

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

Estudos de proveniência (U-Pb e Lu-Hf em zircão e Sm-Nd em rocha total) das Bacias de Vinchina e Ischigualasto-Villa Unión, Argentina: Inferências tectônicas

Daniel do Valle Lemos Santos

Orientador: Prof. Dr. Wilson Teixeira

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Programa de Pós-graduação em Geoquímica e Geotectônica

São Paulo

2017

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Ebe Camargo por ter me inspirado a fazer o mestrado na Universidade de São Paulo – USP - e todos os outros apoiadores desse plano que surgiu quando ainda morava na Irlanda em 2014 *in special to Yann, Aki and Gilligan's brothers*.

Em especial ao meu orientador Professor Doutor Wilson Teixeira pela confiança, paciência, ensinamentos e discussões científicas. A professora Doutora Gilda Collo (Universidade Nacional de Córdoba, Argentina), pelo auxílio técnico, discussões, ensinamentos, atenção na saída de campo e por me receber tão bem na estadia na Argentina. Agradeço também ao Miguel Ezpeleta por fazer parte da equipe de campo e a todos os outros colegas de Córdoba que me ajudaram e me receberam muito bem.

A todos os demais professores do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, em especial aos professores Thomas Fairchild, Renato Almeida, Paulo Boggiani, Key Sato, Maria Helena e André Negrão, e aos funcionários do IGc-USP, em especial aos funcionários do CPGeo.

Aos amigos de pós-graduação pelo convívio, em especial aos companheiros de sala e vizinhos: Heitor Gardenal, Gisele Utida, Luana Morais, Gabriel Oseas, Rudney Almeida, Marcelo Galé, Gustavo Prado, Rafael Casati e Gustavo Santos. Outros grandes amigos que fiz durante o tempo aqui: Cristiano, Julio, Larissa, Laisa, Thiago, Mauricio Parra, Gabriel Kuhlmann, Marcelo, Cláudia, Mariana, Cassandra, Celine, Lina e Dorilia. Agradeço também aos amigos que convivi junto que sempre me motivaram para assuntos científicos: Gláucio Monteiro, Iuri Valadão, Tiego Diniz e Vitor Medeiros. A minha família e aos melhores amigos da minha cidade natal, meu obrigado pelo apoio.

Agradeço ao NAP GEOSEx e CPGeo pelo respaldo financeiro para as análises e viagem de campo e a Capes pela bolsa de estudo.

Sumário

ÍNDICE DE FIGURAS	v
RESUMO	vii
ABSTRACT	viii
CAPITULO 1	1
1.1 Introdução	1
1.2 Objetivos	2
1.3 Localização	2
CAPITULO 2	4
2.1 Materiais e Métodos	4
2.1.1 Levantamento Bibliográfico	4
2.1.2 Estratégia de amostragem	5
2.1.3 Análise Petrográfica	6
2.1.4 Separação mineral e morfologia de zircões	6
2.1.5 Geocronologia U-Pb em zircão detrítico	10
2.1.6 Método Isotópico Sm-Nd	14
2.1.7 Método Isotópico Lu-Hf	15
CAPITULO 3	17
3.1 Contexto geológico-tectônico	17
3.1.1 Sierras Pampeanas Leste	20
3.1.2 Sierras Pampeanas Oeste	21
3.1.3 Orógeno Famatina	23
3.1.4 Precordilheira	23
3.1.5 Cordilheira Frontal	24
3.1.6 Evento Choiyoi	26
3.1.7 Evento Andino	27
3.2 Áreas de estudo	28
3.2.1 Bacia de Vinchina	28
3.2.2 Bacia de Ischigualasto-Villa Unión	32
CAPITULO 4	35
4.1 Descrição Macroscópica e Petrografia	38
4.1.1 Bacia de Vinchina	38
4.2.3 Embasamento	42

4.3 Características morfológicas das populações.....	43
4.3.1 Bacia de Vinchina.....	43
4.3.2 Bacia de Ischigualasto-Villa Unión.....	44
4.3 Geocronologia U-Pb.....	44
4.3.1 Bacia de Vinchina.....	45
4.3.2 Geocronologia U-Pb na Bacia de Ischigualasto-Villa Unión	58
4.4 Morfologia dos zircões segundo a idade U-Pb	68
4.4.1 Análise morfológica/idade dos zircões em arenitos da Bacia de Vinchina	68
4.4.2 Análise morfológica/idade dos zircões em arenitos da Bacia de Ischigualasto-Villa Unión	71
4.5 Geoquímica Isotópica de Sm-Nd	73
4.6 Geoquímica Isotópica de Lu-Hf	78
CAPITULO 5.....	81
5.1 Súmula e discussão.....	81
5.1.1 Proveniência	85
5.1.2 Inferências tectônicas.....	92
CAPÍTULO 6.....	97
6.1 Conclusão	97
CAPÍTULO 7.....	99
7.1 Referências bibliográficas.....	99
ANEXO 1.....	114
ANEXO 2.....	115
ANEXO 3.....	131
ANEXO 4.....	Erro! Indicador não definido.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 - Mapa de localização e geológico (Fauque et al., 2005) dos depocentros analisados. DC - Depocentro dos Colorados, DF - Depocentro La Flecha e DT - Depocentro Campo de Talampaya; CF - Cordilheira Frontal; PC – Precordilheira; TN – Serra de Toro Negro; U- Serra de Umango; E – Serra de Espinal; M – Serra de Maz; SF – Serra de Famatina; e SPL – Sierras Pampeanas Leste

Figura 2.2 – Morfologias internas de zircões de diferentes litologias por CL modificado de Corfu et al., (2003)

Figura 3.1 - Províncias tectônicas do Sw do Gondwana Ocidental e áreas de estudo (simplificado de Malizia et al., 1995). DC – Depocentro dos Colorados; DF – Depocentro de La Flecha; e DT – Depocentro de Campo de Talampaya

Figura 3.2 - Estratigrafia da bacia de Vinchina e seus depocentros (modificado de Ciccioli et al., 2013)

Figura 3.3- Seção estratigráfica oeste-leste da Bacia Ischigualasto-Villa Unión modificada de Malizia et al., 1995

Figura 3.4- Seção estratigráfica oeste-leste da Bacia Ischigualasto-Villa Unión modificada de Malizia et al., 1995

Figura 4.1 - Localização dos pontos analisados para a Bacia de Vinchina em imagem do Google.Earth. Legenda: BV – Bacia de Vinchina; Vermelho –U-Pb, Lu-Hf e Sm-Nd; Verde – U-Pb e Sm-Nd ; Amarelo – SHRIMP; e Azul – Sm-Nd

Figura 4.1 - Localização dos pontos analisados para a Bacia de Ischigualasto-Villa Unión e parte sul da bacia de Vinchina (La Flecha) em imagem do Google.Earth. Legenda: BV – Bacia de Vinchina; BI – Bacia de Ischigualasto-Villa Unión; Verde – U-Pb e Sm-Nd; e Azul –Sm-Nd

Figura 4.3 - Perfis estratigráficos dos depocentros analisados, referentes às bacias de Vinchina e Ischigualasto-Villa Unión [modificados de Ramos, (1980); Reynolds et al., (1990); Malizia et al., (1995)]. Para localização geográfica ver figuras 4.1 e 4.2. As amostras coletadas estão citadas ao longo da coluna estratigráfica à esquerda

Figura 4.4 – Afloramentos da Bacia de Vinchina. A – Intercalações de arenito fino e pelitos da formação Vinchina; B – tufo vulcânico na formação Vinchina; C – conglomerados na base dos arenitos do membro superior da formação Vinchina; D – conglomerados e arenitos da formação Toro Negro; E – panorâmica do contato erosivo (linha tracejada) da formação Vinchina e Toro Negro

Figura 4.5 – Afloramentos da bacia de Ischigualasto-Villa Unión. A – Arenitos finos na formação Rio Mañero; B – Estratificação cruzada e nível de conglomerados acima na formação Desencuentro; C – Tufo vulcânico na formação Desencuentro; e D – intercalações de arenito fino a muito fino basculado com estratificação plana paralela

Figura 4.6 - Diagramas de população mais jovem, Concórdia, Histogramas de probabilidade para as amostras datadas por U-Pb no SHRIMP para a Bacia de Vinchina

Figura 4.7 - Diagrama Terra-Wasserburg e Histograma de probabilidade da amostra de tufo vulcânico analisados por LA-ICPMS para a Bacia de Vinchina

Figura 4.8 - Diagramas Terra-Wasserburg e Histogramas de probabilidade das amostras de arenitos e tufo vulcânicos analisados por LA-ICPMS para as Bacias de Vinchina

Figura 4.8- Diagramas Terra-Wasserburg e Histogramas de probabilidade das amostras de pelitos analisados por LA-ICPMS para a Bacia de Vinchina

Figura 4.9 - Gráfico PDF para a bacia de Vinchina com faixas destacando intervalo de idade de eventos na Região. Vermelho – Evento Andino; Roxo - Evento Choyoi; Verde – Evento Famatiniano; Laranja – Evento Pampeano; Amarelo - Brasileiro; e Azul – Grenvilliano

Figura 4.10 - Gráfico de análises de núcleo e borda de zircão para a Bacia de Vinchina

Figura 4.11- Perfil estratigráfico da bacia de Vinchina segundo Ramos (1980) com uma análise proporcional de idades dos períodos geológicos. Em vermelho, a Idade Máxima de Deposição datada por SHRIMP nesse trabalho

Figura 4.12 - Espectros de idade U-Pb de zircão detrítico de bacias ensialicas de campos tectônicos convergente, colisional e divergente (Cawood et al., 2012)

Figura 4.13 - Modelo de Cawood et al. (2012) para ambientes tectônicos usando curva acumulada de zircões detríticos e os respectivos campos A – convergente, B -colisional e C - divergente

Figura 4.14–Modelo Cowood et al. (2012) aplicado para amostras da bacia de Vinchina

Figura 4.15 - Diagrama de Concórdia, Histograma de probabilidade e de Idade Máxima de Deposição para a amostra P005 datada por U-Pb no SHRIMP para a Bacia de Ischigualasto-Villa Unión

Figura 4.16 -Diagrama concórdia com a Idade Máxima de Deposição para a amostra da base da Formação Rio Mañero na bacia de Ischigualasto-Villa Unión

Figura 4.17 - Diagramas Terra-Wasserburg e histogramas de probabilidade das amostras de arenitos analisados por La-ICPMS para a Bacia de Ischigualasto-Villa Unión

Figura 4.18 - Diagramas Terra-Wasserburg e Histogramas de probabilidade das amostras de pelitos analisados por La-ICPMS para a Bacia de Ischigualasto-Villa Unión

Figura 4.19 - Gráfico PDF para a bacia de Ischigualasto-Villa Unión com faixas destacando intervalo de idade de eventos na Região. Vermelho – Evento Andino; Roxo - Evento Choyoi; Verde – Evento Famatiniano; Laranja – Evento Pampeano; Amarelo - Brasileiro; e Azul - Grenvilliano

Figura 4.20 - Gráfico de análises de núcleo e borda de zircão para a Bacia de Ischigualasto-Villa Unión

Figura 4.21- Perfil estratigráfico da bacia de Ischigualasto-Villa Unión segundo Malizia et al. (1995) com uma análise proporcional de idades dos períodos geológicos. Em vermelho, Idades Máximas de Deposição desse trabalho

Figura 4.22 - Modelo de Cawood et al. (2012) para a Bacia de Ischigualasto-Villa Unión

Figura 4.23–Frequência de hábito do zircão de acordo com os períodos geológicos da bacia de Vinchina

Figura 4.24- Frequência de hábito do zircão de acordo com os períodos geológicos da bacia de Ischigualasto-Villa Unión

Figura - 4.25 - Dados isotópicos de Sm-Nd para o depocentro dos Colorados (bacia de Vinchina). Em vermelho, os dados dos arenitos destacados

Figura - 4.26 - Dados isotópicos de Sm-Nd para o Depocentro de La Flecha (bacia de Vinchina)

Figura - 4.27 - Dados isotópicos de Sm-Nd para o Depocentro de Campo de Talampaya (bacia de Ischigualasto-Villa Unión). Em vermelho, os dados dos arenitos destacado

Figura - 4.28 – Gráfico de valores de Idade Modelo de Hf de acordo com a idade dos períodos geológicos

Figura 4.29 - Diagrama de Epsilon Hf em relação as idades dos Períodos Geológicos das amostras

Figura 5.1 - Gráfico comparativo de idade TDM x ϵ Nd das amostras desse estudo (marcadas em x) e os campos das áreas fontes do entorno (baseado em Varela et al., 2003; Porcher et al., 2004; Rapela et al., 2010; Casquet et al., 2005,2008; Kay et al., 1996; Lopez et al., 2009; Collo et al., 2008; e Dahlquist et al., 2013, 2016). Legenda: CF- Cordilheira Frontal; PC – Precordilheira; DU – Dominio Serra de Umango; DM – Dominio Serra de Maz; e OF – Orógeno Famatina

Figura 5.2 - Gráfico comparativo de idade x ϵ Hf das amostras desse estudo (marcadas em x) e os campos das áreas fontes do entorno (baseado em Chernicoff et al., 2016; Hervé et al., 2014; Del Rey et al., 2016; e Dahlquist et al., 2013, 2016). Legenda: CF- Cordilheira Frontal; OF – Orógeno Famatina; e SPE – Sierras Pampeanas Leste

Figura 5.3- Modelo evolutivo das áreas fontes para as Bacias de Vinchina e Ischigualasto-Villa Unión. Legenda: BV- Bacia de Vinchina; BI – Bacia de Ischigualasto-Villa Unión; TN – Serra de Toro Negro; U – Serra de Umango; E – Serra de Espinal; M – Serra de Maz; CR – Serra de Cerro Rajado; SM – Serra Morada; Estrela – Área fonte principal; e linha tracejada indicando o limite inferido das bacias

RESUMO

As bacias miocênicas de Vinchina e Ischigualasto-Villa Unión foram objeto de estudos U-Pb de proveniência, com base em zircão detrítico de arenitos, pelitos e tufos vulcânicos com diferentes posições estratigráficas. Ensaio isotópico por Lu-Hf em zircão e Sm-Nd em rocha total também foram realizados. As duas bacias se situam entre a Cordilheira Andina e os blocos do embasamento das Sierras Pampeñas, no noroeste da Argentina. Ambas as bacias têm em seus estratos os efeitos causados pela subducção plana andina (28°-32°S) datada em ca. 13 Ma. Nas formações Vinchina e Toro Negro (Bacia de Vinchina) foram realizadas nove análises in-situ U-Pb em zircão detrítico e 17 análises Sm-Nd em rocha total. Uma amostra da Formação Vinchina foi também analisada pelo método Lu-Hf em zircão detrítico. Nas formações de Rio Mañero e Desencuentro (Bacia de Ischigualasto-Villa Unión) foram realizadas cinco análises isotópicas de U-Pb. As idades U-Pb, obtidas a partir de 594 zircões detríticos, permitiram definir as seguintes idades máximas de deposição: 1) 8 Ma (em tufo vulcânico) para o membro superior da Formação Vinchina; 2) 8 Ma (em tufo vulcânico na Formação Desencuentro) e 13 Ma (em arenito na base da Formação Rio Mañero) para a Bacia de Ischigualasto-Villa Unión. Em termos de proveniência a Bacia de Vinchina apresenta quatro grupos principais de idades: grenvilliana (958-1230 Ma), cambriana (489-540 Ma), ordoviciana (445-488 Ma) e carbonífera (307-359 Ma). Por sua vez, as principais idades herdadas para a Bacia de Ischigualasto-Villa Unión são do: grenvilliano (956-1246 Ma), cambriano (490-541 Ma), ordoviciano (448-488 Ma) e permiano (251-293 Ma). Essas idades refletem a importância das contribuições sedimentares pelo soerguimento/erosão do Orógeno Famatina (540-440 Ma), da Sierra Pampeña Oeste (1250-950 Ma), da Precordilheira (360-290 Ma) e da Cordilheira Frontal (290-200 Ma). Esses dados serviram de base para inferir para ambas as bacias o resultado foi de ambiente colisional. Os dados Sm-Nd, TDM e $\epsilon_{Nd(t)}$, são homogêneos para ambas bacias e mostram que os sedimentos das formações estudadas apresentam semelhança com os domínios isotópicos da serra de Umango e do embasamento da Precordilheira (valores de TDM de 0,9 a 1,2 Ga e $\epsilon_{Nd(t)}$ de -5 a -8). As assinaturas isotópicas de Hf em zircão permitiram esclarecer que as fontes para a Bacia de Vinchina foram heterogêneas: as idades modelo variaram de 1,0 a 3,1 Ga, enquanto que os valores de $\epsilon_{Hf(t)}$ frente à respectiva idade U-Pb do grão indica uma semelhança com a assinatura das rochas da Cordilheira Frontal, de granitos carboníferos e do Orógeno Famatina que ocorrem nas proximidades. O conjunto de dados obtidos sugere que as formações das bacias acompanharam as mudanças na paleogeografia da região, apontado em episódios de aumentos significativos de intervalos de idades específicos ao longo do perfil estratigráfico das bacias.

ABSTRACT

The Vinchina and Ischigualasto-Villa Unión basins from Miocene were the object of studies of provenance U-Pb, based on detrital zircons in sandstones, shales and volcanic sedimentary rocks within different positions in stratigraphy. Isotopic testes by Lu-Hf in zircon and Sm-Nd in total rock were also carry out. The two basins are located between the Andes and tilted blocks of the Sierras Pampeanas in northwestern Argentina. The basins record the effects caused by flat subduction in the area between 28° and 32°S at about 13 Ma. To this end, we performed isotopic analyses in detrital zircons in volcanic sedimentary rocks, sandstones and shales and Sm-Nd analyses in total rock samples of shales. We carried out nine U-Pb analyses and 17 Sm-Nd analyses of the Vinchina and Toro Negro formations and 17 Lu-Hf analyses in zircon from the Vinchina formation. For the Rio Mañero and Desencuentro formations, five isotopic analyses of U-Pb were made. U-Pb ages were obtained for 594 detrital zircons, which ranged between 8 Ma and 3.2 Ga. Based on these data, we established the following new maximum depositional ages: 8 Ma for the upper member of the Vinchina Formation; 13 Ma for the base of the Rio Mañero Formation; and 8 Ma at an intermediate level within the Desencuentro Formation. The Vinchina basin exhibits four main groups of inherited ages - Grenvillian, Cambrian, Ordovician and Carboniferous, whereas the main inherited ages in the Ischigualasto-Villa Unión basin are Grenvillian, Cambrian, Ordovician and Permian. These ages reflect the importance of sedimentary contributions from the West Sierras Pampeanas (1250-950 Ma), the Famatina Orogen (540-440 Ma), the Precordilleira (360-290 Ma) and the Frontal Cordilleira (290-200 Ma). These data were used in the tectonic inference for both basins the result was a collision set. The Sm-Nd data, TDM and $\epsilon_{Nd}(t)$ are not only homogeneous for both basins but are also similar to known isotopic domains of the Umango Range and basement of the Precordilleira (TDM values between 0.9 and 1.2 Ga and $\epsilon_{Nd}(t)$ between -5 and -8). The isotopic signatures of Hf show heterogeneous model ages ranging from 1.0 to 3.1 Ga. Furthermore, the data for $\epsilon_{Hf}(t)$ combined with U-Pb ages are similar to those for isotopic dominions of the Frontal Cordilleira, Carboniferous granites and the Famatina Orogen. The dataset obtained suggests that the formations of the basins regarded the changes in the paleogeography of the region, pointed out in episodes of significant increases of specific age ranges along the stratigraphic profile of the basins.

CAPITULO 1

1.1 Introdução

A região da Sierras Pampeanas, noroeste argentino, abriga um complexo sistema de bacias cenozóicas intramontanas, como as de Vinchina, Ischigualasto-Villa Unión, Bermejo, etc. (Jordan, 1986). A seção dos Colorados na bacia de Vinchina, em particular, é a que conta com o maior número de investigações (Ramos, 1970; Ciccioli, 2012), que já permitiram definir as unidades geológicas, os respectivos paleoambientes (Marensi et al., 2000; Ciccioli, 2008 e outros) história térmica (Collo et al., 2009), além de utilizar a geocronologia U-Pb em zircão detrítico (Collo et al., 2013; Ciccioli et al., 2013; Amidon et al., 2016) e paleomagnetismo (Reynolds, 1987 e outros).

Recentemente, três seções principais das bacias de Vinchina e Ischigualasto-Villa Unión têm sido objeto de estudos (dos Colorados, La Flecha e Campo de Talampaya) no âmbito de uma cooperação científica bilateral com pesquisadores da Universidade Nacional de Córdoba e da Universidade de São Paulo – USP, sob os auspícios do NAP-GEOSEDex (geodinâmica de bacias sedimentares), um dos núcleos de apoio à pesquisa da USP.

