



Universidade de Brasília

Instituto de Geociências

Programa de Pós-Graduação em Geologia

DATAÇÃO QUÍMICA POR MICROSSONDA ELETRÔNICA DE MONAZITA HIDROTERMAL ASSOCIADA À
MINERALIZAÇÃO DE ESTANHO (Sn) E ÍNDIO (In) DO MACIÇO MANGABEIRA, GOIÁS.

Mateus Andrade Reis

Dissertação de Mestrado Nº 436

Brasília, 2019



Universidade de Brasília
Instituto de Geociências

Dissertação de Mestrado Nº 436

DATAÇÃO QUÍMICA POR MICROSSONDA ELETRÔNICA DE MONAZITA HIDROTHERMAL ASSOCIADA À
MINERALIZAÇÃO DE ESTANHO (Sn) E ÍNDIO (In) DO MACIÇO MANGABEIRA, GOIÁS.

Área de concentração: Geoquímica

Mestrando: Mateus Andrade Reis

Banca Examinadora:

Prof. Nilson Francisquini Botelho (UnB – Orientador)

Prof. Silvio Roberto Farias Vlach (USP)

Profa. Paola Ferreira Barbosa (UnB)

Brasília, 2019

“Que nunca morra a sede do homem pelo conhecimento.”

Agradecimentos

Exordialmente a Deus, por tudo até aqui, e aos meus pais Maria do Socorro de Andrade da Silva (*in memoriam*) e Joaquim Reis da Silva que sempre me apoiaram nesta caminhada pelo conhecimento e pelos seus ensinamentos dados e os que estão por vir.

A todos os professores, servidores e estudantes pelo suporte e trocas de conhecimento. Em especial ao meu orientador por já estar me acompanhando por pelos menos sete anos e por confiar a mim mais este trabalho além de sua paciência e sabedoria. Ao Laboratório de Microsonda Eletrônica e todos os seus “moradores” por todos os momentos e experiências compartilhadas. Ao Paulo, Ivana, Rodrigo e Rafael no qual tive a experiência de trabalhar ao mesmo tempo em que realizei este trabalho.

Familiares e amigos por estarem sempre ali para celebrar as alegrias e aconselhar e apoiar nos momentos difíceis. Agradecimento especial para Bruna, Eduardo e Gabi por desempenharem este papel tão bem. Aos moradores, ex-moradores e agregados da república BOM DIA GEO pela convivência e tempo no qual morei com vocês. E por fim e não menos importante a todos do ultimate frisbee, remo e funcional pelas parcerias, treinos e outros momentos compartilhados, por meio do esporte e de vocês conseguia ter uma válvula de escape quando o que eu precisava era desconectar a mente do trabalho.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001" e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) – Processo 311203/2014-0

Resumo

A datação química é realizada a partir da análise total dos isótopos envolvidos, isótopos radiogênicos e isótopo final estável. A monazita é o mineral mais comum utilizado para aplicação desse método, devido as suas características físicas e químicas. A microsonda eletrônica é um dos equipamentos no qual há implementação do método. Nesse trabalho, foi investigada a monazita hidrotermal associada às rochas mineralizadas em estanho do Maciço Mangabeira, pertencente à Suíte Pedra Branca, na Província Estanífera de Goiás (PEG). Os cristais de monazita analisados possuem uma tendência composicional para a molécula de huttonita, além da presença de microinclusões de minerais enriquecidos em Y. O cálculo de idades U-Th-Pb indicou a presença de pelo menos um evento térmico mais jovem após a formação da monazita. De acordo com dados da literatura, os granitos da Suíte Pedra Branca têm idade entre 1712 ± 18 e 1767 ± 10 Ma e a idade de cristalização das cassiteritas hidrotermais é datada em 1535 ± 57 Ma. Ambas as idades são encontradas nos conjuntos de dados obtidos nas monazitas, além da influência do evento Brasileiro com valores entre 900 e 1400 Ma e por volta de 530 Ma, observados nas idades pontuais das amostras do Maciço Mangabeira. Para comparação, foram feitas análises em monazita do Maciço Serra do Encosto, situado na porção oeste da PEG, que revelaram uma única idade em torno de 487 ± 38 Ma. Esses conjuntos de idades encontradas são coerentes com estudos anteriores na mesma região e atestam a confiabilidade dos dados obtidos na microsonda eletrônica.

Palavras-chave: Monazita, datação química, U-Th-Pb, microsonda eletrônica.

Abstract

The chemical dating is based on the calculation of the age from the total analysis of the involved isotopes, radiogenic isotopes and final stable isotope. Monazite is the most common mineral used to apply this method due to its physical and chemical characteristics. The method implementation is performed in an electron microprobe. In this work, the hydrothermal monazites associated to tin mineralized rocks of the Mangabeira massif, belonging to the Pedra Branca Suite, were investigated in the Goiás Tin Province. The monazite crystals analyzed have a compositional tendency for the huttonite molecule, in addition to the presence of microinclusions of Y-rich minerals. The original textural relations in the hydrothermal rocks are preserved and the mineral phases are in equilibrium. The calculation of U-Th-Pb ages indicated the presence of at least one younger thermal event after the formation of the monazites. According to literature data, granites from the Pedra Branca Suite are dated between 1712 ± 18 and 1767 ± 10 Ma and the crystallization age of the hydrothermal cassiterites dates back to 1535 ± 57 Ma. Both ages are found in the data sets obtained in the monazites, in addition to the influence of the Brasiliano event with ages around 530 Ma, observed only in the relative ages of the Mangabeira massif samples. For comparison, monazite analyzes of the Serra do Encosto, massif located in the western portion of the Goiás Tin Province, revealed a single age of 487 ± 38 Ma. These sets of ages, are consistent with previous studies in the same region and attest to the reliability of the data obtained in the electronic microprobe.

Keywords: Monazite; chemical age; U-Th-Pb; microprobe.

Sumário

Capítulo I.....	1
1 Apresentação e Objetivos	2
2 Contexto Geológico	2
3 Monazita	7
4 Datação Química.....	8
5 Materiais e método.....	10
Capítulo II.....	13
1 Resultado	14
1.1 Caracterização Petrográfica da Monazita.....	14
1.2 Química Mineral da Monazita.....	14
1.3 Datação Química	19
2 Discussões.....	21
2.1 Idades ≥ 1700 Ma	21
2.2 Idades entre 1500 e 1600 Ma	22
2.3 Idades ≤ 600 Ma	22
Capítulo III	25
1. Considerações finais	26
2. Referências Bibliográficas	27
Anexos.....	32

Capítulo I

1 Apresentação e Objetivos

Esta Dissertação de Mestrado consiste na continuação de trabalhos já realizados na Província Estanífera de Goiás, objetivando a datação de eventos magmáticos, hidrotermais e metamórficos, além de disponibilizar, no Laboratório de Microsonda Eletrônica da Universidade de Brasília (UnB), mais uma ferramenta para o estudo em geocronologia. O trabalho foi realizado a partir da caracterização química de monazita hidrotermal, associada à greisenização e albitização do maciço granítico Mangabeira, tendo como objetivo a implementação da metodologia de datação química em microsonda eletrônica (EPMA, *electron probe micro-analyser*).

A datação química, em síntese, implica no cálculo da idade a partir da quantificação total dos radio elementos Th e U, além do produto final de decaimento, Pb. A alta resolução espacial das análises por microsonda eletrônica ($\approx 1\mu\text{m}$) constitui a grande vantagem do método, cujo desenvolvimento se deu durante a década de 1990. O êxito da sua aplicação fomentou o aprimoramento da técnica, de modo a apresentar novas formas de cálculo geocronológico.

A dissertação está organizada em três capítulos. O primeiro capítulo é a introdução, onde são apresentados os objetivos do trabalho, o contexto geológico da região a ser estudada e considerações gerais sobre a monazita e o método de datação química. O segundo capítulo tratará da caracterização da monazita e dos resultados do método de datação química e sua implementação no Laboratório de Microsonda Eletrônica do Instituto de Geociências da Universidade de Brasília. Por fim o terceiro capítulo terá seu foco nas discussões e conclusões da dissertação. Estes capítulos servirão de base para um artigo a ser submetido em periódico internacional.

2 Contexto Geológico

A região localizada no nordeste do estado de Goiás e no extremo sudeste do Tocantins é marcada pela presença de rochas graníticas pertencentes às Suítes Aurumina e Pedra Branca, além das rochas metassedimentares e paragneisses da Formação Ticunzal, que podem estar recobertos pelas rochas metassedimentares dos grupos Araí, Paranoá e Bambuí (Figura 1). A região após o evento de deposição do Grupo Araí (1,77 Ga; Pimentel et al. 1991) passou por período de pouca atividade tectônica, até o evento Brasileiro, em 540-600 Ma (Almeida et. al., 1981; Valeriano, 2004), que reequilibrou os sistemas químicos das rochas de forma heterogênea na região estudada.

A porção leste da Província Estanífera de Goiás, denominada de Subprovíncia Paranaã (Marini e Botelho, 1986), está localizada nesta mesma região e é constituída predominantemente por maciços graníticos do tipo A, constituintes da Suíte Pedra Branca, onde ocorrem as mineralizações de índio (In) e estanho (Sn). Essas mineralizações apresentam-se na maioria das vezes associadas à estrutura de cúpula, todavia cada área possui características bem próprias que as diferenciam entre si.

A Suíte Pedra Branca é constituída pelos granitos Soldedade, Mocambo, Pedra Branca, Mendes, Mangabeira e Sucuri. O magmatismo da suíte é subdividido em granitos PB1 e PB2, que são quimicamente e cronologicamente distintos entre si, onde as idades variam entre 1,77 (U-Pb em zircão; Pimentel et al. 1991) e 1712 Ga (Teixeira, 2000, monazita-EPMA), respectivamente.

Os granitos PB1 e PB2 possuem como litotipos predominantes biotita granitos róseos porfíricos de granulação grossa e muito grossa, portadores de quartzo azul, comumente foliados nas bordas e nas zonas mais hidrotermalizadas.

O Maciço Mangabeira é constituído por granitos das séries PB1 e PB2. As fácies mais evoluídas pertencem à série PB2 e encontram-se fortemente mineralizadas, constituindo uma apófise em relação à intrusão principal (Figuras 1 e 2). O corpo principal do maciço é constituído majoritariamente de biotita granito rosa, denominado de PB1C. O maciço é intrusivo em xistos e paragnaisse da Formação Ticunzal e granitos peraluminosos da Suíte Aurumina, de idade paleoproterozoica, cujas rochas estão greizenizadas e mineralizadas nas proximidades do contato com o maciço.

O Morro da Laranjinha, área alvo do estudo, está localizado na porção sul da apófise do Maciço Mangabeira e é constituído pelo leucosienogranito PB2D e pelo topázio-albita granito (GAT), portadores de greisens e albitos mineralizados em estanho (Figura 2). Algumas idades já foram propostas para o evento mineralizador de Sn no Maciço com idade Pb-Pb em cassiterita de 1425 ± 79 Ma e idade de 1535 ± 57 Ma, U-Pb em cassiterita (Sparrenberger *et al.*, 1999).

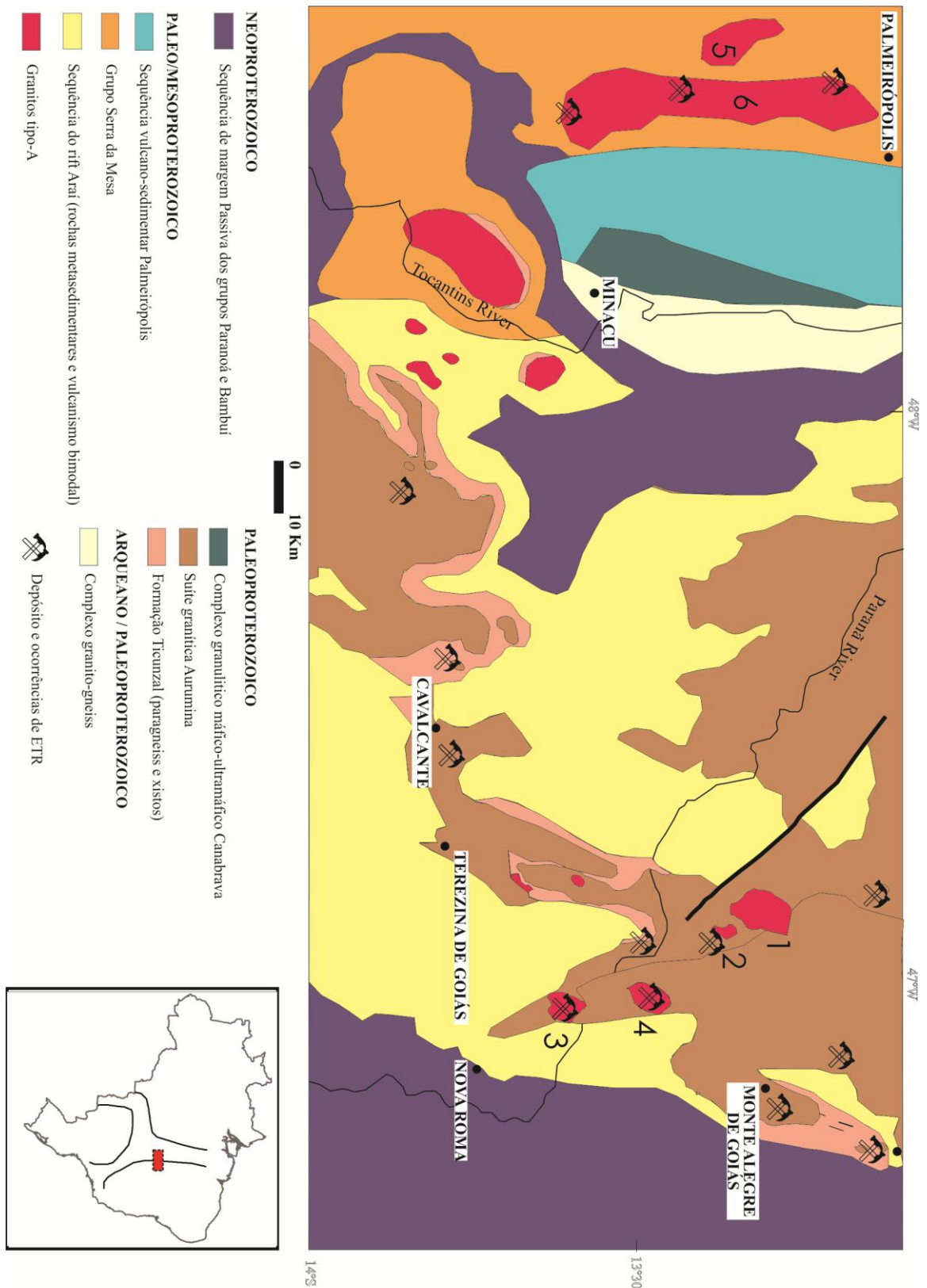


Figura 1 Localização da área de estudo em relação a faixa Brasília, no mapa do Brasil. Esboço geológico da região norte da Província Estanífera de Goiás, com destaque para os Maciços graníticos do tipo A e localização do Maciço Mangabeira. Maciços: 1) Mendes, 2) Pedra Branca, 3) Mocambo, 4) Serra do Encosto e 5) Serra Dourada. Adaptado de Vieira et. al, 2019.

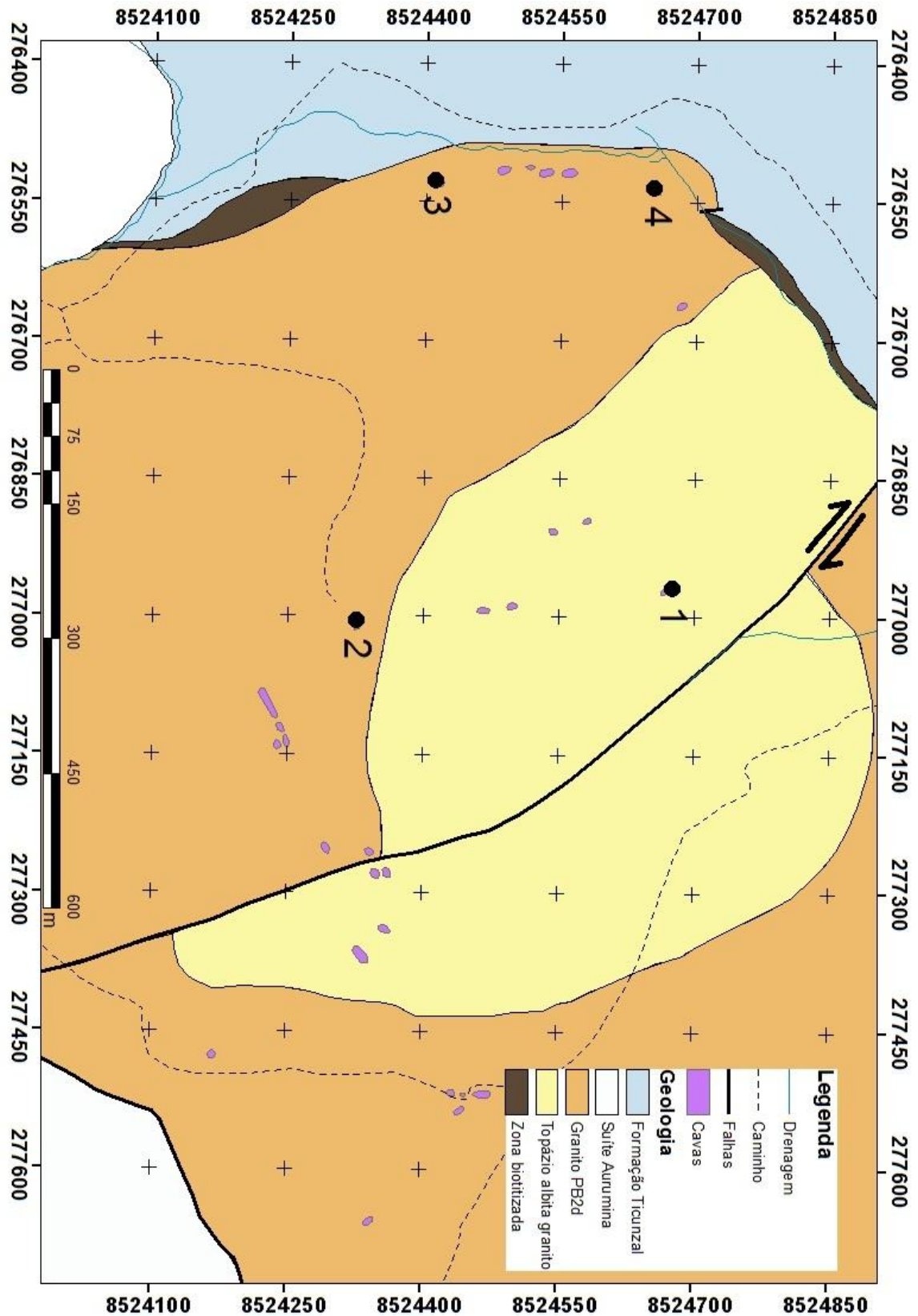


Figura 1. Mapa geológico do Morro da Laranjinha com a localização das antigas cavas garimpeiras (Freitas, 2000). Pontos referem-se às amostras analisadas; 1: ML9D; 2: MM18; 3: MMNBO e 4: MMNB2.

O leucogranito PB2D é composto por quartzo, microclínio, albita e muscovita litínifera, além das fases acessórias fluorita, monazita e zircão. Em feições de afloramento mostra-

se pouco deformado, toda via é possível observar a ocorrência de uma foliação sutil, gerada pela cominuição e rearranjo dos grãos. Na região pouco deformada, é possível constatar a presença de extinções ondulantes dos minerais, bem como deformação das geminações dos feldspatos e recristalização parcial do quartzo. As rochas PB2D apresentam vários tipos de alteração hidrotermal, podendo ser albitização, silicificação, greisenização e ainda zonas de greisens monominerálicos (Freitas, 2000).

O topázio-albita granito (GAT) é essencialmente composto por quartzo, albita e microclínio, em quantidades equivalentes, além de topázio e zinnwaldita. As fases acessórias mais comuns são zircão, cassiterita e monazita. Essas rochas podem ocorrer também silicificadas ou greisenizadas.

Segundo Freitas (2000), ambos os granitos apresentam produtos semelhantes de metassomatismo, mas ainda há resquícios de minerais primários que os distinguem, sendo denominados de albitizados, greisenizados ou silicificados (Figura 3).

Seqüência esquemática da alteração

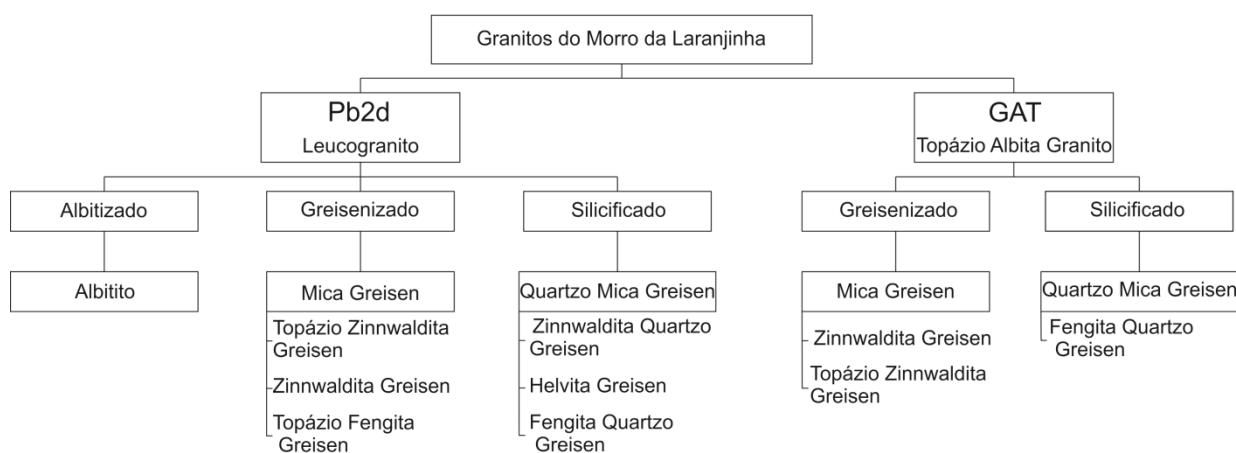


Figura 3. Fluxograma esquemático indicando a variação litológica presente na área de estudo (Freitas, 2000)

Segundo Freitas, 2000, o principal mineral portador de In no Morro da Laranjinha é a cassiterita devido à presença do metal em um teor razoável e estar disseminado por toda a área nos diversos tipos de granitos alterados e greisens. O valor médio de In na cassiterita é de 1500 ppm, apesar da variação entre zonas dos cristais os valores médios são elevados e homogêneos para os diferentes tipos de rocha, inclusive nas encaixantes. Quando observados os valores de In e comparados a dados de literatura com outros depósitos conhecidos, os teores encontrados na cassiterita do Morro Laranjinha estão entre os mais elevados conhecidos.

