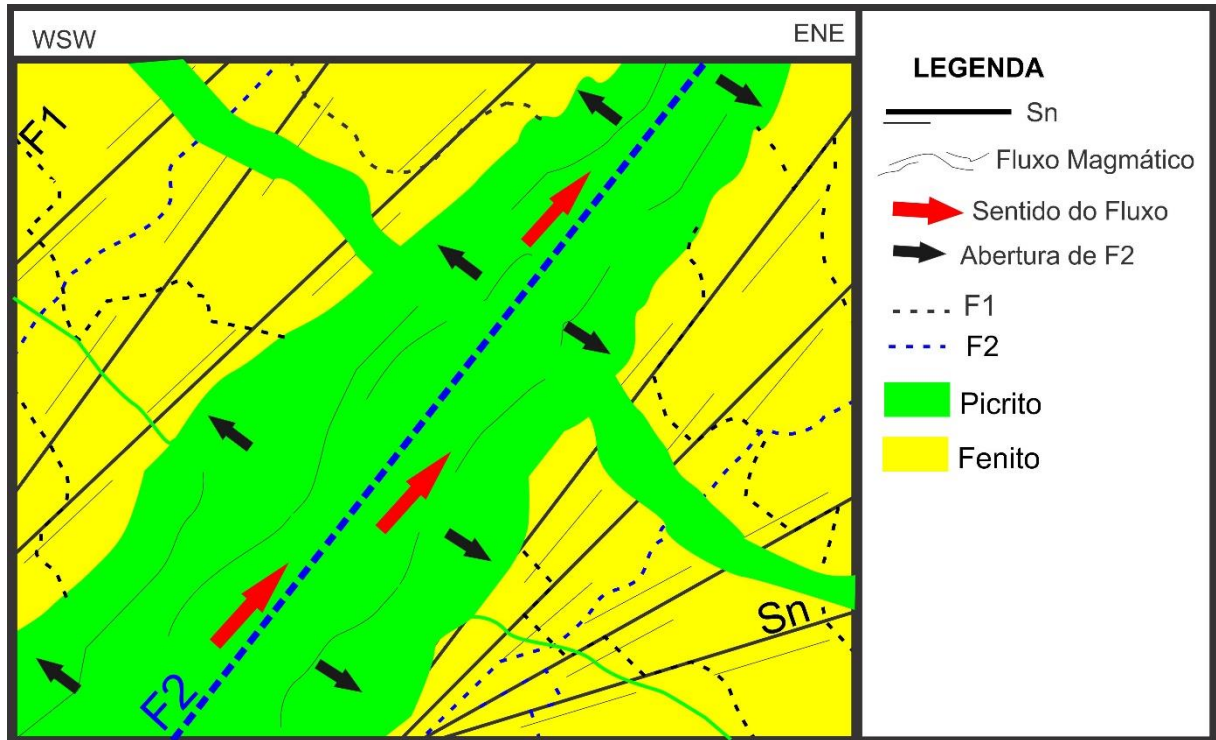


Figura 5.4.4.4.2. – Seção esquemática demonstrando a intrusão dos diques picrito orientados paralelos à subparalelos da família de fratura F2, como consta nos estereogramas de frequências dos polos dos diques de Picrito e da família de fratura F2. Cabe salientar que a espessura em escala métrica dos diques de Picrito são proporcionadas pelo deslocamento da foliação Sn que ocorre com a mesma orientação dos diques e da família de fratura F2.



Figura 5.4.4.4.3. – Foto de afloramento demonstrando a relação entre um dique de Picrito encaixado exatamente no contato de um corpo carbonatítico e um corpo fenítico, o que mostra a contínua abertura das famílias de fraturas F1 e F2 durante a evolução do complexo de catalão II.

5.4.5. Estrutura Padrão das Intrusivas

O estereograma tridimensional abaixo (Figura 5.4.5.1.) demonstra a relação entre os planos de orientação preferencial, intrudidos pelas diferentes rochas alcalinas e ultramáfica. O grupo dos carbonatitos é representado pelos dois planos, linhas e pontos em azul, o apatita nelsonito é representando pelo plano, linha e ponto em roxo, o pseudo-nelsonito é representado pelo plano, linha e ponto vermelho, e o picrito é representado pelo plano, linha e ponto verde. Há uma forte associação entre as fraturas reconhecidas e as direções principais dos diques, bem como entre o carbonatito e o pseudo-nelsonito, em fraturas inclinadas para NE, e entre o apatita nelsonito e o picrito, inclinados para SW, cujas fraturas parecem ter forte influência da foliação Sn.

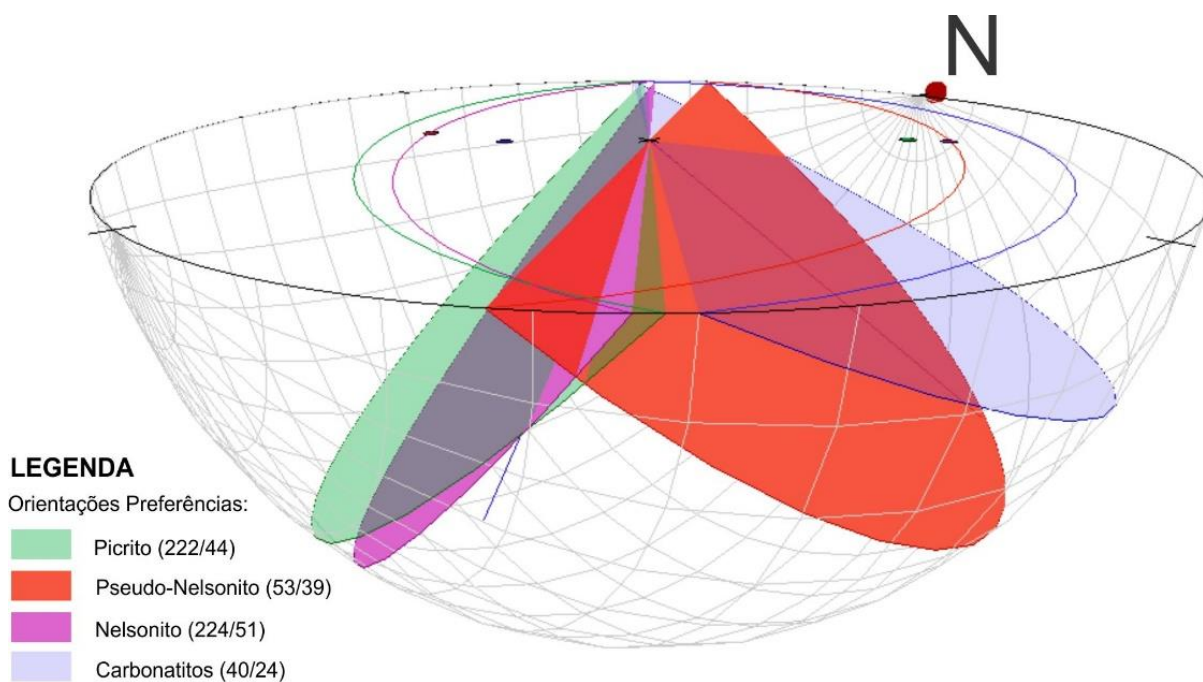


Figura 5.4.5.1. - Estereograma tridimensional demonstrando as orientações preferenciais segundo o estereograma de frequência dos polos de cada uma das quatro litologias intrusivas da área mapeada. Em azul claro são apresentados os Carbonatitos, em roxo o Nelsonito, em vermelho o Pseudo-nelsonito e em verde claro o Picrito.

O bloco esquemático tridimensional a seguir (Figura 5.4.5.2.) demonstra a relação entre a foliação Sn das rochas encaixantes (fenitos e anfíbolitos), com as quatro famílias de fraturas (F1, F2, F3 e F4). Estas fraturas são intrudidas ou não durante os pulsos magmáticos de cada litologia presente. Assim, é visível que os diques e soleiras de carbonatitos intrudem segundo os planos de fraturas F1, F3 e F4, fato também que as soleiras e diques mais espessos de nelsonitos e picritos intrudem segundo os planos da família fratura F2, e o pseudo nelsonito preferencialmente intrude os planos da família de fraturas F1.

Modelo 3D de evolução das intrusões - Talude Leste

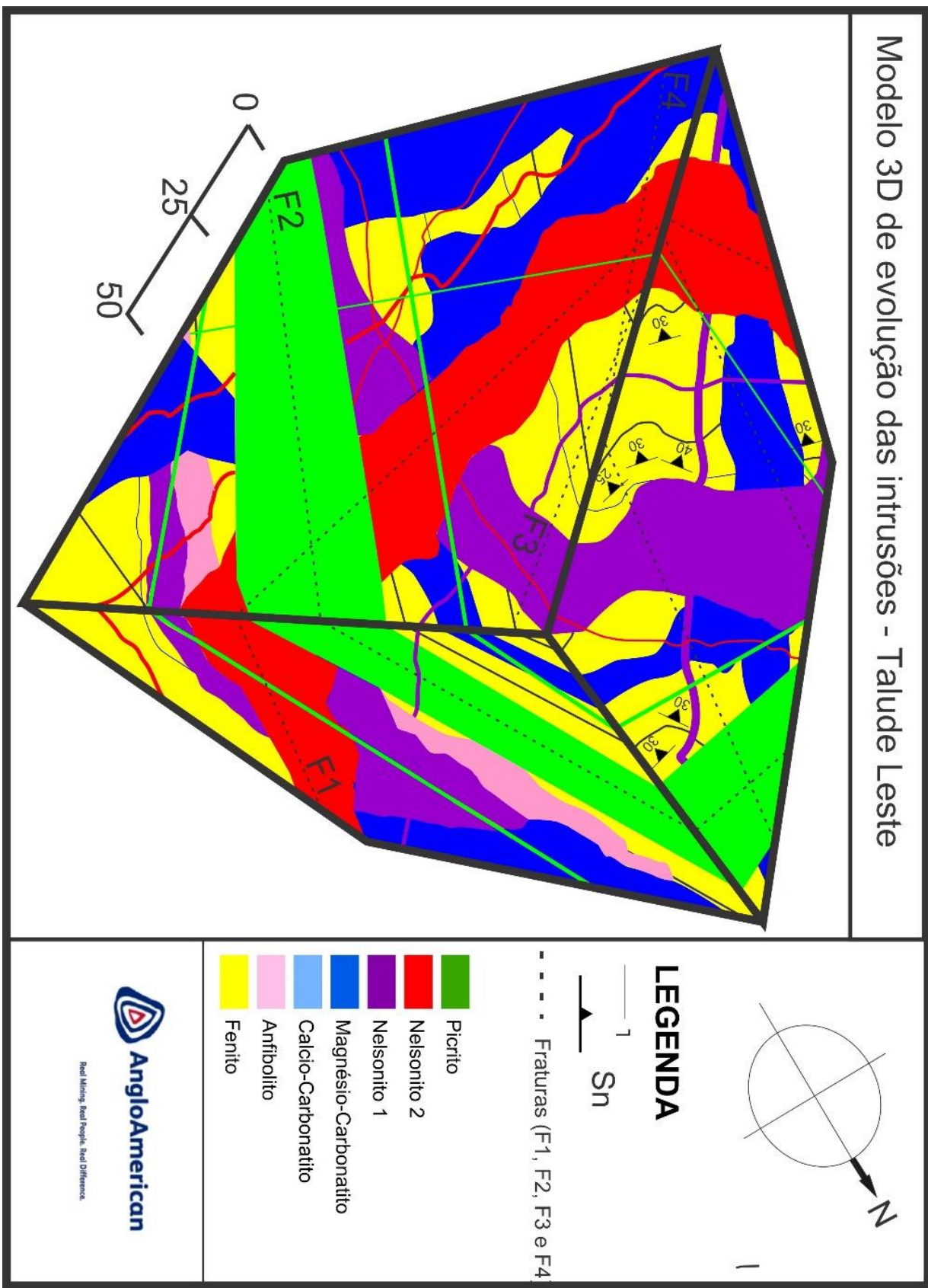


Figura 5.4.5.2. – O bloco esquemático tridimensional demonstra as relações de contato entre os litotipos da área mapeada, segundo as famílias de fraturas principais que servem como condutos para as intrusões assim como a morfologia irregular das rochas alcalinas e do Picrito que é menos irregular que as demais. Em amarelo é representado o Fenito, em rosa o Anfibolito, em Azul escuro são representados os dois Carbonatitos (calciocarbonatito e magnesioarbonatito), em roxo o Nelsonito, em vermelho o Pseudo-nelsonito e em verde o Picrito.

A Figura 5.4.5.3. abaixo demonstra as relações irregulares de contatos, desenvolvidas após a intrusão das rochas alcalinas e ultramáficas, esboçando suas diferentes orientações preferenciais dentro de um dos afloramentos que em partes representa o modelo tridimensional discutido acima neste capítulo.

O quadro geral é interpretado como decorrente do evento magmático das rochas alcalinas do Cretáceo Superior que formou a Província Alcalina do Alto Paranaíba (Brod et al., 2000; Barbosa, 2009; Ribeiro, 2008; Grasso, 2010). Ao ascender com diferentes pulsos magmáticos, inclusive de diferentes composições (muitas delas muito ricas em voláteis), promoveu a reativação da foliação nas rochas encaixantes. Esta reativação, agora na forma de fraturas, condicionou a passagem de magma, controlou a formação de diques e soleiras que, em função da grande quantidade de voláteis, promoveu intensa fenitização associada ao hidrotermalismo. Tanto o resfriamento das rochas intrusivas, quanto a presença de fluídos facilitando a formação de fraturas, promoveu intenso fraturamento nas rochas, que se exhibe de forma de diversos diques de diferentes composições no talude de rocha fresca da Jazida de Catalão II.