No âmbito desta colaboração científica, umas das ferramentas utilizadas, a geocronologia, tem o intuito de inferir a proveniência, a idade máxima de deposição das formações e a evolução paleogeográfica, com implicações quanto à história sedimentar e vulcânica do Andes, em sua porção Centro-Sul (Collo et al., 2014 e outros) – iniciativa da qual também faz parte a presente dissertação de Mestrado.

O presente trabalho efetuou novas análises isotópicas de U-Pb em zircões detríticos em níveis de arenitos, pelitos e volcanoclásticos e determinou as composições

isotópicas de Lu-Hf nos zircões e Sm-Nd em pelitos nas bacias de Vinchina e Ischigualasto-Villa Unión.

Os dados gerados têm potencial para ampliar o entendimento da reconstrução da área de proveniência das bacias de Vinchina e de Ischigualasto-Villa Unión e para realizar correlações detalhadas entre distintos afloramentos das unidades terciárias ao longo do antepaís andino. Estas bacias sedimentares têm grande importância geotectônica para a evolução dos Andes.

Esta dissertação está organizada em vários capítulos que apresentam a metodologia utilizada, contexto geológico e tectônico regional das bacias sedimentares estudadas e sua história evolutiva, os resultados obtidos e interpretação com base na consulta à literatura especializada, e finalmente as conclusões da pesquisa.

1.2 Objetivos

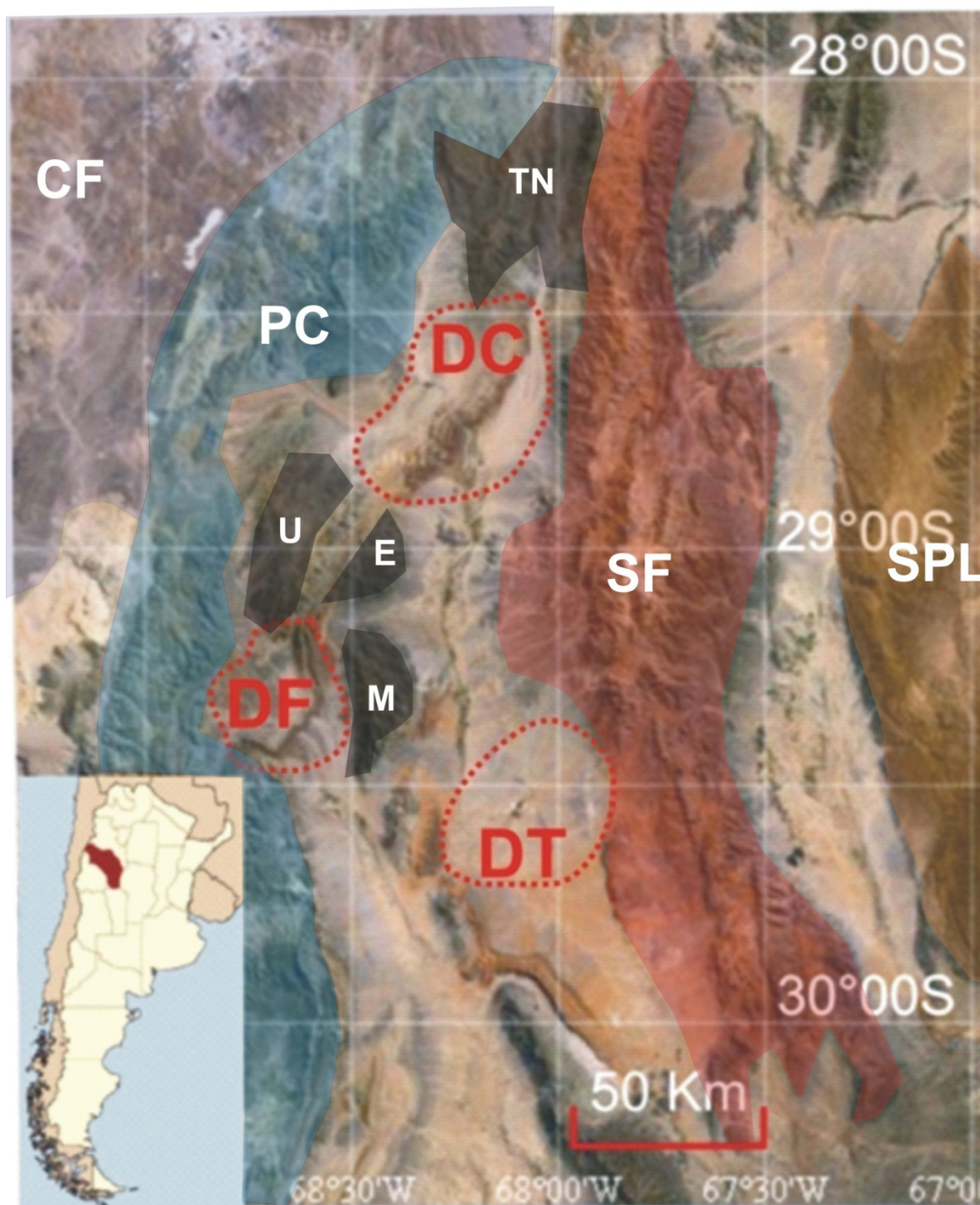
O plano de pesquisa de mestrado envolve o estudo de proveniência sedimentar por meio de análises de zircão detrítico e geologia isotópica Lu-Hf e Sm-Nd. Propõe-se com isso inferir quais foram as principais fontes sedimentares que contribuíram para as bacias sedimentares de Vinchina e Ischigualasto-Villa Unión do ponto de vista isotópico para a compreensão da evolução tectônica da área.

1.3 Localização

A área de estudo localiza-se nos Andes Centrais da província de La Rioja, noroeste argentino. A Rota 76 corta as Bacias de Ischigualasto-Villa Unión e Vinchina, seguindo para o oeste da Precordilheira, o que facilitou o acesso a área de estudo. A

Figura 1.1 apresenta a distribuição geográfica das bacias representadas pelos depocentros Colorados, La Flecha e Campo Talampaya. Estes se situam entre a Precordilheira (oeste) e a Serra de Famatina (leste) e entre as Serras Toro Negro, Umango, Espinal e Maz.

Figura 2.1 - Mapa de localização e geológico (Fauque et al., 2005) dos depocentros analisados. DC - Depocentro dos Colorados, DF - Depocentro La Flecha e DT - Depocentro Campo de Talampaya; CF - Cordilheira Frontal; PC - Precordilheira; TN - Serra de Toro Negro; U- Serra de Umango; E - Serra de Espinal; M - Serra de Maz; SF - Serra de Famatina; e SPL - Sierras Pampeanas Leste



CAPITULO 2

2.1 Materiais e Métodos

Devido à tentativa de correlação esta pesquisa foi centrada em quatro perfis de amostragem. Dois deles na Bacia de Vinchina (Perfis dos Colorados e La Flecha) e um na Bacia de Ischigualasto-Villa Unión (Campo de Talampaya). Um quarto perfil focou a Precordilheira, situada a oeste, e na serra de Toro Negro, situada a norte, na tentativa de definir eventuais fontes sedimentares para as bacias desse estudo.

A estratégia científica do presente estudo é apresentar e discutir os novos dados de forma comparada com os dados de geocronologia, proveniência e isotópicos da literatura.

2.1.1 Levantamento Bibliográfico

Os estudos bibliográficos foram realizados por meio de consultas ao acervo da biblioteca do IGc-USP e aos Orógenos de buscas de dados, fornecidos pelo Orógeno Integrado de Bibliotecas da Universidade de São Paulo (SIBI/USP), incluindo as bases de dados DEDALUS, SciELO, *Web Science* e Scopus. Em adição, foi utilizado o acervo da Biblioteca da Universidade Nacional de Córdoba, Argentina. A consulta concentrou-se nos artigos e teses sobre a geologia regional e local da área.

Para o desenvolvimento do projeto foi necessário: entender os princípios das técnicas analíticas; interpretar os dados obtidos; utilizar metodologia atualizada sobre proveniência por zircão detrítico; compará-los com os dados da literatura; e, integrar as informações geradas, de forma a apresentar um panorama regional de áreas fontes para a área de estudo. Em seguida, foi realizada extensa pesquisa sobre a metodologia

geocronológica U-Pb e Isotópica. O livro *Zircon* de Hanchar e Hoskin (2003) serviu de base para o aprendizado. Artigos de aplicação dos dados geocronológicos para construção de sets tectônicos e comparação de fontes sedimentares (Corfu et al., 2003; Guynn e Gehrels, 2006) são utilizados nessa dissertação para suporte de interpretação dos resultados. Em especial os dados geocronológicos utilizaram os gráficos de Cawood et al. (2012) para interpretar em qual campo tectônico se enquadra as bacias de Vinchina e Ischigualasto-Villa Unión.

2.1.2 Estratégia de amostragem

O trabalho de campo foi realizado de 17 de agosto a 21 de agosto de 2015, com o intuito de, nos três perfis, realizar amostragens dos níveis de rochas siliciclásticas, vulcanoclásticas e pelitos das bacias de Vinchina e de Ischigualasto-Villa Unión. Adicionalmente, no quarto perfil foram amostradas rochas do embasamento na Precordillera e na serra de Toro Negro.

Os materiais utilizados no campo foram as cartas geológicas 1:250000 *Tinogasta e Villa Union* do Serviço Geológico da Argentina (SEGEMAR), além de bússola e GPS.

Por uma questão de padronização, foi adotada a coleta de amostras de arenitos sotopostos aos pelitos. Tufos vulcânicos, quando coletados, sempre foram os do topo em relação às outras litologias. Isso poderia indicar uma idade máxima de deposição mais precisa com as idades de tufos vulcânicos e associar a proveniência a partir desse intervalo para as outras litologias. Nos quatro perfis realizados foram amostrado material para 12 lâminas delgadas para petrografia e 14 para datação U-Pb e 29 para análise Sm-Nd.

2.1.3 Análise Petrográfica

Os estudos petrográficos foram realizados em microscópios *Zeiss Axioplan*, no Laboratório de Óptica no Departamento de Mineralogia e Geotectônica e as fotomicrografias foram obtidas, no mesmo laboratório, em microscópio Olympus BXP-50 equipado com uma câmera Olympus CAMEDIA C-5050 ZOOM.

A petrografia teve como foco a identificação e contagem dos minerais presentes, arredondamento, inclusive identificação dos minerais acessórios e a caracterização textural, objetivando a distinção dos principais litotipos.

2.1.4 Separação mineral e morfologia de zircões

A separação de zircão para análises de U-Pb e Hf-Lu foi feita no laboratório de concentração de minerais do CPGeo da USP.

As técnicas de extração e concentração de zircões são as descritas por Mange e Maurer, (1992) e adaptadas pelo laboratório. As etapas podem ser resumidas em: britagem; moagem utilizando o moinho de disco para desagregação mineral; peneiramento e utilizando as frações menores de 100 e 250 Mesh (0,154 e 0,056 mm, respectivamente); mesa de Wiffley; imã de mão para retirada de magnetita; separação de minerais ferromagnéticos e paramagnéticos no equipamento *Franz* (até a amperagem de 1,5 Amperes); e separação dos minerais densos nos líquidos de densidade alta (Bromofórmio e posteriormente Iodeto de Metileno).

Na etapa final, os zircões foram concentrados manualmente utilizando lupa. Para distinguir zircões das apatitas foi feita uma distinção por intensidade de brilho dos minerais com o diafragma da luz da lupa fechado. Assim, foi preparado o *mount*, feito de resina Epoxy®.

Os grãos de zircão já dispostos no disco Epoxy® foram fotografados por luz transmitida refletida e com o disco revestido de ouro para imagem Catodo Luminescência

(CL) que revela a estrutura interna do zircão, facilitando definir o alvo da análise isotópica.

A morfologia do zircão segundo Pupin (1980) pode indicar a temperatura e composição do magma no qual ele foi gerado. A textura, morfologia, padrão de fraturas, alteração e inclusões representam um conjunto de informações extremamente importante para o entendimento da gênese da rocha.

Esta abordagem de caracterização das feições morfológicas relacionadas com a gênese do zircão foi revista por Vavra (1993) e Benisek e Finger (1993), que relacionam o crescimento de faces do zircão com a química mineral e a cinética de crescimento, de acordo com ambiente magmático de cristalização. A velocidade de crescimento do zircão, devido ao fracionamento e composição magmática, controla a tendência de alongamento do cristal. A razão de alongamento pode variar de 1 a 5 (Pupin, 1980). Grãos aciculares geralmente são relacionados à cristalização muito rápida.

Corfu et al., (2003), apresentam uma variedade de características da morfologia dos zircões com ênfase na variedade interna e externas. Os zircões são ótimos traçadores para se obterem informações sobre a história geológica e petrogenética. Para que haja uma cautela maior para construção de uma boa interpretação textural da morfologia, foram utilizados também os princípios de descrição de Corfu (opt cit) alinhados a Pupin, (1980) e Powers (1953), Figura 2.2 em zircões com características ígneas vulcânicas ou intrusivas, metamórficas e detríticas.

Em rochas sedimentares, espera-se encontrar uma variedade maior tanto de texturas como em graus de arredondamento do zircão, de modo que diferentes populações podem ser separadas de acordo com suas características morfológicas. Estas características podem ter relação com diferentes zonas de proveniência do zircão herdado.

Zircões são largamente utilizados em casos de interpretação da história dos sedimentos (Fedó et al., 2003). Pela alta resistência na superfície terrestre, ele está presente em todos os depósitos sedimentares e provem um importante link para entender a história da fonte do depósito.

Com o passar das décadas e avanços na microscopia, química mineral, geoquímica de minerais traços e geocronologia, zircões detríticos vem sendo uma ferramenta indispensável para interpretação estratigráfica e paleotectônica, a exemplo da determinação de idades máximas de deposição, de hiatos deposicionais, estudos de proveniência entre outros (Gehrels, 2003).

Figura 2.2 – Morfologias internas de zircões de diferentes litologias por CL modificado de Corfu et al. (2003)



Para uma estatística adequada, são necessários 60 zircões concordantes selecionados aleatoriamente para ter uma amostragem com a possibilidade de 95% das populações de fontes distintas estarem presentes na amostra selecionada (Dodson et al., 1988; Vermeesch, 2004). Esta representação é alcançada quando as fontes contribuem em pelo menos 8,5% dessa sedimentação.

Kosler et al. (2013) recentemente testou a representatividade estatística dos dados e confirmou que com 70 análises uma população de zircão que compõem 3% da amostra foi detectada.

A maioria dos estudos em zircões detríticos é feito em rochas siliciclásticas para maximizar o tamanho dos grãos analisados (Gehrels, 2014). Porém, por conta do avanço tecnológico e precisão analítica tornou-se possível analisar grãos menores de ~10-20 µm de diâmetro (Johnston et al., 2009) o que permite uma análise de unidades mais finas como pelitos e siltitos. Com isso é possível uma interpretação também da proveniência por agente eólico (Pullen et al., 2011). Por isso, na presente pesquisa, foram analisadas quatro amostras de zircões de níveis pelíticos (base e topo das bacias Vinchina e Ischigualasto-Villa Unión).

Os *spots* nos zircões serão identificados segundo algumas características como exemplo: borda, núcleo, fraturado, fragmento, alongado, concêntrico, prismático, subarredondado, arredondado, alongado, esférico e morfologia interna por CL homogênea ou zonada.

2.1.5 Geocronologia U-Pb em zircão detrítico

As análises U-Pb e isotópicas de Hf em zircão detrítico em arenitos e pelitos foram realizadas por *Laser Ablation Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry* (LA-ICP-MS) e amostras de tufos vulcânicos das bacias de Vinchina e Ischigualasto-Villa Unión no *Sensitive High Resolution Ion Microprobe* (SHRIMP). Em adição, análises isotópicas de Sm-Nd em rocha total de pelitos para as formações Vinchina e Toro Negro e suas unidades correlatas. Todo o estudo isotópico foi feito no laboratório do Centro de Pesquisas Geocronológicas (CPGeo) no Instituto de Geociências da USP.

Esses métodos servem de ferramenta interpretativa para entendimento da dinâmica das fontes sedimentares de bacias deformadas com envolvimento do substrato cristalino (Fedo et. al., 2003). Com a aquisição, foram feitas inferências sobre a proveniência e idade máxima de deposição, dando suporte a hipóteses de evolução geodinâmica da área.

O sistema U-Pb baseia-se em dois sistemas de decaimento $^{238}\text{U} \Rightarrow ^{206}\text{Pb}$ e $^{235}\text{U} \Rightarrow ^{207}\text{Pb}$. Estes sistemas têm meias vidas da ordem de $4,468 \cdot 10^9$ anos e $0,703 \cdot 10^9$ anos, respectivamente (Steiger e Jäger, 1977) o que permite o seu uso para diferentes materiais.

Esses aspectos permitem uma representação gráfica das idades U-Pb no diagrama Pb-U Concordia Wetherill, (1956, apud Gehrels, 2012), no qual se pode plotar idades $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ versus $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$.

Uma alternativa para plotar dados de U-Pb foi desenvolvida por Tera e Wasserburg (1972, apud Parish e Noble, 2003) graficando as medidas de $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ e $^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}$. Esse diagrama é útil particularmente quando há dificuldade em se medir chumbo comum na amostra, caso de zircões de idades muito jovens (Ludwig, 2008).

A equação de idade para o Orógeno de decaimento U-Pb é dada por:

$$T = (1/\lambda) * \ln(1 + D/P) \quad \text{Equação 1}$$

Onde T é a idade, λ a constante de decaimento do isótopo e D/P a razão de concentração entre isótopo filho sobre o respectivo elemento gerador. A razão D/P para qualquer T é calculada por:

$$D/P = e^{\lambda T} - 1 \quad \text{Equação 2}$$

Utilizando a Equação 2 para cada dois Orógenos U-Pb e dividindo, pode-se escrever a seguinte equação:

$$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U} / (^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}) = e^{\lambda_{235}T} - 1 / (e^{\lambda_{238}T} - 1) \quad \text{Equação 3}$$

A Equação (3) é uma função da idade. As constantes de decaimento de ^{238}U , ^{235}U e ^{232}Th acham-se determinadas por Jaffey et al. (1971) e Le Roux e Glenenin (1963), e são respectivamente $1,55125e^{-10}$, $9,8485e^{-10}$ e $4,9475e^{-9}$, valores estes aqui adotados.

O parâmetro de porcentagem de concordância, que sempre é presente nas tabelas analíticas, é um indicativo direto da confiabilidade da idade individual medida e está relacionada à integridade ou abertura do Orógeno isotópica U-Th-Pb. É calculado por:

$$\% \text{ de Concordância} = 100 \times (\text{idade } ^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U})/(\text{idade } ^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}) \quad \text{Equação 4}$$

Uma concordância 100% significa que o Orógeno isotópico permaneceu fechado ou foi totalmente reequilibrado em um novo evento o que se reflete para a posição da análise sobre a concórdia. Qualquer alteração no conteúdo de Pb e U por conta de processos geológicos ou distúrbios isotópicos se traduz na discordância em relação à concordia (Silva, 2006).

Foi utilizada a carta de tempo geológico 2016 da *International Commission on Stratigraphy* para fins de padronizar os dados obtidos com as eras e períodos geológicos e por convenção deste trabalho foi adotado como período geológico o intervalo de 950 a 1250 Ma intitulado como Grenvilliano.

2.1.5.1 LA-ICP-MS

Neste projeto foi utilizado o Thermo-Fisher Netune Laser-Ablation (LA) e espectrômetro de massa com multicoletor de plasma acoplado (ICPMS), instalado no Instituto de Geociências da USP (IGc). A sonda a laser utilizada é do tipo Excimer 193, da Photon Machines. O funcionamento da sonda a laser foi descrito detalhadamente por Kosler e Sylvester (2003).

Dados isotópicos de U, Th e Pb foram coletados usando com sistema de laser de fótons ArF-193 operando a frequência de 6 Hz e intensidade 6 mJ para produzir um *spot* de 29 μm . Os procedimentos analíticos são descritos em Sato et al. (2010). A necessidade de correção do laser induzido de elementos fracionados da razão $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ e discriminação instrumental em referencia ao zircão padrão GJ-1 (idade média U-Pb de 601 ± 3.5 Ma; Elholou et al., 2006). Os dados analíticos foram agrupados em planilha seguindo a sequência: três GJ-1, dois NIST 612, dois brancos, 13 spots de zircões desconhecidos, dois GJ-1 padrão, dois NIST 612 e dois brancos.

