



Geoquímica de Feldspato, Mica, Berilo e Turmalina e Geocronologia U-Pb em Monazita dos Pegmatitos Fazenda Concórdia e São Domingos - Espírito Santo, Brasil
Feldspar, Mica, Beryl and Tourmaline Geochemistry and U-Pb Geochronology in a Monazite from Fazenda Concórdia and São Domingos Pegmatites - Espírito Santo, Brazil

Flávia Compassi da Costa¹, Ricardo Scholz¹,
Rodson de Abreu Marques², Gláucia Nascimento Queiroga¹ & Marco Paulo de Castro¹

¹Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP, Escola de Minas, Departamento de Geologia, Programa de Pós-graduação em Evolução Crustal e Recursos Naturais, Campus Universitário Morro do Cruzeiro, 35400-000, Ouro Preto, MG, Brasil

²Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Exatas, Naturais e da Saúde, Departamento de Geologia, 29500-000, Alegre, Espírito Santo, ES, Brasil

E-mails: flavia.compassi@gmail.com; r_scholz_br@yahoo.com;

rodson.marques@ufes.br; glauciaqueiroga@yahoo.com.br; marco_pcastro@yahoo.com

Recebido em: 05/09/2019 Aprovado em: 20/02/2020

DOI: http://doi.org/10.11137/2020_3_1_22

Resumo

Os pegmatitos Fazenda Concórdia e São Domingos, inseridos no contexto geotectônico do limite entre as faixas Ribeira e Araçuaí, dentro da Província Pegmatítica Oriental do Brasil, estão localizados, respectivamente, nos municípios de Mimoso do Sul e de Muqui – sul do Espírito Santo. O objetivo principal deste trabalho é estudá-los, a partir de aspectos geoquímicos, a fim de caracterizar a evolução desses corpos. As técnicas analíticas empregadas foram: microsonda eletrônica (para a composição química dos feldspatos, micas, berilos e turmalina); LA-Q-ICP-MS (para a caracterização dos elementos traços dos minerais citados); e LA-SF-ICP-MS (para a obtenção das idades pela razão U-Pb, em grãos de monazita). Ambos os pegmatitos apresentam zoneamento simples e contêm quartzo, feldspato e mica, porém o pegmatito Fazenda Concórdia possui também turmalina, berilo e topázio. Em relação à geoquímica, foi possível perceber que esses corpos apresentam um *trend* de evolução em que o pegmatito São Domingos é menos diferenciado que o pegmatito Fazenda Concórdia. Quando comparados aos pegmatitos do Campo Marilac (Distrito Pegmatítico de Governador Valadares), onde ocorrem pegmatitos simples a complexos, os pegmatitos Fazenda Concórdia e São Domingos não apresentam um grau de evolução elevado/complexo. A monazita do pegmatito São Domingos apresenta a mesma idade da rocha encaixante (Grupo Bom Jesus do Itabapoana), sendo assim produto da fusão das rochas desse grupo.

Palavras-chave: Pegmatito; Espírito Santo; Mimoso do Sul; Muqui; Geoquímica

Abstract

The Fazenda Concórdia and São Domingos pegmatites, inserted in the geotectonic context of the boundary between the Ribeira and Araçuaí belts, within the Eastern Pegmatitic Province of Brazil, are located, respectively, in the Mimoso do Sul and Muqui municipalities – southern Espírito Santo. The main objective of this work is to study them, through geochemical aspects, to characterize the evolution of these bodies. The analytical techniques employed were: electron microprobe (for the chemical composition of feldspars, micas, beryls and tourmaline); LA-Q-ICP-MS (for the characterization of trace elements of the mentioned minerals); and LA-SF-ICP-MS (to obtain ages by the U-Pb ratio in monazite grains). Both pegmatites present a simple zoning and contain quartz, feldspar and mica, however Fazenda Concórdia pegmatite has also tourmaline, beryl and topaz. About geochemistry, it was possible to notice that these bodies show an evolution trend in which São Domingos pegmatite is less differentiated than Fazenda Concórdia pegmatite. When compared to Campo Marilac pegmatites (Governador Valadares Pegmatitic District), where simple to complex pegmatites are found, the Fazenda Concórdia and São Domingos pegmatites don't show a high degree of evolution/complexity. The São Domingos pegmatite monazite is as old as the country rock (Bom Jesus do Itabapoana Group), being, therefore, the product of this group rock fusion.

Keywords: Pegmatite; Espírito Santo; Mimoso do Sul; Muqui; Geochemistry

1 Introdução

O Brasil é uma importante fonte mundial de metais raros – como berílio, lítio e tântalo – que são explorados principalmente a partir de pegmatitos associados a intrusões graníticas da Província Pegmatítica Oriental do Brasil (PPOB; Paiva, 1946; Correia Neves *et al.*, 1986). A PPOB é uma das províncias pegmatíticas mais importantes no mundo, abrangendo uma área com cerca de 800km de extensão por 100 a 150km de largura, que se estende de NNE para SSW ao longo das regiões nordeste de Minas Gerais, sul da Bahia, oeste do Espírito Santo e noroeste do Rio de Janeiro (Correia Neves, 1981, Correia Neves *et al.*, 1986).

Os pegmatitos da Província Pegmatítica Oriental do Brasil são de origem ígnea, com idade Brasileira (650 a 450 Ma) e foram cristalizados a partir de magmas graníticos de origem anatética ou residuais intrusivos, formados por fusão parcial e mobilizados de material félsico (Correia Neves *et al.*, 1986; Bilal *et al.*, 1993, 2000; Pedrosa-Soares *et al.*, 2011).

Apesar de o Espírito Santo possuir um terreno significativo nessa província de grande renome, marcado por inúmeras intrusões graníticas, a literatura geológica referente ao estado apresenta poucos registros de trabalhos sobre pegmatitos. Há apenas relatos históricos e citações em mapeamentos geológicos efetuados pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) na década de 90.

A importância dos pegmatitos está ligada diretamente as concentrações de metais raros que ocorrem durante sua cristalização. Geneticamente, os pegmatitos são originados por dois processos. Um deles é anatético, formado por fusão parcial de rochas, com composição adequada para gerar líquidos silicatados de composição granítica. E o outro processo consiste na lenta cristalização de um líquido silicato enriquecido em elementos como boro, berílio, lítio e outros, correspondendo a cristalização fracionada dos granitos fonte (Castañeda *et al.*, 2001; London, 2008; Pedrosa-Soares *et al.*, 2011).

A relevância do estudo, portanto, consiste em divulgar dados inéditos sobre os pegmatitos Fazenda

Concórdia (FC) e São Domingos (SD), localizados no extremo sul do Estado do Espírito Santo, com ênfase em aspectos mineralógicos e geoquímicos que permitam conhecer a evolução desses corpos.

2 Contexto Geológico

Os pegmatitos estudados encontram-se próximos ao paralelo 21°S, onde ocorre a transição do Orógeno Araçuai para o Orógeno Ribeira (Figura 1). Essa região é marcada pela deflexão da estruturação brasileira que muda da direção NNE, a norte, para NE, a sul (Pedrosa-Soares & Wiedemann-Leonardos, 2000).

O Orógeno Araçuai foi subdividido em quatro estágios geotectônicos (Pedrosa-Soares *et al.*, 2011): pré-colisional (630-585 Ma), sin-colisional (585-560 Ma), tardi-colisional (560-530 Ma) e pós-colisional (530-480 Ma). Este último, o estágio pós-colisional, está relacionado ao clímax do colapso gravitacional do orógeno, onde a subida da astenosfera é constante. As supersuítas G4 (530-500 Ma) e G5 (520-480 Ma) são pós-colisionais e incluem plútons que cortam e perturbam a tendência tectônica regional, bem como corpos concordantes intrusivos ao longo de estruturas de idades distintas (Pedrosa-Soares & Wiedemann-Leonardos, 2000; Campos *et al.*, 2004; Pedrosa-Soares *et al.*, 2001, 2008). Na supersuíte G4 ocorrem inúmeros pegmatitos ricos em turmalina, feldspato industrial e minerais raros. Os plútons G5, particularmente aqueles que se situam na porção norte do orógeno, são fontes de pegmatitos ricos em água-marinha e topázio (Heilbron *et al.*, 2004).

Na Figura 1 constam os limites do Distrito Pegmatítico Espírito Santo de acordo com Pedrosa-Soares *et al.* (2011) – preto tracejado – e Costa (2018) – preto contínuo. A nova área desse distrito foi reconfigurada para abranger os campos pegmatíticos propostos por Benitez *et al.* (2012), onde ocorrem as maiores concentrações de pegmatitos do estado. Esses campos foram denominados campo norte, campo central e campo sul. O campo norte, centralizado na cidade de Pancas, foi um importante produtor de água-marinha e crisoberilo. O campo central inclui as regiões de Aracruz, importante ocorrência de escapolita, e de Santa Tereza, que produz prati-

camente toda andaluzita do mercado brasileiro e de onde também são retirados cristais de água-marinha. No campo sul, próximo à cidade de Mimoso do Sul, há ocorrências de topázio e de água-marinha.

Tanto o pegmatito Fazenda Concórdia, localizado no município de Mimoso do Sul, quanto o pegmatito São Domingos, localizado no município de Muqui, integram o campo sul.

O pegmatito Fazenda Concórdia encontra-se encaixado de forma discordante no diorito do Maciço Mimoso do Sul, que pertence a Suíte Intrusiva Santa Angélica que é uma supersuíte G5. Já o pegmatito São Domingos encontra-se encaixado em rochas paraderivadas do Grupo Bom Jesus do Itabapoana, do Terreno Oriental da Faixa Ribeira (Figura 2). Duarte *et al.* (2012) define as rochas metapelíticas e paragneisses do Grupo Bom Jesus do Itabapoana como sendo uma sequência meta-vulcano-sedimentar formada no Neoproterozoico.

3 Metodologia

As análises químicas e a preparação das amostras foram realizadas nos laboratórios do Departamento de Geologia da Universidade Federal de Ouro Preto (DEGEO/UFOP).

As amostras de feldspato, mica, berilo e turmalina foram coletados em campo e posteriormente foram retirados fragmentos para a confecção das pastilhas. Foram separadas 4 amostras de feldspato e 3 amostras de mica do Pegmatito São Domingos. Para o Pegmatito Fazenda Concórdia foram selecionadas 8 amostras de feldspato, 3 amostras de mica, 4 amostras de berilo e 1 amostra de turmalina, sendo todas coletadas da zona intermediária de seus pegmatitos. As amostras de monazita foram coletadas no pegmatito São Domingos em uma pilha de material, posteriormente foi feita uma coleta manual com auxílio de lupa binocular para a separação dos fragmentos de monazita (Figura 3). Essas amostras foram reunidas em cinco pastilhas de dois centímetros de diâmetro com uma mistura de resina de poliéster/acrílica e endurecedor, ambos da marca *SpeciFix* na proporção de 3:1 em volume.

Para finalizar a confecção das pastilhas, esperou-se de 24 a 48 horas para que as pastilhas fi-

cassem completamente secas e, em seguida, elas foram polidas em uma politriz modelo DP 9 da marca *Panambra* com a utilização de pasta diamantada de 0,25 μm da marca *Buöhler*, de maneira que o centro dos fragmentos ficasse exposto.

Para a realização de imagens por elétrons retroespalhados e análises por Microsonda Eletrônica, as pastilhas foram recobertas com película de 250-300 Å de carbono. Para as análises por LA-ICP-MS foi retirada a cobertura de carbono utilizando-se $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$. Os dados foram tabulados e os gráficos gerados por meio dos programas EXCEL e *PetroGraph*. Os resultados foram comparados com os dados de Gandini (1999) referentes ao Campo Pegmatítico de Marilac, que pertence ao Distrito Pegmatítico de Governador Valadares, por apresentar pegmatitos que variam de zonados simples a complexos. Os dados analíticos completos estão no apêndice de Costa (2018), localizado no link: <http://www.repositorio.ufop.br/handle/123456789/10654>.

Os fragmentos de monazita do pegmatito São Domingos foram imageados para verificar as variações composicionais internas, utilizando-se imageamento por elétrons retroespalhados (BSE - *backscattered electrons*). Foi empregado um microscópio de varredura (MEV) modelo JEOL JSM 6510 voltagem de aceleração de 20 kV. As imagens foram geradas no Laboratório de Microscopia e Microanálises do DEGEO/EM – Laboratório integrante da RMic, Rede de Microscopia e Microanálises de Minas Gerais – FAPEMIG, UFOP.

