



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA



MAURO CÉLIO SILVA CAMPOS

**CARACTERIZAÇÃO PETROGRÁFICA DOS PEGMATITOS E ROCHAS
ENCAIXANTES DO DISTRITO PEGMATÍTICO DE ARAÇUAÍ – PROVÍNCIA
PEGMATÍTICA ORIENTAL DO BRASIL**

MONOGRAFIA nº 582

OURO PRETO
Fevereiro 2026

MAURO CÉLIO SILVA CAMPOS

**CARACTERIZAÇÃO PETROGRÁFICA DOS PEGMATITOS E ROCHAS
ENCAIXANTES DO DISTRITO PEGMATÍTICO DE ARAÇUAÍ – PROVÍNCIA
PEGMATÍTICA ORIENTAL DO BRASIL**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Geológica da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção de título de Engenheiro Geólogo.

Orientador: Dr. Luiz Fernandes Dutra

Coorientadores: Dra. Flávia Compassi da Costa
Me. Rafael da Silva Madureira

OURO PRETO

2026

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

C198c Campos, Mauro Célio Silva.

Caracterização petrográfica dos pegmatitos e rochas encaixantes na sub-bacia do Ribeirão Piauí, do Distrito Pegmatítico de Araçuaí – Província Pegmatítica Oriental do Brasil. [manuscrito] / Mauro Célio Silva Campos. - 2026.

71 f.: il.: color., gráf., tab., mapa.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Fernandes Dutra.

Coorientadores: Profa. Dra. Flávia Compassi da Costa, Me. Rafael da Silva Madureira.

Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Graduação em Engenharia Geológica .

1. Petrologia - Petrografia. 2. Lítio. 3. Microscopia ótica. 4. Pegmatitos. 5. Mineralogia. I. Dutra, Luiz Fernandes. II. Costa, Flávia Compassi da. III. Madureira, Rafael da Silva. IV. Universidade Federal de Ouro Preto. V. Título.

CDU 552.322

Bibliotecário(a) Responsável: Sione Galvão Rodrigues - CRB6 / 2526



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
REITORIA
ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA



FOLHA DE APROVAÇÃO

Mauro Célio Silva Campos

Caracterização petrográfica dos pegmatitos e rochas encaixantes da sub-bacia do Ribeirão Piauí, Distrito Pegmatítico de Araçuaí

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Geológica da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Geológica

Aprovada em 4 de março de 2026

Membros da banca

Doutor Luiz Fernandes Dutra - Orientador - Universidade Federal de Ouro Preto
Mestre Edison Tazava - Universidade Federal de Ouro Preto
Mestra Yara Veloso Magalhães Frank - Universidade Federal de Ouro Preto

Luiz Fernandes Dutra, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 04/03/2026



Documento assinado eletronicamente por **Luiz Fernandes Dutra**, **PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 04/03/2026, às 15:45, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1069423** e o código CRC **4138422C**.

A ciência nada mais é que compreender as criações de Deus.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela vida, pela luz e pelos caminhos. Toda honra e toda glória a Ele.

Agradeço aos meus pais, Roberto e Marilda, que sempre se dedicaram a fazer de mim uma pessoa melhor, e esforçarem para realizar meus sonhos.

Agradeço ao meu irmão, Beбето, por ter me apresentado ao mundo das Ciências da Terra e direcionar à Ouro Preto.

Agradeço à Jamilly, por ter me mostrado como é o amor, e amar cada parte minha.

Agradeço à República Baviera, seus ex-alunos e moradores, pelo apoio e ensinamentos.

Agradeço ao DEGEO, seus professores e técnicos, em especial ao Prof. Dr. Luiz Dutra e ao Prof. Me. Rafael Madureira, pelo apoio na realização deste trabalho.

Agradeço à Yara Veloso, Gustavo Melo, Ricardo Sholz e Fabiana Guimarães pelas sugestões de pontos de campo com pegmatito.

Agradeço à Aline Kelly de Guimarães e Silva e Profa. Dra. Alice Costa pela assistência e análise no Laboratório de Difractometria de Raio-X.

RESUMO

A Província Pegmatítica Oriental (PPO) destaca-se mundialmente por apresentar vários depósitos de lítio, gemas e rochas ornamentais, distribuídos em distritos pegmatíticos, como o Araçuaí (DPA), localizado no nordeste de Minas Gerais. O DPA é um dos principais distritos do cenário nacional para a exploração de lítio, hospedado principalmente em espodumênio e lepidolita, em vários corpos pegmatíticos. Apesar de sua relevância, muitos desses corpos ainda carecem de caracterização petrográfica detalhada, como os da sub-bacia do Ribeirão Piauí, que ocupa a porção a leste do DPA, entre Araçuaí e Itinga. Neste trabalho, foi realizada a caracterização macro e microscópica de pegmatitos e de suas rochas encaixantes na sub-bacia do Ribeirão Piauí, com base em campanha de campo, coleta sistemática de amostras e análise petrográfica em lâminas delgadas sob microscopia óptica. Foram descritas assembleias mineralógicas, texturas e padrões de zoneamento interno, permitindo a distinção de diferentes grupos pegmatíticos, incluindo ocorrências com espodumênio, lepidolita, turmalina, granada e outros minerais associados à mineralização de lítio. A partir da descrição mineralógica e textural, foram desenvolvidas análises comparativas e interpretativas baseadas na classificação dos pegmatitos a partir de sua mineralogia e estruturação interna e detalhando processos metamórficos ocorridos nas rochas encaixantes, visando compreender a gênese dos pegmatitos e suas respectivas relações com as rochas encaixantes. Os resultados obtidos contribuem para o entendimento da gênese e evolução dos pegmatitos da região, definindo zonas prováveis para ocorrência de corpos mineralizados e entendendo a relação de cristalização dos minerais, ampliando o conhecimento geológico local e fornecendo subsídios para futuras campanhas de exploração mineral e estudos petrogenéticos na PPO.

Palavras-chave: Lítio; Espodumênio; Lepidolita; Microscopia óptica; Gênese de pegmatitos; Mineralogia; Petrografia comparativa

ABSTRACT

The Eastern Pegmatitic Province (EPP) stands out globally for having several lithium, gem, and ornamental rock deposits, distributed in pegmatitic districts such as Araçuaí (DPA), located in the northeast of Minas Gerais. The DPA is one of the main districts in Brazil for lithium exploration, primarily hosted in spodumene and lepidolite within various pegmatitic bodies. Despite its significance, many of these bodies still lack detailed petrographic characterization, such as those in the Ribeirão Piauí sub-basin, which occupies the eastern portion of the DPA, between Araçuaí and Itinga. In this study, macro- and microscopic characterization of pegmatites and their host rocks in the Ribeirão Piauí sub-basin was carried out based on field campaigns, systematic sample collection, and petrographic analysis of thin sections under optical microscopy. Mineralogical assemblages, textures, and internal zoning patterns were described, allowing the distinction of different pegmatitic groups, including occurrences of spodumene, lepidolite, tourmaline, garnet, and other minerals associated with lithium mineralization. Based on mineralogical and textural descriptions, comparative and interpretative analyses were developed, based on the classification of pegmatites according to their mineralogy and internal structure, and detailing metamorphic processes occurring in the host rocks, aiming to understand the genesis of the pegmatites and their respective relationships with the host rocks. The results contribute to the understanding of the genesis and evolution of pegmatites in the region, defining likely zones for the occurrence of mineralized bodies and understanding the crystallization relationships of the minerals, thereby expanding local geological knowledge and providing support for future mineral exploration campaigns and petrogenetic studies in the EPP.

Keywords: Lithium; Spodumene; Lepidolite; Optical microscopy; Petrography; Mineralogy; Pegmatite genesis

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo, Distrito Pegmatítico de Araçuaí, situado na porção centro norte do estado de Minas Gerais.....	16
Figura 2 - Exemplo de amostras coletadas em campo. A: Amostras coletadas no ponto “TCC03”, condicionadas em saco plástico. B: Amostra de mão do ponto “TCC11” usada para descrição macroscópica.	19
Figura 3 - Modelo de desenvolvimento do Orógeno Araçuaí – West Congo. A) Estágio de rifte continental da bacia Macaúbas (1000-889 Ma). B) Desenvolvimento da margem passiva e oceanização da bacia Macaúbas. C) Convergência inicial (~630 Ma) e formação do arco magmático Rio Doce. D) Estágio colisional (~590 Ma) e geração da Supersuíte G2. E) Escape lateral de massa e colapso gravitacional.	21
Figura 4 - Mapa geológico regional da região do Vale do Ribeirão Piauí.	22
Figura 5 - Estratigrafia e dados geocronológicos do Grupo Macaúbas e da Formação Salinas. As referências dos trabalhos geocronológicos devem ser consultadas na fonte da figura.	23
Figura 6 - Sequência de zonamento sendo cinco tipos texturais-para-gênicos de pegmatitos da fonte granítica: tipo I: gráfico (intercrescimentos de microclina gráfica-quartzo), tipo II: bloco (núcleos de microclina perítica grosseira), tipo III: totalmente diferenciado (bordas graníticas, zonas intermédias de microclina, núcleo de quartzo), tipo IV: elemento raro complexo (rico em lítio, graduando para variantes miarolíticas da mesma composição), e tipo V: albita-espodumênio ou albita-lepidolita, miarolítico ou não.	29
Figura 7 - Exemplos de pegmatitos LCT homogêneos em cortes transversais. Alb = albita, K-feld = feldspato potássico, Msc: muscovita, Qtz = quartzo, Spod = espodumênio.	30
Figura 8 - Estrutura interna de pegmatitos zonados em seções horizontais esquemáticas. (A) Padrão concêntrico das zonas primárias, com controle zonal da distribuição das unidades de albita e mineralização de núcleo-borda; (B) Padrão concêntrico das zonas primárias cruzadas por preenchimentos de fraturas, com controle litológico, mas, em parte, relacionado a uma unidade metassomática controlada por fraturas. Alb = albita, K-feld = feldspato potássico, Msc: muscovita, Qtz = quartzo.....	31
Figura 9 - Mapa de localização dos pegmatitos encontrados em campo e sua divisão segundo os grupos mineralógicos.	34
Figura 10 - A: Contato entre pegmatito Samambaia e mica-quartzo xisto encaixante da Formação Salinas, com intrusão pegmatítica subparalela à foliação principal da rocha encaixante (ponto TCC04). B: Mica-quartzo xisto da Formação Salinas intensamente dobrado por intrusão do pegmatito Severino (ponto TCC07).	35

Figura 11 - Grande quantidade de porfiroblastos de cordierita no mica-quartzo xisto da Formação Salinas, próximos às intrusões pegmatíticas (A: ponto TCC04, B: ponto TCC14).	36
Figura 12 - A: Cristais de quartzo com junção tríplice. B: Cristal de cordierita (Cord), indicado pela linha tracejada branca, rotacionado pela foliação S2, em linha tracejada amarela. A linha tracejada em laranja indica a foliação S1 sendo rotacionada junto com o cristal de cordierita, como resultado da segunda fase de deformação que gerou S2.	37
Figura 13 - Microfotografias da lâmina M14CS. A) Contato abrupto entre o mica-quartzo xisto encaixante da Formação Salinas e pegmatito do Meio, marcado pela diferença mineralógica e textural sob nicóis paralelos) e B) nicóis cruzados. C) Domínio do pegmatito evidenciando granulação média a grossa, e associação mineralógica formada por quartzo, mica, feldspato e apatita (mineral acessório) sob nicóis paralelos e D) nicóis cruzados.	38
Figura 14 - Fotomicrografias da lâmina M14CT mostrando o contato transicional entre o xisto encaixante e o corpo pegmatítico. (A) Luz plano-paralela, evidenciando xisto fino e foliado, com coloração esverdeada associada à epidotização ao longo da foliação. (B) Polarizadores cruzados, destacando o contraste textural entre o domínio xistoso deformado e o domínio pegmatítico de granulação mais grossa.	39
Figura 15 - A) Enclave do xisto encaixante da Formação Ribeirão da Folha em meio ao pegmatito (ponto TCC10). B) Afloramento em lageado do duas micas-quartzo xisto dobrado em contato com o pegmatito (ponto TCC10), aflorando em lageado.	40
Figura 16 - A) Cavidade miarolítica de ~1cm de diâmetro com cristal euédrico de berilo incolor (ponto TCC03). B) Grãos subédricos de granada em meio a matriz formada por quartzo, feldspato e mica branca do pegmatito (ponto TCC19).	41
Figura 17 - Grande enclave do xisto da Formação Ribeirão da Folha assimilado pelo pegmatito do ponto TCC19.	42
Figura 18 - Fotomicrografias da amostra M19. A e B: Cristal de apatita (Apt) incluso em feldspato, destacando relevo moderado em luz plano-polarizada (A) e baixas cores de interferência em luz polarizada (B). C e D: Arranjo mineralógico da matriz evidenciando cristais de mica (com clivagem característica), quartzo e feldspato. A trama é isotrópica, sem orientação preferencial.	43
Figura 19 - Zona de borda (delimitada pelo tracejado amarelo) entre o pegmatito Tesouro (esquerda da imagem) e a rocha encaixante (direita da imagem), no ponto TCC05. Embora o pegmatito tenha cerca de 30 metros de espessura, a zona de borda tem apenas alguns centímetros de espessura.	44
Figura 20 - Zona intermédia do pegmatito Tesouro (TCC05).	45

Figura 21 - Amostra selecionada para a lâmina M14.....	46
Figura 22 - Fotomicrografia da lâmina M14, demonstrando mineralogia simples de feldspato, mica e quartzo. A: Luz plano-paralela. B: Luz polarizada.	46
Figura 23 - Cristais de espodumênio crescendo perpendiculares ao núcleo de quartzo (na parte inferior da imagem) no pegmatito do Meio (TCC04).	47
Figura 24 - A: Megacristais de espodumênio (Spod) no pegmatito Severino (TCC07). O espodumênio aparece entre cristais de feldspato (Feld) e quartzo (Qtz), crescendo perpendicularmente aos núcleos de quartzo, na parte inferior da imagem. B: Galeria no pegmatito Neves (TCC06). Pode-se observar os cristais de espodumênio (prismáticos e de cor branca) desenvolvendo-se perpendiculares ao núcleo de quartzo, na parte inferior da galeria.	48
Figura 25 - Amostra de cristal de espodumênio da qual foi confeccionada a lâmina M6E.	49
Figura 26 - Microfotografia de espodumênio em lâminas delgada polida proveniente do pegmatito Neves (ponto TCC06) A) em luz plano paralela B) e em luz polarizada.	49
Figura 27 - A) Contato entre núcleo de quartzo e massa anédrica de albita, com linha de turmalina azul e óxidos/hidróxidos de Fe e/ou Mn) B: Destaque à amostra que foi coletada. Nota-se o brilho vítreo e clivagem marcante.	50
Figura 28 - Resultados da análise de DRX realizada no mineral. Os picos elementais, principalmente o do lítio, caracterizam a amostra como petalita.	50
Figura 29 - Exposição do pegmatito encontrado no ponto TCC09. Nota-se o núcleo de quartzo (Qtz, delimitado pela linha amarela tracejada) e a zona intermédia circundante, com destaque aos cristais grossos euédricos de turmalina preta junto a matriz de feldspato, quartzo e mica.	52
Figura 30 - A: Detalhe de corte do pegmatito do ponto TCC10. A linha branca tracejada separa o núcleo de quartzo (inferior) da zona intermédia do pegmatito (superior). As cavidades miarolíticas aparecem em contato com o núcleo de quartzo, em sua borda ou fraturas em seu interior. B: Detalhe em cristais de pirita encontrados dentro das cavidades miarolíticas do corpo.	53
Figura 31 - Amostra utilizada para a confecção da lâmina M11MV, composta predominantemente por quartzo e mica verde.	54
Figura 32 - Fotomicrografia da amostra M11MV. A e B: detalhe aos cristais de amblygonita (Amb), quartzo (Qtz) e lepidolita (Lep) sob luz plano-paralela e luz polarizada, respectivamente. C: Detalhe em cristal de quartzo com sinais de recristalização e de extinção	

ondulante. D: Cristais de feldspato maclados (Fsp) e de lepidolita (Lep) com zonamento composicional.....55

Figura 33 - Amostra usada para confecção da lâmina M11T. Observam-se cristais de turmalina verde (Turm) em agregado de cristais junto a um grande cristal de feldspato potássico (Felds).56

Figura 34 - Fotomicrografia da lâmina M11T. A: Detalhe ao cristal de berilo (Be) identificado sob luz plano-paralela. B: Detalhe ao cristal de berilo (Be) sob luz polarizada. C: Detalhe aos cristais de feldspato (Fsp) e lepidolita (Lep) apresentando intercrescimento, sob luz plano paralela e D: sob luz polarizada. Qtz = quartzo.....57

Figura 35 - Amostra selecionada para a confecção da lâmina M11.....57

Figura 36 - Fotomicrografia da lâmina M11, com destaque a amblygonita (Amb), lepidolita (Lep) e quartzo (Qtz).58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação de pegmatitos segundo o teor de lítio no quartzo.....	28
Tabela 2 - Sumário das lâminas descritas.....	33
Tabela 3 - Sumário dos pegmatitos descritos.	59

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Apresentação	14
1.2	Objetivos.....	15
1.3	Localização	15
1.4	Metodologia.....	16
1.4.1	Revisão bibliográfica	16
1.4.2	Trabalho de campo e coleta de amostras	16
1.4.3	Preparação de amostras	17
1.4.4	Análise sob microscopia óptica	17
1.4.5	Análise mineralógica através de difratometria de raios x.....	18
1.5	Campanha de Campo.....	19
2	GEOLOGIA REGIONAL	20
2.1	Bacia Macaúbas e Formação Salinas.....	23
2.2	Magmatismo neoproterozoico: Suítes Graníticas e Pegmatitos	24
2.3	Pegmatitos LCT do DPA.....	25
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA: PEGMATITO	27
3.1	Definição e Evolução do Conceito de Pegmatito	27
3.2	Características Estruturais de Pegmatitos.....	30
4	DESCRIÇÃO DAS ROCHAS ENCAIXANTES E DOS PEGMATITOS	33
4.1	Rochas Encaixantes	35
4.1.1	Formação Salinas.....	35
4.1.2	Formação Ribeirão da Folha.....	39
4.2	Pegmatitos	40
4.2.1	Pegmatitos com granada	40
4.2.2	Pegmatitos com espodumênio	43
4.2.3	Pegmatito com turmalina preta.....	51
4.2.4	Pegmatitos com turmalina preta e pirita	53

4.2.5	Pegmatito com turmalina verde e lepidolita	54
5	DISCUSSÃO	59
5.1	Associações minerais e zonamento interno dos pegmatitos	59
5.2	Contexto geológico e rochas encaixantes dos pegmatitos	60
5.3	Relações de contato e controles estruturais da intrusão pegmatítica	61
5.4	Evolução magmática e diferenciação dos pegmatitos	62
5.5	Tipologia dos pegmatitos e minerais hospedeiros de lítio	62
6	CONCLUSÕES.....	64
7	REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	65

1 INTRODUÇÃO

1.1 APRESENTAÇÃO

A busca por fontes de energia limpa é uma das principais pautas globais da década e apresenta grande perspectiva para o futuro, com o lítio sendo um dos metais mais importantes na transição energética devido ao seu uso em baterias de longa duração. Os pegmatitos brasileiros de idade neoproterozoica (Pedrosa-Soares *et al.*, 2025) representam uma grande reserva de lítio, que está hospedado em estruturas cristalinas de minerais como o espodumênio e a lepidolita (Černý, 1982).

A substituição dos combustíveis fósseis por fontes de energia mais limpas impulsiona a demanda global por lítio, devido à expansão do mercado de baterias (Kesler *et al.*, 2012; Jowitt e McNulty, 2021). No Brasil, os principais alvos estratégicos são os pegmatitos, nos quais o lítio está hospedado na estrutura cristalina de minerais como o espodumênio e a lepidolita (Cunha *et al.*, 2025; Pedrosa-Soares *et al.*, 2025). As campanhas de exploração mineral desses alvos requerem estudos detalhados dos controles estruturais e das relações espaciais entre pegmatitos e rochas encaixantes, reforçando a importância de pesquisas extensivas voltadas à compreensão desses sistemas (Silva *et al.*, 2023, 2025).

O foco deste estudo está na Província Pegmatítica Oriental (PPO), mais especificamente no Distrito Pegmatítico de Araçuaí (DPA), situado na sub-bacia do Ribeirão Piauí. Esta região é uma das principais áreas de exploração de lítio entre Araçuaí e Itinga, Minas Gerais. A exploração dos pegmatitos no DPA é antiga, remontando aos tempos coloniais, devido à produção gemológica nesses corpos (Schulze, 2016). Esta exploração é feita de forma artesanal e sem estudos geológicos detalhados, baseada principalmente em conhecimentos práticos dos garimpeiros. Apenas em tempos mais recentes é que tem sido realizados estudos aprofundados a fim de compreender o possível controle estrutural e relações espaciais entre os pegmatitos e suas rochas encaixantes (e.g., Pedrosa-Soares *et al.*, 2025).

Nesse contexto, o presente trabalho propõe a caracterização petrográfica, textural e tipológica de corpos pegmatíticos e de suas rochas encaixantes pertencentes ao DPA, nas proximidades do Ribeirão Piauí. Este estudo foi baseado em observações de campo e análises petrográficas, visando contribuir para a compreensão da evolução geológica e do potencial metalogenético dos pegmatitos deste distrito.

Apesar do interesse científico e econômico na DPA, estudos detalhados sobre a petrografia dos pegmatitos e suas relações com as rochas encaixantes ainda são escassos (e.g., Sá, 1977; Paes *et al.*, 2016; Pedrosa-Soares *et al.*, 2025). Assim, este trabalho é justificado pela necessidade de ampliar o conhecimento sobre a geologia local, especialmente no que se refere

à caracterização de rochas pegmatíticas e ao seu contexto geológico. A abordagem proposta, baseada em observações de campo e análises petrográficas, permite uma investigação eficiente e viável dentro dos limites de um trabalho de graduação, sem depender de técnicas laboratoriais de alto custo.

Este estudo apresenta uma descrição textural e mineralógica de corpos pegmatíticos do Distrito Pegmatítico de Araçuaí, bem como a classificação e as relações desses corpos com suas encaixantes, servindo como material essencial para subsidiar futuros estudos petrogenéticos e o mapeamento regional de pegmatitos nesta área.