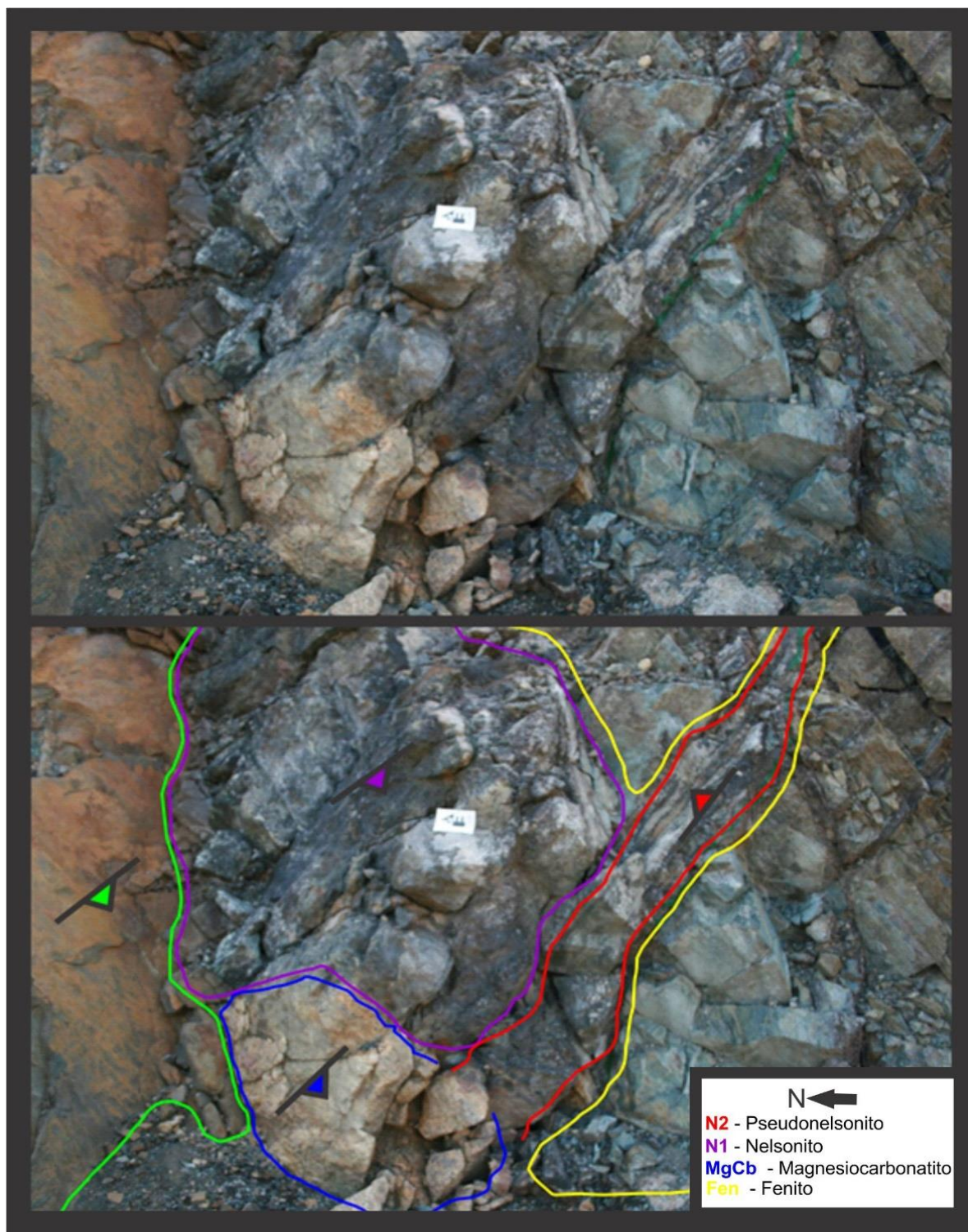


Figura 5.4.5.3. – Foto de afloramento demonstrando a relação de contato e as orientações preferenciais de quase todos os litotipos presentes na área. A foto serve como modelo para o entendimento do bloco diagrama tridimensional ilustrado a cima (Figura 5.4.5.2.).

5.5. SUSCEPTIBILIDADE MAGNÉTICA DOS TALUDES

Em geral as rochas alcalinas apresentam grande volume de magnetita em sua composição modal o que permitiu a utilização deste método geofísico como auxílio ao mapeamento geológico, principalmente na delimitação de zonas mineralizadas, visto que no nelsonito, pseudonelsonito e calciocarbonatito a magnetita ocorre associada aos cristais de pirocloro, que é o mineral de minério de nióbio. Assim, o magnetômetro torna-se uma ferramenta extremamente importante para a operação nas frentes de lavra da mina.

5.5.1. Susceptibilidade Magnética

Designa-se por **k** a suscetibilidade por unidade de volume (SI/cm³) e por **x** a suscetibilidade por unidade de massa (SI/g). Em geral a suscetibilidade **k** (vezes o campo magnético **H**) é diretamente proporcional à magnetização **J** (A magnetização total **J** de uma rocha é o vetor soma da magnetização induzida **Ji** dependente de um campo magnético externo e da magnetização remanescente **Jr**, ou seja **J = Ji + Jr**):

$$\mathbf{J} = \mathbf{k.H}$$

A susceptibilidade magnética é o principal parâmetro magnético usado na interpretação geofísica, apresentando grande variação para um mesmo tipo de rocha e depende principalmente do tamanho de grão, da mineralogia magnética e da temperatura. A susceptibilidade magnética das rochas comuns é de modo geral proporcional ao conteúdo de magnetita (< 10% em volume) presente no afloramento em que está sendo realizada a varredura. É de conhecimento que amostras de rocha expostas a temperaturas que se aproximam da temperatura de “Curie” exibem aumento de susceptibilidade chamado efeito Hopkinson (Font, 2009).

5.5.1.1. Magnetita

É considerado o mineral magnético mais importante porque é fortemente magnética, é muito comum nas rochas presentes na litosfera e cristaliza em grande volume nas rochas alcalinas presentes na área do mapeamento (Figura 5.5.1.1.1.). Como demonstrado no Capítulo 5.1. na parte de descrição microscópica, tanto o nelsonito, como o pseudonelsonito e o calciocarbonatito, apresentam altos teores (>10%) de magnetita em sua composição modal, frequentemente associada à mineralização em pirocloro. O picrito também apresenta magnetita em sua composição modal, entretanto em volume menor que os demais litotipos.

O magnetismo referente a magnetita é demonstrado na formula molecular desta a seguir:
 $\text{Fe}_3\text{O}_4 \Rightarrow \text{Fe}^{2+}\text{O} \cdot \text{Fe}^{3+}_2\text{O}_3$ (**Fe^{2+} = ferroso; Fe^{3+} = férrico**), $T_{\text{Curie}} = 575^\circ\text{C}$.
(Magnetização espontânea: $475 \times 10^3 \text{ Am}^{-1} = 475 \text{ uem/cm}^3$ e estrutura cristalina cúbica).



Figura 5.5.1.1.1. – Foto demonstrando grande volume de magnetita atraída por “caneta imã” utilizada no trabalho.

5.5.2. Equipamento e Método de Aquisição de Dados

Os dados de Susceptibilidade Magnética foram adquiridos com o magnetômetro manual KT-10, operando em modo de varredura contínua (Figura 5.5.2.1.).



Figura 5.5.2.1. – É demonstrado o Susceptibilímetro Magnético KT-10 utilizado no método.

A varredura foi realizada no topo, meio e base de cada bloco (afloramento de rocha sã) delimitado pelo mapeamento geológico-estrutural

(Figura 5.5.2.2.), onde foram coletados os valores de mínimo e máximo das três varreduras (Topo, Meio e Base) e estipulada a média de mínimo e a média de máximo do bloco, sendo que através destes dois valores médios foi estipulada a média total do bloco.

Conforme o que foi oferecido pelo aparelho, cada escaneamento foi realizado dentro do intervalo de zero a doze segundos de varredura contínua, com o tempo do intervalo variando em cada perfil devido à forma irregular dos blocos.

Os perfis magnéticos foram gerados através da relação da Média Total (Mt) no eixo Y do diagrama, e os pontos (Th-1 à Th-54) no eixo X, utilizados no mapeamento para delimitar os blocos de rocha.



Figura 5.5.2.2. – É demonstrado o Susceptibilímetro Magnético KT-10 sendo operado na varredura do topo de um dos afloramentos da área de trabalho.

5.5.3. Mapa de Localização

O mapa abaixo demonstra a localização dos quatro taludes (Talude 1, Talude 2, Talude 3 e Talude 4) onde foi aplicado o método. Os resultados das leituras são apresentados a seguir na forma de quatro perfis magnéticos, esboçando as respostas magnéticas dos corpos litológicos que compõem estes taludes na porção leste da mina de Boa Vista.

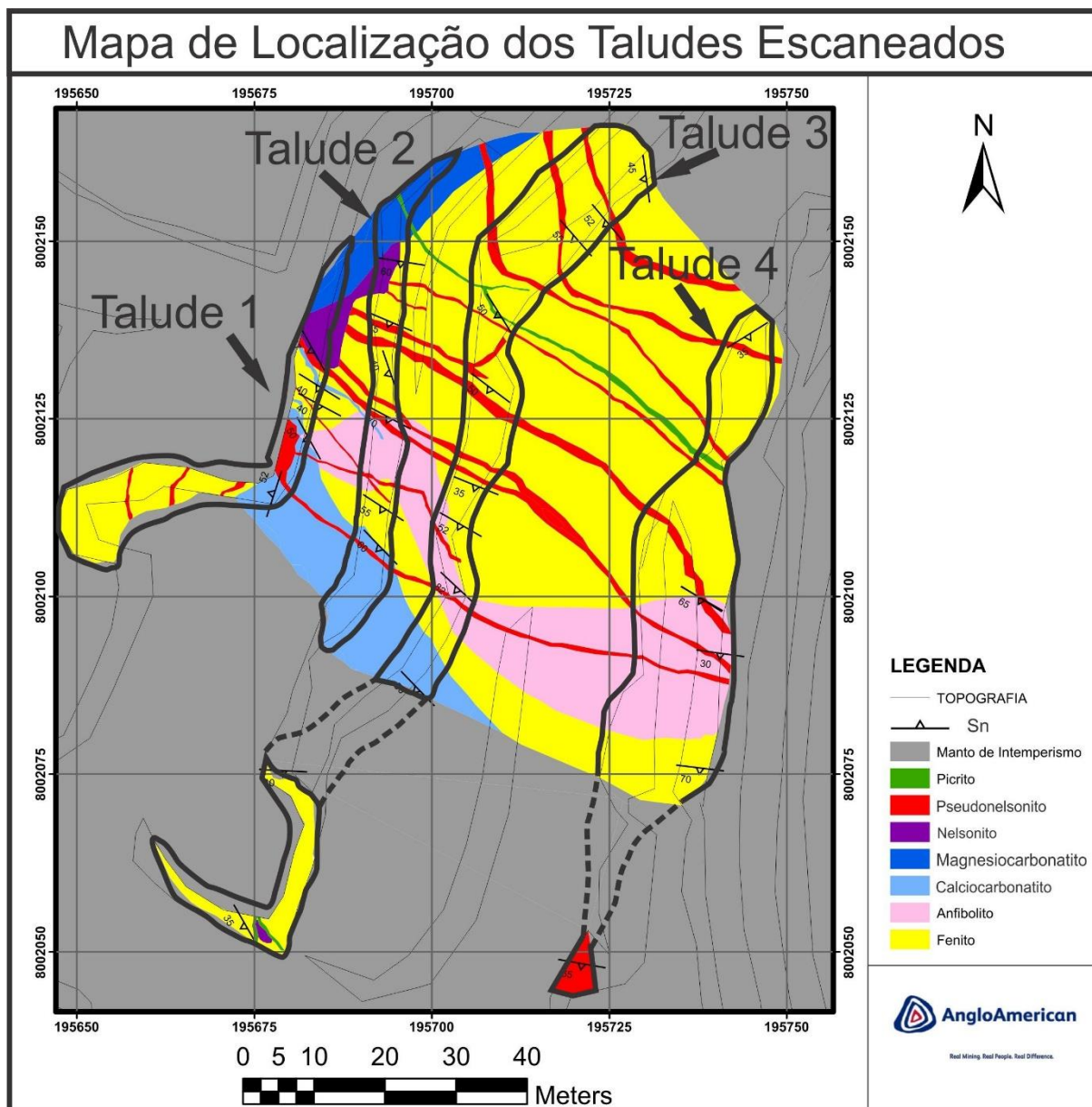


Figura 5.5.3.1. – Mapa demonstrando a localização (Talude 1, Talude 2, Talude 3 e Talude 4), onde foram realizadas as leituras de susceptibilidade magnética apresentadas neste capítulo.

5.5.3.1. Talude 1

À seguir é demonstrado a tabela de dados adquiridos através da leitura realizada no talude 1 e utilizados na confecção do perfil magnético deste talude (Tabela 5.5.3.1.1.), Vide ANEXO VIII; SUSCEPTIBILIDADE MAGNÉTICA – NELSONITO e ANEXO IX; SUSCEPTIBILIDADE MAGNÉTICA – PSEUDO-NELSONITO.

Início	Fim	Máx.	Mín.	Média
Th_1	Th-2	8,4696	0,876	3,709
Th_2	Th-3	50,41	1,163	29,313
Th_3	Th-4	953,9	79,85	38084,458
Th_4	Th-5	99,996	4,2163	210,807
Th_5	Th-6	407,133	24,1006	4906,075
Th_6	Th-7	27,829	3,1213	43,4313
Th_7	Th-8	23,3563	1,463	17,085
Th_8	Th-9	157,106	7,5366	592,023
Th_9	Th-10	120,713	5,5453	334,694
Th_10	Th-11	95,184	7,453	354,703
Th_11	Th-12	282,633	21,07	2977,539
Th_12	Th-13	27,95	1,2556	17,553
Th_13	Th-14	327,4926	26,0126	4259,467
Th_14	Th-15	45,896	1,239	28,433
Th_15	Th-16	346,133	17,154	2968,783
Th_16	Th-17	55,82	2,888	80,604
Th_17	Th-18	262,766	7,3183	961,461
Th-18	Th-Fim	9,6586	0,6673	3,223

Tabela 5.5.3.1.1. – São apresentados os valores médios de mínimo, máximo e a média destes utilizada na confecção do perfil magnético do talude 1.

Segue abaixo a o perfil magnético do talude 1 (Figura 5.5.3.1.1.) demonstrando os valores médios de magnetita variando de 0 a 38.000,00 SI/cm³, com o pico mais alto representado por uma soleira de nelsonito, situada no começo do primeiro talude. No perfil são demonstradas as rochas associadas aos picos de alto e baixo volume de magnetita.

A figura 5.5.3.1.2. abaixo demonstra a resposta magnética de uma soleira de nelsonito situada no começo do primeiro talude, carregando grande volume de magnetita o que gera um pico de aproximadamente 38.000,00 SI/cm³.

A figura 5.5.3.1.3. demonstra uma zona composta por “stockworks” de diques de pseudonelsonito, calciocarbonatito e nelsonito intrudidos no fenito, simbolizando as variações no perfil magnético de 0 a 500,00 SI/cm³ devido a intervalos com grande volume de magnetita e intervalos feníticos que não apresentam o mineral.