3.1 Microsonda Eletrônica

Foram realizadas análises em feldspatos dos pegmatitos Fazenda Concórdia e São Domingos (de 7 a 20 pontos por amostra), berilos do pegmatito Fazenda Concórdia (de 8 a 10 pontos por amostra), micas dos pegmatitos Fazenda Concórdia e São Domingos (de 10 a 17 pontos por amostra) e turmalina do pegmatito Fazenda Concórdia (com 20 pontos) por microsonda eletrônica, para caracterização da composição química de elementos maiores e menores. As análises foram realizadas no Laboratório de Microscopia e Microanálises do DEGEO/EM, UFOP, utilizando uma microsonda da marca JEOL,

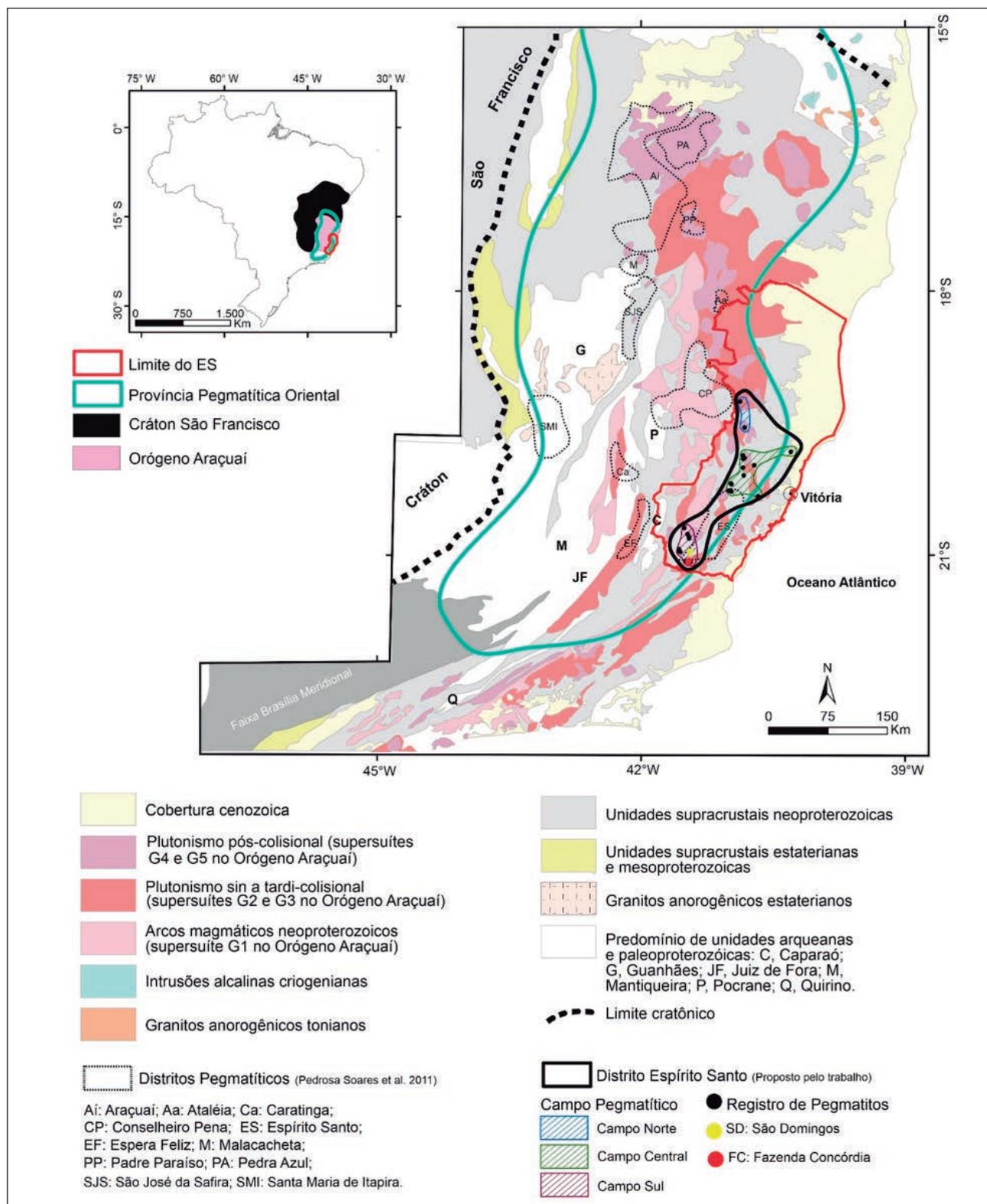


Figura 1 Mapa geológico simplificado do setor da Província Mantiqueira representado pelos Orógenos Araçuai e Ribeira (adaptado de Silva *et al.*, 2011); com a localização da Província Pegmatítica Oriental (reunindo os limites propostos por Paiva, 1946, Putzer, 1976 e Schobbenhaus *et al.*, 1984); dos distritos pegmatíticos (Pedrosa-Soares *et al.*, 2011); do distrito pegmatítico proposto por este trabalho, no estado do Espírito Santo; a localização dos registros de pegmatitos do ES e os pegmatitos estudados: São Domingos e Fazenda Concórdia.

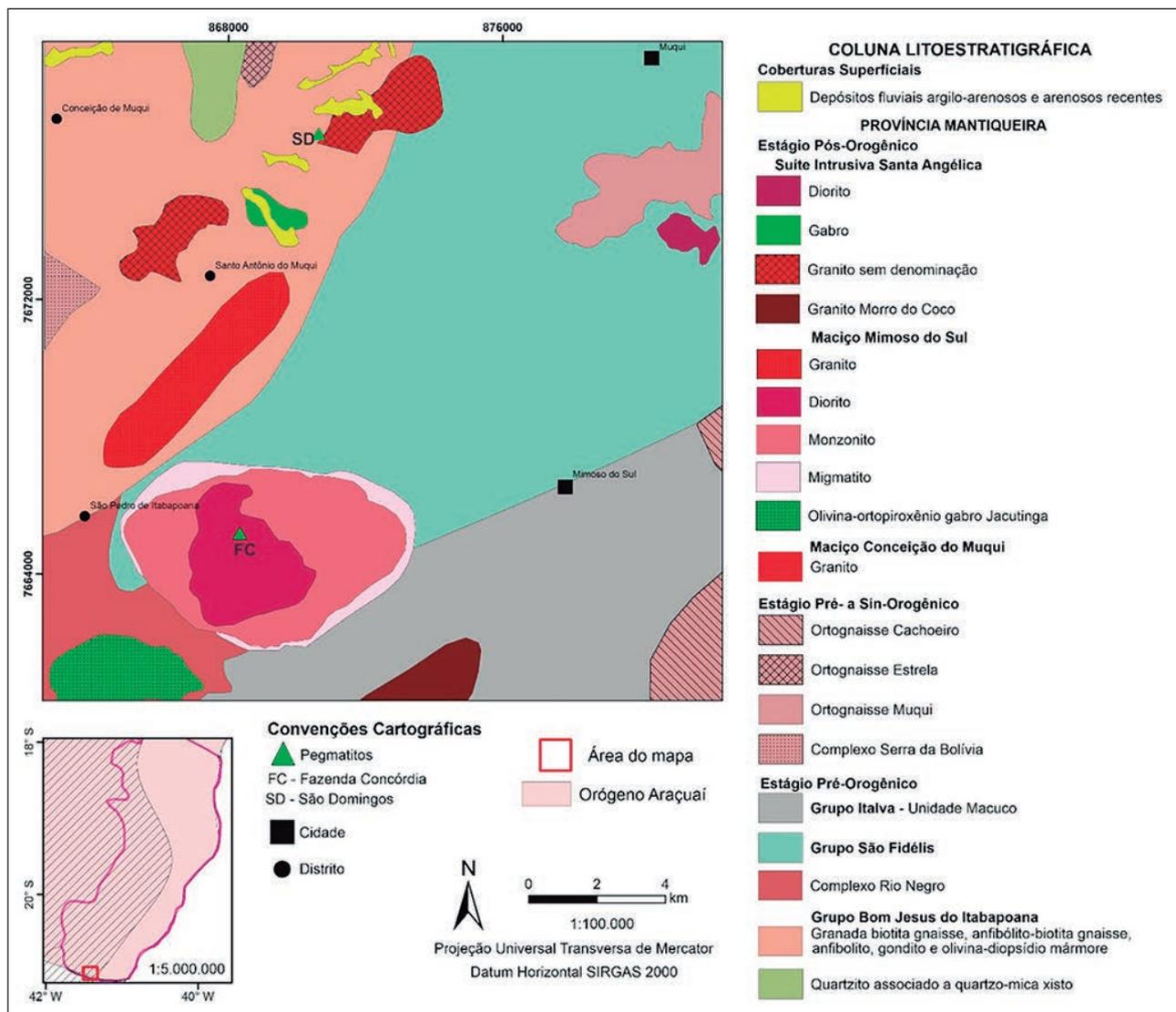


Figura 2 Mapa geológico simplificado da área com os pegmatitos estudados, adaptado de Vieira (2018).

modelo JXA-8230, através de espectrometria por dispersão de comprimento de onda (WDS). As condições analíticas empregadas para as análises de feldspato, berilo, topázio e turmalina foram voltagem de aceleração de 15kV, corrente do feixe de 20 nA e 5 µm de diâmetro do feixe. Para a mica foi utilizada voltagem de aceleração de 15kV, corrente do feixe de 20 nA e 2 µm de diâmetro do feixe.

3.2 LA-Q-ICP-MS

A espectrometria de massa com fonte de plasma indutivamente acoplada do tipo quadrupolo

(LA-Q-ICP-MS) foi utilizada para a determinação dos elementos traço, utilizando-se um sistema customizado *New Wave Research/Merchantek* UP-213 nm, com laser na frequência do quintopolo do tipo Nd:YAG, acoplado a um ICP-MS Agilent 7700x. As análises foram realizadas no Laboratório de Geoquímica Isotópica (LOPAG), UFOP. As concentrações dos elementos foram medidas com base no Si como referência interna, de acordo com médias obtidas para este composto nas análises de microsonda, com uma média de 34% para a turmalina, 45% para as micas, 60% para os feldspatos e 65% para o berilo. Os materiais de referência utilizados foram

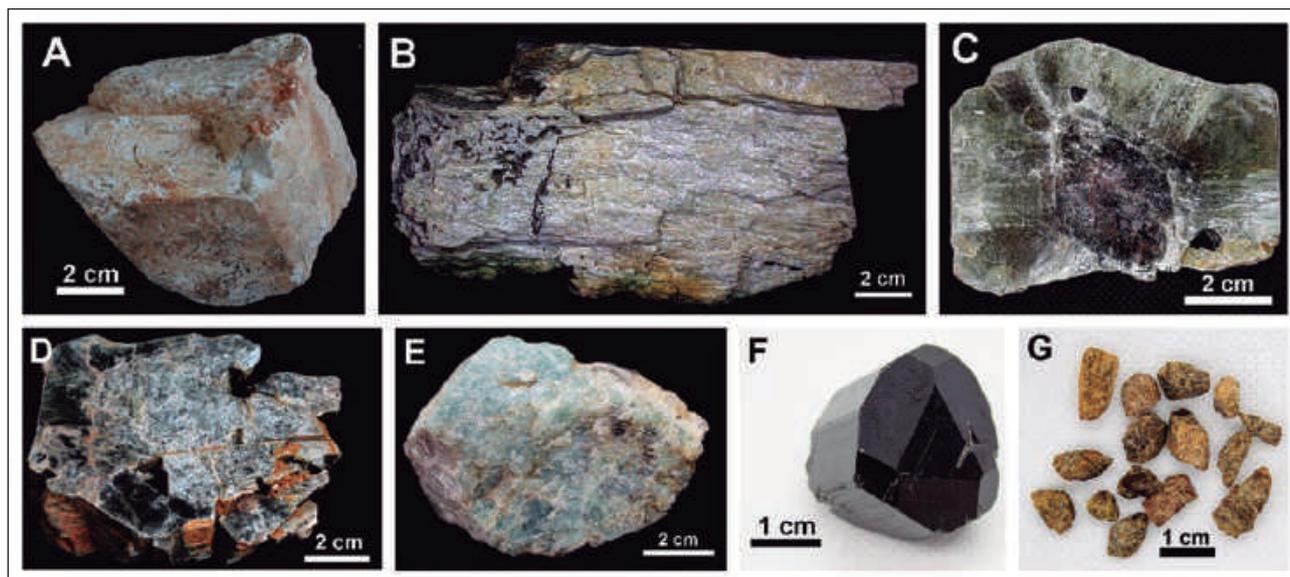


Figura 3: Algumas amostras coletadas em campo dos pegmatitos Fazenda Concórdia (FC) e São Domingos (SD). A: Amostra de feldspato FC-H1. B: Amostra de feldspato SD-A. C: Amostra de mica FC-01 (núcleo) e FC-03 (borda). D: Amostra de mica SD-C2 (núcleo) e SD-C3 (borda). E: Amostra de berilo Be-8. F: Amostra da turmalina. G: Amostras de monazita.

BHVO, BCR, NIST610 e NIST612. Foram analisados 15 pontos na turmalina, 10 pontos em cada amostra de berilo, de 6 a 15 pontos em cada amostra de feldspato e 10 pontos em cada amostra de mica.

3.3 (SF) ICP-MS

Para a obtenção das idades pela razão U-Pb nas monazitas, foi utilizando o Thermo-Finnigan Element II, monocoletor setor campo (SF) ICP-MS, acoplado a um laser CETAC UV Nd:YAG de 213 nm com célula de ablação Helix. Os dados foram adquiridos em modo *peak jumping* usando um *spot size* de 15µm. A datação U-Pb foi realizada no Laboratório de Geoquímica Isotópica (LOPAG) da UFOP. Os materiais de referência utilizados foram Diamantina, Itambé e USGS.

4 Resultados e Discussão

O pegmatito São Domingos encontra-se encaixado em rochas paraderivadas do Grupo Bom Jesus do Itabapoana, em geral granada-biotita gnaiss, de cor cinza, granulação média, bem foliado com porfiroblastos de K-feldspato. A xistosidade dos paragnaisses é milimétrica a centimétrica, em que as bandas félsicas (quartzo-feldspáticas) são de granulação média a grossa. A estruturação do pegmatito ca-

racteriza-se por ser zonado, sendo evidentes a zona de borda ou marginal, com espessura fina, variando entre 5 e 10 centímetros, a zona intermediária de espessura variando de 50 a 300 centímetros e, por fim, o núcleo representado por uma zona descontínua, variando de 100 a 1000 centímetros. Esse pegmatito encontra-se em uma área de mata fechada e não aflora completamente, sendo difícil delimitar sua geometria e espessura.