1.2 OBJETIVOS

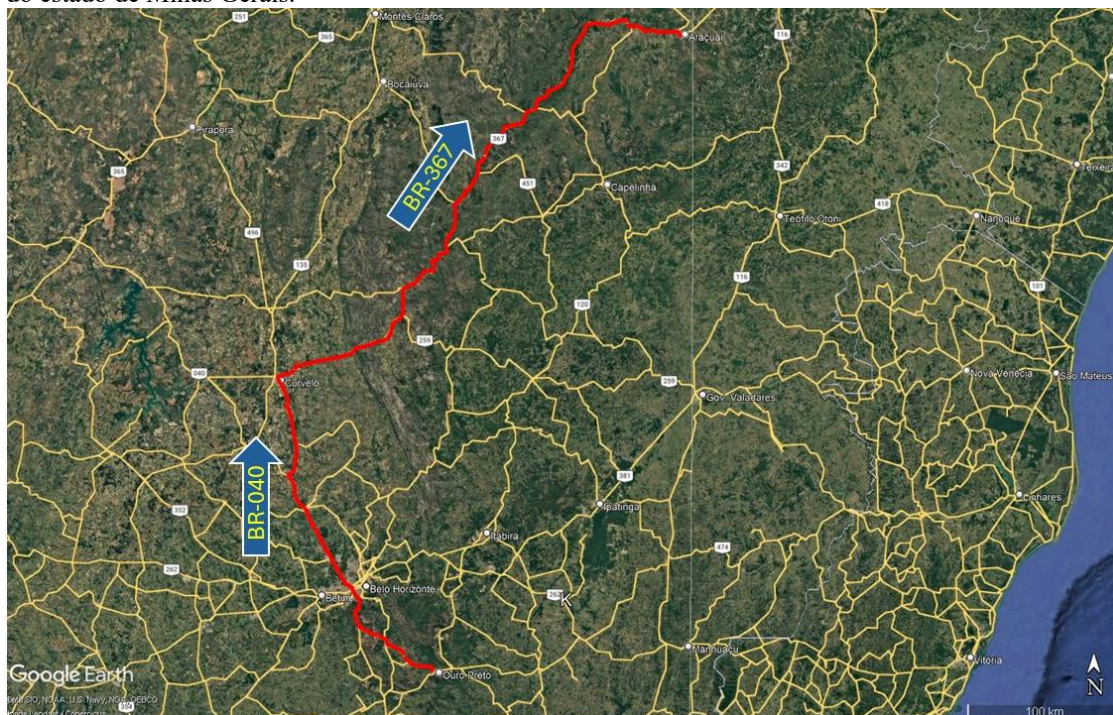
O objetivo principal deste trabalho consiste em compreender a variação mineralógica, textural e tipológica dos corpos pegmatíticos e de suas respectivas rochas encaixantes no Distrito Pegmatítico de Araçuaí, nas proximidades do Ribeirão Piauí. Os objetivos específicos são:

1. Caracterizar as associações mineralógicas e aspectos texturais das distintas zonas internas dos pegmatitos de estudo;
2. Caracterizar petrográfica e texturalmente as rochas encaixantes;
3. Classificar a tipologia dos pegmatitos;
4. Caracterizar os processos evolutivos dos pegmatitos; e
5. Caracterizar os principais minerais hospedeiros do lítio nos pegmatitos de estudo.

1.3 LOCALIZAÇÃO

A área de estudo se situa nas adjacências da cidade Araçuaí, centro norte de Minas Gerais. Partindo de Ouro Preto, a área de estudo pode ser acessada através da rodovia BR-356, até o acesso à rodovia BR-040. Percorre-se nesta rodovia até a cidade de Caetanópolis, onde se deve-se seguir pela rodovia MG-231 até a cidade de Curvelo. Neste ponto, deve-se acessar a rodovia BR-367, e seguir sentido norte até próximo à cidade de Turmalina, onde se toma a rodovia MG-677 até a cidade de Araçuaí (FIG. 1).

Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo, Distrito Pegmatítico de Araçuaí, situado na porção centro norte do estado de Minas Gerais.



Fonte: Imagem do Google Earth (Google, 2026)

1.4 METODOLOGIA

A metodologia adotada neste trabalho foi estruturada em quatro etapas, i) extensa revisão bibliográfica; ii) trabalho de campo para levantamento de dados e coleta de amostras; iii) preparação de amostras; e iv) análise sob microscopia óptica. Os dados obtidos permitiram a caracterização petrográfica macro e microscópica dos pegmatitos de estudo no Distrito Pegmatítico de Araçuaí.

1.4.1 Revisão bibliográfica

Esta etapa consistiu em uma extensa revisão bibliográfica sobre a Província Pegmatítica Oriental, o Orógeno Araçuaí e contexto geológico do Distrito Pegmatítico de Araçuaí. Para esta revisão foram consultados artigos científicos, dissertações de mestrado e relatórios técnicos. Nesta etapa, também foram preparadas bases cartográficas a fim de nortear o trabalho de campo e compreender espacialmente o desenvolvimento das mineralizações de lítio no Distrito Pegmatítico de Araçuaí, na porção da sub-bacia do Ribeirão Piauí.

1.4.2 Trabalho de campo e coleta de amostras

1.4.3 Preparação de amostras

As amostras coletadas em campo foram utilizadas para confecção de lâminas delgadas polidas, com espessura aproximada de 30µm, 4,5mm de comprimento e 2,5mm de largura, no Laboratório de Laminação (LAMIN), Departamento de Geologia (DEGEO), Escola de Minas (EM), Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP). A espessura de 30 µm dessas lâminas permite que a luz atravesse a amostra, o que é essencial para a observação das propriedades ópticas dos minerais. A preparação cuidadosa dessas lâminas é fundamental para a preservação das propriedades ópticas e características texturais dos minerais, permitindo uma análise precisa sob microscopia óptica (Craig e Vaughan, 1981).

Importante ressaltar que as lâminas delgadas polidas foram confeccionadas a partir das porções de menor granulação das zonas internas dos pegmatitos de estudo e de suas respectivas rochas encaixantes, possibilitando uma amostragem representativa da associação mineralógica e aspectos texturais nas dimensões restritas de uma lâmina delgada polida para microscopia óptica (~4,5 x 2,5mm).

1.4.4 Análise sob microscopia óptica

A análise petrográfica sob microscopia óptica é uma ferramenta essencial para o estudo detalhado das rochas, que permite a identificação da associação mineralógica e aspectos texturais em escala microscópica. Esse método foi utilizado neste estudo para a caracterização dos pegmatitos e de suas rochas encaixantes na área de estudo, com foco em sua mineralogia, texturas e na compreensão de sua gênese. A análise microscópica dos minerais é crucial para elucidar as condições de formação e os processos evolutivos dos pegmatitos na região.

Para esta análise, foi utilizado um microscópio óptico de luz polarizada transmitida (LOM). Esse tipo de microscópio é fundamental para a observação de características ópticas, como birrefringência, extinção, anisotropia e a relação de contato entre os minerais (London, 2008).

Os minerais foram identificados com base em suas propriedades ópticas características, que incluem cor, índice de refração, comportamento frente à rotação da lâmina (extinção), clivagem e birrefringência (Nesse, 2012). Esta última é uma das propriedades mais importantes, permitindo diferenciar minerais com estruturas cristalinas anisotrópicas. Minerais como o espodumênio, o feldspato e a mica apresentam birrefringências características que auxiliam na identificação.

Seguem as características e propriedades ópticas mais relevantes que foram utilizadas para a identificação dos minerais de Li observados, em campo, nos pegmatitos de estudo (espodumênio, petalita, lepidolita e turmalina):

- Espodumênio ($\text{LiAlSi}_2\text{O}_6$): O espodumênio é um mineral de lítio comum em pegmatitos do tipo lítio-césio-tântalo (LCT). Sob o microscópio, o espodumênio foi facilmente identificado devido à sua alta birrefringência, forte extinção, cores que variam do incolor ao branco e clivagem basal perfeita sob nicóis paralelos (Černý, 1982)
- Petalita ($\text{LiAlSi}_4\text{O}_{10}$): A petalita é uma um mineral micáceo rico em lítio, que aparece incolor ou com leve tonalidade esbranquiçada sob nicóis paralelos. Apresenta alta anisotropia e extinção suave, sendo frequentemente encontrada em pegmatitos em associação com espodumênio. Sua estrutura lamelar também pode ser facilmente observada (London, 2008)
- Lepidolita ($\text{K}(\text{Li},\text{Al})_3(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{F},\text{OH})_2$): A lepidolita é um mineral micáceo rico em lítio, de cor variando de lilás a rosa pálido, e é identificável por sua birrefringência moderada a forte, dependendo do grau de substituição de potássio por lítio. A lepidolita frequentemente ocorre em pegmatitos de lítio-césio-tântalo e pode ser distinguida por sua textura lamelar (Černý, 1982)
- Turmalina ($\text{Fe}_3\text{Al}_6(\text{Si}_6\text{O}_{18})(\text{BO}_3)_3(\text{OH})_3\text{F}_3$): A turmalina é um mineral comum em pegmatitos, especialmente em zonas periféricas, e é facilmente identificável por sua extinção oscilante e pelas cores de interferência de elevada ordem sob nicóis cruzados. Sua forte birrefringência e a estrutura pleocróica (variação de cor com a mudança do ângulo de observação sob nicóis paralelos) são fundamentais para sua identificação (Anderson *et al.*, 1998).

A descrição das lâminas e as fotomicrografias foram realizadas no Laboratório de Microscopia do Programa de Pós-Graduação em Evolução Crustal e Recursos Naturais do DEGEO/EM/UFOP. Foram utilizados o microscópio Zeiss AXIO Scope.A1 e o software Zen 2012 para as fotomicrografias.

1.4.5 Análise mineralógica através de difratometria de raios x

A difratometria de raios X (DRX) foi aplicada para a caracterização de uma amostra de mineral. Ela foi preparada na fração de pó total no Laboratório Multiusuário de Preparação de Amostras Geológicas (LOPAG). Posteriormente, utilizou-se o DRX no difratômetro da marca

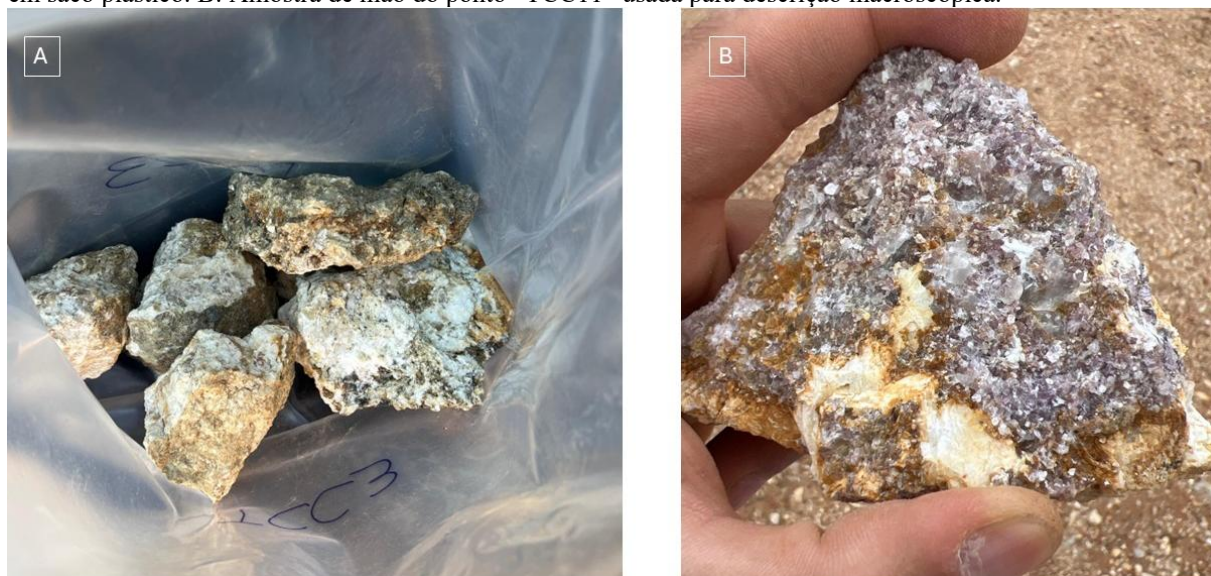
Panalytical, modelo Empyrean, com radiação $\text{CuK}\alpha$, potência de 45 kV e corrente de 40 mA, no Laboratório de Difractometria de Raios-X da Universidade Federal de Ouro Preto (DEGEO, UFOP). As condições de análise procederam da seguinte forma: varredura entre 2° e 70° (2θ), espaçamento de $0,02^\circ$ (2θ) e contagem de $10''/\text{espaçamento}$. A descrição dos difratogramas foi realizada no software HighScore X'Pert Plus, seguindo os padrões descritos por Brindley e Brown (1980).

1.5 CAMPANHA DE CAMPO

Durante a campanha de campo, foram visitados 19 pontos, nos quais foram observados diferentes pegmatitos e rochas encaixantes. A princípio foram visitados pontos já conhecidos e mapeados pelo Serviço Geológico do Brasil ou indicados por professores e pesquisadores do DEGEO/EM/UFOP (Prof. Dr. Gustavo Melo, Prof. Dr. Ricardo Scholz, Fabiana Guimarães e Yara Veloso).

Em campo, o contato com moradores e trabalhadores locais foi essencial para se localizar e visitar novos corpos pegmatíticos. Foram coletadas amostras de todos os dezenove corpos pegmatíticos encontrados e, quando observado o zonamento, buscou-se amostrar as diferentes zonas. Já as rochas encaixantes foram amostradas sempre que se observado em rocha fresca. Sempre que possível, também foram coletadas amostras do contato entre pegmatito e rocha encaixante. As amostras macroscópicas foram descritas, embaladas em sacos plásticos e lacradas para evitar contaminação ou destruição durante o transporte (FIG. 8).

Figura 2 - Exemplo de amostras coletadas em campo. A: Amostras coletadas no ponto “TCC03”, condicionadas em saco plástico. B: Amostra de mão do ponto “TCC11” usada para descrição macroscópica.



Fonte: Elaborado pelo autor

Após a campanha de campo, todas as amostras foram analisadas e as porções de menor granulação e mais representativas de cada litotipo amostrado foram selecionadas para laminação e descrição microscópica em detalhe (TAB. 2).

2 GEOLOGIA REGIONAL

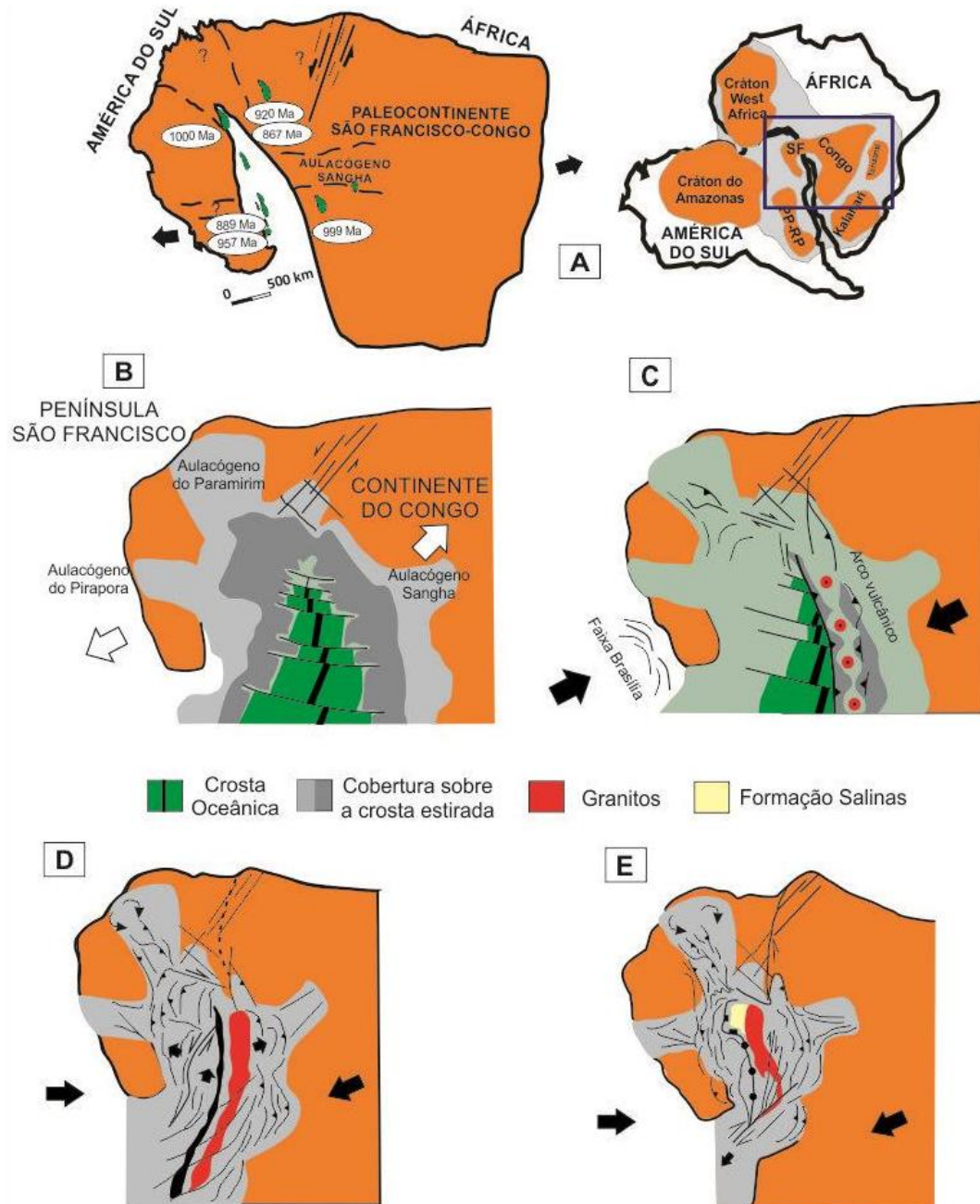
O DPA está inserido no seguimento interno do Orógeno Araçuaí e, como definido por Sá (1977), compreende terrenos arqueanos e proterozoicos intensamente retrabalhados durante a orogênese brasileira (Neoproterozoico), resultante da colisão entre o bloco São Francisco e o Cráton do Congo (Alkmim *et al.*, 2006). Este orógeno faz parte do sistema Brasileiro–Pan-Africano e representa uma cadeia intracontinental quente, caracterizada por um intenso fluxo crustal e por magmatismo sin- e tardi-colisional (Cavalcante *et al.*, 2019), no qual as rochas graníticas anorogênicas se destacam.

No médio Vale do Rio Jequitinhonha, inserido na porção leste do DPA, empresas como CBL (Companhia Brasileira de Lítio), Sigma e Falcon vêm desenvolvendo extensivos trabalhos voltados para pesquisa e exploração de lítio em pegmatitos, os quais foram agrupados nos campos pegmatíticos de Itinga, Virgem da Lapa–Coronel Murta–Rubelita, e Curralinho (Correia Neves *et al.*, 1986; Pedrosa-Soares *et al.*, 2011; Paes *et al.*, 2016).

A história tectônica da região remonta ao Toniano (950–870 Ma), quando o paleocontinente São Francisco–Congo sofreu rifteamento, levando à formação da Bacia Macaúbas. Este evento é registrado por sequências vulcanossedimentares bimodais e intrusões máficas associadas à Suíte Pedro Lessa e à Formação Planalto de Minas, interpretadas como produtos de um rifte intracontinental (Souza *et al.*, 2022). A evolução da bacia seguiu com o desenvolvimento de uma margem passiva, que mais tarde foi retrabalhada durante a colisão neoproterozoica (600–580 Ma), culminando na formação do Orógeno Araçuaí–West Congo (Alkmim *et al.*, 2006) (FIG. 2).

Figura 3 - Modelo de desenvolvimento do Orógeno Araçuaí – West Congo. A) Estágio de rifte continental da bacia Macaúbas (1000-889 Ma). B) Desenvolvimento da margem passiva e oceanização da bacia Macaúbas. C) Convergência inicial (~630 Ma) e formação do arco magmático Rio Doce. D) Estágio colisional (~590 Ma) e geração da Supersuíte G2. E) Escape lateral de massa e colapso gravitacional.

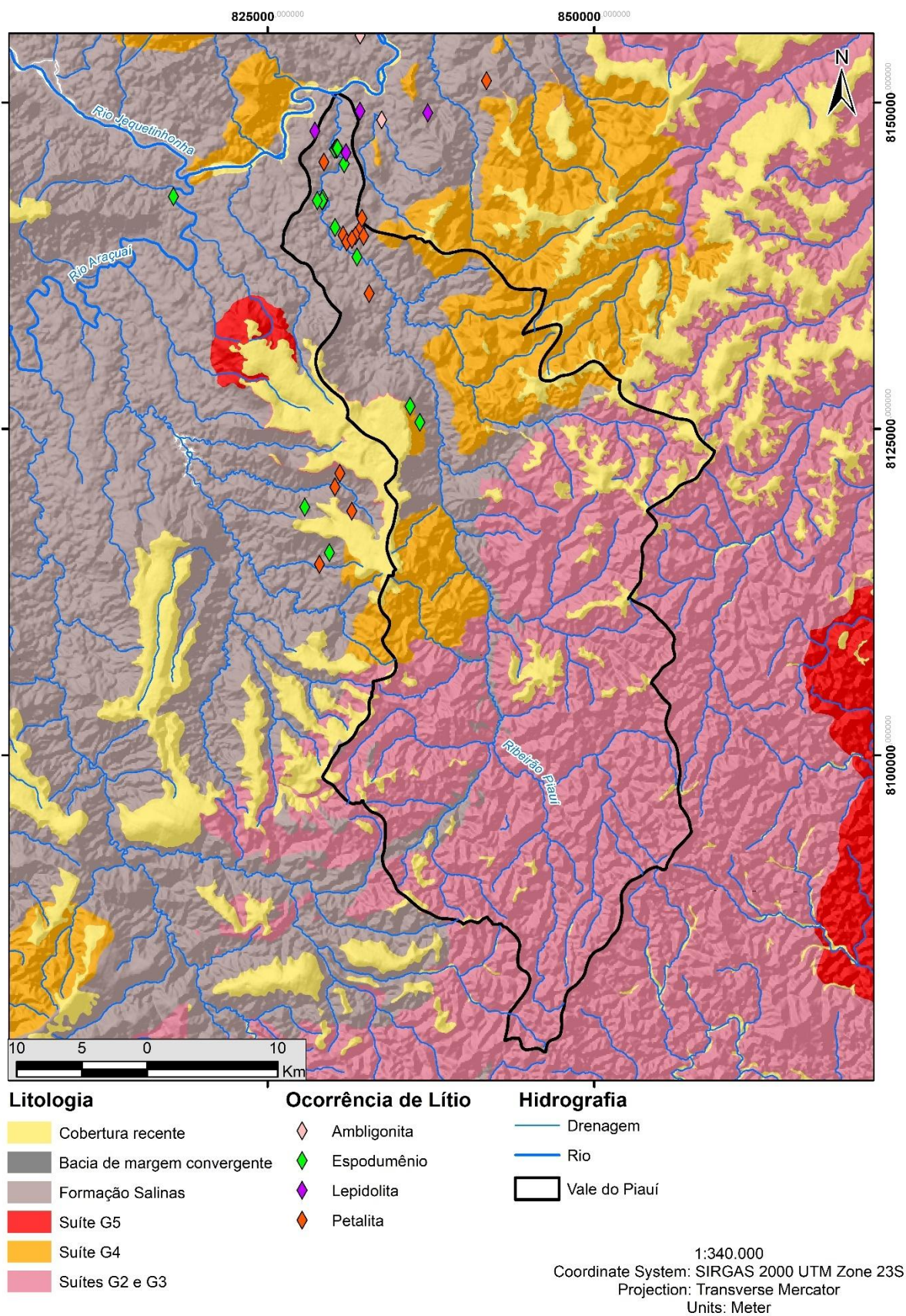
15



Fonte: Castro (2019)

Durante a colisão continental, o espessamento crustal, seguido de colapso gravitacional e de fluxo lateral da crosta, promoveu fusão parcial extensa, gerando um importante magmatismo granítico peraluminoso. Este magmatismo desempenhou o papel central na formação dos granitos do tipo S e dos pegmatitos LCT (Pedrosa-Soares *et al.*, 2001).