3 Monazita

A monazita é um fosfato de elementos terras raras leves, podendo conter quantidades variáveis de terras raras pesadas, actínídeos U e, principalmente, Th, cuja fórmula simplificada é (Ce, La, Nd, Th) (PO₄) (Förster, 1998; Linthout, 2007). É um mineral monoclinico, de cela unitária do grupo espacial $P2_1/n$, no qual, em relação à estrutura e à incorporação dos ETR, há uma preferência pelos leves (LREE; La-Gd) em relação aos pesados (HREE; Tb-Yb). A partir da entrada principalmente de Si, Ca e Th, há formação de soluções sólidas representadas por minerais como a cheralita (CaTh(PO₄)₂) e huttonita (ThSiO₄), que junto com a monazita compõem o sistema REE(PO₄) – CaTh(PO₄)₂ – ThSiO₄. Dentro da estrutura da monazita podem ainda ocorrer em quantidades menores, mais tipicamente como traços, elementos que incluem Ti, Fe, Mn, Mg, Pb, S, Al e eventualmente K, Nb e Zr, além de (H₂O)⁺ em quantidades inferiores a 1% em peso (Linthout, 2007 Förster, 1998).

Monazita (-Ce) é o mineral do grupo da monazita de ocorrência mais comum nos ambientes naturais (e.g. Ueda, 1953) sendo típica nas rochas graníticas peraluminosas além de migmatitos e metapelitos. Analisando os valores relativos dos ETR, observa-se no geral um fracionamento significativo dos ETR leves em relação aos pesados, além da anomalia negativa de Eu, quando ocorre em ambientes magmáticos. As monazitas de -La e -Nd são menos comuns (Linthout, 2007 Förster, 1998).

Monazita pode conter Th e U em valores consideravelmente elevados, com ThO₂ podendo chegar até 20,0% e UO₂ até 2,0% ambos em peso, propiciando a produção em quantidades consideráveis de isótopos radiogênicos estáveis de Pb, considerando a escala geológica. Uma característica de destaque notório da monazita está relacionada ao Pb proveniente de decaimento radioativo, que se adéqua aos sítios da estrutura, tornando esse mineral resistente aos processos de destruição do retículo cristalino e liberação desse Pb, como a metamictização, mesmo quando formadas há 2-3 Ga (e.g. Vlach e Dantas 2001). O fator de adequação do Pb aliado ao fato de sua difusão requer, em tese, um mecanismo de difusão dupla, descrita por exemplo pela reação $2 \text{REE}^{3+} = \text{Pb}^{2+} + [\text{U,Th}]^{4+}$ (e.g. Podor e McCuney, 1977), que torna negligenciável o processo de difusão em temperatura até 850°C ou mais. Assim não é esperada a difusão de Pb considerável nos processos atuantes em ambientes continentais (e.g. Gadés et al, 2007). Apesar dessas características, é necessária a compreensão do contexto no qual o mineral está inserido, como o grau de metamorfismo a que a área foi submetida, e qual a fonte

dos fluidos. Para isto devem ser observadas feições que mostrem o reequilíbrio do sistema U-Th-Pb, como feições de reabsorção ou até mesmo monazita neoformada por processos de dissolução e reprecipitação, ou substituição (e.g., Finger et al., 1998, Vlach, 2001, Seydoux-Guillaume et al., 2002).

4 Datação Química

Por muitas vezes só as relações de campo geológicas, como as relações estratigráficas e bioestratigráficas sozinhas, não são suficientes para resolver todos os problemas de idade de cada estrato e sobreposição de eventos, dentro de diversos contextos geológicos. Tendo em vista o esclarecimento dessa questão temporal, para um melhor entendimento do contexto no qual se está inserido, foram investigadas soluções nos próprios minerais constituintes das rochas para resolver estas questões. Neles foi observada a presença de diversos sistemas isotópicos passíveis de datação como Ar-Ar, K-Ar, U-Pb, entre outros ocorrendo em diversas fases minerais, sendo possível encontrar pelo menos um deles na maioria das rochas existentes.

Existem diversas técnicas e métodos que foram desenvolvidos para a datação de minerais, nos quais dentre os mais difundidos estão: Microsonda Iônica e o SHRIMP. Toda via vem se tornando cada vez mais comum a utilização de técnicas não convencionais utilizando ICP-MS com Laser Ablation e a Microsonda Eletrônica (EPMA).

O desenvolvimento do método de datação por Microsonda Eletrônica, que é de forma simplificada, a obtenção das concentrações de U, Th e Pb totais, para a realização do cálculo de idade, se deu durante a década de 1990 (Suzuki *et al.* 1991, Suzuki e Adachi 1991, 1994).

O método é uma alternativa rápida e barata às técnicas mais tradicionais de datação devido a sua elevada resolução espacial (aproximadamente 1 μm), permitindo identificar nos grãos domínios com idade e composição química contrastantes. As desvantagens associadas são: a baixa precisão da EPMA, o que leva à uma imprecisão na idade calculada da ordem de 20 a 50 Ma, impedindo a sua utilização na datação de eventos que apresentem entre si um intervalo de tempo inferior a 100 Ma ou na datação de eventos com menos de 100 Ma (Montel *et al.* 1996). Todavia, visando minimizar essa desvantagem, autores como Rhede *et al.* (1996) e Cocherie e Albarède (2001) propuseram novos tratamentos estatísticos para os dados, o que aumentou a precisão e a

confiabilidade da idade calculada, enquanto Parrish (1990) demonstrou que monazitas de rochas ígneas leucocráticas incorporam menos de 1ppm de Pb inicial no momento da sua formação, quantidade inferior à incerteza da análise de Pb por EPMA.

Tendo em vista as alterações que ocorrem em minerais que retêm isótopos radiogênicos em sua estrutura como a metamictização e a presença de zoneamento complexo, Cocherie (2007) propôs um estudo relacionado aos minerais potenciais para a datação química por microsonda eletrônica.

Os princípios para a datação por microsonda assumem que: (1) o Pb comum deve ser negligenciável quando comparado ao Pb proveniente do decaimento de U e Th radiogênicos; (2) não há perda de Pb radiogênico após o fechamento do sistema; (3) uma idade é assumida para cada ponto de análise realizado. Esses princípios foram determinados levando em consideração a monazita, após o cruzamento de dados com determinação de idade U-Pb isotópica convencional (como em Montel et al., 1996; Cocherie et al., 1998). Todas essas hipóteses são validadas para monazitas por diversos autores na literatura (Vlach, 2010; Chaves et al., 2013; Cherniak et al., 2004; Williams et al., 2001; Montel et al., 2000; Williams e Jercinovic, 2002; Braun et al., 1998; Finger et al., 1998; Montel et al., 1996).

Há três propostas para o cálculo da idade U-Th-Pb da monazita: $Pb = fThO_2^*$ - metodologia tradicional de Suzuki *et al.*, 1994; Idade Média de Montel *et al.* (1994, 1996) e $Th/Pb = f(U/Pb)$ de Cocherie e Albarède (2001). A equação de cálculo de idade e suas constantes associadas estão representadas na Tabela 1 e Formula 1.

Monazita ((La,Ce,Nd)PO₄), xenotima (YPO₄), zircão (ZrSiO₄), badeleíta (ZrO₂), torita (ThSiO₄), torianita (ThO₂) e polícrásio (Y,Ca)(Nb)₂O₆ são as fases minerais portadoras de U, Th e Pb que foram estudadas e utilizadas para desenvolvimento da metodologia, respeitando as condições e limitações de cada uma.

A monazita é o mineral com a melhor resposta para a datação por EPMA, uma vez que possui Pb radiogênico suficiente para dar uma precisão significativa até idades no Cretáceo tardio e o Pb comum é insignificante, além de permanecer um sistema relativamente fechado, sem mencionar que é um mineral relativamente comum e imune aos efeitos de metamictização.

Formula 1. Equação de cálculo de idade e suas constantes associadas, segundo Suzuki e Adashi (1991,1994).

$$Pb = \left\{ Pb_0 + Th \times \left(\frac{M_{208}}{M_{232}} \right) \times (e^{\lambda_{232}t} - 1) \right. \\ \left. + U \left[\left(\frac{M_{206}}{M_{238}} \right) \times 0.9928 \times (e^{\lambda_{238}t} - 1) + \left(\frac{M_{207}}{M_{235}} \right) \times 0.0072 \times (e^{\lambda_{235}t} - 1) \right] \right\}$$

Tabela 1. Valores das constantes utilizadas para a realização dos cálculos.

Elemento	Massa atômica	Constantes de decaimento	
$M_{232} = {}^{232}\text{Th}$	232,038	M_{232}	4,948E-11
$M_{235} = {}^{235}\text{U}$	235,044	M_{235}	9,849E-10
$M_{238} = {}^{238}\text{U}$	238,051	M_{238}	1,551E-10
$M_{206} = {}^{206}\text{Pb}$	205,974	Constantes	
$M_{207} = {}^{207}\text{Pb}$	206,976	${}^{238}\text{U}/({}^{235}\text{U} + {}^{238}\text{U}) = 0,9928$	
$M_{208} = {}^{208}\text{Pb}$	207,977	${}^{235}\text{U}/({}^{235}\text{U} + {}^{238}\text{U}) = 0,0072$	

5 Materiais e métodos

O trabalho foi iniciado com análise de amostras coletadas em pesquisas anteriores realizadas na área (Botelho, 1992; Freitas, 2000). Foi realizado um trabalho de campo no Morro da Laranjinha, com o objetivo de reconhecimento geológico e complementação da amostragem de rochas. Foram selecionados materiais para a confecção de lâminas delgadas e separação de minerais para confecção de *mounts*. O processo de separação de minerais consistiu na desfragmentação da rocha, por meio de britador e/ou moinho quando necessário. A desfragmentação foi feita em etapas de cerca de 2 segundos cada, para evitar pulverização das amostras, sempre classificando os grãos em peneiras de 400, 210, 125 e 90 μm , até que não sobrasse nenhum material acima de 400 μm . Separadas as frações, cada uma foi bateada e quando necessário passada no separador magnético *Frantz*. Após essa etapa o material foi levado a lupa binocular, para separação de cristais de monazita e sua montagem em seções, utilizando cola *epoxy*.

As análises químicas para a caracterização da monazita e implementação do método de datação química foram todas realizadas utilizando uma microsonda JEOL-JXA-8230, pertencente ao laboratório do Instituto de Geociências da Universidade de Brasília. A sonda é equipada com cinco espectrômetros (WDS) e um espectrômetro de dispersão de energia (EDS). Condições analíticas diferentes foram utilizadas para cada grupo específico de elementos, como demonstrado na Tabela 2. Correções de efeito de matriz foram realizadas segundo o método ZAF.

Tabela 2. Quadro resumo das condições analíticas para cada grupo de elementos analisados.

Grupo de elementos	Elemento	Condições analíticas				Cristal de leitura
		Comprimento de onda	Tempo de contagem (s)	Corrente (nA)	Voltagem (kv)	
Grupo 1	Si	K_{α}				TAP
	P	K_{α}	10	10	15	PETJ
	Y	L_{α}				PETJ
	Ca	K_{β}				LIFH
Grupo 2	Er, Tm, Yb,Lu,Eu,Gd,Tb	L_{α}				LIF
	Ho,Sm,Dy	L_{β}	10	50	20	LIF
	Pr	L_{β}				LIFH
	Nd, Ce, La	L_{α}				LIFH
U-Th-Pb	U	M_{β}	200			PETH
	Th	M_{α}	40	100	20	PETJ
	Pb	M_{α}	240			PETJ

As condições analíticas dos elementos maiores e terras raras seguiram as condições de análises já estabelecidas pelo laboratório como padrões, já as condições para U-Th-Pb foram determinadas com o auxílio de condições de análise utilizada por outros autores (Cocherie e Albarède, 2001; Suzuki *et al.*, 1994; Vlach, 2010; Chaves *et al.* 2013) e as realidades do equipamento em questão. Depois de realizadas as devidas correções no equipamento todos os demais tratamentos foram realizados utilizando planilha do Excel (Anexo 1), um dos produtos finais da dissertação, com o auxílio da extensão do ISOPLOT (versão 4.5) de Ludwig (1993).

A calibração do equipamento foi realizada utilizando os seguintes padrões; microclínio para o Si, galena (Pb), uraninita (U), torianita (Th), cerianita (Ce), YFe_2O_{12} (Y), apatita (Ca e P)), além de vidros sintéticos com ETR, para todos os terras raras, exceto Ce.

Foram realizados procedimentos padrões para correção de interferências entre alguns dos elementos analisados, mostrados na Tabela 3.

Tabela 3. Interferências e correções aplicadas.

Elemento	Interferência	Correção
U	Th	$123.06 \text{ (U cps)} = 224.2 \text{ (U Net)} - 0.11985 \times 843.6 \text{ (Th Net)}$
P	Y	$428.35 \text{ (P cps)} = 428.4 \text{ (P Net)} - 0.00640 \times 0.8 \text{ (Y Net)}$
Gd	La	$108.47 \text{ (Gd cps)} = 154.6 \text{ (Gd Net)} - 0.05480 \times 842.5 \text{ (La Net)}$
Gd	Ce	$58.69 \text{ (Gd cps)} = 108.5 \text{ (Gd Net)} - 0.02040 \times 2440.0 \text{ (Ce Net)}$
Gd	Nd	$56.13 \text{ (Gd cps)} = 58.7 \text{ (Gd Net)} - 0.00240 \times 1066.0 \text{ (Nd Net)}$

Capítulo II

1 Resultados

O estudo foi realizado em três amostras: MM18, MMNBO, ML9D e MMNB2, sendo que a primeira é um albitito, coletado no granito PB2d, e as demais representam greisens mineralizados, coletados no topázio albíta granito (Figura 2).

1.1 Caracterização Petrográfica da Monazita

Os cristais de monazita possuem hábitos prismáticos euedrais a subedrais, com tamanho variando entre 300 e 100 μm em seu comprimento maior. A coloração mantém-se sempre castanha com pouca variação para claro ou escuro. No albitito, relação textural com o restante da rocha mostra equilíbrio entre a monazita e a assembleia de albíta, microclínio, quartzo e mica, além de cassiterita como fase acessória (Figura 4a). Nos greisens mineralizados, observa-se as mesmas relações de equilíbrio com a mineralogia existente, constituída de quartzo, topázio, mica e as demais fases acessórias (Figura 4b). Os cristais euedricos de monazita são maiores do que os cristais subédricos e ambos os tipos ocorrem livres na rocha, contendo inclusões da matriz e dos demais minerais acessórios (Figuras 4b e d).

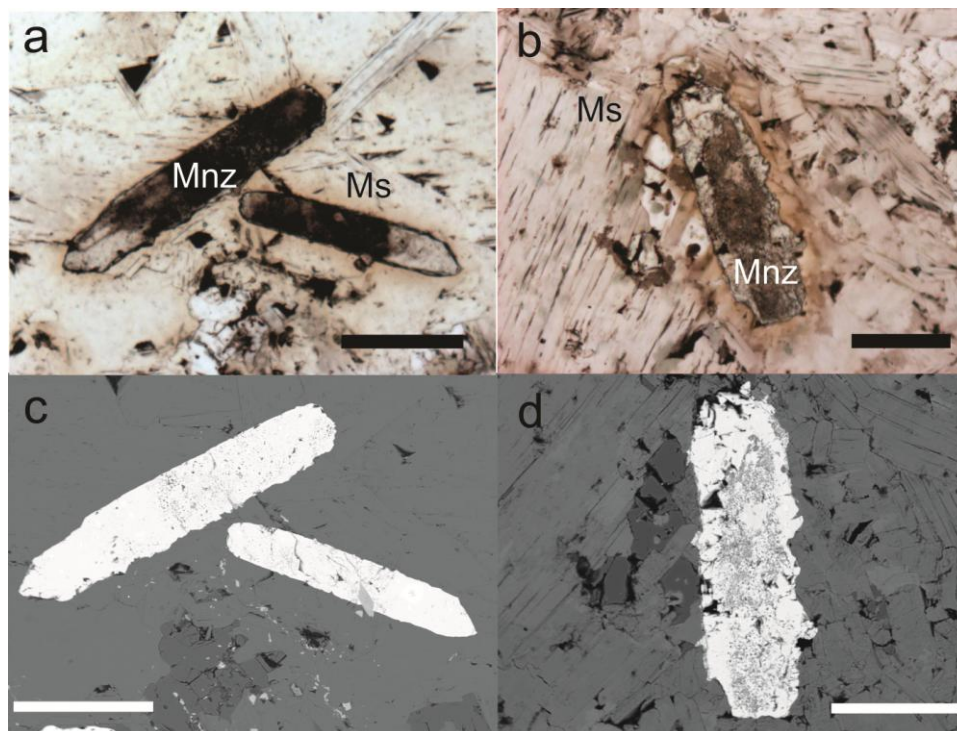


Figura 4. Em a)(MM18) e b)(MMNB2), imagens em luz transmitida de monazita com inclusões de óxidos, em contato com micas. c) e d) mesmos cristais de monazita, em imagem BSE, com inclusões de material constituinte da matriz da rocha, além dos óxidos observados em luz transmitida. Monazita (Mnz), biotita (Bt) e muscovita (Ms). Escala:a) e b) 0.2mm, c) 100 μm e d) 50 μm .

A observação dos cristais em microscópio eletrônico de varredura confirma a presença dos minerais constituintes da matriz da rocha, além da presença de microinclusões de minerais portadores de U-Th, como torita/huttonita (ThSiO_4) (Figura 5). A presença dessas inclusões em praticamente todo o cristal prejudicou a obtenção de dados a serem obtidos por LA-ICP-MS, devido o diâmetro do feixe ($\sim 30\mu\text{m}$), além da dificuldade de aplicar correções para tirar a influência dessas fases no dado obtido.

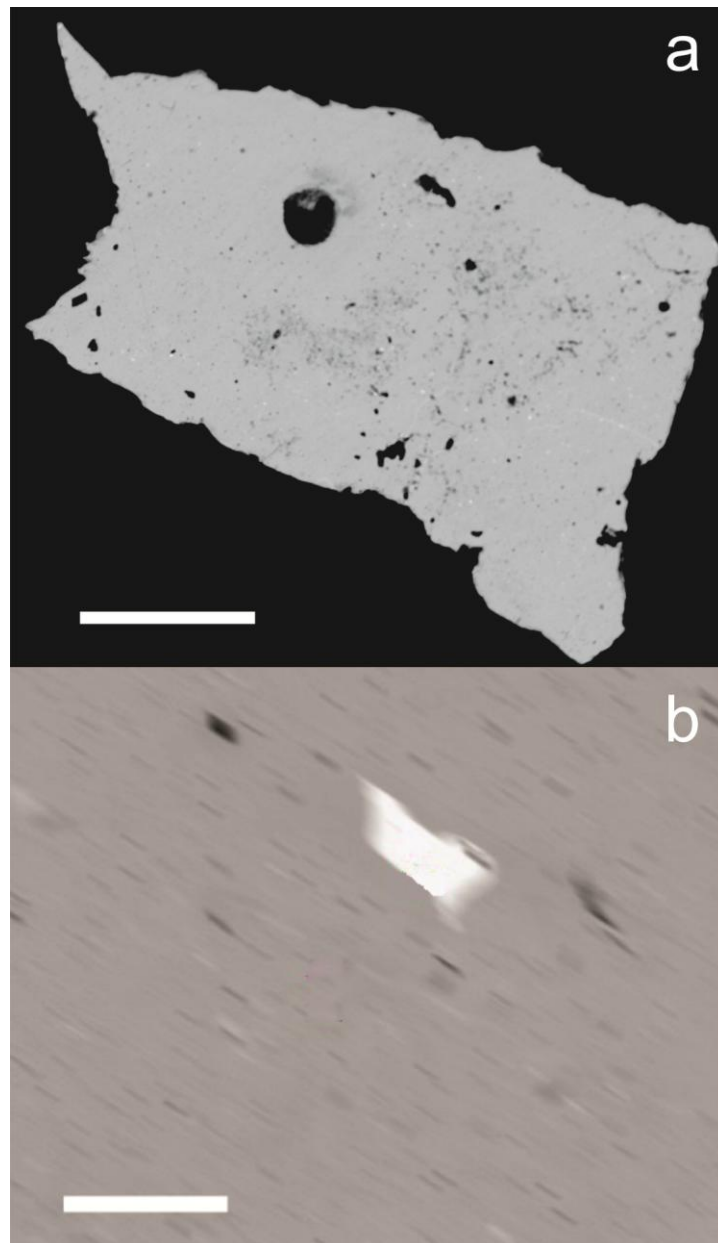


Figura 5. Em a) monazita com microinclusões finas em todo grão e em b) microinclusão de huttonita. Escala $100\mu\text{m}$ e $20\mu\text{m}$ respectivamente.

1.2 Química Mineral da Monazita

As análises químicas realizadas nas monazitas tiveram a finalidade de caracterizar a sua variação composicional, bem como observar o comportamento dos elementos terras raras e mensurar, a partir de testes das condições analíticas da microsonda eletrônica, a melhor forma de quantificar os valores de U-Th-Pb com a finalidade de calcular sua idade. O material analisado inclui lâmina delgada de rochas portadoras de monazita e seções com grãos individualizados do mineral.

Os elementos maiores analisados para a classificação das fases minerais envolvidas nas substituições são CaO, P₂O₅, Y₂O₃, SiO₂, ThO₂, além de REE_{Total}. A partir do cálculo de cada molécula proposto por Linthout (2007), observa-se a concentração dos dados dentro do campo da monazita, mas com um *trend* de variação composicional na direção da huttonita para todas as amostras estudadas (Figura 6). Análises representativas das amostras estudadas estão representadas na Tabela 4.

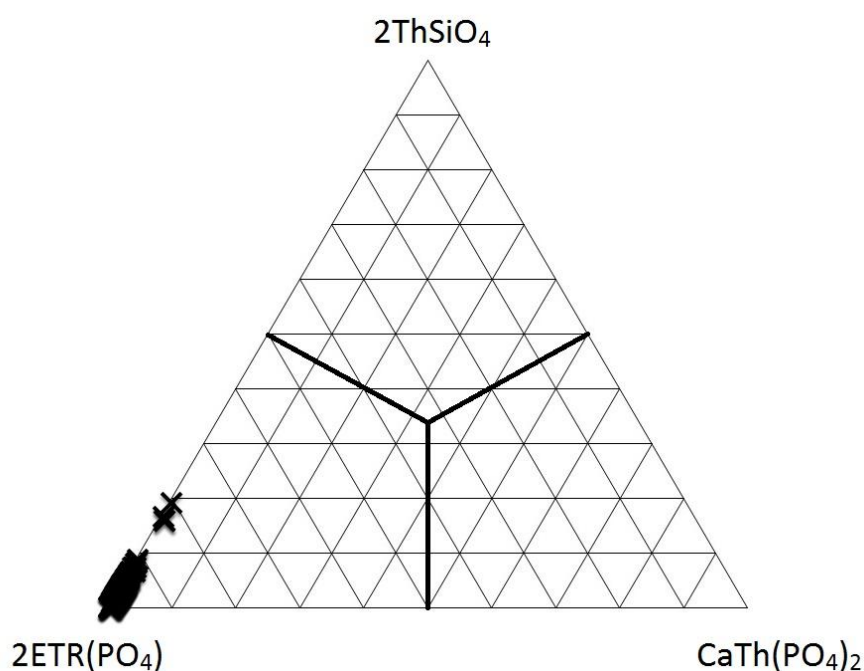


Figura 6. Variação composicional da monazita estudada no diagrama ternário de Linthout (2007).