As características mineralógicas são bastante uniformes em quase toda a extensão do pegmatito exposto. A zona de borda ou marginal é composta essencialmente por quartzo anédrico e incolor a esbranquiçado, feldspato euédrico a subédrico e muscovita de granulação fina. A zona intermediária apresenta-se bem desenvolvida, existindo uma predominância de feldspato potássico de cor branca (Figura 4-A). Basicamente, a mineralogia é constituída por quartzo, muscovita, feldspato potássico (microclina ou ortoclásio) e albita. O núcleo é formado essencialmente por quartzo hialino e leitoso de granulação grossa, com raras ocorrências de muscovita (Figura 4-B). No pegmatito não ocorrem turmalina, berilo e topázio.

O corpo principal do Pegmatito Fazenda Concórdia encontra-se encaixado em diorito do Maciço Mimoso do Sul, distribuído irregularmente em uma

área com aproximadamente 300 metros de extensão e 200 metros de largura e apresenta direção geral NW-SE, com estrutura zonada segundo a classificação de Cameron *et al.* (1949).

A zona de borda ou marginal possui espessura fina, de aproximadamente 8 centímetros, com quartzo, feldspato e muscovita de granulação fina. Nessa região ocorre o contato com a rocha encaixante (Figura 4 C-1). A zona de parede apresenta granulação grossa e mais espessa – em torno de 20 centímetros – contendo quartzo, pertita, muscovita e plagioclásio. Além disso, ocorre intenso intercrescimento gráfico entre microclina e quartzo (Figura 4C-2 e 4C-4) e um aplito, onde se verifica a gradação da granulometria (Figura 4 C-3). A zona intermediária, com espessura de 50 centímetros, é composta por feldspato potássico, albita, quartzo e muscovita. Nessa região são encontrados berilo (água-marinha), topázio incolor e turmalina preta. Uma característica marcante são os grandes cristais de microclina com zonamento (Figura 4 D) e uma área com grande alteração de feldspatos (caulinização) (Figura 4 E). O núcleo é caracterizado por sua forma irregular, descontínua e disposição assimétrica em relação às outras zonas do corpo pegmatítico (Figura 4 F).

A mineralogia essencial do pegmatito Fazenda Concórdia é composta por quartzo, feldspato potássico (microclina ou ortoclásio), albita e muscovita, tendo como acessórios a turmalina preta (schorl), o berilo (água-marinha) e o topázio.

4.1 Geoquímica do Feldspato dos Pegmatitos Fazenda Concórdia e São Domingos

A importância do grupo dos feldspatos está relacionada a sua abundância em rochas ígneas e em pegmatitos simples, além de serem comuns em filões minerais (Deer *et al.* 2000). Eles ocorrem em todas as zonas dos corpos pegmatíticos e junto com as micas fornecem informações sobre variações durante o processo de cristalização do pegmatito (Černý, 2005; Simmons & Webber, 2008).

Foram analisadas 12 amostras de feldspatos dos dois pegmatitos, sendo classificados como plagioclásio ($Ab_{99,9-92,2}$, $An_{7,8-0,1}$) e K-feldspato ($Or_{97,1-$

$74,3}$, $Ab_{25,7-2,9}$). De acordo com o diagrama Or:Ab:An para classificação dos feldspatos proposto por Deer *et al.* (2000), os feldspatos correspondem ao feldspato potássico (ortoclásio ou microclina), plagioclásio rico em potássio, albita e oligoclásio. A maioria dos pontos analisados nessas amostras cristalizaram-se em temperaturas abaixo de 750 °C (Figura 5-A).

Os elementos Na, Ca, K, Rb, Cs, Ga, Ti, Pb, Sr e Ba, entre outros, podem entrar na estrutura cristalina do feldspato. Segundo Correia Neves (1981) K, Rb, Sr, Ba, Cs são interessantes para o estudo de fracionamento ao longo da cristalização do pegmatito. Os teores de Rb e Cs nos feldspatos são utilizados para interpretar a evolução interna dos corpos pegmatíticos, cujos conteúdos aumentam com a evolução do pegmatito.

De acordo com a gráfico Rb x Ba dos feldspatos analisados é possível observar dois grupos principais de feldspatos: um grupo mais enriquecido em Rb e Ba, representados pelos feldspatos H1 e H2 do pegmatito Fazenda Concórdia, e outro grupo com baixos teores de Rb e Ba em relação ao primeiro (Figura 5-B e C).

A relação K (%) x Rb (ppm) projetada no gráfico de Ahrens *et al.* (1952), modificado por Gandini (1999) (Figura 5-D), indica que as amostras do pegmatito Fazenda Concórdia possuem um grau de diferenciação maior que as do pegmatito São Domingos. Apesar de FC-H1 e FC-H2 apresentarem o maior grau de diferenciação dentre todas as amostras analisadas, os feldspatos desses pegmatitos ainda são classificados como pouco diferenciados. A partir dos dados obtidos por Gandini (1999), observa-se que os feldspatos dos pegmatitos estudados demonstram uma correlação com a parte intermediária do Campo pegmatítico de Marilac. A linha contínua aponta o valor médio (razão K/Rb = 230) para diversos tipos litológicos, como por exemplo granitos, diabásios, basaltos, gabros e meteoritos, e as linhas tracejadas os limites de variação dessa relação (130 – 450).

O diagrama K/Rb x Rb (Figura 5-E) mostra uma correlação negativa, em que ocorre um aumento em Rb e uma diminuição na relação K/Rb, devido ao aumento do fracionamento do pegmatito.

O Cs também é um importante elemento para avaliar a evolução dos pegmatitos, pois geralmente substitui o K e tende a aumentar sua concentração à medida que ocorre o fracionamento do pegmatito. A concentração de Cs no pegmatito Fazenda Concórdia varia de 25 a 593 ppm e no pegmatito São Domingos de 5 a 12 ppm, evidenciando que este pegmatito é menos evoluído que o primeiro.

No gráfico K/Rb x Cs (ppm) elaborado por Morteani & Gaupp (1989), foram delimitados campos para classificação dos pegmatitos: pegmatitos à mica (campo A do gráfico), pegmatitos cerâmicos (campo B do gráfico) e pegmatitos a metais raros (campo C do gráfico). Assim, o pegmatito São Domingos está no grupo de pegmatitos cerâmicos e o pegmatito Fazenda Concórdia está próximo dos pegmatitos à metais raros. Quando o pegmatito Fazenda Concórdia é comparado ao Campo de Marilac, este encontra-se na porção inicial a intermediária, sendo que as amostras H1 e H2 estão com valores próximos a fase final do Campo Marilac. Nenhuma das amostras atinge o grau de diferenciação que ocorre no pegmatito de Tanco, que é bastante complexo, contendo Li, Cs, Ta, Sn e Be. No diagrama K/Rb x Cs observa-se uma correlação negativa entre os pegmatitos do estudo, onde ocorre o aumento de Cs nos pegmatitos mais diferenciados. (Figura 5-F).

4.2 Geoquímica das Micas dos Pegmatitos Fazenda Concórdia e São Domingos

As micas ocupam o terceiro lugar em abundância nos corpos pegmatíticos, depois do grupo da sílica e dos feldspatos. Devido a sua estrutura cristalina e a seu largo espectro de cristalização, do começo ao fim da diferenciação dos pegmatitos, as micas são adequadas para analisar não só a evolução interna dos corpos, mas também seu potencial metalogênico (Lopes Nunes, 1973; Černý, 2005; Simmons & Webber, 2008; London 2008). Foram analisados sete cristais de micas referentes aos dois pegmatitos estudados.

O K e Rb são importantes elementos para o estudo geoquímico das micas, normalmente acumulando-se nos estágios mais tardios da cristalização do pegmatito. Segundo Černý & Burt (1984) e Jolliff *et al.* (1987), a relação K/Rb situa-se acima de

60 nos pegmatitos homogêneos. Já nos pegmatitos complexos, que são altamente diferenciados e com grandes corpos de substituição, essa relação está compreendida entre 4 e 22. Para as micas do pegmatito São Domingos, o conteúdo de Rb varia de 1210 a 2778 ppm e a relação K/Rb para a amostra SDB foi de 62 (correspondendo a pegmatito homogêneo), 28 para SD-C2 e 25 para SD-C3. Para as amostras do pegmatito Fazenda Concórdia o conteúdo de Rb varia de 1773 a 2727 ppm e a relação K/Rb foi de 28 para FC-01 e FC-03 e de 42 para FCI. Nenhuma das amostras projetou-se no campo correspondente aos pegmatitos complexos, mas indicaram que o pegmatito Fazenda Concórdia e o São Domingos representam uma fase intermediária entre os pegmatitos homogêneos e os complexos.

O gráfico K (%) e o Rb (ppm) proposto por Ahrens *et al.* (1952) e modificado por Taylor *et al.* (1956), demonstra que as micas dos pegmatitos Fazenda Concórdia e São Domingos ocupam uma posição intermediária em relação ao Campo de Marilac. Nesse gráfico a linha contínua indica o valor médio que a razão K/Rb apresenta para diversos tipos litológicos (K/Rb = 230), sendo que as linhas tracejadas indicam os limites de variação dessa relação (130 – 450). É possível observar que os núcleos das micas analisadas apresentam uma maior concentração de Rb que a bordas dos cristais (Figura 6-A).

O diagrama K/Rb x Rb para as muscovitas estudadas (Figura 6B) exibe uma correlação negativa ao longo do fracionamento dos pegmatitos, uma vez que a relação K/Rb diminui à medida que ocorre o aumento de Rb.

Pegmatitos geoquimicamente pouco evoluídos apresentam alta concentração de Ba. O conteúdo de Ba nas micas estudadas varia de 36 a 272 ppm. O gráfico K/Rb x Ba (Figura 6-C), determina os campos composicionais sugeridos por Černý & Burt (1984). Todas as amostras analisadas inserem-se no campo Classe muscovítico, sendo que a amostra FCI no Tipo berilo-columbita e as demais no Tipo lepidolita (a). É possível observar uma relação positiva, indicando um enriquecimento em Ba ao longo do processo de cristalização das micas, pois as bordas apresentam maiores concentrações que os núcleos dos cristais.



Figura 4 Área de exposição dos pegmatitos São Domingos (SD) e Fazenda Concórdia (FC). A: Paredão de feldspato do pegmatito SD, indicado pela seta azul na imagem B. B: Pequena área aberta em meio a mata onde foram feitas as coletas do pegmatito SD, em vermelho: núcleo de quartzo, seta azul: paredão de feldspato. C: Parede com zonas do pegmatito Fazenda Concórdia e sua encaixante; C-1) Rocha encaixante do pegmatito. C-2) Zona Intermediária: rocha de granulação grossa composta por quartzo, plagioclásio e muscovita em intercalação com um aplito (C-3) e rocha de granulação mais fina que a C-2, mas com a mesma composição mineralógica (C-4). D) Cristal de microclina com zonamento do pegmatito FC. E: uma área com grande alteração de feldspatos (caulinização) do pegmatito FC. F) Núcleo de quartzo do pegmatito FC.