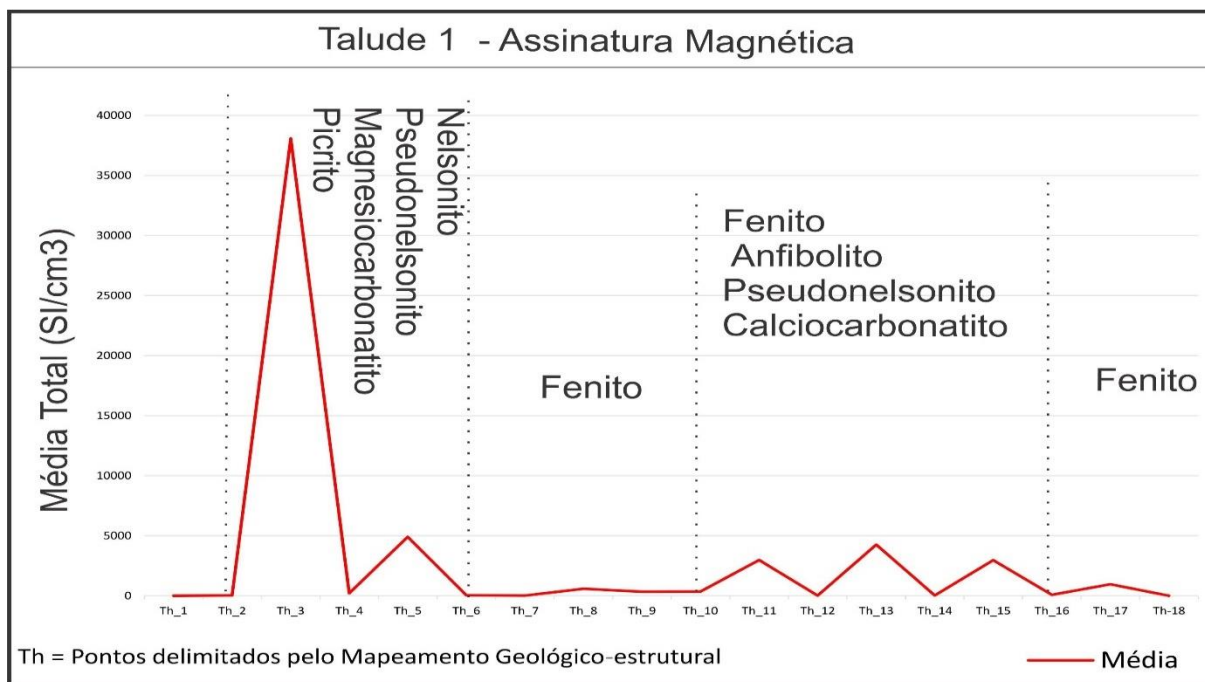


Figura 5.5.3.1.1. – É esboçado o perfil magnético do Talude 1 com as litologias presentes em cada intervalo.

5.5.3.2. Talude 2

À seguir é demonstrado a tabela de dados adquiridos através da leitura realizada no talude 2 e utilizados na confecção do perfil magnético deste talude (Tabela 5.5.3.2.1.). Vide ANEXO X; SUSCEPTIBILIDADE MAGNÉTICA - NELSONITO.

Início	Fim	Máx.	Mín.	Média
Th-19	Th-20	26,736	62,48	44,608
Th-20	Th-21	37,7833	20,3166	29,049
Th-21	Th-22	393,9	529,06	461,48
Th-22	Th-23	737,6	393,6	565,6
Th-23	Th-24	981,6	1086,06	1033,83
Th-24	Th-25	57,0433	4,554	30,799
Th-25	Th-26	243,033	62,9633	152,998
Th-26	Th-27	243,0266	34	138,514
Th-27	Th-28	9,0376	3,7	6,369
Th-28	Th-29	61,423	31,66	49,542
Th-29	Th-30	165,9566	68,3133	117,135
Th-30	Th-Fim	219,376	61,38	140,378

Tabela 5.5.3.2.1. – São apresentados os valores médios de mínimo, máximo e a média destes utilizada na confecção do perfil magnético do talude 2.

Segue abaixo o perfil magnético do talude 2 (Figura 5.5.3.2.1.) demonstrando os valores médios de magnetita variando entre 0 e 1.020,00 SI/cm³, onde o pico máximo ocorre em uma espessa soleira de nelsonito.

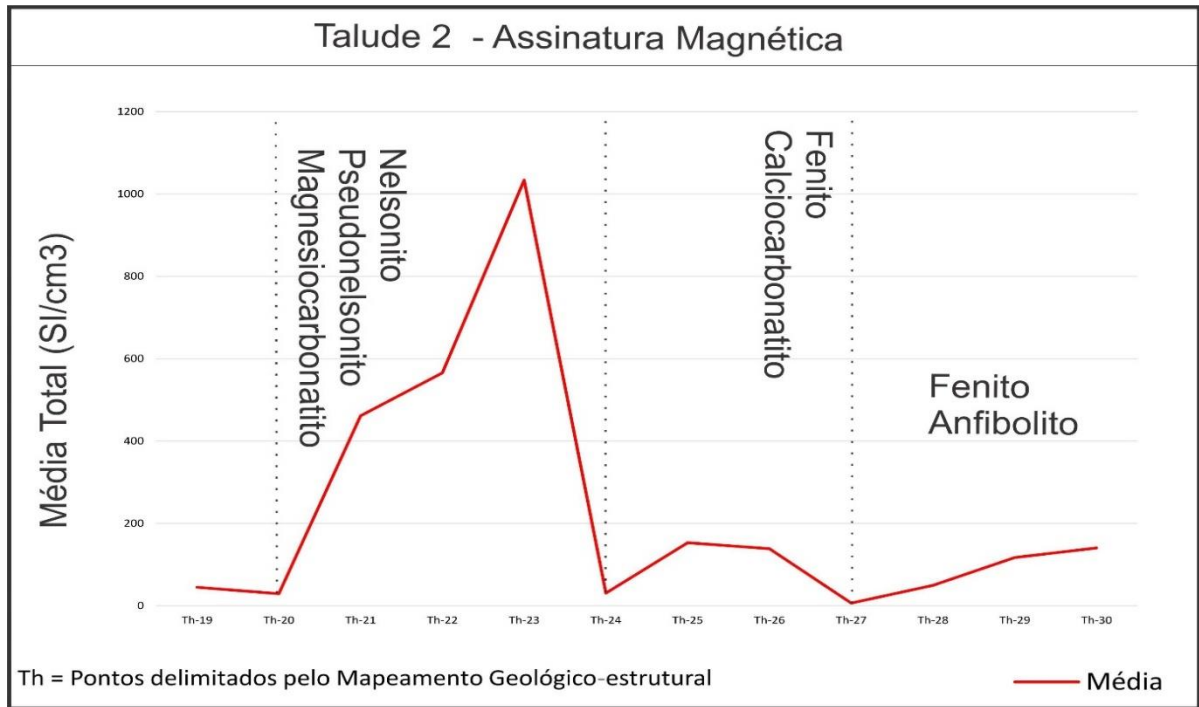


Figura 5.5.3.2.1. – É esboçado o perfil magnético do Talude 2 com as litologias presentes em cada intervalo.

A figura 5.5.3.2.2. abaixo demonstra a resposta magnética de uma soleira de nelsonito situada no começo do segundo talude e carregando grande volume de magnetita, o que gera um pico de aproximadamente 1.020,00 SI/cm³.

5.5.3.3. Talude 3

A seguir é mostrada a tabela de dados adquiridos através da leitura realizada no talude 3 e utilizadas na confecção do perfil magnético deste talude (Tabela 5.5.3.3.1.).

Início	Fim	Máx.	Mín.	Média
Th-31	Th-32	353,93	135,603	244,767
Th-32	Th-33	196,153	81,183	138,668
Th-33	Th-34	182,796	53,59	118,193
Th-34	Th-35	61,78	39,553	50,667
Th-35	Th-36	174,49	22,385	98,438
Th-36	Th-37	230,186	51,303	140,745
Th-37	Th-38	112,15	50,84	81,495
Th-38	Th-39	30,52	7,6033	19,062
Th-39	Th-40	48,5933	15,0433	31,818
Th-40	Th-41	364,57	32,333	198,451
Th-41	Th-Fim	39,83	17,3166	28,574
Th-42	Th-43	123,55	37,283	80,417
Th-43	Th-44	126,816	26,94	76,878
Th-44	Th-45	117,251	75,703	96,477
Th-45	Th-46	38,256	24,74	31,498
Th-46	Th-Fim	111,196	31,48	71,338

Tabela 5.5.3.3.1. - São apresentados os valores médios de mínimo, máximo e a média destes utilizada na confecção do perfil magnético do talude 3.

Segue abaixo a o perfil magnético do talude 3 (Figura 5.5.3.3.1.) demonstrando os valores médios de magnetita variando de 40,00 a 245,00 SI/cm³, sendo que os picos máximos são representadas por zonas de “stockworks” de diques de nelsonito, pseudonelsonito, calciocarbonatito e picrito.

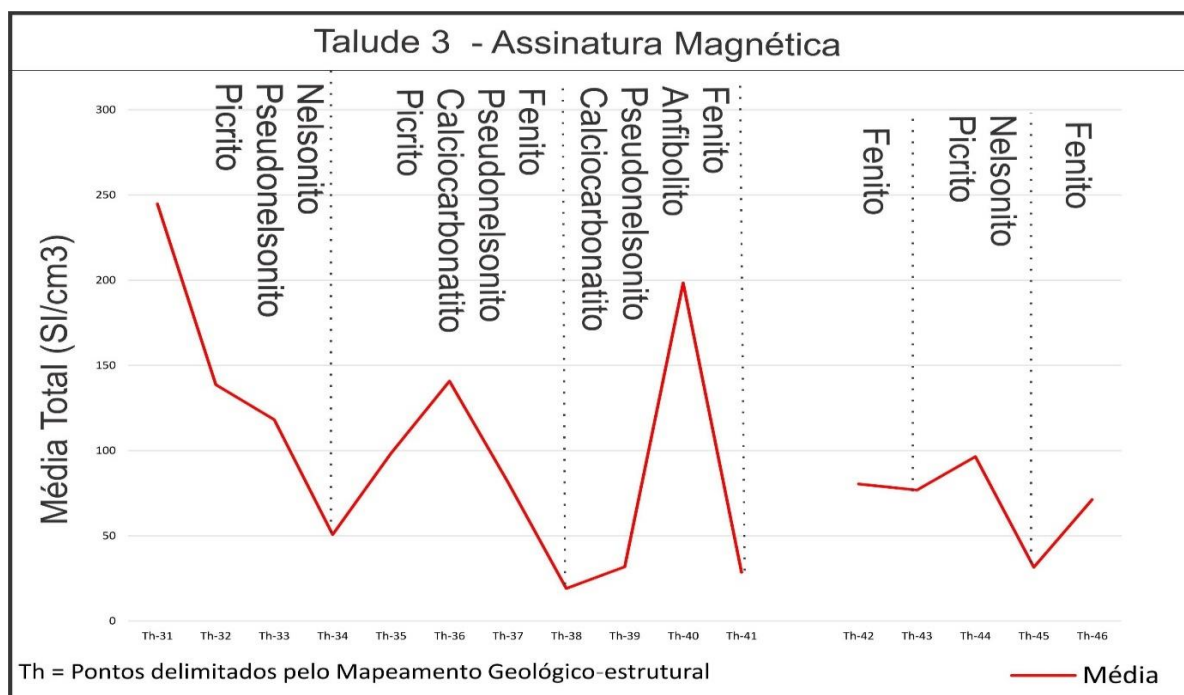


Figura 5.5.3.3.1. – É esboçado o perfil magnético do Talude 3 com as litologias presentes em cada intervalo.

5.5.3.4. Talude 4

A seguir é mostrada a tabela de dados adquiridos através da leitura realizada no talude 4 e utilizados na confecção do perfil magnético deste talude (Tabela 5.5.3.4.1.).

Início	Fim	Máx.	Mín.	Média
TH-47	TH-48	225,128	61,663	143,896
TH-48	TH-49	347,78	63,74	205,76
TH-49	TH-50	241,4	88,856	165,128
TH-50	TH-51	161,6036	21,093	91,348
TH-51	TH-52	269,05	58,216	163,633
TH-52	TH-53	31,2406	9,48	20,36
TH-53	TH-54	14,833	6,536	10,685
TH-54	TH-55	704,233	338,466	521,35

Tabela 5.5.3.4.1. - São apresentados os valores médios de mínimo, máximo e a média destes utilizada na confecção do perfil magnético do talude 3.

Segue abaixo o perfil magnético do talude 4 (Figura 5.5.3.4.1.) demonstrando os valores médios de magnetita que variam entre 10,00 e 525,00 SI/cm³, com o pico máximo sendo representado por um bloco com “stockwork” de diques de pseudonelsonito.

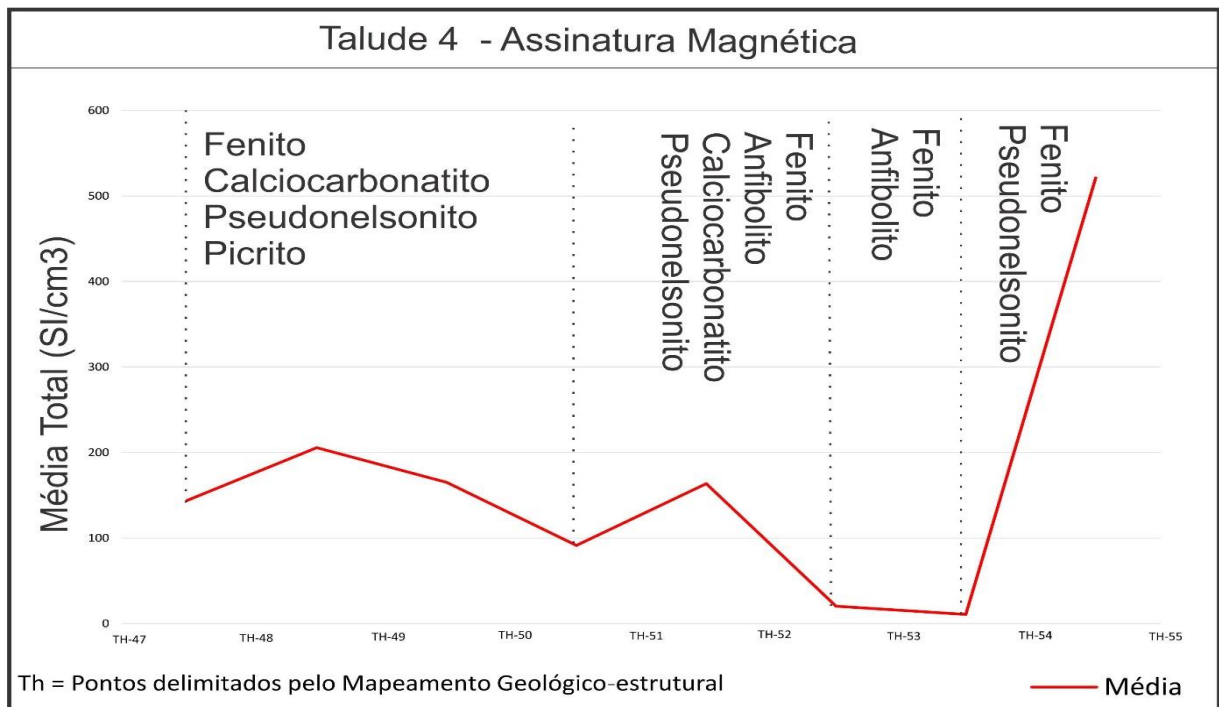


Figura 5.5.3.4.1. – É esboçado o perfil magnético do Talude 4 com as litologias presentes em cada intervalo.