Tabela 4. Análise químicas representativas da composição das monazitas hidrotermais do Maciço Mangabeira e idades pontuais de cada ponto.

SiO ₂	Y ₂ O ₃	P ₂ O ₅	CaO	La ₂ O ₃	Ce ₂ O ₃	Pr ₂ O ₃	Nd ₂ O ₃	Sm ₂ O ₃	Gd ₂ O ₃	PbO	ThO ₂	UO ₂	Total	Idade relativa	Amostra
0.44	0.09	24.97	0.27	17.87	36.42	3.54	10.24	2.08	1.01	0.07	2.85	0.11	99.96	514	MMNBO
0.41	0.20	24.13	0.47	17.80	35.79	3.49	9.77	1.94	1.02	0.18	4.62	0.14	99.93	794	MMNBO
0.49	0.16	25.07	0.37	17.99	35.30	3.40	9.90	2.02	1.12	0.24	3.81	0.13	100.00	1250	MMNBO
1.02	0.00	26.78	0.99	17.95	34.19	2.86	8.42	1.28	1.09	0.42	4.79	0.20	99.98	1634	MM18
0.11	0.12	25.70	0.61	17.72	37.26	3.13	9.01	1.10	0.98	0.25	3.81	0.12	99.91	1275	MM18
0.40	0.06	25.83	1.34	17.81	35.73	2.95	8.17	1.55	1.02	0.39	4.56	0.14	99.94	1671	MM18
1.10	0.08	24.23	0.30	17.89	37.09	3.41	9.39	1.56	0.69	0.23	3.73	0.27	99.96	1071	MMNB2
0.54	0.00	24.53	0.14	17.93	38.46	3.29	8.84	1.50	0.47	0.24	3.77	0.26	99.98	1120	MMNB2
0.63	0.00	24.01	0.00	17.88	38.18	3.25	8.81	1.53	0.52	0.29	4.57	0.30	99.96	1125	MMNB2
0.34	0.11	25.95	0.89	17.81	35.80	3.23	8.88	1.45	0.47	0.31	4.37	0.32	99.94	1249	ML9D
0.12	0.27	22.99	0.00	17.87	37.38	3.23	11.46	2.99	1.53	0.09	1.78	0.26	99.96	755	ML9D
0.47	0.08	24.39	0.92	17.05	36.73	3.43	8.80	1.95	1.19	0.31	4.37	0.32	100.01	1244	ML9D

O material estudado apresenta variação significativa da concentração de ThO_2 de modo a ser possível em mapas de composição WDS observar esse zoneamento composicional, feições essas não observadas em lâmina e imagens de elétrons retroespalhados (Figura 7).

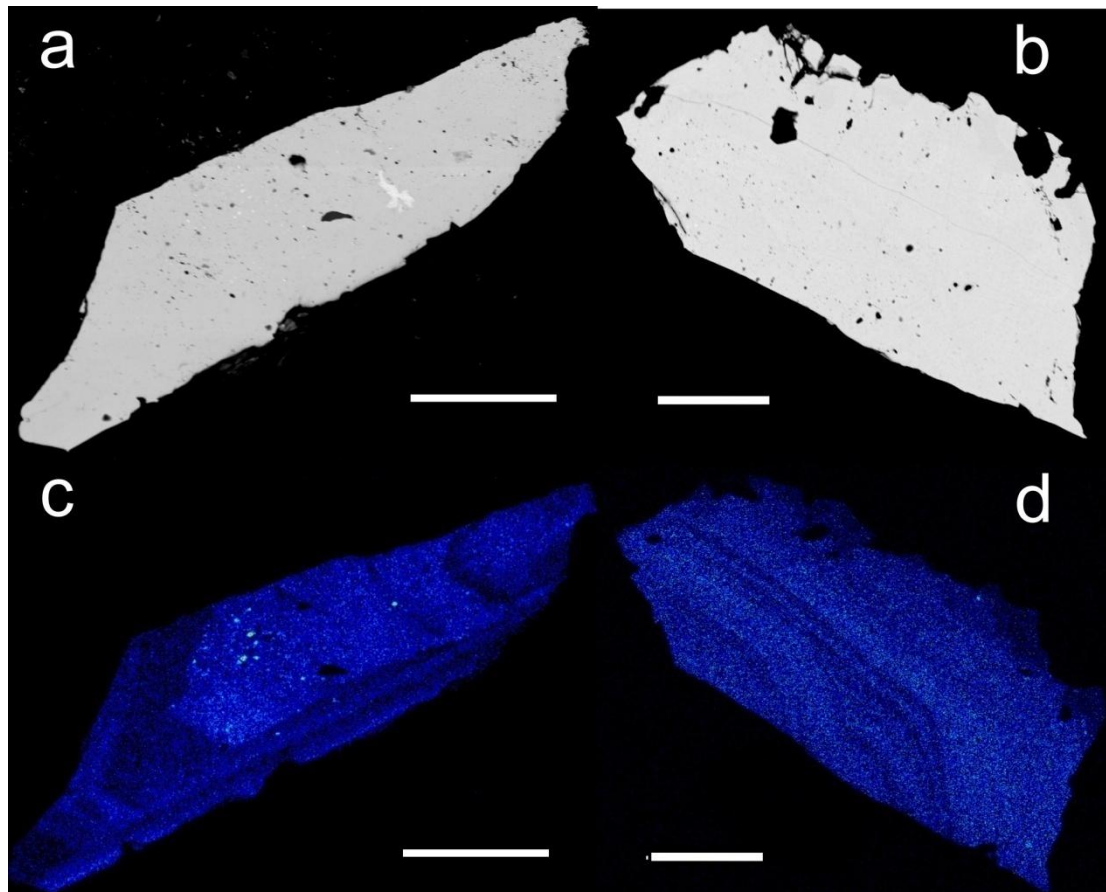


Figura 7. Em a) e b) cristais de monazita da amostra MMNBO em imagem de elétrons retroespalhados. Em c) e d) mapas composicionais mostrando inclusões (em c), e a variação de Th dentro do cristal, com maior concentração nas áreas mais claras. Escala: 50 μm .

As imagens mostram um zoneamento sistemático sem feições de reabsorção, reequilíbrio ou até mesmo de cristais herdados de encaixantes e afins. Essas observações indicam aparentemente a ausência de reequilíbrio do sistema o que afetaria diretamente os dados a serem adquiridos para a datação química.

Os Elementos Terras Raras apresentam um comportamento normal para monazita, com forte fracionamento entre ETRL e ETRP. A ausência de anomalia negativa de európio é típica de monazitas hidrotermais (Williams *et al.*, 2007). O espalhamento observado no padrão das terras raras pesados ocorre devido à baixa concentração, próxima ao limite de detecção da microsonda, diminuindo a precisão analítica (Figura 8). A relação entre

La-Ce-Nd as terras raras mais abundantes em monazita, apresenta valores relativos com $Ce > La > Nd$, indicando a classificação química do mineral como monazita-Ce.

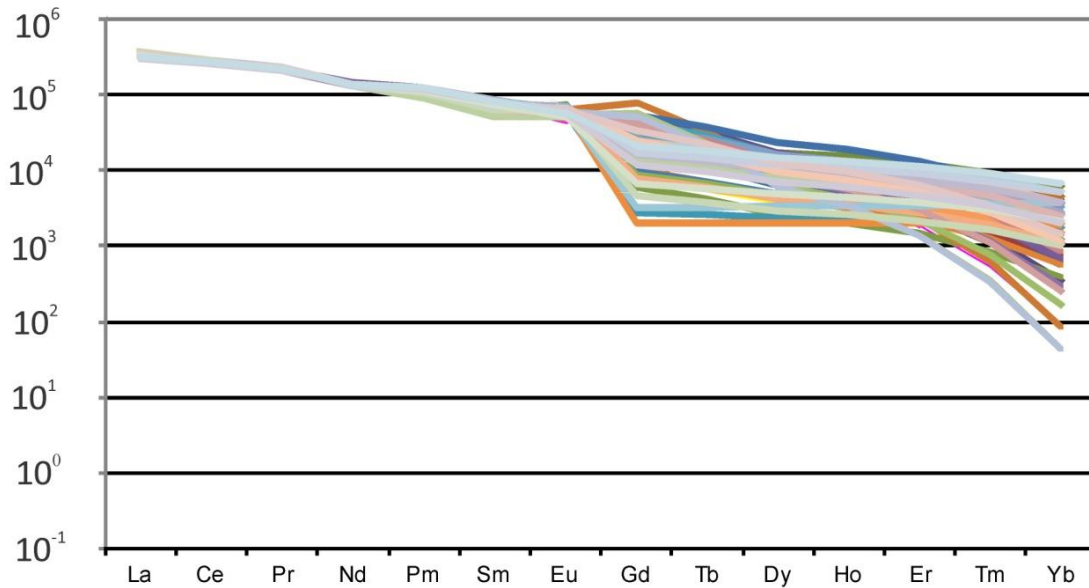


Figura 8. Padrões de Elemento Terras Raras, normalizados ao condrito de Boynton (1984), para as monazitas hidrotermais do Maciço Mangabeira.

1.3 Datação Química

As amostras trabalhadas mostram idades pontuais dentro do intervalo que vai do final do Paleoproterozoico ao início do Cambriano. Os resultados de ThO_2 , UO_2 e PbO das amostras são apresentados no Anexo 2, junto também com os valores de ThO_2^* (soma das medidas ThO_2 e ThO_2 equivalente do UO_2 medido para monazita). Os grupos de idades pontuais de cada amostra analisada estão ilustrados em histograma (Figura 9). As idades obtidas por meio do ISOPLOT estão listadas na Tabela 5, com o total de número de análises e número de análises utilizadas para o cálculo da idade.

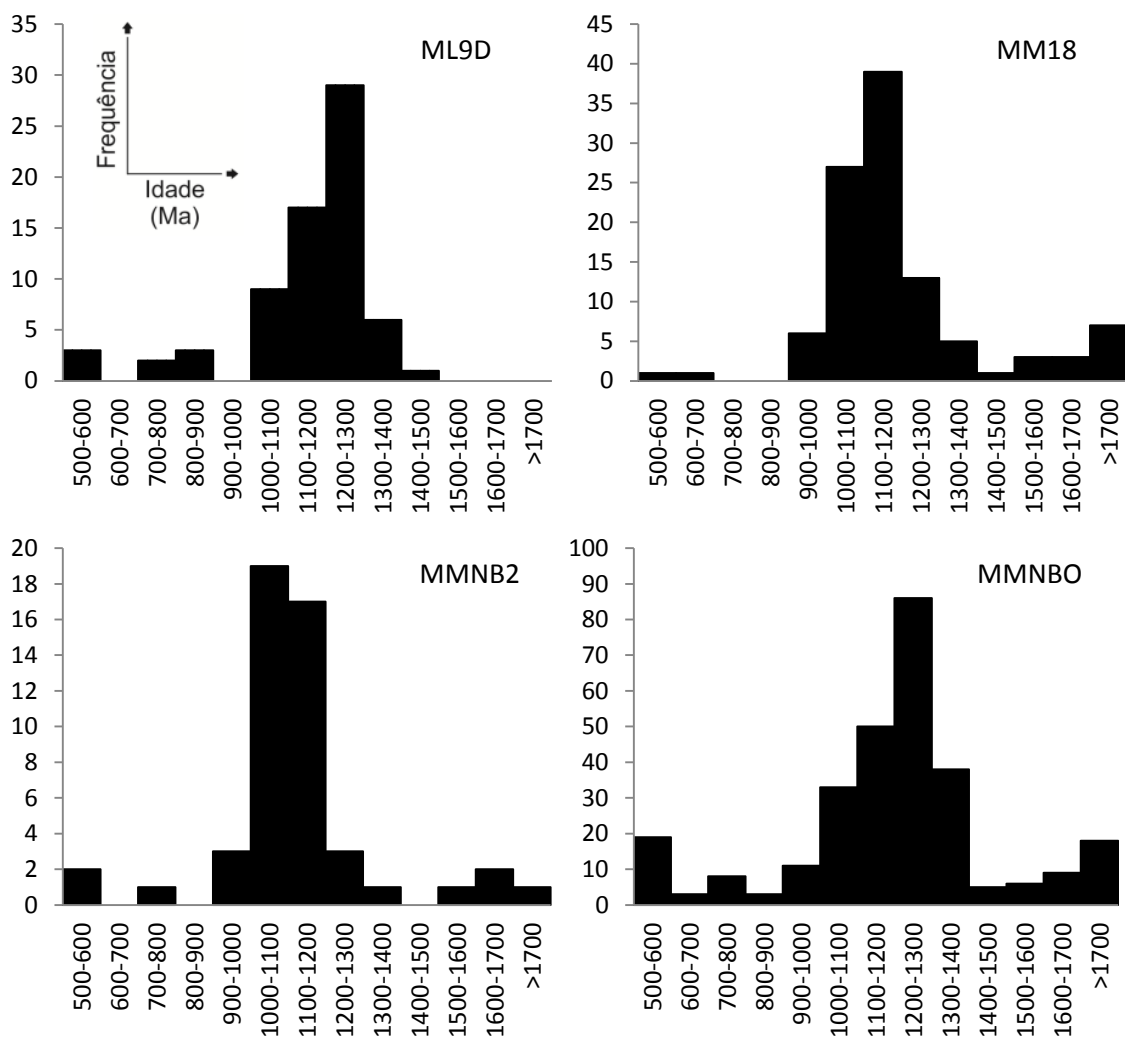


Figura 9. Gráfico de idades pontuais das amostras trabalhadas considerando todos os pontos analisados.

Tabela 5. Resumo das análises por amostra do Maciço Mangabeira e idade obtida por microsonda eletrônica.

Amostra	Número de análises	Número de análise utilizado para o calculo de idade	Idade (Ma)
MM18	87 em 3 cristais	39 em 3 cristais	1432±78
ML9D	70 em 4 cristais	37 em 4 cristais	1421±51
MMNBO	270 em 11 cristais	139 em 16 cristais	1352±77
MMNB2	34 em 4 cristais	27 em 4 cristais	1319±35

2 Discussões

Os dados obtidos neste trabalho e dados da literatura sobre geocronologia dos granitos do tipo A da PEG permitem separar as idades em três grupos, que serão discutidos separadamente: idades ≥ 1700 Ma; idades entre 900 e 1400 Ma e idades < 600 Ma.

2.1 Idades ≥ 1700 Ma

Dados geocronológicos anteriores indicam uma idade de 1767 Ma para o biotita granito PB1C dominante no Maciço Mangabeira (U-Pb em zircão; Pimentel *et al.*, 1991). Não existem datações nos greisens, mas uma datação química em monazita de greisen do Maciço Pedra Branca, associado a granitos PB2D mais jovens, que indicou uma idade de 1712 ± 18 Ma (Teixeira, 2002)(Figura 10). As monazitas analisadas das amostras MM18, MMNB2 e MMNBO tiveram o mesmo resultado quando observados os conjuntos de idades pontuais. Essas idades encontradas estariam associadas ao evento hidrotermal que formou essas monazitas, provavelmente contemporâneo aos eventos de intrusão e cristalização dos maciços graníticos, assim como ocorreu no Maciço Pedra Branca.

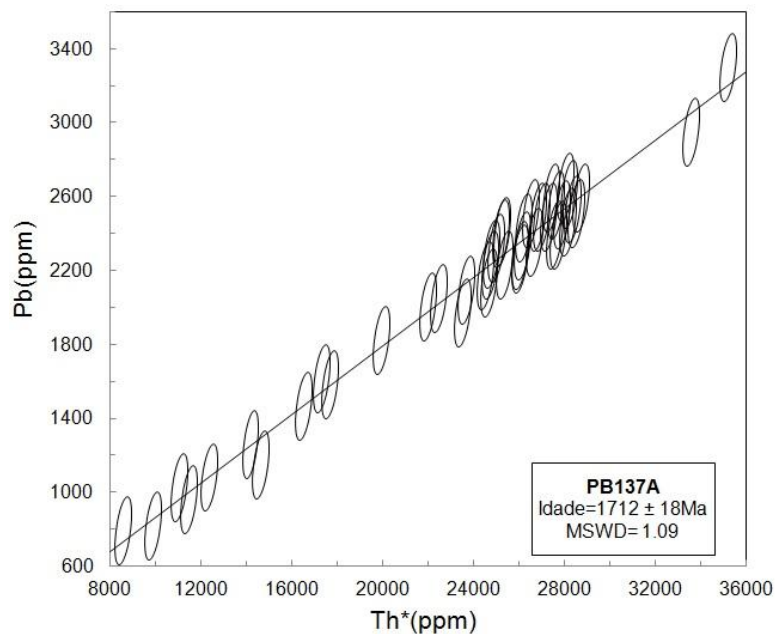


Figura 10. Diagrama Pb x Th* de idade em monazita do greisen Pedra Branca (Teixeira, 2002).

2.2 Idades entre 900 e 1400 Ma

Observando as idades pontuais é notório que a maior população das idades está dentro do intervalo de 900 a 1400 Ma (Figura 8), as idades absolutas também encontram-se dentro do mesmo espaço temporal (Figura 11). Essas idades são mais jovens que as idades reportadas para os demais corpos da Suíte Pedra Branca, entre 1720 e 1767 Ma. Estas idades não têm significado geológico regional e representam apenas uma perda parcial de Pb, inerente às condições do metamorfismo imposto pela orogênese Brasileira na região da Subprovíncia Paranaã.

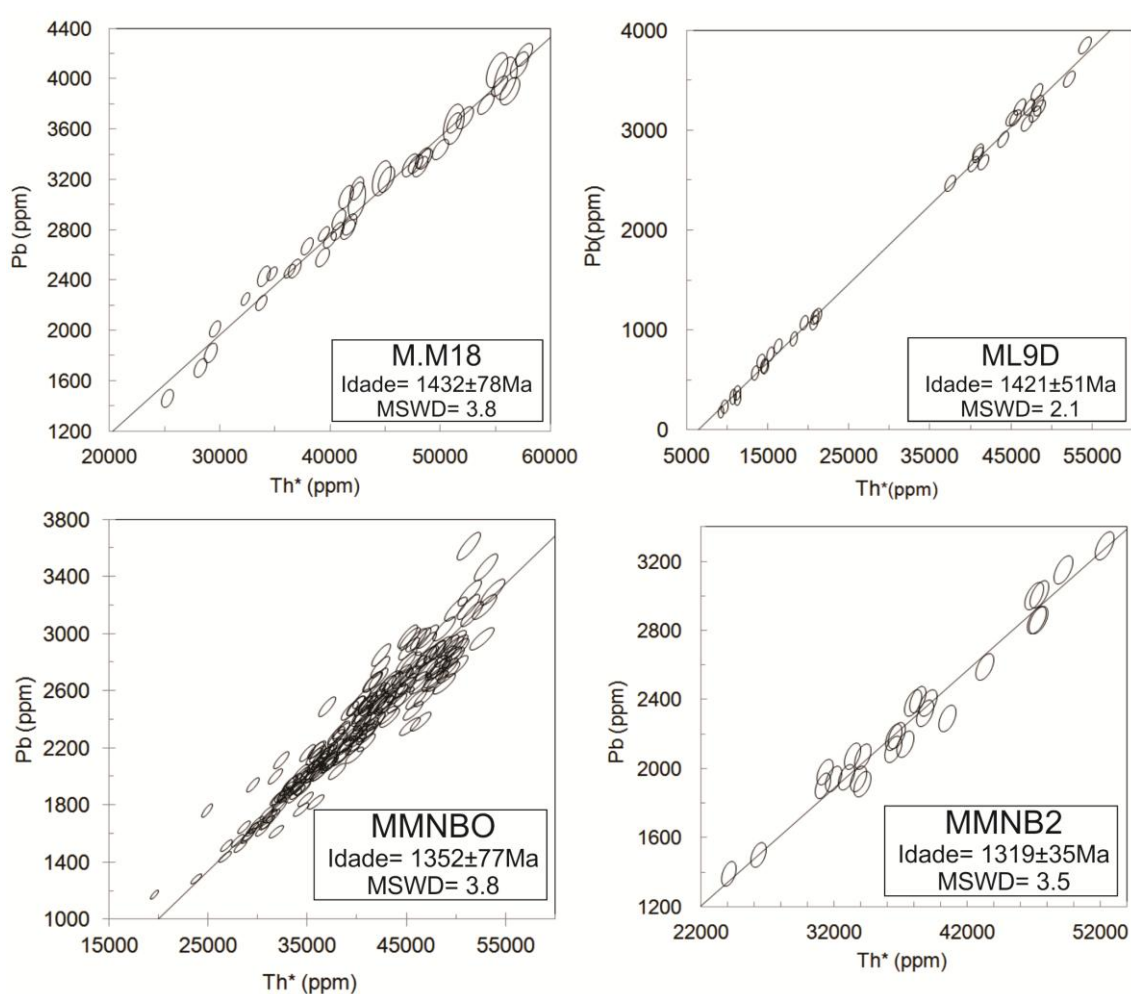


Figura 11. Gráfico Th*xPb com regressão linear e idade encontrada para as amostras MM18, ML9D, MMNBO e MMNB2.

2.3 Idades ≤ 600 Ma

Idades de K-Ar em concentrados de muscovita, do Maciço Mangabeira indicam influência do evento Brasileiro na região, representada por idades entre 567 ± 14 e 553 ± 13 Ma (Sparrenberger, 1999). Além disto, a influência do evento Brasileiro na

PEG é comprovada nos maciços paleoproterozoicos da Suíte Serra da Mesa (Figura 1), cujas idades (U-Pb, zircão) situam-se entre 1.570 e 1.610 Ma. (Pimentel e Botelho, 2001, Teixeira, 2002). No maciço Serra Dourada, pertencente a esta mesma suíte, a idade química de U-Th-Pb em monazita magmática é de 571 ± 24 Ma (Teixeira, 2002), mostrando um reequilíbrio total do sistema químico da monazita provocado pela orogênese Brasileira.