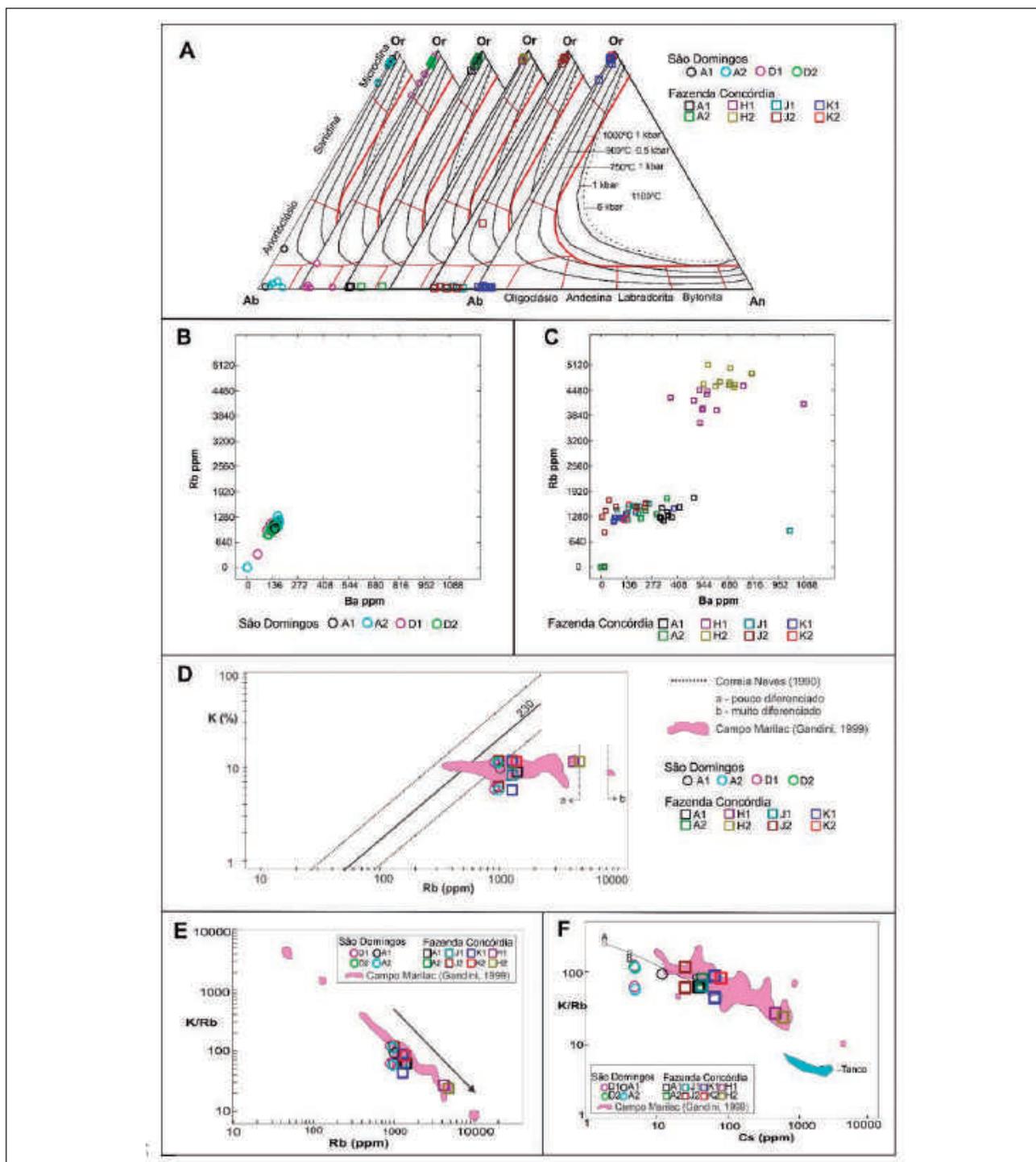


Figura 5 Diagramas elaborados para as 12 amostras de feldspatos correspondentes aos pegmatitos Fazenda Concórdia (FC) e São Domingos (SD). A: Diagramas Or:Ab:An para classificação dos feldspatos proposto por Klein & Hurlbut Jr. (2010) e isothermas de Deer *et al.* (2000) com os campos de estabilidade dos diferentes tipos de feldspatos dos pegmatitos Fazenda Concórdia e São Domingos. B: Distribuição de Rb x Ba de 4 amostras dos feldspatos do pegmatito São Domingos (SD). C: Distribuição de Rb x Ba de 8 amostras dos feldspatos do pegmatito Fazenda Concórdia (FC). D: Gráfico K (%) x Rb (ppm) dos feldspatos dos pegmatitos São Domingos (SD) e Fazenda Concórdia (FC) em comparação com os feldspatos do Campo de Marilac (Gandini, 1999). E: Gráfico K/Rb x Rb mostrando o grau de diferenciação dos feldspatos dos pegmatitos Fazenda Concórdia (FC) e São Domingos (SD) em relação aos dados do Campo Marilac (Gandini, 1999). F: Gráfico K/Rb x Cs (Morteani & Gaupp, 1989), A – pegmatitos à mica; B - pegmatitos cerâmicos; C – pegmatitos a metais raros; Tanco – pegmatito portador de Li, Cs, Ta, Sn e Be.

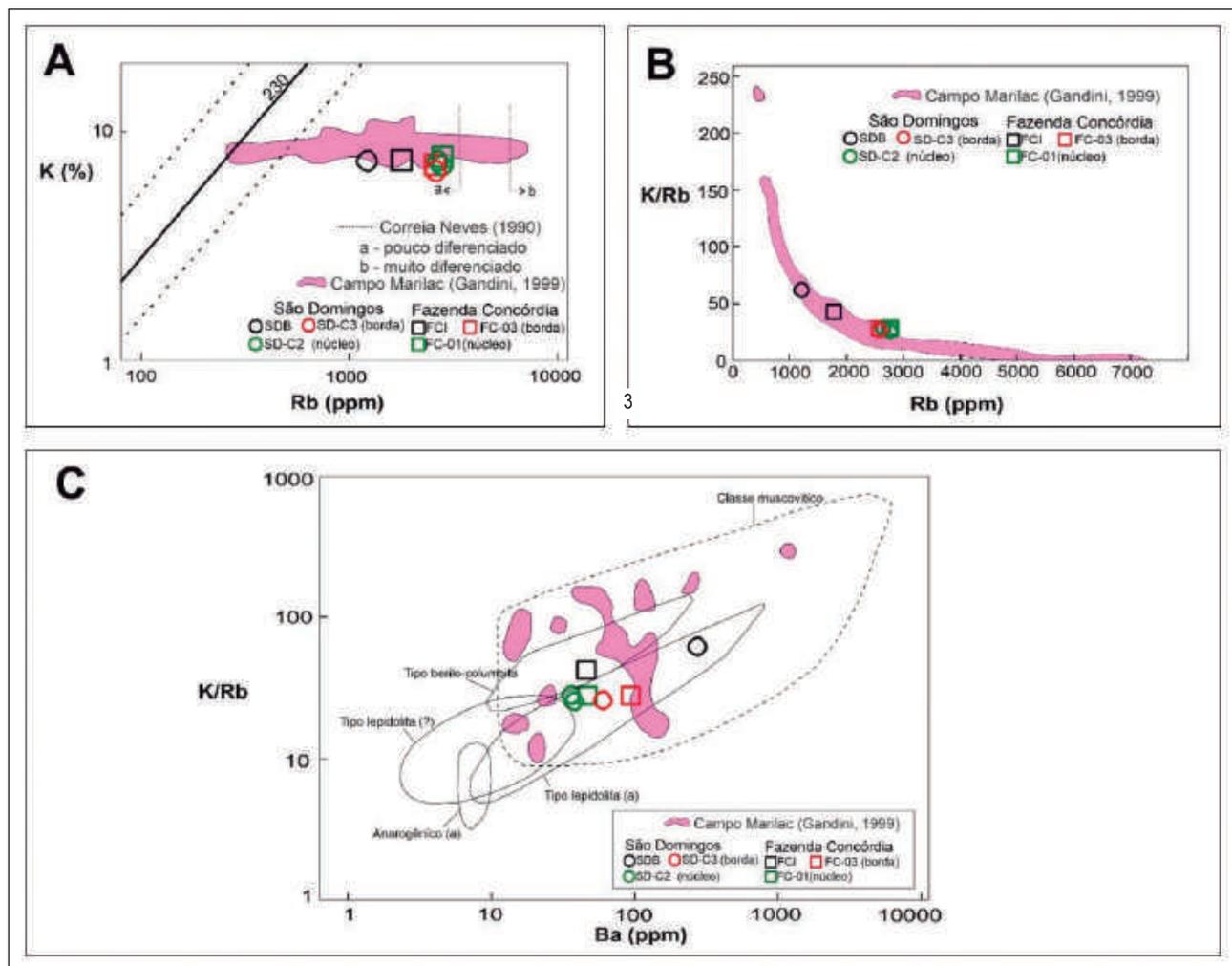


Figura 6 Gráficos correspondentes as 6 amostras de micas dos pegmatitos Fazenda Concórdia (FC) e São Domingos (SD). A: Gráfico K (%) x Rb (ppm) das micas nos pegmatitos Fazenda Concórdia (FC) e São Domingos (SD), em comparação com os dados do Campo Marilac (área rosa) (Gandini, 1999). B: Gráfico K/Rb x Rb (ppm) das micas nos pegmatitos Fazenda Concórdia (FC) e São Domingos (SD), em comparação com os dados do Campo Marilac (área rosa) (Gandini, 1999). C: Gráfico K/Rb x Ba (ppm) para amostras de mica dos pegmatitos Fazenda Concórdia e São Domingos comparada com os dados do Campo Marilac de Gandini (1999) e vários autores, extraídos de Černý & Burt (1984).

4.2 Geoquímica do Berilo do Pegmatito Fazenda Concórdia

O berilo também permite a identificação de agrupamentos e caracterização geoquímica dos pegmatitos (Černý 1975; 2002). Segundo Dar & Phadke (1964) a água-marinha pode ocorrer em pegmatitos zonados e não diferenciados, mas também nas zonas mais externas dos pegmatitos zonados e diferenciados. Esses berilos azuis são os primeiros a se cristalizar, sendo, contudo, pobres em álcalis e com teores relativamente altos de ferro.

Foram analisados quatro cristais de berilo classificados como água-marinha, de tonalidade azul clara, oriundos do pegmatito Fazenda Concórdia. O teor em álcalis nos berilos reflete não só as características geoquímicas do material pegmatítico parental (Černý 1975, Correia Neves *et al.*, 1986), mas também a ampla variação composicional dos berilos dentro do mesmo corpo pegmatítico e até mesmo no cristal (Correia Neves *et al.*, 1986)

A Figura 7-A é uma representação do diagrama de Trueman & Černý (1982) para os be-

rilos do pegmatito Fazenda Concórdia em comparação com os dados de Correia Neves *et al.* (1984), Gandini (1999), Gandini *et al.* (1998) e César-Mendes *et al.* (1998). À medida que ocorre a diferenciação, os teores de Li aumentam e a razão Na/Li diminui. De acordo com esse gráfico, os berilos que ocorrem nesse pegmatito estão no campo A, de pegmatitos estéreis e portadores de Be, Nb, Ta e pobres em álcalis raros. Os outros berilos analisados estão próximos aos campos C e D, mas não se enquadram nesses campos pois o pegmatito Fazenda Concórdia não possui espodumênio e nem mineralizações de Li, Rb, Cs, Be e Ta. Esses dados indicam o grau de fracionamento desse pegmatito que afeta diretamente a cristalização dos berilos.

Nos gráficos da Figura 7-B, C e D é possível observar três grupos distintos de berilo, compatível com o observado na Figura 14. A correlação se deve

ao grau de diferenciação do pegmatito. À medida que ocorre a evolução do pegmatito aumentam as concentrações de Mn, Cs, Li e Rb.

4.4 Geoquímica da Turmalina do Pegmatito Fazenda Concórdia

A turmalina é tipicamente um mineral de pegmatitos graníticos, filões pneumatolíticos e de alguns granitos, mas também ocorre em rochas metamórficas como produto do metassomatismo do boro ou como resultado da recristalização de grãos detríticos, a partir do sedimento original (Deer *et al.*, 2000).

As turmalinas formam um grupo de minerais com complexidade química, constituído de vários elementos, sendo por vezes, substituídos entre si

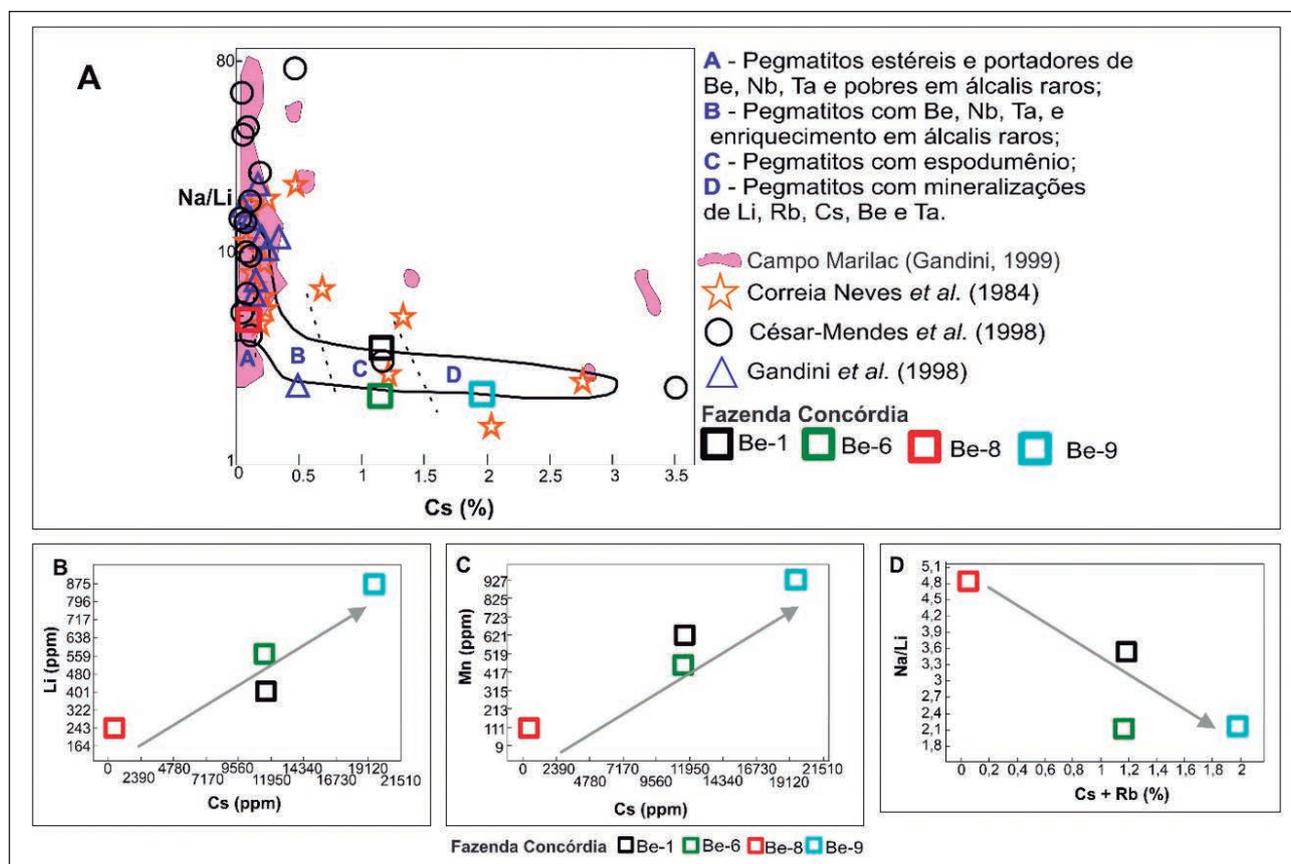


Figura 7 Diagramas elaborados para as 4 amostras de berilos do pegmatito Fazenda Concórdia (FC). A: Diagrama de Trueman & Černý (1982) com as análises dos berilos do pegmatito FC e a correlação com os dados de Gandini (1998, 1999), César-Mendes *et al.* (1998) e Correia Neves *et al.* (1984). B: Gráficos de correlação Li x Cs em cristais de berilo do pegmatito FC. C: Gráficos de correlação Mn x Cs em cristais de berilo do pegmatito FC. D: Gráficos de correlação Na/Li x Cs+Rb em cristais de berilo do pegmatito FC.