Usando um software híbrido, uma combinação com linguagem de programação *Python* e *R statistical/plottingpackage* (Siqueira et al., 2014), valores de ^{204}Pb foram corrigidos da interferência ^{204}Hg (assumindo uma razão de $^{202}\text{Hg}/^{204}\text{Hg}$ de 4.355), as correções de branco e o chumbo comum foram aplicadas (Stacey e Kramers, 1975) e finalmente as razões $^{206}\text{Pb}^*/^{238}\text{U}$, $^{207}\text{Pb}^*/^{235}\text{U}$, Th/U e $^{206}\text{Pb}^*/^{207}\text{Pb}^*$ e os respectivos erros foram calculados, preservando um total de variabilidade de cada razão em ordem de computar a correlação de valor “Rho1”. Esse software inclui ferramentas como a de remover fração de compensação e automatizações discrepantes, com imediata visualização de todas as correções compatível com o software ISOPLOT/Ex®3.00 (Ludwig, 2003).

2.1.5.2 SHRIMP

O SHRIMP é um espectrômetro de massa que utiliza íons secundários de grande porte e uma fonte primária constituída de um feixe de elétrons de alta energia de O_2 . Foi utilizada a Microsonda Iônica de Alta Resolução, do tipo SHRIMP IIe/MC, instalada no IGc-USP, bem como os respectivos procedimentos analíticos descritos por Sato et al. (2014) tornando-a apta a operar para análises em rotina de amostras de zircão de idades variadas.

As análises foram feitas usando o raio ionizador com a $\leq 2,10$ a $3,55$ nA de O_2 focado em um spot de 20 a 25 μm . O zircão TEMORA 2 (idade de 416,78 Ma) foi utilizado como o padrão primário Pb/U para calibração dos efeitos da matrix e para calibração de conteúdo de U. Os dados foram coletados em duas etapas: a primeira inclui cinco rodadas de coleta e a cada coleta são feitas nove determinações (Zr_2O , ^{204}Pb , ^{206}Pb , ^{207}Pb , ^{208}Pb , ^{238}U , ^{248}ThO e ^{254}UO).

Em cada seção, a cada quatro análises em zircões desconhecidos era feito uma análise no TEMORA 2. Os dados do SHRIMP foram produzidos usando os softwares SQUID® 1.3 (Ludwig, 2001) e os gráficos de histograma de probabilidade preparados usando o ISOPLOT/Ex®3.00 (Ludwig, 2003).

Escolheu-se utilizar esse método para datação de zircões de origem vulcano-sedimentar para uma melhor idade máxima de deposição das unidades, uma vez que as concordâncias de zircões terciários podem ter alta discordância, e para comparar com idades obtidas por outros métodos (Reynauld, 1990; Ciccioioli et al., 2014; Collo et al., 2014).

2.1.6 Método Isotópico Sm-Nd

O método Sm-Nd utiliza as razões $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ e $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ em rocha total possui funcionalidade para fontes e processos e a característica de só haver fracionamento do Sm em relação ao Nd em processos magmáticos. O método proporciona o cálculo de idade modelo (T_{DM}) e de um parâmetro ϵ_{Nd} (De Paolo, 1988). O ^{147}Sm decai para ^{144}Nd em minerais segundo a fórmula:

$$(^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd})_{\text{m}} = [(^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd})_{\text{t}} + (^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd})_{\text{m}}] \cdot (e^{\lambda t} - 1) \quad \text{Equação 5}$$

Onde: ^{144}Nd é o isótopo de referência; t é o tempo decorrido; λ é a constante de decaimento; m e i designam a razão isotópica atual da amostra e a razão inicial, respectivamente.

A idade T_{DM} é calculada baseada em um modelo semi-empírico detalhado com suas premissas em De Paolo (1988) assim como o ϵ_{Nd} , que indica se a razão inicial de $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ da rocha é maior ou menor de 0,512638, valor calculado em meteoritos para um manto terrestre primitivo, representam rochas derivadas do manto ou da crosta (Albarède, 1995).

A aquisição de dados ocorreu usando o modo coletor de estática usando oito amostras. Razões de $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ e $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ teve seus erros cotados em 2 para um respectivamente. O padrão JNDi-1 ofereceu uma razão $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ de $0,512100 \pm 9$ durante o período de análises. A razão isotópica medida de Nd medida foi normalizada para o padrão La Jolla ($^{146}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ de 0,7219) e $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ igual a $\text{Nd}_{(\text{CHUR})}$ igual a 0,512638 e $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ igual a 0,1967. Os dados foram corrigidos por um viés instrumental, traços e para brancos de 40 pg (Nd) e 20 pg (Sm) (Petronilho, 2009). A idade modelo (T_{DM}) de Sm-Nd foram calculadas de acordo com De Paolo (1981), na qual o valor de $\varepsilon_{\text{Nd}(t)}$ são referentes para a idade de cristalização U-Pb e correlações.

2.1.7 Método Isotópico Lu-Hf

Os zircões contém um percentual em ppm de Háfnio por substituir o Zircônio devido ao comportamento geoquímico semelhante. O Orógeno isotópico Lu-Hf pode ser utilizado como traçador da história da diferenciação química de crosta e manto pelo fato do fracionamento de Lu em relação ao Hf ocorrer apenas durante a geração de magma (Kinny e Maas, 2003).

Assim é possível obter informação sobre a origem da fonte sedimentar usando a idade modelo e o parâmetro petrogênético ε_{Hf} do magma gerador da rocha através dos isótopos de Hf modelado para uma determinada idade. Esses dados fazem do zircão o mineral ideal para o estudo de proveniência (Moreira et al., 2015).

A razão isotópica de Hf pode ser expressa pela notação Épsilon (ε_{Hf}), determinada para um período de tempo (T) calculado. A relação isotópica do Hf em relação ao condrito em um tempo T pode ser expressa pela Equação 5.

$$\varepsilon_{\text{Hf}} = \left[\left(\frac{^{176}\text{Hf}}{^{177}\text{Hf}} \right)_t / \left(\frac{^{176}\text{Hf}}{^{177}\text{Hf}} \right)_{\text{condrito}} - 1 \right] \cdot 10^4 \quad \text{Equação 6}$$

Este parâmetro determina se a composição inicial é maior ou menor que o condrito. Valores positivos indicam que sua fonte é mantélica, enquanto que valores

negativos indicam fontes crustais (Faure, 1986). A mistura de sedimentos e material continental na gênese dos magmas influencia os valores de ϵ_{Hf} . Para serem interpretados, os dados da mistura necessita do suporte de outros dados, como geoquímica e outros isótopos (Vervoot et al., 1999).

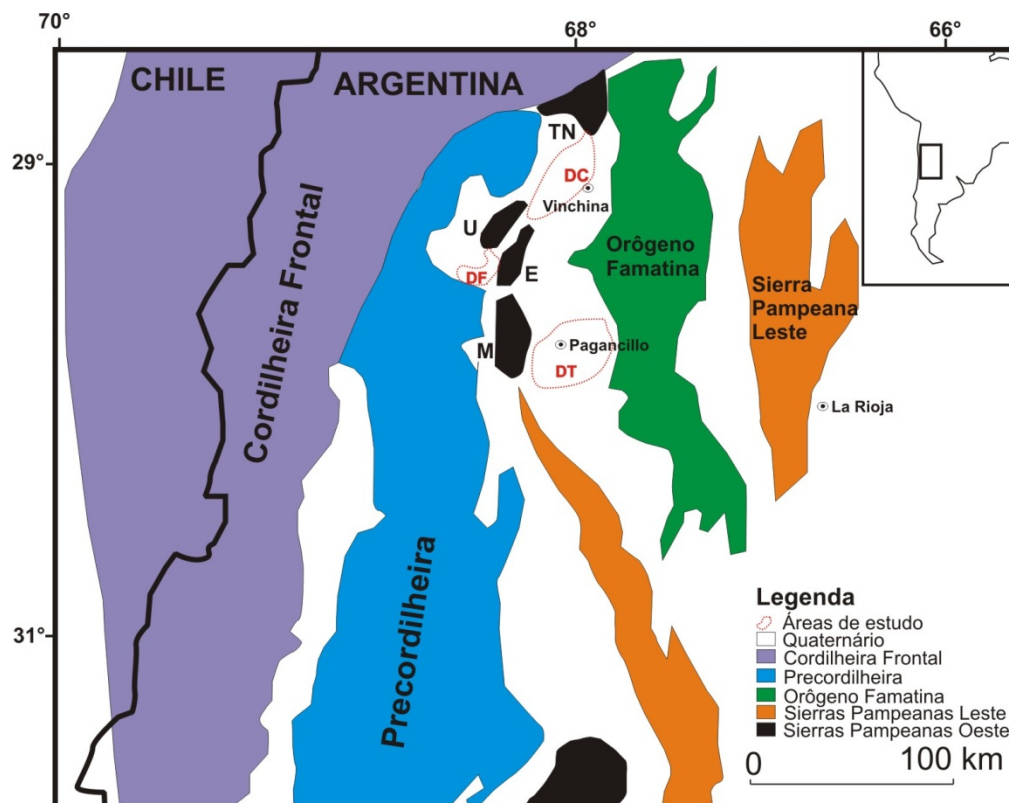
Análises de Hf em situ em zircões em quatro amostras foram realizadas em 17 zircões da amostra V001 com as mesmas técnicas U-Pb, usando o espectrômetro de massa Neptune do CPGeo. O *spot* do laser usado foi de 39 μm de diâmetro com ablação de 60 segundos, taxa de repetição de 7 Hz e suporte de gás Heused (Sato et al., 2009). As razões $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$ foram normalizadas para $^{179}\text{Hf}/^{177}\text{Hf} = 0,7325$ e razão $^{176}\text{Lu}/^{175}\text{Lu}$ de 0,02669 usada para calcular $^{176}\text{Lu}/^{177}\text{Hf}$. Correções de massa de Lu-Hf foram aplicadas as variações do padrão GJ-1. Um decaimento constante de ^{176}Lu de $1,867 \times 10^{-11}$ (Söderlund et al., 2004). A razão condrítica no presente de $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf} = 0,282772$ e $^{176}\text{Lu}/^{177}\text{Hf}$ igual a 0,0332 (Blichert-Toft e Albarède, 1997) foi adotada para calcular valores de ϵ_{Hf} . Um segundo modelo de estágio continental (T_{DM}) foi calculado usando as razões iniciais $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$ do zircão e $^{176}\text{Lu}/^{177}\text{Hf}$ igual a 0,022 para a crosta continental inferior (Griffin et al., 2004).

CAPITULO 3

3.1 Contexto geológico-tectônico

Esta seção apresenta a geologia das unidades tectônicas principais, individualizadas em termos de unidades morfotectônicas formadoras do SW do Gondwana. A organização do texto obedece a uma compartimentação tectônica de leste para oeste. Esse critério foi adotado devido à história policíclica de incorporação de terrenos na margem oeste da região e a deformação atual que a priori gera uma complexidade para os estudos na Bacia de Vinchina e Ischigualasto-Villa Únion.

Figura 3.1 - Províncias morfotectônicas do SW do Gondwana Ocidental e áreas de estudo (simplificado de Malizia et al., 1995). DC – Depocentro dos Colorados; DF – Depocentro de La Flecha; e DT – Depocentro de Campo de Talampaya



Na região do SW do Gondwana o termo “ciclo” foi definido por Aceñolaza e Toselli (1976), para um conjunto de fases de deposição, metamorfismo, deformação e atividade ígnea em um intervalo de tempo conhecido inicialmente. Porém, nesse trabalho optou pela descrição das unidades litoestratigráficas em termos de províncias

morfotectônicas para uma maior compreensão das unidades fontes para o preenchimento da bacia por posição geográfica. Uma tabela cronoestratigráfica simplificada (Tabela 3.1) com as principais rochas e grupos subdivididos por províncias da região elaboradas a partir dos dados da literatura descritos nos subitens abaixo.

Tabela 3.1 - Informações sobre as idades, regiões, litologia, principais formações e evento geológico principal do entorno da área de estudo

Era/Período	Localização	Litologia	Formações	Evento
Cenozóico	Bacia de Vinchina e Ischigualasto-Villa Unión	Arenitos, conglomerados e pelitos	Vinchina, Toro Negro, Rio Mañero e Desencuentro	Andino (150 Ma – atualmente)
Permiano ao Triássico	Cordilheira Frontal	Gabro e granitos	El Potro e El Tránsito	Choyoi (300 -200 Ma)
Devoniano ao Carbonífero	Precordilheira; Famatina	Arenitos e conglomerados; granitos	Grupo Paganzzo e Formação Punilla; La Gloria	Achalaiano (Chilena – 415-300 Ma)
Ordoviciano	Orógeno Famatina; Precordilheira	Granitos, Granitóides e Granodioritos; carbonatos e folhelhos	Grupo Famatina, Cero Toro	Famatiniano (495 – 420 Ma)
Cambriano	Orógeno Famatina; Precordilheira	Quartzitos e filitos; Carbonatos	Negro Peinado e Achavil; San Juan	Pampeano (560 – 520 Ma)
Pré-Cambriano	Sierras pampeanas Oeste	Gnaisse, anfíbolitos, migmatitos e outras rochas de alto grau metamórfico	Formação Espinal; Grupo Maz	Grenvilliano (1250 – 950 Ma)

A organização tectônica dos Andes na sua porção centro-sul é dada pelas Sierras Pampeanas, o Orógeno Famatina, a Precordilheira e a Cordilheira Frontal, envolvendo eventos do Mesoproterozóico até o Fanerozóico.

A Sierras Pampeanas – resultado da orogenia Pampeana no Cambriano mais a orogenia Famatina durante o Ordoviciano - configura uma parte do ante-país andino que aflora da latitude 25° 30'S até 33°S e com aproximadamente 400 km no sentido leste oeste, exposição e nível de erosão estão vinculadas a subducção plana do segmento da

Placa de Nazca (Issac, 1988). Apresenta um estilo tectônico de blocos do embasamento basculados, limitados em seus flancos por falhas inversas cenozóicas que dão lugar a formação de serras orientadas em sentido N-S e separadas por depressões ou vales com relevos de sedimentos cenozóicos, a exemplo das bacias de Vinchina e Ischigualasto-Villa Unión aqui estudadas.

A parte Leste é composta por rochas metamórficas de baixa pressão e alta temperatura, xistos e gnaisses com protólitos sedimentares, granitóides de batólitos e rochas básicas e ultrabássicas associadas e uma crosta de espessura de 35 km e idades predominantemente cambrianas a ordovicianas; A parte Oeste, que faz parte do Terreno Cuyania, é caracterizada por rochas com idades grenvillianas e litotipos variados de básicas a ultrabásicas e poucos granitóides e possui uma espessura de crosta de 55 km (Alvarado et al., 2009).

O Orógeno Famatina ou Complexo Famatina para Miller e Sollner (2005), situa-se entre as Sierras Pampeanas Leste e Oeste, é considerado como formado como um arco de ilha em crosta continental com a presença de rochas metamórficas de origem sedimentar e metavulcânicas que correspondiam a uma bacia tipo *back-arc* exposta a um metamorfismo de médio a alto grau.

A Precordilheira é uma feição alongada N-S composta de metasedimentos carbonáticos e siliciclásticos Cambrianos a Siluricos deformados em cunha tipo deformação superficial com vergência para leste (Varela et al., 2011). Trata-se de uma província estrutural com soerguimento relacionado à Orogenia Andina como um cinturão de dobras e falhamentos da mesma forma que a Cordilheira Frontal.

A Cordilheira Frontal é composta por poucas unidades pré-carboníferas, sequências ígneas e sedimentares de idades do Carbonífero ao Triássico são as mais predominantes, e formações ígneas e sedimentares cenozóicas (Llambias et al., 2015).

Sua fase de deformação e soerguimento ocorreu no Mioceno devido à migração do arco magmático e colisão da placa Sul Americana com a Dorsal Juan Fernandez (Ramos et al., 2002).

Durante o Mesozóico, ocorreram eventos extensionais relacionados à abertura do Oceano Atlântico Sul (eg. Formação Cerro Rajado) reativando antigas estruturas e zonas de suturas (Ramos e Kay, 1991; Mpodozis e Ramos, 2008). Com a combinação da abertura do oceano e a subducção na margem oeste do continente produziu uma reativação compressional e uma tectônica de inversão de estruturas antigas associadas com as proto-Sierras Pampeanas (Ramos, 2002). Esse processo criou zonas anisotrópicas e de fraqueza que no cenozóico controlam a deformação superficial e profunda por inversão de falhas normais na região (Alvarado et al., 2009).

A origem do segmento de subducção plana na região das Sierras Pampeanas é um tema em discussão como a proposta de origem devido a Dorsal Oceânica Juan Fernandez (Anderson et al., 2007). O trabalho de J. Hu et al. (2016) utilizando modelagem 4D confirma que os segmentos modernos de subducção plana são causados por uma combinação de variação de idade do assoalho oceânico, sucção hidrodinâmica da placa sobreposta e de características de flutuabilidade.

3.1.1 Sierras Pampeanas Leste

A história evolutiva das Sierras pampeanas Leste (SPL) é complexa e tema de debate principalmente sobre o como se foi o início das colagens de terrenos com a parte SW do Gondwana. Existem três linhas principais de interpretação do modelo de formação inicial das SPL propostos: por Rapela et al.,(2007), Casquet et al., (2012) e Escayola et al., (2007).

O processo de colisão do Terreno Pampia, de origem Laurentiana, teve início com uma etapa de sedimentação de margem passiva (560-530 Ma) na borda oeste do terreno (Casquet et al., 2012). Altera-se para uma situação de margem ativa com geração de arco magmático tipo andino quando esse começa o processo de colisão contra o Cráton Rio de la Plata entre 533-528 Ma finalizando o ciclo em 523 Ma (Baldo et al., 1999).

A SPL foi palco de intenso magmatismo anorogênico ocorrido entre 440-360 Ma na região das SPL, seguido de rifteamento e sedimentação de conglomerados e sedimentos continentais reconhecido por Ramos, 2010. Esse evento magmático é discutido como uma fase orogênica Achaliana e é correlacionado com a deformação gerada pela colisão do micro continente Chilenia com o SW do Gondwana oeste ocorrido durante o Devonico e com formação da zona de sutura no Carbonífero (Boedo et al., 2016). Os granitos peraluminosos formados entre 403 ± 6 e os de 382 ± 6 Ma datados por Skirrow et al., (2000) seriam de um possível arco magmático ativo nesse intervalo.

3.1.2 Sierras Pampeanas Oeste

Durante o Ordoviciano, houve a colisão do Terreno Precordilheira (ou Cuyania) com a plataforma SW do Gondwana Oeste formando um longo arco vulcânico (Casquet et al., 2008) e anexando a região rochas de características geocronológicas e geoquímicas totalmente distintas das do entorno.

O Terreno Precordilheira (Ver Figura 3.1) de origem Laurentiana e amalgamada ao supercontinente Gondwana no Ordoviciano (Ramos, 1999). Este terreno é dividido por uma zona de sutura com presença de ofiolitos que separa a região da Precordilheira da região do embasamento metamórfico de alta pressão e alta temperatura que afloram como as Serras de Vale-Fértil, Maz, Umango, Espinal, Toro Negro e Pie de Palo.

Em uma compilação de dados geocronológicos (Gaber et al., 2014 e outros) apresentada por Thomas et al., (2015) constatou-se que zircões do embasamento (ortognaisse da Serra de Pie de Palo) têm idades U-Pb de 1282 a 938 Ma. Os granada-mica xistos nesta serra têm uma população de zircão detrítico mesoproterozóico com idades menores de 1160 Ma (Vujovich et al., 2004). Dentro da Serra de Pie de Palo, o pico de metamorfismo é de idade ~470-465 Ma (Mulcahy et al., 2011 e outros).

Zircões de granada xisto na Serra de Maz têm núcleo com idades U-Pb de 1880-1700 Ma e sobrecrecimentos de 1230-1180 Ma, indicando um metamorfismo de alto grau mesoproterozóico (Casquet et al., 2006). Ortognaises tem a cristalização ígnea de 1092 ± 6 a 1086 ± 10 Ma (Rapela et al., 2010). Um ortognaisse na Serra de Umango tem idade de 1108 ± 13 Ma (Varela et al., 2003). Rochas mais jovens (845 Ma) são interpretadas como relacionadas a um rifte milonitizado (Baldo et al., 2008; Colombo et al., 2009) e carbonatos e sienitos na Serra de Maz com idades de ~570 Ma (Casquet et al., 2008).

Mais a norte, as serras de Umango e Toro Negro são separadas da Precordilheira (Complexo Rio Bonete) pela Zona de Cisalhamento de Jagué (Martino e Astini, 1998) que compartimenta rochas de alto e baixo grau metamórfico, respectivamente. A unidade de alto grau, reconhecida como Formação Espinal, é composta por xistos, anfíbolitos, gnaises, mármore e migmatitos. A parte norte da unidade, na serra de Toro Negro, tem idades mais juvenis (904 ± 14 Ma) do que a sul, na serra de Umango (Frigerio et al., 2015).

3.1.3 Orógeno Famatina

Depois da borda da plataforma estabilizada, uma fase orogênica chamada Famatiniana teve início aproximadamente a 495 e fechamento total do ciclo em 420 Ma. Está representada por um arco magmático continental desenvolvido sobre o antepaís pampeano e com metamorfismo de alto grau (Rapela et al., 1998).