5.5.3.5. Utilidade

A leitura magnética dos taludes com o susceptímetro KT-10 é uma ferramenta de grande utilidade na mina, especialmente nas frentes de lavra, pois os cristais de pirocloro (mineral minério de nióbio) ocorrem associados à magnetita, tanto nos diques de pseudonelsonito quanto nas soleiras e diques de nelsonito e calciocarbonatito. O que torna este equipamento excelente para delimitação de zonas mineralizadas. De qualquer forma, uma barreira física atrapalha parcialmente a aplicação do método, sendo que a maior parte dos diques de nelsonito, pseudonelsonito e calciocarbonatito ocorrem na forma de “stockworks” de diques em escala centimétrica (~1,0 á 10,0 cm), o que faz com que o tempo de leitura seja menor nestes litotipos do que nas soleiras dos mesmos, impedindo que a leitura seja extremamente precisa, como demonstrado na soleira de nelsonito do talude 1, em que o pico máximo chega a 38.500,00 SI/cm³, e na maior parte dos casos os picos máximos são entre 250,00 e 1.020,00 SI/cm³.

6. DISCUSSÕES

O seguinte capítulo visa discutir e esboçar todas as relações entre os resultados adquiridos com os dados geológicos, petrográficos, estruturais e magnéticos, levantados em campo, laboratório e escritório durante as etapas de trabalho para a realização desta monografia, como segue a discussão abaixo, que acompanha o contexto evolução geológica do complexo de Catalão II, partindo das rochas encaixantes neoproterozóicas e indo até o último pulso intrusivo do Cretáceo Superior, relatando e cruzando os resultados dos dados adquiridos neste trabalho.

6.1. ROCHAS ENCAIXANTES

As rochas encaixantes das intrusões alcalinas e ultramáficas são englobam 60% da área mapeada e são representadas por grandes blocos de fenito (50% da área) que ocorrem desde a forma de rocha hospedeira até xenólitos e por blocos de anfíbolito (10%), ambas hospedando “stockworks” de diques e soleiras de nelsonito, pseudonelsonito, calciocarbonatito, magnesiocarbonatito e picrito. Entre tanto devido à diferença de composição mineral entre o fenito e o anfíbolito como esboçado no capítulo da petrografia, estas apresentam diferentes competências para sustentar as intrusões, o que faz com que a espessura dos veios de todas as litologias intrusivas seja menor nos corpos anfíbolíticos do que nos corpos feníticos. Devido a alta densidade do anfíbolito, tanto o magma nelsonítico, como o calciocarbonatítico e o pseudonelsonítico tendem a empoçar na forma de soleiras, ou bolhas pontuais de desgaseificação quando em contato com os corpos anfíbolíticos durante a sua ascensão (Palmieri, 2011).

O nível de intensidade da fenitização também é um fato que ocorre de forma diferenciada nas rochas encaixantes, visto que o fenito apresenta maior susceptibilidade à fenitização, o que é demonstrado nas seções microscópicas analisadas de fenitos onde este encontra-se muitas vezes extremamente flogopitizado enquanto em apenas uma seção (273559) de

anfíbolito este apresenta 28% de flogopita em sua composição modal, representando uma fração pontual do anfíbolito onde a fenitização foi mais intensa.

6.1.1. Foliação Sn

A foliação Sn ocorre de NW/SE mergulhando 39° para SW (orientação preferencial 240/39) e apresenta-se subparalela em contexto de orientação, a família de fratura F2, com ambas mergulhando para SW em planos de fraturas mais abertas e preenchidas por intrusões mais espessas devido ao deslocamento da foliação Sn. Assim cabe relatar que o corte de abertura dos taludes na porção leste da mina apresenta planos orientados de N/S e mergulham sub-verticais para W, subparalelas a foliação, o que aumenta a instabilidade destes taludes, onde blocos livres apresentam potencial para escorregar ao longo dos planos de deslocamento. de qualquer forma o grande volume de diques e o padrão de fraturamento irregular geral (conforme esboçado no próximo tópico), mais as relações angulares entre os blocos, impede em partes que estes blocos deslizem com maior facilidade.

A figura 6.1.1.1. abaixo demonstra o corte dos taludes orientados subparalelos aos planos de deslocamento da foliação Sn, o que gera a instabilidade destes.

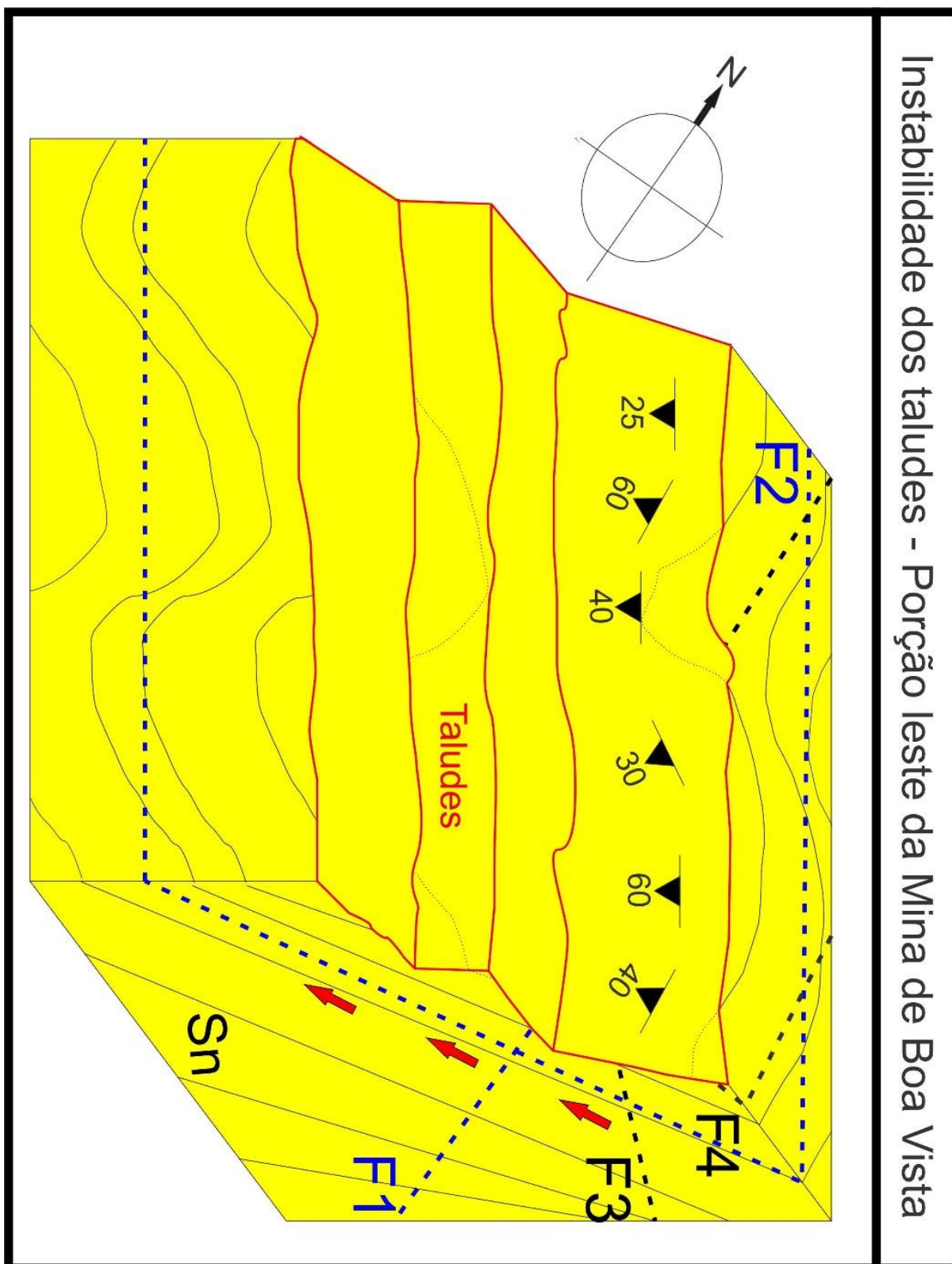


Figura 6.1.1.1. – Demonstra a relação do corte de abertura dos taludes na porção leste da mina, com orientação subparalela ao deslocamento da foliação Sn.

6.2. PADRÃO DE FRATURAMENTO

O padrão de fraturas no talude leste da mina é composto por quatro famílias distintas de juntas com orientações e mergulhos diferentes como demonstrado no capítulo de geologia

estrutural, entretanto as famílias de fraturas, representam as estruturas neoproterozóicas que serviram como os principais condutos para as intrusões alcalinas e ultramáficas durante a evolução do complexo de Catalão II. As famílias de fraturas F3 (orientação preferencial 288/20 pela reta de mergulha – Dip Direction) e F4 (orientação preferencial 100/12 pela reta de mergulha – Dip Direction), ambas orientadas NNE/SSW com F3 mergulhando 20° para WNW e F4 mergulhando 12° para ESE, demonstrando nas duas famílias baixo angulo de mergulho, representam as fraturas tardias de alívio de pressão e acomodação dos “stockworks” de diques e soleiras de nelsonito, pseudonelsonito, calciocarbonatito, magnesiocarbonatito e picrito. De qualquer forma, em alguns casos essas fraturas apresentam-se preenchidas principalmente por diques de calciocarbonatito, pseudonelsonito e picrito.

6.3. INTRUSIVAS

As rochas intrusivas são representadas por três séries diferentes de rochas que geram os cinco litotipos intrusivos que compõem o talude leste da mina, a série Carbonatítica é representada pelo calciocarbonatito, magnesiocarbonatito e pseudonelsonito, a série Foscorítica é representada pelo nelsonito, e a série Kamafugítica (ultramáfica) representada na mina pelo picrito. Preferencialmente o pseudonelsonito como o calciocarbonatito e o magnesiocarbonatito intrudem segundo os planos de fraturas da família de fratura F1, enquanto o nelsonito e o picrito intrudem preferencialmente segundo os planos das famílias de fratura F2. Em alguns casos ocorrem intrusões segundo os planos de fraturas das famílias de fraturas F3 e F4 visto que essas são tardias, mas como o complexo de Catalão II é representado por eventos policíclicos durante sua evolução (Palmieri, 2011), essas fraturas mesmo que tardias, hospedam também diques de rochas intrusivas como calciocarbonatito, pseudonelsonito e picrito.

6.3.1. Carbonatitos (CaoCb e MgCb)

O grupo dos carbonatitos é representado pelo calciocarbonatito, magnesiocarbonatito e ferrocronatito (o qual não é relatado nesta monografia devido a sua irrelevância na escala de mapeamento). As intrusões mais importantes ou mais repetitivas ocorrem na direção NW/SE com mergulhos variando 10 a 70° para NE (40/24 pela reta de mergulha – Dip Direction), aproveitando a abertura da família de fratura F1. A segunda orientação em importância em que os carbonatitos intrudem raramente é vista na área, mas ocorrem direcionadas NE/SW, com mergulhos médios a altos, variando de 40 a 90° para SE subparalela as família de fraturas F4.

Em contexto petrográfico o calciocarbonatito é composto por calcita, flogopita, magnetita, barita, pirocloro, sulfetos e monazita, apresentando nas seções microscópicas analisadas volumes maiores que 10% de magnetita em sua composição modal, o que proporciona uma alta resposta magnética e que é de extrema importância na delimitação das frentes de lavra visto que o calciocarbonatito apresenta pirocloro em sua composição geralmente associado a magnetita. O magnesiocarbonatito mineralogicamente é composto por dolomita, flogopita,

magnetita, pirita, barita e monazita. Minerais como pirocloro, pirrotita e calcopirita ocorrem como traço nas seções analisadas e apesar deste litotipo apresentar magnetita em seu contexto petrográfico, em sua composição modal a magnetita representa 3% das seções analisadas, o que faz com que esse litotipo gere uma baixa resposta magnética no ensaio de susceptibilidade magnética dos taludes.

Em anexo a figura 6.3.1.1. (ANEXO XI – CALCIOCARBONATITO) demonstra as relações entre os dados levantados e interpretados referentes ao calciocarbonatito.

6.3.2. Nelsonito (N1)

O nelsonito, devido á baixa viscosidade do magma, intrude em diversas orientações preferenciais, muitas vezes ocorrendo na forma de espessos diques ou soleiras, quando paralelo à família de fraturas F2. Os diques são encontrados principalmente paralelos à foliação Sn, como demonstra a maior densidade de medidas estruturais. Este tipo de estrutura ocorre com direção principal NW/SE, mergulhando entre 40 e 60° para SW, com orientação preferencial N47W/51SW (223/51 pela reta de mergulho – Dip Direction). O arranjo de porções de nelsonito laterais aos corpos anfíbolíticos permite a interpretação de que, durante a ascensão do magma nelsonítico, ao encontrar barreiras de maior densidade ou maior resistência ao faturamento que impediram que este continuasse a subir. Tais barreiras na mina são representadas pelos corpos anfíbolíticos. O barramento da ascensão do magma forçou a formação de soleiras, a acumulação de fluídos e sua desgaseificação. O aumento da pressão de fluídos na rocha acentuou o faturamento, levando ao desenvolvimento de inúmeros diques, formando “stockworks” de diques centimétricos de nelsonito mineralizados. Tais “stockworks” também são formados nas encaixantes feníticas, porém com diques mais espessos que no anfíbolito. Os “stockworks” compreendem, além da direção principal, diques direcionados NW/SE, mergulhando em torno 50 e 60° para NE subparalelos à paralelos a família de fraturas F1, ou ainda NE/SW mergulhando em torno 10 a 20° para SE, ou em torno de 10 a 20° para NW, segundos os planos das famílias de fratura F3 e F4, ou mesmo ocorrem de NW para SE, mergulhando vertical.

Em contexto petrográfico o nelsonito é composto mineralogicamente por apatita, magnetita, flogopita, carbonatos e pirocloro. Frequentemente o pirocloro, mineral de minério de nióbio, ocorre associado a magnetita que representa mais que 10% da composição modal deste litotipo, o que torna o método da susceptibilidade magnética fundamental nas delimitações das frentes de lavra. O nelsonito pode ser considerado umas das principais rochas mineralizadas em pirocloro da mina e esboça uma alta resposta magnética como demonstrado nos perfis magnéticos dos taludes (vide o perfil magnético do Talude 1, onde uma soleira nelsonítica gera um pulso magnético de aproximadamente 38.000,00 SI/cm³, que representa o pico mais alto adquirido durante a aplicação método), Além de carregar teores relativamente altos de pirocloro, forma espessas soleiras, pois ocorre preferencialmente paralelos à família de fratura F2, que encontra-se paralela ao deslocamento da foliação Sn proporcionando as fraturas com maior espessamento para as intrusões no talude leste.

Em anexo a figura 6.3.2.1. (ANEXO XII –NELSONITO) demonstra as relações entre os dados levantados e interpretados referentes ao nelsonito.