em três sítios principais, proporcionando grandes variações composicionais aos membros finais das soluções-sólidas. A fórmula química geral do grupo, proposta por Hawthorne & Henry (1999), é expressa por: $XY_3Z_6T_6O_{18}(BO_3)_3V_3W$, onde $X = Na^+, Ca^{2+}, K^+$, (vacância de íons); $Y = Mg^{2+}, Fe^{2+}, Fe^{3+}, Al^{3+}, Li^+, Mn^{2+}, Ti^{4+}, Cr^{3+}$ e V^{3+} ; $Z = Mg^{2+}, Al^{3+}, Fe^{3+}, V^{3+}$ e Cr^{3+} ; $T = Si^{4+}, Al^{3+}, B^{3+}$; $B = B^{3+}, Si^{4+}$ (vacância de íons); $V = OH^-, O^{2-} \equiv [O_3]$; $W = OH^-, F^-, O^{2-} \equiv [O_1]$. A composição química da turmalina depende principalmente das substituições que ocorrem nos sítios Z e Y.

A turmalina analisada, do pegmatito Fazenda Concórdia, é um cristal prismático, de seção basal triangular, de coloração preta, indicando presença de ferro e magnésio (Deer *et al.*, 2000).

De acordo com Hawthorne & Henry (1999), essa turmalina é da variedade schorl (Grupo Alcalino). Os óxidos FeO e MgO apresentaram concentrações entre 17,657 e 19,453% e 0,14 e 0,549,14%, respectivamente.

Segundo Hawthorne & Henry (1999) as turmalinas podem ser classificadas, através do diagrama ternário Ca-vacância-(Na+K), em grupo cálcico, grupo alcalino e grupo vacância, conforme a Figura 8-A. A turmalina examinada pertence ao grupo alcalino que é constituído por elbaíta, dravita, cromodravita, schorl, olenita, buergerita e povondraíta. Dietrich (1985) classifica as turmalinas utilizando o diagrama ternário $Fe^{2+} - Mg - [Al(Y)+Li]$, onde os vértices são os cátions dominantes no sítio Y e, segundo a Figura 8-B, essa turmalina corresponde a schorl. Os diagramas propostos por Selway *et al.* (1999) e Williamson *et al.* (2000), $Ca/(Ca+Na) \times Fe/(Fe+Mg)$ (Figura 8-C) e $Vac./(Vac.+Na) \times Fe/(Fe+Mg)$ (Figura 8-D), respectivamente, são utilizados para caracterizar turmalinas ricas em Fe e Mg, e esses diagramas classificam a turmalina do pegmatito Fazenda Concórdia como schorl.

4.5 Imageamento por Elétrons Retrosalhados (BSE) e Geocronologia U-Pb da Monazita do Pegmatito São Domingos

Foram analisados três grãos de monazita do pegmatito São Domingos. As imagens de BSE, apre-

sentadas na figura 9, mostram que os grãos de monazita são homogêneos e não possuem evidências de inclusões minerais. Esses grãos foram submetidos à datação através do método U-Pb.

A idade concórdia dos grãos de monazita estudados é de $610,0 \pm 4,2$ Ma (Figura 10), não sendo compatível com a fase final do Ciclo Brasileiro (pós-colisional 530 – 480 Ma - Pedrosa-Soares *et al.*, 2011) em que houve uma intensa geração de material pegmatítico (Correia Neves *et al.*, 1986 e Pinto *et al.*, 2001), mas sim com o estágio pré-colisional (630 – 585 Ma - Pedrosa-Soares *et al.*, 2011).

Marques (2015) determinou idades de cerca de 610 – 592Ma, a partir de datação U-Pb LA-ICP-MS em zircão para granitoides diatexiticos, como leucogranitos gnaissificados, da Suíte São João do Paraíso, resultado de fusão das rochas do Grupo Bom Jesus do Itabapoana.

5 Conclusão

Existem várias classificações para pegmatitos que podem estar relacionadas à origem, profundidade de *emplacement*, grau de metamorfismo, elementos constituintes etc. Uma das mais utilizadas foi a proposta por Černý & Ercit (2005), que classifica os pegmatitos a partir de seus elementos traços típicos, sua relação com o ambiente metamórfico, com granitos e com feições estruturais. Desse modo, o pegmatito Fazenda Concórdia é classificado como Classe Muscovítico-Elemento Raro do Tipo Berilo, sem Ta e Nb; e o pegmatito São Domingos como Classe Muscovítica. De acordo com a mineralogia e geoquímica apresentada, os pegmatitos estudados são zonados e simples, com um grau de evolução baixo se comparado com outros distritos da PPOB.

No pegmatito Fazenda Concórdia ocorrem mineralizações de berilo e topázio de valor gemológico, bem como cristais de schorl, mas não é encontrado elbaíta. Já o pegmatito São Domingos não possui mineralizações de interesse gemológico, porém seu feldspato pode ser aplicado na indústria vidreira e de cerâmica de 2º grau (Costa, 2019).

Os feldspatos analisados são do tipo microclina ou ortoclásio e albíta. As micas são do tipo mus-

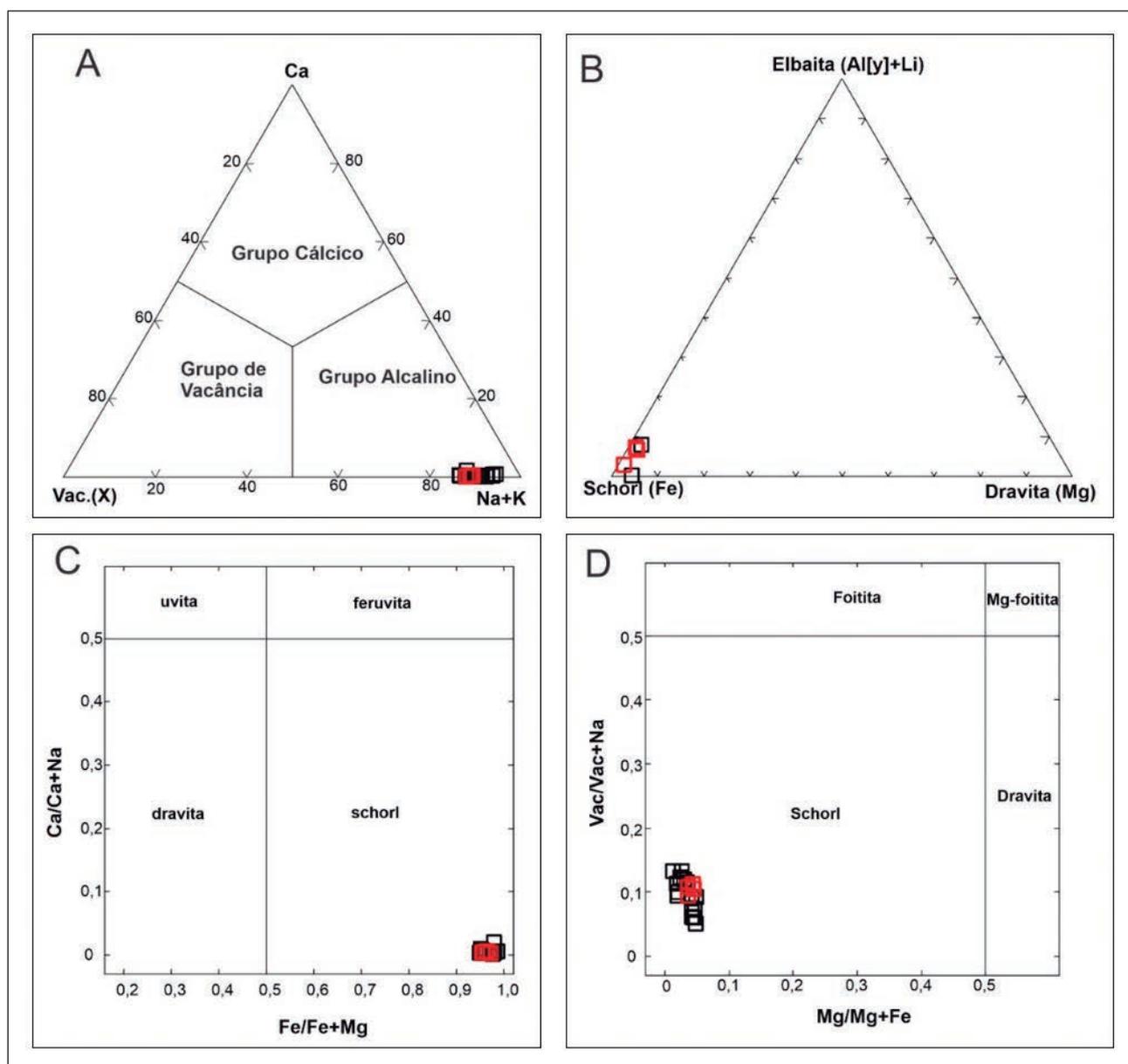


Figura 8 Diagrama para a turmalina analisada. Os quadrados em vermelho são pontos do núcleo da turmalina e os quadrados em preto são da borda do cristal. A) Diagrama ternário Ca-Vacância. (X)-(Na+K), segundo a classificação de Hawthorne & Henry (1999). B) Diagrama ternário Fe^{2+} -Mg-[Al(Y)+Li], em apfu para a turmalina analisada, conforme Dietrich (1985). C) Diagrama $Ca/(Ca+Na)$ x $Fe/(Fe+Mg)$. D) Diagrama Vacância/Vacância +Na x $Mg/(Mg+Fe)$, em apfu.

covita. De acordo com os diagramas K/Rb x Rb e K/Rb x Cs, ocorre um enriquecimento de Rb e Cs ao passo que ocorre a diminuição na relação K/Rb, devido ao aumento do fracionamento do pegmatito.

O fracionamento químico de corpos pegmatíticos, como descrito anteriormente, acompanha a evolução do granito para pegmatitos estéreis até pegmatitos complexos, enriquecidos em elemen-

tos raros. Assim foi possível perceber que esses corpos apresentam uma tendência de evolução em que o pegmatito São Domingos é menos diferenciado que o pegmatito Fazenda Concórdia e, quando comparados com pegmatitos de outros distritos da PPOB, fica evidente que ambos os corpos são pouco diferenciados, estando próximos, portanto, do granito fonte.

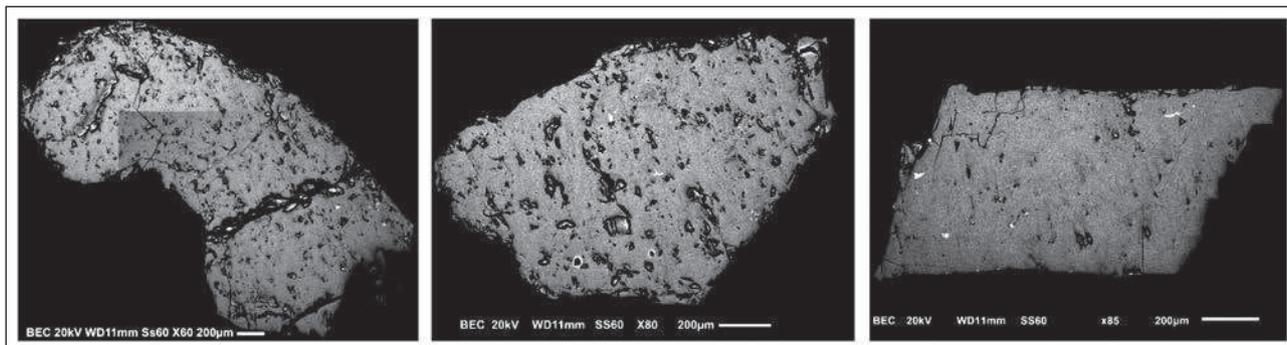


Figura 9 Imageamento por elétrons retroespalhados (BSE) da monazita do pegmatito São Domingos.