Figura 4 - Mapa geológico regional da região do Vale do Ribeirão Piauí.

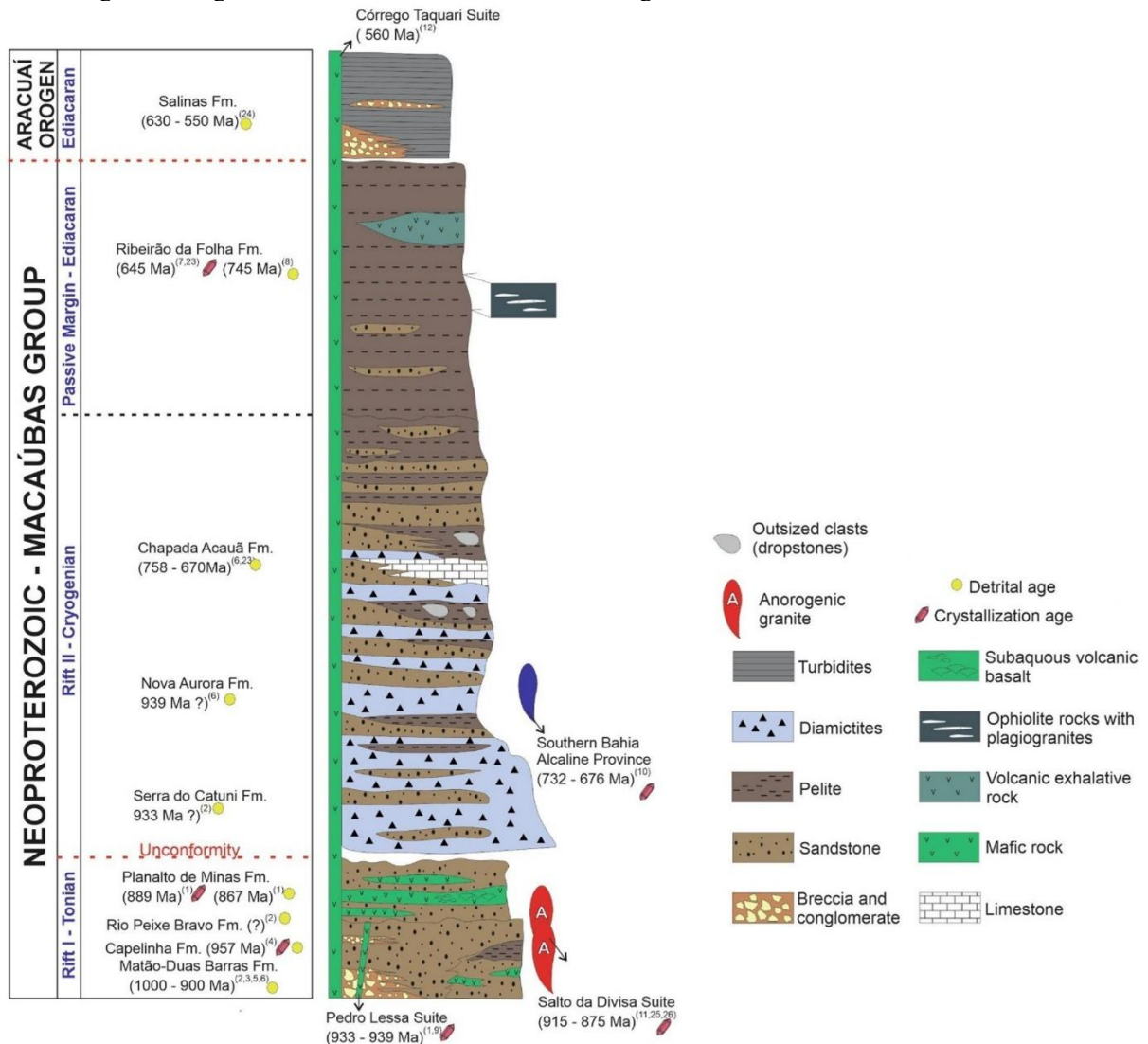


Fonte: Modificado de CPRM (2020)

2.1 BACIA MACAÚBAS E FORMAÇÃO SALINAS

A bacia precursora do Orógeno Araçuaí, representada pelo Grupo Macaúbas, registra os primeiros estágios de rifteamento do paleocontinente São Francisco-Congo no período Toniano (Souza *et al.*, 2022). Esse processo de trafigênese (950–870 Ma) foi acompanhado por um volumoso magmatismo anorogênico, que serviu como principal fonte de sedimentos para as unidades inferiores da bacia Macaúbas (Souza *et al.*, 2022). O Grupo Macaúbas é composto por rochas marinhas e glaciais, como arenitos finos, diamictitos, pelitos e turbiditos (Paes *et al.*, 2016; Souza *et al.*, 2022) (FIG. 4). O Brasileiro foi responsável pela deformação e metamorfismo do Grupo Macaúbas entre 575 e 530 Ma (Souza *et al.*, 2022).

Figura 5 - Estratigrafia e dados geocronológicos do Grupo Macaúbas e da Formação Salinas. As referências dos trabalhos geocronológicos devem ser consultadas na fonte da figura.



Fonte: Modificado de Souza *et al.* (2022)

O ambiente tectônico extensivo que formou o proto-oceano Macaúbas condicionou a localização do DPA, pois o seu fechamento reativou as estruturas profundas, aproveitadas preferencialmente para o alojamento dos magmas gerados na colisão e no colapso orogênico neoproterozoico (Pedrosa-Soares *et al.*, 2011). Estes magmas têm origem diversa, como evidenciada pela grande heterogeneidade de sua composição, indicando fontes híbridas, com contribuição predominante de magmas crustais sobre magmas mantélicos (supersuíte G1; Pedrosa-Soares *et al.*, 2007), e de fusão de fontes crustais (supersuítas G2, G3 e G4; Castro, 2019), além da retomada da contribuição majoritária de fontes mantélicas de origem híbrida no magmatismo da suíte G5 (Pedrosa-Soares *et al.*, 2007; Castro, 2019). Esse processo envolveu a reciclagem da crosta continental e de bacias sedimentares, como a Formação Salinas, durante os estágios tardios do Brasileiro (Pedrosa-Soares *et al.*, 2007).

Em síntese, a Formação Salinas é representada por uma sequência composta por xistos e metagrauvas, de coloração cinza-escuro a preta, constituídos essencialmente por micas (biotita e muscovita), sericita, quartzo, plagioclásio e, em menor proporção, feldspato potássico. Seus minerais acessórios incluem schorlita (turmalina preta), granada, berilo, apatita e minerais opacos (Pedrosa-Soares *et al.*, 2001; Paes *et al.*, 2016). Segundo Lima *et al.* (2002), a Formação Salinas é interpretada como um registro litológico de um ambiente de sedimentação marinho, sinorogênica do tipo *flysch*, com paragênese metamórfica indicando fácies xisto-verde (Santos *et al.*, 2009). A Formação Salinas apresenta contato discordante e tectônico com o Grupo Macaúbas (Castro, 2019).

A composição geoquímica enriquecida da Formação Salinas, com elevados teores de elementos incompatíveis como Li, Cs, B, P, F e Ta, confere a esta unidade um papel fundamental na evolução crustal do DPA. Durante os eventos de anatexia associados à orogênese Araçuai, esses materiais atuaram como importantes fontes crustais para a geração de magmas graníticos peraluminosos do tipo S, sendo apontados como possíveis protólitos dos granitos da supersuíte G4 e dos sistemas pegmatíticos mineralizados da região (Pedrosa-Soares *et al.*, 2011, 2025).

2.2 MAGMATISMO NEOPROTEROZOICO: SUÍTES GRANÍTICAS E PEGMATITOS

O magmatismo granítico no Orógeno Araçuai está intimamente relacionado à evolução colisional e ao colapso térmico da crosta durante a Orogênese Brasileira. Esse magmatismo é representado por várias suítes graníticas que compõem os chamados granitos G1 a G5, segundo a classificação proposta por Pedrosa-Soares *et al.* (2001), e se estende desde o estágio sin-colisional até o tardi-colisional. Na área de estudo, suítes graníticas são representadas por

Monzogranito Teste (supersuítas G2 e G3), Granito Teixeira (supersuíte G4) e Granito Morro do Frade (supersuíte G5).

As supersuítas G2 e G3 são representadas pelo Monzogranito Teste (Paes *et al.*, 2010). Esta unidade compreende monzogranito com biotita a leucogranito do tipo S (Moraes Filho *et al.*, 1997; Ferreira *et al.*, 2015; Paes *et al.*, 2010). As suítas G2 e G3 representam o magmatismo orogênico do Orógeno Araçuai durante as fases de colisão continental e de transição para o estágio pós-colisional. Ambas as suítas são constituídas por granitos peraluminosos do tipo S gerados em 585–540 Ma e 545–500 Ma, respectivamente (Pedrosa-Soares *et al.*, 2011).

O Granito Teixeira (supersuíte G4) é composto por monzogranitos peraluminosos do tipo S, com muscovita, biotita e, localmente, turmalina (preta e raramente verde), granada, apatita e silimanita (Paes *et al.*, 2016). Esses granitos apresentam assinaturas isotópicas crustais bem marcadas e coerentes com a fusão de metassedimentos ricos em elementos incompatíveis, provavelmente correlacionáveis à Formação Salinas (Castro *et al.*, 2020). O magmatismo relacionado à Supersuíte G4 geralmente apresenta maior relevância quanto às ocorrências pegmatíticas litíferas, principalmente encaixadas nas sucessões metassedimentares da Formação Salinas (Pedrosa-Soares *et al.*, 2011). São representados por monzogranitos, ocasionalmente sienogranitos e raros granodioritos, de coloração cinza clara a cinza-esbranquiçada, geralmente equigranulares, compostos por quartzo, plagioclásio, microclina, muscovita e biotita. Normalmente, prevalece a ocorrência de muscovita em relação à biotita, por vezes, orientada seguindo uma foliação incipiente, interpretada como uma estrutura de fluxo magmático (Pedrosa-Soares *et al.*, 2001).

O Granito Morro do Frade (Paes *et al.*, 2016) aflora próximo aos pegmatitos em E 825.000 m / N 8.130.000 m (FIG. 3) e representa a suíte G5. Este granito trata-se de um biotita granito, de classificação modal que varia de granodiorito a granito (Paes *et al.*, 2010, 2016). A supersuíte G5 é o estágio mais expressivo do magmatismo pós-colisional do Orógeno Araçuai na DPA que ocorreu entre 525 e 480 Ma (Pedrosa-Soares *et al.*, 2025). Sua gênese está ligada ao colapso gravitacional do orógeno, acompanhado da subida da astenosfera e do afinamento crustal (Pedrosa-Soares *et al.*, 2011).

2.3 PEGMATITOS LCT DO DPA

Os pegmatitos LCT associados aos granitos sin (supersuíte G2) e tardi-colisionais (supersuíte G4) do Orógeno Araçuai são entendidos como fruto de uma diferenciação de magmas graníticos do tipo S (Pedrosa-Soares *et al.*, 2011, 2025). A gênese desses magmas está ligada à anatexia de protólitos crustais e metassedimentares pelíticos da Formação Salinas, que

atua como principal rocha hospedeira e fonte primária de elementos incompatíveis (Simmons e Webber, 2008; Pedrosa-Soares *et al.*, 2011, 2025).

Estudos de proveniência e geocronologia U-Pb em zircões detríticos indicam que os sedimentados da Formação Salinas foram depósitos em uma bacia orogênica alimentada majoritariamente pelo material lixiviado do Arco Magmático Rio Doce (Supersuíte G1, 630–585 Ma). Este arco é de margem continental, composto por rochas do tipo I, cálcio-alcálicas e metaluminosas (Pedrosa-Soares *et al.*, 2025). A bacia Salinas incorporou contribuições de fontes continentais rejuvenescidas, incluindo granitos colisionais e magmas juvenis tardi-orogênicos (Souza *et al.*, 2022) e, possivelmente, álcalis, como o lítio, provenientes de salmouras associadas ao arco magmático, o que reforça seu potencial metalogenético (Pedrosa-Soares *et al.*, 2025).

Os pegmatitos do tipo LCT do DPA estão diretamente relacionados à evolução de magmas peraluminosos derivados da fusão parcial de metassedimentos enriquecidos em elementos incompatíveis, como os da Formação Salinas (Pedrosa-Soares *et al.*, 2011, 2025). A composição geoquímica desses sedimentos favorece a acumulação de elementos como Li, Be, Cs, Nb e Ta (Pedrosa-Soares *et al.*, 2025). Estes elementos são móveis no estágio de anatexia e concentram-se nas últimas frações dos magmas peraluminosos gerados (Pedrosa-Soares *et al.*, 2025). Esse enriquecimento em lítio reduz a viscosidade e a temperatura de cristalização do *melt* silicático, permitindo a formação de diques pegmatíticos extensos e altamente mineralizados (Pedrosa-Soares *et al.*, 2025).

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA: PEGMATITO

3.1 DEFINIÇÃO E EVOLUÇÃO DO CONCEITO DE PEGMATITO

A definição de pegmatito e sua evolução conceitual ao longo do tempo refletem a crescente compreensão dos processos magmáticos que dão origem a esses corpos rochosos, ricos em minerais raros e preciosos. O termo "pegmatito" tem origem no grego "*pegma*", que significa "massa compacta" ou "aglomeração", e foi utilizado pela primeira vez para descrever corpos rochosos compostos por cristais de grandes dimensões, geralmente associados a magmas graníticos diferenciados (Černý, 1991). A evolução conceitual dos pegmatitos passou por diversas fases, à medida que novas características e métodos de análise foram introduzidos, como a distinção entre pegmatitos homogêneos, zonados ou mistos.

O uso do termo *pegmatito* foi inicialmente restrito aos corpos rochosos com grandes cristais, frequentemente observados em áreas de granitos. Com o tempo, à medida que a análise mineralógica e a petrografia microscópica se desenvolveram, a definição de pegmatito foi ampliada para incluir não apenas o tamanho dos cristais, mas também as associações minerais e a textura da rocha (London, 2008). A evolução conceitual no entendimento dos pegmatitos tem sido influenciada por descobertas geológicas e pelo estudo das propriedades físicas e químicas das rochas, que revelaram a sua diversidade e os processos que controlam sua formação, como o fracionamento magmático e a anatexia (Pedrosa-Soares *et al.*, 2011).

Dentro da literatura sobre pegmatitos, podem-se encontrar três abordagens principais que definem e classificam esses corpos rochosos baseadas em textura, granulação e composição. As **definições baseadas em textura**, em que a textura gráfica refere-se à disposição dos cristais de quartzo e feldspato em formas entrelaçadas, são uma das características-chave dos pegmatitos. Esses corpos rochosos são frequentemente classificados com base na distribuição e na interligação de seus minerais (Cameron *et al.*, 1949). A textura hipidiomórfica (semi-índica) ou bimodal é comumente observada em pegmatitos de borda, em que se formam grandes cristais de feldspato e quartzo, enquanto as áreas mais centrais podem ser dominadas por minerais como espodumênio e petalita.

As **definições baseadas em granulação** apresentam uma distinção clara entre pegmatitos de granulação grosseira (em que os cristais podem ultrapassar 1 cm de diâmetro) e pegmatitos de granulação fina, em que os cristais são menores e mais uniformemente distribuídos. A evolução dos pegmatitos quanto à granulação pode ser associada aos processos de resfriamento e à diferenciação magmática (Bradley *et al.*, 2016).

Já as **definições baseadas em composição**, a composição mineralógica se torna a base para sua classificação. A presença de minerais como espodumênio, petalita, lepidolita e

amblygonita é indicadora-chave de pegmatitos do tipo LCT, enquanto pegmatitos mais simples, compostos principalmente de quartzo, feldspato e mica, são classificados como pegmatitos tipo *barren* (estéreis) (London, 2008).

Dentro do grupo dos pegmatitos LCT, diversos autores, como Dill *et al.* (2015), propuseram classificações baseadas no teor de lítio no quartzo e na mineralogia diagnóstica (TAB. 1). Essa abordagem estabelece categorias que vão desde os ***Spodumene-Rich Pegmatites (SRP)***, com teores superiores a 750 ppm de Li no quartzo e dominância de espodumênio, até pegmatitos "*barren*", pobres em minerais de lítio (< 100 ppm), passando por tipos zonados ou mistos contendo petalita, amblygonita, lepidolita e minerais acessórios. Tal classificação é útil para prever o potencial econômico de um corpo pegmatítico a partir de análises geoquímicas preliminares do quartzo.

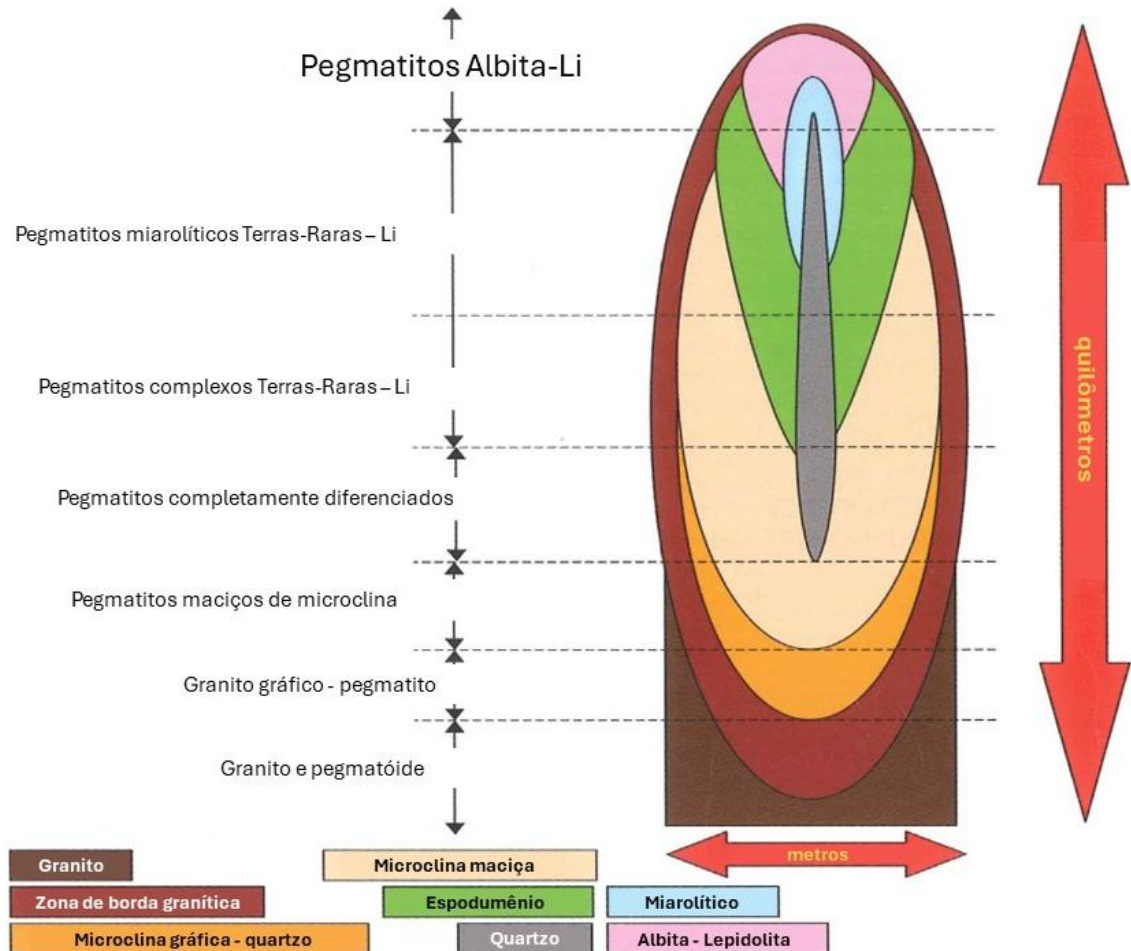
Tabela 1 - Classificação de pegmatitos segundo o teor de lítio no quartzo.

Classe	Pegmatitos	Observações	Concentração de Li no quartzo em ppm
1	Pegmatitos tipo SRP (<i>Spodumene-Rich Pegmatite</i>)	Pegmatitos homogêneos ricos em minerais de lítio	>750
2	Pegmatitos zonados ou mistos com ocorrência identificadas de minerais de lítio	Espodumênio – petalita – amblygonita –trifilita – montebrasita	500-750
3	Pegmatitos homogêneos, zonados ou mistos com ocorrência identificada de minerais compreendidos como satélites de lítio	Mica verde - lepidolita - trifilita - ixiolita/wodginita - elbaita (?) – tantalita. Normalmente com poucas turmalinas	300-500
4	Pegmatitos homogêneos, zonados ou mistos de mineralogia básica ricos em turmalinas	Pegmatitos produtores de minerais gemas	100-300
5	Pegmatitos ricos em quartzo de mineralogia básica, sem micas ou com poucas micas próximas ao contato (quartzo + feldspato)	Pegmatitos tipo <i>barren</i>	<100

Fonte: Modificado de Dill *et al.*, (2015)

Sistemas de classificação, como o de London (2008), integram aspectos petrográficos, estruturais e geoquímicos para compreender a evolução dos pegmatitos. No DPA, os pegmatitos LCT estão associados à Suíte São Pedro, fornecendo líquidos parentais enriquecidos em lítio e tântalo (Bradley *et al.*, 2016). London (2008) define o pegmatito como um tipo de rocha ígnea, de formação associada a processos de diferenciação magmática extremos, em que os minerais se cristalizam de forma desigual, originando grandes cristais (FIG. 5).

Figura 6 - Sequência de zonamento sendo cinco tipos texturais-para-gênicos de pegmatitos da fonte granítica: tipo I: gráfico (intercrescimentos de microclina gráfica-quartzo), tipo II: bloco (núcleos de microclina perítica grosseira), tipo III: totalmente diferenciado (bordas graníticas, zonas intermédias de microclina, núcleo de quartzo), tipo IV: elemento raro complexo (rico em lítio, graduando para variantes miarolíticas da mesma composição), e tipo V: albita-espodumênio ou albita-lepidolita, miarolítico ou não.