6.3.3. Pseudo-nelsonito (N2)

O pseudonelsonito é derivado nas fases finais de cristalização do magma calciocarbonatito, pelo processo de segregação magmática. Ocorre também na forma de “stockworks” de diques que vão de escala centimétrica a métrica, orientados preferencialmente de NW/SE, com mergulho variando entre 5 e 70° para NE, indicando orientação preferencial N37W/38NE (53/38 pela reta de mergulho – Dip Direction) conforme o estereograma abaixo. Destaca-se que esta orientação é paralela a subparalela aos planos de fratura da família F1, entre tanto em alguns casos diques tardios de pseudonelsonito intrudem segundo aos planos da família de fratura F3 e F4. Em contexto petrográfico mineralogicamente o pseudonelsonito é composto por calcita, magnetita, flogopita, sulfetos, apatita e pirocloro, sendo considerado uma das principais rochas mineralizadas em pirocloro na mina, que por apresentar altos teores de magnetita (>10%), apresentam alta resposta magnética segundo os perfis magnéticos apresentados no capítulo da susceptibilidade magnética dos taludes, fato que também neste litotipo o pirocloro ocorre associado a magnetita. Entre tanto devido a baixa espessura dos veios (1,0 a 10,0 cm) a leitura magnética não é tão precisa quanto nas espessas soleiras nelsoníticas, porém os resultados mesmo que representados por picos mais baixos que os nelsonitos, são discrepantes em relação aos picos das outras litologias da mina. O que torna o método extremamente eficaz na delimitação de zonas mineralizadas composta por “stockworks” de diques de pseudonelsonito. Em anexo a figura 6.3.3.1. (ANEXO XIII – PSEUDO-NELSONITO) demonstra as relações entre os dados levantados e interpretados referentes ao pseudonelsonito.

6.3.4. Picrito (Pi)

O Picrito representa a série kamafugítica, de caráter ultramáfico, e é o último magma a intrudir a área mapeada. As intrusões, também irregulares mas com dimensões tabulares bem preservadas na forma de diques de espessura variada desde centímetros a metros, cortam as demais litologias tanto da encaixante quanto das intrusões alcalinas precedentes. São orientados preferencialmente a NW/SE, com o mergulho variando entre 10 à 70° para SW, com orientação preferencial N48W/44SW (222/44 pela reta de mergulho – *Dip Direction*), paralelo a subparalelo à família de fraturas F2. Mas em alguns casos e partindo do princípio que este é o último magma a intrudir no complexo de Catalão II (Palmieri, 2011), este também intrude as fraturas tardias das famílias de fraturas F3 e F4.

O picrito é composto mineralogicamente por olivina, diopsídio, flogopita, tetraferroflogopita, serpentina, perovskita, magnetita, clorita e apatita, com teores relativamente altos de magnetita, o que proporciona uma alta resposta magnética nos perfis magnéticos dos

taludes, muitas vezes equivalentes aos picos magnéticos dos pseudonelsonitos, sendo necessário o reconhecimento litológico de campo para diferenciar tais litotipos no perfil magnético.

6.4. APLICAÇÕES

O presente trabalho foi desenvolvido com o intuito de que esta monografia possa servir como base e auxílio para os geólogos responsáveis pelas operações nas frentes de lavra, que este seja também integrado no contexto geológico da mina adicionando um conhecimento mais detalhado em contexto geológico, petrográfico, estrutural e magnético, e que todo o novo conhecimento seja aplicado também na exploração mineral dos determinados litotipos que carregam a mineralização de pirocloro (minério de nióbio extraído na mina) em sua composição, tais como o nelsonito, pseudonelsonito e calciocarbonatito. Os três tipos de rocha apresentam potencial em níveis diferente para a lavra de nióbio, sendo o nelsonito (de 1 à 2% de pirocloro em sua composição modal) e o pseudonelsonito (de 1 à 5% de pirocloro em sua composição modal) os que apresentam os maiores teores do minério, já o calciocarbonatito apresenta (de traço à 1% de pirocloro em sua composição modal), representando um minério secundário, visto que o pirocloro ocorre de forma mais disseminada neste litotipo. De qualquer forma como a mina opera com diferentes teores de minério, não há razão para que esse minério não possa ser recuperado, seja como lavra secundária ou mesmo com o retrabalhamento em pilhas de rejeito.

7. CONCLUSÕES

O trabalho realizado pelo estagiário de geologia registrado e reportado nesta monografia tem grande relevância na operação de lavra de nióbio da mina de Boa Vista, visto que este integra os dados geológicos, estruturais e magnéticos de campo, com os dados petrográficos levantados em laboratório, contribuindo para a otimização da operação do futuro minério de rocha fresca a ser lavrado pela empresa.

Assim cabe salientar principalmente as características petrográficas, estruturais e magnéticas dos três litotipos que carregam pirocloro em sua composição, sendo o nelsonito e o pseudonelsonito, as litologias de maior importância para a extração de minério e o calciocarbonatito um minério secundário.

O nelsonito, devido á baixa viscosidade do magma, intrude em diversas orientações preferenciais entre tanto segundo o estereograma da frequência dos polos predominantemente

ocorre 223/51 pela reta de mergulho – *Dip Direction*, muitas vezes ocorrendo na forma de espessos diques ou soleiras, quando paralelo à família de fraturas F2 (orientação preferencial 233/39 pela reta de mergulho– *dip direction*).

O pseudo-nelsonito ocorre na forma de “stockworks” de diques que vão de escala centimétrica a métrica, orientados preferencialmente de NW/SE, com mergulho variando entre 5 e 70° para NE, indicando orientação preferencial 53/38 pela reta de mergulho – *Dip Direction*. Destaca-se que esta orientação é paralela a subparalela aos planos de fratura da família F1 (orientação preferencial 54/45 pela reta de mergulho – *dip direction*).

O calciocarbonatito ocorre na forma de soleiras ou “stockworks” de diques que vão de centímetros a metros, em duas orientações preferenciais mais penetrativas. As intrusões mais importantes ou mais repetitivas ocorrem na direção 40/24 pela reta de mergulho – *Dip Direction*, aproveitando a abertura das famílias de fraturas F1. A segunda orientação em importância em que os carbonatitos intrudem raramente é vista na área, mas ocorrem direcionadas NE/SW, com mergulhos médios a altos, variando de 40 a 90° para SE. Neste caso, aproveitaram algumas fraturas das famílias F1 (orientação preferencial 54/45 pela reta de mergulho – *dip direction*) e F2 (orientação preferencial 233/39 pela reta de mergulho– *dip direction*).

O padrão de fraturamento associado à foliação Sn regional, permite também ressaltar a instabilidade dos taludes no leste da mina com potencial para deslizamentos, visto que o corte dos taludes mergulha sub-vertical para oeste, orientado subparalelo a orientação preferencial da foliação Sn, o que pode vir a ser um problema maior com o avanço da cava nesta porção da mina, com possíveis deslizamentos de blocos através dos planos de mergulho da foliação, tornando-se um ambiente de risco eminente para os funcionários que operam nas frentes de lavra.

Com isto conclui-se este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) do curso de graduação em geologia da Universidade Estadual paulista Julho Mesquita Filho (Unesp), campus Rio Claro, SP, Brasil.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Araújo, A.L.N., Carlson, R.W., Gaspar, J.C., Bizzi, L.A., 2001. Petrology of kamafugites and kimberlites from the Alto Paranaíba Alkaline Province, Minas Gerais, Brazil. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 142(2): 163-177.
- Barbosa, O., Braun, O.P.G., Dyer, R.C., Cunha, C.A.B., 1970. Geologia da região do Triângulo Mineiro. *Boletim DFPM/DNPM*, 136: 140p.
- Baecker, M.L., 1983. A mineralização de nióbio do solo residual laterítico e a petrografia das rochas ultramáfica alcalinas do domo de Catalão I, Goiás, Universidade de Brasília, Brasília.
- Brod, J.A., 1999. Petrology and geochemistry of the Tapira alkaline complex, Minas Gerais State, Brazil. Ph. D. Thesis, University of Durham, Durham, UK, 486 pp.
- Brod, J.A., Gaspar, J.C., de Araújo, D.P., Gibson, S.A., Thompson, R.N., Junqueira-Brod, T.C., 2001. Phlogopite and tetra-ferriphlogopite from Brazilian carbonatite complexes: petrogenetic constraints and implications for mineral-chemistry systematics. *Journal of Asian Earth Sciences*, 19(3): 265-296.
- Brod, J.A., Gibson, S.A., Thompson, R.N., Junqueira-Brod, T.C., Seer, H.J., Moraes, L.C., Boaventura, G.R., 2000. The kamafugite-carbonatite association in the Alto Paranaíba igneous province, southeastern Brazil. *Revista Brasileira de Geociências*, 30: 408-412.
- Brod, J.A., Ribeiro, C.C., Gaspar, J.C., Junqueira-Brod, T.C., Barbosa, E.S.R., Riffel, B.F., Silva, J.F., Chaban, N., Ferrari, A.J.D., 2004. Excursão 1. Geologia e mineralizações dos complexos alcalino-carbonatíticos da Província Ígnea do Alto Paranaíba, Congresso Brasileiro de Geologia, XLII, Araxá, MG, pp. 1-29.
- Carvalho, W.T., 1974a. Aspectos geológicos e petrográficos do complexo ultramáfico-alcalino de Catalão I, GO, Congresso Brasileiro de Geologia, XXVIII. SBG, Porto Alegre, Brazil, pp. 107-123.
- Carvalho, W.T., 1974b. Recursos Minerais do Complexo Ultramáfico-Alcalino de Catalão I, GO, Congresso Brasileiro de Geologia, XVIII, Porto Alegre, RS.
- Carvalho, W.T., Araújo, P.L., 1974. Perspectivas de aproveitamento econômico dos depósitos minerais associados ao Complexo Ultramáfico-Alcalino de Catalão I, GO, Congresso Brasileiro de Geologia, XXVIII, 131-141.
- Carvalho, W.T., Bressan, S.R., 1997. Depósitos de Fosfato, Nióbio, Titânio, Terras Raras e Vermiculita de Catalão I - Goiás. In: Schobbenhaus Filho, C., Queiroz, E.T., Coelho, C.E.S. (Eds.), *Principais Depósitos Minerais do Brasil*. DNPM, Brasília, pp. 69-93.
- Carvalho, W.T., Bressan, S.R., 1981. Depósitos minerais associados ao Complexo ultramáfico-alcalino de Catalão I - Goiás. In: Schmaltz, W.H. (Ed.), *Os principais depósitos minerais da Região Centro Oeste*. DNPM, Brasília, pp. 139-183.

- Eriksen A., Milson J., 2011. *Field Geophysics*, 4th edition, John Wiley & Sons, Ltd. ISBN: 978-0-470-74984-5
- Fava, N., 2001. O manto de intemperismo e a química do pirocloro de Catalão I: um estudo preliminar, Universidade de Brasília, Brasília.
- Font E., 2009. Trabalhos Práticos em Magnetismo de Rocha, Disciplina de Geomagnetismo, Laboratório de Paleomagnetismo e Magnetismo de Rocha. IGIDL, TP n°2, Pág.
- Gibson, S.A., Thompson, R.N., Leonardos, O.H., Dickin, A.P., Mitchell, J.G., 1995. The Late Cretaceous Impact of the Trindade Mantle Plume - Evidence from Large-Volume, Mafic, Potassic Magmatism in Se Brazil. *Journal of Petrology*, 36(1): 189-229
- Gierth, E., Baecker, M.L., 1986. A mineralização de nióbio e as rochas alcalinas associadas no complexo Catalão I, Goiás. In: Schobbenhaus, C. (Ed.), *Principais depósitos minerais do Brasil*. Mme/Dnmp, Brasília, pp. 456-462.
- Gierth, E., Goldmann, D., Leonardos, O.H., Baecker, M.L., 1985. Main features of the paragenetic evolution of the carbonatite Complex of Catalão I, Goiás, Brazil. *Zbl. Geol. Paläont. Teil I*, 9/10: 1469-1475.
- Grasso, C.B., 2010. *Petrologia do Complexo Alcalino-Carbonatítico de Serra Negra, MG*, Universidade de Brasília, Brasília.
- Grasso, C.B., Ribeiro, C.C., Brod, J.A., Gaspar, J.C., 2006. Mapeamento de detalhe (1:2000) das frentes de lavra da mina da Fosfértil Fertilizantes Fosfatados S.A. In: Silva, M.G., Franca-Rocha, W.J.S. (Editors), *Congresso Brasileiro de Geologia, XLIII*. SBG, Aracaju, pp. 796-801.
- Leonardos, O.H., Ulbrich, M.N., Gaspar, J.C., 1991. The Mata da Corda volcanic rocks. In: Leonardos, O.H., Meyer, H.O.A., Gaspar, J.C. (Editors), *5th International Kimberlite Conference. Special Publication 3/91*. CPRM, Araxá, Brazil, pp. 65-73.
- Machado Junior, D.L., 1991. *Geologia e Aspectos Metalogenéticos do Complexo Alcalino-Carbonatítico de Catalão II (GO)*, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 10 pp.
- Marco A. Fonseca, Marcel A. Dardenne & Alexandre. Uhlein, 1995. Faixa Brasília Setor Setentrional: Estilos Estruturais e Arcabouço Tectônico, *Revista Brasileira de Geociências*, 25(4): 267-278, dezembro de 1995.
- Palmieri, M., 2011. *Modelo Geológico e Avaliação de Recursos Minerais do Depósito de Nióbio Morro do Padre, Complexo alcalino-carbonatítico Catalão II, GO*, Universidade de Brasília, Brasília.
- Palmieri, M., Brod, J.A., Gaspar, J.C., Junqueira-Brod, T.C., Barbosa, P.A.R., Dantas, E.L., Santos, R.V., 2011-in preparation. *Mineral Chemistry, Whole-Rock Geochemistry and Isotope Geology of the Morro do Padre Nb Deposit, Catalão II alkaline-carbonatite Complex, Brazil*.

- Palmieri, M., Ferrari, A.J.D., Brod, J.A., Barbosa, P.A.R., 2006. Geologia da mina de fosfato da Copebrás no Complexo Foscorítico-Carbonatítico de Catalão I, 43 Congresso Brasileiro de Geologia. Aracajú. Sociedade Brasileira de Geologia, Aracajú, SE, pp. 791-795.
- Ribeiro, C.C., 2008. Geologia, geometalurgia, controles e gênese dos depósitos de fósforo, terras raras e titânio do Complexo Carbonatítico de Catalão I, GO, Universidade de Brasília, Brasília.
- Ribeiro, C.C., Brod, J.A., Junqueira-Brod, T.C., Gaspar, J.C., Petrinovic, I.A., 2005a. Mineralogical and field aspects of magma fragmentation deposits in a carbonate-phosphate magma chamber: evidence from the Catalao I complex, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 18(3-4): 355-369.
- Ribeiro, C.C., Gaspar, J.C., Brod, J.A., 2005b. Controle e gênese dos depósitos de monazita no Complexo Carbonatítico de Catalão I, I Simpósio Brasileiro de Metalogenia, Gramado, RS, pp. 1-4.
- Ribeiro, C.C., Gaspar, J.C., Petrinovic, I.A., Brod, J.A., Junqueira-Brod, T.C., 2001. Pipes de brecha e atividade magmática explosiva no complexo alcalino-carbonatítico de Catalão I, Goiás. *Revista Brasileira de Geociências*, 31(4): 417-426.
- Santos, R.V., Clayton, R.N., 1995. Variations of oxygen and carbon isotopes in carbonatites: a study of Brazilian alkaline complexes. *Geochimica Et Cosmochimica Acta*, 59(7): 1339-1352.
- Sgarbi, P.B.A., Gaspar, J.C., 2002. Geochemistry of Santo Antonio da Barra Kamafugites, Goiás, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 14(8): 889-901.
- Sgarbi, P.B.A., Heaman, L.M., Gaspar, J.C., 2004. U-Pb perovskite ages for Brazilian kamafugitic rocks: Further support for a temporal link to a mantle plume hotspot track. *Journal of South American Earth Sciences*, 16(8): 715-724.
- Thompson, R.N., Gibson, S.A., Mitchell, J.G., Dickin, A.P., Leonardos, O.L., Brod, J.A., Greenwood, J.C., 1998. Migrating Cretaceous-Eocene magmatism in the Serra do Mar alkaline province, SE Brazil: Melts from the deflected Trindade mantle plume? *Journal of Petrology*, 39(8): 1493-1526.