As idades pontuais obtidas no Maciço Mangabeira, com um intervalo mais jovem entre 500 e 600 Ma (Figura 8), mostram esse mesmo reequilíbrio do sistema U-Th-Pb, associado á remoção do Pb radiogênico durante o evento Brasileiro. Para efeito de comparação e validação do método empregado neste trabalho, foi analisada monazita proveniente do Maciço Serra do Encosto, também pertencente à suíte Serra da Mesa, que revelou uma idade de 487 ± 38 Ma (Figura 12),

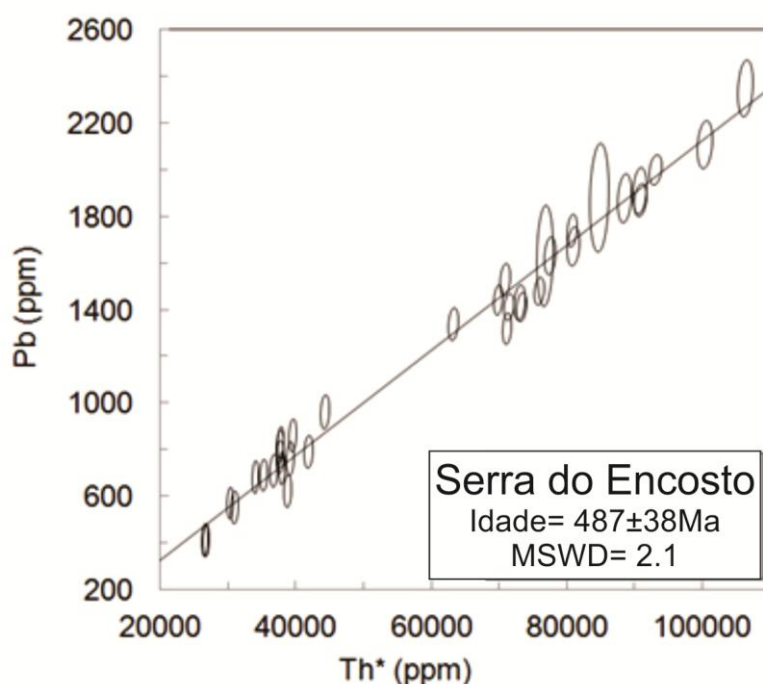


Figura 12 Gráfico Th*xPb com regressão linear e idade encontrada para o Maciço Serra do Encosto.

Há na literatura uma ampla discussão sobre as condições de fechamento do sistema U-Th-Pb da monazita, onde a temperatura de fechamento do Pb pode chegar a 730° C (Copeland et al., 1988; Parrish, 1990). Outros autores (Smith e Barreiro, 1990; Suzuki e Adachi, 1991a, 1994; Smith et al., 1992; Suzuki et al., 1994) retratam que o chumbo é largamente retido na monazita durante a superimposição de condições de metamorfismo de alto grau. Todavia a perda de chumbo pode ocorrer nesses casos, durante o processo

de resfriamento do metamorfismo, por conta da percolação de fluidos que alteram as condições de fechamento da estrutura da monazita.

No caso do Maciço Mangabeira, os dados deste trabalho indicam que houve um reequilíbrio das monazitas, representado por idades distribuídas em intervalos entre as idades de cristalização e idades relacionadas ao pico metamórfico do Ciclo Brasileiro, em torno de 600 Ma. As condições de metamorfismo de baixo grau atuantes na região estudada alterou fracamente a estabilidade da monazita, permitindo apenas a saída parcial de Pb e não alterou por completo as condições iniciais do sistema U-Th-Pb.

Capítulo III

1. Considerações finais

As rochas mineralizadas em Sn do Maciço Mangabeira contêm monazitas hidrotermais, cuja composição química varia em direção ao polo da huttonita, com valores médios de ThO₂ de até 3.66% e de U de até 0.21%.

As condições utilizadas para a implementação do método de datação química em monazita obtiveram dados coerentes, quando comparados aos dados da literatura sobre geocronologia do Maciço Mangabeira e demais Maciços graníticos do tipo-A da Província Estanífera de Goiás (PEG);

Dois conjuntos de idades pontuais e o conjunto de idades absolutas, sendo o último sem significado geológico, foram encontrados nas amostras estudadas: maiores que 1700 Ma, entre 900 e 1400 Ma e entre 500 e 600 Ma respectivamente;

As idades maiores que 1700 Ma, observada nas idades pontuais, são compatíveis com as idades reportadas para granitos da Suíte Pedra Branca. Estas idades estariam associadas ao evento hidrotermal que formou as monazitas, provavelmente contemporâneo aos eventos de intrusão e cristalização dos maciços graníticos.

O conjunto das idades pontuais entre 500 e 600 Ma mostra a influência de ciclo Brasileiro na região estudada. Esta influência é comprovada na literatura por idades K-Ar em micas hidrotermais do Maciço Mangabeira, situadas neste mesmo intervalo. A intensidade dos efeitos tectonotermiais do evento Brasileiro é maior na parte oeste da PEG, na Subprovíncia Tocantins, onde, de acordo com dados da literatura, as monazitas sempre apresentam idades dentro deste intervalo, apesar da idade de cristalização dos Maciços graníticos situar-se entre 1570 e 1610 Ma (U-Pb em zircão). Neste trabalho, foi datada monazita de um desses maciços, Serra do Encosto, que revelou idade de 530 Ma.

A idade química obtida na monazita da Serra do Encosto, compatível com idades químicas em monazita da Suíte Serra da Mesa, divulgadas na literatura, valida os métodos adotados para datação química em monazita, executada no Laboratório de Microsonda Eletrônica do Instituto de Geociências da Universidade de Brasília.

2. Referências Bibliográficas

- Almeida, F.F.M., Hasui Y., De Brito Neves, B.B. and Fuck, R.A., 1981. Brazilian structural provinces: na introduction. *Earth-Sci. Rev.*,17:1-29.
- Botelho, N.F., 1992b. Caracterização de duas famílias de granitos subalcalinos a peraluminosos na subprovíncias estanífera de Paranã: consequências sobre a geologia , a petrologia e a metalogenia dos granitos estaníferos de Goiás. In: CONG. BRAS. GEOL.,37º, São Paulo, 1992. Anais...São Paulo,SBG,p.360-361
- Boynnton, W.V. 1984. Geochemistry of the rare earth elements: meteorite studies. In: HENDERSON, P. (ed), *Rare Earth Element Geochemistry*, Elsevier, 63–114.
- Braun, I., Montel, J.M., Nicollet, C., 1998. Electron microprobe dating of monazite from high-grade gnaisses and pegmatites of the Kerala Khondalite Belt, southern India. *Chemical Geology* 146, 65–85.
- Bühn, B.; Pimentel, M.M.; Matteini, M.; Dantas, E.L. (2009). High spatial resolution analysis of Pb and U isotopes for geochronology by laser ablation multi-collector inductively coupled plasma mass spectrometry (LA-MC-ICP-MS). *Annals of the Brazilian Academy of Sciences*. V. 81: p.1-16
- Chaves, A.O., Oliveira, E.K., Garcia, L.R.A. Desenvolvimento do método de datação química U-Th-Pb de monazita por microsonda eletrônica na UFMG. *Geonomos*, 21(2), 13-18, 2013.
- Cherniak, D.J., Watson, E.B., Grove, M., Harrison, T.M., 2004. Pb diffusion in monazite: a combined RBS/SIMS study. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 68, 829–840.
- Cocherie, A., Albarède, F., 2001. An improved U–Th–Pb age calculation for electron microprobe dating of monazite. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 65, 4509–4522.

- Cocherie, A., Guerrot C., Fanning, C.M., Legendre, O., 2001. Role of metamictization and alteration on U–Pb zircon age determination using various methods. In: Eleventh Annual Goldschmidt Conference, #3504. LPI Contribution N° 1088, Lunar and Planetary Institute, Houston (CD-ROM).
- Cocherie, A., Legendre, O. Peucat, J-J., Kouamelan, A.N., 1998. Geochronology of polygenetic monazites constrained by in situ electron microprobe Th-U-total lead determination: Implications for lead behavior in monazite. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 62:2475-2497.
- Cocherie, A., Legendre, O., 2007. Potential minerals for determining U-Th-Pb chemical age using electron microprobe. *Lithos*.P. 288-309.
- Copeland, P., Parrish, R.R., Harrison, T.M., 1988. Identification of inherited radiogenic Pb in monazite and its implications for U–Pb systematics. *Nature* 333, 760–763.
- Finger, F., Broska, I., Roberts, M.P., Schermaier, A., 1998. Replacement of primary monazite by apatite–allanite–epidote coronas in amphibolite faciès gnaiss from the eastern Alps. *American Mineralogist* 83, 248–258.
- Förster, H.-J., 1998. The chemical composition of REE-Y-Th-U-rich accessor minerals in peraluminous granites of the Ersgebirge-Fichtelgebirge region, Germany, Part I: The monazite-(Ce)-brabantite solid solution series. *American Mineralogist*, 83:259-272.
- Freitas, M.E., 2000. A evolução dos greisens e mineralização estanífera do morro da Laranjinha, Maciço granítico Mangabeira, GO. Tese de Doutorado Universidade de Brasília, Brasil.
- Gardés, E.; Montel, J. M.; Seydoux-Guillaume, A. M.; Wirth, R, 2007. Pb diffusion in monazite: New constraints from the experimental study of Pb²⁺ ↔ Ca²⁺ interdiffusion. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, v. 71, p. 4036-4043, 2007.
- Hasui, Y.; Tassinari, C.C.G.; Siga JR., O.;Teixeira, W.; Almeida, F.F.M. de ; Kawashita, K. 1980. Datações Rb-Sr e K-Ar do centro-norte do Brasil e seu significado geológico-geotectônico. In: SGB, Congresso Brasileiro de Geologia, 31, Balneário de Camboriú, Anais,. 5:2659-2676
- Linthout, K. 2007. Tripartite division of the system 2REEPO₄-CaTh(PO₄)₂-2ThSiO₄, discreditation of brabantite, and recognition of cheralite as the

- name for members dominated by $\text{CaTh}(\text{PO}_4)_2$. *The Canadian Mineralogist*. 45, pp 243-247.
- Ludwig, K.R. 1993. ISOPLOT - A Plotting and Regression Program for Radiogenic-Isotope Data, Version 2.70. June 9, 1993 revision of *U.S. Geological Survey Open File Report 91-445*, 42p.
- Marini, O.J. e Botelho, N.F. (1986). A Província de granitos estaníferos de Goiás. *Revista Brasileira de Geociências*. 16(1):119-131.
- Montel, J.M., Foret, S., Veschambre, M., Nicollet, C., Provost, A., 1996. Electron microprobe dating of monazite. *Chemical Geology* 131, 37–53.
- Montel, J.-M., Kornprobst, J., Vielzeuf, D., 2000. Preservation of old U–Th–Pb ages in shielded monazite: example from the Beni Bousera Hercynian kinzigites (Morocco). *J. Metamorphic Geol.* 18, 335–342.
- Montel, J.M., Veschambre, M., Nicollet, C., 1994. Datation de la monazite à la microsonde électronique. *Comptes Rendus del' Academie de Sciences, Paris* 318, 1489–1495.
- Parrish, R.R., 1990 U-Pb dating of monazite and its applications to geological problems. *Canadian Journal of Earth Science*, 27: 1431-1450.
- Pimentel M. M. & Botelho N. F. 2001. Sr and Nd isotopic characteristics of 1,77-1,58 Ga rift-related granites and volcanics of the Goiás tin province, Central Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **73**: 263 – 276
- Pimentel M.M., Heaman L., Fuck R.A. 1991. Zircon and shpene Pb-U geochronology of Upper Proterozoic volcanic-arc rock units from southwestern Goiás, central Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 4:329-339.
- Podor, R.; Cuney, M. Experimental study of Th- bearing LaPO_4 (780° C, 200 Mpa): Implications for monazite and actinide orthophosphate stability. *American Mineralogist*, v. 82, p. 765-771, 1997.
- Rhede, D., Wendt, I., Förster, H.J., 1996. A three-dimensional method for calculating independent chemical U/Pb- and Th/Pb-ages of accessory minerals. *Chemical Geology* 130, 247–253.

- Seydoux-Guillaume, A. M.; Paquette, J. L.; Wiedenbeck, M.; Montel, J. M.; Heinrich, W. Experimental resetting of the U-Th-Pb systems in monazite. *Chemical Geology*, v. 191, p. 165-181, 2002.
- Smith, H.A., Barreiro, B., 1990. Monazite U–Pb dating of staurolite grade metamorphism in pelitic schist. *Contrib. Miner. Petrol.* 105, 602–615.
- Smith, H.A., Chamberlain, C.P., Zeitler, P.K., 1992. Documentation of Neogene regional metamorphism in the Himalayas of Pakistan using U–Pb in monazite. *Earth Planet. Sci. Lett.* 113, 93–105.
- Sparrenberger, I., Tassinari, C.C.G., 1999. Subprovíncia do rio Paranã (GO): um exemplo de aplicação dos métodos de datação U-Pb e Pb-Pb em cassiterita. *Revista Brasileira de Geociências*. V. 29, n.3 (1999).
- Suzuki, K., Adachi, M., Tanaka, T. 1991 Middle Precambrian provenance of Jurassic sandstone in the Mino Terrane, central Japan: Th-U-total Pb evidence from an electron microprobe monazite study. *Sedimentary Geology*, **75**: 141-147.
- Suzuki, K., Adachi, M., 1991. Precambrian provenance and Silurian metamorphism of the Tsubonosawa paragneiss in the South Kitakami terrane, Northeast Japan, revealed by the chemical Th– U-total Pb isochron ages of monazite, zircon and xenotime. *Geochemical Journal* 25, 357–376.
- Suzuki, K., Adachi, M., 1991a. Precambrian provenance and Silurian metamorphism of the Tsubonosawa paragneiss in the South Kitakami terrane, revealed by the chemical Th–U–total Pb isochron ages of monazite, zircon and xenotime. *Geochem. J.* 25, 357–376.
- Suzuki, K., Adachi, M., Kajizuka, I., 1994. Electron microprobe observations of Pb diffusion in metamorphosed detrital monazites. *Earth Planet. Sci. Lett.* 128, 391–405.
- Teixeira, L. M. 2002. Caracterização de minerais portadores de terras raras e sua aplicação à petrografia e geocronologia de granitos das subprovíncias Tocantins e Paranã – Goiás. Tese de Doutorado Universidade e Brasília, Brasil.
- Ueda, T., 1953. The crystal structure of monazite (CePO₄). *Memoir Collection Sciences, University of Kyoto (Serie B)*. 20:225-246.

- Valeriano C.M., Dardenne M.A., Fonseca M.A., Simões L.S.A., Seer H.J. 2004. A evolução tectônica da Faixa Brasília. In: V. Mantesso-Neto, A. Bartorelli, C.D.R. Carneiro, B.B. Brito Neves (eds). Geologia do Continente Sul-Americano: evolução e obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. Beca, São Paulo, p.575-593
- Vlach, S. R. F., 2010. Th-U-PbT Dating by Electron Probe Microanalysis, Part I. Monazite; Analytical Procedures and Data Treatment. Revista do Instituto de Geociências – USP. Geol.USP, Sér. Cient., São Paulo, v. 10, n.1, p. 61-85, março 2010.
- Vlach, S. R. F.; Dantas, E. L. Polygenetic monazite from the São José do Campestre Massif, Borborema Province, NE Brazil: insights from EPMA chemical and dating studies. In: South American symposium on isotope geology, 3., Pucón, 2001. Extended Abstracts. Pucon, Sociedad Geologica de Chile, 2001. p. 83-86.
- VIEIRA, C. C., BOTELHO, N. F., and GANIER, J., 2019. Geochemical and mineralogical characteristics of REEY occurrences in the Mocambo Granitic Massif tin-bearing A-type granite, central Brazil, and its potential for ion-adsorption-type REEY mineralization. Ore Geology Reviews. 105, 467-486.
- Williams, M.L., Jercinovic, M.J., 2002. Microprobe monazite geochronology: putting absolute time into microstructural analysis. Journal of Structural Geology 24, 1013–1028.
- Williams, M.L., Jercinovic, M.J., and Hetherington, C.J. (2007) Microprobe monazite geochronology: Understanding geologic processes by integrating composition and chronology. Annual Review of Earth and Planetary Sciences, 35, 137–175.
- Williams, M.L., Scheltema, K.E., Jercinovic, M.J., 2001. Highresolution compositional mapping of matrix phases: implications for mass transfer during crenulation cleavage development in the Moretown Formation, western Massachusetts. Journal of Structural Geology 23, 923–939.

Anexos

Anexo 1. Páginas do progema excel mostrando como foram realizados os calculos de idade.

INSTRUÇÕES

- Inserir dados dos respectivos elemento na coluna associada;
- Buscar dados de erro a associado a cada análise e inserir na coluna 'er.' do respectivo elemento;
- Completar os demais itens da tabela com exceção da coluna 'Idade(Ma)';

PS.: É a partir desta abas todos os demais calculos serão

Dados obtidos pela microssonda											Dado em elemento e ppm		
N	PbO	er.Pb	ThO2	er.Th	UO2	er.U	Total	Amostra	Idade (Ma)		Pb	Th	U
1													
3	1	0.368	0.76	5.309	0.35	0.34	0.39	4.732	MMNBO(B) 1-10_1	1164	3187.8	49663.2	2997.18
4	2	0.379	0.76	5.315	0.35	0.346	0.39	3.686	MMNBO(B) 1-10_1	1192	3283.09	49719.4	3050.07
5	3	0.319	0.76	4.377	0.35	0.281	0.39	4.423	MMNBO(B) 1-10_1	1220	2763.34	40944.8	2477.08
6	4	0.329	0.76	4.383	0.35	0.286	0.39	4.939	MMNBO(B) 1-10_1	1251	2849.97	41000.9	2521.16
7	5	0.362	0.76	5.345	0.35	0.356	0.39	4.086	MMNBO(B) 1-10_1	1131	3135.83	50000	3138.22
8	6	0.175	0.76	2.765	0.35	0.237	0.39	4.544	MMNBO(B) 1-10_1	1011	1515.94	25865.3	2089.21
9	7	0.249	0.76	4.188	0.35	0.317	0.39	4.209	MMNBO(B) 1-10_2	975	2156.96	39176.8	2794.43
10	8	0.34	0.76	5.173	0.35	0.341	0.39	3.201	MMNBO(B) 1-10_3	1101	2945.25	48391	3005.99
11	9	0.331	0.76	4.965	0.35	0.322	0.39	3.162	MMNBO(B) 1-10_4	1119	2867.29	46445.3	2838.5
12	10	0.307	0.76	4.779	0.35	0.322	0.39	3.613	MMNBO(B) 1-10_5	1073	2659.39	44705.3	2838.5
13	11	0.235	0.76	3.688	0.35	0.28	0.39	4.528	MMNBO(B) 1-10_6	1073	2035.69	34499.5	2468.27
14	12	0.278	0.76	4.497	0.35	0.305	0.39	4.357	MMNBO(B) 1-10_7	1073	2408.18	42067.4	2688.65
15	13	0.226	0.76	4.31	0.35	0.297	0.39	4.651	MMNBO(B) 1-10_8	1073	1957.73	40318.1	2618.12
16	14	0.327	0.76	5.131	0.35	0.335	0.39	4.529	MMNBO(B) 1-10_9	1073	2832.64	47998.1	2953.1
17	15	0.318	0.76	5.099	0.35	0.332	0.39	4.42	MMNBO(B) 1-10_10	1073	2754.68	47698.8	2926.66
18	16	0.288	0.76	4.427	0.35	0.326	0.39	4.523	MMNBO(B) 1-10_11	1073	2494.8	41412.5	2873.77
19	17	0.208	0.76	3.326	0.35	0.262	0.39	4.19	MMNBO(B) 1-10_12	1073	1801.8	31113.2	2309.59
20	18	0.299	0.76	4.55	0.35	0.325	0.39	5.2	MMNBO(B) 1-10_13	1073	2590.09	42563.1	2864.95
21	19	0.297	0.76	4.569	0.35	0.321	0.39	4.575	MMNBO(B) 1-10_14	1073	2572.77	42740.9	2829.69
22	20	0.417	0.76	5.291	0.35	0.338	0.39	4.396	MMNBO(B) 1-10_15	1315	3612.27	49494.9	2979.55

Calculo da Idade revisão dos dados MM18 - Microsoft Excel

Área de Transf... Fonte Alinhamento Número Estilo Células Edição

Aviso de Segurança As macros foram desabilitadas. Opções...