Fonte: Modificado de London (2008)

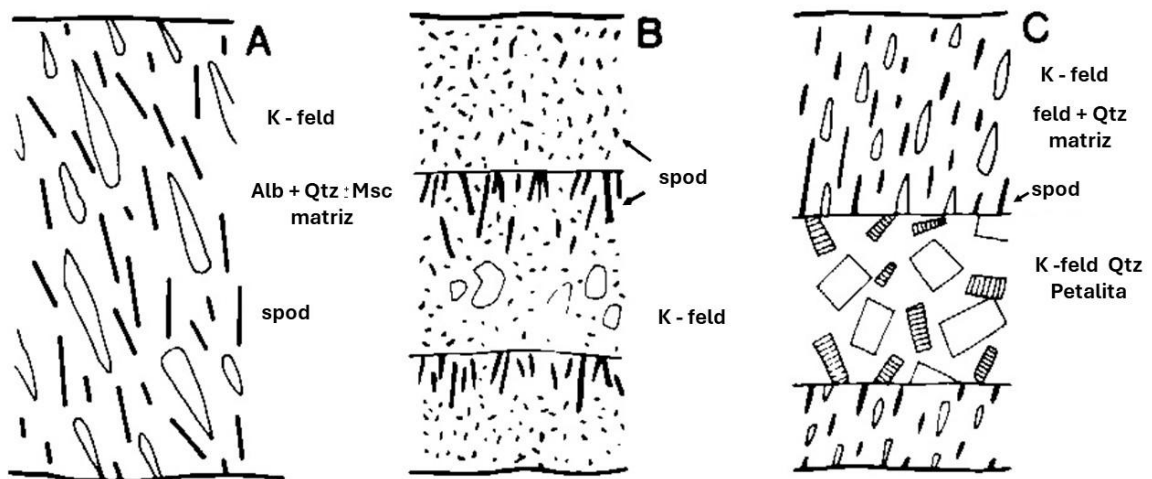
O conceito de London (2008) enfatiza a evolução magmática e os fluxos de fluidos como fatores fundamentais no desenvolvimento dos pegmatitos, particularmente os pegmatitos LCT, que são cruciais na geologia mineral contemporânea devido à sua relação com a mineração de lítio e outros metais raros. A classificação proposta por London (2008) é amplamente aceita por sua capacidade de abranger as variabilidades texturais, mineralógicas e composicionais observadas em pegmatitos ao redor do mundo, permitindo uma análise comparativa eficiente entre diferentes depósitos (London, 2008; Bradley *et al.*, 2016).

3.2 CARACTERÍSTICAS ESTRUTURAIS DE PEGMATITOS

Os corpos pegmatíticos podem apresentar as mais diversas formas e atitudes, de acordo com a competência da rocha encaixante. Os corpos encaixados em rochas mais dúcteis e competentes podem ter formato elipsoidal, tabular ou de *pods*, enquanto os corpos encaixados em rochas mais rúpteis tendem a ter formato tabular de diques, controlado pelas direções de fratura e foliações da rocha hospedeira (Černý, 1991). Segundo Černý (1991), a forma e a atitude das estruturas têm grande impacto no controle da estruturação interna e da distribuição da mineralização. Ademais, Černý (1991) postula que os pegmatitos LCT tendem a adquirir formatos de veios a famílias de veios, com dezenas ou centenas de metros de comprimento, mas de poucos metros a dezenas de metros de espessura.

Černý (1991) e London (2008) classificam os pegmatitos LCT em três estruturas internas principais: homogêneas, zonadas ou estruturas dispostas em “camadas”, quando em corpos horizontais ou subhorizontais. Os pegmatitos homogêneos são os mais raros, sendo que nesta classificação os mais encontrados são do tipo espodumênio-albita, em que os megacristais de espodumênio crescem desorientados em uma matriz de quartzo e albita (FIG. 6).

Figura 7 - Exemplos de pegmatitos LCT homogêneos em cortes transversais. Alb = albita, K-feld = feldspato potássico, Msc: muscovita, Qtz = quartzo, Spod = espodumênio.

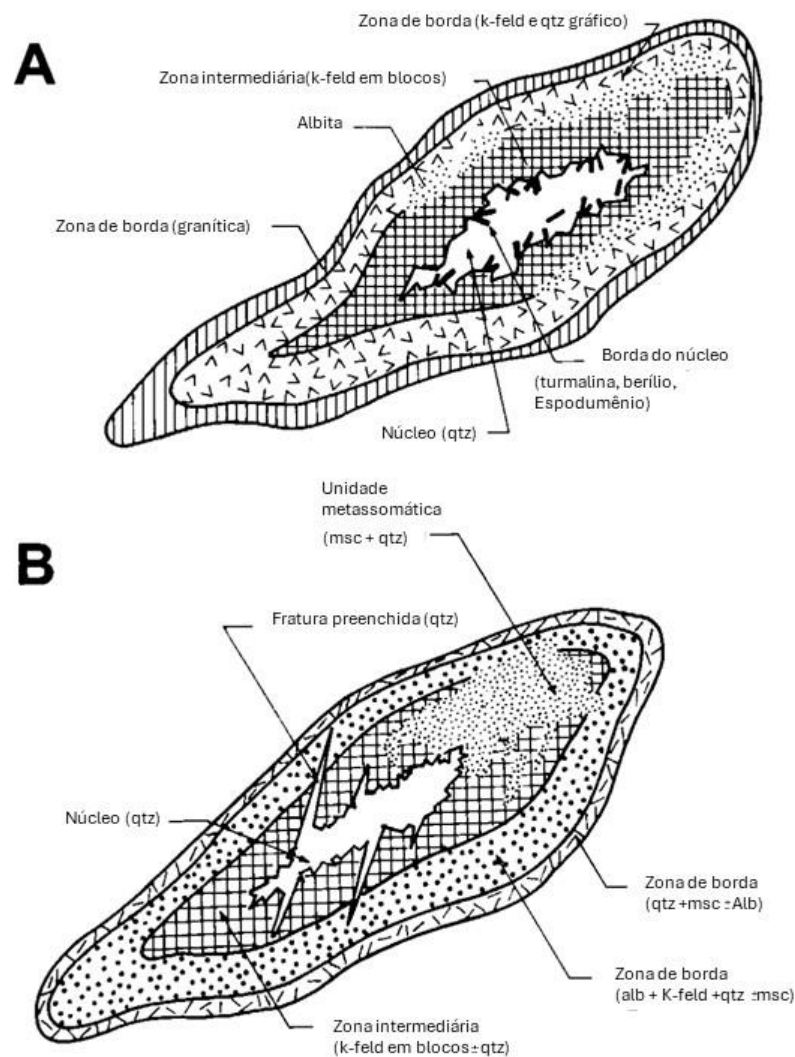


Fonte: Modificado de Černý, 1991

Os pegmatitos zonados compõem a classe mais abundante de pegmatitos, cujo zoneamento ocorre de acordo com a cristalização do magma parental (London, 2008). A primeira zona a se cristalizar é a borda externa, seguindo para as zonas intermédias (externas e bordas de núcleo) e o núcleo de quartzo em direção ao centro do corpo. A granulação tende a aumentar em direção ao interior do pegmatito.

A zona de borda é composta principalmente por quartzo, muscovita e plagioclásio. A textura passa de granítica ou aplítica a gráfica e, mais interiormente, a cristais euédricos gigantes (Černý, 1991; FIG. 7). Esse padrão de zoneamento sugere um processo de cristalização fracionada (Cameron *et al.*, 1949; Černý, 1991) onde o magma residual, enriquecido em elementos voláteis e raros (e.g., Li e Ta) vai se segregando à medida que o magma esfria. Segundo Černý (1991), ainda pode haver zonas de substituição metassomática dentro dos corpos e nas zonas de preenchimento de fraturas. Essas zonas de substituição podem se comportar como “braços” do núcleo de quartzo, preenchendo fraturas contracionais que podem aparecer antes da última fase de cristalização, por volta de 250 °C.

Figura 8 - Estrutura interna de pegmatitos zonados em seções horizontais esquemáticas. (A) Padrão concêntrico das zonas primárias, com controle zonal da distribuição das unidades de albita e mineralização de núcleo-borda; (B) Padrão concêntrico das zonas primárias cruzadas por preenchimentos de fraturas, com controle litológico, mas, em parte, relacionado a uma unidade metassomática controlada por fraturas. Alb = albita, K-feld = feldspato potássico, Msc: muscovita, Qtz = quartzo.



Além disso, o zoneamento dos pegmatitos pode refletir a interação entre o magma e as rochas encaixantes, um fator fundamental para entender a formação estrutural desses corpos (Madureira *et al.*, 2025). Rochas de alto grau metamórfico (alta temperatura e pressão) tendem a hospedar pegmatitos homogêneos simples (Černý, 1991). A presença de zonas miarolíticas, com cavidades repletas de minerais como apatita, berilo e granada, é indicativa de um resfriamento lento das mesmas, onde os minerais se cristalizam em uma fase tardia do processo magmático enriquecidas em elementos voláteis (e.g., H₂O, B, Li, F, P e CO₂), embora a formação de cristais de grandes dimensões seja resultado de um rápido resfriamento, pois a viscosidade do *melt* é reduzida devido a concentração de voláteis, diminuindo a taxa de nucleação e aumentando o crescimento mineral (Madureira *et al.*, 2025). Esse tipo de zoneamento pode ocorrer em pegmatitos formados em ambientes de contato, como em zonas de falha ou nas margens de corpos graníticos, onde a viscosidade do *melt* e a dinâmica do resfriamento determinam a formação de cavidades miarolíticas (Bradley *et al.*, 2016).

4 DESCRIÇÃO DAS ROCHAS ENCAIXANTES E DOS PEGMATITOS

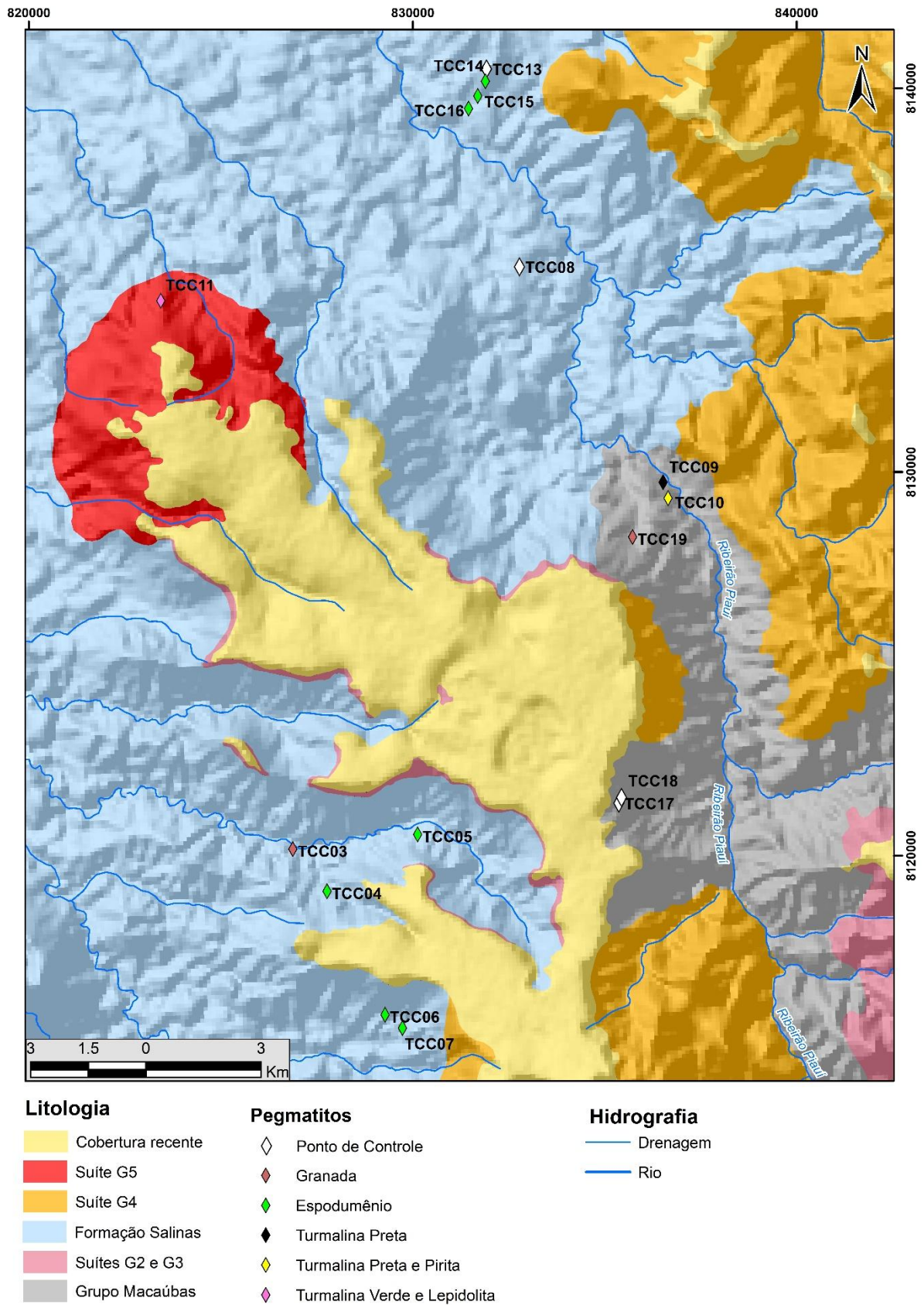
Os pegmatitos visitados em campo (FIG. 9) foram separados em grupos de acordo com sua associação mineralógica, a fim de compreender melhor a relação entre a disposição espacial desses corpos e suas composições. Como todos os pegmatitos observados possuíam composição básica formada por quartzo, feldspato, mica branca e/ou biotita, a separação dos grupos foi realizada com base na identificação de minerais distintos desses componentes. Obteve-se, então, cinco grupos distintos de pegmatito (FIG. 9): i) com granada; ii) com espodumênio; iii) com turmalina preta; iv) com turmalina preta e pirita; e v) com turmalina verde e lepidolita. As amostras utilizadas para a confecção de lâmina (TAB. 2) também foram retiradas destes corpos, permitindo a análise das diferentes associações minerais presentes na área de estudo.

Tabela 2 - Sumário das lâminas descritas.

Ponto	Toponímia do pegmatito	Grupo do pegmatito	Unidade encaixante	Código da lâmina	Litotipo/mineral
TCC04	Samambaia	Espodumênio	Formação	M4	Pegmatito
			Salinas	M4X	Xisto
TCC05	Tesouro	Espodumênio	Formação	M5	Pegmatito
			Salinas	M5E	Espodumênio
TCC06	Neves	Espodumênio	Formação	M6E	Espodumênio
			Salinas		
TCC11	—	Turmalina verde e lepidolita	Suíte G5	M11T	Pegmatito
				M11	Pegmatito
				M11MV	Pegmatito
TCC14	Meio	Espodumênio	Formação	M14	Pegmatito
			Salinas	M14CS e M14CT	Contato entre pegmatito e rocha encaixante
TCC19	—	Granada	Formação Ribeirão da Folha	M19	Pegmatito

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 9 - Mapa de localização dos pegmatitos encontrados em campo e sua divisão segundo os grupos mineralógicos.



Fonte: Elaborado pelo autor com base no mapa da CPRM (2010)

4.1 ROCHAS ENCAIXANTES

Os diferentes corpos pegmatíticos observados em campo podem estar encaixados em três unidades distintas: i) Formação Salinas; ii) Formação Ribeirão da Folha; ou iii) supersuíte G5. A classificação das unidades seguiu o mapa geológico publicado da região. Mais informações podem ser consultadas no CPRM (2020).

4.1.1 Formação Salinas

Na área de estudo, a Formação Salinas é composta por mica-quartzo xisto de cor acinzentada, granulação muito fina a fina e foliação bem definida, caracterizada pela orientação de grãos micáceos de biotita. A orientação destes grãos de biotita confere à rocha uma foliação nítida visível a olho nu, com a direção da foliação variando ao longo das exposições encontradas (25/70 no ponto TCC05, 280/80 no ponto TCC14). O contato entre os corpos pegmatíticos e as rochas da Formação Salinas pode ocorrer de forma concordante ou discordante em relação à foliação principal (FIG. 10A). Por vezes, a intrusão pegmatítica aparenta ter arqueado a foliação da rocha encaixante, podendo gerar estruturas semelhantes a um domo (FIG. 10B).

Figura 10 - A: Contato entre pegmatito Samambaia e mica-quartzo xisto encaixante da Formação Salinas, com intrusão pegmatítica subparalela à foliação principal da rocha encaixante (ponto TCC04). B: Mica-quartzo xisto da Formação Salinas intensamente dobrado por intrusão do pegmatito Severino (ponto TCC07).



Fonte: Elaborado pelo autor

Além disso, o mica-quartzo xisto encaixante apresenta porfiroblastos de cordierita (pontos TCC04 e TCC14), que têm cor mais clara do que a rocha, hábito prismático e orientação que segue a foliação principal (FIG. 11). Estes porfiroblastos estão mais concentrados nas áreas próximas às intrusões pegmatíticas, como observados nos pegmatitos Samambaia (TCC04, FIG. 11 A) e do Meio (TCC14, FIG. 11B).

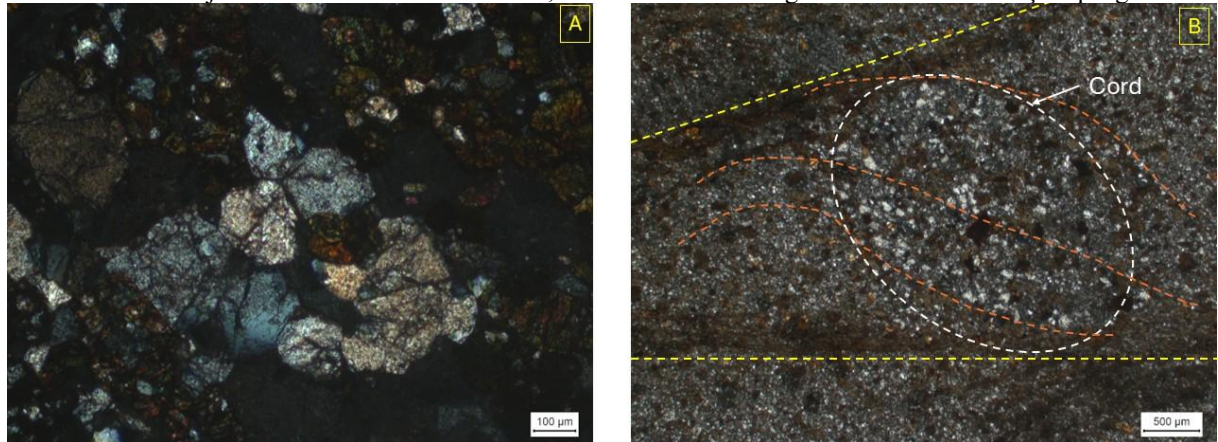
Figura 11 - Grande quantidade de porfiroblastos de cordierita no mica-quartzo xisto da Formação Salinas, próximos às intrusões pegmatíticas (A: ponto TCC04, B: ponto TCC14).



Fonte: Elaborado pelo autor

A lâmina M4X foi confeccionada a partir de amostra de mica-quartzo xisto com cordierita da Formação Salinas, coletada a cerca de 1 metro do pegatito Sambaia, ambos localizados no ponto TCC04. A foliação principal (S1) é marcada por pela orientação de grãos micaceos de biotita, de coloração castanho-avermelhada e granulação fina a média. Sob microscopia óptica, grãos de quartzo exibem extinção ondulante residual, cujos cristais são finos e anédricos, formando mosaico granoblástico, localmente com junções tríplexes próximas de 120° (FIG. 12A). A cordierita ocorre como porfiroblasto idioblástico a subidioblástico, contendo trilhas de inclusões curvas oblíquas à foliação externa, caracterizando crescimento sin-tectônico (FIG. 12B). O cristal deflete a foliação da matriz e registra reorientação durante uma segunda fase deformacional (S2), além de fraturamento tardio. O epidoto aparece disseminado, com cor castanho-amarelada e hábito anédrico.

Figura 12 - A: Cristais de quartzo com junção tríplice. B: Cristal de cordierita (Cord), indicado pela linha tracejada branca, rotacionado pela foliação S2, em linha tracejada amarela. A linha tracejada em laranja indica a foliação S1 sendo rotacionada junto com o cristal de cordierita, como resultado da segunda fase de deformação que gerou S2.

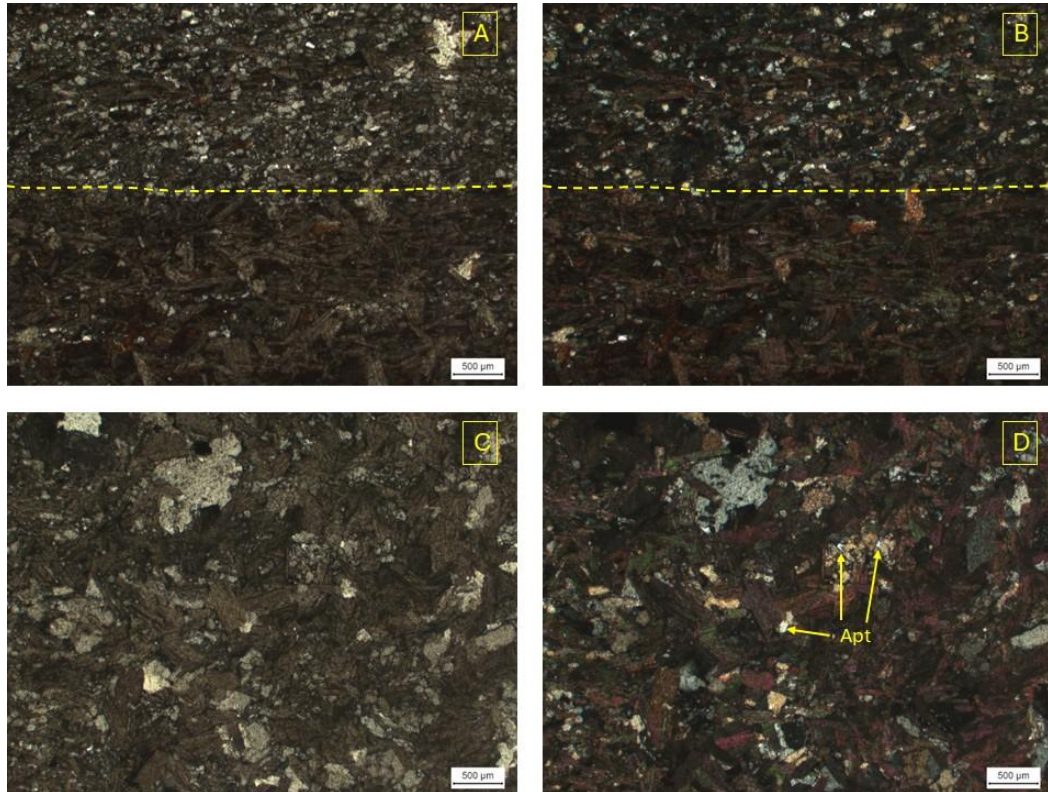


Fonte: Elaborado pelo autor

As lâminas M14CS e M14CT, ambas do ponto TCC14, foram especialmente confeccionadas para a descrição do contato entre o biotita-epidoto-quartzo xisto Salinas e o pegmatito do Meio. As siglas definem diferentes tipos de contato, abrupto (CS) e transicional (CT) entre estes litotipos.