O Orógeno Famatina é composto por unidades paleozóicas com uma variedade de baixo a alto grau de metamorfismo (Collo e Anstini, 2009). Rochas de baixo grau são em sua maioria siliciclásticas a vulcanoclásticas de idades cambrianas a ordovicianas média que compreendem uma história pós deposicional relacionada à orogenia ordoviciana (Collo et al., 2008). Fanning et al., (2004) reporta idades do magmatismo riolítico por U-Pb em SHRIMP idade de 468 ± 3 Ma na Serra de Las Planchadas. Já a parte sul do Orógeno Famatina é dominado por grupos sedimentares permianos do lado oeste e granitoides ordovicianos do lado leste (Fauque et al., 2005). Granitoides são comuns, porem limitados cronologicamente da base do Ordoviciano a ao Ordoviciano médio. O magmatismo é de composição cálcio-alcálico e relacionado a processos de subducção (Saavedra et al., 1998 e outros).

3.1.4 Precordilheira

A Precordilheira é uma unidade metassedimentar de plataforma carbonática que colide com o terreno Pie de Palo no Mesoproterozóico formando o Terreno Cuyania ou Terreno Precordilheira (Ramos, 2002). Composta por rochas paleozoicas do Cambriano-Ordoviciano de margem passiva e para o período Siluriano-Devoniano em regime de margem ativa e culminando com uma história pós colisional do Carbonífero- Permiano em subducção ativa (Japas et al., 2016).

A Precordilheira, na parte norte, é composta pelas formações Rio Del Peñon, Punilla, Punta Del Agua e Punta Negra (Ciccioli et al., 2013).

A Formação Punilla é encontrada ao lado centro oeste da área de estudo. Essa formação composta de sedimentos marinhos e os fósseis dessa unidade indicam que são de idade Devoniana superior e Carbonífera inferior (Caminos et al., 1993).

Sedimentos vulcanoclásticos da formação Punta Del Agua, na região norte, de idade máxima de deposição por SHRIMP de 318 ± 8 Ma (Baez et al., 2014) e possuem uma assinatura de contribuição de zircões detríticos de idades entre 337 Ma, auge do vulcanismo na região (Ezpeleta et al., 2009).

A formação Rio Del Peñon, situada a norte da formação Punilla, é assinalada pelo seu conteúdo fossilífero de idade carbonífera superior e de ambiente marinho continental (Diaz-Saraiva, 2015).

Martina et al. (2014) definiu, através de análise de isótopos, que na região mais ao norte da Precordilheira denominada Complexo Metamórfico Rio Bonete faz parte dessa província tectônica, confirmando a hipótese de Astini e Martina, (2009). Esse complexo é composto principalmente por xistos, metagabros e metamargas de idade cambriana a ordoviciana.

3.1.5 Cordilheira Frontal

A Cordilheira Frontal é uma província tectônica compreendida na orogenia Andina, localizada a oeste da Precordilheira entre as latitudes 27 e $34^{\circ}45'S$ na Argentina (Llambias et al., 2015 e outros). Uma síntese da estratigrafia consiste em unidades de

embasamento pré-Carbonífero; sequências sedimentares e ígneas do Carbonífero ao Triássico; e sequências ígneas e sedimentares da orogenia Andina.

Dentro desse contexto do embasamento, são reconhecidos ortognaisses mesoproterozóicos com idade de cristalização de 1069 Ma (Basei et al., 1998) e sequências ediacarianas a cambrianas afetadas no devoniano médio (390 Ma) por um metamorfismo de alta pressão (Lopez de Azarevich et al., 2009; Willneret al., 2008; 2011).

Uma das mais importantes unidades geológicas da Cordilheira Andina entre as latitudes 27° e 31°S é formada pelos batólitos Elqui– Limarí, Chollay e Montosa–El Potro gerados durante o Carbonífero ao Triássico (Mpodozis e Cornejo, 1988; Mpodozis e Kay, 1992; Mpodozis et al., 1993; Nasi et al., 1985; Pankhurst et al., 1996; Parada, 1988; Parada et al., 1981, 2007 apud Hervé et al., 2014). Essas rochas têm sido consideradas como resultado de magmatismo de subducção e pós subducção da margem oeste do Gondwana durante os estágios finais da assembléia deste e estágio inicial da separação do Pangea (Mpodozis and Kay, 1992).

Na região norte da Cordilheira Frontal, inclui também pequenas presenças de gnaisses e largos afloramentos de xistos pelíticos e psamíticos, metacalcário e metabasitos (Complexo metamórfico El Transito). O protolito dessas rochas foi formado pós 380 Ma e o metamorfismo anterior a 300 Ma (Álvarez et al., 2011; Reutter, 1974; Ribba et al., 1988). Os batólitos também são intrudidos em sequências sedimentares metamorfizadas de meta grauvacas e folhelhos supostamente Devonianos a Carboníferos, como a formação Las Placetas na região de Huasco (Nasi et al., 1990; Reutter, 1974).

Charchaflié (2003) descreve a região norte da Cordilheira Frontal como sendo composto principalmente por rochas vulcânicas do grupo Choyoi e sedimentos e rochas vulcânicas terciárias.

3.1.6 Evento Choyoi

O Evento Choyoi é um magmatismo ácido a intermediário que ocorreu durante o Carbonífero-Permiano ocorrido na margem continental do sudoeste do Gondwana. A província Choyoi estendia-se em área do Norte do Maciço da Patagônia e até norte da Cordilheira Frontal-Puna na Bolívia (Llambias e Sato, 2011) e tem seus afloramentos na região oeste (Cordilheira Frontal e Bloco San Rafael) e espalha-se para regiões mais centrais (Precordilheira, Sierras Pampeanas, etc.). Ocorre por vezes sobre um depósito glacial denominado Grupo Paganzo de idade 335 a 296 Ma anterior ao magmatismo (Gulbranson et al., 2010).

Segundo Llambias e Sato (2011), o magmatismo Choyoi origina-se durante o início do Permiano e na fase extensional no Triássico, marcando a ruptura do Gondwana. Sato et al., 2015, identificaram três estágios de magmatismo: (1) pré magmatismo orogênico Choyoi de idade 320 a 296 Ma na região da Cordilheira Frontal; (2) Magmatismo Choyoi de idade 304 a 275 Ma na Bacia do Paraná e Precordilheira; e (3) pós magmatismo Choyoi relacionado a extensão tectônica de idade 284 a 281 Ma na bacia Grande Sauce (Sato et al., 2015).

De acordo com Stipanovic et al. (1968) apud Tobares et al., (2015), o Grupo Choyoi pode ser dividido em duas unidades principais: um membro inferior de rochas de

composição básica a intermediárias e um membro superior compreendendo uma sucessão de riolitos e vulcânicas félsicas.

Na área da Cordilheira Frontal argentina, o magmatismo inicia-se com plutons de idades de 330 Ma (Llambias e Sato, 1995) e tem sua maior concentração no início com a orogênese San Rafael (285 Ma) e cessa pós 247 Ma. Na região norte da Precordilheira, é presente desde a formação Punta Del Agua (~330 Ma) a alguns plutons de 300 Ma e outros de 250 Ma (Castro de Machuca et al., 2007; Gulbrasnson et al., 2010).

3.1.7 Evento Andino

A Cordilheira Andina é um resultado da mudança de regime tectônico extensional para compressivo com a abertura do oceano Índico e subducção na margem do Oceano Pacífico há cerca de 180 Ma (Ramos, 2009).

A maior mudança da geodinâmica andina ocorreu no final do Cretáceo quando a América do Sul separou-se da África. O início desse movimento deu origem ao soerguimento dos Andes e controlou a espessura da crosta.

Um importante marco durante essa fase de convergência foi devido à quebra da placa de Farallon depois dos 27 Ma, que marcou um novo período do arco magmático devido a uma subducção ortogonal da nova placa oceânica formada (Placa de Nazca) e formação da Dorsal Juan Fernandez (DJR).

A colisão da DJR com a Placa Sul Americana causou uma subducção plana na Latitude 20°S por volta de 23 Ma e teve sua migração em direção para o sul na Latide 28° S próximo aos 12 Ma (Kay and Coira, 2009). Essa estrutura fez com que o arco magmático migrace para o leste e proporcionou uma crosta mais fria (Collo et al., 2015). A diferença isostática e o regime compressional ocasionaram a reativação de estruturas

pretéritas e soerguendo o embasamento da região das Sierras Pampeanas transformando a paisagem da região dos Andes Centrais.

O soerguimento ocorrido no Mioceno é considerado de fundamental importância para nossos estudos, uma vez que causou o soerguimento das Sierras Pampeanas e Precordilheira – potenciais fontes de onde se derivaram os sedimentos das bacias estudadas.

3.2 Áreas de estudo

As Bacias de Vinchina e Ischigualasto-Villa Unión estão inseridas em uma transição entre a precordilheira e a unidade tectônica Sierras Pampeanas (Japas et al., 2016). Essas bacias fazem parte de um contexto sedimentar cenozóico mais amplo representada pela Bacia de Bermejo e deformada pelos dos lineamentos transpressivos Tucuman e Vale-Fértil que condicionaram as individualizações em depocentros distintos (Jordan et al., 1993; Alonso et al., 2011; Rossello et al., 2013).

Esta deformação tem sido relacionada geneticamente com o processo de subducção plana que gerou uma migração do arco magmático para o oeste e a deformação do substrato cristalino e individualizando as bacias da região cerca de 12 Ma atrás (Jordan et al., 1989).

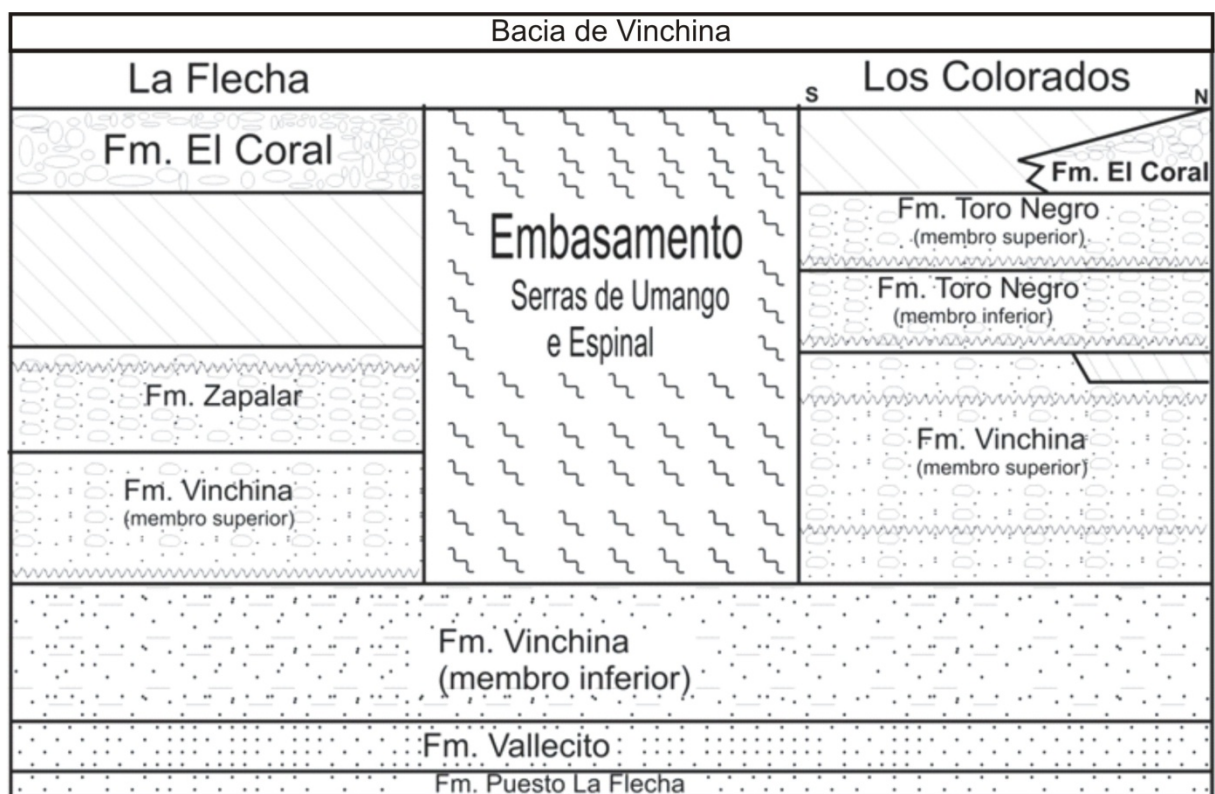
3.2.1 Bacia de Vinchina

A Bacia de Vinchina é um dos depocentros cenozóicos do antepaís formada durante a Orogenia Andina (Ciccioli et al., 2010). Esta bacia faz parte de uma extensa região de aporte sedimentar que envolveu o substrato continental, representado pelas Sierras Pampeanas, Precordilheira e Cordilheira Frontal (Ramos et al., 2002).

Na região que esta inserida a bacia de Vinchina, é presente estruturas transpressivas relacionadas ao par conjugado de lineamentos Desaguero-Valle Fértil e Tucumán (Rossello et al., 1996, 2011) que Ciccioli et al., 2011 julgaram terem um papel crítico na evolução da bacia.

O termo Bacia de Bermejo foi usado para denominar uma grande bacia foreland no noroeste da Argentina que posteriormente foi individualizada em várias outras bacias no mioceno (Jordan et al., 1983; Reynolds et al., 1990 e outros). Introcaso and Ruiz, (2001) proporam um modelo mostrando uma bacia de foreland sendo dividida em duas pelo lineamento Desaguadero-Valle Fértil de movimento transcorrente. Rossello et al., 1996 sugere que movimentação interna na zona sul, caracterizada por uma contração e presença das Serras de Maz, Umango e Espinal e deposição sintectônica formaram os depocentros de Colorados e La Flecha da bacia de Vinchina (Figura 3.3).

Figura 3.2 - Estratigrafia da bacia de Vinchina e seus depocentros (modificado de Ciccioli et al., 2013)



A região do perfil los Colorado trata-se da área da bacia com maior número de dados por causa da sua facilidade de acesso e da ótima exposição de quase totalidade dos afloramentos com cerca de 8000 metros de extensão (Ramos, 1970).

Subdividida em cinco formações por Ciccioli et al 2013, a bacia tem duas principais unidades que compõem quase que a totalidade dos seus estratos, as Formações Vinchina e Toro Negro. As unidades basais Puesto La Flecha e Vallecito são escassas com afloramentos concentrados apenas na região mais ao norte da bacia.

A formação Vinchina é uma das mais expressivas com mais de 5000 metros de espessura e separada por Ramos, (1970) em membro inferior e superior. É possível confirmar na região norte da bacia que a formação é sobreposta em contato erosivo com a formação Vallecito.

O membro inferior da Formação Vinchina é reconhecido nos dois depocentros e o contato entre membro inferior e superior é marcado por uma discordância erosiva formada por uma camada de conglomerados (Marensi et al., 2000).

O membro inferior é composto principalmente por arenitos avermelhados e pelitos com estruturas de dessecação depositadas em sistemas fluviais efêmeros anastomosados (Limarino et al., 2001). Outra característica dessa unidade é a presença de tufos vulcânicos cinza esverdeados que se destacam em afloramentos.

O membro superior inicia-se com uma superfície erosiva de baixo relevo e um depósito de ortoconglomerados polimíticos (Ciccioli et al., 2013). Essa unidade é composta por conglomerados e arenitos com menor proporção de pelitos, com sedimentação mais grossa na parte norte da bacia (Limarino et al., 2001). No depocentro

de La Flecha esse membro é denominado como Formação Zapallar e são reconhecidas as mesmas mudanças litológicas nessa unidade (Tripaldi et al., 2001; Tedesco, 2007).

Datações por traço de fissão forneceram uma idade de começo de deposição de $7,3 \pm 1,2$ Ma e final $4,3 \pm 1,0$ Ma e $^{40}\text{K}/^{40}\text{Ar}$ para datação da idade da formação Vinchina datam de $34,1 \pm 1,5$ Ma e $25,3 \pm 0,9$ Ma e para a formação Toro Negro $8,6 \pm 0,3$ Ma e $6,8 \pm 0,2$ Ma (Tabbutt et al., 1987; Tedesco, 2007; Ciccioli, 2008). Collo et al. 2014 e Ciccioli et al. 2014 usando métodos de U-Pb em zircões detríticos em tufos vulcânicos na formação Vinchina estimam uma idade próxima de ~16 a 9 Ma, sugerindo um processo sedimentar com duração de cerca de 11 Ma, aqui considerada a priori mais representativa para a história da bacia.

A formação Toro Negro é dividida em dois membros e o membro inferior subdividido em duas seqüências deposicionais (Ciccioli et al., 2014), todas marcadas na sua base por uma superfície de erosão. Brizuela (2004), estudando fósseis de condores no membro inferior sugere uma mudança climática de úmido para semi-árido na região.

A primeira seqüência tem a maior expressão em relevo, incluindo o paleo vale escavado na formação Vinchina na região, tendo uma espessura de aproximadamente 1000 m do que no restante (Limarino et al., 2010). Essa seqüência é interpretada como depositada por um canal anastomosado e entrelaçado com canais incisos (Ciccioli et al., 2013).

As outras duas seqüências são consideravelmente mais grossas de depósitos aluviais não confinados que prograda em direções preferenciais para o preenchimento da bacia (Ciccioli e Marensi, 2012). A terceira seqüência é composta por camadas de conglomerados suportados por clastos e arenitos grossos. Esses estratos são

alternadamente intercalados por camadas de pelitos, tufos vulcânicos e tufos finos a grossos retrabalhados.

Recente trabalho de Amidon et al. (2016), utilizando dados de U-Pb em zircões detríticos em arenitos e de tufos datam a formação com o início e fim da sedimentação em 6,9 e 3 Ma, respectivamente. A primeira sequência apresenta a maior taxa de sedimentação com média de 1,2 mm/ano de 6,9 a 6,1 Ma enquanto as sequências II e III têm média de 0,3 e 0,6 mm/ano, respectivamente.

Por último, a Formação El Coral recobre as outras unidades terciárias por uma discordância angular. A maior parte desta formação é composta por brechas e conglomerados e em menor parte arenitos grossos (Tedesco et al., 2013). A maior parte dessa formação foi depositada por leques aluviais e rios entrelaçados.

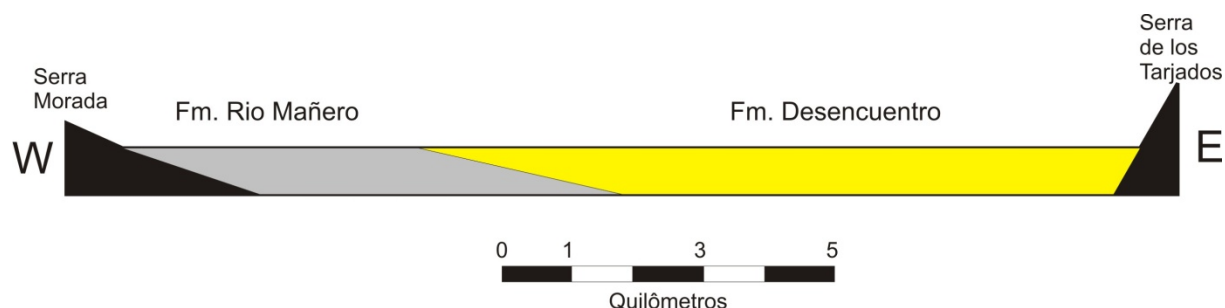
3.2.2 Bacia de Ischigualasto-Villa Unión

A Bacia de Ischigualasto-Villa Unión localiza-se entre as Serras de Vale-Fértil e Famatina na província de La Rioja (Stipanovic and Bonaparte, (1979) apud Georgieff et al., 2009) e é tida como bacia mesozóica e reativada no cenozóico. Estas unidades terciárias afloram em subsuperfície e são basculadas para leste em baixo ângulo e tem seus melhores afloramentos segundo a seção denominada Campo de Talampaya (Malizia et al., 1995) estimada em 2320 metros de espessura.

A unidade terciária é composta por duas formações Rio Mañero e Desencuentro (Malizzia, 1988) subordinadas ao Grupo Alto San Nicolás (Figura 3.4). Georgieff et al. (2009) utilizando de dados de sísmica e gravimetria interpreta uma continuidade física

dos estratos e que esse grupo se forma sobre a unidades paleozóicas e mesozóicas e o depocentro de mais de 6000 metros de espessura em algumas localidades.

Figura 3.3- Seção estratigráfica oeste-leste da Bacia Ischigualasto-Villa Unión modificada de Malizia et al., 1995



A unidade de base Formação Rio Mañero tem aproximadamente 800 metros de uma sequência de rochas clásticas-evaporíticas intercaladas com tufos vulcânicos no topo. A base é composta por uma camada de 1 a 2 metros de conglomerados com seixos vulcânicos e metamórficos bem arredondados sobrepostos a rochas finas cretáceas (Malizia et al., 1995).