ANEXO I

FICHA PETROGRÁFICA 1 – FENITOS

DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA				
Seções: 531855; 535474; 535472 e 535449				
Local: Mina de Boa Vista / Rocha Fresca - Talude leste				
Descrição Microscópica				
1 – Composição Mineralógica Modal (%)				
Seção:	531855	535474	535472	535449
Carbonato	10%	5%	traço	2%
Flogopita	78%	50%	10%	13%
Clorita		10%	50%	40%
Feldspato	7%	20%	25%	20%
Quartzo	5%	15%	15%	15%
Opacos	traço	traço	traço	traço
TOTAL:	100%	100%	100%	100%
2 – Textura:				
<p>Segundo as quatro seções analisadas, a textura é inequigranular, afanítica a porfirítica, com cristais anedrais a euedrais, sendo a matriz composta por feldspato, quartzo e flogopita ou clorita. Apresentando bandamento composicional (535472), com bandas compostas por quartzo e feldspato, e bandas compostas por flogopita e/ou clorita.</p>				
3 – Descrição Mineralógica:				
<p>O feldspato (Fsp – IUGS) ocorre na forma de cristais anedrais a subedrais, de granulação muito fina a média, coloração cinza claro a cinza escuro, preferencialmente na forma de bandas ou bolsões associado ao quartzo.</p> <p>Os cristais de quartzo (Qzt – IUGS) são anedrais, de granulação muito fina a média, coloração cinza claro, ocorrendo em bandas ou bolsões associado ao feldspato.</p> <p>A flogopita (Phl – IUGS) como demonstrado ocorre na forma de cristais anedrais a euedrais, de granulação muito fina a muito grossa, coloração marrom claro a marrom escuro, representando o principal mineral cristalizado durante o processo de fenitização e geralmente ocorre associada a clorita que representa um produto de alteração supergena da flogopita (seção – 531855).</p> <p>Os cristais de clorita (Chl – IUGS) como demonstrado são anedrais a subedrais, de granulação muito fina a média, coloração verde claro a escuro, associada ou não a flogopita, e demonstrando ser produto de alteração supergena desta (seção - 535449).</p>				

O carbonato (Cb – IUGS) ocorre na forma de cristais anedrais a subedrais, de granulação fina a média, coloração amarelo claro com os cristais disseminados ao longo dos interstícios dos grãos de feldspato, quartzo e flogopita.

Os minerais opacos ocorrem na forma de traço, disseminados ao longo da amostra.

4 – Nome da Rocha: Fenito

ANEXO II

FICHA PETROGRÁFICA 2 – ANFIBOLITOS

DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA			
Seções: 535469; 535450 e 273559			
Local: Mina de Boa Vista / Rocha Fresca – Talude Leste			
Descrição Microscópica			
1 – Composição Mineralógica Modal (%)			
Seção:	535469	535450	273559
Actinolita	30%	40%	20%
Hornblenda	5%	6%	3%
Plagioclásio	59%	30%	34%
Titanita	1%		
Quartzo	5%	9%	5%
Epidoto	traço		
Clorita		15%	10%
Flogopita			28%
TOTAL:	100%	100%	100%
2 – Textura:			
<p>Segundo as três seções analisadas a textura é inequigranular, afanítica a fanerítica, anedral a subedral, apresenta cristais de granulometria muito fina a grossa composta por plagioclásio, actinolita e flogopita, que envolvem cristais finos a grossos de hornblenda, titanita, epidoto e quartzo.</p>			
3 – Descrição Mineralógica:			
<p>A actinolita (Act – IUGS) ocorre na forma de cristais anedrais a subedrais com hábito fibroso a prismático, de coloração branca a verde claro, ocorrendo em meio a matriz e associada ao plagioclásio e a flogopita.</p> <p>Os cristais de flogopita (Phl – IUGS) são euedrais a subedrais, de granulação muito fina a grossa, coloração marrom claro a vermelho escuro, geralmente associada ao plagioclásio e a actinolita, ou disseminada na amostra e representam no contexto mineral da amostra o produto do processo de fenitização das rochas encaixantes.</p> <p>O plagioclásio (Pl – IUGS) ocorre na forma de cristais anedrais a euedrais, de coloração cinza claro a cinza escuro, presente na matriz muito fina e em cristais de granulação média.</p> <p>A clorita (Chl – IUGS) apresenta cristais anedrais, de coloração verde clara a escura, na forma de cristais prismáticos disseminado ao longo da rocha, ou na forma de aglomerados em porções pontuais, geralmente associada a alteração da hornblenda.</p> <p>A hornblenda (Hbl – IUGS) é anedral a subedral, ocorrendo na forma de aglomerados de coloração verde escuro a marrom, de granulação média a grossa, geralmente associado a clorita, ou concentrado em núcleos pontuais.</p> <p>Os cristais de titanita (Ttn – IUGS) são subedrais a euedrais, de coloração amarelo claro e disseminados ao longo da seção.</p>			

Os cristais de quartzo (Qzt – IUGS) são anedrais, de coloração cinza claro e ocorrem disseminados ao longo da seção.

Os cristais de epidoto (Ep – IUGS) são raros e ocorrem pontualmente em uma das seções como cristais anedrais a subedrais de coloração verde escura.

4 – Nome da Rocha: Anfibolito

ANEXO III

FICHA PETROGRÁFICA 3 - CALCIOCARBONATITOS

DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA				
Seções: 531861; 535457; 273555 e 535466				
Local: Mina de Boa Vista / Rocha Fresca – Talude Leste				
Descrição Microscópica				
1 – Composição Mineralógica Modal (%)				
Seção:	531861	535457	273555	535466
Carbonato	81%	97%	87%	89%
Flogopita	1%	2%	10%	10%
Magnetita	3%	1%	3%	
Barita	traço			
Pirocloro	traço	traço	traço	1%
Sulfeto	15%			
Monazita	traço			
TOTAL:	100%	100%	100%	100%
2 – Textura:				
<p>Segundo as quatro amostras analisadas a textura é inequigranular, afanítica à porfírica (535457), apresentando fenocristais de carbonato, com matriz muito fina a fina de flogopita, magnetita e carbonato. Veios de sulfeto (531861) cortam a matriz indicando estruturas de desgaseificação e demonstrando morfologia tabular.</p>				
3 – Descrição Mineralógica:				
<p>A calcita (Cal – IUGS) apresenta cristais eudrais a anedrais, textura inequigranular, fanerítica à porfírica com clivagem romboédrica visível (seção - 535457) e coloração amarelo claro. Entre tanto quando em matriz muito fina a fina, ocorre na forma de agregados.</p> <p>A flogopita (Phl – IUGS) ocorre como cristais eudrais a subedrais, muito fina a fina, coloração alaranjado a avermelhado</p> <p>A magnetita (Mag – IUGS) em microscópio de luz refletida apresenta cristais subedrais a anedrais, de granulação muito fina e em concentrações pontuais, com coloração cinza claro e associada a flogopita, pirocloro e a própria calcita quando em matriz muito fina.</p> <p>Os sulfetos (Sulf) são predominantemente representados pela calcopirita (Ccp - IUGS), que em microscópio de luz refletida são anedrais, tabulares e apresentam coloração amarelo intenso.</p> <p>Os cristais de barita (Brt – IUGS) apresentam cristais anedrais, de granulação muito fina a fina, com coloração amarelo claro.</p> <p>A monazita (Mnz – IUGS) ocorre na forma de agregados muito finos dentro de veios, e geralmente está associada a barita.</p> <p>O pirocloro (Pcl – IUGS) ocorre na forma de cristais eudrais a subedrais, trapezoidais e de coloração marrom claro à escuro.</p>				
4 – Nome da Rocha: Calciocarbonatito				

ANEXO IV

FICHA PETROGRÁFICA 4 - MAGNESIOCARBONATITOS

FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA			
Seções: 273558; 535462 e 535468			
Local: Mina de Boa Vista / Rocha Fresca – Talude Leste			
Descrição Microscópica			
1 – Composição Mineralógica Modal (%)			
Seção:	273558	535462	535468
Carbonato	95%	94%	93%
Flogopita		traço	1%
Magnetita			5%
Barita	2%	traço	1%
Pirocloro	traço		traço
Pirita		6%	
Calcopirita		traço	
Pirrotita		traço	
Monazita	3%		
TOTAL:	100%	100%	100%
2 – Textura:			
<p>Segundo as três amostras analisadas a textura é fanerítica e inequigranular, apresentando inclusões de agregados carbonáticos de granulação muito fina em carbonatos preteritos de granulação média a grossa, o que indica temperaturas distintas de cristalização para cada carbonato. Veios hidrotermais cortam a matriz carbonática com associações de monazita e barita na amostra 273558, estrutura de desgaseificação são visíveis em sulfetos tabulares que cortam a matriz na amostra 535462. Cavidades de dissolução nos carbonatos e presença de farinha de falha em fraturas.</p>			
3 – Descrição Mineralógica:			
<p>A dolomita (Dol – IUGS) apresenta cristais euedrais a anedrais, romboédricos e/ou prismáticos, de granulação fina a grossa e de coloração amarelo claro.</p> <p>A flogopita (Phl – IUGS) é quase inexistente nas amostras e quando visível apresenta cristais euedrais, de granulação muito fina e coloração amarelo claro a avermelhado.</p> <p>A magnetita (Mag – IUGS) ocorre na forma de cristais euedrais a subedrais, angulosos a sub angulosos, de granulação muito fina e coloração amarelo claro.</p> <p>O pirocloro (Plc – IUGS) ocorre na forma de cristais euedrais, trapezoidais e de coloração amarelo claro.</p> <p>Os cristais de barita (Brt – IUGS) apresentam-se anedrais, de granulação muito fina e coloração amarelo claro associado a monazita dentro dos veios monazíticos.</p>			

A monazita (Mnz – IUGS) apresenta agregados de cristais muito finos em veios associados a barita.

Os sulfetos (Sulp) predominantemente são calcopirita (Ccp – IUGS), anedrais, tabulares e apresentam coloração amarelo intenso.

4 – Nome da Rocha: Magnesiocarbonatito

ANEXO V

FICHA PETROGRÁFICA 5 - NELSONITOS

DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA		
Seções: 273557A e 535460		
Local: Mina de Boa Vista / Rocha Fresca – Talude Leste		
Descrição Microscópica		
1 – Composição Mineralógica Modal (%)		
Seção:	273557A	535460
Carbonato	3%	5%
Flogopita	5%	3%
Magnetita	20%	10%
Pirocloro	2%	1%
Apatita	70%	81%
TOTAL:	100%	100%
2 – Textura:		
<p>Textura inequigranular, afanítica a fanerítica, apresentando cristais de magnetita, pirocloro e flogopita de granulação fina a média em meio a matriz apatítica muito fina. O carbonato ocorre na forma de poucos cristais disseminados na matriz ou concentrado em bolsões.</p>		
3 – Descrição Mineralógica:		
<p>A apatita (Ap – IUGS) apresenta cristais eudrais a subedrais, prismáticos, de granulação muito fina e coloração cinza claro à branco.</p> <p>A calcita (Cal – IUGS) ocorre na forma de poucos cristais disseminados na matriz ou concentrado em bolsões, com clivagem romboédrica perfeita, de granulação muito fina a fina e coloração amarelo claro.</p> <p>A flogopita (Phl – IUGS) presente ocorre na forma de cristais eudrais a subedrais de granulação muito fina a média e coloração marrom claro a vermelho escuro.</p> <p>Os cristais de magnetita (Mag – IUGS) apresentam-se eudrais a subedrais, de granulação muito fina a média e coloração cinza claro.</p> <p>O pirocloro (Pcl – IUGS) apresenta cristais eudrais a subedrais, de granulação muito fina a fina, e coloração marrom escuro.</p>		
4 – Nome da Rocha: Nelsonito		

ANEXO VI

FICHA PETROGRÁFICA 6 - PSEUDONELSONITOS

DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA

Seções: 535461; 531856; 273557B e 535458

Local: Mina de Boa Vista / Rocha Fresca – Talude Leste

Descrição Microscópica

1 – Composição Mineralógica Modal (%)

Seção:	535461	531856	273557B	535458
Carbonato	15%	3%	81%	52%
Flogopita	25%	81%	7%	15%
Magnetita	37%	10%	10%	25%
Pirocloro	3%	1%	1%	5%
Sulfeto	10%	5%	traço	
Apatita	10%		1%	3%
TOTAL:	100%	100%	100%	100%

2 – Textura:

Segundo as quatro amostras analisadas a textura é porfirítica, inequigranular, ocorrendo em forma de aglomerados muito finos a cristais de granulação grossa. Carbonatos compõe a matriz desde muito finos a fenocristais com clivagem romboédria, Magnetita e sulfeto ocorrem associados, a apatita apresenta aglomerados de grãos muito finos a fino, flogopita e pirocloro ocorrem disseminados nas amostras ou em concentrações pontuais associados geralmente a magnetita.

3 – Descrição Mineralógica:

A calcita (Cal – IUGS) compõe a matriz das amostras e apresenta cristais euedrais a anedrais, de granulação muito fina a grossa, apresentando clivagem romboédrica perfeita em grãos de granulação grossa e coloração amarelo claro.

A flogopita (Phl – IUGS) apresenta cristais euedrais a subedrais, de granulação muito fina a grossa, coloração de marrom claro a vermelho escuro, geralmente associada a magnetita ou disseminado na amostra.

O pirocloro (Pcl – IUGS) ocorre em cristais euedrais a subedrais, de granulação muito fina a média, coloração amarelo escuro a marrom claro, ocorrendo disseminado na amostra ou em concentrações pontuais associado a magnetita e flogopita.

A magnetita (Mag – IUGS) apresenta cristais euedrais a anedrais, de granulação muito fina a grossa, coloração cinza claro, ocorrendo disseminada na amostra ou em concentrações pontuais, estando quase sempre associada a flogopita e ao pirocloro.

O sulfeto (Sulf) ocorre em cristais tabulares, alongados, euedrais a subedrais, de granulação fina a grossa, coloração amarelo intenso, em veios ou concentrações pontuais associados a magnetita ou finos cristais disseminados.