O biotita-epidoto-quartzo xisto na lâmina M14CS é constituído por biotita, quartzo e epidoto. A biotita apresenta hábito lamelar e a típica cor acastanhada, com leve pleocroísmo. A muscovita e o quartzo apresentam extinção ondulante (FIG. 13A–B). O quartzo forma agregados granoblásticos de pequeno tamanho, com até 3 micrômetros, associados a minerais micáceos (biotita) orientados, definindo uma foliação S1 bem desenvolvida. O contato entre o xisto e o pegmatito do Meio é abrupto em escala microscópica (FIG. 13), marcado por forte contraste granulométrico e textural, com deformação concentrada na rocha encaixante e ausência de registro equivalente no corpo pegmatítico.

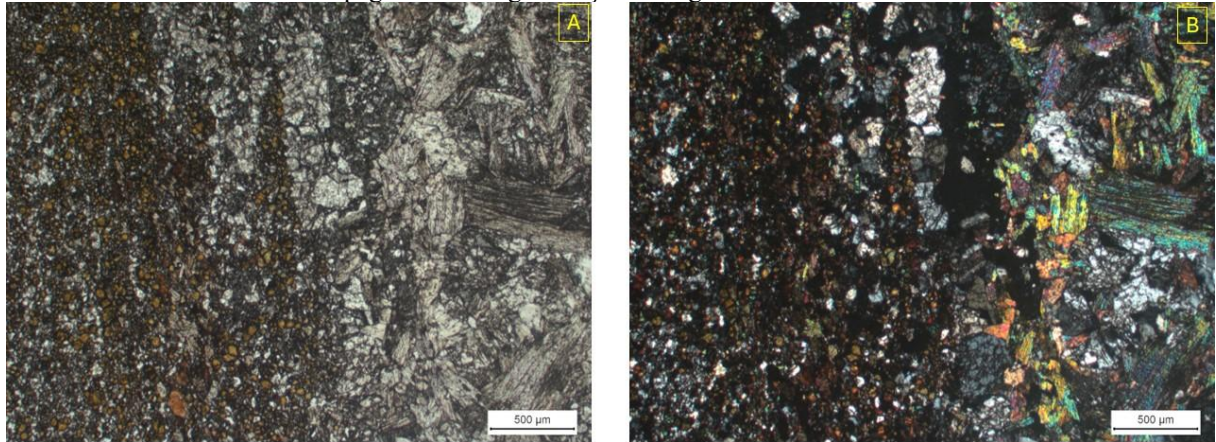
Figura 13 - Microfotografias da lâmina M14CS. A) Contato abrupto entre o mica-quartzo xisto encaixante da Formação Salinas e pegmatito do Meio, marcado pela diferença mineralógica e textural sob nicóis paralelos) e B) nicóis cruzados. C) Domínio do pegmatito evidenciando granulação média a grossa, e associação mineralógica formada por quartzo, mica, feldspato e apatita (mineral acessório) sob nicóis paralelos e D) nicóis cruzados.



Fonte: Elaborado pelo autor

A lâmina M14CT registra o contato transicional entre o pegmatito do Meio e o biotita-epidoto-quartzo xisto Salinas, com intercalações paralelas entre as duas litologias. O xisto apresenta foliação marcada por cristais tabulares de biotita e de muscovita. O quartzo ocorre em agregados finos, com extinção ondulante frequente e participação no tecido deformacional. A transição entre os domínios é gradual em escala microscópica, marcada por mudanças progressivas na granulação e no aspecto textural, em contraste com o contato abrupto observado na M14CS. O minerais do biotita-epidoto-quartzo xisto tem tamanho relativamente menor que os minerais do pegmatito do Meio, e aparecem orientados sub-paralelamente ao contato entre o corpo e a rocha encaixante, enquanto os minerais do pegmatito exibem granulação grossa e um arranjo aleatório entre os cristais.

Figura 14 - Fotomicrografias da lâmina M14CT mostrando o contato transicional entre o xisto encaixante e o corpo pegmatítico. (A) Luz plano-paralela, evidenciando xisto fino e foliado, com coloração esverdeada associada à epidotização ao longo da foliação. (B) Polarizadores cruzados, destacando o contraste textural entre o domínio xistoso deformado e o domínio pegmatítico de granulação mais grossa.

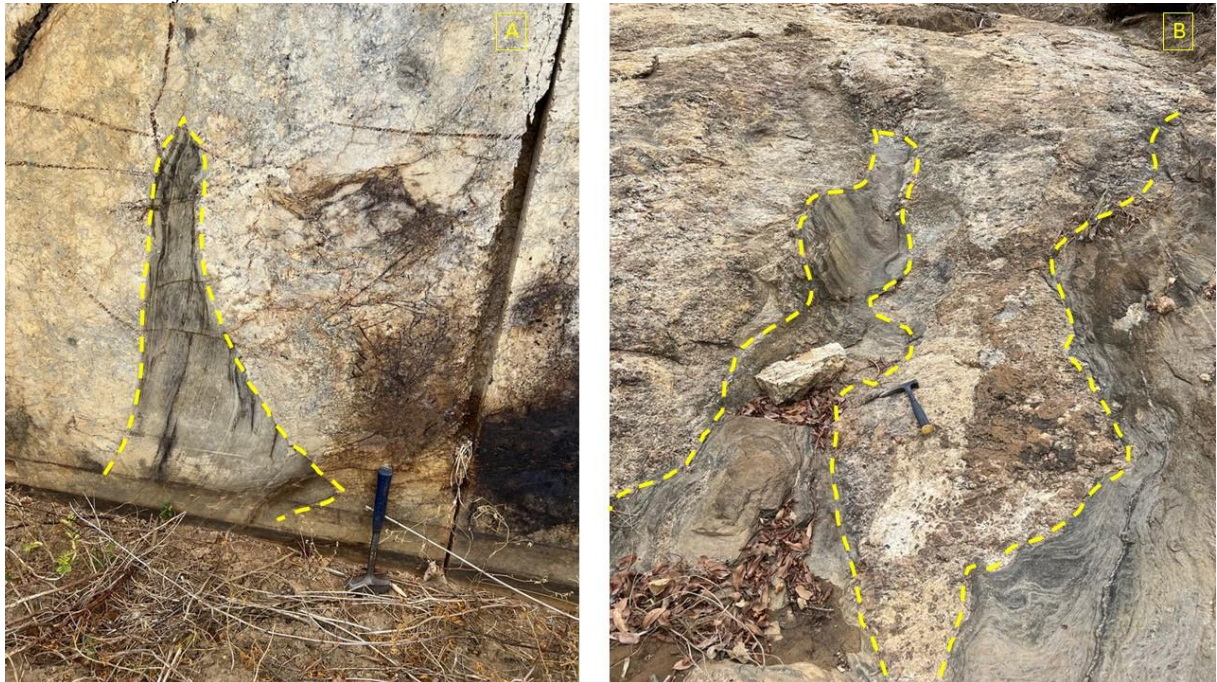


Fonte: Elaborado pelo autor

4.1.2 Formação Ribeirão da Folha

Nos pontos visitados, a exposição do duas micas-quartzo xisto Ribeirão da Folha é limitado a enclaves em meio ao corpo pegmatítico, observados em lajeados e paredes de antigas pedreiras de extração de blocos ornamentais (FIG. 15). em antigas extrações de blocos ornamentais e em lajeados. Nestas circunstâncias, o duas micas-quartzo xisto da Formação Ribeirão da Folha é composto por quartzo, muscovita, biotita e pouco feldspato, exibe granulometria fina, de cor cinza a cinza-esverdeada, com foliação marcada pela orientação de grãos micáceos de biotita. Por vezes, observa-se veios de quartzo ora discordantes, ora subparalelos à xistosidade principal. Alterações amareladas a ferruginosas indicam a presença de minerais sulfetados, como a pirita (FIG. 30). Nos lajeados, o duas micas-quartzo xisto da Formação Ribeirão da Folha aparece dobrado no contato com o pegmatito, sugerindo que a xistosidade principal da rocha encaixante foi redobrada devido à intrusão do magma pegmatítico (FIG 15.).

Figura 15 - A) Enclave do xisto encaixante da Formação Ribeirão da Folha em meio ao pegmatito (ponto TCC10). B) Afloramento em lageado do duas micas-quartzo xisto dobrado em contato com o pegmatito (ponto TCC10), aflorando em lajeado.



Fonte: Elaborado pelo autor

4.2 PEGMATITOS

4.2.1 Pegmatitos com granada

Buscou-se amostrar diferentes zonas dos corpos para a descrição microscópica. Os pegmatitos com granada foram observados nos pontos TCC03 e TCC19 (FIG. 13). Estes corpos não apresentam toponímia. Ambos os corpos apresentam cavidades miarolíticas, embora os grãos de granadas estejam dispersos em meio a matriz de granulação grossa, composta predominantemente por quartzo, feldspato e mica.

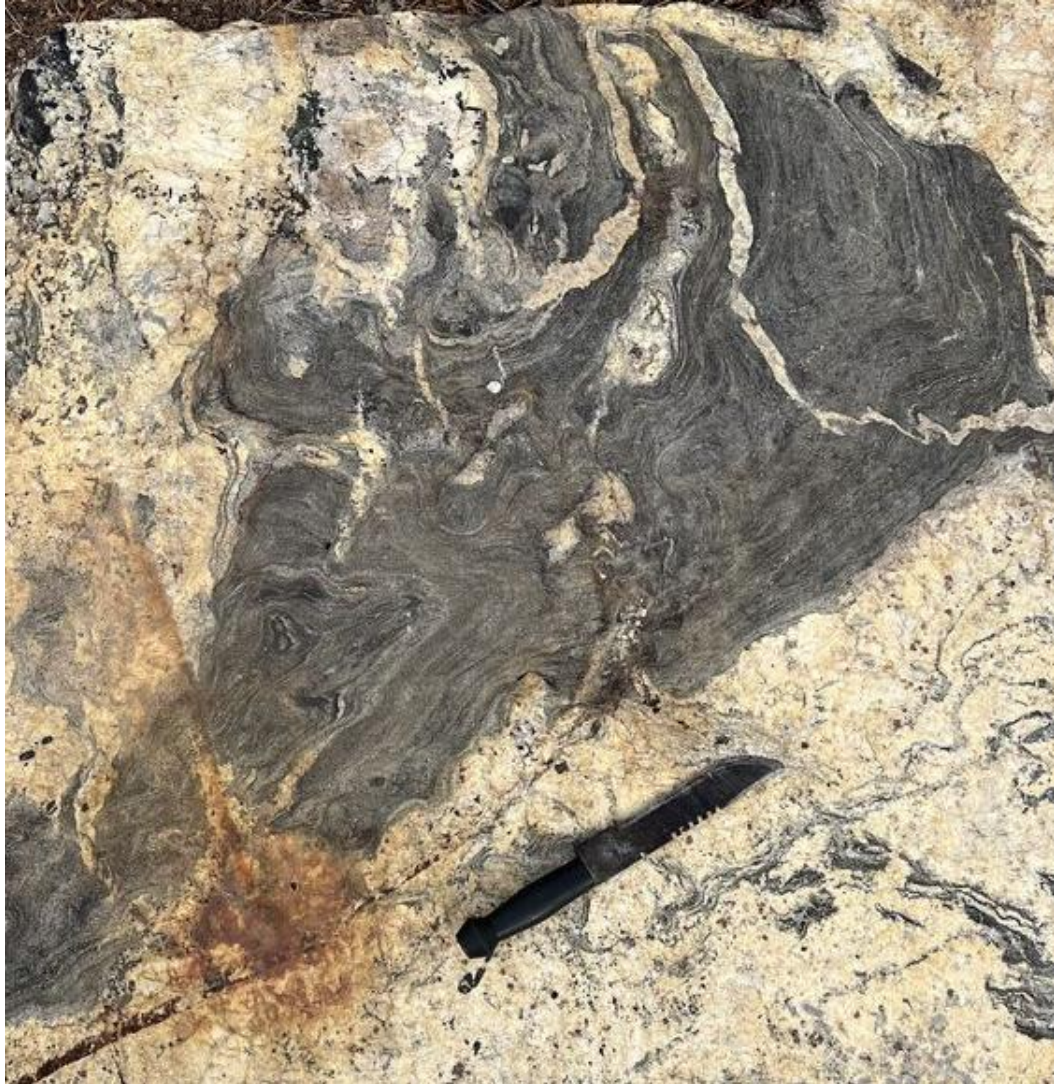
Figura 16 - A) Cavidade miarolítica de ~1cm de diâmetro com cristal euédrico de berilo incolor (ponto TCC03). B) Grãos subédricos de granada em meio a matriz formada por quartzo, feldspato e mica branca do pegmatito (ponto TCC19).



Fonte: Elaborado pelo autor

No ponto TCC03, foram encontrados blocos decimétricos *in situ* aflorando às margens de uma estrada rural. No entanto, devido a restrita exposição desses blocos, não foi possível identificar o tamanho do corpo pegmatítico como um todo nem as relações de contato com a rocha encaixante. No ponto TCC19, por se tratar de uma pedreira desativada de blocos ornamentais, foi possível observar relações entre o pegmatito e a rocha encaixante, o duas micas-quartzo xisto da Formação Ribeirão da Folha. O contato entre o pegmatito e o xisto ocorre de forma difusa e discordante da xistosidade da rocha encaixante (ex: quartzo-duas micas xisto da Formação Ribeirão da Folha), sem controle estrutural aparente para a intrusão pegmatítica. Também se observa presença de enclaves do xisto extremamente deformado em meio ao pegmatito (FIG. 17).

Figura 17 - Grande enclave do xisto da Formação Ribeirão da Folha assimilado pelo pegmatito do ponto TCC19.



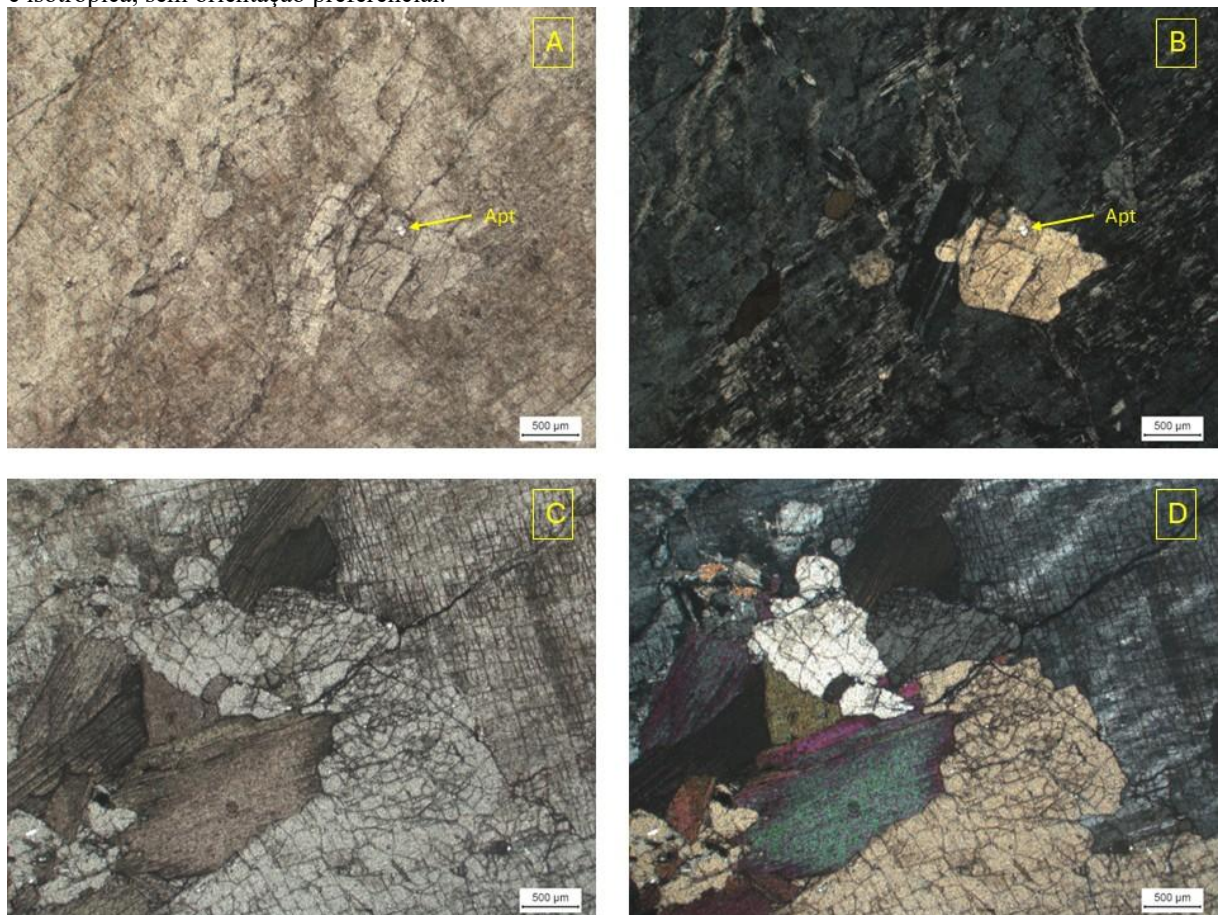
Fonte: Elaborado pelo autor

O pegmatito do ponto TCC19 tem mais de 150 metros de comprimento por até 30 metros de largura, com possível forma tabular elíptica. A granulometria é grossa a muito grossa, com a presença de pequenas zonas de aplito no corpo, além de múltiplos núcleos de quartzo. Embora existam diversos núcleos de quartzo, não foi possível identificar outras zonas primárias internas de forma bem definida. Não se observa uma clara zona de borda no corpo. As granadas encontradas nos corpos são subédricas a anédricas e de cor alaranjada, chegando a ter até 4 cm de diâmetro no ponto TCC19 (FIG. 16b). A presença de cristais de citrino em cavidades miarolíticas foi registrada exclusivamente neste ponto, não sendo observada em nenhum outro pegmatito visitado

Diferentemente dos outros pegmatitos de estudo, os pegmatitos com granada não apresentam grãos de turmalina. No ponto TCC19 foi coletada uma amostra para laminação,

correspondente à zona intermédia do pegmatito, com granulação grossa, composta por quartzo, feldspato, mica, granada e alguns óxidos. Não se observa orientação preferencial nem estruturas deformacionais na rocha. Em lâmina delgada, trata-se de um pegmatito de granulação muito grossa, composto predominantemente por quartzo, mica e feldspato, com apatita como mineral acessório.

Figura 18 - Fotomicrografias da amostra M19. A e B: Cristal de apatita (Apt) incluído em feldspato, destacando relevo moderado em luz plano-polarizada (A) e baixas cores de interferência em luz polarizada (B). C e D: Arranjo mineralógico da matriz evidenciando cristais de mica (com clivagem característica), quartzo e feldspato. A trama é isotrópica, sem orientação preferencial.



Fonte: Elaborado pelo autor

4.2.2 Pegmatitos com espodumênio

Os pegmatitos com espodumênio foram observados nas regiões centro-norte e centro-sul da área de estudo, encaixados apenas no xisto da Formação Salinas e a uma distância de 1,5 a 2,0 quilômetros dos granitos da suíte G4. Estes pegmatitos apresentam as mais diversas formas de colocação junto ao xisto, intrudindo de forma concordante, discordante ou até ambas as formas. Alguns pegmatitos apresentam zonamento primário interno bem definido, com zona de borda, intermédia e núcleos de quartzo, enquanto outros apresentam zonamento complexo de

difícil identificação, e ainda apresentam cavidades miarolíticas e zonas de substituição de diferentes dimensões e frequência de aparição (sendo geralmente controladas pela presença do núcleo de quartzo). Alguns corpos apresentam múltiplas ramificações, com a intrusão se dividindo em corpos de menor expressão. Esses pegmatitos são zonados, com a presença de zona de borda, zona intermédia, zona rica em espodumênio e zona de núcleo de quartzo (única ou múltipla). Somente no pegmatito Neves (TCC06) não foi possível observar zonamento interno, pois a exposição não permitiu sua definição assertiva.

A zona de borda nos pegmatitos com espodumênio são apolíticas, (FIG. 19), com cristais de granulação fina a média, composta por quartzo, mica e pouco ou nenhum feldspato. Os cristais parecem desenvolver-se em direção ao interior do pegmatito, perpendiculares ao contato com o xisto, em textura denominada de pente.

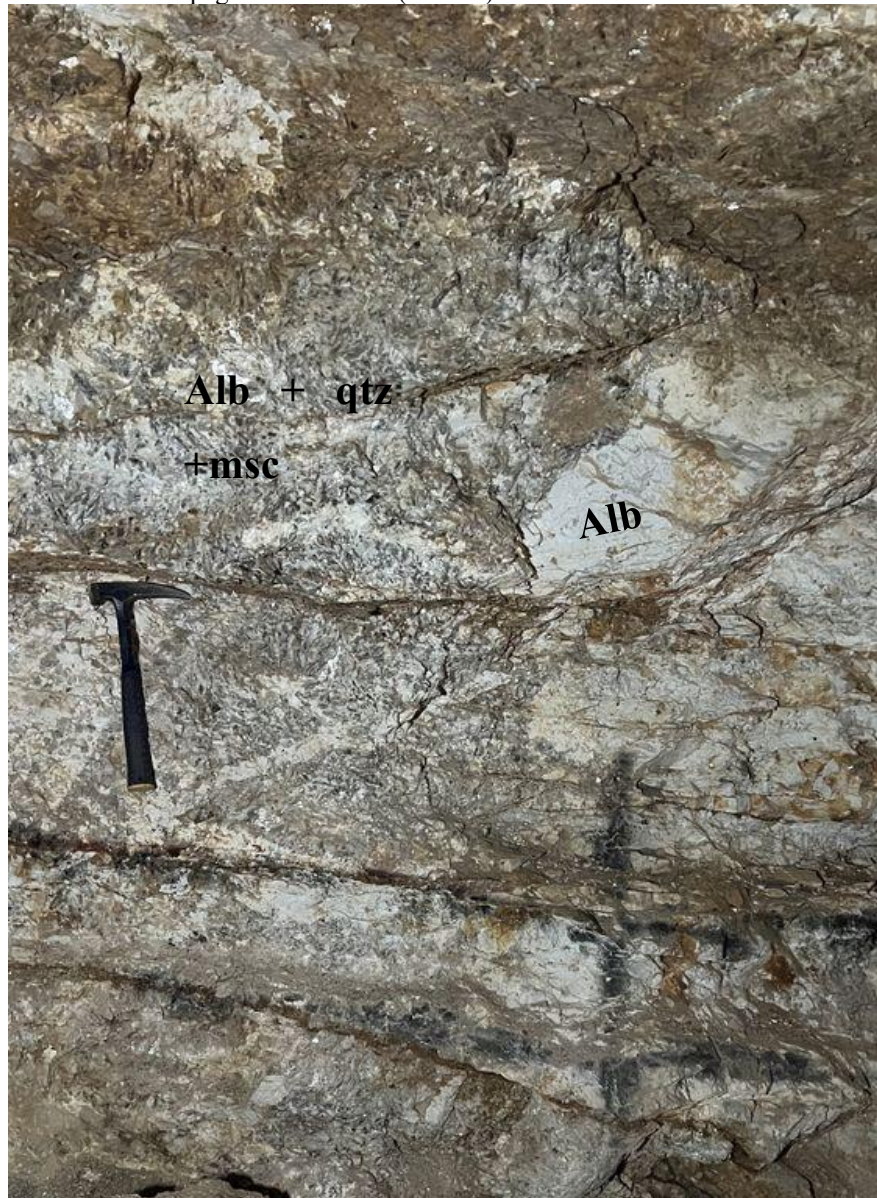
Figura 19 - Zona de borda (delimitada pelo tracejado amarelo) entre o pegmatito Tesouro (esquerda da imagem) e a rocha encaixante (direita da imagem), no ponto TCC05. Embora o pegmatito tenha cerca de 30 metros de espessura, a zona de borda tem apenas alguns centímetros de espessura.