Essa formação é composta por estratos tipo playa-lake intercalados com fácies fluvio deltaicas. Litologicamente é formada por porções de pelitos, arenitos finos e evaporitos, arenitos médios a grossos são pouco abundantes. Lentes de conglomerados intraformacionais são encontradas nas fácies fluvio deltaica apenas (Malizia et al., 1995). Estruturas em flaser e estratificação cruzada planar são presentes ao longo da formação e as camadas de evaporitos são laminares compostas por gipso.

A Formação Desencuentro está em contato gradacional com a formação Rio Mañero apesar de algumas falhas truncarem o topo. A formação é, em sua maioria, composta por arenitos finos e pelitos. Arenitos médios a grosso são presentes em menor quantidade. Intercalados aos sedimentos, há tufos vulcânicos de $7,4 \pm 0,9$ Ma e finas camadas de gipso que se estendem lateralmente ao longo da formação (Malizia et al., 1995).

Os arenitos em geral são tabulares com laminação paralela, com finas a grossas camadas maciças e raras estratificações cruzadas. A maior parte dos pelitos são corpos lenticulares finos, com raros corpos tabulares.

Georgieff et al. (2004) interpreta para a formação Desencuentro um depósito fluvial fino alternados com dunas eólicas e em direção para o topo um depósito fluvial entrelaçado coberto por uma planície fluvial com depósitos lacustres. A flora e fauna fóssil da formação indicam que o clima quente com regime sazonal durante o Mioceno-Plioceno (Georgieff et al., 2004).

Utilizando-se de métodos de datação por traço de fissão e paleomagnetismo Malizia *opt cit*, consideram que a bacia teve um início na sedimentação em ~20 Ma e perdurou até os 6,1 Ma com o auge de sedimentação após os 10 Ma. A maior mudança tectônica ocorre durante 12.9 e 12.3 Ma com a mudança de sistemas deposicionais de regime tipo playa-lake para região plana arenosa.

CAPITULO 4

As unidades geológicas analisadas foram: 1) formações Vinchina e Toro Negro (bacia de Vinchina); 2) formações Rio Mañero e Desencuentro (bacia de Ischigualasto-Villa Unión); 3) formação Espinal do embasamento cristalino. As figuras 4.1 e 4.2 apresentam a amostragem realizada e respectivo método geocronológico. O ANEXO 1 relaciona os pontos amostrados, coordenadas geográficas e unidade de formação.

A figura 4.3 apresenta os perfis estratigráficos das duas bacias investigadas aqui [adaptado de Ramos, (1980); Reynolds et al., (1990); Malizia et al., (1995)]. Intercalações de arenitos e pelitos são característica comum para as áreas estudadas. Os pontos amostrados foram ajustados ao perfil usando uma aproximação em relação à inclinação das camadas e a distância percorrida horizontalmente.

Figura 4.1 - Localização dos pontos analisados para a Bacia de Vinchina (imagem: Google.Earth). Legenda: BV – Bacia de Vinchina; Vermelho –U-Pb, Lu-Hf e Sm-Nd; Verde – U-Pb e Sm-Nd ; Amarelo – SHRIMP; e Azul – Sm-Nd

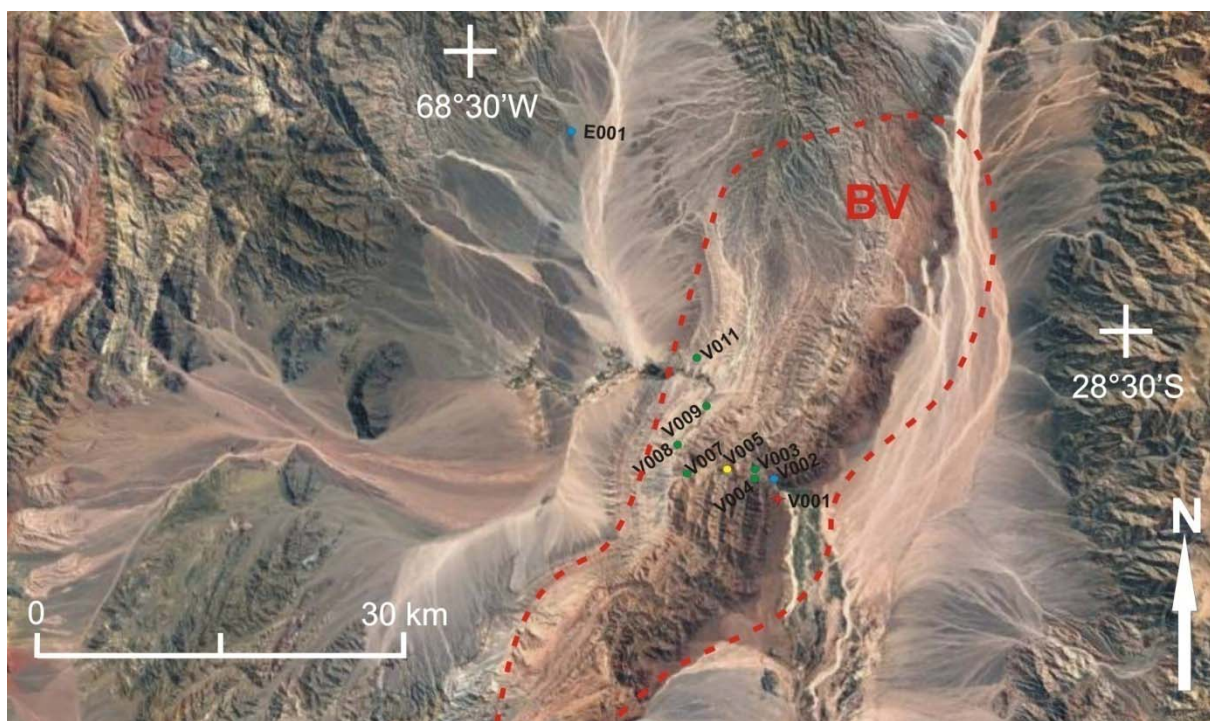


Figura 4.3 - Localização dos pontos analisados para a Bacia de Ischigualasto-Villa Unión e parte sul da bacia de Vinchina (La Flecha) (imagem: Google.Earth). Legenda: BV – Bacia de Vinchina; BI – Bacia de Ischigualasto-Villa Unión; Verde – U-Pb e Sm-Nd; e Azul – Sm-Nd

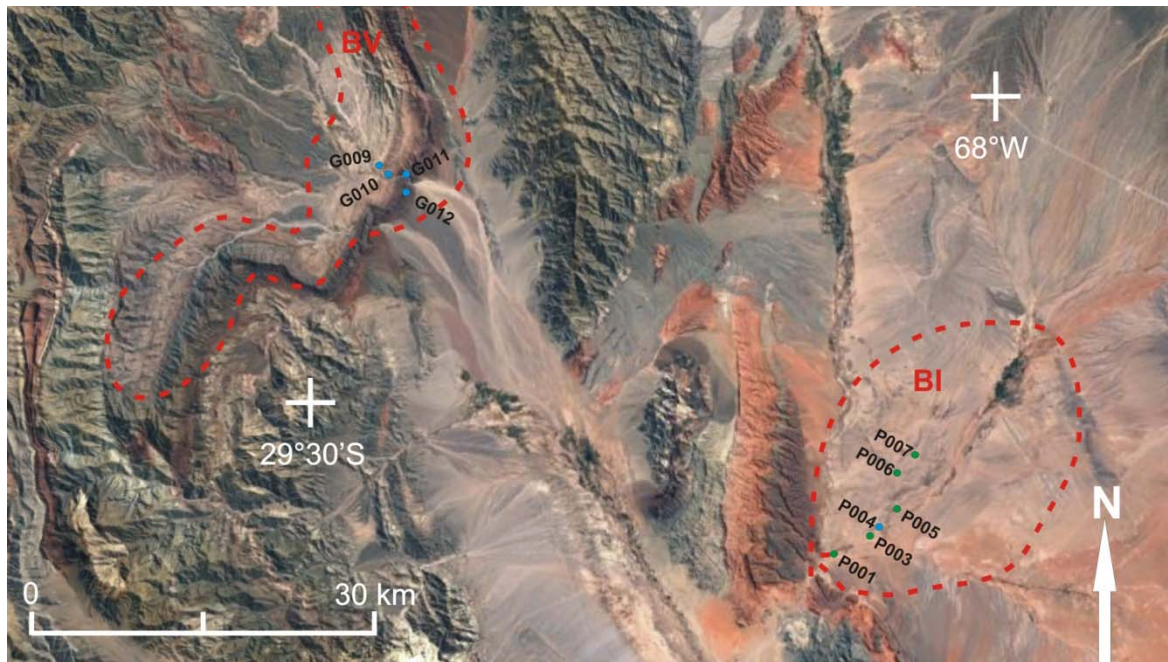
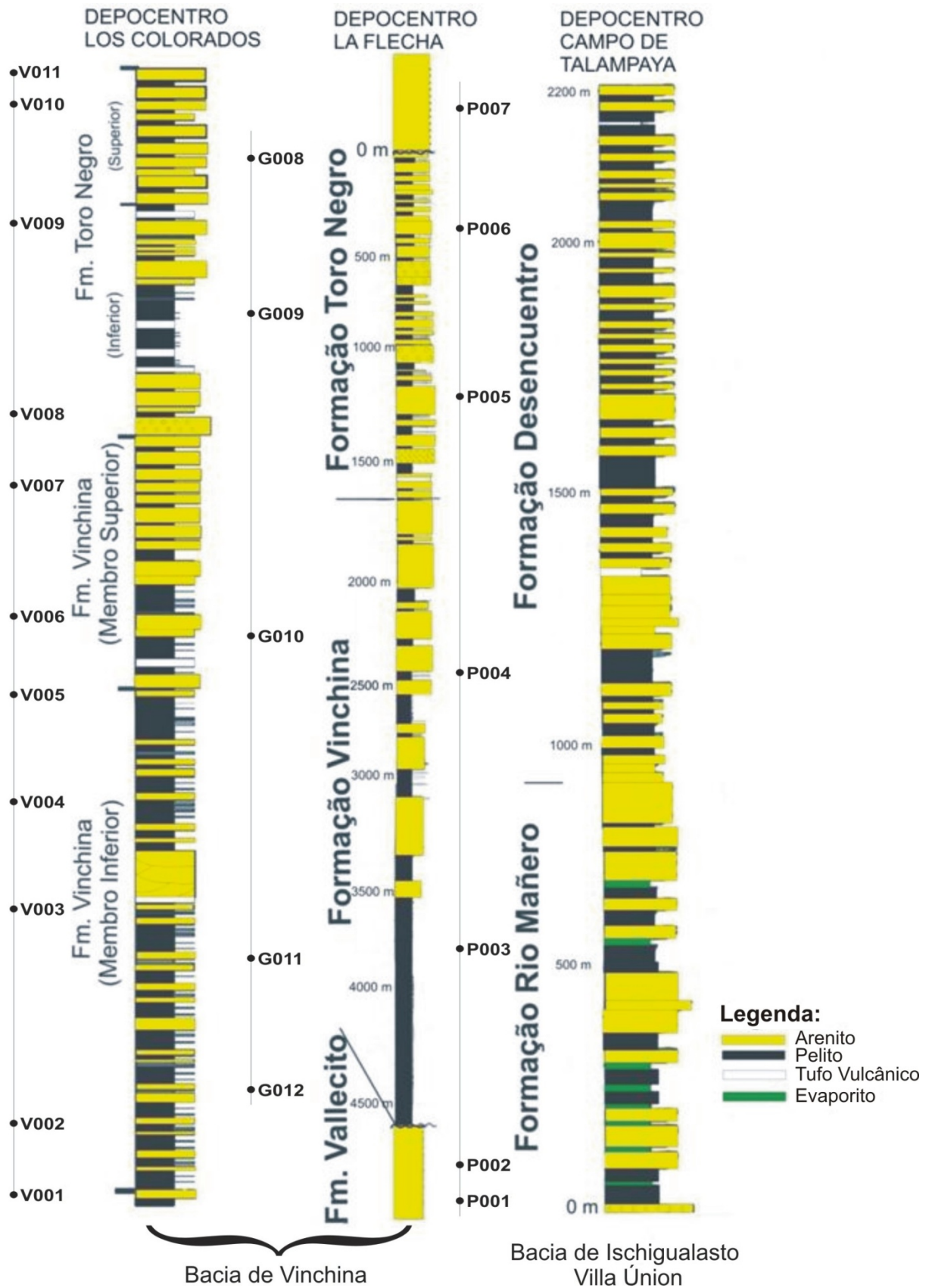


Figura 4.3 - Perfis estratigráficos dos depocentros analisados, referentes às bacias de Vinchina e Ishigualasto-Villa Unión [modificados de Ramos, (1980); Reynolds et al., (1990); Malizia et al., (1995)]. Para localização geográfica ver figuras 4.1 e 4.2. As amostras coletadas estão citadas ao longo da coluna estratigráfica a esquerda



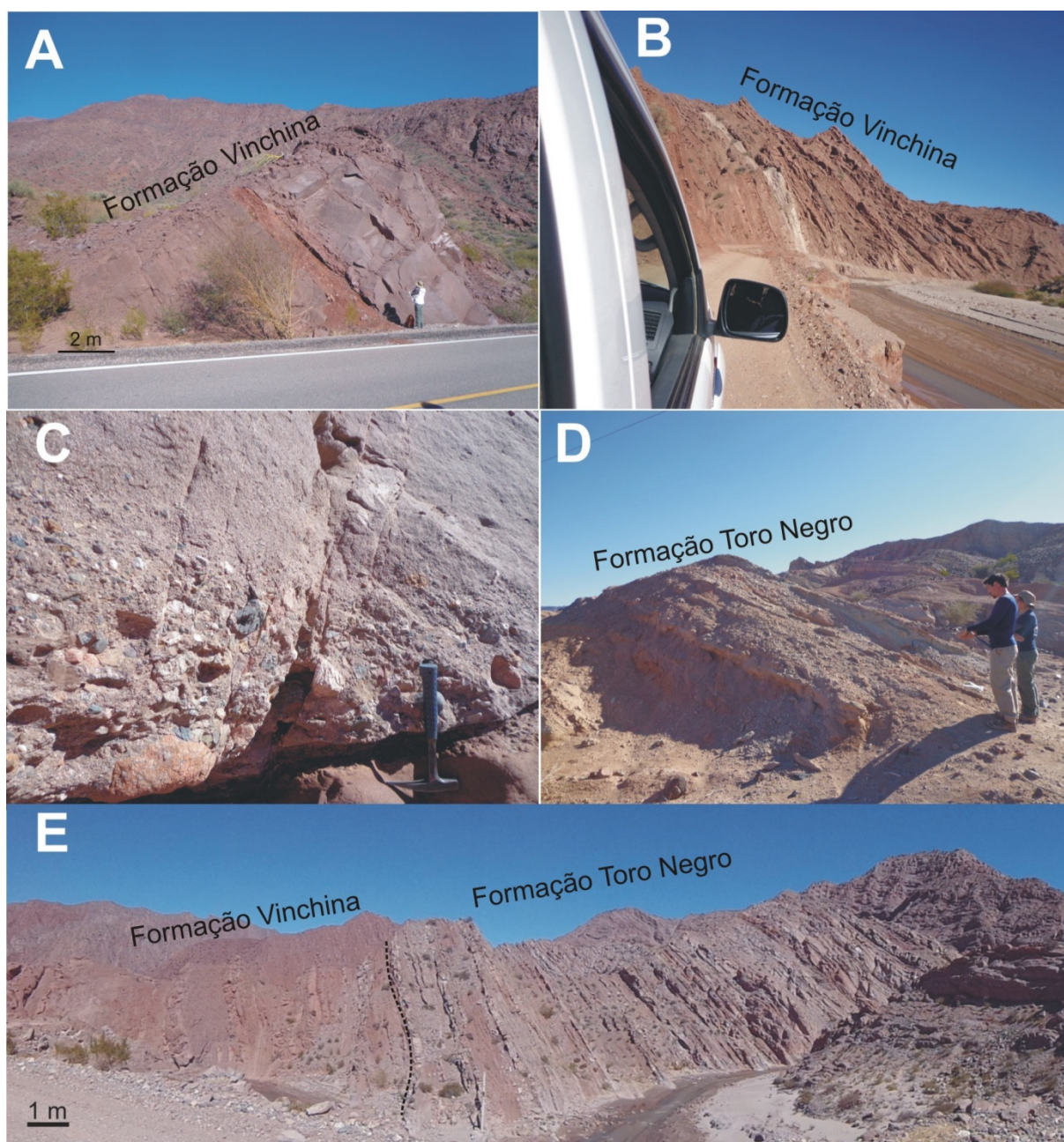
4.1 Descrição Macroscópica e Petrografia

Doze amostras estudadas são representativas de diferentes níveis estratigráficos de arenitos, pelitos e tufos vulcânicos das Bacias de Vinchina e Ischigualasto-Villa Unión. Duas amostras adicionais foram coletadas do embasamento na Serra de Toro Negro (Formação Espinal) na região ao norte da bacia de Vinchina. A petrografia teve por intuito tecer comparações com o descrito na literatura regional. Os arenitos foram classificados segundo Folk (1968) e Dickson (1983). Os pelitos foram classificados segundo Tucker (1981), com descrições de suas estruturas. Os tufos vulcânicos foram classificados como tufos vulcânicos cristalino, lítico ou vítreo (Suguio, 1998). A descrição petrográfica pode ser encontrada no ANEXO II.

4.1.1 Bacia de Vinchina

Trabalhos de petrografia na bacia [Ramos (1970), Tripaldi et al., (2001) e Ciccioilli et al., (2014)] foram usados como base para comparação das amostras descritas aqui. Em análise de afloramento, as litologias predominantes na Formação Vinchina são arenitos finos avermelhados, intercalados com pelitos vermelhos amarronzados e escassos conglomerados (ver Figura 4.4). A Formação Toro Negro é composta por arenitos médios a grossos, conglomerados e pelitos com tonalidade ocre. Em ambas as formações há presença de tufos vulcânicos cinza esverdeados centimétricos a métricos intercalados nas camadas.

Figura 4.4 – Afloramentos da Bacia de Vinchina. A – Intercalações de arenito fino e pelitos da formação Vinchina; B – tufo vulcânico na formação Vinchina; C – conglomerados na base dos arenitos do membro superior da formação Vinchina; D – conglomerados e arenitos da formação Toro Negro; E – panorâmica do contato erosivo (linha tracejada) da formação Vinchina e Toro Negro



As unidades Vinchina membro superior e Formação Toro Negro membro inferior exibem um aumento significativo do tamanho dos grãos na parte setentrional da bacia de Vinchina (próximo a serra de Toro Negro) havendo diminuição da granulometria para ao sul (Marensi et al., 2015; Ciccioli et al., 2014). No membro superior da Formação Toro Negro, a granulometria grossa se estende por toda a bacia.

Tripaldi et al. (2007) em análises petrográficas da formação Vinchina classificam a litologia como predominantemente litoarenitos feldspáticos, seguido de arcósios líticos e escassos arenitos líticos (Folk, 1968). São rochas caracterizadas por terem média inferior a 50% de quartzo e que tendem a decrescer para o membro superior (>35%) havendo um aumento na proporção de plagioclásio. A cimentação varia desde óxido de ferro, zeólitas, calcita e argilominerais. Fragmentos líticos de rochas vulcânicas félsicas e básicas, sedimentares, metamórficas de baixo grau, fragmentos de vidro vulcânico e ignimbritos são os líticos descritos na literatura.

A Formação Toro Negro descrita por Ciccioioli et al. (2014) classifica os arenitos da unidade, com base em Folk (1968), em 47% de litoarenitos, 45% de litoarenitos feldspáticos e 8% de arcósios líticos. Essas modas se alteram minimamente se forem analisadas por sequências deposicionais. A maioria dos arenitos é pobre em matriz e a cimentação é composta por diferentes tipos como: calcita, zeolitas, argila, óxido de ferro, óxido de manganês e gipso. São descritos na literatura para esta formação: fragmentos líticos de rochas vulcânicas félsicas e básicas, feldspatos potássicos, rochas carbonáticas, líticos de rochas sedimentares, metamórficas de baixo e alto grau e fragmentos de vidro vulcânico.

Os campos de proveniência tectônica segundo Dickson (1983) dos arenitos da Formação Vinchina estão ratificados pelos estudos de Tripaldi et al. (2001) e apontam para características de orógeno reciclado e zona de mistura, havendo ainda alguma consistência com a zona de reciclado quartzoso. A interpretação dada pelos autores citados é de que o contexto paleogeográfico da época tinha o aporte sedimentar do arco vulcânico neógeno Andino a oeste e somado a isso a sedimentação proveniente de antigos orógenos reciclados (Precordilheira e proto-Famatina) e do embasamento de Maz e Umango.