M5 f_x 1236871394.75392

1 **Cocherie e Albarède (2001) Ox**

2 $Pb = Pb_0 + [Th \times (M_{208}/M_{232}) \times (e^{\lambda_{232}t} - 1)] + U \times \{[(M_{206}/M_{238}) \times 0.9928 (e^{\lambda_{238}t} - 1)] + [(M_{207}/M_{235}) \times 0.0072(e^{\lambda_{235}t} - 1)]\}$

Elemento	Massa	Pb	Th	U	(1')	(2')	(3')	F(x)	T (a)	T (Ma)
²³² Th	232.038	0.254	3.936	0.159	2.226E-01	1.817E-01	1.510E-02	-8E-05	1236871395	1237
²³⁵ U	235.044	0.28	4.063	0.167	2.448E-01	1.944E-01	1.681E-02	4.8E-05	1314886331	1315
²³⁸ U	238.051	0.256	4.099	0.173	2.234E-01	1.746E-01	1.419E-02	1.9E-05	1192888408	1193
²⁰⁸ Pb	205.974	0.341	5.52	0.178	3.067E-01	1.783E-01	1.465E-02	5.4E-05	1215694462	1216
²⁰⁷ Pb	206.976	0.394	5.391	0.222	3.442E-01	2.068E-01	1.860E-02	0.00024	1390774261	1391
²⁰⁸ Pb	207.977	0.356	5.372	0.206	3.140E-01	1.882E-01	1.596E-02	2.6E-05	1276825387	1277
		0.311	4.813	0.193	2.722E-01	1.816E-01	1.509E-02	-0.0009	1236564007	1237
Constante de desintegração		0.36	5.541	0.222	3.159E-01	1.833E-01	1.530E-02	3.4E-06	1246506571	1247
λ_{232}	4.948E-11	0.415	4.792	0.204	3.598E-01	2.465E-01	2.511E-02	0.00024	1626153880	1626
λ_{235}	9.849E-10	0.38	5.306	0.168	3.419E-01	2.089E-01	1.891E-02	0.00012	1403051993	1403
λ_{238}	1.551E-10	0.353	6.026	1.25	2.090E-01	1.086E-01	7.160E-03	0.00072	767438777	767
		0.248	2.165	0.211	1.824E-01	2.794E-01	3.156E-02	-2E-05	1815455647	1815
		0.037	2.822	0.128	3.249E-02	3.507E-02	1.834E-03	0.00021	257952986	258
		0.237	3.469	0.128	2.099E-01	1.952E-01	1.693E-02	3E-05	1320230217	1320
		0.494	3.648	0.182	4.123E-01	3.876E-01	6.109E-02	-2E-05	2400477706	2400
		0.889	8.24	0.275	7.890E-01	3.219E-01	4.148E-02	-7E-05	2051558622	2052
		0.317	5.995	0.133	2.947E-01	1.565E-01	1.201E-02	0.00012	1079195961	1079

U-Th-Pb Idade Relativa ThO2+ ISOPLOT

Pronto 100%

Microsoft Excel - Ferramentas de Desenho - Calculo dos dados MMNBO Emento e ppm

CaixaDeText... fx

1 $ThO2^* = ThO2 + \{[(UO2xWTh)/(WU \times (e^{232t} - 1))]\} \times \{[(e^{235t} + 138e^{238t})/139] - 1\}$

Elemento	Massa	Constante de desintegração	
²³² Th	232.038	λ_{232}	4.948E-11
²³⁵ U	235.044	λ_{235}	9.849E-10
²³⁸ U	238.051	λ_{238}	1.551E-10
²⁰⁶ Pb	206.974	WTh	264
²⁰⁷ Pb	206.976	WU	270
²⁰⁸ Pb	207.977		

INSTRUÇÕES

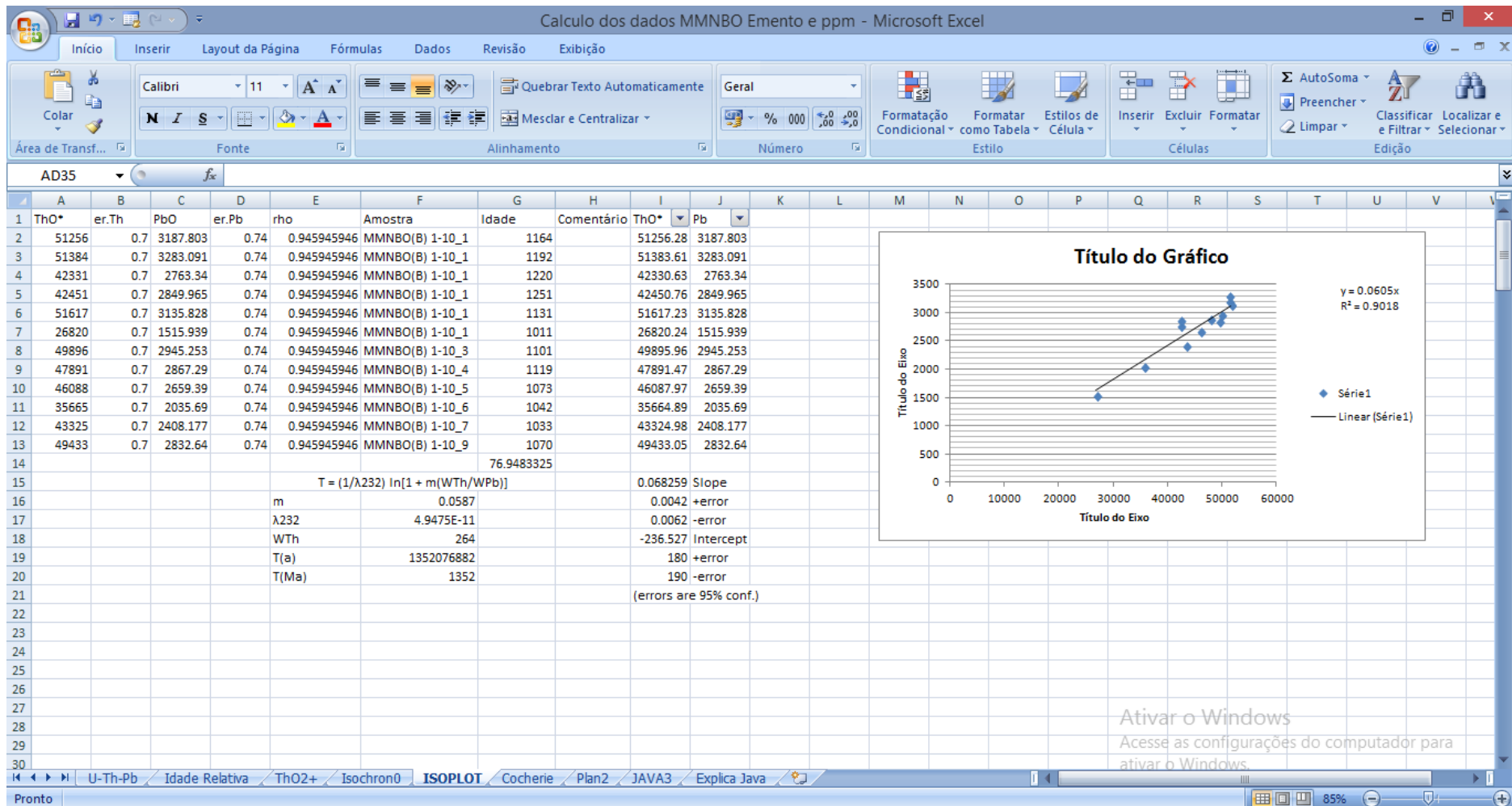
- Na aba 'ThO2+' ocorre o calculo do ThO* e a transformação simplificada do dado para ppm;
- As cores em cada intervalo da formula, são calculados nos lugares representado números 1, 2 e 3 de mesma cor.

T(a)	ThO2*	ThO2*ppm	1	2	3	
13	1163572940	51256.3	512562768	49663.237	7520.49	0.21
14	1192195904	51383.6	513836097	49719.364	7642.37	0.22
15	1220058589	42330.6	423306274	40944.808	6198.12	0.22
16	1251382821	42450.8	424507565	41000.935	6298.63	0.23
17	1130636046	51617.2	516172297	50000.000	7887.23	0.21
18	1010684178	26820.2	268202390	25865.295	5282.03	0.18
19	975465693	40406.8	404068398	39176.801	7077.31	0.17
20	1100597222	49896	498959637	48391.020	7566.14	0.20
21	1118706550	47801.5	478014720	46445.276	7138.17	0.20

Ativar o Windows
Acesse as configurações do computador para ativar o Windows.

U-Th-Pb | Idade Relativa | ThO2+ | Isochron0 | ISOPL0T | Cocherie | Plan2 | JAVA3 | Explica Java

Pronto | 115%



Anexo 2. Resultados das monazitas analisadas, além das análises de ThO₂*.

SiO ₂	Y ₂ O ₃	P ₂ O ₅	CaO	La ₂ O ₃	Ce ₂ O ₃	Pr ₂ O ₃	Nd ₂ O ₃	Sm ₂ O ₃	Gd ₂ O ₃	ThO ₂	ThO ₂ *	PbO	UO ₂	Total	Amostra
0,44	0,09	24,97	0,27	17,87	36,42	3,54	10,24	2,08	1,01	2,85	2,87	0,07	0,11	99,96	MMNBO(B)_1-1 1
0,40	0,11	24,93	0,40	17,67	37,18	3,39	9,67	1,86	1,05	2,97	3,02	0,17	0,12	99,89	MMNBO(B)_1-1 2
0,36	0,16	25,53	0,46	18,28	36,34	3,32	9,91	1,97	1,29	2,27	2,31	0,10	0,11	100,09	MMNBO(B)_1-1 3
0,70	0,08	24,79	0,36	15,50	37,25	3,52	9,52	1,64	1,01	4,38	4,45	0,28	0,14	99,17	MMNBO(B)_1-1 4
0,44	0,10	24,66	0,09	17,47	36,17	3,51	9,84	2,08	1,33	3,78	3,83	0,21	0,13	99,82	MMNBO(B)_1-1 5
0,41	0,20	24,13	0,47	17,80	35,79	3,49	9,77	1,94	1,02	4,62	4,66	0,18	0,14	99,93	MMNBO(B)_1-1 6
0,46	0,03	25,40	0,48	18,08	35,54	3,26	9,88	1,94	1,03	3,71	3,74	0,08	0,13	100,03	MMNBO(B)_1-1 7
0,97	0,00	24,22	0,23	18,08	36,06	3,32	9,74	1,88	1,24	4,11	4,13	0,06	0,12	100,03	MMNBO(B)_1-1 8
0,57	0,08	25,57	0,25	17,71	36,09	3,20	9,68	1,86	0,92	3,61	3,68	0,23	0,14	99,90	MMNBO(B)_1-1 9
0,48	0,02	25,57	0,70	18,51	34,35	3,23	10,08	2,03	1,25	3,60	3,67	0,23	0,13	100,17	MMNBO(B)_1-1 10
0,57	0,03	24,89	0,23	15,31	37,41	3,66	9,57	1,56	0,98	4,45	4,52	0,30	0,15	99,10	MMNBO(B)_1-1 11
0,62	0,16	25,00	0,86	15,00	35,99	3,55	9,14	1,55	1,03	5,57	5,65	0,37	0,15	99,00	MMNBO(B)_1-1 12
0,59	0,02	25,17	0,73	14,15	36,90	3,65	9,48	1,50	1,19	4,90	4,97	0,28	0,16	98,72	MMNBO(B)_1-1 13
0,68	0,11	24,40	1,10	14,87	36,46	3,38	8,91	1,64	1,21	5,66	5,74	0,38	0,16	98,96	MMNBO(B)_1-1 14

SiO ₂	Y ₂ O ₃	P ₂ O ₅	CaO	La ₂ O ₃	Ce ₂ O ₃	Pr ₂ O ₃	Nd ₂ O ₃	Sm ₂ O ₃	Gd ₂ O ₃	ThO ₂	ThO ₂ *	PbO	UO ₂	Total	Amostra
0,44	0,15	24,64	0,12	18,91	36,72	3,43	9,62	1,80	1,12	3,04	3,10	0,18	0,13	100,30	MMNBO(B)_1-1 16
0,44	0,11	24,53	0,36	19,00	36,68	3,54	10,02	1,88	1,12	2,39	2,44	0,13	0,13	100,33	MMNBO(B)_1-1 17
0,51	0,10	25,44	0,46	18,58	35,24	3,56	10,01	1,75	0,91	3,31	3,37	0,20	0,14	100,19	MMNBO(B)_1-1 18
0,60	0,16	25,07	1,17	16,36	35,17	3,50	9,34	1,81	0,98	4,84	4,92	0,32	0,14	99,45	MMNBO(B)_1-1 19
0,60	0,01	25,79	1,33	16,45	35,14	3,41	8,86	1,46	0,84	5,10	5,18	0,34	0,15	99,48	MMNBO(B)_1-1 20
0,41	0,05	24,41	0,63	17,67	36,44	3,37	9,91	1,76	0,94	3,91	3,98	0,25	0,14	99,89	MMNBO(B)_1-1 21
0,43	0,00	24,61	0,56	16,25	36,69	3,45	10,03	1,93	1,16	3,91	3,98	0,24	0,14	99,42	MMNBO(B)_1-2 1
0,50	0,13	24,76	1,04	17,44	34,81	3,39	10,05	2,24	1,26	3,82	3,89	0,25	0,13	99,81	MMNBO(B)_1-2 2
0,43	0,15	25,79	0,68	18,09	34,75	3,45	9,90	2,05	1,16	3,26	3,31	0,19	0,13	100,03	MMNBO(B)_1-2 3
0,56	0,01	25,22	0,17	4,60	58,96	0,75	2,34	0,54	0,21	1,96	2,00	0,09	0,12	95,53	MMNBO(B)_1-2 4
0,49	0,16	25,07	0,37	17,99	35,30	3,40	9,90	2,02	1,12	3,81	3,87	0,24	0,13	100,00	MMNBO(B)_1-2 5
0,47	0,12	24,61	0,00	18,50	36,72	3,26	9,92	2,00	1,05	3,23	3,27	0,15	0,13	100,17	MMNBO(B)_1-2 6
0,41	0,00	24,84	0,12	18,57	37,15	3,30	9,19	1,79	0,88	3,62	3,68	0,20	0,13	100,19	MMNBO(B)_1-2 7
0,49	0,04	24,80	0,48	18,27	35,69	3,34	10,18	2,06	1,23	3,20	3,25	0,19	0,12	100,09	MMNBO(B)_1-2 8
0,46	0,11	25,22	0,44	19,11	35,58	3,50	10,06	1,73	0,92	2,93	2,99	0,18	0,13	100,37	MMNBO(B)_1-2 9

SiO ₂	Y ₂ O ₃	P ₂ O ₅	CaO	La ₂ O ₃	Ce ₂ O ₃	Pr ₂ O ₃	Nd ₂ O ₃	Sm ₂ O ₃	Gd ₂ O ₃	ThO ₂	ThO ₂ *	PbO	UO ₂	Total	Amostra
0,60	0,10	24,69	0,26	18,70	36,50	3,37	9,56	1,74	1,00	3,38	3,44	0,21	0,13	100,23	MMNBO(B)_1-2 10
0,54	0,13	24,11	0,36	19,22	36,44	3,30	9,93	1,66	1,06	3,36	3,41	0,19	0,12	100,41	MMNBO(B)_1-2 11
0,62	0,13	24,54	0,69	18,55	35,80	3,20	9,89	1,81	1,12	3,50	3,56	0,23	0,13	100,18	MMNBO(B)_1-2 12
0,56	0,01	24,00	0,11	18,43	37,31	3,42	9,98	1,63	0,95	3,41	3,47	0,22	0,13	100,14	MMNBO(B)_1-2 13
0,55	0,11	24,81	0,66	18,55	35,06	3,44	10,21	1,82	0,98	3,63	3,69	0,22	0,14	100,18	MMNBO(B)_1-2 14
0,55	0,05	24,62	0,30	18,49	35,98	3,31	10,15	1,91	1,02	3,45	3,51	0,22	0,13	100,16	MMNBO(B)_1-2 15
0,60	0,00	24,54	0,27	19,07	35,59	3,39	10,07	1,99	1,07	3,44	3,50	0,22	0,13	100,36	MMNBO(B)_1-2 16
0,49	0,02	24,77	0,00	19,62	36,72	3,20	9,65	1,77	0,91	3,09	3,14	0,19	0,12	100,54	MMNBO(B)_1-2 17
0,54	0,08	25,44	0,21	19,27	35,11	3,43	9,87	1,98	0,94	3,24	3,30	0,19	0,13	100,42	MMNBO(B)_1-2 18
0,62	0,11	24,64	0,32	19,14	36,58	3,17	9,46	1,48	0,74	3,76	3,83	0,24	0,13	100,38	MMNBO(B)_1-2 19
0,61	0,10	24,79	0,83	18,37	34,85	3,59	10,06	1,81	1,00	3,75	3,82	0,25	0,13	100,12	MMNBO(B)_1-2 20
0,35	0,06	25,59	1,11	16,98	32,26	3,52	11,04	2,19	1,24	4,83	4,91	0,34	0,16	99,66	MMNBO_4-1 1
0,34	0,03	25,76	1,25	16,59	32,56	3,42	10,80	2,21	1,19	4,88	4,97	0,34	0,16	99,53	MMNBO_4-1 2
0,35	0,09	25,10	1,20	17,07	32,72	3,38	10,84	2,47	1,02	4,96	5,04	0,34	0,15	99,69	MMNBO_4-1 3
0,40	0,09	24,77	0,81	16,01	33,26	3,32	11,50	2,73	1,22	4,77	4,84	0,33	0,13	99,34	MMNBO_4-1 4

SiO ₂	Y ₂ O ₃	P ₂ O ₅	CaO	La ₂ O ₃	Ce ₂ O ₃	Pr ₂ O ₃	Nd ₂ O ₃	Sm ₂ O ₃	Gd ₂ O ₃	ThO ₂	ThO ₂ *	PbO	UO ₂	Total	Amostra
0,37	0,08	24,74	0,06	17,63	36,36	3,74	11,58	2,07	1,09	2,04	2,04	0,00	0,12	99,88	MMNBO_4-1 5
0,26	0,03	25,03	1,01	17,02	35,26	3,62	10,30	2,05	0,93	3,75	3,83	0,25	0,16	99,67	MMNBO_4-1 6
0,31	0,00	25,07	1,06	16,58	33,75	3,45	11,26	2,35	1,06	4,19	4,27	0,29	0,14	99,53	MMNBO_4-1 7
0,40	0,06	24,75	1,29	17,06	34,07	3,33	10,20	2,13	1,15	4,76	4,85	0,34	0,16	99,69	MMNBO_4-1 8
0,28	0,20	26,22	1,74	17,02	31,41	3,36	9,58	2,44	1,27	5,56	5,67	0,40	0,20	99,67	MMNBO_4-1 9
0,31	0,15	25,22	0,72	17,14	34,73	3,19	10,42	2,68	1,24	3,55	3,62	0,22	0,14	99,71	MMNBO_4-1 10
0,37	0,04	25,04	0,57	15,93	37,06	3,59	9,62	1,86	1,07	3,80	3,87	0,23	0,13	99,31	MMNBO_4-1 11
0,45	0,03	25,10	1,17	16,76	33,80	3,31	10,10	2,09	1,01	5,26	5,34	0,37	0,14	99,59	MMNBO_4-1 12
0,31	0,10	24,98	0,49	17,07	34,25	3,43	10,78	2,61	0,98	4,26	4,33	0,29	0,13	99,69	MMNBO_4-1 13
0,24	0,13	24,31	0,76	17,02	36,30	3,38	10,31	2,11	1,04	3,66	3,74	0,25	0,17	99,67	MMNBO_4-1 14
0,13	0,05	24,83	0,63	21,09	37,67	3,23	8,86	1,32	0,87	2,00	2,09	0,14	0,22	101,03	MMNBO_4-1 15
0,25	0,09	25,29	0,77	16,62	34,90	3,34	9,91	2,04	1,11	4,75	4,82	0,34	0,14	99,54	MMNBO_4-1 16
0,47	0,21	25,04	1,36	16,84	33,78	3,34	10,10	2,07	1,25	4,69	4,77	0,31	0,15	99,61	MMNBO_4-1 17
0,40	0,13	24,98	1,18	16,72	34,98	3,48	9,50	1,73	1,11	4,87	4,96	0,32	0,16	99,57	MMNBO_4-1 18
0,39	0,00	25,32	1,43	17,63	34,81	3,43	9,17	1,72	1,10	4,44	4,52	0,29	0,15	99,88	MMNBO_4-1 19

SiO ₂	Y ₂ O ₃	P ₂ O ₅	CaO	La ₂ O ₃	Ce ₂ O ₃	Pr ₂ O ₃	Nd ₂ O ₃	Sm ₂ O ₃	Gd ₂ O ₃	ThO ₂	ThO ₂ *	PbO	UO ₂	Total	Amostra
0,54	0,26	22,02	6,33	16,58	33,00	3,33	9,23	1,66	0,94	5,14	5,22	0,35	0,14	99,53	MMNBO_4-1 20
0,34	0,00	24,44	0,97	17,82	35,69	3,61	11,06	2,04	1,19	2,48	2,54	0,15	0,14	99,94	MMNBO_4-1 21
0,25	0,02	25,23	0,87	16,92	34,36	3,20	10,82	2,27	1,10	4,18	4,26	0,29	0,14	99,64	MMNBO_4-1 22
0,47	0,08	24,39	0,92	16,87	35,89	3,41	9,75	1,95	1,19	4,44	4,47	0,13	0,14	99,62	MMNBO_4-1 23
0,43	0,22	24,55	1,00	16,58	35,99	3,43	9,80	1,64	1,24	4,41	4,43	0,12	0,13	99,53	MMNBO_4-1 24
0,73	0,18	25,52	0,99	19,02	34,48	3,37	9,35	1,55	0,99	3,79	3,86	0,24	0,14	100,34	MMNBO(A)_7-10 1
0,52	0,10	25,58	1,04	18,60	33,88	3,52	9,57	1,67	1,04	4,24	4,32	0,28	0,16	100,20	MMNBO(A)_7-10 2
0,37	0,11	26,31	0,66	19,42	33,88	3,22	8,78	1,34	1,02	4,93	5,00	0,30	0,17	100,47	MMNBO(A)_7-10 3
0,45	0,13	25,59	0,50	20,07	35,89	3,41	8,46	1,35	0,92	3,57	3,64	0,22	0,15	100,69	MMNBO(A)_7-10 4
0,53	0,00	24,98	0,36	19,42	35,10	3,39	9,35	1,82	0,94	4,17	4,25	0,26	0,15	100,47	MMNBO(A)_7-10 5
0,66	0,15	24,34	0,71	18,62	35,65	3,58	10,13	2,01	1,28	2,81	2,87	0,15	0,13	100,21	MMNBO(A)_7-10 6
2,03	0,07	21,42	4,41	18,91	34,06	3,22	9,39	1,82	1,18	3,47	3,53	0,22	0,12	100,30	MMNBO(A)_7-10 7
0,50	0,21	25,51	0,52	19,03	34,87	3,32	9,21	1,43	1,06	4,24	4,32	0,28	0,16	100,34	MMNBO(A)_7-10 8
0,35	0,17	26,55	0,68	18,16	33,91	3,15	9,84	1,80	1,18	3,89	3,96	0,24	0,15	100,05	MMNBO(A)_7-10 9
0,72	0,06	25,14	0,42	19,46	33,54	3,58	9,76	1,62	1,02	4,71	4,79	0,30	0,16	100,49	MMNBO(A)_7-10 10

SiO ₂	Y ₂ O ₃	P ₂ O ₅	CaO	La ₂ O ₃	Ce ₂ O ₃	Pr ₂ O ₃	Nd ₂ O ₃	Sm ₂ O ₃	Gd ₂ O ₃	ThO ₂	ThO ₂ *	PbO	UO ₂	Total	Amostra
0,61	0,00	25,03	0,84	18,42	34,94	3,25	9,51	1,55	1,03	4,51	4,59	0,29	0,15	100,14	MMNBO(A)_7-10 11
0,43	0,02	26,40	0,74	23,62	33,54	3,05	8,32	1,28	0,79	3,36	3,42	0,21	0,12	101,87	MMNBO(A)_7-10 12
0,35	0,12	26,18	0,82	20,58	33,87	3,17	8,82	1,28	0,94	4,31	4,38	0,27	0,15	100,86	MMNBO(A)_7-10 13
0,52	0,00	25,50	0,40	20,37	35,67	3,20	8,55	1,39	0,81	3,99	4,06	0,24	0,16	100,79	MMNBO(A)_7-10 14
0,57	0,00	25,35	0,78	18,29	34,44	3,50	9,55	1,68	0,98	4,52	4,60	0,29	0,15	100,10	MMNBO(A)_7-10 15
0,74	0,04	25,95	0,00	19,13	33,61	3,51	9,43	1,65	1,08	4,77	4,86	0,32	0,16	100,38	MMNBO(A)_7-10 16
0,70	0,00	25,28	0,24	19,21	35,51	3,19	8,99	1,48	1,06	4,33	4,40	0,27	0,15	100,40	MMNBO(A)_7-10 17
0,72	0,17	25,54	0,75	18,31	33,38	3,42	9,56	1,80	1,06	4,95	5,02	0,33	0,15	100,10	MMNBO(A)_7-10 18
0,48	0,04	26,28	0,03	19,34	34,82	3,39	8,99	1,61	0,90	4,19	4,25	0,25	0,14	100,45	MMNBO(A)_7-10 19
0,54	0,15	26,89	0,41	23,16	33,20	3,03	8,23	1,13	0,57	4,03	4,09	0,25	0,14	101,72	MMNBO(A)_7-10 20
0,35	0,00	25,88	0,59	19,54	34,20	3,56	9,42	1,43	0,91	4,23	4,29	0,26	0,14	100,51	MMNBO(A)_7-10 21
1,57	0,08	26,74	0,00	4,58	57,80	0,81	2,29	0,54	0,27	0,73	0,73	0,00	0,11	95,53	MMNBO(A)_7-10 22
0,29	0,25	25,32	1,52	16,53	34,97	3,28	9,96	2,02	1,03	3,94	4,02	0,25	0,16	99,51	MM18_Mz M 1
0,41	0,25	24,69	0,46	15,89	37,58	3,13	9,46	1,94	0,99	4,06	4,15	0,28	0,17	99,30	MM18_Mz M 2
0,25	0,31	17,57	0,70	15,66	46,55	2,89	8,50	1,54	0,73	4,10	4,18	0,26	0,17	99,22	MM18_Mz M 3