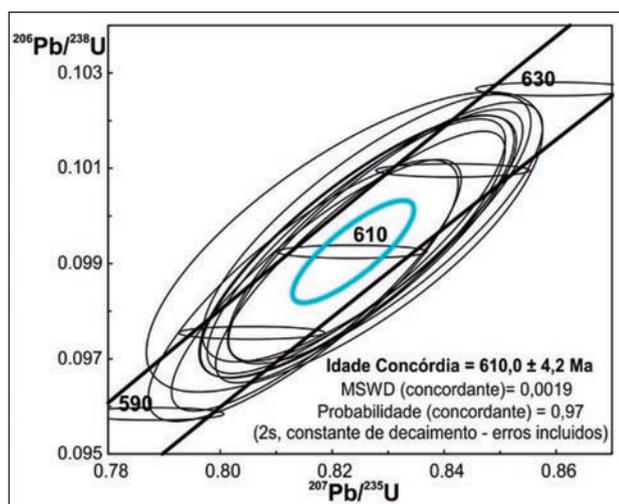


Figura 10 Diagrama de idade concórdia para a monazita do pegmatito São Domingos.

A idade da monazita do pegmatito São Domingos é compatível com a idade das rochas do Grupo Bom Jesus do Itabapoana. Indicando que esse pegmatito foi gerado diretamente pela fusão parcial das rochas que o hospedam. Conforme London (2014), esse tipo de pegmatito quartzo-feldspático (cerâmico) - sem minerais exóticos - é formado a mais de 9 km de profundidade logo acima da cúpula do granito fonte.

A respeito do novo limite do distrito Espírito Santo, esse foi modificado a fim de englobar os campos pegmatíticos apresentados por Benitez *et al.* 2012, pois o limite proposto por Pedrosa-Soares *et al.* 2011, que é amplamente utilizado para a identificação dos distritos pegmatíticos na PPOB, não abrange a real área de distribuição dos pegmatitos capixabas.

6 Agradecimentos

O primeiro autor agradece à CAPES pela bolsa de mestrado. À PROPP Edital 22/2019 – Auxílio Financeiro ao Pesquisador 2019 – PROCESSO N.: 23109.004080/2019-88.

À FAPEMIG - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais, pelo apoio financeiro concedido através do Projeto de Pesquisa PPM-00588-18 e APQ-01448-15 Desenvolvimento de padrões para geocronologia pelo método U-Pb para *Laser Ablation Coupled Plasma Mass Spectrometry* (LA-ICP-MS).

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq 303218/2018-5.

Agradecemos ao Laboratório de Microanálises do DEGEO/EM - Laboratório integrante da RMic, Rede de Microscopia e Microanálises de Minas Gerais – FAPEMIG, ao Laboratório de Geoquímica Isotópica (LOPAG)/UFOP, pelos dados químicos gerados.

Aos professores Dr. Paulo Dias Ferreira Júnior e Dra Daniela Teixeira Carvalho de Newman do Departamento de Gemologia da UFES pelas discussões e sugestões oferecidas para a finalização deste trabalho.

Aos revisores e editores do corpo editorial Dr. Fabiano Faulstich e Dr. Ismar Carvalho, Dr. Gustavo Luiz Campos Pires e aos revisores anônimos.

7 Referências

Ahrens, L.H.; Pinson, W.H. & Kearns, M.M. 1952. Association of rubidium and potassium and their abundance in common igneous rocks and meteorites. *Geochimica et*

Geoquímica de Feldspato, Mica, Berilo e Turmalina e Geocronologia U-Pb em
Monazita dos Pegmatitos Fazenda Concórdia e São Domingos - Espírito Santo, Brasil

Flávia Compassi da Costa; Ricardo Scholz, Rodson de Abreu Marques, Gláucia Nascimento Queiroga & Marco Paulo de Castro

- Cosmochimica Acta*, 2(4): 229-242.
- Benitez, L.; Chaves, M.L.S.C.; Vieira, V.S. & Silva, S.M. 2012. Depósitos de Minerais Gemológicos no Estado do Espírito Santo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 46, Santos, 2012.
- Bilal E.; Marciano V.R.P.R.O.; Sviero D.P.; Correia Neves J.M. 1993. Monazitas de pegmatitos da porção centro-oeste da Província Pegmatítica Oriental. In: ANAIS SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS, 7, Belo Horizonte. 12: 99-104
- Bilal, E.; Correia Neves, J.M.; Fuzikawa, K.; Horn, A.H.; Marciano, V.R.P.R.O.; Fernandes, M.L.S.; Moutte, J.; Mello, F.M. & Nasraoui, M. 2000. Pegmatites in Southeastern Brazil. *Revista Brasileira de Geociências*, 30(2): 234-237.
- Campos, C.M.; Mendes, J.C.; Ludka, I.P.; Medeiros, S.R.; Moura, J.C. & Wallfasc, C. 2004. A review of the Brazilian magmatism in southern Espírito Santo, Brazil, with emphasis on postcollisional magmatism. In: The 750-550 Ma Brazilian Event of South America. Journal of the Virtual Explorer, Electronic Edition, 17, Paper 1.
- Cameron, E.N.; Jahns, R.H.; McNair, A.H. & Page, L.R. 1949. Internal Structure of Granitic Pegmatites. *Economic Geology Monograph*, 2:117 p.
- Castañeda, C.; Addad, J.E. & Liccardo, A. 2001. *Gemas de Minas Gerais*. Belo Horizonte: SBG, 288p
- Černý, P. 1975. Alkali variations in pegmatitic beryls and their petrogenetic implications. *Journal of Mineralogy and Geochemistry*, 123: 198-212.
- Černý, P. 2002. Mineralogy of beryllium in granitic pegmatites. In "Beryllium: Mineralogy, Petrology, and Geochemistry", E.S. Grew, eds. Mineral. Soc. Am. *Rev. Mineral. Geochem.*, 50: 405- 444.
- Černý, P. 2005. REE-enriched granitic pegmatites. in "Rare-Element Geochemistry and Mineral Deposits", R.L. Linnen & I.M. Sampson, eds. Geol. Soc. Can. Short Course Notes, St. Catharines, 17: 175-199.
- Černý, P. & Burt, D.M. 1984. Paragenesis, crystallochemical characteristics and geochemical evolution of micas in granitic pegmatites. *Mineralogical Society of America*, 13:257-298.
- Černý P. & Ercit T.S. 2005. The classification of granitic pegmatites revisited. *The Canadian Mineral*, 43(6):2005-2026.
- César-Mendes, J.; Gandini, A.L.; Marciano, V.R.P.R.O. & Sviero, D.P. 1998. Correlações genéticas entre berilos da Província Pegmatítica Oriental Brasileira. *Revista Escola de Minas*, 51(1): 34-39.
- Correia Neves, J.M. 1981. *Pegmatitos Graníticos: morfologia, mineralogia, geoquímica, gênese e metalogênese*. Tese apresentada em Concurso para Professor Titular da UFMG. Belo Horizonte, 262 p.
- Correia Neves, J.M. 1990. Interpretação metalogenética e geoquímica de feldspato e micas em pegmatitos do Alto-Ligonha (Moçambique). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 36., Natal, 1990, Anais. Natal, SBG, v. 3, p. 1281-1293.
- Correia Neves, J.M.; Monteiro, R.L.B.B. & Dutra, C.V. 1984. Composição química de berilos pegmatíticos do Brasil e seu significado petrológico e metalogenético. *Revista Brasileira de Geociências*, 14(3): 137 – 146.
- Correia Neves, J.M.; Pedrosa-Soares, A.C. & Marciano, V.R.P.R.O. 1986. A Província Pegmatítica Oriental do Brasil à luz dos conhecimentos atuais. *Revista Brasileira de Geociências*, 16(1): 106-118.
- Costa, F.C. 2018. Geoquímica e geocronologia U/Pb em monazita dos pegmatitos no sul do Espírito Santo. Programa de Pós-Graduação em Evolução Crustal e Recursos Naturais. Universidade Federal de Ouro Preto. Dissertação de mestrado, 99p. link: <http://www.repositorio.ufop.br/handle/123456789/10654>
- Costa, C.C. 2019. *Caracterização do feldspato do pegmatito São Domingos, Muqui – ES*. Monografia, Departamento de Geologia, Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre – ES, 62p.
- Dar, K.K & Phadke, A.V. 1964. On the occurrence of beryl and other minerals in pegmatites in India. IN: INTERNATIONAL GEOLOGICAL CONGRESS, 22, New Delhi, 1964. *Proceedings*. New Delhi, 6: 213 – 224.
- Deer, W.A.; Howie, R.A. & Zussman, J. 2000. *Minerais Constituintes das Rochas – Uma introdução*. Lisboa, Fundação Colouste Gulbenkian. 727p.
- Dietrich, R.V. 1985. *The Tourmaline Group*. New York, Van Nostrand Reinhold. 328p.
- Duarte, B.P.; Tupinambá, M.; Nogueira, J. R.; Heilbron, M.; Almeida, J. C. H.; Porto Junior, R. & Menezes, P. T. L. 2012. Unidades Litoestratigráficas. In: Nota explicativa da Folha Itaperuna (SF.24-V-C-I). Programa Geologia do Brasil. Programa Geologia do Brasil. Belo Horizonte: CPRM. 2012.
- Gandini, A.L.; Marciano, V.R.P.R.O.; Carvalho, F.M.S. & Sviero, D.P. 1998. Geoquímica de berilos do Campo Pegmatítico de Marilac, Governador Valadares, Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 40, Belo Horizonte, 1998. *Boletim de Resumos*. Belo Horizonte, SBG., p. 323.
- Gandini A.L. 1999. *Aspectos Da Mineralogia, Geoquímica, Gênese e Potencialidade Econômica do Campo Pegmatítico de Marilac, Minas Gerais*. Programa de Pós-graduação em Geologia, Universidade de São Paulo, Tese de Doutorado, 261p.
- Hawthorne, F.C. & Henry, D.J. 1999. Classification of the minerals of the tourmaline group. *European Journal of Mineralogy*, 11:201-215.
- Heilbron, M.; Pedrosa-Soares, A.C.; Campos Neto, M; Silva, L.C.; Trouw, R.A.J. & Janasi, V.C. 2004. A Província Mantiqueira. In: Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. p. 180–211.
- Jolliff, B.L.; Papike, J.J. & Shearer, C.K. 1987. Fractionation trends in micas and tourmaline as indicators pegmatite internal evolution: Bob Ingersoll pegmatite, Black Hills, South Dakota. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 51:519-534.
- Klein, C. & Hurlbut Jr., C.S. 2010. *Manual de Mineralogia*. 4. ed. Barcelona, Reverté. 378 p.
- London, D. 2008. *Pegmatites*. Mineralogical Association of Canada, Special publication (10). 347p.
- London, D. 2014. A petrologic assessment of internal zonation in granitic pegmatites. *Lithos*, 184-187:74-104.
- Lopes Nunes j.e. 1973. Contribution à l'étude minéralogique et géochimique des pegmatites du Mozambique. *Sciences de la Terre*, Mím.28: 1-201
- Marques, R.A. 2015. *Litogeoquímica, geocronologia (U-Pb) e geoquímica isotópica (Sr-Nd) dos granitoides do Do-*

- mínio Cambuci (Terreno Oriental da Faixa Ribeira na região de Itaperuna, noroeste do estado do Rio de Janeiro)*. Programa de Pós-graduação em Geologia, Universidade Estadual do Rio de Janeiro, Tese de Doutorado, 296p.
- Morteani, G. & Gaupp, R., 1989. Geochemical evaluation of the tantalum potential of pegmatites. *In: Lanthanides, tantalum and niobium*. Berlin, Springer-Verlag. 7:303-310.
- Paiva, G. 1946. Províncias Pegmatíticas do Brasil. *Boletim DNPM/DFPM*, 78: 13 - 21.
- Pedrosa-Soares, A.C. & Wiedemann-Leonardos, C.M. 2000. Evolution of the Araçuaí Belt and its Connection to The Ribeira Belt. Eastern Brazil. *In: INTERNATIONAL GEOLOGICAL CONGRESS*, 31, Rio de Janeiro, 2000. *Tectonic Evolution of South America*, Rio de Janeiro, p. 265-285.
- Pedrosa-Soares, A.C.; Noce, C.M.; Wiedemann, C.M. & Pinto, C.P. 2001 The Araçuaí–West Congo orogen in Brazil: An overview of a confined orogen formed during Gondwanaland assembly. *Precambrian Research*, 110:307–323.
- Pedrosa-Soares, A.C.; Alkmim, F.F.; Tack, L.; Noce, C.M.; Babinski, M.; Silva, L.C. & Martins-Neto, M.A. 2008. Similarities and differences between the Brazilian and African counterparts of the Neoproterozoic Araçuaí–West Congo orogen. *Geological Society of London*, 294: 153-172.
- Pedrosa-Soares, A.C.; Campos, C.P.; Noce, C.M.; Silva, L.C.; Novo, T.A.; Roncato, J.G.; Medeiros, S.R.; Castañeda, C.; Queiroga, G.N.; Dantas, E.; Dussin, I.A. & Alkmim, F.F. 2011. Late Neoproterozoic-Cambrian Granitic Magmatism in the Araçuaí Orogen (Brazil), the Eastern Brazilian Pegmatite Province and Related Mineral Resources. *Geological Society of London*, Special Publication, 550:25–51.
- Pinto C.P., Drumond J.B.V., Féboli W.L. 2001. Projeto Leste- mapa geológico integrado e nota explicativa. Etapa I Folhas SE.24-V, SE.23-Z, SE.24-Y. Belo Horizonte, SEME/COMIG/MME/CPRM, escala 1:500.000.
- Putzer, H. 1976. *Metallogenetischeprovinzen in suedamerika*. Stuttgart, E. Schweizerbart'scheVerlagsbuchhandlung. 318p.
- Schobbenhaus, C.; Almeida, C.D.; Derze, G.R. & Asmus, H.E. (Coords.) 1984. Geologia do Brasil - Texto explicativo do mapa geológico do Brasil e da área oceânica adjacente, incluindo depósitos minerais - Escala 1:2.500.000, Brasília, Ministério das Minas Energia/DNPM, 501p.
- Selway J.B., Novak M., Eerny P., Hawthorne F. C. 1999. Compositional evolution of tourmaline in lipidolite – subtype pegmatites. *European Journal of Mineralogy*, 11: 569-578.
- Silva, L.C.; Pedrosa-Soares, A.C.; Armstrong, R. & Noce, C.M. 2011. Determinando a Duração do Período Colisional do Orógeno Araçuaí com base em Geocronologia U-Pb de Alta Resolução em Zircão: Uma Contribuição para a História da Amalgamação do Gondwana Ocidental. *Geonomos*, 19: 180–197.
- Simmons, W.B.S & Webber, K.L.2008. Pegmatite genesis: state of the art. *European Journal of Mineralogy*; 20 (4): 421–438.
- Taylor, S.R.; Emeleus, C.H. & Exley, C.S. 1956. Some Anomalous rocks and their petrological significance. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 10(4): 224 – 229.
- Trueman, D. L. & Černý, P., 1982. Exploration for rare-element granitic pegmatite. *In: ČERNÝ, P. (ed.). Granitic pegmatite in Science and Industry*. Mineralogical Association of Canada, Short Course Handbook, 8:463-494.
- Vieira V.S. (Coords.) 2018. *Geologia e Recursos Minerais do Estado do Espírito Santo: Mapa Geológico e de Recursos Minerais*. Escala 1:400.000. Belo Horizonte: CPRM.
- Williamson, B.J.; Spratt, J.; Adams, J.T.; Tindle, A.G. & Stanley, C.J. 2000. Geochemical constraints from zoned hydrothermal tourmalines on fluid evolution and Sn mineralizations: an example from fault Breccias at Roche, SW England. *Journal of Petrology*, 41(9):1439-1453.