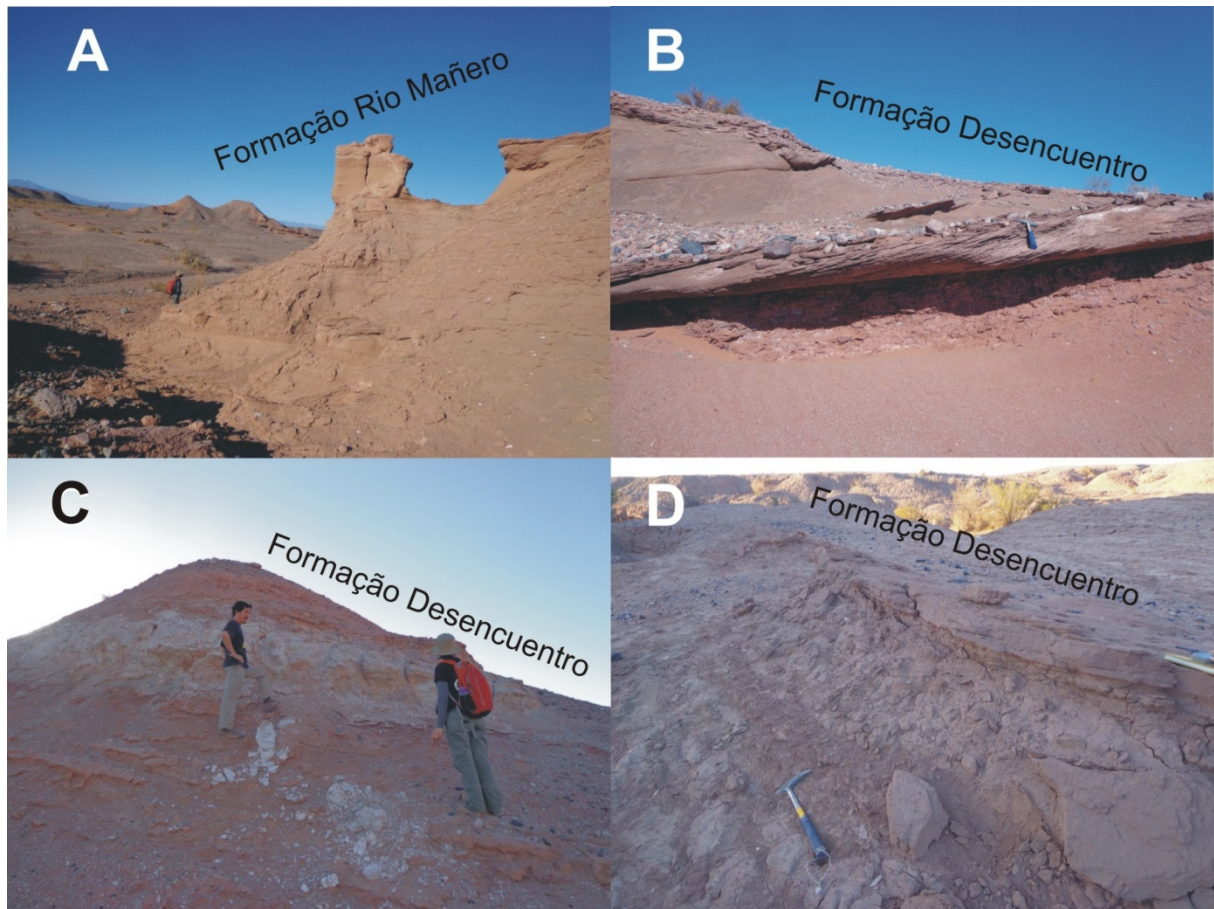
Para a Formação Toro Negro, os campos em que se concentram as amostras dos trabalhos citados são predominantemente arco transicional e orógeno reciclado. Isto sugere várias fontes para proveniência sedimentar (Ciccioli et al., 2014).

Sobre os dados resultantes desse estudo, a amostra de arenito da Formação Toro Negro (G008) do sul da bacia de Vinchina apresenta carbonato como diferença mais marcante em relação às outras amostras. Os líticos são abundantes em todas as amostras próximas as fácies mais grossas como arenito grosso ou conglomerados. Na lâmina de arenito V001A (base da Formação Vinchina) os contatos são saturados entre grãos de quartzo o que pode estar associado com a pressão litostática devido à grande espessura da bacia e/ou à deformação dútil que a bacia contém. Os pelitos são classificados como argilitos, com argilominerais de cores variadas e com estrutura maciça e estrutura paralela descontínua ocorre subordinadamente (Tucker, 1981).

4.1.2 Bacia de Ischigualasto-Villa Unión

Os ensaios petrográficos nas formações da bacia são escassos e restritos a resumos em eventos (Malizzia, 1988; 1989). A Formação Rio Mañero é caracterizada por dunas eólicas e camadas planares de evaporitos. Microscopicamente, caracteriza-se por ter uma relação próxima em porcentagem litológica de pelitos, arenitos finos e evaporitos, com raros arenitos de granulometria média com estratificação cruzada planar. Em afloramentos da Formação Desencuentro, são descritos campos de dunas de médio a grande porte, com arenitos finos planares, arenitos finos a médio com estratificação cruzada, conglomerados, pequenas intercalações com gipsita, pelitos avermelhados e tufos vulcânicos (Figura 4.5).

Figura 4.5 – Afloramentos da bacia de Ischigualasto-Villa Unión. A – Arenitos finos na Formação Rio Mañero; B – Estratificação cruzada e recoberta por fina camada de conglomerados na Formação Desencuentro; C – Tufo vulcânico na Formação Desencuentro; e D – intercalações de arenito fino a muito fino basculado com estratificação plana paralela



Em lâmina petrográfica, o arenito da Formação Desencuentro é similar a petrografia dos arenitos da bacia de Vinchina em composição de líticos e quartzo, além do arredondamento dos grãos de ambas serem classificadas como angulosas a subangulosas. A presença de evaporitos em lâmina petrográfica é escassa no arenito analisado.

4.2.3 Embasamento

Uma das áreas fontes potenciais para o preenchimento da bacia de Vinchina é a Serra de Toro Negro, visto sua localização próxima (Figura 3.1) além da presença de sedimentos das formações Vinchina e Toro Negro mais grossos próximos a essa localidade (Ciccioli et al., 2014). Tal inferência é coerente com a presença de sedimentos

de granulometria grossa nas formações Vinchina e Toro Negro (Ciccioli et al., 2014), nas proximidades desta serra.

A Formação Espinal é constituída por gnaisses e anfibolitos (Frigério et al., 2015). Nas descrições petrográficas estes autores descrevem bandamento composicional e textura granoblástica. A mineralogia e arredondamento dos blastos sugerem uma origem sedimentar para essa formação.

Na presente pesquisa foram estudados o melanosoma e o leucossoma do migmatito da Formação Espinal. A textura granoblástica e o bandamento composicional estão de acordo com a interpretação da origem sedimentar do material descrito na literatura.

A Tabela 4.1 apresenta a quantificação mineral para as lâminas de arenitos e tufo vulcânico com a composição definida pelos minerais formadores de rochas e outros minerais comuns.

Tabela 4.1 - Quantificação mineral da composição dos arenitos e tufo vulcânico

Bacia	Identificação	Litologia	Qz	Fk	Pl	Líticos	Anfibolito	Mica	Vidro	Outros	Carbonato	Total
Vinchina	V001	arenito	191	65	10	20	0	4	0	10	0	300
	V004	arenito	103	25	29	123	9	5	0	6	0	300
	V006	tufo	23	3	150	11	26	0	89	4	0	300
	V007	arenito	149	59	13	65	3	7	0	4	0	300
	G008	arenito	128	53	5	71	0	0	0	0	45	300
Ischigualasto Villa Unión	P005	arenito	162	43	15	68	0	2	0	10	0	300

4.3 Características morfológicas das populações

4.3.1 Bacia de Vinchina

Os cristais de zircão das formações Vinchina e Toro Negro são transparentes, avermelhados e raramente azulados. A população apresenta variações com zircões subarredondados (em sua maioria), prismáticos/euedrais e arredondados. A relação dos

eixos dos cristais é variada de 3-1 a 5-1 em menor número. Os tamanhos dos grãos são de 600 a 100 μm . Inclusões fluidas e fraturas são presentes em poucos cristais.

No tocante às imagens de CL, há uma complexidade para identificar um padrão bem definido da estrutura interna dos zircões. Aparentemente, a grande maioria dos zircões é de origem ígnea por zoneamento oscilatório e pela razão Th/U ser acima de 0,1 na maioria dos cristais.

4.3.2 Bacia de Ischigualasto-Villa Unión

Cristais de zircão provenientes das formações Rio Mañero e Desencuentro são transparentes, avermelhados e raros azulados ou acinzentados. O grupo dominante é formado por cristais subarredondados e prismáticos, sendo pouco frequente o grão arredondado. A relação dos eixos dos cristais é variada de 3-1 a 5-1 em menor número. Os tamanhos dos grãos são de 600 a 100 μm . Inclusões fluidas e fraturas são presentes em poucos cristais.

Há uma variedade de morfologias identificadas pelas imagens de CL, onde a maioria delas são de zonamento químico, com bandas negras, cinzas e brancas. Aparentemente, a grande maioria dos zircões é de origem ígnea subarredondados ou euedrais e pela razão Th/U ser acima de 0,1 na maioria dos cristais.

4.3 Geocronologia U-Pb

Foram feitas 702 análises U-Pb em zircão detrítico com 594 zircões com idades concordantes ou semiconcordantes. A seleção dos dados U-Pb seguiu o critério da variação inferior a 10% de discordância na idade 206/238 (para zircões do Fanerozóico) e 207/206 (para zircões pré-cambrianos) e/ou da porcentagem de chumbo comum ser acima de 10%. Zircões com idades cenozóicas e discordância mais alta do que a estipulada (>10%) foram usados apenas para criação de histogramas, não fazendo parte de cálculos

de idade máxima de deposição. Os dados serão apresentados a seguir de maneira a apresentar idades máximas de deposição obtidas por SHRIMP e LA-ICPMS e a seguir serão apresentados os picos de idades em LA-ICPMS e diagramas Tera-Wasserburg em diferentes litologias ao longo de cada bacia. Os dados analíticos são encontrados nas tabelas do ANEXO 3.

4.3.1 Bacia de Vinchina

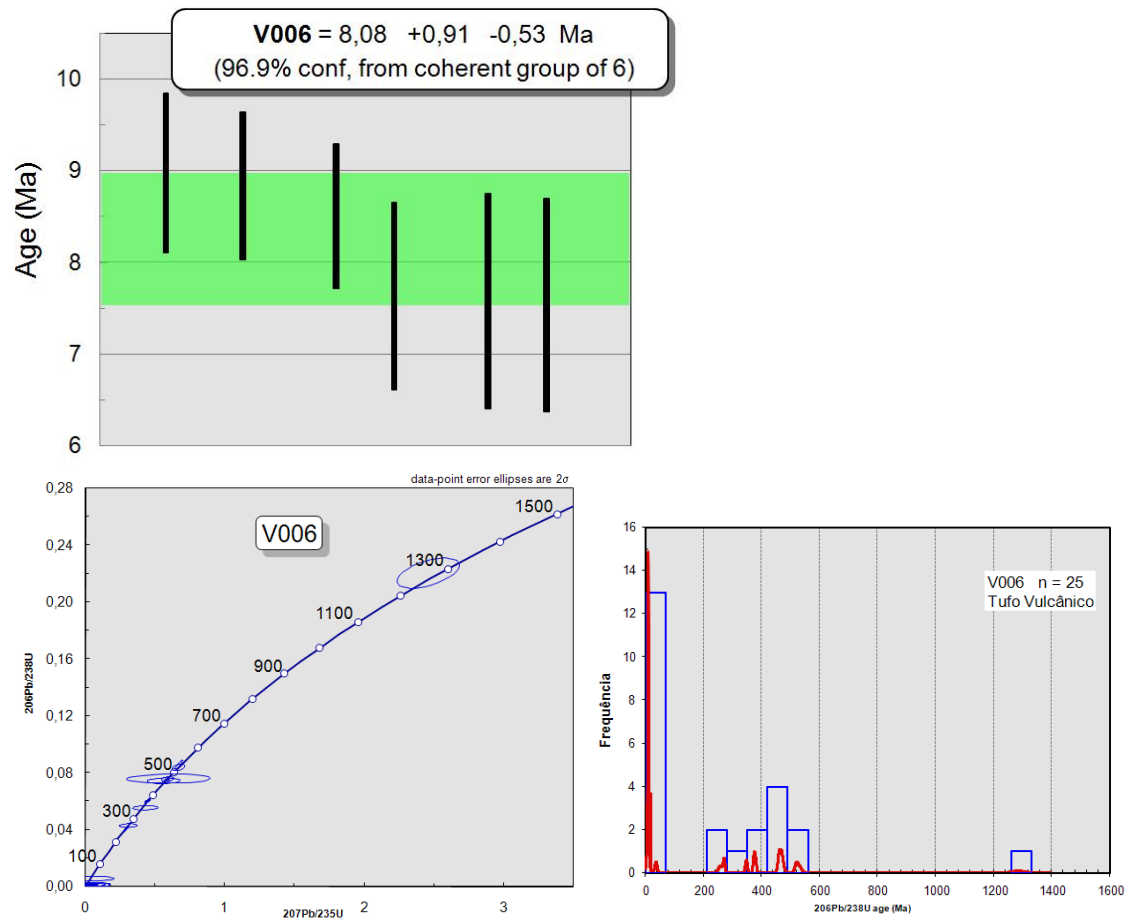
4.3.1.1 Tufos vulcânicos

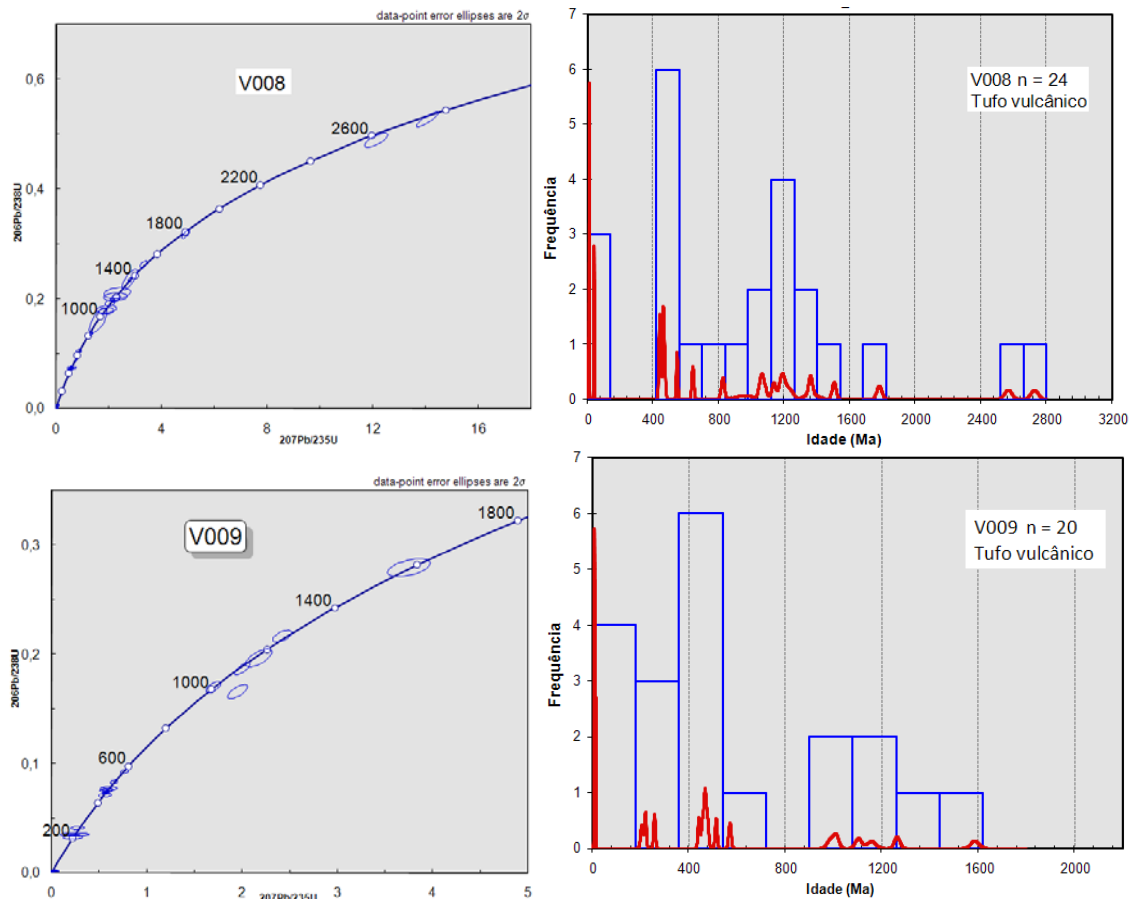
Trabalhos anteriores de datação em tufos vulcânicos relatam idades U-Pb em zircão para o início da Formação Vinchina de 16 Ma e fim de deposição em 9 Ma (Collo et al., 2014; Ciccioli et al., 2014).

Com as análises feitas por U-Pb SHRIMP em três amostras de tufos vulcânicos em diferentes posições estratigráficas, foi possível definir uma idade máxima de deposição para a formação Vinchinha, estimada a partir de seis grãos de idades concordantes $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ e ^{207}Pb corrigido de uma mesma população na amostra. O número de amostras analisadas está indicado no histograma de cada análise. Os zircões têm zoneamento ígneo, morfologia prismática ou subarredondados e têm tamanhos em média de 100 a 200 μm .

A idade máxima de deposição para a Formação Vinchina membro superior é de 8,08 +0,91/-0,53 Ma (intervalo de confiança de 96,9%), obtida para a amostra V006, coletada no topo dessa unidade (Fig. 4.3). Nesta amostra há presença de populações de idade com picos de idade em 270, 375, 460, 470 e 520 Ma.

Figura 4.6 - Diagramas de população mais jovem, Concórdia, Histogramas de probabilidade para as amostras datadas por U-Pb no SHRIMP para a Bacia de Vinchina

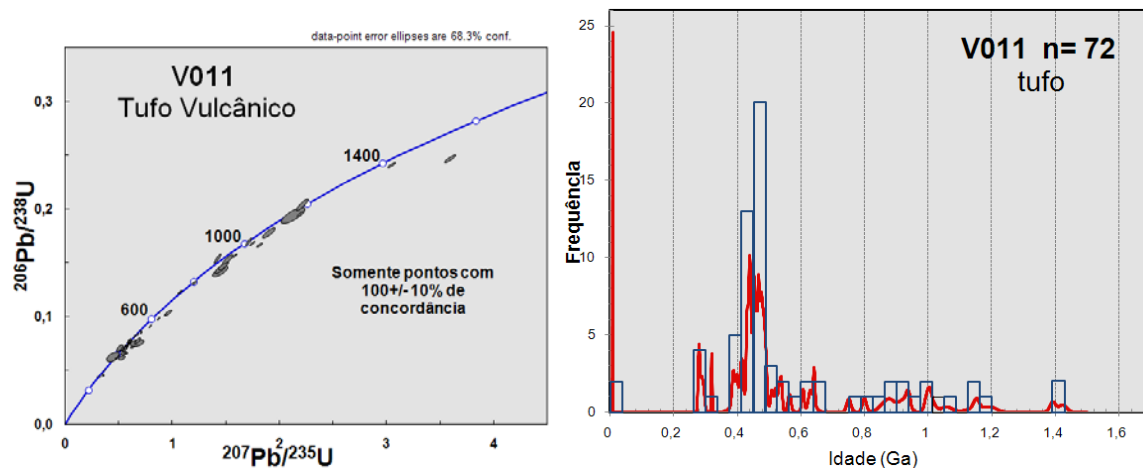




Outras duas amostras de tufos vulcânicos (V008 e V009) referem-se à formação Toro Negro, amostradas nas porções basais da dessa formação (ver Fig. 4.3). Os dados SHRIMP em zircão não lograram estimar a idade da deposição, porém foram úteis para apontar potenciais fontes sedimentares que contribuíram para esta formação. Para a amostra V008 os picos de idade foram: 440, 460, 470, 1060, 1190 Ma e zircões meso e paleoproterozóicos (arredondados). Para a amostra V009 os picos de idade são: 220, 260, 460, 1000 e 1150 Ma (todos prismáticos ou subarredondados).

Uma quarta amostra de tufo vulcânico (V011) do topo da formação Toro Negro foi analisada em LA-ICPMS, por meio de 72 análises concordantes. No diagrama Tera-Wasserburg e histograma (Figura 4.7) ficaram evidentes a presença de diferentes fontes, com idades dos períodos Permiano, Carbonífero, Devoniano, Ordoviciano e Cambriano, a semelhança com os resultados obtidos para os demais tufos da bacia de Vinchina.