SiO ₂	Y ₂ O ₃	P ₂ O ₅	CaO	La ₂ O ₃	Ce ₂ O ₃	Pr ₂ O ₃	Nd ₂ O ₃	Sm ₂ O ₃	Gd ₂ O ₃	ThO ₂	ThO ₂ *	PbO	UO ₂	Total	Amostra
0,54	0,00	24,73	0,81	17,57	36,56	2,73	8,29	1,63	0,98	5,52	5,61	0,34	0,18	99,86	MM18_Mz M 4
0,44	0,12	25,30	1,46	18,38	35,29	2,66	8,07	1,47	0,94	5,39	5,52	0,39	0,22	100,13	MM18_Mz M 5
0,43	0,20	24,22	1,27	17,31	37,69	2,76	7,49	1,50	0,96	5,37	5,48	0,36	0,21	99,77	MM18_Mz M 6
0,34	0,02	25,42	1,07	17,32	36,74	3,03	8,35	1,24	0,92	4,81	4,91	0,31	0,19	99,77	MM18_Mz M 7
0,21	0,02	20,81	0,65	16,86	44,24	2,21	6,55	1,36	0,59	5,54	5,65	0,36	0,22	99,62	MM18_Mz M 8
1,02	0,00	26,78	0,99	17,95	34,19	2,86	8,42	1,28	1,09	4,79	4,93	0,42	0,20	99,98	MM18_Mz M 9
0,35	0,00	25,75	1,61	18,14	34,47	3,14	8,39	1,49	0,86	5,31	5,40	0,38	0,17	100,05	MM18_Mz M 10
0,31	0,07	25,45	1,31	18,19	33,21	2,98	8,40	1,48	1,04	6,03	6,41	0,35	1,25	100,06	MM18_Mz M 11
0,56	0,31	24,44	0,28	19,08	38,48	3,35	8,82	1,42	1,00	2,17	2,33	0,25	0,21	100,36	MM18_Mz M 12
0,43	0,14	25,68	0,64	19,66	36,54	3,22	8,62	1,60	1,05	2,82	2,83	0,04	0,13	100,55	MM18_Mz M 13
0,14	0,05	25,76	0,28	18,86	37,38	3,10	8,44	1,46	0,98	3,47	3,54	0,24	0,13	100,29	MM18_Mz M 14
5,58	0,22	20,86	1,55	13,67	38,72	2,88	7,93	1,58	1,26	3,65	3,84	0,49	0,18	98,56	MM18_Mz M 15
0,55	0,36	26,21	1,01	16,83	31,29	2,89	8,42	1,66	0,99	8,24	8,48	0,89	0,28	99,61	MM18_Mz M 16
0,28	0,19	25,43	1,07	18,42	34,59	3,24	8,45	1,27	0,77	6,00	6,05	0,32	0,13	100,14	MM18_Mz M 17
0,11	0,12	25,70	0,61	17,72	37,26	3,13	9,01	1,10	0,98	3,81	3,87	0,25	0,12	99,91	MM18_Mz M 18

SiO ₂	Y ₂ O ₃	P ₂ O ₅	CaO	La ₂ O ₃	Ce ₂ O ₃	Pr ₂ O ₃	Nd ₂ O ₃	Sm ₂ O ₃	Gd ₂ O ₃	ThO ₂	ThO ₂ *	PbO	UO ₂	Total	Amostra
0,40	0,06	25,83	1,34	17,81	35,73	2,95	8,17	1,55	1,02	4,56	4,65	0,39	0,14	99,94	MM18_Mz M 19
0,56	0,00	25,33	1,38	19,09	34,38	3,23	8,89	1,40	0,89	4,76	4,84	0,31	0,16	100,36	MM18_Mz M 20
0,19	0,04	26,10	1,24	19,06	34,58	3,12	8,27	1,55	0,94	4,73	4,84	0,34	0,20	100,35	MM18_Mz M 21
0,32	0,04	26,06	1,08	18,58	35,69	2,89	7,82	1,62	0,84	4,72	4,83	0,34	0,19	100,19	MM18_Mz M 22
0,34	0,14	26,21	0,79	19,30	34,55	2,85	7,97	1,61	0,95	5,03	5,19	0,47	0,22	100,43	MM18_Mz M 23
0,27	0,21	25,61	0,94	18,74	34,63	3,10	9,79	1,86	1,17	3,55	3,63	0,22	0,16	100,25	MM18_Mz m 1
0,36	0,12	25,08	1,80	18,19	35,16	2,78	8,05	1,48	1,02	5,30	5,48	0,40	0,33	100,06	MM18_Mz m 2
0,47	0,34	25,82	1,57	18,45	34,04	2,80	8,80	1,70	0,94	4,70	4,80	0,33	0,19	100,15	MM18_Mz m 3
1,17	0,13	24,79	1,50	17,51	34,77	3,35	9,18	1,38	1,05	4,44	4,56	0,41	0,16	99,84	MM18_Mz m 4
1,08	0,00	24,72	0,86	18,75	35,26	3,08	8,69	1,56	0,96	4,72	4,85	0,38	0,20	100,25	MM18_Mz m 5
0,41	0,21	25,53	0,61	18,17	35,00	3,20	9,50	1,61	1,14	4,21	4,30	0,33	0,16	100,06	MM18_Mz m 6
0,41	0,19	25,77	0,99	18,21	34,60	2,85	8,70	1,83	1,02	4,98	5,08	0,33	0,20	100,07	MM18_Mz m 7
0,37	0,21	23,26	8,84	19,03	28,55	3,01	8,42	1,64	1,07	5,37	5,47	0,42	0,15	100,34	MM18_Mz m 8
0,32	0,08	20,27	1,26	17,65	39,53	3,17	9,99	1,90	1,03	4,23	4,32	0,28	0,17	99,88	MM18_Mz m 9
0,30	0,13	21,55	0,81	15,66	46,41	1,84	6,42	1,22	0,31	4,14	4,22	0,26	0,17	99,22	MM18_Mz m 10

SiO ₂	Y ₂ O ₃	P ₂ O ₅	CaO	La ₂ O ₃	Ce ₂ O ₃	Pr ₂ O ₃	Nd ₂ O ₃	Sm ₂ O ₃	Gd ₂ O ₃	ThO ₂	ThO ₂ *	PbO	UO ₂	Total	Amostra
0,50	0,31	25,44	0,51	18,44	34,59	3,23	9,72	1,78	1,06	4,14	4,23	0,27	0,16	100,15	MM18_Mz m 11
0,41	0,08	25,37	0,72	19,31	34,06	3,44	9,93	2,47	1,15	3,19	3,24	0,17	0,14	100,44	MM18_Mz m 12
0,34	0,06	25,79	1,31	18,77	33,37	3,26	9,86	2,22	1,04	3,84	3,92	0,26	0,16	100,26	MM18_Mz m 13
0,24	0,29	24,47	0,56	20,71	35,45	3,41	9,53	2,31	1,20	2,46	2,52	0,15	0,14	100,90	MM18_Mz m 14
0,32	0,11	25,57	0,29	20,39	34,73	3,41	9,68	2,15	1,09	2,75	2,82	0,17	0,14	100,80	MM18_Mz m 15
0,24	0,14	25,38	0,47	20,49	34,90	3,27	9,34	2,26	1,17	2,84	2,91	0,18	0,15	100,83	MM18_Mz m 16
1,52	0,33	23,94	0,99	18,22	35,26	3,30	10,93	2,70	1,63	1,10	1,12	0,03	0,13	100,07	ML9DB_Mz f 1
0,45	0,18	24,90	0,31	19,48	34,19	3,70	10,94	2,57	1,47	2,05	2,10	0,11	0,13	100,49	ML9DB_Mz f 2
0,28	0,35	24,47	0,00	20,36	35,45	3,42	10,48	2,74	1,76	1,30	1,34	0,06	0,14	100,79	ML9DB_Mz f 3
0,22	0,06	26,13	0,00	20,99	32,83	3,21	10,52	2,79	1,37	2,62	2,68	0,15	0,12	101,00	ML9DB_Mz f 4
0,43	0,25	24,57	0,53	21,36	35,35	3,35	10,34	2,37	1,18	1,21	1,25	0,07	0,13	101,12	ML9DB_Mz f 5
0,39	0,26	25,20	0,16	20,00	35,51	3,17	10,02	2,65	1,62	1,48	1,52	0,08	0,13	100,67	ML9DB_Mz f 6
0,39	0,20	25,24	0,02	19,83	35,39	3,25	10,39	2,65	1,46	1,57	1,62	0,08	0,14	100,61	ML9DB_Mz f 7
1,59	1,04	19,49	0,37	20,32	38,04	3,56	10,70	2,87	1,53	1,09	1,13	0,05	0,13	100,77	ML9DB_Mz f 8
0,49	0,28	23,29	0,00	17,69	38,93	3,54	10,41	2,32	1,32	1,41	1,46	0,08	0,13	99,90	ML9DB_Mz f 9

SiO ₂	Y ₂ O ₃	P ₂ O ₅	CaO	La ₂ O ₃	Ce ₂ O ₃	Pr ₂ O ₃	Nd ₂ O ₃	Sm ₂ O ₃	Gd ₂ O ₃	ThO ₂	ThO ₂ *	PbO	UO ₂	Total	Amostra
0,62	0,25	22,51	0,23	18,73	36,82	3,50	11,16	3,42	1,74	1,09	1,12	0,04	0,13	100,24	ML9DB_Mz 2 1
0,33	0,03	25,15	0,42	18,12	34,67	3,89	11,70	3,09	1,55	0,94	0,96	0,02	0,13	100,04	ML9DB_Mz 2 2
0,46	0,79	24,72	0,32	16,64	35,19	3,61	11,75	3,19	1,68	1,05	1,07	0,03	0,12	99,55	ML9DB_Mz 2 3
0,22	0,15	23,64	0,19	17,87	36,84	3,51	11,55	3,00	1,64	1,19	1,21	0,03	0,14	99,96	ML9DB_Mz 2 4
0,18	0,07	24,70	0,00	18,13	36,64	3,60	10,80	2,83	1,44	1,41	1,46	0,06	0,17	100,04	ML9DB_Mz 2 5
0,29	0,00	25,20	0,48	21,30	35,34	3,35	9,52	2,49	1,36	1,57	1,60	0,06	0,14	101,10	ML9DB_Mz 2 6
0,20	0,08	24,58	0,00	18,44	36,29	3,58	10,92	2,61	1,43	1,79	1,82	0,05	0,17	100,15	ML9DB_Mz 2 7
0,54	1,69	20,99	0,32	16,78	35,17	3,34	10,59	3,21	2,54	3,87	4,01	0,29	0,26	99,59	ML9DB_Mz 2 8
0,33	0,13	25,84	0,00	13,17	42,74	2,51	7,05	1,75	1,13	3,29	3,37	0,12	0,32	98,39	ML9DB_Mz 2 9
0,64	1,04	23,29	0,35	15,30	41,21	2,47	7,69	1,62	0,98	3,98	4,07	0,15	0,38	99,10	ML9DB_Mz 2 10
0,60	1,03	24,57	1,01	14,33	36,76	2,86	8,18	2,31	1,81	4,70	4,84	0,34	0,27	98,78	ML9DB_Mz 2 11
0,23	0,20	25,35	1,26	18,55	35,55	3,20	9,17	1,52	0,88	3,92	3,98	0,20	0,16	100,18	ML9DB_Mz 2 12
1,07	1,91	19,96	0,00	18,22	36,93	3,42	10,62	2,81	1,79	3,00	3,06	0,12	0,23	100,07	ML9DB_Mz 2 13
0,30	0,21	25,39	0,35	19,10	34,25	3,40	10,57	2,87	1,66	2,02	2,07	0,11	0,14	100,37	ML9DB_Mz 2 14
1,27	2,76	20,01	0,00	18,72	37,34	3,41	10,86	2,69	1,40	1,62	1,62	0,00	0,17	100,24	ML9DB_Mz 2 15

SiO ₂	Y ₂ O ₃	P ₂ O ₅	CaO	La ₂ O ₃	Ce ₂ O ₃	Pr ₂ O ₃	Nd ₂ O ₃	Sm ₂ O ₃	Gd ₂ O ₃	ThO ₂	ThO ₂ *	PbO	UO ₂	Total	Amostra
0,38	2,81	14,26	1,24	18,61	41,58	3,59	11,28	2,70	1,49	2,00	2,06	0,11	0,17	100,20	ML9DB_Mz 2 16
4,63	0,19	24,14	0,27	17,23	31,43	3,70	12,02	3,03	1,51	1,35	1,41	0,07	0,20	99,74	ML9DB_Mz 2 17
0,30	0,22	25,21	0,22	16,44	34,80	3,70	11,99	2,90	1,57	1,89	1,94	0,11	0,13	99,48	ML9DB_Mz 2 18
0,67	1,14	24,35	0,61	19,16	34,15	3,51	10,92	2,61	1,46	1,59	1,63	0,05	0,17	100,39	ML9DB_Mz 2 19
1,85	0,61	24,48	0,13	0,99	64,11	0,08	0,69	0,13	0,17	0,90	0,92	0,02	0,18	94,33	ML9DB_Mz 2 20
0,77	0,49	21,46	0,62	19,88	37,44	3,21	10,46	2,68	1,63	1,77	1,81	0,09	0,13	100,63	ML9DB_Mz 2 22
0,95	4,68	20,63	0,78	18,59	35,66	3,24	8,97	1,54	1,11	3,67	3,74	0,25	0,14	100,20	ML9DB_Mz 2 23
0,30	0,17	24,68	0,25	20,19	35,11	3,57	10,94	2,49	1,43	1,41	1,45	0,06	0,13	100,73	ML9DB_Mz 2 24
0,35	0,25	24,59	0,00	20,04	34,17	3,67	11,32	2,65	1,83	1,68	1,68	0,00	0,13	100,68	ML9DB_Mz 2 25
1,28	0,30	21,50	3,33	20,02	34,18	3,40	10,62	2,54	1,30	2,07	2,07	0,00	0,14	100,67	ML9DB_Mz 2 26
0,29	0,26	24,94	0,71	18,88	34,86	3,31	10,54	2,32	1,38	2,53	2,59	0,14	0,14	100,29	ML9DB_Mz 2 27
0,57	0,81	23,17	1,10	13,82	42,90	2,56	7,17	1,32	0,84	3,73	3,84	0,15	0,49	98,61	ML9DB_Mz 2 28
1,22	2,99	19,36	1,09	17,17	37,98	3,33	9,36	1,82	1,14	3,80	3,90	0,23	0,23	99,72	ML9DB_Mz 2 29
0,25	0,11	25,56	0,00	19,30	35,53	3,46	9,67	1,98	1,24	3,01	3,08	0,17	0,17	100,43	MM18_f 1
0,35	0,17	25,95	0,00	19,53	35,19	3,36	9,36	2,08	1,39	2,87	2,91	0,15	0,12	100,51	MM18_f 2

SiO ₂	Y ₂ O ₃	P ₂ O ₅	CaO	La ₂ O ₃	Ce ₂ O ₃	Pr ₂ O ₃	Nd ₂ O ₃	Sm ₂ O ₃	Gd ₂ O ₃	ThO ₂	ThO ₂ *	PbO	UO ₂	Total	Amostra
0,36	0,30	25,29	0,75	19,09	33,98	3,31	9,28	2,04	1,25	4,34	4,40	0,27	0,11	100,36	MM18_f 3
0,07	5,49	13,85	1,17	19,11	36,94	3,26	9,73	2,54	1,80	4,59	5,55	1,53	0,30	100,37	MM18_f 5
0,70	0,09	25,15	0,67	19,18	34,67	3,14	8,83	1,87	1,11	4,83	4,84	0,08	0,10	100,39	MM18_f 6
0,58	0,14	25,23	0,55	19,53	35,72	3,16	8,27	1,83	0,90	4,42	4,44	0,09	0,11	100,51	MM18_f 7
0,25	0,09	26,23	1,08	18,17	32,35	3,64	10,36	1,72	1,30	4,40	4,48	0,28	0,18	100,06	MMNBO(A) 2-6 1
0,48	0,05	25,81	0,30	18,19	34,30	3,39	9,62	1,83	1,26	4,41	4,48	0,28	0,16	100,06	MMNBO(A) 2-6 2
0,57	0,05	25,30	0,07	18,62	35,19	3,50	9,32	1,67	1,22	4,30	4,37	0,26	0,14	100,21	MMNBO(A) 2-6 3
1,35	0,29	21,63	1,01	16,48	38,44	3,28	9,06	1,75	1,16	4,46	4,59	0,41	0,17	99,49	MMNBO(A) 2-6 4
0,54	0,14	24,90	0,25	18,18	35,56	3,44	9,65	1,55	1,32	4,11	4,18	0,26	0,16	100,06	MMNBO(A) 2-6 5
0,58	0,11	26,18	0,81	19,23	34,21	3,47	9,03	1,23	1,05	4,09	4,17	0,27	0,15	100,41	MMNBO(A) 2-6 6
0,50	0,15	26,68	0,75	17,67	34,26	3,52	9,30	1,63	1,02	4,01	4,08	0,26	0,15	99,89	MMNBO(A) 2-6 7
0,78	0,14	25,53	0,40	18,35	35,35	3,36	9,22	1,52	1,04	4,04	4,11	0,25	0,16	100,12	MMNBO(A) 2-6 8
0,49	0,00	25,92	0,59	20,03	34,03	3,43	9,28	1,54	1,00	3,96	4,04	0,25	0,16	100,68	MMNBO(A) 2-6 9
0,50	0,00	25,97	0,43	18,36	33,90	3,93	10,42	1,79	1,35	3,13	3,20	0,19	0,16	100,12	MMNBO(A) 2-6 10
0,67	0,00	25,91	0,11	19,63	33,44	3,50	9,50	1,31	1,23	4,76	4,85	0,31	0,17	100,54	MMNBO(A) 2-6 11

SiO ₂	Y ₂ O ₃	P ₂ O ₅	CaO	La ₂ O ₃	Ce ₂ O ₃	Pr ₂ O ₃	Nd ₂ O ₃	Sm ₂ O ₃	Gd ₂ O ₃	ThO ₂	ThO ₂ *	PbO	UO ₂	Total	Amostra
0,65	0,00	25,24	0,80	19,34	34,41	3,27	9,05	1,47	1,02	4,73	4,81	0,31	0,16	100,45	MMNBO(A) 2-6 12
0,70	0,06	25,06	0,40	19,85	34,43	3,43	9,08	1,40	1,03	4,72	4,80	0,30	0,16	100,62	MMNBO(A) 2-6 13
0,62	0,11	25,93	0,41	20,38	34,23	3,61	8,98	1,42	1,10	3,65	3,72	0,21	0,16	100,79	MMNBO(A) 2-6 14
0,28	0,00	25,83	0,21	21,08	35,32	3,34	8,57	1,43	0,98	3,60	3,68	0,23	0,15	101,03	MMNBO(A) 2-6 15
0,61	0,00	25,11	0,18	20,64	35,00	3,36	9,06	1,43	0,98	4,08	4,16	0,26	0,17	100,88	MMNBO(A) 2-6 16
0,28	0,04	21,07	2,20	17,82	41,37	3,12	8,10	1,34	0,91	3,32	3,40	0,23	0,14	99,94	MMNBO(A) 2-6 17
0,71	0,00	25,32	0,00	19,48	34,98	3,60	9,06	1,44	1,20	4,27	4,35	0,28	0,16	100,49	MMNBO(A) 2-6 18
0,44	0,18	25,77	0,41	20,24	33,11	3,64	9,12	1,57	1,19	4,64	4,71	0,29	0,14	100,75	MMNBO(A) 2-6 19
0,35	0,04	18,18	0,14	19,41	44,69	3,29	9,15	1,14	1,15	2,57	2,66	0,20	0,16	100,47	MMNBO(A) 2-6 20
0,33	0,08	24,71	0,48	16,87	35,95	3,65	9,66	1,73	1,27	4,44	4,52	0,29	0,17	99,62	MMNBO(A) 2-6 21
0,26	0,12	26,16	0,13	19,58	35,14	3,41	9,43	1,40	0,91	3,63	3,69	0,22	0,13	100,53	MMNBO(A) 2-6 22
0,32	0,06	25,87	0,30	19,29	35,66	3,57	9,42	1,62	0,93	3,05	3,11	0,18	0,15	100,43	MMNBO(A) 3-6 1
0,50	0,03	26,03	0,81	18,75	33,25	3,46	9,85	1,65	1,05	4,40	4,49	0,30	0,16	100,25	MMNBO(A) 3-6 2
0,63	0,05	25,14	0,30	20,05	34,82	3,34	9,31	1,33	0,87	4,41	4,49	0,29	0,16	100,68	MMNBO(A) 3-6 3
0,44	0,10	26,38	0,53	19,41	31,85	3,63	10,39	1,65	1,22	4,38	4,48	0,29	0,19	100,47	MMNBO(A) 3-6 4