APÊNDICE

	FCA1	FCA2	FCJ1	FCJ2	FCH1	FCH2	FCK1	FCK2	SDD1	SDD2	SDA1	SDA2
Na ₂ O	3,19	3,25	3,75	5,75	0,63	0,63	6,07	0,57	6,24	0,75	2,40	6,10
F	0,01	0,04	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,02	0,04
SiO ₂	65,4	65,2	65,44	66,02	64,55	64,64	66,28	64,78	66,46	64,66	65,29	66,22
Al ₂ O ₃	18,5	18,74	18,89	19,06	18,28	18,16	18,85	18,3	19,05	18,25	18,49	19,13
MgO	0	0,01	0	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
BaO	0,03	0,01	0,02	0,01	0,06	0,07	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,01
FeO	0,02	0,03	0,02	0,01	0,02	0,03	0,02	0,01	0,01	0,03	0,01	0,01
Cl	0	0	0	0,01	0	0	0	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00
Cr ₂ O ₃	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0	0,01	0,00	0,01	0,02
SrO	0,01	0,03	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01
TiO ₂	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00
K ₂ O	12,43	12,15	11,37	8,5	15,87	15,88	7,84	16,03	7,92	15,68	13,31	7,82
MnO	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
CaO	0,05	0,29	0,31	0,32	0	0,01	0,48	0	0,27	0,03	0,05	0,37
Total	99,67	99,75	99,84	99,73	99,48	99,47	99,62	99,76	100,05	99,50	99,62	99,74
Rb	1379,94	1419,9	1272,42	996,02	4202,28	4745,16	1279,48	1391,96	920,29	972,93	1031,67	981,25
Cs	29,13	39	42,4	25,19	456,83	593,13	64,09	79,55	4,85	4,90	11,97	4,97
Ba	369,06	133,04	235,09	63,68	602,79	669,56	132,56	163,49	127,89	137,44	147,52	142,96
K ppm	88842,25	86830,19	81243,05	60775,59	113421,58	113471,55	56053,95	114540,22	56615,02	112054,10	95150,76	55887,63
K/Rb	64	61	64	61	27	24	44	82	62	115	92	57

Tabela 1 Análises químicas da média de 8 amostras de feldspatos pertencentes ao pegmatito Fazenda Concórdia (FC) e 4 amostras de feldspatos pertencentes ao pegmatito São Domingos (SD), realizadas por meio de microsonda e ICP. Foram calculados os valores de K em ppm com base no óxido K₂O e a relação K/Rb em ppm. Na tabela os óxidos estão em % e os elementos traços estão em ppm.

Tabela 2 Análises químicas da média de 6 amostras de micas pertencentes aos pegmatitos Fazenda Concórdia (FC) e São Domingos (SD), realizadas por meio de microsonda e ICP. Foram calculados os valores de K em ppm com base no óxido K₂O e a relação K/Rb em ppm. Na tabela os óxidos estão em % e os elementos traços estão em ppm.

	FC01	FC03	FCI	SDC1	SDC3	SDB
Na ₂ O	0,53	0,46	0,41	0,47	0,35	0,47
F	2,64	2,85	2,13	2,52	1,71	2,35
SiO ₂	44,9	45,12	45,58	45,27	45,7	45,86
Al ₂ O ₃	28,74	28,96	26,52	29,57	32,66	30,86
MgO	0,08	0,06	2,42	0,17	0,09	1,14
BaO	0	0	0	0	0	0
ZnO	0,09	0,08	0,09	0,1	0,08	0,07
FeO	7,88	7,97	6,36	6,49	2,81	4,8
Cl	0,02	0,01	0,01	0,02	0,03	0,01
Cr ₂ O ₃	0,02	0,01	0,01	0	0,01	0,01
SrO	0,01	0,01	0,02	0	0,11	0,02
TiO ₂	0,46	0,4	0,65	0,52	0,64	0,32
K ₂ O	9,35	8,6	9,02	8,97	8,06	8,96
MnO	0,74	0,71	0,55	0,69	0,89	0,2
CaO	0,06	0,09	0,16	0,1	0,06	0,07
Total	95,52	95,33	93,91	94,89	93,18	95,14
Li	4303,42	2483,26	1848,44	2093,07	424,69	1598,23
Be	20,17	19,5	22,49	19,98	16,29	17,6
B	54,86	318,21	30,8	68,21	412,61	59,27
Rb	2772,09	2562,79	1773,09	2654,24	2593,76	1209,63
Sr	4,92	6,7	3,6	3,67	4,79	3,26
Cs	328,75	2306,5	227,64	360,21	3344,82	115,47
Ba	47	93,31	45,65	36,03	60,5	272,35
K/Rb	77610	71360	74860	74450	66870	74420
K	28	27,84	42,22	28,05	25,78	61,52

Geoquímica de Feldspato, Mica, Berilo e Turmalina e Geocronologia U-Pb em
Monazita dos Pegmatitos Fazenda Concórdia e São Domingos - Espírito Santo, Brasil
Flávia Compassi da Costa; Ricardo Scholz, Rodson de Abreu Marques, Gláucia Nascimento Queiroga & Marco Paulo de Castro

	Be-1	Be-6	Be-8	Be-9
Na ₂ O	0,16	0,14	0,15	0,25
F	0,02	0,04	0,03	0,03
SiO ₂	65,18	65,35	66,29	64,21
Al ₂ O ₃	16,67	16,90	18,03	15,84
MgO	0,03	0,05	0,01	0,11
BaO	0,04	0,05	0,01	0,05
FeO	1,91	1,63	0,94	2,43
Cl	0,00	0,00	0,00	0,00
TiO ₂	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr ₂ O ₃	0,01	0,01	0,01	0,01
SrO	0,02	0,00	0,01	0,00
CaO	0,01	0,01	0,04	0,01
K ₂ O	0,04	0,03	0,02	0,05
MnO	0,04	0,04	0,01	0,12
Total	84,13	84,25	85,52	83,08
Li	404,83	567,02	243,18	871,86
Be	46430,11	44819,94	43661,97	42218,01
Na	1431,34	1206,48	1180,13	1889,05
Ca	1115,96	1108,89	1188,62	1170,93
Mn	618,93	453,98	110,62	926,41
Rb	292,79	173,39	67,54	232,18
Sr	0,04	0,03	0,19	0,18
Cs	11558,34	11486,34	434,39	19558,11
Ba	0,99	0,86	0,10	1,97
K	201,74	217,38	279,92	162,97

Tabela 3 Análises químicas de 4 amostras de berilo pertencentes ao pegmatito Fazenda Concórdia, realizadas por meio de microsonda e ICP. Foram calculados os valores de K em ppm com base no óxido K₂O. Na tabela os óxidos estão em % e os elementos traços estão em ppm.

	Na ₂ O	F	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	ZnO	FeO	Cl	P ₂ O ₅	TiO ₂	Cr ₂ O ₃	CaO	K ₂ O	MnO	Total
FC-T1	2,47	0,82	33,78	28,79	0,14	0,02	18,20	0,00	0,02	0,02	0,00	0,03	0,03	0,43	84,38
FC-T2	2,54	0,84	34,46	29,53	0,20	0,00	17,92	0,00	0,00	0,00	0,01	0,09	0,04	0,67	85,95
FC-T3	2,59	0,86	34,22	28,22	0,21	0,04	19,45	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,06	0,65	86,00
FC-T4	2,54	0,85	34,56	29,40	0,24	0,01	17,73	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,05	0,67	85,71
FC-T5	2,51	0,82	34,11	28,42	0,34	0,03	18,98	0,01	0,01	0,01	0,00	0,02	0,07	0,73	85,69
FC-T6	2,52	0,73	33,99	28,31	0,39	0,00	19,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,07	0,77	85,59
FC-T7	2,51	0,90	33,82	28,92	0,30	0,00	18,57	0,01	0,03	0,02	0,00	0,02	0,06	0,73	85,52
FC-T8	2,52	0,76	33,74	27,99	0,40	0,09	19,41	0,00	0,02	0,01	0,03	0,03	0,07	0,83	85,57
FC-T9	2,54	0,78	34,30	28,50	0,48	0,03	18,82	0,01	0,00	0,00	0,03	0,02	0,08	0,94	86,21
FC-T10	2,54	0,82	34,05	28,28	0,49	0,00	18,49	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02	0,07	0,80	85,22
FC-T11	2,64	0,88	33,86	28,74	0,46	0,10	18,65	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02	0,08	0,95	86,01
FC-T12	2,68	0,90	33,83	28,57	0,49	0,08	18,79	0,01	0,01	0,00	0,00	0,03	0,07	0,94	86,00
FC-T13	2,60	0,97	33,80	28,64	0,47	0,14	18,99	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02	0,07	0,89	86,17
FC-T14	2,66	0,79	33,74	28,66	0,46	0,08	18,45	0,02	0,01	0,01	0,00	0,03	0,09	0,96	85,60
FC-T15	2,67	0,87	34,11	28,36	0,50	0,04	18,54	0,01	0,00	0,01	0,02	0,03	0,07	0,92	85,77
FC-T16	2,64	0,77	33,84	28,61	0,51	0,06	18,65	0,00	0,00	0,00	0,01	0,03	0,07	0,96	85,81
FC-T17	2,69	0,92	34,03	28,26	0,52	0,05	18,66	0,00	0,00	0,00	0,01	0,04	0,07	1,03	85,89
FC-T18	2,59	1,02	33,94	28,40	0,54	0,10	18,40	0,00	0,00	0,02	0,01	0,01	0,07	0,81	85,48
FC-T19	2,59	0,88	34,40	28,39	0,23	0,07	19,42	0,00	0,00	0,01	0,02	0,01	0,06	0,70	86,39
FC-T20	2,52	0,92	34,49	29,65	0,28	0,06	17,66	0,00	0,01	0,02	0,00	0,02	0,05	0,63	85,92
Média FCT	2,58	0,86	34,05	28,63	0,38	0,05	18,64	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,07	0,80	85,74
σ FCT	0,07	0,07	0,27	0,44	0,13	0,04	0,51	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,15	0,43

Tabela 4 Análises químicas de 1 amostra de turmalina pertencente ao pegmatito Fazenda Concórdia (FC), realizadas por meio de microsonda. Na tabela os óxidos estão em %.

	Li	B	Sr
FCT1	256,91	18671,14	828,06
FCT2	158,52	19067,91	126,38
FCT3	168,12	18129,99	128,11
FCT4	181,33	17651,77	131,19
FCT5	230,65	17432,47	131,57
FCT6	145,19	15912,94	185,88
FCT7	193	16117,32	141,2
FCT8	193,55	15013,77	135,69
FCT9	220,67	14077,93	362,48
FCT10	904,22	14030,31	626,18
FCT11	530,88	28147,97	83,08
FCT12	544,5	28379,49	98,26
FCT13	556,89	26183,5	99,18
FCT14	557,09	25586,68	103,09
FCT15	634,11	25244,12	454,23
FCT Média	365,04	19976,49	242,31

Tabela 5 Análises químicas de 1 amostra de turmalina pertencente ao pegmatito Fazenda Concórdia (FC), realizadas por meio de ICP. Na tabela os elementos traços estão em ppm.