Fonte: Elaborado pelo autor

Seguindo em direção ao interior dos pegmatitos, encontra-se a zona intermédia, com a presença de cristais médios a muito grossos de quartzo, feldspato (albita e feldspatos potássicos), mica branca, provavelmente muscovita, e, em alguns corpos, turmalina preta. Esta zona não apresenta cristais com crescimento direcional nem controle estrutural (FIG. 20).

Figura 20 - Zona intermédia do pegmatito Tesouro (TCC05).



Fonte: Elaborado pelo autor

No ponto TCC14 (**pegmatito do Meio**) foi coletada amostra da zona intermédia para laminação (lâmina M14).

A amostra de rocha da lâmina M14 é composta por cristais de feldspato, mica, quartzo e turmalina (FIG. 21 e 22). Rocha não exhibe orientação mineral preferencial, com ocorrência de

minerais acessórios de cor escura, menores que 0,3 cm de diâmetro, por vezes, oxidados (FIG. 21).

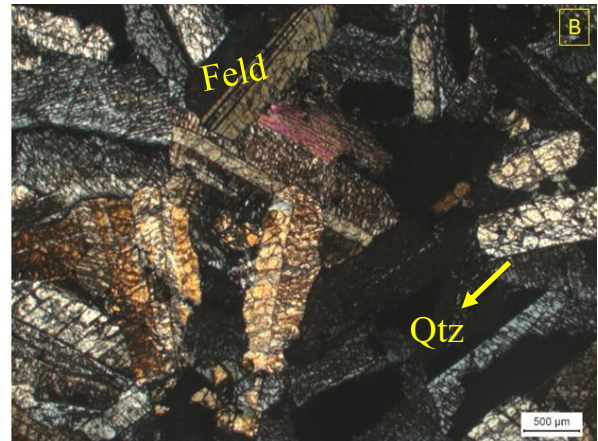
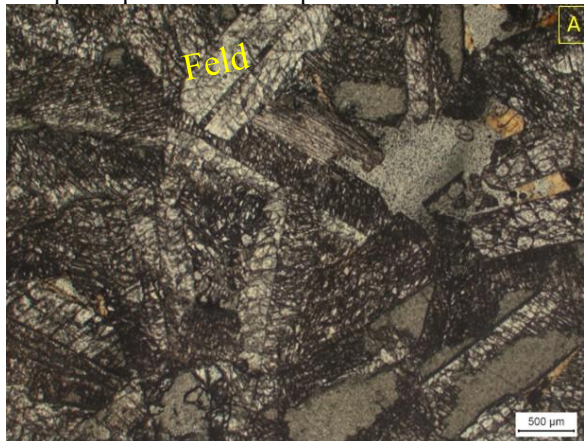
Figura 21 - Amostra selecionada para a lâmina M14.



Fonte: Elaborado pelo autor

Sob microscopia óptica o pegmatito do Meio apresenta textura granoblástica holocristalina, com cerca de 85% de feldspato (plagioclásio), cristais prismáticos, maclados e geminados; 10% de micas com birrefringência intensa de 3ª ordem e hábito tabular; e 5% de quartzo (FIG. 22).

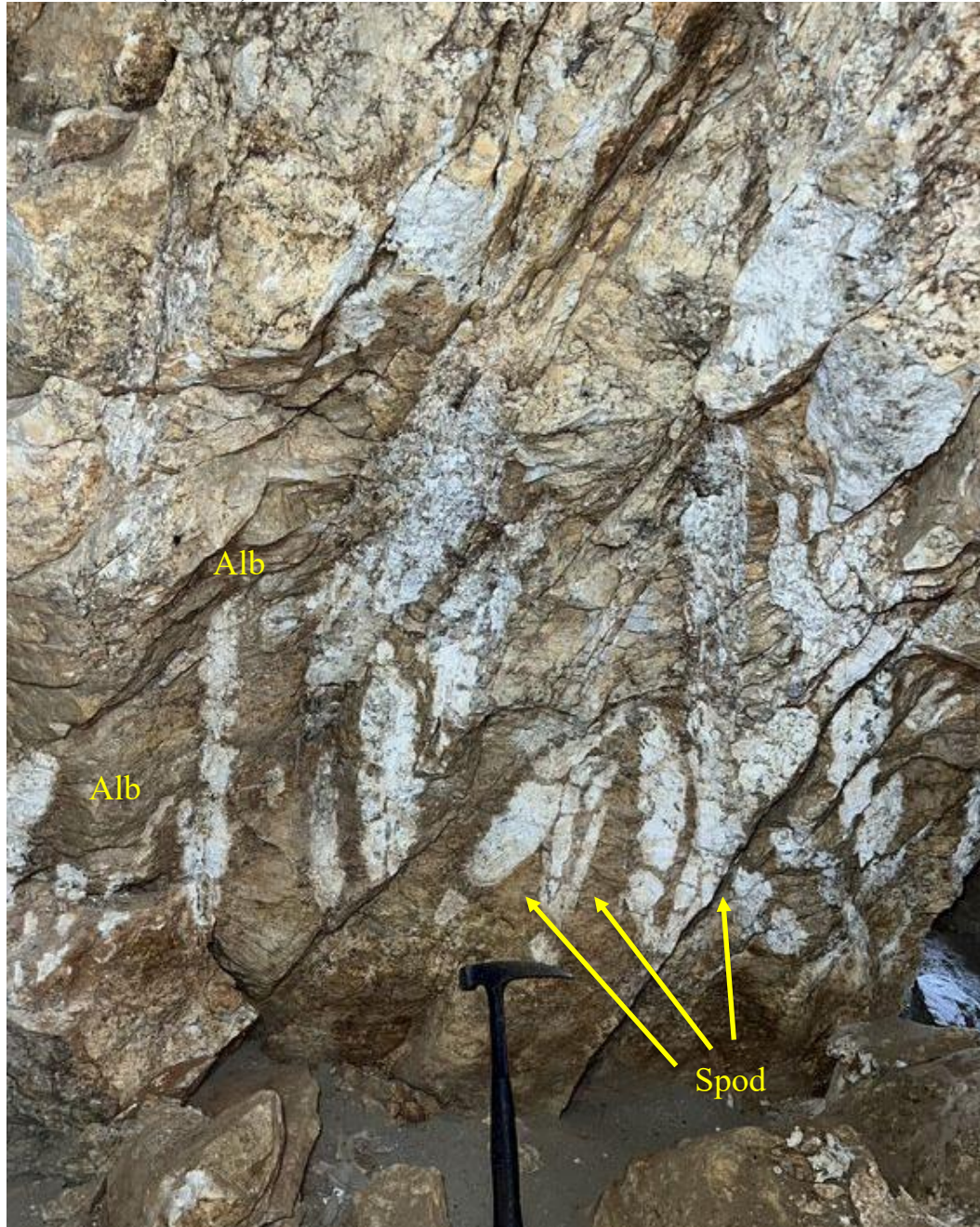
Figura 22 - Fotomicrografia da lâmina M14, demonstrando mineralogia simples de feldspato, mica e quartzo. A: Luz plano-paralela. B: Luz polarizada.



Fonte: Elaborado pelo autor

A zona do espodumênio é marcada como a zona intermédia com cristais decimétricos a métricos de espodumênio moderadamente alterados, com crescimento em direção as zonas de núcleo. Estas zonas são predominantemente compostas por espodumenio e feldspato (FIG. 23), que se encontram em contato com esta zona, como sendo o centro dos pegmatitos.

Figura 23 - Cristais de espodumênio crescendo perpendiculares ao núcleo de quartzo (na parte inferior da imagem) no pegmatito do Meio (TCC04).

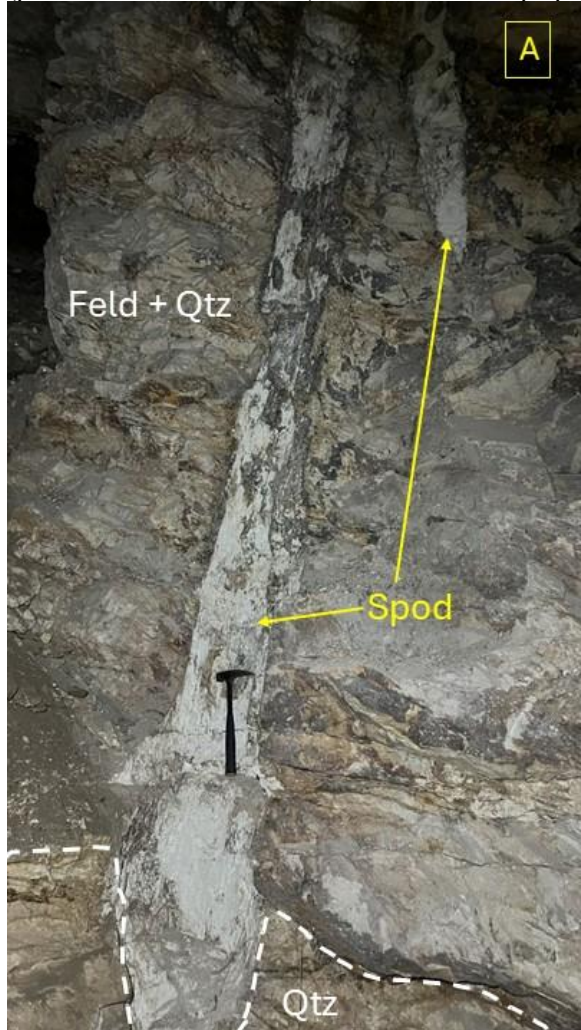


Fonte: Elaborado pelo autor

Os cristais de espodumênio variam de poucos centímetros a vários metros, chegando a mais de 6 metros de comprimento no pegmatito Severino (TCC07, FIG. 24A). A exposição do pegmatito Neves (TCC06) revela apenas a zona do espodumênio e o núcleo de quartzo do pegmatito (FIG. 24B), não sendo possível identificar o restante das zonas primárias (zona de contato, de parede). Neste ponto foi coletada uma amostra para laminação, composta por um grande cristal de espodumênio, que macroscopicamente se apresenta parcialmente alterado para

caulim de cor rosada a esbranquiçada (FIG. 25). A porção cristalina do mineral tem cor esbranquiçada a esverdeada, apresenta clivagem na direção do eixo cristalográfico *c*, e adquire coloração alaranjada sob luz ultravioleta.

Figura 24 - A: Megacristais de espodumênio (Spod) no pegmatito Severino (TCC07). O espodumênio aparece entre cristais de feldspato (Feld) e quartzo (Qtz), crescendo perpendicularmente aos núcleos de quartzo, na parte inferior da imagem. B: Galeria no pegmatito Neves (TCC06). Pode-se observar os cristais de espodumênio (prismáticos e de cor branca) desenvolvendo-se perpendiculares ao núcleo de quartzo, na parte inferior da galeria.



Fonte: Elaborado pelo autor

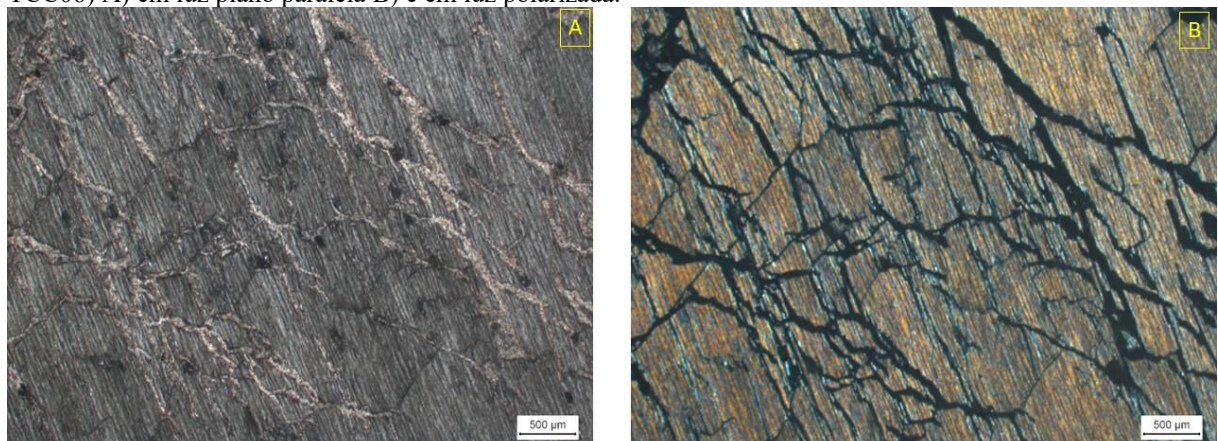
Figura 25 - Amostra de cristal de espodumênio da qual foi confeccionada a lâmina M6E.



Fonte: Elaborado pelo autor

A lâmina foi confeccionada para identificar inclusões no cristal de espodumênio e caracterizar suas propriedades óticas sob microscopia óptica. Microscopicamente, a lâmina é composta exclusivamente por espodumênio, com cristais bem formados, incolores em luz plano-paralela, de hábito prismático e com duas clivagens bem definidas. Em polarizadores cruzados, exibe birrefringência elevada, com cores de interferência de 2^a a 3^a ordem. Observa-se uma rede de fraturas e microfraturas retilíneas, algumas cruzando os planos de clivagem, sem evidências de preenchimento ou de alteração mineral associada, indicando fraturamento frágil tardio pós-cristalização ou durante a confecção da lâmina. Não se observam inclusões minerais ou fluidas no cristal.

Figura 26 – Microfotografia de espodumênio em lâminas delgada polida proveniente do pegmatito Neves (ponto TCC06) A) em luz plano paralela B) e em luz polarizada.

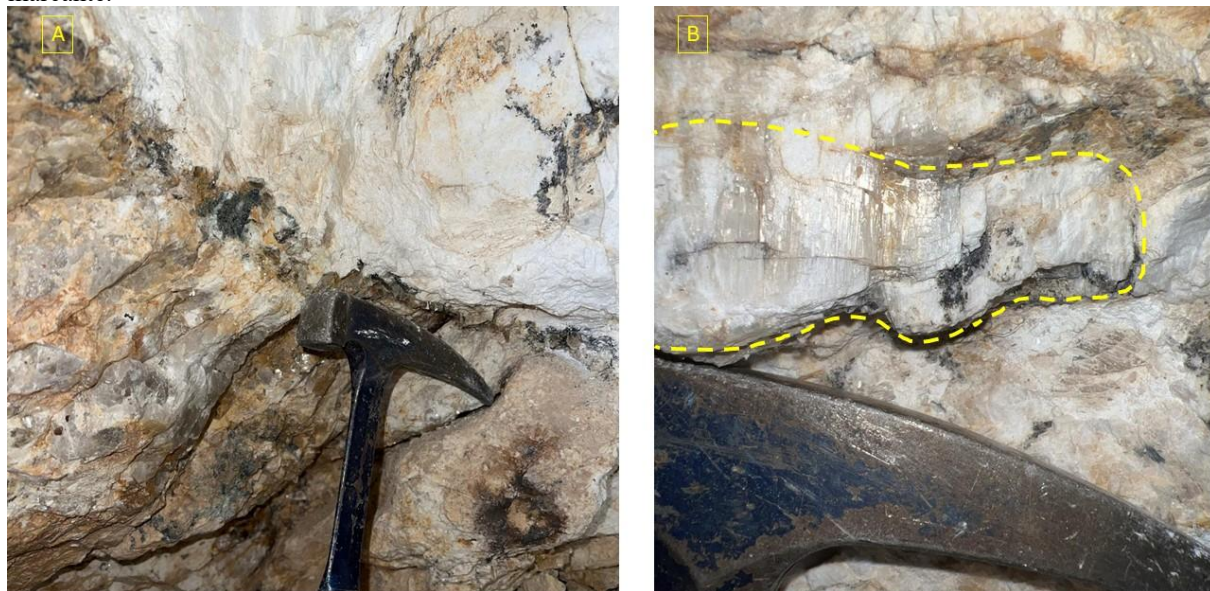


Fonte: Elaborado pelo autor

No ponto TCC14 ainda foi coletada uma amostra de mineral esbranquiçado, com clivagem em uma direção e brilho vítreo. O mineral se encontrava junto a grandes cristais de

albita (FIG. 27-A) e zonas com agregados de turmalina azul, espodumênio e outros óxidos próximos a um núcleo de quartzo (FIG. 27-B).

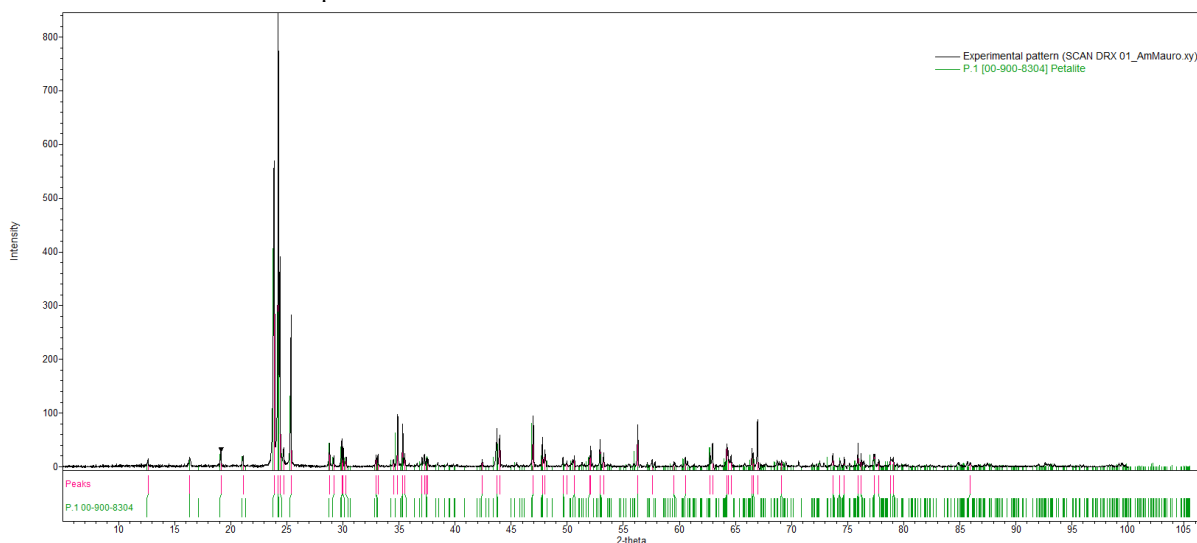
Figura 27 - A) Contato entre núcleo de quartzo e massa anédrica de albita, com linha de turmalina azul e óxidos/hidróxidos de Fe e/ou Mn) B: Destaque à amostra que foi coletada. Nota-se o brilho vítreo e clivagem marcante.



Fonte: Elaborado pelo autor

A amostra foi submetida a análises de microscópio eletrônico de varredura (MEV), sem sucesso de identificação, e de difratometria de raios-X (DRX), que obteve sucesso em caracterizar o mineral como petalita (FIG. 28), um feldspatóide de lítio ($\text{LiAlSi}_4\text{O}_{10}$).

Figura 28 - Resultados da análise de DRX realizada no mineral. Os picos elementais, principalmente o do lítio, caracterizam a amostra como petalita.



Fonte: Elaborado pelo autor

4.2.3 Pegmatito com turmalina preta

Pegmatito com turmalina preta foi observado apenas no ponto TCC09, porção centro-leste da área de estudo (FIG. 9). Este pegmatito é caracterizado pela presença de turmalina preta como mineral acessório, uma característica exclusiva apenas deste corpo dentre os demais pegmatitos visitados neste trabalho. A exposição do pegmatito no ponto TCC09 se dá por pequenas escavações que revelam a zona de contato com a rocha encaixante (quartzo-duas micas xisto da Formação Ribeirão da Folha), zonas de borda, intermédia e de núcleo quartzoso (FIG. 29). Esta intrusão pegmatítica é subparalela à xistosidade da rocha encaixante ($S_i = x/x$), por vezes, com ramificações em veios pegmatíticos também subparalelos à xistosidade da encaixante.

Apesar de ocorrer como mineral comum em vários pegmatitos da área, a turmalina preta aparece como mineral acessório exclusivo em apenas um pegmatito observado, no ponto TCC09. A exposição deste corpo se dá por pequenas escavações ao longo do pegmatito, revelando o contato com o xisto duas micas encaixante da Formação Ribeirão da Folha, as zonas de borda e intermediária e um núcleo de quartzo (FIG. 29). O contato é subconcordante à foliação principal do xisto e é comum encontrar veios pegmatoides intrudindo nessa foliação.

Figura 29 - Exposição do pegmatito encontrado no ponto TCC09. Nota-se o núcleo de quartzo (Qtz, delimitado pela linha amarela tracejada) e a zona intermédia circundante, com destaque aos cristais grossos euédricos de turmalina preta junto a matriz de feldspato, quartzo e mica.



Fonte: Elaborado pelo autor

A zona de borda é formada quase exclusivamente por mica e quartzo formando cristais finos a médios com crescimento perpendicular ao contato, e pequena quantidade de grãos finos de feldspato. A zona intermédia se difere da zona de borda pelos seus cristais mais grossos, maior quantidade de grãos de feldspato e menor quantidade de mica branca (provavelmente muscovita). Na zona intermédia também ocorrem cristais de turmalina preta dispersos entre os cristais de quartzo, feldspato e mica (FIG. 27). A orientação dos minerais com crescimento em direção ao núcleo, se perde em direção ao interior do corpo e não próprio núcleo de quartzo. Nas proximidades do núcleo, os grãos de turmalina reta ocorrem em maiores quantidade e dimensões.

4.2.4 Pegmatitos com turmalina preta e pirita

Próximo ao ponto TCC09, na direção sudeste, observa-se uma pedreira desativada de blocos ornamentais, onde se encontra o pegmatito do ponto TCC10 (FIG. 30). É possível observar o contato entre o corpo e o duas micas-quartzo xisto da Formação Ribeirão da Folha, tanto em corte quanto em afloramentos em planta. Este contato é discordante da foliação do xisto, chegando a dobrar a rocha encaixante em alguns pontos, e observa-se a presença de enclaves de xisto no pegmatito (FIG. 12).