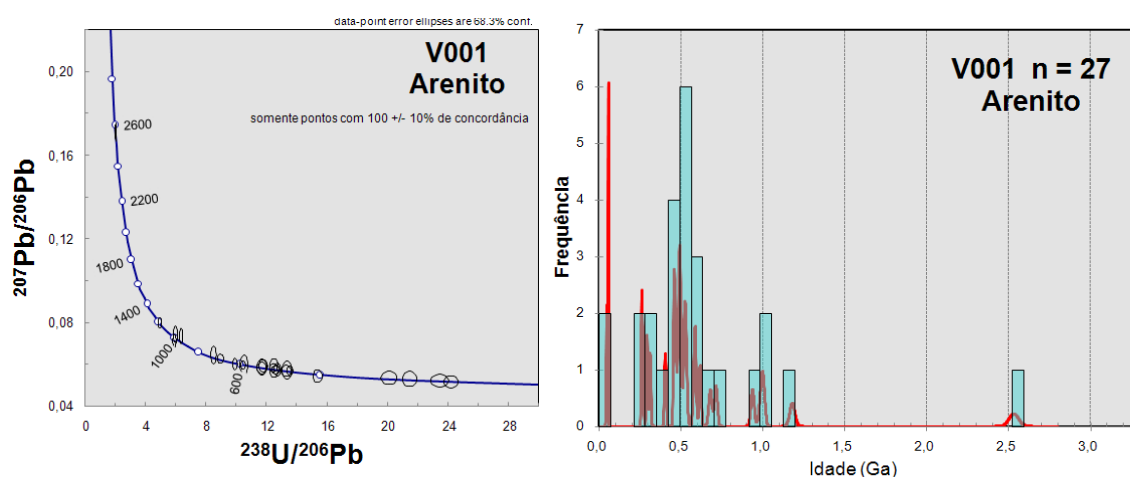
Figura 4.7 - Diagrama Terra-Wasserburg e Histograma de probabilidade da amostra de tufo vulcânico analisados por LA-ICPMS para a Bacia de Vinchina

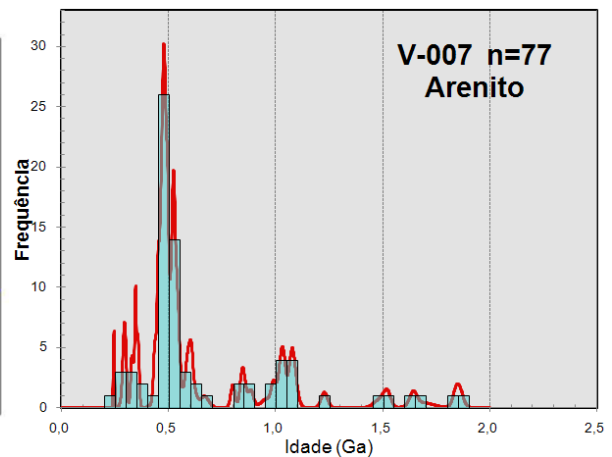
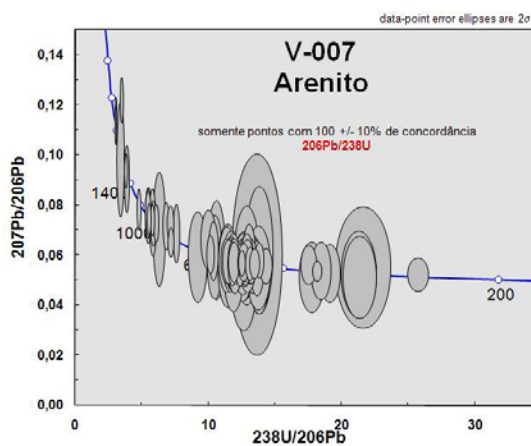
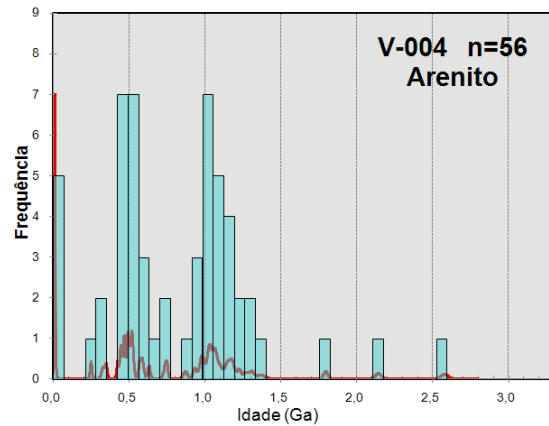
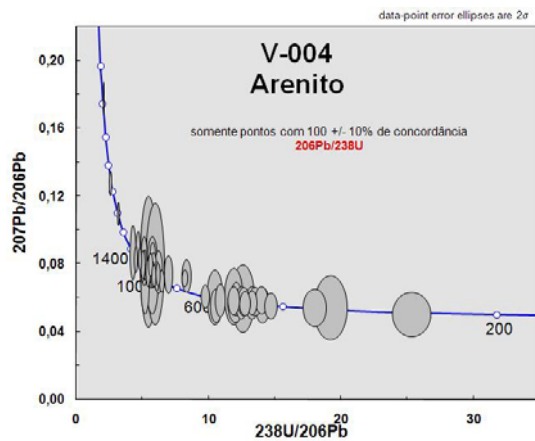


4.3.1.2 Arenitos

Com as análises feitas no LA-ICPMS em amostra das formações Vinchina e Toro Negro da Bacia de Vinchina, foram elaborados diagramas Tera-Wasserburg e histogramas de probabilidade para ilustrar os resultados. Foram analisados 197 zircões e utilizados 160 desses dados devidos aos critérios já estabelecidos de concordância e porcentagem de chumbo comum. Na Figura 4.8 estão organizados os diagramas de arenitos para a Bacia de Vinchina.

Figura 4.8 - Diagramas Terra-Wasserburg e Histogramas de probabilidade das amostras de arenitos e tufo vulcânico analisados por LA-ICPMS para as Bacias de Vinchina



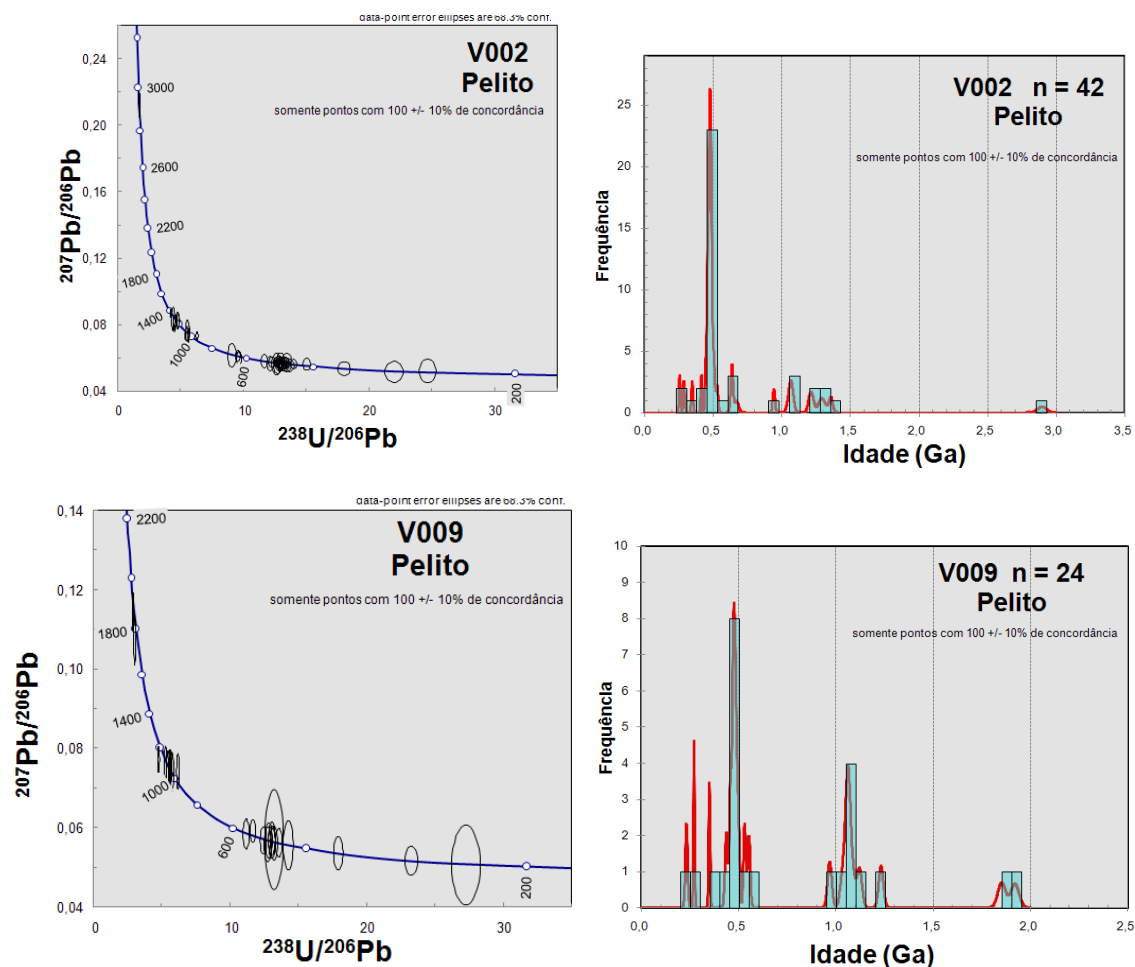


Os picos de idades para os arenitos são concentrados em: 280, 300, 330, 450, 470, 490, 510, 540, 560, 600, 800, 950, 1000, 1100, 1150 e 1200 Ma.

4.4.1.3 Pelitos

Os resultados U-Pb em rochas de granulação muito fina demonstram uma variação no histograma da base para o topo, incrementando os picos de idade grenvilliana (950–1250 Ma), cambriana (488-542 Ma), carbonífera (299-359 Ma) e do permiano (251-298 Ma), uma vez que para a base o pico de idade ordoviciana (443-487 Ma) se manteve frequente para as duas amostras.

Figura 4.8- Diagramas Terra-Wasserburg e Histogramas de probabilidade das amostras de pelitos analisados por LA-ICPMS para a Bacia de Vinchina



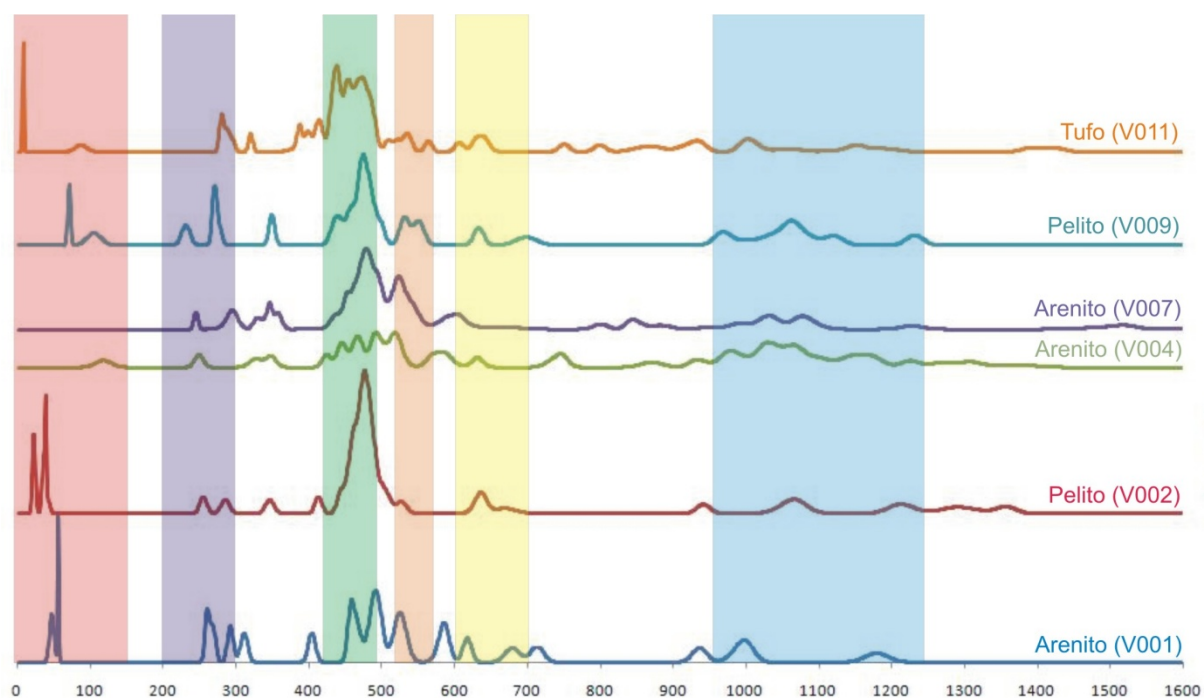
As análises em arenitos e pelitos da base da Bacia de Vinchina se assemelham com o maior pico de idades durante a fase Famatiniana e diferenciam-se pelo espectro de zircões em pelitos terem idades do Carbonífero, Permiano e Triássico, períodos importantes da região. Para o topo da bacia, o espectro de zircões detríticos em pelitos tem um segundo pico importante no período Grenville, mas outros picos de idades bem representados em arenitos continuam sendo pouco presentes nos pelitos.

4.3.1.4 Análises dos picos de idades

O gráfico PDF (*probability density function*) apresenta os resultados geocronológicos integrados de todas as amostras feitas no LA-ICPMS da bacia de Vinchina por meio de intervalos comuns de idade e cujos picos são proporcionais ao

número de pontos mensurados (Figura 4.9), comparativamente com os principais eventos identificados na literatura para a região. O objetivo desta integração foi o de comparar as fontes de proveniência ao longo da sua própria estratigrafia.

Figura 4.9 - Gráfico PDF para a bacia de Vinchina com faixas destacando intervalo de idade de eventos na Região. Vermelho – Evento Andino; Roxo - Evento Choyoi; Verde – Evento Famatiniano; Laranja – Evento Pampeano; Amarelo - Brasileiro; e Azul - Grenvilliano



O maior pico de idade identificado refere-se ao evento Famatiniano (495 – 420 Ma), em todas as amostras da Bacia de Vinchina, independente da litologia. Em segundo plano, o evento Pampeano (560-520 Ma) tem uma contribuição máxima para a base da formação Toro Negro (amostra V007). O evento Choyoi é representado por idades com pico durante o início desse evento. As contribuições do evento Grenvilliano estão disseminadas nesse gráfico.

4.3.1.5 Análises de núcleo e borda dos zircões

Foram realizadas 25 análises isotópicas de núcleo e borda de zircões em rochas da bacia de Vinchina com essa estratégia, para elucidar a origem das fontes sedimentares,

ígneas e metamórficas do entorno (Tabela 4.2). As idades referem-se às análises concordantes segundo o critério já mencionado neste estudo.

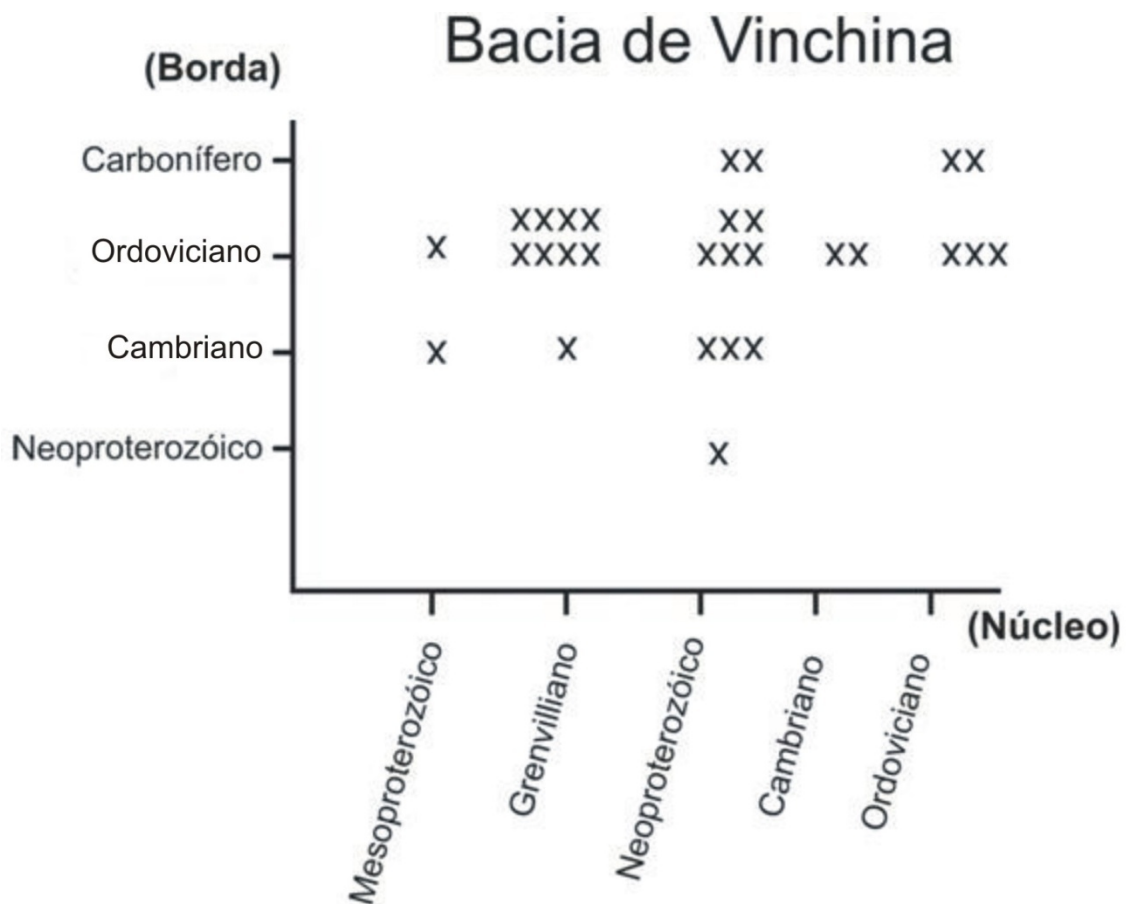
Tabela 4.2 – Análises de núcleo e borda dos zircões das Bacias de Vinchina

Bacia	Unidade	Amostra	Zircão n°	Idade do núcleo (Ma)	Idade da borda (Ma)	
Vinchina	Vinchina	V004	18	662	341	
			51	887	355	
			22	1209	450	
			58	1080	450	
			27	511	480	
			28	1202	534	
			13	758	526	
		V007	5	601	472	
			7	490	473	
			43	1025	473	
			45	915	491	
			44	853	508	
			42	1505	521	
			25	657	622	
	Formação Toro Negro		V011	20	444	392
				2	440	396
		51		638	437	
		62		642	439	
		60		1013	460	
		67		539	468	
		61		491	469	
		1		925	474	
		59		1196	486	
		12		1006	486	
		6		751	510	

Os resultados indicam a presença de zircões com borda recristalizada de idade cambriana. Os zircões com borda recristalizada ordoviciana têm núcleos com idades grenvillianas, neoproterozóicas e cambrianas. Os zircões com borda do período Carbonífero possuem núcleos de idade neoproterozóica. A presença de núcleos paleoproterozóicos, grenvillianos e neoproterozóicos indica importante reciclagem crustal como fontes para o preenchimento sedimentar.

A maior frequência de idades de borda recristalizada foi do período Ordoviciano e menor frequência o período Cambriano, o que é compatível com a localização geográfica mais próxima dos eventos mais recentes de colisão de terrenos na região. Os três períodos de idade são coincidentes com as idades dos eventos orogênicos Pampeano, Famatiniano e Gondwanico aqui representados pela frequência de idade nos períodos Cambriano, Ordoviciano e Carbonífero.

Figura 4.10 - Gráfico de análises de núcleo e borda de zircão para a Bacia de Vinchina



Os zircões com idades de núcleo e borda semelhantes podem ter sido formados por diferentes pulsos magmáticos e não necessariamente serem de fontes metamórficas, como sugerem a maioria das razões Th/U (ANEXO 3).