A apatita (Ap – IUGS) apresenta cristais euedrais a anedrais, granulação muito fina a média, com morfologia prismática, de coloração cinza claro a escuro, quando muito fina ocorre

na forma de aglomerados, entre tanto pode ocorrer na forma de cristais de granulação grossa associada a calcita.

4 – Nome da Rocha: Pseudonelsonito

ANEXO VII

FICHA PETROGRÁFICA 7 – PICRITOS

FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA		
Seções: 531860 e 535456		
Local: Mina de Boa Vista / Rocha Fresca – Talude Leste		
Descrição Microscópica		
1 – Composição Mineralógica Modal (%)		
Seção:	531860	535456
Olivina	25%	8%
Diopsídeo	2%	traço
Flogopita	35%	38%
Tetra-ferriflogopita	15%	14%
Serpentina	5%	13%
Perovskita	6%	4%
Magnetita	9%	8%
Clorita		15%
Apatita	3%	
TOTAL:	100%	100%
2 – Textura:		
<p>Segundo as duas amostras analisadas a textura presente é inequigranular e porfírica, apresentando fenocristais de Olivina (pseudomorfos) com matriz intragranular fina composta por Flogopita, Tetra-ferriflogopita, Magnetita e Perovskita. Localmente a amostra 535456, apresenta veios de Clorita Magnesiana substituindo Flogopitas pré cristalizadas.</p>		
3 – Descrição Mineralógica:		
<p>A olivina ocorre em grãos eudrais à subedrais, de coloração amarelo claro a cinza claro, granulação grossa (0,15 a 2,0mm), envoltos por uma matriz fina de flogopita. Predominantemente a olivina presente neste litotipo é a forsterita (Fo – IUGS), que por alteração produz a serpentina presente em sua paragénese.</p> <p>Ocorrem flogopitas magmáticas (Phl – Magm.) e metassomáticas (Phl – Mets.), onde as magmáticas apresentam cristais eudrais a subedrais, na forma de fenocristais, porem com granulação fina quando compoendo a matriz e coloração amarelo claro a avermelhado. As flogopitas metassomáticas apresentam-se anedrais, granulação fina e na forma de agregados. Entre tanto predominantemente apresentam zonação magmática com presença de bordas de reação que produzem tetra-ferriflogopita.</p> <p>O clinopiroxênio é representado por cristais prismáticos de diopsídeo (Di – IUGS), alongados e fraturados, apresentam coloração bege claro, granulação fina a média média, ocorrendo associado a flogopita, tetra-ferriflogopita, magnetita e perovskita na matriz intragranular.</p>		

A peroviskita (Prv – IUGS) apresenta cristais eudrais a subedrais, de granulação fina, coloração amarelo claro a marrom escuro, ocorrendo associada a magnetita e flogopita. Por hidrotermalismo ou alteração está pode gerar anatásio que não foi identificado nas duas seções analisadas.

Cristais de clorita magnesiana (Chl – IUGS) ocorre na forma de veios pela alteração da flogopita pretérita.

A apatita (Ap – IUGS) ocorre no forma de cristais prismáticos, eudrais e anedrais e de coloração amarelo claro.

A magnetita (Mag – IUGS) apresenta grãos eudrais, angulosos e de granulação fina.

4 – Nome da Rocha: Flogopita-picrito

ANEXO VIII

SUSCEPTIBILIDADE MAGNÉTICA - NELSONITO

Mapa de Localização dos Taludes Escaneados

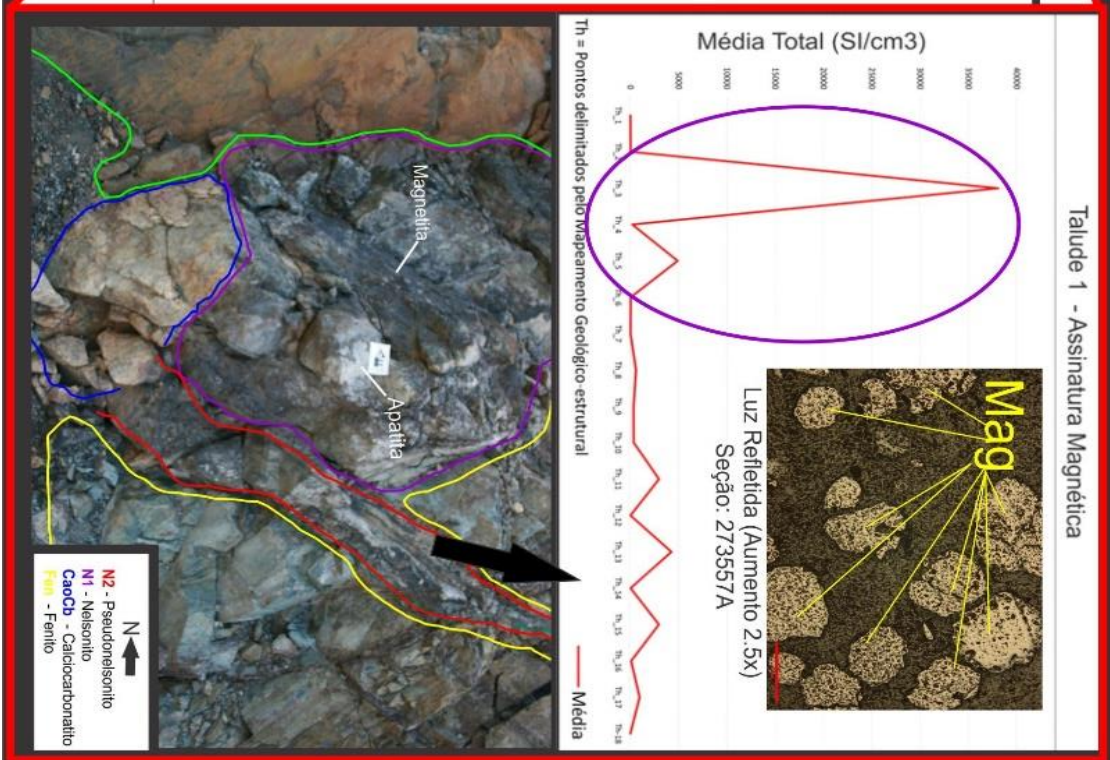
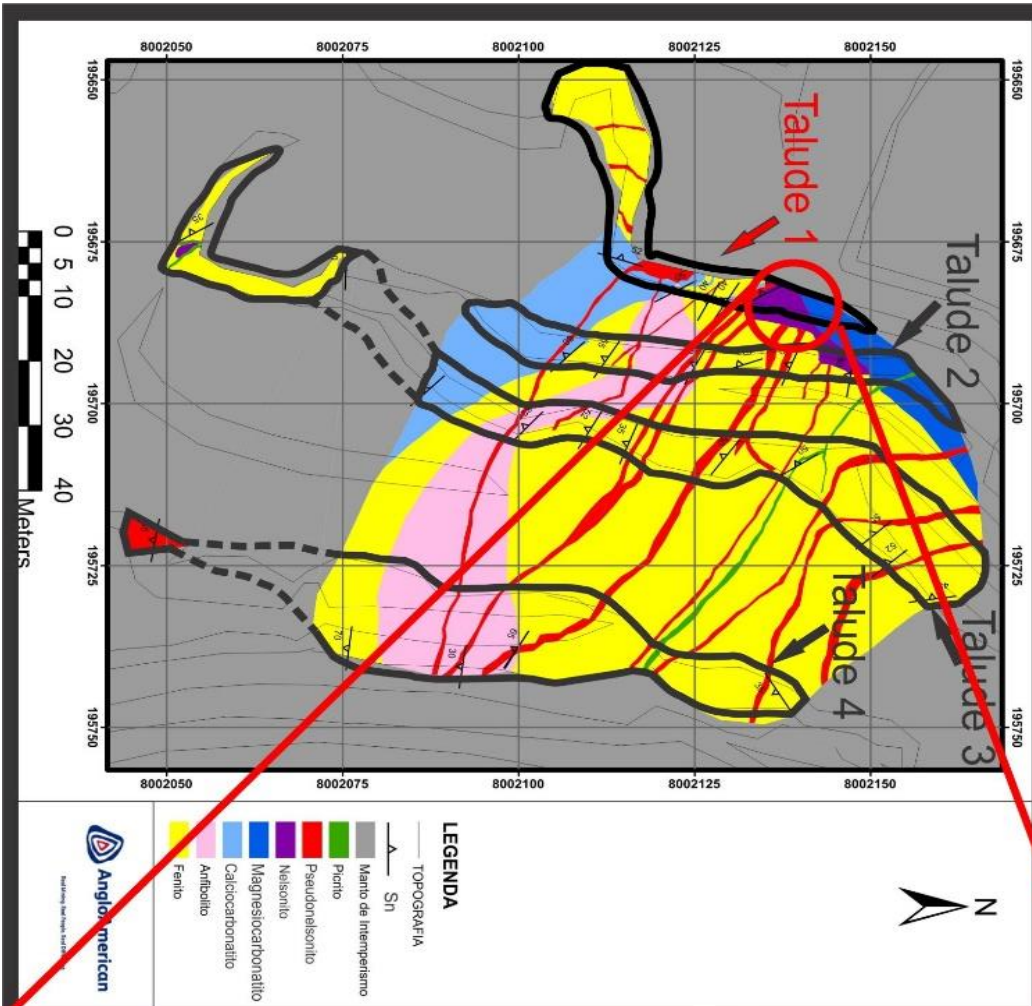


Figura 5.5.3.1.2. – É esboçada a localização da soleira de nelsonito em mapa, suas relações de contato com pseudonelsonito, magnesiocarbonatito, picrito e fenito, o grande volume de magnetita presente no nelsonito na foto da seção 273557A e a resposta magnética deste bloco no perfil.

ANEXO IX

SUSCEPTIBILIDADE MAGNÉTICA – PSEUDO-NELSONITO

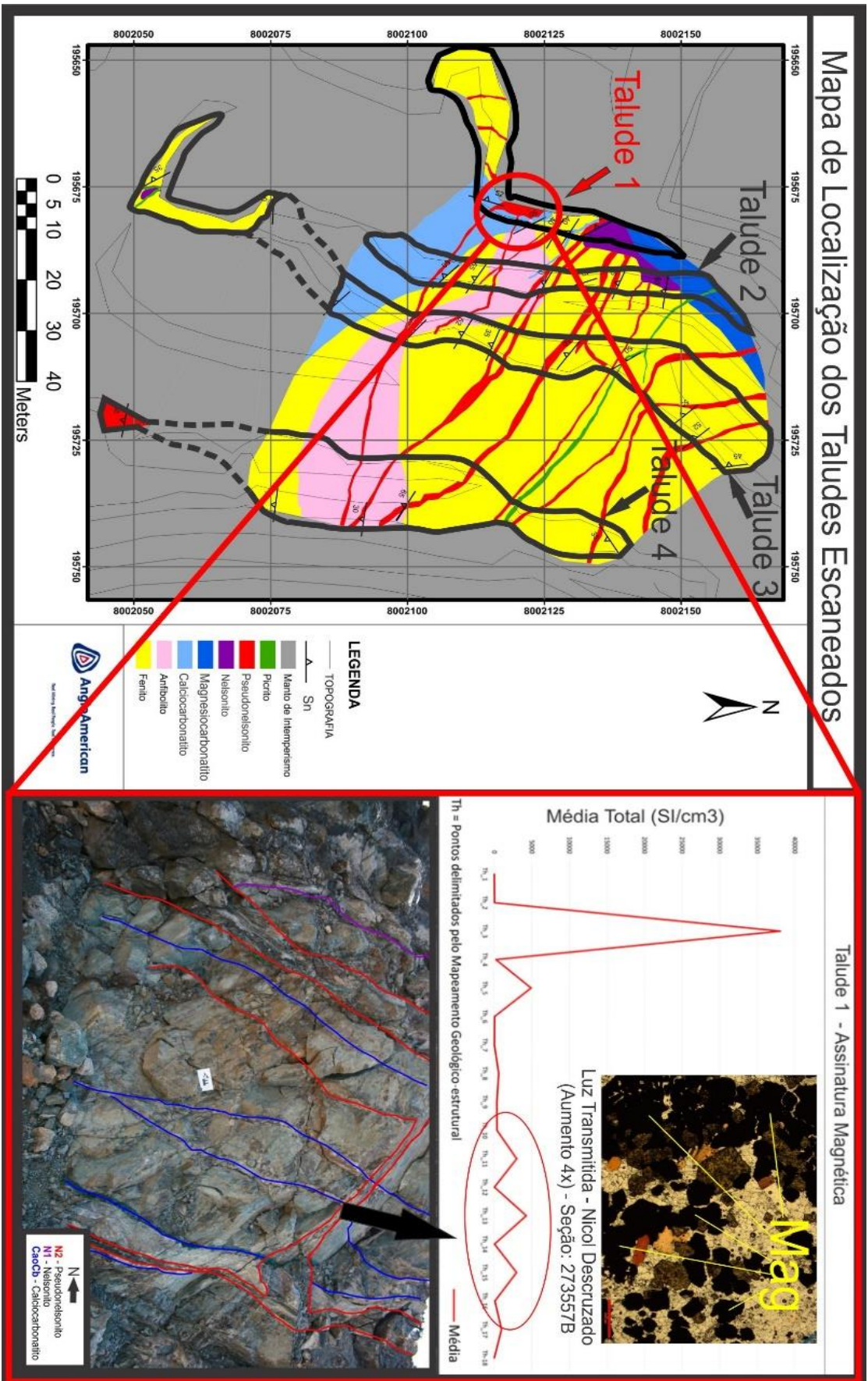


Figura 5.5.3.1.3. – É esboçada a localização de um “stockwork” de diques de pseudonelsonito, nelsonito e calcio-carbonatito intrudidos em um bloco de fenito. Também é apresentada o grande volume de magnetita nos diques de pseudonelsonito como mostra a foto da seção 273557A e sua resposta magnética no perfil magnético do talude 1.