SiO ₂	Y ₂ O ₃	P ₂ O ₅	CaO	La ₂ O ₃	Ce ₂ O ₃	Pr ₂ O ₃	Nd ₂ O ₃	Sm ₂ O ₃	Gd ₂ O ₃	ThO ₂	ThO ₂ *	PbO	UO ₂	Total	Amostra
0,50	0,19	26,41	0,27	20,08	32,60	3,53	9,83	1,61	1,27	3,97	4,06	0,26	0,17	100,69	MMNBO(A) 3-6 5
0,33	0,00	26,20	0,80	19,81	34,50	3,25	9,30	1,59	0,91	3,52	3,60	0,23	0,17	100,60	MMNBO(A) 3-6 6
0,45	0,09	25,68	0,19	20,37	34,30	3,31	9,13	1,44	1,12	4,29	4,37	0,27	0,17	100,79	MMNBO(A) 3-6 7
1,28	0,23	23,75	0,55	21,22	34,59	3,51	9,26	1,36	1,02	3,91	3,99	0,24	0,16	101,07	MMNBO(A) 3-6 8
0,62	0,12	24,77	0,50	21,35	34,21	3,46	9,26	1,30	1,08	4,02	4,11	0,27	0,16	101,12	MMNBO(A) 3-6 9
0,34	0,15	25,28	0,81	20,89	33,74	3,52	9,43	1,63	1,22	3,57	3,65	0,22	0,17	100,96	MMNBO(A) 3-6 10
0,33	0,16	25,92	0,40	18,77	34,40	3,42	9,35	1,65	1,10	4,30	4,39	0,29	0,17	100,26	MMNBO(A) 3-6 11
0,40	0,10	26,49	0,41	20,19	34,54	3,34	8,90	1,51	1,07	3,42	3,50	0,22	0,16	100,73	MMNBO(A) 3-6 12
0,56	0,08	26,20	0,09	20,42	35,26	3,17	8,42	1,41	0,94	3,86	3,94	0,25	0,16	100,81	MMNBO(A) 3-6 13
0,59	0,00	24,91	0,70	21,01	35,09	3,39	8,90	1,23	1,00	3,77	3,86	0,25	0,17	101,00	MMNBO(A) 3-6 14
0,53	0,00	25,65	0,70	18,91	34,45	3,42	8,99	1,64	1,31	4,25	4,34	0,28	0,19	100,30	MMNBO(A) 3-6 15
0,42	0,11	25,34	1,23	19,46	33,53	3,47	9,38	1,51	1,26	4,32	4,41	0,29	0,18	100,49	MMNBO(A) 3-6 16
0,10	0,04	25,61	0,32	19,24	36,12	3,51	9,24	1,76	1,16	2,99	3,06	0,19	0,15	100,41	MMNBO(A) 3-6 17
0,82	0,12	24,94	0,41	18,46	34,11	3,67	9,77	1,82	1,10	4,48	4,56	0,29	0,16	100,15	MMNBO(A) 3-6 18
0,37	0,06	25,56	0,77	18,07	34,49	3,79	9,92	1,58	1,19	3,81	3,89	0,25	0,17	100,02	MMNBO(A) 3-6 19

SiO ₂	Y ₂ O ₃	P ₂ O ₅	CaO	La ₂ O ₃	Ce ₂ O ₃	Pr ₂ O ₃	Nd ₂ O ₃	Sm ₂ O ₃	Gd ₂ O ₃	ThO ₂	ThO ₂ *	PbO	UO ₂	Total	Amostra
0,32	0,00	25,44	0,97	19,69	34,40	3,68	9,37	1,40	1,00	3,89	3,97	0,24	0,17	100,56	MMNBO(A) 3-6 20
0,75	0,00	24,82	0,53	19,32	34,22	3,47	9,52	1,47	1,00	4,88	4,96	0,31	0,17	100,44	MMNBO(A) 3-6 21
0,52	0,00	24,98	0,26	15,29	35,15	4,03	11,25	1,88	1,45	3,89	3,97	0,25	0,16	99,10	MMNBO(A) 3-6 22
0,55	0,02	25,29	0,14	13,90	41,53	2,61	7,12	1,11	0,86	5,04	5,11	0,31	0,16	98,63	MMNBO(A) 3-6 23
0,35	0,01	21,02	0,45	16,32	46,26	2,56	7,48	1,06	0,83	2,80	2,86	0,17	0,13	99,44	MMNBO(A) 8-3 1
0,36	0,10	25,56	0,58	19,65	34,54	3,40	8,94	1,60	0,95	4,42	4,51	0,31	0,16	100,55	MMNBO(A) 8-3 2
0,52	0,01	25,61	0,90	19,60	34,24	3,43	9,34	1,56	1,01	3,86	3,96	0,29	0,18	100,53	MMNBO(A) 8-3 3
0,28	0,05	25,22	0,29	18,36	36,99	3,33	9,41	1,50	0,92	3,38	3,46	0,24	0,16	100,12	MMNBO(A) 8-3 4
0,58	0,17	25,37	0,46	20,00	34,32	3,35	9,50	1,36	1,17	3,97	4,05	0,26	0,17	100,67	MMNBO(A) 8-3 5
0,66	0,08	25,51	0,93	19,65	33,61	3,31	9,16	1,47	0,98	4,72	4,80	0,32	0,16	100,55	MMNBO(A) 8-3 6
0,57	0,02	25,02	0,69	20,42	35,36	3,46	9,11	1,14	0,93	3,70	3,78	0,24	0,16	100,81	MMNBO(A) 8-3 7
0,66	0,10	26,23	0,62	16,65	36,56	3,08	8,71	1,69	0,79	3,89	4,03	0,42	0,16	99,55	MMNBO(A) 8-3 8
0,61	0,09	21,96	0,96	19,85	36,90	3,50	9,61	1,25	1,17	4,26	4,35	0,29	0,16	100,62	MMNBO(A) 8-3 9
0,69	0,15	25,09	0,20	18,72	35,07	3,36	9,44	1,65	1,14	4,31	4,39	0,29	0,15	100,24	MMNBO(A) 8-3 10
0,57	0,02	24,37	0,47	19,30	37,33	3,30	8,83	1,19	1,00	3,67	3,74	0,23	0,15	100,43	MMNBO(B) 1-10 1

SiO ₂	Y ₂ O ₃	P ₂ O ₅	CaO	La ₂ O ₃	Ce ₂ O ₃	Pr ₂ O ₃	Nd ₂ O ₃	Sm ₂ O ₃	Gd ₂ O ₃	ThO ₂	ThO ₂ *	PbO	UO ₂	Total	Amostra
0,61	0,09	24,78	0,61	17,80	35,59	3,12	9,31	1,54	1,04	4,95	5,04	0,33	0,16	99,93	MMNBO(B) 1-10 2
0,52	0,09	25,43	1,09	18,31	34,35	3,18	9,19	1,71	1,04	4,78	4,85	0,27	0,15	100,10	MMNBO(B) 1-10 3
0,43	0,10	25,36	0,44	18,50	35,41	3,30	9,37	1,81	1,00	4,03	4,11	0,27	0,16	100,17	MMNBO(B) 1-10 4
0,46	0,05	24,83	0,94	18,68	35,25	3,34	9,35	1,87	1,00	4,06	4,13	0,25	0,16	100,23	MMNBO(B) 1-10 5
0,49	0,15	25,38	0,22	17,55	35,10	3,35	9,28	1,73	1,17	4,93	5,02	0,34	0,17	99,85	MMNBO(B) 1-10 6
0,83	0,01	25,09	0,43	18,21	34,21	3,38	9,34	1,72	1,09	5,28	5,36	0,32	0,16	100,07	MMNBO(B) 1-10 7
0,56	0,06	24,55	0,15	17,46	37,02	3,02	8,09	1,61	1,00	5,89	5,94	0,24	0,18	99,82	MMNBO(B) 1-10 8
0,74	0,00	24,51	0,57	19,63	35,75	3,38	8,92	1,41	0,88	4,34	4,41	0,27	0,14	100,54	MMNBO(B) 1-10 9
0,62	0,00	22,96	0,87	18,09	36,54	3,59	9,11	1,61	1,07	5,15	5,22	0,31	0,14	100,03	MMNBO(B) 1-10 10
0,67	0,00	24,97	0,42	18,25	35,02	3,43	9,07	1,78	0,95	5,06	5,14	0,32	0,15	100,08	MMNBO(B) 1-10 11
0,73	0,09	24,84	0,85	18,12	34,41	3,49	9,08	1,73	1,04	5,18	5,26	0,34	0,15	100,04	MMNBO(B) 1-10 12
0,36	0,04	24,71	0,12	17,52	36,86	3,36	9,33	1,49	1,08	4,52	4,60	0,28	0,17	99,84	MMNBO(B) 1-10 13
0,83	0,00	24,68	0,09	18,30	35,02	3,45	9,28	1,63	1,05	5,27	5,36	0,34	0,17	100,10	MMNBO(B) 1-10 14
0,88	0,08	24,30	0,28	18,37	35,43	3,43	9,12	1,48	1,05	5,22	5,30	0,34	0,15	100,12	MMNBO(B) 1-10 15
0,55	0,13	25,12	0,83	18,26	35,04	3,36	9,00	1,45	0,84	5,06	5,13	0,32	0,14	100,09	MMNBO(B) 1-10 16

SiO ₂	Y ₂ O ₃	P ₂ O ₅	CaO	La ₂ O ₃	Ce ₂ O ₃	Pr ₂ O ₃	Nd ₂ O ₃	Sm ₂ O ₃	Gd ₂ O ₃	ThO ₂	ThO ₂ *	PbO	UO ₂	Total	Amostra
1,08	0,04	24,75	0,06	18,16	35,80	3,23	9,07	1,67	0,77	4,95	5,03	0,32	0,15	100,05	MMNBO(B) 1-10 17
0,94	0,00	24,55	0,20	18,23	34,88	3,38	9,08	1,82	0,95	5,55	5,62	0,34	0,15	100,08	MMNBO(B) 1-10 18
0,73	0,12	24,49	0,17	18,88	34,99	3,67	9,46	1,58	0,93	4,84	4,91	0,29	0,15	100,29	MMNBO(B) 1-10 19
0,71	0,08	25,39	0,31	18,44	34,15	3,49	9,46	1,43	1,04	5,15	5,23	0,33	0,15	100,15	MMNBO(B) 1-10 20
0,58	0,06	24,51	0,54	18,28	34,26	3,39	9,83	1,77	1,08	5,27	5,36	0,33	0,20	100,09	MMNBO(B) 1-10 21
0,47	0,00	24,48	1,04	18,50	35,53	3,54	8,99	1,73	1,07	4,36	4,44	0,31	0,14	100,17	MMNBO 3-2 1
0,59	0,20	24,70	0,64	18,46	35,55	3,19	9,20	1,66	1,00	4,51	4,59	0,30	0,15	100,15	MMNBO 3-2 2
0,65	0,00	24,41	0,69	18,05	36,07	3,18	9,03	1,55	0,87	5,04	5,12	0,33	0,15	100,02	MMNBO 3-2 3
0,51	0,01	25,43	1,09	18,01	34,28	3,34	9,45	1,77	1,09	4,56	4,64	0,31	0,17	100,00	MMNBO 3-2 4
0,48	0,00	24,94	0,92	18,38	35,25	3,27	9,24	1,60	1,04	4,55	4,63	0,31	0,16	100,13	MMNBO 3-2 5
0,56	0,00	23,97	0,93	17,60	37,60	3,06	9,01	1,57	1,01	4,19	4,25	0,26	0,13	99,87	MMNBO 3-2 6
0,42	0,09	24,58	0,96	17,83	36,50	3,41	8,94	1,65	0,74	4,37	4,45	0,31	0,15	99,94	MMNBO 3-2 7
0,43	0,05	24,62	1,51	20,20	35,52	3,49	8,91	1,29	0,86	3,49	3,56	0,23	0,14	100,73	MMNBO 3-2 8
0,54	0,20	25,34	0,61	17,09	35,99	3,38	9,29	1,60	1,12	4,12	4,20	0,28	0,16	99,70	MMNBO 3-2 9
0,71	0,18	24,41	0,40	18,96	35,10	3,56	9,30	1,72	0,94	4,59	4,67	0,31	0,15	100,32	MMNBO 3-2 10

SiO ₂	Y ₂ O ₃	P ₂ O ₅	CaO	La ₂ O ₃	Ce ₂ O ₃	Pr ₂ O ₃	Nd ₂ O ₃	Sm ₂ O ₃	Gd ₂ O ₃	ThO ₂	ThO ₂ *	PbO	UO ₂	Total	Amostra
0,53	0,17	24,77	0,70	19,20	34,82	3,36	9,58	1,64	1,00	4,21	4,29	0,27	0,16	100,40	MMNBO 3-2 11
0,50	0,15	24,97	0,48	19,53	35,74	3,19	9,36	1,59	0,91	3,72	3,80	0,23	0,15	100,51	MMNBO 3-2 12
0,35	0,07	25,71	0,78	19,15	34,55	3,39	10,34	2,10	0,78	2,77	2,87	0,18	0,24	100,38	MMNBO(B) 1-10_1
0,44	0,09	25,03	0,30	18,39	35,72	3,39	9,49	1,82	0,70	4,19	4,32	0,25	0,32	100,13	MMNBO(B) 1-10_2
0,72	0,02	25,63	0,34	17,89	34,54	3,47	9,34	1,62	0,55	5,17	5,33	0,34	0,34	99,96	MMNBO(B) 1-10_3
0,73	0,27	24,87	0,80	17,68	35,45	3,22	9,32	1,46	0,48	4,97	5,12	0,33	0,32	99,89	MMNBO(B) 1-10_4
0,66	0,08	25,16	0,67	18,99	34,80	3,39	9,03	1,59	0,56	4,78	4,93	0,31	0,32	100,33	MMNBO(B) 1-10_5
0,41	0,00	25,33	0,44	19,36	35,56	3,49	9,54	1,65	0,47	3,69	3,81	0,24	0,28	100,45	MMNBO(B) 1-10_6
0,67	0,18	24,52	0,27	18,41	36,93	3,29	9,19	1,07	0,53	4,50	4,63	0,28	0,31	100,14	MMNBO(B) 1-10_7
0,55	0,00	24,76	0,23	18,22	36,01	3,48	9,83	1,48	0,68	4,31	4,42	0,23	0,30	100,07	MMNBO(B) 1-10_8
0,67	0,04	25,23	0,84	17,84	34,56	3,35	9,52	1,41	0,70	5,13	5,28	0,33	0,34	99,95	MMNBO(B) 1-10_9
0,90	0,06	25,41	0,00	18,31	35,11	3,27	9,36	1,49	0,46	5,10	5,25	0,32	0,33	100,10	MMNBO(B) 1-10_10
0,50	0,28	25,44	1,06	17,29	34,75	3,33	9,68	1,70	0,68	4,43	4,58	0,29	0,33	99,76	MMNBO(B) 1-10_11
0,48	0,00	25,44	0,42	18,23	35,27	3,31	10,37	2,09	0,69	3,33	3,44	0,21	0,26	100,08	MMNBO(B) 1-10_12
0,44	0,20	25,36	1,15	17,51	34,51	3,22	9,78	1,84	0,66	4,55	4,70	0,30	0,33	99,84	MMNBO(B) 1-10_13

SiO ₂	Y ₂ O ₃	P ₂ O ₅	CaO	La ₂ O ₃	Ce ₂ O ₃	Pr ₂ O ₃	Nd ₂ O ₃	Sm ₂ O ₃	Gd ₂ O ₃	ThO ₂	ThO ₂ *	PbO	UO ₂	Total	Amostra
0,46	0,04	25,02	0,26	17,39	35,67	3,57	9,68	1,82	0,71	4,57	4,72	0,30	0,32	99,80	MMNBO(B) 1-10_14
0,84	0,03	25,73	0,93	17,82	33,84	3,28	9,42	1,56	0,44	5,29	5,48	0,42	0,34	99,94	MMNBO(B) 1-10_15
0,68	0,07	25,49	0,00	18,68	35,26	3,28	9,29	1,40	0,49	4,95	5,09	0,31	0,32	100,23	MMNBO(B) 1-10_16
0,67	0,19	24,47	1,11	18,29	35,37	3,40	9,17	1,52	0,57	4,75	4,88	0,28	0,31	100,10	MMNBO(B) 1-10_17
0,39	0,15	25,66	0,63	19,02	35,37	3,42	9,14	1,48	0,52	4,03	4,15	0,26	0,28	100,34	MMNBO(B) 1-10_18
0,65	0,16	24,26	1,37	18,12	35,09	3,34	9,44	1,39	0,59	5,01	5,15	0,31	0,32	100,04	MMNBO(B) 1-10_19
0,65	0,23	24,63	0,60	18,02	35,24	3,40	9,42	1,64	0,50	5,04	5,19	0,32	0,33	100,01	MMNBO(B) 1-10_20
0,67	0,00	24,64	1,03	18,18	34,99	3,24	9,26	1,64	0,64	5,12	5,27	0,32	0,34	100,06	MMNBO(B) 1-10_21
0,83	0,01	24,68	0,99	18,57	34,12	3,31	9,62	1,85	0,55	5,01	5,16	0,32	0,33	100,19	MMNBO(B) 1-10_22
0,79	0,05	24,32	0,87	17,98	35,16	3,34	9,34	1,72	0,59	5,16	5,32	0,33	0,34	99,99	MMNBO(B) 1-10_23
0,39	0,11	25,69	0,70	18,45	34,39	3,23	9,59	2,07	0,89	4,21	4,28	0,16	0,28	100,15	MMNBO(B) 1-10_24
0,48	0,00	25,21	0,37	17,72	35,20	3,59	9,63	1,72	0,75	4,61	4,76	0,31	0,31	99,91	MMNBO(B) 1-10_25
0,49	0,11	25,39	0,43	19,79	35,19	3,44	9,98	1,81	0,71	2,89	2,98	0,16	0,22	100,60	MMNBO(A) 4-5_1
0,43	0,08	25,54	0,30	19,39	35,35	3,40	9,96	1,95	0,60	3,07	3,16	0,18	0,22	100,46	MMNBO(A) 4-5_2
0,43	0,10	25,13	0,57	19,05	35,50	3,44	9,80	1,93	0,63	3,32	3,43	0,21	0,25	100,35	MMNBO(A) 4-5_3

SiO ₂	Y ₂ O ₃	P ₂ O ₅	CaO	La ₂ O ₃	Ce ₂ O ₃	Pr ₂ O ₃	Nd ₂ O ₃	Sm ₂ O ₃	Gd ₂ O ₃	ThO ₂	ThO ₂ *	PbO	UO ₂	Total	Amostra
0,94	0,16	25,55	0,63	19,10	34,48	3,31	9,71	1,82	0,57	3,62	3,73	0,21	0,26	100,37	MMNBO(A) 4-5_4
0,37	0,00	25,61	0,00	17,53	35,56	3,33	10,44	2,23	1,14	3,20	3,31	0,20	0,25	99,84	MMNBO(A) 4-5_5
0,39	0,11	26,52	0,73	17,77	32,44	3,56	10,78	2,42	0,97	3,73	3,85	0,24	0,28	99,92	MMNBO(A) 4-5_6
0,52	0,00	25,42	0,41	20,04	35,16	3,37	10,04	1,67	0,38	3,24	3,34	0,20	0,24	100,68	MMNBO(A) 4-5_7
0,53	0,04	25,35	0,38	19,28	34,85	3,36	10,36	1,89	0,88	3,07	3,17	0,19	0,24	100,43	MMNBO(A) 4-5_8
0,52	0,10	24,62	0,64	18,57	35,86	3,50	10,23	1,91	0,89	2,96	3,05	0,17	0,23	100,19	MMNBO(A) 4-5_9
0,38	0,04	24,66	0,08	17,91	36,04	3,49	10,96	2,33	1,06	2,65	2,73	0,15	0,21	99,97	MMNBO(A) 4-5_10
0,49	0,20	25,27	0,18	19,58	35,69	3,53	9,78	1,84	0,48	3,04	3,16	0,22	0,23	100,53	MMNBO(A) 4-5_11
0,29	0,03	25,29	0,53	19,49	35,33	3,34	10,02	2,00	0,67	3,10	3,19	0,18	0,23	100,50	MMNBO(A) 4-5_12
0,44	0,11	24,77	0,31	18,50	34,95	3,48	10,73	2,16	0,76	3,49	3,60	0,22	0,26	100,17	MMNBO(A) 4-5_13
0,42	0,04	25,38	0,69	17,10	33,86	3,66	10,77	2,05	0,95	4,25	4,38	0,26	0,30	99,70	MMNBO(A) 4-5_14
0,53	0,00	24,59	0,70	17,11	36,10	3,36	10,83	1,98	0,89	3,20	3,30	0,19	0,25	99,70	MMNBO(A) 4-5_15
0,43	0,05	24,88	0,42	17,37	35,08	3,40	10,63	2,30	0,82	3,91	4,03	0,24	0,28	99,79	MMNBO(A) 4-5_16
0,56	0,03	25,74	0,29	19,25	35,45	3,22	9,22	1,76	0,80	3,80	3,82	0,05	0,26	100,42	MMNBO(A) 1-3_1
0,56	0,10	25,55	0,39	19,48	34,51	3,32	8,93	1,58	0,51	4,99	5,11	0,26	0,31	100,49	MMNBO(A) 1-3_3

SiO ₂	Y ₂ O ₃	P ₂ O ₅	CaO	La ₂ O ₃	Ce ₂ O ₃	Pr ₂ O ₃	Nd ₂ O ₃	Sm ₂ O ₃	Gd ₂ O ₃	ThO ₂	ThO ₂ *	PbO	UO ₂	Total	Amostra
0,41	0,00	25,51	0,48	20,05	35,91	3,25	8,89	1,39	0,43	3,86	3,97	0,23	0,27	100,68	MMNBO(A) 1-3_4
0,42	0,04	25,38	0,62	19,56	35,82	3,10	9,09	1,74	0,74	3,55	3,66	0,21	0,27	100,52	MMNBO(A) 1-3_5
0,44	0,02	26,48	0,68	19,14	34,82	3,35	9,06	1,68	0,47	3,82	3,90	0,16	0,29	100,38	MMNBO(A) 1-3_6
0,45	0,15	24,89	0,79	19,05	35,62	3,21	9,12	1,83	0,54	4,15	4,28	0,26	0,30	100,35	MMNBO(A) 1-3_7
0,38	0,14	25,35	0,40	19,65	35,78	3,52	9,06	1,60	0,58	3,61	3,72	0,21	0,28	100,55	MMNBO(A) 1-3_8
0,41	0,07	25,04	2,95	19,01	33,57	3,40	9,28	1,70	0,67	3,72	3,86	0,25	0,28	100,34	MMNBO(A) 1-3_9
0,59	0,09	25,59	0,70	19,34	35,81	3,05	8,81	1,44	0,40	4,09	4,22	0,27	0,28	100,45	MMNBO(A) 1-3_10
0,49	0,08	25,15	0,00	20,23	36,58	3,23	8,75	1,53	0,45	3,76	3,88	0,23	0,26	100,74	MMNBO(A) 1-3_11
0,34	0,24	24,94	0,99	19,08	35,77	3,36	9,63	1,62	0,38	3,57	3,66	0,18	0,26	100,36	MMNBO(A) 1-3_12
0,56	0,13	25,19	0,71	19,13	34,78	3,56	9,22	1,63	0,70	4,18	4,33	0,27	0,33	100,38	MMNBO(A) 1-3_13
0,41	0,00	25,21	0,95	19,54	35,00	3,47	9,28	1,74	0,53	3,86	3,99	0,24	0,28	100,51	MMNBO(A) 1-3_14
0,57	0,12	23,56	0,66	19,86	37,52	3,36	8,88	1,29	0,55	3,77	3,88	0,22	0,25	100,62	MMNBO(A) 1-3_15
0,48	0,00	25,53	0,58	18,03	35,55	3,37	9,26	1,69	0,70	4,29	4,41	0,26	0,27	100,01	MMNBO(A) 1-3_16
0,55	0,00	23,92	0,36	18,57	37,01	3,21	9,22	1,86	0,52	4,42	4,54	0,26	0,30	100,19	MMNB2_1_1
0,64	0,00	24,53	0,00	19,34	37,84	3,02	8,47	1,34	0,45	4,28	4,40	0,24	0,29	100,45	MMNB2_1_2