Figura 30 - A: Detalhe de corte do pegmatito do ponto TCC10. A linha branca tracejada separa o núcleo de quartzo (inferior) da zona intermédia do pegmatito (superior). As cavidades miarolíticas aparecem em contato com o núcleo de quartzo, em sua borda ou fraturas em seu interior. B: Detalhe em cristais de pirita encontrados dentro das cavidades miarolíticas do corpo.



Fonte: Elaborado pelo autor

A zona intermédia do pegmatito no ponto TCC10 tem pode chegar à 10 m de espessura, sendo composta por feldspato, quartzo e mica branca, com presença de cavidades miarolíticas (FIG. 30A) com cristais euédricos de quartzo e pirita (FIG. 30B). As cavidades miarolíticas ocorrem nas adjacências das zonas de núcleo, (FIG. 30A). Turmalina preta ocorre, assim como no pegmatito do ponto TCC09 (pegmatito com turmalina preta), dispersa em meio a matriz do pegmatito.

4.2.5 Pegmatito com turmalina verde e lepidolita

Pegmatito com turmalina preta e lepidolita foi observado no ponto TCC11, na porção NW da área de estudo (FIG. 9). Este pegmatito está encaixado em rochas graníticas mapeadas como supersuíte G5. Trata-se de um pegmatito subvertical, com dezenas de metros de comprimento, com zonamento interno. As zonas internas observadas, da porção mais externa para a mais interna, consistem em: i) zona de borda/contato, com poucos centímetros de espessura, composta predominantemente por quartzo e mica esverdeada, com feldspato associado em menor quantidade, exhibe granulação fina a média e crescimento mineral perpendicular ao contato com a rocha encaixante; ii) zona intermédia composta por quartzo, feldspato, mica cinza, mica esverdeada e lepidolita de granulação grossa; e iii) zona de núcleo composta majoritariamente por quartzo. No contato entre a zona intermédia e de núcleo, ocorrem turmalina verde e cavidades miarolíticas primárias.

No ponto TCC11, foi coletada uma amostra referente à zona de borda do pegmatito, denominada M11MV (FIG. 31). Macroscopicamente, apresenta granulação média, com cristais de quartzo, muscovita, mica verde e pouco feldspato. As micas parecem estar orientadas perpendicularmente ao contato entre o corpo pegmatítico e a rocha encaixante.

Figura 31 - Amostra utilizada para a confecção da lâmina M11MV, composta predominantemente por quartzo e mica verde.

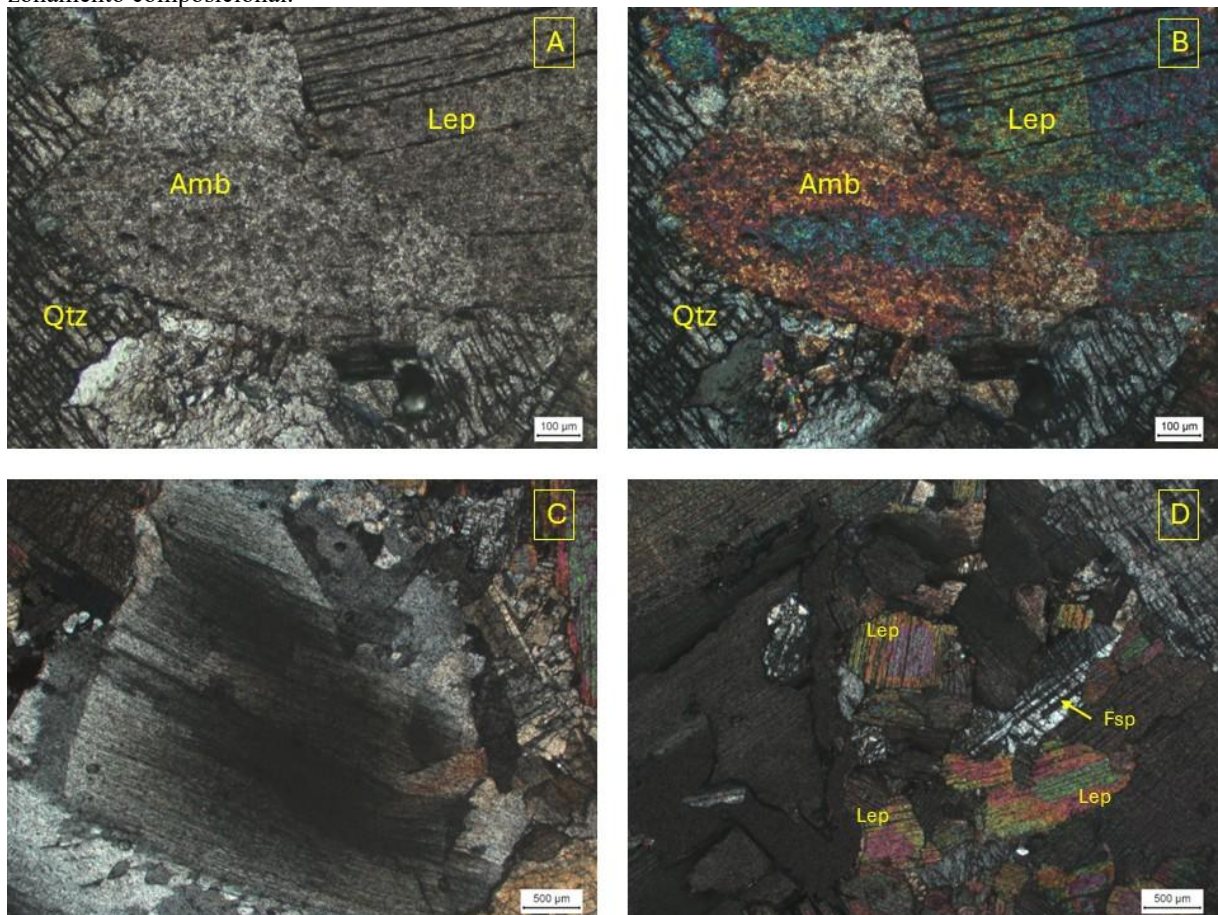


Fonte: Elaborado pelo autor

A lâmina M11MV é composta por quartzo, feldspatos, lepidolita e amblygonita, em textura granoblástica (FIG. 30). O quartzo ocorre como matriz dominante, formando agregados granoblásticos inequigranulares, com cristais anédricos a subédricos e extinção ondulante forte, sem evidências de recristalização dinâmica (FIG. 32A–B). Os feldspatos ocorrem como cristais subédricos, com geminação e macla bem desenvolvida, indicando serem plagioclásios (FIG. 32C). A lepidolita encontra-se associada ao quartzo e aos feldspatos, ocorrendo tanto em agregados quanto intersticialmente (FIG. 32A–B, D). A lepidolita ocorre em lamelas

placóides, exibindo forte pleocroísmo em luz plano-polarizada e cores de interferência elevadas em polarizadores cruzados (FIG. 32A–B, D). Este mineral apresenta zonamento interno bem definido, evidenciado por faixas com variação sistemática de cores de interferência que permanecem estáveis durante a rotação da platina, indicando zonamento composicional (FIG. 32A–B, D). A amblygonita é incolor, subédrica a anédrica, de relevo moderado a alto, apresenta cores de interferência alaranjadas de 2ª ordem (FIG. 32A–B). Os cristais de amblygonita são texturalmente íntegros, sem evidências de fraturamento ou deformação, em contato direto com o quartzo e a lepidolita (FIG. 32A–B).

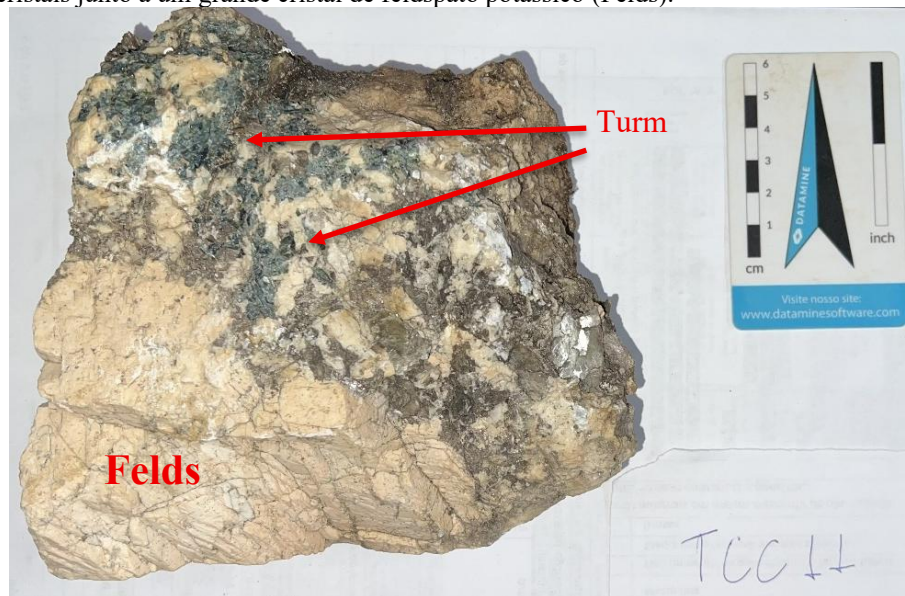
Figura 32 – Fotomicrografia da amostra M11MV. A e B: detalhe aos cristais de amblygonita (Amb), quartzo (Qtz) e lepidolita (Lep) sob luz plano-paralela e luz polarizada, respectivamente. C: Detalhe em cristal de quartzo com sinais de recristalização e de extinção ondulante. D: Cristais de feldspato maclados (Fsp) e de lepidolita (Lep) com zonamento composicional.



Fonte: Elaborado pelo autor

Além desta lâmina, também foi coletada uma amostra da zona intermédia do corpo, e a lâmina M11T foi confeccionada a partir dela. Macroscopicamente, esta amostra apresenta granulação muito grossa, sem orientação dos cristais de feldspato potássico de cor rosa, quartzo, muscovita e turmalina verde (FIG. 33).

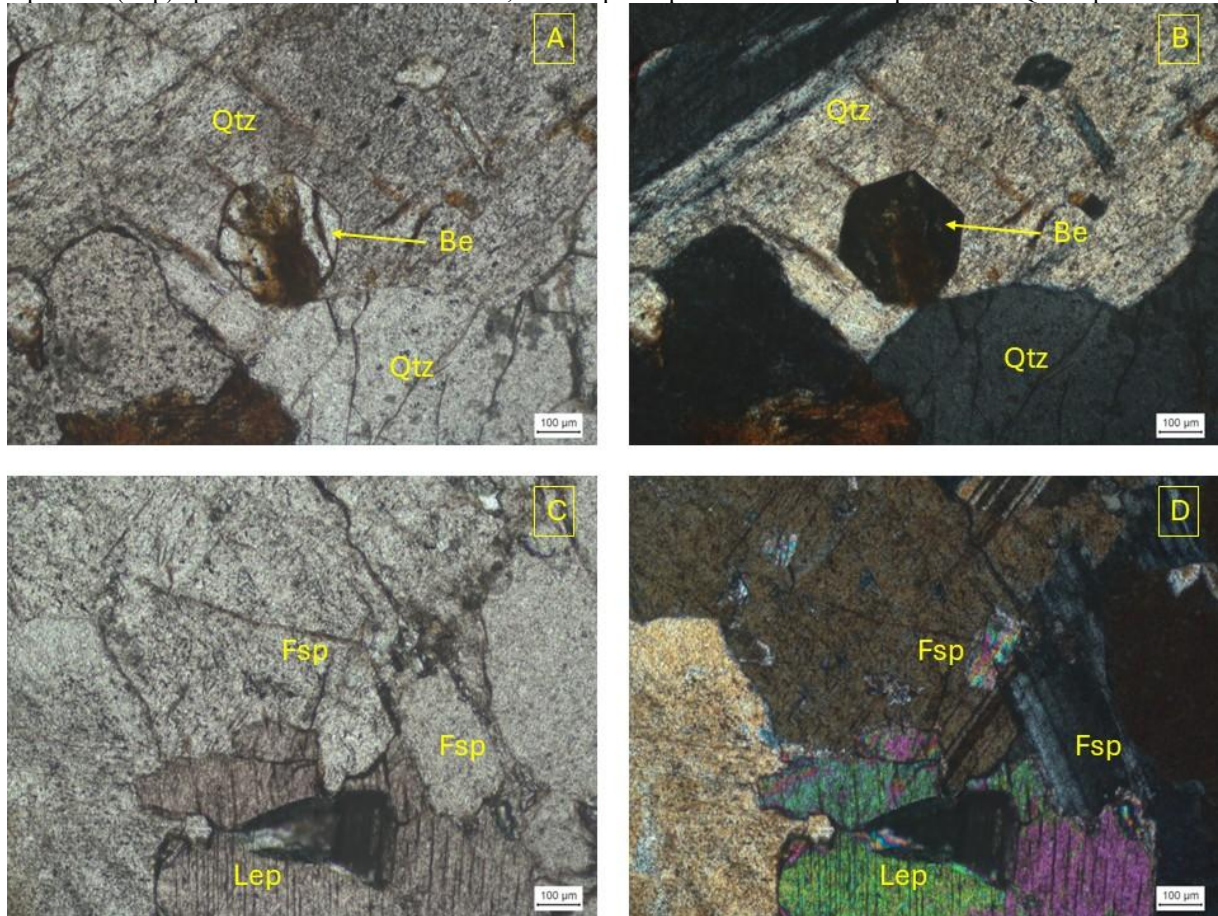
Figura 33 - Amostra usada para confecção da lâmina M11T. Observam-se cristais de turmalina verde (Turm) em agregado de cristais junto a um grande cristal de feldspato potássico (Felds).



Fonte: Elaborado pelo autor

Em lâmina (FIG. 34), essa amostra do pegmatito é holocristalina, granoblástica e muito grossa. Os principais minerais são feldspato (dominante), lepidolita, quartzo e amblygonita. O feldspato mostra maclas polissintéticas bem desenvolvidas, ocorrem como cristais subédricos, sem orientação preferencial, localmente fraturados, sem deformação dúctil significativa. A lepidolita forma lamelas placóides, com forte pleocroísmo em luz plano-paralela e cores de interferência elevadas em polarizadores cruzados. Os grãos de lepidolita ocorrem associados a grãos de quartzo e de feldspatos. A amblygonita ocorre em menor quantidade, mas é identificável por sua birrefringência moderada e hábito anédrico. Também foi identificado um único cristal euédrico de berilo incolor, com cerca de 200 μm de diâmetro (FIG. 34A–B). O berilo apresenta sua típica seção basal hexagonal e fraturas parcialmente preenchidas por óxidos.

Figura 34 - Fotomicrografia da lâmina M11T. A: Detalhe ao cristal de berilo (Be) identificado sob luz plano-paralela. B: Detalhe ao cristal de berilo (Be) sob luz polarizada. C: Detalhe aos cristais de feldspato (Fsp) e lepidolita (Lep) apresentando intercrescimento, sob luz plano paralela e D: sob luz polarizada. Qtz = quartzo.



Fonte: Elaborado pelo autor

A amostra M11 (FIG. 35) foi coletada próxima ao núcleo de quartzo do pegmatito e é composta macroscopicamente por quartzo de granulação muito grossa, mica fina e raros cristais de turmalina verde.

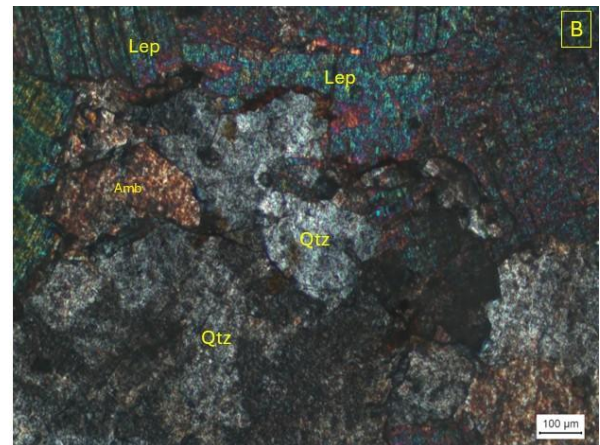
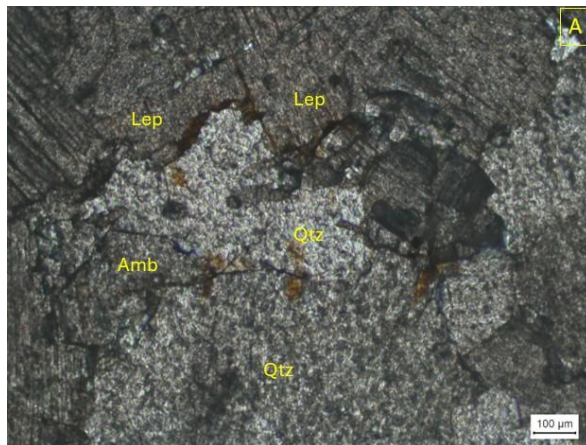
Figura 35 - Amostra selecionada para a confecção da lâmina M11.



Fonte: Elaborado pelo autor

A lâmina M11 apresenta textura holocristalina granoblástica, composta principalmente por quartzo, lepidolita, amblygonita, feldspato e rara biotita (FIG. 36). O quartzo ocorre em agregados granoblásticos inequigranulares, com cristais anédricos a subédricos, contatos irregulares e extinção ondulante fraca, sem evidências de recrystalização dinâmica ou deformação dúctil significativa. A lepidolita forma lamelas finas, com forte pleocroísmo em luz plano-paralela e cores de interferência elevadas em polarizadores cruzados, localmente orientadas, definindo uma foliação incipiente. A amblygonita ocorre como cristais subédricos a anédricos, com fraturas internas frequentes, associada intimamente ao quartzo e à lepidolita. O feldspato, provavelmente plagioclásio, apresenta maclas polissintéticas e extinção ondulante. A biotita se localiza nos contatos entre os cristais maiores de amblygonita, quartzo e lepidolita.

Figura 36 - Fotomicrografia da lâmina M11, com destaque a amblygonita (Amb), lepidolita (Lep) e quartzo (Qtz).



Fonte: Elaborado pelo autor

5 DISCUSSÃO

5.1 ASSOCIAÇÕES MINERAIS E ZONAMENTO INTERNO DOS PEGMATITOS

Os pegmatitos de estudo apresentam uma associação mineral predominante formada por quartzo, feldspato e mica branca, cujas variações dos minerais acessórios possibilitaram agrupá-los em cinco grandes grupos (TAB. 3): i) pegmatitos com com granada; ii) com espodumênio; iii) com turmalina preta; iv) com turmalina preta e pirita; e v) com turmalina verde e lepidolita. Segundo Pedrosa-Soares et al. (2025), tais associações minerais são tipicamente descritas em pegmatitos da família LCT (pegmatitos enriquecidos em Li, Cs e Ta), segundo sistema de classificação de pegmatitos proposto por Černý (1991) e Černý e Ercit (2005).

Tabela 3 - Sumário dos pegmatitos descritos.

Grupo	Toponímia	Pontos	Associações minerais e principais aspectos texturais do zonamento interno
Pegmatito com granada	—	TCC03 e TCC19	Zona intermédia: quartzo, feldspato, mica, granada, apatita e óxidos. Zona de núcleo: múltiplos núcleos de quartzo. Cavidades miarolíticas: berilo (TCC03) e cristais de citrino (TCC19).
Pegmatito com espodumênio	Samambaia, Tesouro, Neves, Severino e do Meio	TCC04, TCC05, TCC06, TCC07 e TCC14	Zona de borda: Textura aplítica com quartzo, mica e pouco feldspato. Zona intermédia: quartzo, feldspatos (albita e feldspato potássico), mica e turmalina preta. Zona com espodumênio: megacristais de espodumênio (até 6 m) e feldspato crescendo perpendicularmente ao núcleo. Zona de núcleo: quartzo maciço.
Pegmatito com turmalina preta	—	TCC09	Zona de borda: mica e quartzo de granulação fina, com crescimento perpendicular ao zonamento, além de pouco feldspato. Zona intermédia: quartzo, feldspato e turmalina preta dispersa. Zona de núcleo: quartzo maciço.
Pegmatito com turmalina preta e pirita	—	TCC10	Zona intermédia: feldspato, quartzo, mica e turmalina preta dispersa. Zona de núcleo: Diversos núcleos de quartzo. Cavidades miarolíticas: localizadas nas adjacências das zonas de núcleo, contendo cristais euédricos de quartzo e de pirita.
Pegmatito com turmalina	—	TCC11	Zona de borda: poucos centímetros de espessura, composta por quartzo, mica (lepidolita), amblygonita e pouco feldspato.

verde e
lepidolita

Zona intermédia: quartzo, feldspato potássico rosa, lepidolita, turmalina verde (até 4 cm), amblygonita, berilo e biotita.

Zona de núcleo: quartzo maciço.

Fonte: Elaborado pelo autor

As zonas ricas em espodumênio associado a feldspato, principalmente ao redor dos núcleos de quartzo, sinalizam os estágios iniciais da cristalização, quando a atividade de lítio favorece a cristalização dos silicatos litiníferos (Černý, 1991). Essa paragênese evolui para uma mineralogia mais diversa em corpos de estágio mais avançados de cristalização, com a presença de lepidolita e de fosfatos, como a amblygonita (London, 2008). Desse modo, entende-se que os corpos mais distantes das supersuítas graníticas G2 e G4, que dão origem aos fluidos pegmatíticos, são mais diferenciados (*e.g.* os pegmatitos dos pontos TCC03 e TCC11), enquanto os pegmatitos a até 2 km das supersuítas são menos evoluídos e ricos em espodumênio (Pedrosa-Soares *et al.*, 2025), como os pegmatitos Samambaia (TCC04), Tesouro (TCC05), Neves (TCC06), Severino (TCC07) e do Meio (TCC14).

5.2 CONTEXTO GEOLÓGICO E ROCHAS ENCAIXANTES DOS PEGMATITOS

Os pegmatitos estudados neste trabalho estão encaixados, quase exclusivamente, em rochas metassedimentares das Formações Salinas ou Ribeirão da Folha, sempre a poucos quilômetros de corpos graníticos da supersuíte G4. De acordo com Pedrosa-Soares *et al.* (2025), a faixa de distância entre 1 e 5 km das suítas graníticas do tipo S concentra as características ideais para a cristalização dos pegmatitos do tipo LCT. A projeção do fluido parental a essa distância, em conjunto com a rocha encaixante da fácies anfibolito, garante um ambiente ideal para a diferenciação magmática necessária ao enriquecimento de elementos raros nos pegmatitos (Pedrosa-Soares *et al.*, 2025).

As rochas encaixantes trazem uma história de metamorfismo dúctil que precede a intrusão dos pegmatitos, evidenciada pela foliação penetrativa, marcada pela orientação dos minerais micáceos (biotita e muscovita) e pelas microestruturas do quartzo (extinção ondulante, junção tríplice e agregados granoblásticos). Estas microestruturas presentes nos xistos da Formação Salinas e da Formação Ribeirão da Folha são reflexo das deformações intracristalinas típicas de regimes dúcteis de baixo a médio grau metamórfico, como o esperado para a região no contexto da Orogênese Araçuaí (Castro, 2019). As junções tríplices nos cristais de quartzo, formando ângulos de aproximadamente 120°, e a extinção ondulante presente nas lâminas de

xisto indicam reequilíbrio textural (*annealing*) após deformação dúctil, compatíveis com condições metamórficas progressivas do sistema (Passchier e Trouw, 2005).