Geoquímica de Feldspato, Mica, Berilo e Turmalina e Geocronologia U-Pb em
 Monazita dos Pegmatitos Fazenda Concórdia e São Domingos - Espírito Santo, Brasil
 Flávia Compassi da Costa; Ricardo Scholz, Rodson de Abreu Marques, Gláucia Nascimento Queiroga & Marco Paulo de Castro

	ID	7	8	9	10	11	12	13	15	16	14
Isotope ratios	f206c	0,45029	0,33232	0,62086	0,36684	0,39524	0,33099	0,38946	0,39526	0,30141	0,27620
	207Pb (cps)	273003	292499	299112	308162	282186	277793	272111	276140	280262	297964
	206Pb (cps)	15472	16635	16920	17455	16018	15768	15499	15683	15902	16967
	U (µg g-1) a	3703	3973	4069	4236	3842	3782	3695	3760	3848	4066
	Th/U	130	131	134	133	134	134	133	131	127	133
	206Pb/204Pb	28,97	34,09	24,63	33,57	32,96	39,82	36,21	33,30	38,41	42,21
	207Pb/206Pb	0,05693	0,05706	0,05692	0,05685	0,05699	0,05695	0,05718	0,05702	0,05691	0,05710
	1s	0,00022	0,00023	0,00026	0,00026	0,00024	0,00025	0,00025	0,00025	0,00025	0,00027
	206Pb/238U	0,09974	0,09959	0,09945	0,09843	0,09936	0,09936	0,09964	0,09935	0,09854	0,09914
	1s	0,00079	0,00079	0,00081	0,00081	0,00080	0,00080	0,00080	0,00080	0,00080	0,00081
	207Pb/235U	0,78292	0,78352	0,78051	0,77154	0,78077	0,78022	0,78556	0,78108	0,77325	0,78049
	1s	0,00082	0,00082	0,00085	0,00085	0,00084	0,00084	0,00084	0,00084	0,00084	0,00085
	208Pb/232Th	0,02363	0,02348	0,02218	0,02301	0,02309	0,02310	0,02320	0,02314	0,02314	0,02286
	1s	0,00026	0,00026	0,00025	0,00027	0,00026	0,00027	0,00026	0,00026	0,00027	0,00027
	207Pb/206Pb	0,06007	0,06028	0,05996	0,06004	0,06017	0,06017	0,06037	0,06020	0,06014	0,06036
	2s (%)	1,76857	1,42131	2,37987	1,58764	1,62917	1,46153	1,61566	1,63760	1,38034	1,34442
	207Pb/235U	0,82616	0,82777	0,82220	0,81483	0,82435	0,82430	0,82945	0,82468	0,81717	0,82504
	2s (%)	2,90	2,59	3,52	2,78	2,79	2,64	2,77	2,79	2,59	2,56
	206Pb/238U	0,09974	0,09959	0,09945	0,09843	0,09936	0,09936	0,09964	0,09935	0,09854	0,09914
	2s (%)	2,30	2,17	2,59	2,28	2,26	2,20	2,25	2,26	2,19	2,18
Rho	0,79259	0,83654	0,73604	0,82040	0,81174	0,83261	0,81249	0,81035	0,84571	0,85081	
208Pb/232Th	0,0236	0,0235	0,0222	0,0230	0,0231	0,0231	0,0232	0,0231	0,0231	0,0229	
2s (%)	2,20	2,21	2,25	2,35	2,25	2,34	2,24	2,25	2,33	2,36	
207Pb/206Pb	606,2	613,7	602,2	605,0	609,7	609,6	617,0	610,9	608,7	616,5	
2s (abs)	39,09	31,37	52,64	35,10	35,98	32,28	35,64	36,16	30,49	29,66	
2ssys (abs)	44,95	38,41	57,13	41,53	42,27	39,17	41,96	42,42	37,71	37,02	
Age estimates	206Pb/238U	612,9	612,0	611,2	605,2	610,7	610,7	612,3	610,6	605,9	609,3
	2s (abs)	10,87	10,25	12,21	10,64	10,67	10,36	10,64	10,67	10,23	10,24
	2ssys (abs)	12,99	12,47	14,12	12,75	12,81	12,55	12,79	12,81	12,41	12,44
	207Pb/235U	611,5	612,4	609,3	605,2	610,5	610,4	613,3	610,7	606,5	610,9
	2s (abs)	11,31	10,12	13,69	10,74	10,86	10,27	10,83	10,89	10,02	9,96
	2ssys (abs)	13,34	12,35	15,40	12,82	12,96	12,47	12,95	12,98	12,23	12,21
	208Pb/232Th	472,0	469,0	443,4	459,8	461,4	461,6	463,6	462,3	462,4	456,9
	2s (abs)	10,44	10,42	9,94	10,58	10,32	10,48	10,38	10,44	10,48	10,52
2ssys (abs)	11,23	11,18	10,82	11,59	11,26	11,62	11,29	11,17	11,63	11,65	
% conc d	100,43	100,13	100,53	100,25	100,24	100,24	100,02	100,19	100,14	99,95	
Isotope ratios	ID	29	23	24	26	25	27	28	30	31	32
	f206c	0,2538	0,3509	0,5469	0,3728	0,3489	0,1884	0,2262	0,3767	0,2497	0,1313
	207Pb (cps)	273113	238010	267287	261940	279875	250174	249856	262742	261312	261782
	206Pb (cps)	15697	16389	18057	17680	15936	17242	17049	16134	17649	16805
	U (µg g-1) a	3977,5	3151,8	3586,5	3530,6	3997,3	3369,1	3384,7	3668,1	3586,6	3584,3
	Th/U	137,46	138,18	139,9	139,92	137,63	146	143,54	139,37	142,11	141,11
	206Pb/204Pb	43,724	44,901	29,749	43,018	37,943	66,061	58,79	34,039	64,179	85,306
207Pb/206Pb	0,0576	0,0691	0,0679	0,0678	0,0571	0,0691	0,0684	0,0616	0,0677	0,0643	

Geoquímica de Feldspato, Mica, Berilo e Turmalina e Geocronologia U-Pb em
 Monazita dos Pegmatitos Fazenda Concórdia e São Domingos - Espírito Santo, Brasil
 Flávia Compassi da Costa; Ricardo Scholz, Rodson de Abreu Marques, Gláucia Nascimento Queiroga & Marco Paulo de Castro

Isotope ratios	1s	0,0003	0,0006	0,0004	0,0004	0,0003	0,0004	0,0004	0,0003	0,0004	0,0004
	206Pb/238U	0,0929	0,1022	0,1008	0,1004	0,0947	0,1005	0,0999	0,0969	0,0986	0,0988
	1s	0,0008	0,001	0,0009	0,0009	0,0008	0,0009	0,0009	0,0008	0,0009	0,0009
	207Pb/235U	0,738	0,9733	0,9443	0,9376	0,7463	0,9564	0,9417	0,8236	0,9202	0,8757
	1s	0,0009	0,0012	0,0009	0,0009	0,0009	0,001	0,0009	0,0009	0,001	0,0009
	208Pb/232Th	0,0214	0,0249	0,0241	0,0241	0,0216	0,0244	0,0239	0,0223	0,0238	0,0233
	1s	0,0003	0,0004	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003
	207Pb/206Pb	0,0609	0,073	0,0716	0,0715	0,0604	0,0731	0,0723	0,0651	0,0716	0,068
	2s (%)	1,4764	1,9565	1,9548	1,5881	1,6869	1,2962	1,3469	1,6637	1,4342	1,2673
	207Pb/235U	0,7803	1,0281	0,9955	0,9902	0,7883	1,0119	0,996	0,8697	0,973	0,9271
	2s (%)	2,7148	3,2665	3,1955	2,8212	2,891	2,5619	2,6183	2,8778	2,7028	2,5345
	206Pb/238U	0,0929	0,1022	0,1008	0,1004	0,0947	0,1005	0,0999	0,0969	0,0986	0,0988
	2s (%)	2,2782	2,6157	2,5278	2,3318	2,3478	2,2098	2,2453	2,3482	2,2909	2,1949
	Rho	0,8392	0,8008	0,7911	0,8265	0,8121	0,8626	0,8575	0,816	0,8476	0,866
	208Pb/232Th	0,0214	0,0249	0,0241	0,0241	0,0216	0,0244	0,0239	0,0223	0,0238	0,0233
	2s (%)	2,5293	3,2103	2,5726	2,5715	2,5046	2,6262	2,5952	2,5112	2,6936	2,5773
	207Pb/206Pb	636,49	1013,6	974,93	973,09	616,4	1015,5	995,22	777,32	974,4	870
	2s (abs)	32,458	40,386	40,602	32,994	37,216	26,748	27,885	35,701	29,791	26,776
	2ssys (abs)	39,252	45,393	45,645	39,036	43,31	33,834	34,78	41,698	36,366	34,161
	Age estimates	206Pb/238U	572,64	627,07	619,24	616,59	583,41	617,1	613,63	596,24	606,01
2s (abs)		10,086	12,652	12,078	11,094	10,585	10,522	10,632	10,813	10,718	10,291
2ssys (abs)		12,085	14,593	14,053	13,2	12,569	12,726	12,796	12,84	12,819	12,474
207Pb/235U		585,66	717,99	701,54	698,8	590,2	709,84	701,75	635,41	690,01	666,08
2s (abs)		10,213	14,525	13,947	12,265	10,95	11,271	11,416	11,585	11,629	10,595
2ssys (abs)		12,281	16,617	16,04	14,582	12,926	13,811	13,889	13,695	14,005	13,029
208Pb/232Th		426,9	497,5	481,3	481,5	431,1	486,6	477,2	445,7	474,6	465,2
2s (abs)		10,6	15,64	12,12	12,3	10,58	12,56	12,32	11,1	12,5	12,04
2ssys (abs)	11,412	16,522	13,102	13,105	11,47	13,458	13,135	11,847	13,463	12,776	
% conc d	98,145	86,693	87,736	87,719	99,197	86,344	86,905	93,792	87,368	90,912	
Isotope ratios	ID		X ⁻ verde	SD	SD verde	RSD%	RSD% verde				
	f206c	0,3452	0,3859	0,1138	0,0972	32,96	25,18				
	207Pb (cps)	273266	285923	17684	12571	6,47	4,40				
	206Pb (cps)	16548	16232	805	704	4,87	4,34				
	U (µg g ⁻¹) a	3740,5	3897,4	271,0	180,9	7,24	4,64				
	Th/U	136,38	132,25	4,89	2,22	3,58	1,68				
	206Pb/204Pb	42,593	34,416	15,004	5,149	35,23	14,96				
	207Pb/206Pb	0,061	0,057	0,005	0,000	8,59	0,18				
	1s	0,0003	0,0002	0,0001	0,0000	28,21	5,66				
	206Pb/238U	0,0989	0,0993	0,0021	0,0004	2,08	0,45				
	1s	0,0008	0,0008	0,0000	0,0000	5,75	0,92				
	207Pb/235U	0,8329	0,78	0,08	0,00	9,72	0,56				
	1s	0,0009	0,0008	0,0001	0,0000	8,71	1,31				
	208Pb/232Th	0,0232	0,0231	0,0009	0,0004	3,85	1,68				
	1s	0,0003	0,0003	0,0000	0,0000	12,29	2,57				
207Pb/206Pb	0,0645	0,0602	0,0056	0,0001	8,62	0,22					

Geoquímica de Feldspato, Mica, Berilo e Turmalina e Geocronologia U-Pb em
 Monazita dos Pegmatitos Fazenda Concórdia e São Domingos - Espírito Santo, Brasil
 Flávia Compassi da Costa; Ricardo Scholz, Rodson de Abreu Marques, Gláucia Nascimento Queiroga & Marco Paulo de Castro

Isotope ratios	2s (%)	1,5949	1,6226	0,2693	0,2979	16,89	18,36
	207Pb/235U	0,8798	0,8236	0,0857	0,0045	9,74	0,55
	2s (%)	2,8055	2,7927	0,2576	0,2780	9,18	9,95
	206Pb/238U	0,0989	0,0993	0,0021	0,0004	2,08	0,45
	2s (%)	2,3034	2,2677	0,1304	0,1215	5,66	5,36
	Rho	0,8234	0,8149	0,0305	0,0330	3,70	4,05
	208Pb/232Th	0,0232	0,0231	0,0009	0,0004	3,85	1,68
	2s (%)	2,4591	2,279	0,237	0,060	9,66	2,62
	207Pb/206Pb	747,33	609,95	176,65	4,81	23,64	0,79
	2s (abs)	34,449	35,842	5,998	6,606	17,41	18,43
	2ssys (abs)	40,801	42,255	5,274	5,788	12,93	13,70
Age estimates	206Pb/238U	608	610,07	12,10	2,60	1,99	0,43
	2s (abs)	10,813	10,678	0,699	0,583	6,46	5,46
	2ssys (abs)	12,915	12,815	0,632	0,497	4,89	3,88
	207Pb/235U	639,89	610,05	45,70	2,51	7,14	0,41
	2s (abs)	11,355	10,87	1,31	1,09	11,56	9,99
	2ssys (abs)	13,53	12,972	1,268	0,933	9,37	7,20
	208Pb/232Th	464	461,24	17,65	7,63	3,80	1,65
	2s (abs)	11,288	10,4	1,3	0,2	11,95	1,70
	2ssys (abs)	12,187	11,345	1,337	0,273	10,97	2,41
% conc d	95,347	100,21	6,02	0,17	6,31	0,17	

Tabela 6 Resultados LA-SF-ICP-MS U-Pb da monazita do Pegmatito São Domingos (SD)