SiO ₂	Y ₂ O ₃	P ₂ O ₅	CaO	La ₂ O ₃	Ce ₂ O ₃	Pr ₂ O ₃	Nd ₂ O ₃	Sm ₂ O ₃	Gd ₂ O ₃	ThO ₂	ThO ₂ *	PbO	UO ₂	Total	Amostra
0,45	0,03	25,38	0,41	19,67	37,85	3,04	8,41	1,57	0,30	3,01	3,12	0,20	0,24	100,56	MMNB2_1_3
0,64	0,02	24,13	0,70	19,92	37,84	3,11	7,94	1,08	0,53	4,19	4,32	0,26	0,29	100,64	MMNB2_1_4
0,55	0,07	24,32	0,00	19,25	37,88	3,19	8,27	1,55	0,38	4,41	4,54	0,26	0,30	100,42	MMNB2_1_5
0,45	0,03	24,64	0,45	18,38	37,08	3,34	9,08	1,74	0,68	3,75	3,87	0,23	0,28	100,13	MMNB2_1_6
1,10	0,08	24,23	0,30	17,89	37,09	3,41	9,39	1,56	0,69	3,73	3,84	0,23	0,27	99,96	MMNB2_2_1
0,31	0,19	24,71	0,03	18,47	37,18	3,33	8,95	1,55	0,57	4,34	4,45	0,24	0,29	100,16	MMNB2_2_2
0,35	0,03	25,01	0,29	18,18	38,18	3,25	8,77	1,44	0,48	3,62	3,72	0,21	0,25	100,06	MMNB2_2_3
0,54	0,00	24,53	0,14	17,93	38,46	3,29	8,84	1,50	0,47	3,77	3,89	0,24	0,26	99,98	MMNB2_2_4
0,59	0,06	24,60	0,17	17,60	37,56	3,21	8,85	1,48	0,60	4,54	4,68	0,30	0,30	99,87	MMNB2_2_5
0,58	0,13	24,57	0,09	18,11	38,04	3,24	8,41	1,22	0,48	4,58	4,71	0,29	0,30	100,04	MMNB2_2_6
0,63	0,00	24,01	0,00	17,88	38,18	3,25	8,81	1,53	0,52	4,57	4,70	0,29	0,30	99,96	MMNB2_2_7
0,32	0,13	17,83	0,65	17,42	45,72	3,02	8,48	1,37	0,49	3,89	4,00	0,23	0,27	99,81	MMNB2_2_8
0,22	0,05	25,36	0,01	18,72	38,92	3,38	9,15	1,42	0,37	2,33	2,40	0,14	0,18	100,24	MMNB2_2_9
0,55	0,05	24,29	0,53	18,99	36,85	3,27	8,76	1,34	0,52	4,58	4,72	0,30	0,29	100,33	MMNB2_2_10
0,57	0,05	24,88	0,36	18,93	38,00	3,08	8,59	1,37	0,50	3,53	3,64	0,22	0,25	100,31	MMNB2_2_11

SiO ₂	Y ₂ O ₃	P ₂ O ₅	CaO	La ₂ O ₃	Ce ₂ O ₃	Pr ₂ O ₃	Nd ₂ O ₃	Sm ₂ O ₃	Gd ₂ O ₃	ThO ₂	ThO ₂ *	PbO	UO ₂	Total	Amostra
0,54	0,01	24,03	0,32	18,84	37,75	2,99	8,52	1,28	0,63	4,76	4,90	0,32	0,30	100,28	MMNB2_2_12
0,42	0,21	24,39	0,08	18,06	38,84	3,40	9,04	1,55	0,39	3,23	3,33	0,21	0,22	100,02	MMNB2_2_13
0,73	0,04	24,63	0,51	18,17	37,09	3,32	8,88	1,43	0,56	4,18	4,29	0,24	0,27	100,06	MMNB2_2_14
0,59	0,17	24,63	1,14	17,04	36,04	3,15	9,00	1,61	0,60	5,06	5,21	0,33	0,32	99,68	MMNB2_2_15
0,49	0,00	24,07	0,37	20,04	38,09	3,18	8,71	1,65	0,38	3,28	3,37	0,19	0,23	100,68	MMNB2_2_16
0,47	0,01	24,61	0,54	18,70	36,11	3,08	9,00	1,66	0,68	4,79	4,91	0,25	0,33	100,23	MMNB2_2_17
0,58	0,10	24,43	0,72	18,93	37,01	3,06	8,93	1,65	0,48	3,91	4,03	0,24	0,26	100,31	MMNB2_2_18
0,48	0,00	24,67	0,56	18,50	37,20	3,25	9,37	1,76	0,65	3,30	3,40	0,21	0,24	100,17	MMNB2_2_19
0,37	0,21	24,84	0,37	19,14	37,76	3,21	8,84	1,39	0,45	3,33	3,44	0,22	0,23	100,38	MMNB2_2_20
0,58	0,00	24,61	0,26	18,54	37,20	3,29	9,59	1,73	0,77	3,19	3,28	0,20	0,23	100,18	MMNB2_2_21
0,37	0,02	23,44	0,26	17,92	38,69	3,26	9,32	1,70	0,55	3,91	4,04	0,23	0,30	99,97	MMNB2_3_1
0,53	0,00	25,47	0,00	17,88	37,23	3,03	9,02	1,60	0,68	4,01	4,13	0,23	0,27	99,96	MMNB2_3_2
0,39	0,07	24,91	0,81	17,92	36,96	3,35	9,43	1,67	0,49	3,54	3,63	0,21	0,22	99,97	MMNB2_3_3
0,28	0,00	25,40	0,12	19,34	38,17	2,98	8,93	1,48	0,35	3,02	3,11	0,19	0,20	100,45	MMNB2_3_4
0,43	0,00	25,41	0,56	18,11	37,18	3,27	8,94	1,58	0,38	3,82	3,87	0,10	0,27	100,04	MMNB2_3_6

SiO ₂	Y ₂ O ₃	P ₂ O ₅	CaO	La ₂ O ₃	Ce ₂ O ₃	Pr ₂ O ₃	Nd ₂ O ₃	Sm ₂ O ₃	Gd ₂ O ₃	ThO ₂	ThO ₂ *	PbO	UO ₂	Total	Amostra
0,87	0,06	23,81	1,13	18,17	37,43	3,33	9,15	1,70	0,40	3,55	3,66	0,22	0,25	100,06	MMNB2_3_7
0,66	0,09	23,85	0,79	18,06	38,33	3,13	8,82	1,60	0,45	3,85	3,91	0,16	0,23	100,02	MMNB2_4_1
0,36	0,00	25,09	0,27	18,69	38,46	3,17	8,85	1,48	0,36	3,08	3,18	0,19	0,23	100,23	MMNB2_4_2
0,36	0,04	24,67	0,47	17,21	38,50	3,08	8,92	1,42	0,58	3,95	4,09	0,27	0,28	99,74	MMNB2_4_3
0,48	0,00	23,70	0,32	17,61	40,21	3,14	8,69	1,31	0,47	3,48	3,59	0,23	0,24	99,87	MMNB2_4_4
0,51	0,00	24,57	0,65	19,16	38,12	3,04	8,37	1,43	0,34	3,70	3,81	0,24	0,25	100,39	MMNB2_4_5
0,57	0,08	24,59	0,44	18,63	38,48	3,19	8,49	1,22	0,39	3,66	3,78	0,24	0,24	100,21	MMNB2_4_6
0,36	0,10	24,77	0,21	18,25	37,74	3,24	9,96	1,89	0,68	2,54	2,62	0,15	0,20	100,08	MMNB2_4_7
0,45	0,20	24,53	0,08	15,79	39,23	3,54	9,58	1,50	0,64	3,31	3,40	0,19	0,23	99,26	MMNB2_4_8
0,23	0,01	24,70	0,00	31,01	38,12	2,06	5,59	1,05	0,00	1,41	1,41	0,00	0,16	104,34	ML9D3_clara1_1
0,12	0,04	22,34	0,85	33,75	39,01	2,12	5,44	0,94	0,06	0,46	0,46	0,00	0,12	105,25	ML9D3_clara1_2
2,78	1,30	1,36	0,37	13,68	67,57	1,23	3,54	0,89	0,61	0,86	7,28	3,27	1,11	98,56	ML9D3_clara1_3
0,62	0,12	25,00	0,42	21,50	39,52	2,95	7,11	1,12	0,43	2,21	2,22	0,02	0,16	101,17	ML9D3_clara1_4
0,20	0,00	24,69	0,21	31,57	39,22	2,17	5,16	0,78	0,00	0,41	0,41	0,00	0,12	104,52	ML9D3_clara1_5
0,75	2,51	11,68	0,96	18,45	43,42	2,92	9,22	2,50	1,76	5,15	5,38	0,39	0,46	100,15	ML9D3_esc1_1

SiO ₂	Y ₂ O ₃	P ₂ O ₅	CaO	La ₂ O ₃	Ce ₂ O ₃	Pr ₂ O ₃	Nd ₂ O ₃	Sm ₂ O ₃	Gd ₂ O ₃	ThO ₂	ThO ₂ *	PbO	UO ₂	Total	Amostra
0,20	2,15	13,86	1,15	20,03	44,40	2,86	8,91	2,29	1,57	2,72	2,89	0,27	0,27	100,68	ML9D3_esc1_2
0,15	2,23	14,15	1,64	20,57	42,59	2,90	9,24	2,41	1,63	2,80	2,97	0,27	0,27	100,86	ML9D3_esc1_3
0,64	2,89	9,87	1,78	15,66	43,01	2,94	9,96	3,11	2,45	5,95	6,22	0,50	0,46	99,22	ML9D3_esc1_4
1,35	2,20	17,56	0,59	16,75	43,47	2,51	8,31	1,96	1,11	3,20	3,38	0,29	0,28	99,58	ML9D3_esc1_5
3,67	5,50	1,40	1,55	11,48	50,54	2,32	7,74	2,81	2,09	7,49	7,80	0,44	0,81	97,83	ML9D3_esc1_6
0,46	0,04	22,12	0,47	6,54	58,15	1,40	3,93	0,66	0,29	1,84	1,92	0,17	0,11	96,18	MMNB2_2_1_4
0,43	0,22	22,78	0,55	10,53	53,68	1,90	5,83	1,15	0,33	0,07	0,07	0,00	0,04	97,51	MMNB2_2_1_5
0,30	0,13	23,05	0,29	7,85	57,57	1,50	4,60	0,92	0,35	0,02	0,02	0,00	0,04	96,62	MMNB2_2_1_7
0,50	0,16	20,93	0,00	9,75	55,78	1,56	5,20	1,04	0,36	1,72	1,79	0,14	0,11	97,25	MMNB2_2_2_1
0,39	0,00	22,87	0,52	9,34	52,94	1,70	5,62	1,39	0,49	1,60	1,67	0,14	0,11	97,11	MMNB2_2_2_2
0,02	0,34	2,51	46,22	9,19	28,26	1,79	5,56	1,49	0,49	0,90	1,01	0,09	0,21	97,06	MMNB2_2_2_3
0,34	0,03	22,73	0,94	8,93	55,33	1,59	4,62	0,85	0,13	1,24	1,33	0,13	0,13	96,98	MMNB2_2_2_4
0,37	0,21	23,90	0,29	0,56	66,73	0,43	1,34	0,00	0,11	0,22	0,22	0,00	0,04	94,19	MMNB2_2_2_5
0,29	0,19	22,72	0,71	9,68	52,72	1,72	5,87	1,35	0,36	1,47	1,49	0,03	0,13	97,23	MMNB2_2_2_6
0,36	0,03	22,44	0,37	10,01	53,26	1,69	5,79	1,13	0,40	1,61	1,68	0,12	0,14	97,34	MMNB2_2_2_7

SiO ₂	Y ₂ O ₃	P ₂ O ₅	CaO	La ₂ O ₃	Ce ₂ O ₃	Pr ₂ O ₃	Nd ₂ O ₃	Sm ₂ O ₃	Gd ₂ O ₃	ThO ₂	ThO ₂ *	PbO	UO ₂	Total	Amostra
0,30	0,22	22,38	0,74	10,24	52,54	1,68	5,85	1,30	0,34	1,57	1,63	0,11	0,15	97,41	MMNB2_2_2_8
0,39	0,07	22,96	0,00	9,82	54,40	1,81	5,93	1,39	0,43	0,06	0,06	0,00	0,04	97,27	MMNB2_2_2_9
0,30	0,11	22,86	0,52	10,14	54,32	1,85	5,55	1,11	0,26	0,30	0,32	0,04	0,03	97,38	MMNB2_2_2_10
0,34	0,11	25,95	0,89	17,81	35,80	3,23	8,88	1,45	0,47	4,37	4,53	0,31	0,32	99,94	ML9D4_1_1
0,41	0,07	25,66	0,78	18,15	36,04	2,92	8,47	1,65	0,61	4,62	4,80	0,34	0,34	100,05	ML9D4_1_2
0,39	0,04	25,45	1,17	18,07	36,20	3,01	8,40	1,55	0,55	4,59	4,73	0,30	0,31	100,02	ML9D4_1_3
0,30	0,17	25,01	0,99	18,38	36,77	2,93	8,47	1,58	0,45	4,41	4,59	0,32	0,34	100,13	ML9D4_1_4
0,34	0,24	26,06	1,03	18,48	35,63	2,99	8,67	1,52	0,70	3,93	4,08	0,28	0,31	100,16	ML9D4_1_5
0,46	0,03	25,97	0,63	18,15	35,54	2,90	9,05	1,50	0,50	4,67	4,83	0,32	0,33	100,05	ML9D4_1_6
0,47	0,02	25,32	0,76	16,64	36,14	3,15	9,55	1,72	0,62	4,51	4,67	0,31	0,34	99,55	ML9D4_1_7
0,38	0,09	25,33	1,37	18,12	36,12	3,14	9,08	1,43	0,48	3,93	4,07	0,28	0,30	100,04	ML9D4_1_8
0,38	0,05	24,88	1,10	18,57	36,73	2,92	8,36	1,39	0,62	4,58	4,73	0,30	0,31	100,19	ML9D4_1_9
4,55	0,08	19,52	1,09	15,32	43,36	2,27	6,90	1,13	0,34	4,01	4,14	0,27	0,28	99,11	ML9D4_1_10
0,42	0,05	24,49	1,02	18,86	37,52	2,82	7,97	1,42	0,45	4,61	4,78	0,32	0,34	100,29	ML9D4_1_11
0,37	0,05	25,45	1,61	18,74	35,33	2,91	7,98	1,49	0,59	5,02	5,20	0,35	0,36	100,25	ML9D4_1_12

SiO ₂	Y ₂ O ₃	P ₂ O ₅	CaO	La ₂ O ₃	Ce ₂ O ₃	Pr ₂ O ₃	Nd ₂ O ₃	Sm ₂ O ₃	Gd ₂ O ₃	ThO ₂	ThO ₂ *	PbO	UO ₂	Total	Amostra
0,34	0,21	25,63	1,16	19,64	36,78	2,73	7,10	1,21	0,55	4,53	4,70	0,32	0,36	100,55	ML9D4_1_13
0,31	0,22	24,65	0,78	18,23	38,16	2,90	8,13	1,32	0,43	4,34	4,49	0,31	0,29	100,08	ML9D4_clara1_1
0,30	0,00	24,97	0,82	18,34	37,54	2,83	8,31	1,40	0,30	4,63	4,80	0,33	0,35	100,11	ML9D4_clara1_2
0,27	0,17	24,76	1,13	19,12	37,20	2,94	8,44	1,47	0,45	3,90	4,02	0,27	0,25	100,37	ML9D4_clara1_3
0,17	0,05	24,57	0,86	18,68	36,97	3,21	8,64	1,62	0,64	4,25	4,38	0,29	0,28	100,23	ML9D4_clara1_4
0,28	0,05	24,85	0,19	18,14	38,14	3,12	8,88	1,84	0,71	3,38	3,50	0,21	0,26	100,05	ML9D4_clara1_5
0,31	0,07	24,06	1,13	18,94	36,98	3,03	8,35	1,43	0,52	4,84	5,00	0,32	0,34	100,31	ML9D4_clara1_6
0,44	0,07	22,23	0,64	19,21	36,10	2,91	9,88	2,33	0,73	5,17	5,33	0,35	0,34	100,40	ML9D_esc_1
0,27	0,12	22,75	0,43	17,43	37,69	3,08	10,92	2,36	0,97	3,30	3,42	0,21	0,28	99,81	ML9D_esc_2
1,30	2,96	19,52	0,62	13,91	42,58	2,71	9,07	2,17	1,13	2,16	2,26	0,10	0,41	98,64	ML9D_esc_3
0,47	0,18	22,71	0,20	17,26	38,64	3,10	9,97	1,92	0,70	4,03	4,17	0,27	0,31	99,75	ML9D_esc_4
0,47	0,21	22,98	1,21	18,75	37,77	3,10	8,37	1,55	0,66	4,51	4,68	0,32	0,37	100,25	ML9D_esc_5
0,40	0,08	22,62	0,99	18,54	38,36	2,97	9,17	1,61	0,41	4,39	4,55	0,30	0,35	100,18	ML9D_esc_6
0,41	0,00	22,86	0,77	18,56	38,99	3,14	8,72	1,54	0,51	4,06	4,22	0,28	0,35	100,19	ML9D_esc_7
0,33	0,00	23,12	0,25	18,70	38,57	3,10	9,31	1,70	0,78	3,80	3,94	0,25	0,32	100,23	ML9D_esc_8

SiO ₂	Y ₂ O ₃	P ₂ O ₅	CaO	La ₂ O ₃	Ce ₂ O ₃	Pr ₂ O ₃	Nd ₂ O ₃	Sm ₂ O ₃	Gd ₂ O ₃	ThO ₂	ThO ₂ *	PbO	UO ₂	Total	Amostra
0,38	0,23	23,18	0,73	18,81	38,20	2,99	8,80	1,69	0,53	4,09	4,25	0,29	0,35	100,27	ML9D_esc_9
0,31	0,16	23,81	0,95	19,06	36,85	3,14	8,88	1,63	0,59	4,31	4,48	0,29	0,37	100,35	ML9D_esc_10
0,83	0,17	22,55	0,49	16,09	34,70	3,13	10,92	2,90	1,17	5,69	5,86	0,38	0,36	99,36	ML9D_esc_11
1,62	0,21	22,92	0,16	18,45	36,72	3,40	10,81	2,85	1,55	1,25	1,29	0,05	0,18	100,15	ML9D_esc_12
0,44	0,14	22,77	0,00	16,89	37,09	3,38	11,41	3,15	1,68	2,26	2,37	0,15	0,28	99,63	ML9D_esc_13
0,12	0,27	22,99	0,00	17,87	37,38	3,23	11,46	2,99	1,53	1,78	1,85	0,09	0,26	99,96	ML9D_esc_14
0,95	2,92	18,82	0,00	12,69	42,64	2,65	9,17	2,41	1,13	1,62	1,90	0,12	3,14	98,23	ML9D_esc_15
1,21	0,49	22,46	0,62	23,19	41,31	2,78	6,76	1,02	0,14	1,43	1,51	0,08	0,26	101,73	ML9D_claro_2
0,56	0,66	20,98	0,60	25,74	44,14	2,65	5,40	0,44	0,00	1,14	1,20	0,07	0,22	102,58	ML9D_claro_3
0,33	0,40	23,30	0,00	24,23	42,67	2,88	6,27	0,94	0,13	0,73	0,76	0,02	0,17	102,08	ML9D_claro_4
0,47	0,40	22,72	0,00	25,29	43,34	2,70	5,49	0,60	0,05	1,03	1,15	0,11	0,22	102,43	ML9D_claro_5
0,43	0,13	22,35	0,22	22,67	42,14	2,63	5,69	0,87	0,11	1,43	5,31	2,27	0,63	101,56	ML9D_claro_6
0,12	1,08	16,17	0,62	31,30	46,25	2,31	5,65	0,65	0,00	0,11	0,11	0,00	0,18	104,43	ML9D_claro_7
0,69	1,06	20,89	0,00	23,90	44,31	2,73	6,17	0,74	0,04	1,03	1,25	0,19	0,24	101,97	ML9D_claro_8
0,30	0,15	22,42	0,00	13,05	36,63	4,10	15,67	3,56	1,35	0,91	0,95	0,04	0,17	98,35	ML9D_claro2_9

SiO ₂	Y ₂ O ₃	P ₂ O ₅	CaO	La ₂ O ₃	Ce ₂ O ₃	Pr ₂ O ₃	Nd ₂ O ₃	Sm ₂ O ₃	Gd ₂ O ₃	ThO ₂	ThO ₂ *	PbO	UO ₂	Total	Amostra
0,30	0,21	22,99	0,31	11,67	33,58	3,59	15,85	5,12	2,40	1,57	1,65	0,10	0,23	97,89	ML9D_claro2_10
0,30	0,32	22,65	0,24	12,97	36,31	3,91	15,58	3,44	1,63	0,79	0,81	0,02	0,17	98,32	ML9D_claro2_11
0,28	0,20	22,96	0,03	15,35	37,27	3,76	14,08	3,06	1,22	0,73	0,76	0,02	0,16	99,12	ML9D_claro2_12
0,75	0,20	22,91	0,00	22,14	39,01	3,39	9,97	1,69	0,51	0,62	0,64	0,02	0,16	101,38	ML9D_claro2_13
0,32	0,16	23,09	0,13	14,00	36,53	3,87	14,50	3,62	1,51	0,77	0,79	0,03	0,16	98,67	ML9D_claro2_14
0,76	0,43	22,45	0,00	22,50	43,17	2,45	7,08	1,39	0,22	0,83	0,87	0,04	0,17	101,50	ML9D_claro2_15
1,63	0,56	22,07	0,00	31,44	40,61	2,36	4,98	0,46	0,00	0,18	0,23	0,02	0,17	104,48	ML9D_claro2_16
1,15	0,96	18,52	0,00	30,01	43,06	2,36	5,51	0,94	0,00	1,09	1,29	0,18	0,24	104,00	ML9D_claro2_17

Ad ANDRADE REIS, MATEUS
 DATAÇÃO QUÍMICA POR MICROSSONDA ELETRÔNICA DE MONAZITA
 HIDROTHERMAL ASSOCIADA À MINERALIZAÇÃO DE ESTANHO (Sn) E
 ÍNDIO (In) DO MACIÇO MANGABEIRA, GOIÁS. / MATEUS ANDRADE
 REIS; orientador Nilson Francisquini Botelho . -- Brasília,
 72 p.

 Dissertação (Mestrado - Doutorado em Geologia) --
 Universidade de Brasília, .

 1. MONAZITA,. 2. DATAÇÃO QUÍMICA,. 3. U-TH-PB,. 4.
 MICROSSONDA ELETRONICA,. I. Francisquini Botelho , Nilson,
 orient. II. Título.