A presença de cordierita no mica-biotita-epidoto xisto Salinas indica condições de baixa pressão e alta temperatura, limitadas a 2,5–3,8 kbar e 450–500 °C, segundo dados de geotermobarometria de xistos com cordierita-biotita-(andalusita) no DPA (Pedrosa-Soares *et al.*, 2025). A ocorrência de cordierita próxima aos pegmatitos Samambaia (TCC04) e do Meio (TCC14) revela metamorfismo térmico decorrente das intrusões da supersuíte G4 (Pedrosa-Soares *et al.*, 2001; Paes *et al.*, 2010). A presença de cordierita nos xistos é especialmente observada próxima ao Granito Teixerinha (Paes *et al.*, 2010), que compõe a porção leste da área de estudo. O sistema pegmatítico pode ainda ser responsável pela circulação tardia de fluidos que, ao interagirem com porções mais calciossilicatadas da Formação Salinas (Paes *et al.*, 2010; Pedrosa-Soares *et al.*, 2001) levaram ao processo de metassomatose cálcica, com a cristalização expressiva de epidoto (Stowell *et al.*, 1996), conforme observado nos xistos próximos ao pegmatito Samambaia (TCC04, lâminas M04 e M04X) e ao pegmatito do Meio (ponto TCC14, lâmina M14CT).

5.3 RELAÇÕES DE CONTATO E CONTROLES ESTRUTURAIS DA INTRUSÃO PEGMATÍTICA

Os contatos entre os pegmatitos e as rochas encaixantes variam de abruptos a transicionais, com relações geométricas concordantes, subconcordantes ou discordantes em relação à foliação principal. Os contatos abruptos são caracterizados, microscopicamente, por um forte contraste granulométrico e microtextural, concentrado apenas na rocha encaixante (FIG. 13).

Os contatos transicionais exibem intercalações paralelas entre as litologias e mudanças graduais microtexturais (FIG. 13). Além disso, observa-se que o corpo pegmatítico pode dobrar a foliação original do xisto, gerando estruturas dômicas ou assimilando fragmentos da rocha encaixante na forma de xenólitos, como evidenciado nos pontos TCC10, TCC14 (pegmatito do Meio) e TCC19.

Assim, esses diversos tipos de contato observados em algumas situações até ao longo do mesmo corpo (*i.e.*, pegmatito do Meio, ponto TCC14) indicam uma variação na competência mecânica das rochas hospedeiras durante a intrusão magmática (Paes *et al.*, 2010; Pedrosa-Soares *et al.*, 2011, 2025). Enquanto encaixantes frias e rígidas, características do estágio pós-colisional, propiciam contatos nítidos, rochas sob maior plasticidade térmica e química desenvolvem contatos transicionais e halos de alteração com evidências de interações físico-

químicas de fluidos saturados (London, 2008; Paes *et al.*, 2010; Pedrosa-Soares *et al.*, 2011, 2025; Errandonea-Martin *et al.*, 2022).

Os resultados indicam que os pegmatitos foram colocados em um sistema estrutural e térmico dinâmico, no qual a interação entre magma, fluidos e rochas encaixantes desempenhou papel fundamental na geometria e na evolução dos corpos (Pedrosa-Soares *et al.*, 2015).

5.4 EVOLUÇÃO MAGMÁTICA E DIFERENCIAÇÃO DOS PEGMATITOS

A variação composicional observada entre os pegmatitos estudados pode estar relacionada à distância em relação às supersuítas graníticas G2 e G4, consideradas as fontes principais dos fluidos pegmatíticos (Pedrosa-Soares *et al.*, 2015).

Corpos localizados a maiores distâncias dessas supersuítas, como os pegmatitos dos pontos TCC03 e TCC11, apresentam maior grau de diferenciação magmática, que concentra progressivamente elementos incompatíveis (Li, Cs, Ta, Be, Rb) e voláteis (B, F, H₂O) no *melt* residual (Madureira *et al.*, 2025). Berilo e lepidolita são descritos nos pegmatitos dos pontos TCC03 e TCC11, respectivamente. A formação destes minerais pode refletir o estágio avançado da evolução magmática do sistema pegmatítico na DPA (*e.g.*, Sá, 1977; London, 2011; Madureira *et al.*, 2025). O berilo é o principal mineral portador de Be, enquanto a lepidolita é uma mica litínífera rica em F e Cs. Ambos os minerais se formam a partir da concentração de elementos que não são incorporados à estrutura dos granitos parentais (*e.g.*, Černý *et al.*, 2005; Madureira *et al.*, 2025; Pedrosa-Soares *et al.*, 2025).

Em contrapartida, os pegmatitos situados a até 2 km das intrusões graníticas são menos evoluídos e caracterizados pela abundância de espodumênio na área de estudo e regionalmente (Pedrosa-Soares *et al.*, 2025), como os pegmatitos Samambaia, Tesouro, Neves, Severino e do Meio (TAB. 3).

5.5 TIPOLOGIA DOS PEGMATITOS E MINERAIS HOSPEDEIROS DE LÍTIO

De modo geral, os dados obtidos e analisados neste trabalho corroboram com as classificações de pegmatitos locais (*i.e.*, Sá, 1977), clássicas (*i.e.*, Černý, 1991) e recentes (*i.e.*, Wise *et al.*, 2022; Pedrosa-Soares *et al.*, 2025). A classificação adotada (TAB. 3) utiliza a composição mineralógica e zonamento interno dos pegmatitos como principais critérios de classificação, e permitem interpretar a gênese e evolução dos corpos pegmatíticos.

Os pegmatitos com granada, descritos nos pontos TCC03 e TCC19, podem ser classificados como Grupo 3, baseado em Wise *et al.* (2022), que reúne os pegmatitos fortemente peraluminosos. Nesses pegmatitos, a granada ocorre como mineral acessório comum, em

associação com quartzo e feldspatos. A presença de berilo em cavidades miarolíticas no pegmatito do ponto TCC03 permite sua correlação com pegmatitos do tipo berilo, representativos de estágios intermediários de fracionamento magmático, conforme descrito por Černý (1991). Em escala regional, a ocorrência de granada é recorrente em pegmatitos derivados de granitos peraluminosos da supersuíte G4 (Pedrosa-Soares *et al.*, 2025).

Os pegmatitos ricos em espodumênio (Samambaia, Tesouro, Neves e Lavra do Meio) equivalem ao pegmatito com microclíneo-quartzo-espodumênio-albita-muscovita de Sá (1977) e do Grupo 1 de Wise *et al.* (2022). Considerando a abordagem voltada à exploração mineral de Pedrosa-Soares *et al.* (2025), estes pegmatitos são majoritariamente classificados como pegmatitos ricos em espodumênio (*spodumene-rich pegmatite*, SRP). Somente o pegmatito do Meio é classificado como pegmatito com espodumênio-petalita (*spodumene-petalite pegmatites*, SPP), segundo classificação de Pedrosa-Soares *et al.* (2025). A presença de espodumênio-petalita foi confirmada a partir de análises de DRX realizada neste trabalho.

Os pegmatitos com turmalina preta (ponto TCC09) correspondem ao tipo PTP (*perthite-tourmaline pegmatite*) de Pedrosa-Soares *et al.* (2025), caracterizado por abundância de turmalina e pertita, além da escassez de minerais de lítio na fase principal. A presença de núcleo de quartzo maciço e bordas com crescimento mineral perpendicular ao zonamento, é compatível com as descrições dos pegmatitos Água Santa e Areião no DPA (Pedrosa-Soares *et al.*, 2025). No caso do pegmatito com turmalina preta e pirita (ponto TCC10), a associação entre turmalina preta e pirita, bem como a ocorrência de cavidades miarolíticas com cristais euédricos de quartzo, sugerem a ocorrência de estágios hidrotermais ou metassomáticos tardios (Pedrosa-Soares *et al.*, 2025). Essas características são descritas nos pegmatitos SRP e PSP (*perthite-spodumene pegmatite*, PSP), nos quais os sulfetos ocorrem como fases acessórias (Pedrosa-Soares *et al.*, 2025).

Por fim, o pegmatito com turmalina verde e lepidolita (ponto TCC11) corresponde aos corpos albita-turmalina (ATP, *albite-tourmaline pegmatite*) ou a pegmatitos LCT complexos, conforme Pedrosa-Soares *et al.* (2025), e enquadra-se no Grupo 1 de Wise *et al.* (2022), no qual a lepidolita e a turmalina atuam como principais fases hospedeiras de lítio.

6 CONCLUSÕES

A descrição macro e microscópica das amostras e das lâminas delgadas demonstrou-se importante e eficaz para a caracterização das rochas encaixantes, pegmatitos e suas relações de contato, no escopo do DPA. A correlação entre associações minerais, aspectos texturais e relações de contato permitiu traçar caminhos para compreender os processos de gênese e evolução dos corpos pegmatíticos de estudo.

A distribuição espacial dos pegmatitos estudados, junto com sua estruturação espacial indicam fluidos extremamente diferenciados, derivados das grandes suítes graníticas presentes na área. Esse grande volume de fluidos, ao passar pelo extenso processo de evolução, permitiu a cristalização da mineralogia típica de corpos do tipo LCT, com associações dominadas por quartzo, feldspato e micas, além de minerais portadores de lítio como espodumênio, lepidolita e amblygonita.

As rochas metassedimentares das Formações Salinas e Ribeirão da Folha registram história de metamorfismo precedente à intrusão dos pegmatitos, mas localmente destacam a grande importância desses corpos ígneos em sua estruturação. Os porfiroblastos de cordierita atuam como um geotermobarômetro natural, indicando que o ambiente foi a janela térmica e bária ideal para a estabilidade do espodumênio e outros minerais ricos em lítio, manifestando a grande quantidade de pegmatitos LCT ao redor das Suítes G2 e G4 da região. O epidoto destaca o papel de fluidos hidrotermais tardios atuando no sistema de rocha encaixante e pegmatito, com metassomatose acontecendo ativamente.

De forma integrada, os resultados obtidos permitem entender um modelo genético no qual os pegmatitos do DPA se formaram a partir da diferenciação avançada de magmas graníticos peraluminosos gerados durante os estágios tardios da evolução do Orógeno Araçuai, intrudindo rochas encaixantes previamente deformadas e metamorfisadas. Os corpos pegmatíticos exercem ampla interação com as rochas encaixantes, através da liberação de fluidos hidrotermais.

Este estudo demonstra que a caracterização petrográfica detalhada constitui uma ferramenta fundamental para a compreensão da gênese e evolução de pegmatitos, contribuindo para o conhecimento geológico regional e fornecendo subsídios importantes para futuras investigações de caráter geoquímico, geocronológico, estrutural e metalogenético, bem como para atividades de prospecção mineral de forma mais fundamentada.

7 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- ALKMIM, F. F.; MARSHAK, S.; PEDROSA-SOARES, A. C.; PERES, G. G.; CRUZ, S. C. P.; WHITTINGTON, A. *Kinematic evolution of the Araçuaí–West Congo orogen in Brazil and Africa: Nutcracker tectonics during the Neoproterozoic assembly of Gondwana*. **Precambrian Research**, v. 149, p. 43–64, 2006.
- ANDERSON, J. A.; JACKSON, S. E.; CARTER, C. S. *Optical Mineralogy: Principles and Practice*. **Cambridge: Cambridge University Press**, 1998.
- BASTOS NETO, A. C.; PEREIRA, V. P.; DILL, H. G.; BOTELHO, N. F. *The diversity of rare-metal pegmatites associated with albite-enriched granite in the world-class Madeira Sn-Nb-Ta-cryolite deposit, Amazonas, Brazil: a complex magmatic-hydrothermal transition*. **Minerals**, v. 15, n. 6, p. 559, 2025.
- BRADLEY, M.; MCCAULEY, J.; STILLINGS, L. M. *Mineral-Deposit Model for Lithium-Cesium-Tantalum Pegmatites*. **U.S. Geological Survey**. Scientific Investigations Report 2010–5070, 2016.
- BRADLEY, D. C.; SHEA, E. L.; BUCHWALDT, R.; MCCAULEY, A. *Geochronology and tectonic context of lithium–cesium–tantalum pegmatites in the Appalachians*. **Canadian Mineralogist**, v. 54, n. 4, p. 945–970, 2016.
- CAMERON, E. N.; JAHNS, R. H.; MCNAIR, A. H.; PAGE, L. R. *Internal structure of granitic pegmatites*. **New Haven: Economic Geology Publishing Company**, 1949. (Economic Geology Monograph, n. 2).
- CASTRO, M. P. de. et al. *Provenance shift through time in superposed basins: From Early Cryogenian glaciomarine to Late Ediacaran orogenic sedimentations (Araçuaí Orogen, SE Brazil)*. **Gondwana Research**, v. 87, p. 41–66, 2020
- CASTRO, M. P. de. *Evolução do Grupo Macaúbas e Formação Salinas no Orógeno Araçuaí Central, MG*. 2019. 180 f. Tese (Doutorado em Evolução Crustal e Recursos Naturais) – **Departamento de Geologia, Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto**, Ouro Preto, 2019.
- CAVALCANTE, G. A.; SILVA, F. L.; VENTURA, M. R. *Tectonic evolution of the Araçuaí Orogen, Brazil: implications for the Brasiliano-Pan-African orogeny*. **Precambrian Research**, v. 139, p. 117–139, 2019.
- ČERNÝ, P. *The classification of granitic pegmatites: 3. The pegmatites of the Araçuaí region, Brazil*. **Geological Society of America Bulletin**, v. 93, p. 1456–1464, 1982.
- ČERNÝ, P. *Rare-element Granitic Pegmatites. Part I: Anatomy and Internal Evolution of Pegmatite Deposits*. **Geoscience Canada**, 18(2), 49–67, 1991.
- ČERNÝ, P.; ERCIT, T. S. *The classification of granitic pegmatites revisited*. **The Canadian Mineralogist**, v. 43, n. 6, p. 2005–2026, 2005.
- CORREIA NEVES, M. F.; PEDROSA-SOARES, A. C.; PAES, D. R.; BARBOSA, P. R.; RIBEIRO, D. M. *Pegmatitos e minerais associados em pegmatitos do Distrito Pegmatítico de Araçuaí: Reavaliação das ocorrências de lítio*. **Geonomos**, v. 11, n. 3, p. 93–111, 1986.

CPRM — SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. *Mapa Geológico do Estado de Minas Gerais*. **Belo Horizonte: CPRM, 2020**. 1 mapa geológico colorido; escala 1:1.000.000.

CRAIG, J. R.; VAUGHAN, D. J. *Ore Microscopy and Ore Petrography*. **New York: John Wiley & Sons, 1981**.

CUNHA, I. de A.; ALMEIDA, R. C. de; BROD, E. R.; SANTOS, N. P. de S.; CABRAL NETO, I.; QUEIROZ, L. C.; SILVA, G. F. da; SILVA, A. D. R. da; GAIA, S. M. de S. (comp.). *An overview of critical and strategic minerals potential of Brazil: 2025 edition*. **Brasília: Geological Survey of Brazil, 2025**.

DILL, H. G. *Pegmatites and aplites: Their genetic and applied ore geology*. **Ore Geology Reviews**, v. 69, p. 417-561, 2015.

ERRANDONEA-MARTIN, J. et al. Metamorphic and metasomatic evolution of the country rocks to the Li-bearing pegmatites from the Fregasina area (Portugal): Constraints on the pegmatite emplacement. **Ore Geology Reviews**, v. 150, 105155, 2022.

FERREIRA, M. S. F.; FONSECA, M. A.; PIRES, F. R. M. Pegmatitos mineralizados em água-marinha e topázio do Ponto do Marambaia, Minas Gerais: tipologia e relações com o Granito Caladão. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 35, n. 4, p. 463-473, 2005.

GOOGLE. Google Earth. Versão 7.3.3. [S.l.]: Google, 2021. Disponível em: <https://earth.google.com>. Acesso em: 26 jan. 2026.

JOWITT, Simon M.; McNULTY, Brian A. Battery and energy metals: Future drivers of the minerals industry? **SEG Discovery**, n. 127, p. 11–18, 2021.

KESLER, Stephen E.; GRUBER, Paul W.; MEDINA, Pablo A.; KEOLEIAN, Gregory A.; EVERSON, Mark P.; WALLINGTON, Timothy J. Global lithium resources: Relative importance of pegmatite, brine and other deposits. **Ore Geology Reviews**, v. 48, p. 55–69, out. 2012.

LIMA, A. T.; SANTOS, L. R.; SANTOS, L. M. Formação Salinas e sua relação com os pegmatitos LCT do Orógeno Araçuaí. **Geochimica Brasiliensis**, v. 26, p. 78-87, 2002.

LIMA, P. R. A. S.; PAES, V. J. C.; GOMES, I. P. **Geologia e recursos minerais da Folha Araçuaí, SE.23-X-D-I, Estado de Minas Gerais**. **Belo Horizonte: CPRM, 2020**. 1 mapa: color. Escala 1:100.000. (Programa Geologia do Brasil).

LONDON, D. Pegmatites: From genesis to classification. *Canadian Mineralogist*, v. 46, p. 171-191, 2008.

MADUREIRA, R; QUEIROGA, G; MATA, T da; SCHOLZ, R. Pegmatitos: evolução dos conceitos e sistemas de classificação: Pegmatites: evolution of concepts and classification systems. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 11, n. 1, p. 1004–1018, 2025.

MÜLLER, A.; SIMMONS, W. B.; BEURLIN, H.; THOMAS, R.; IHLEN, P. M.; RODA-ROBLES, E.; NEIVA, A. M. R.; ZAGORSKY, V. *A Proposed New Mineralogical Classification System for Granitic Pegmatites*. *The Canadian Mineralogist*, v. 60, p. 203-227, 2022.

MORAES FILHO, João Cardoso. *Novo Cruzeiro: folha SE.24-V-C-I: estado de Minas Gerais*. Belo Horizonte: CPRM, 1997. 46 p. **Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - PLGB**. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/8429>. Acesso em: 9 fev. 2026.

NESSE, William D. *Introduction to Optical Mineralogy*. 4. ed. New York: **Oxford University Press**, 2012.

PAES, V. J. de C. *et al.* (org.). *Avaliação do potencial do lítio no Brasil: área do Médio Rio Jequitinhonha, nordeste de Minas Gerais*. Belo Horizonte: **CPRM**, 2016. 273 p. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/17451>. Acesso em: 3 fev. 2026.

PAES, V. J. de C. *et al.* *Projeto Jequitinhonha: estados de Minas Gerais e Bahia: geologia e recursos minerais das folhas Comercinho, Jequitinhonha, Almenara, Itaobim, Joáima e Rio do Prado*. Belo Horizonte: CPRM, 2010. Escala 1:100.000. **Programa Geologia do Brasil - PGB**. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/11133>. Acesso em: 3 fev. 2026.

PASSCHIER, C. W., TROUW, R. A. J. *Microtectonics*. **Springer Science & Business Media**. 2005.

PEDROSA-SOARES, A.C.; NOCE, C.M.; WIEDEMANN, C.M.; PINTO, C.P. The Araçuaí–West Congo orogen in Brazil: An overview of a confined orogen formed during Gondwanland assembly. **Precambrian Research**, v. 110: 307-323, 2001.

PEDROSA-SOARES, A.C., De CAMPOS, C., NOCE, C.M., SILVA, L.C., NOVO, T., RONCATO, J., MEDEIROS, S., CASTAÑEDA, C., QUEIROGA, G., DANTAS, E., DUSSIN, I., ALKMIM, F.F. Late Neoproterozoic-Cambrian granitic magmatism in the Araçuaí orogen (Brazil), the Eastern Brazilian Pegmatite Province and related mineral resources. **Geological Society**, London, Special Publications 2011; v. 350; p. 25-51, 2011.

PEDROSA-SOARES, A. C. *et al.* ORÓGENO ARAÇUAÍ: SÍNTESE DO CONHECIMENTO 30 ANOS APÓS ALMEIDA 1977. **Geonomos**, v. 15, n. 1, p. 1-16, 2007.

PEDROSA-SOARES, A. C. *et al.* 2024. A review and new discoveries of spodumene-rich pegmatites (SRP). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE EXPLORAÇÃO MINERAL, 11., 2024, Ouro Preto. Anais [...]. São Paulo: ADIMB, 2024.

PEDROSA-SOARES, A. C. *et al.* Lithium in the Eastern Brazilian Pegmatite Province: A Synthesis Highlighting Spodumene-Rich Deposits. **Economic Geology**, p. 1-39, 2025.

RINDLEY, G. W.; BROWN, G. *Crystal structures of clay minerals and their X-ray identification*. London: Mineralogical Society, 1980. 495 p.

SÁ, J. H. da S. *Pegmatitos litiníferos da região de Itinga-Araçuaí, Minas Gerais*. 112 f. **Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo**, São Paulo, 1977

SANTOS, R. F. dos; ALKMIM, F. F. de; SOARES, A. C. P. *A Formação Salinas, Orógeno Araçuaí (MG): história deformacional e significado tectônico*. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 39, n. 1, p. 81-100, mar. 2009. Disponível em: <https://www.repositorio.ufop.br/items/753c45d8-9e93-4687-a0a8-fcb80b91970c>

SCHULZE, S. M. B. The gemstone deposits of Brazil: occurrences, production and economic impact. **Gems & Gemology**, 2016.

SILVA, D.; GROAT, L.; MARTINS, T.; LINNEN, R. Structural controls on the origin and emplacement of lithium-bearing pegmatites. **The Canadian Journal of Mineralogy and Petrology**, v. 61, n. 6, p. 1053–1062, 2023.

SILVA, G. F.; CORREA, R. T.; ALMEIDA, R. C. Enhancing lithium exploration in the Borborema Province, Northeast Brazil: Integrating airborne geophysics, low-density geochemistry, and machine learning algorithms. **Journal of Geochemical Exploration**, v. 278, 107861, 2025.

SIMPSON, S. P.; WEBBER, A. W. Geochemistry of pegmatites in the Araçuaí Orogen, Eastern Brazil. **Geological Journal**, v. 40, p. 289–304, 2008.

SOUZA, M. E. S.; MARTINS, M.; QUEIROGA, G.; PEDROSA-SOARES, A.; DUSSIN, I.; CASTRO, M. P. de; SERRANO, P. Time and isotopic constraints for Early Tonian basaltic magmatism in a large igneous province of the São Francisco–Congo paleocontinent (Macaúbas Basin, Southeast Brazil). **Precambrian Research**, v. 373, p. 106621, 2022.

STOWELL, H. H.; MENARD, T.; RIDGWAY, C. K. Ca-metasomatism and chemical zonation of garnet in contact-metamorphic aureoles, Juneau gold belt, southeastern Alaska. **The Canadian Mineralogist**, v. 34, p. 1195–1209, 1996.