ANEXO X

SUSCEPTIBILIDADE MAGNÉTICA –NELSONITO

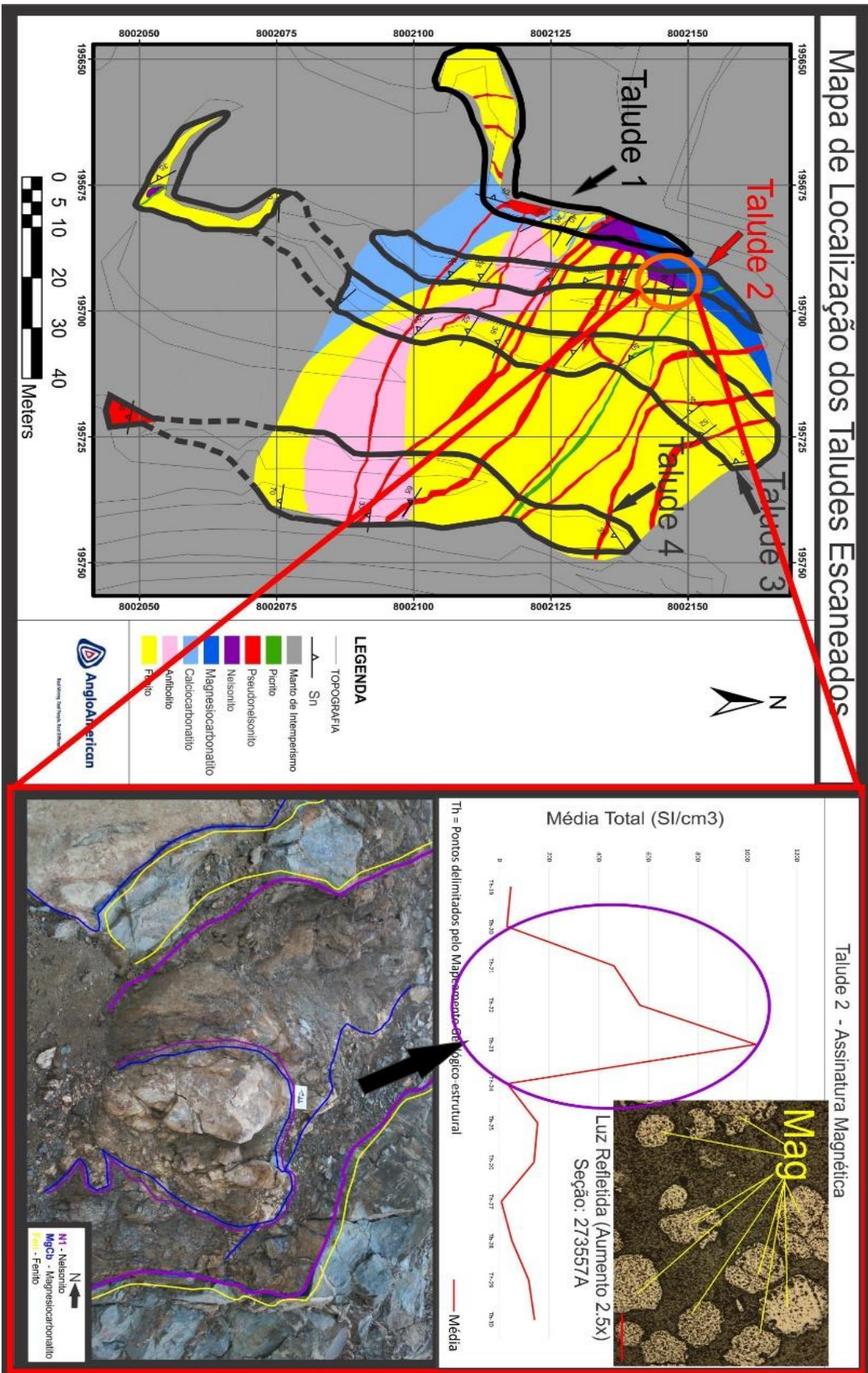


Figura 5.5.3.2.2. – É esboçada a localização de uma soleira de nelsonito englobando um xenólito de magnesiocarbonatito e apresentando a resposta magnética conforme o grande volume de magnetita presente neste litotipo como visto na foto da seção 273557A.

ANEXO XI

RESULTADOS - CALCIOCARBONATITO

Calciocarbonatito - Resultados discutidos

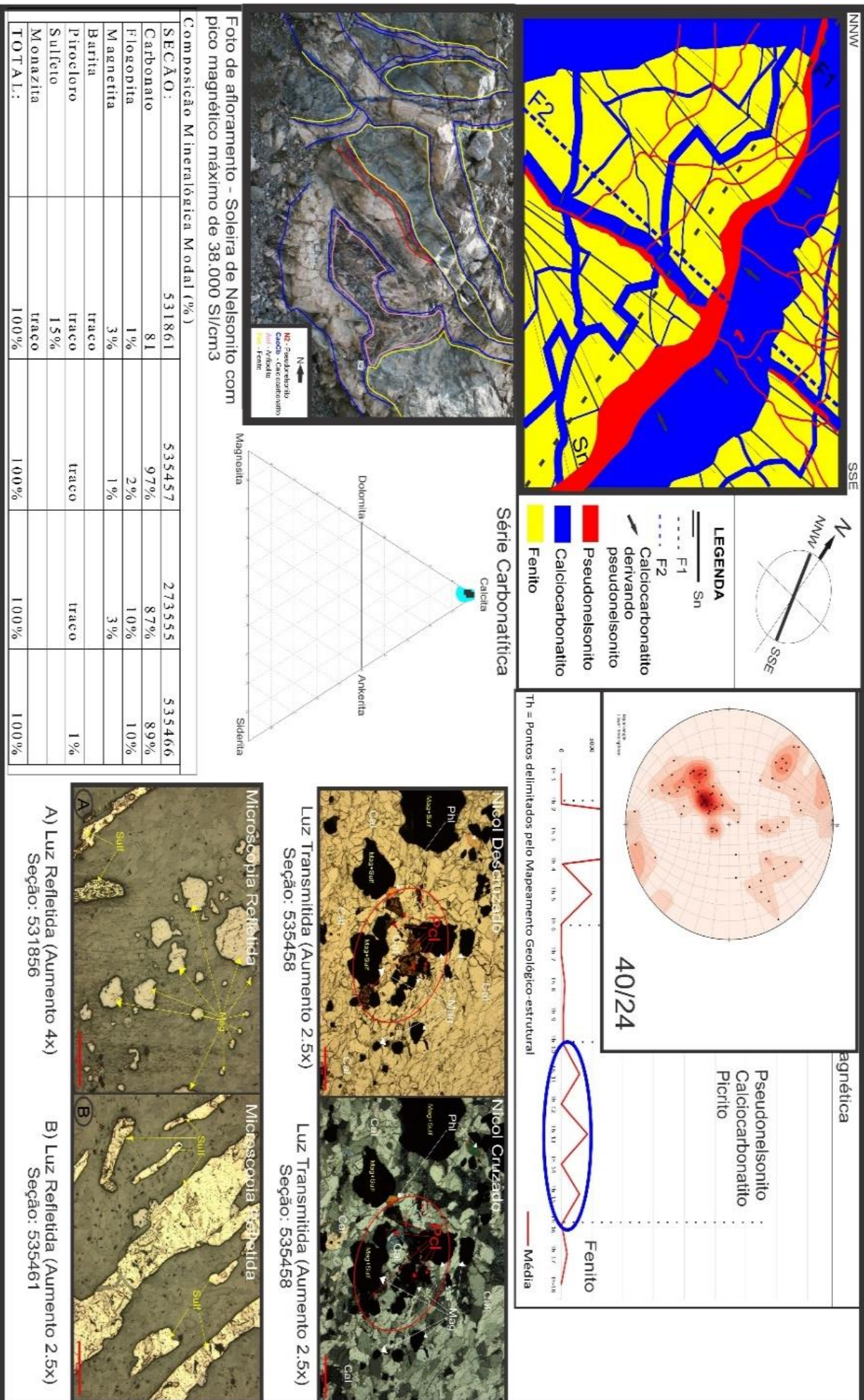


Figura 6.3.1.1. – A figura demonstra as relações entre os dados petrográficos, estruturais e magnéticos do grupo do calciocarbonatito.

ANEXO XII

RESULTADOS - NELSONITO

Nelsonito - Resultados discutidos

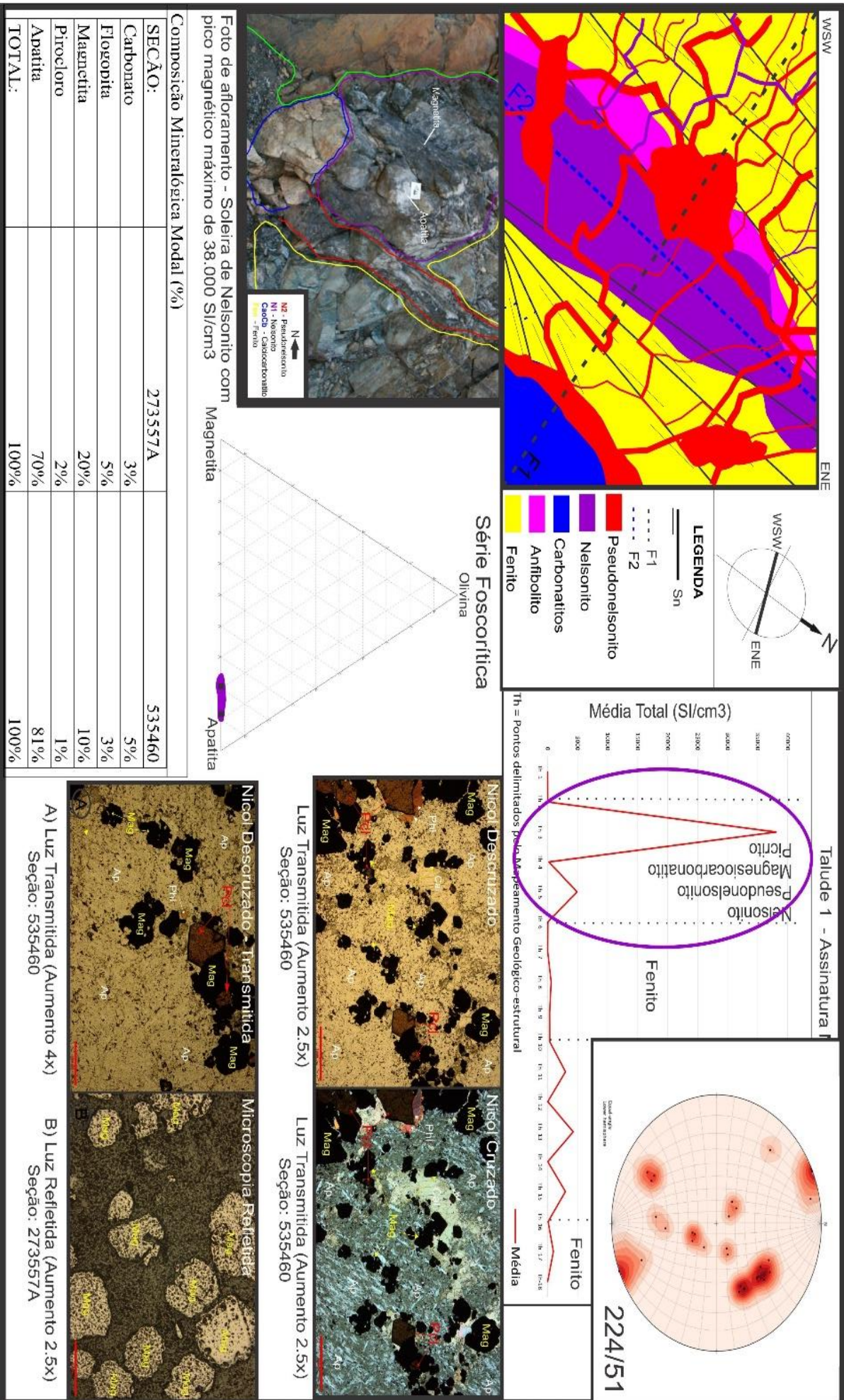


Figura 6.3.2.1. – A figura demonstra as relações entre os dados petrográficos, estruturais e magnéticos do grupo do nelsonito.

ANEXO XIII

RESULTADOS – PSEUDO-NELSONITO

Pseudonelsonito - Resultados discutidos

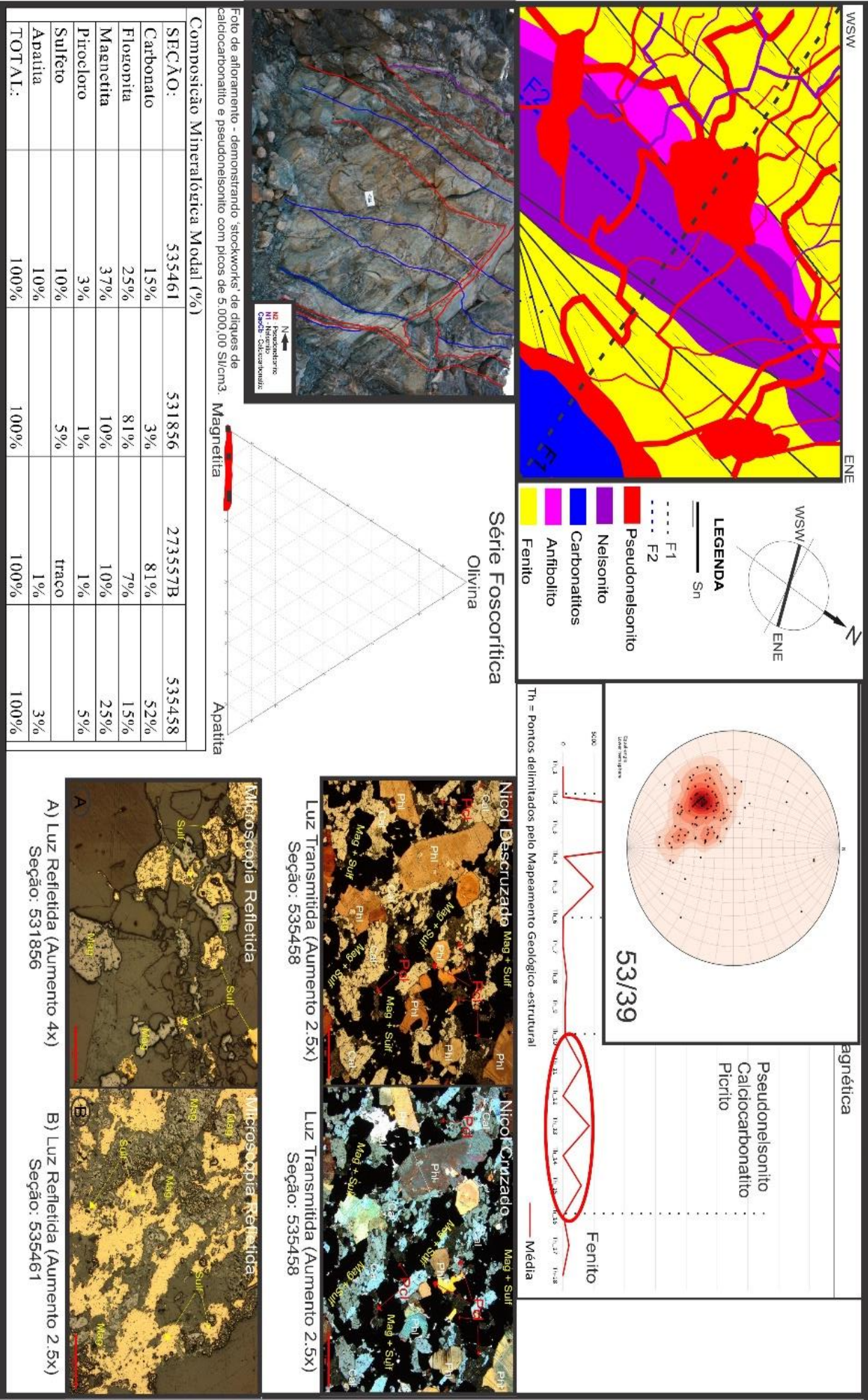


Figura 6.3.3.1. – A figura demonstra as relações entre os dados petrográficos, estruturais e magnéticos do grupo do pseudonelsonito.