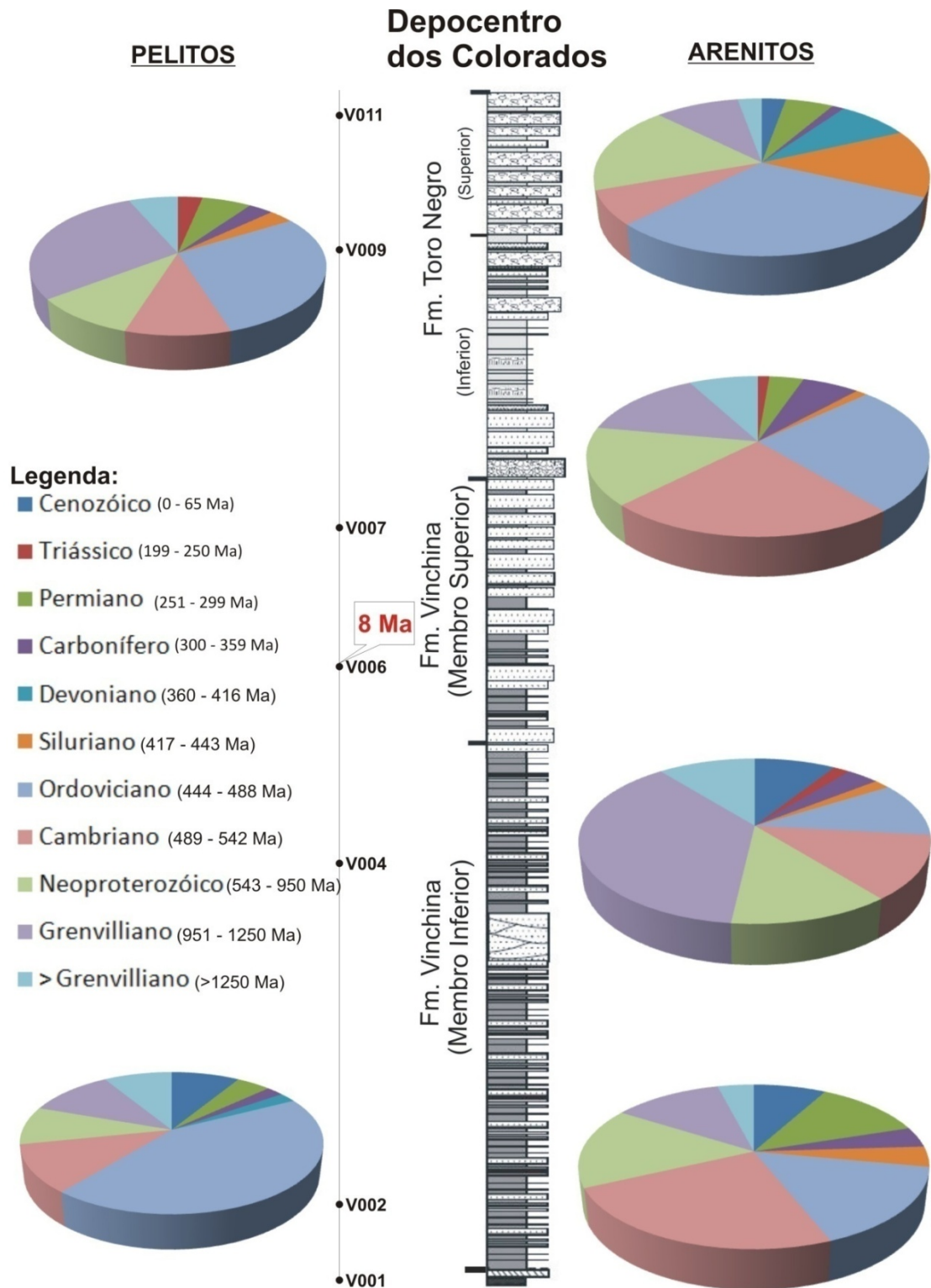
4.3.1.6 Distribuição por grupo de idades em zircão detrítico

Em relação à proporção de zircões por era ou período geológico, foi elaborada a Figura 4.11, para destacar a variabilidade temporal das fontes sedimentares que contribuíram para a bacia de Vinchina. Esta figura apresenta a coluna estratigráfica, com a localização das amostras datadas, bem como os respectivos diagramas de proporcionalidade em termos de idade obtida.

Para esta bacia, há aumentos episódicos de idades grenvillianas para as amostras V004 e V009 (porção média e superior da coluna). Estes episódios podem refletir um possível soerguimento das áreas fontes com esse intervalo de idades, o que será discutido no Capítulo 5 em Inferências Tectônicas.

As fontes de idade do Cambriano e Orodoviciano são dominantes na base e voltam a serem marcantes no topo da Formação Vinchina, membro inferior (V004). Fontes devonianas só foram encontradas em zircões de pelitos na base da bacia e no tufo vulcânico para o topo da bacia. As fontes triássicas estão presentes a partir da amostra V004, ao contrário das fontes permianas.

Figura 4.11- Perfil estratigráfico da bacia de Vinchina segundo Ramos (1980) com uma análise proporcional de idades dos períodos geológicos. Em vermelho, a Idade Máxima de Deposição datada por SHRIMP nesse trabalho



4.3.1.7 Ambiente tectônico

Os resultados de idades de U-Pb em zircão detrítico foram usados para testar o modelo de tectônico de Cawood et al. (2012). Estes autores propuseram um padrão de reconstrução tectônica em três campos (convergente, colisional e extensional), através do espectro do gráfico de frequências baseado em idades obtidas por zircão detrítico de exemplos típicos de bacias clásticas (Figura 4.12 e 4.13). Esse modelo tem melhor precisão quando as bacias possuem alta influência vulcânica nas proximidades, caso da área de estudo.

Figura 4.12 - Espectros de idade U-Pb de zircão detrítico de bacias ensialicas de campos tectônicos convergente, colisional e divergente (Cawood et al., 2012)

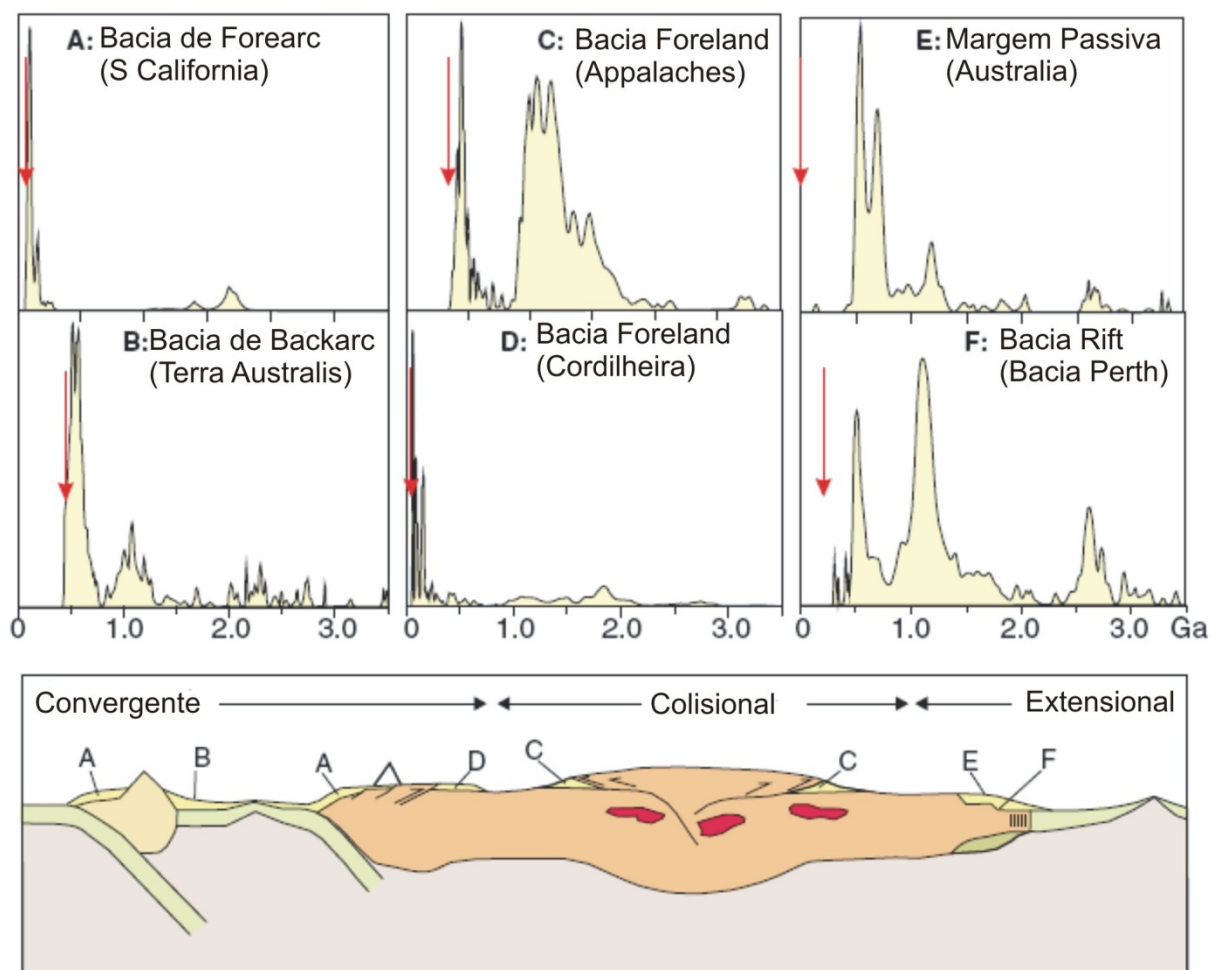
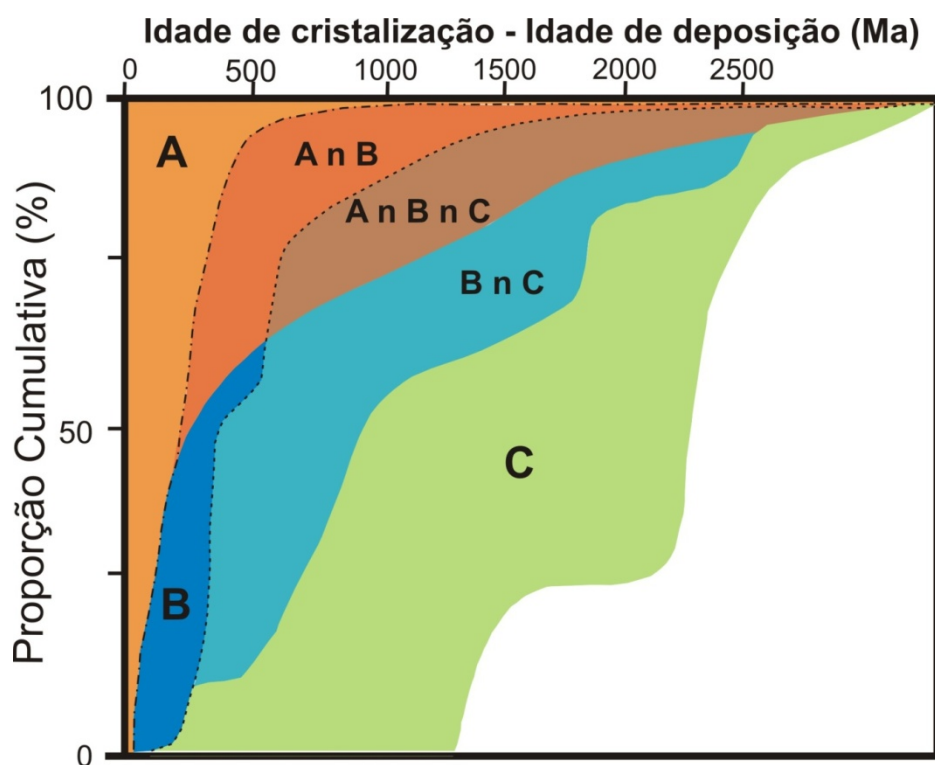


Figura 4.13 - Modelo de Cawood et al. (2012) para ambientes tectônicos usando curva acumulada de zircões detríticos e os respectivos campos A – convergente, B -colisional e C - divergente

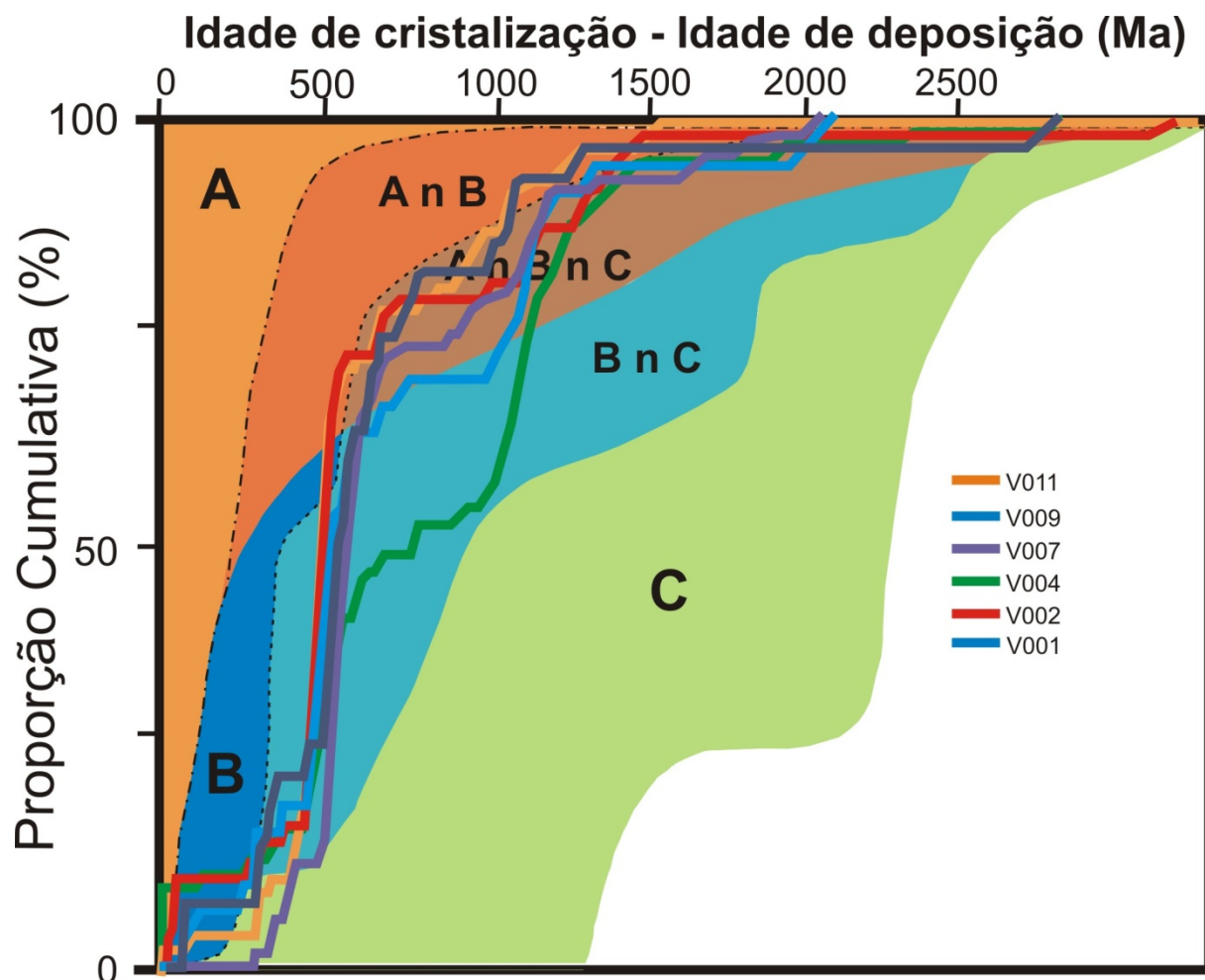


O Modelo de Cawood et al. (2012), apresentado no diagrama acima, utiliza para o eixo vertical dados em CDF (*Cumulative Density Function*). Essa função apresenta curvas cumulativas em porcentagem das idades das amostras. Os segmentos horizontais das curvas refletem a ausência de idades desse período ao passo que os segmentos inclinados decorrem de presença de idades e o maior o ângulo de inclinação da curva indica uma taxa de concentração maior de idades. Para o eixo horizontal, utiliza-se o resultado da idade de cristalização medida, menos a idade de deposição sedimentar. No presente estudo, foi utilizado à mesma idade de deposição e idade de cristalização.

A distribuição de picos de idade das rochas (arenitos e pelitos) da Bacia de Vinchina é semelhante às modas de populações de zircão detrítico existentes em outras bacias convergentes, conforme Cawood et al. (2012). A Figura 4.14 mostra a distribuição cumulativa de idades de zircões de cada amostra no modelo apresentado. As formações geológicas da Bacia de Vinchina têm uma assinatura consistente com o ambiente

colissional que é marcado pela predominância de zircões detríticos com idade próxima a da deposição somadas com idades mais antigas do entorno.

Figura 4.14—Modelo Cowood et al. (2012) aplicado para amostras da bacia de Vinchina



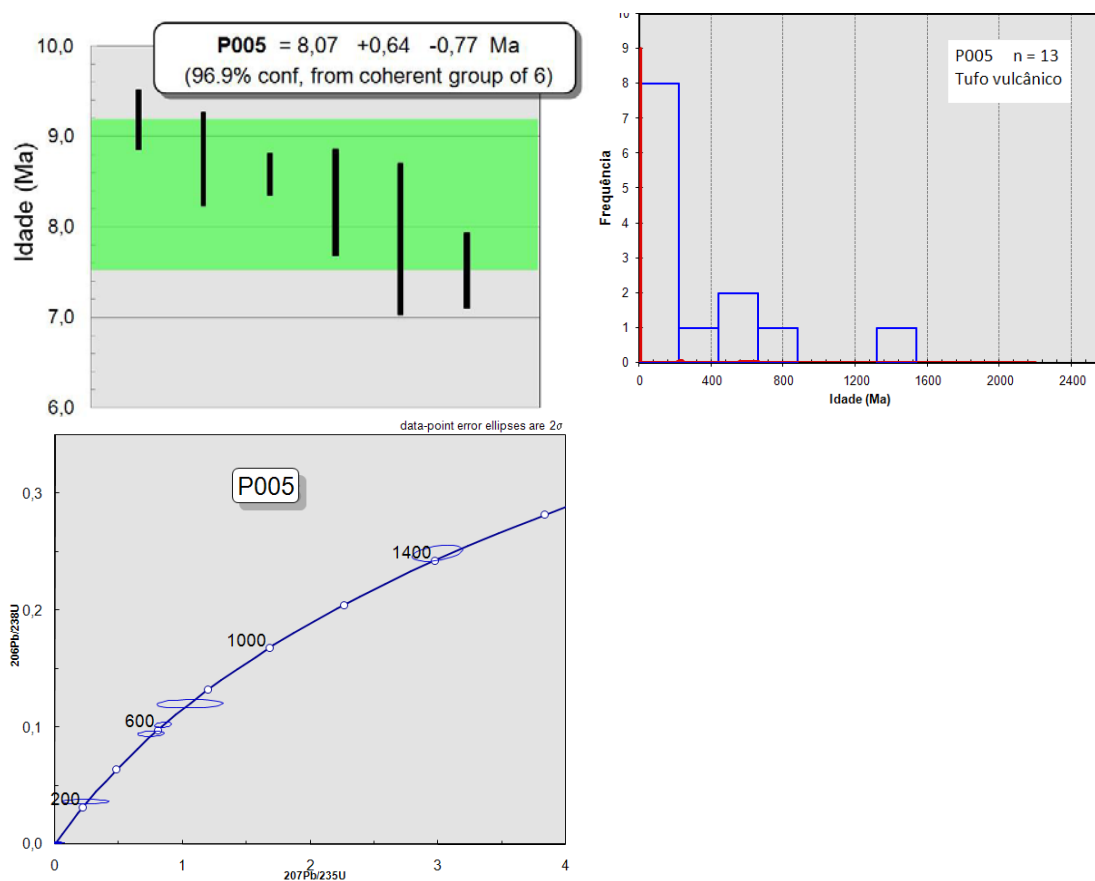
4.3.2 Geocronologia U-Pb na Bacia de Ischigualasto-Villa Unión

4.3.2.1 Tufo vulcânico

Com as análises feitas por U-Pb SHRIMP, foi possível definir uma idade máxima de deposição para a Formação Desencuentro devido à presença de pelo menos seis grãos de idades concordantes $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ e ^{207}Pb corrigido de uma mesma população na amostra. Para a amostra P005 foi analisado um total de 13 grãos. Os zircões têm zoneamento ígneo, morfologia prismática e têm tamanhos em média de 100 a 200 μm .

A idade de $8,07 \pm 0,64/-0,77$ Ma e intervalo de confiança de 96,9% para a população mais jovem do tufo (intervalo médio da formação Desencuentro) é considerada a idade máxima de deposição da amostra P005 (ver Fig. 4.3). Esta idade é mais antiga que a idade por traços de fissão em apatita relatada por Malizia et al. (1995) de valor $7,4 \pm 0,9$ Ma para o tufo vulcânico da bacia de Ischigualasto-Villa Unión – como deveria ser esperado face a menor temperatura de estabilidade do traço de fissão em apatita frente ao do sistema U-Pb em zircão.

Figura 4.15 Diagrama de Concórdia, Histograma de probabilidade e de Idade Máxima de Deposição para a amostra P005 datada por U-Pb no SHRIMP para a Bacia de Ischigualasto-Villa Unión



Outras idades U-Pb em zircão definidas para a amostra de tufo foram: 232, 583, 627, 731 e 1439 Ma.

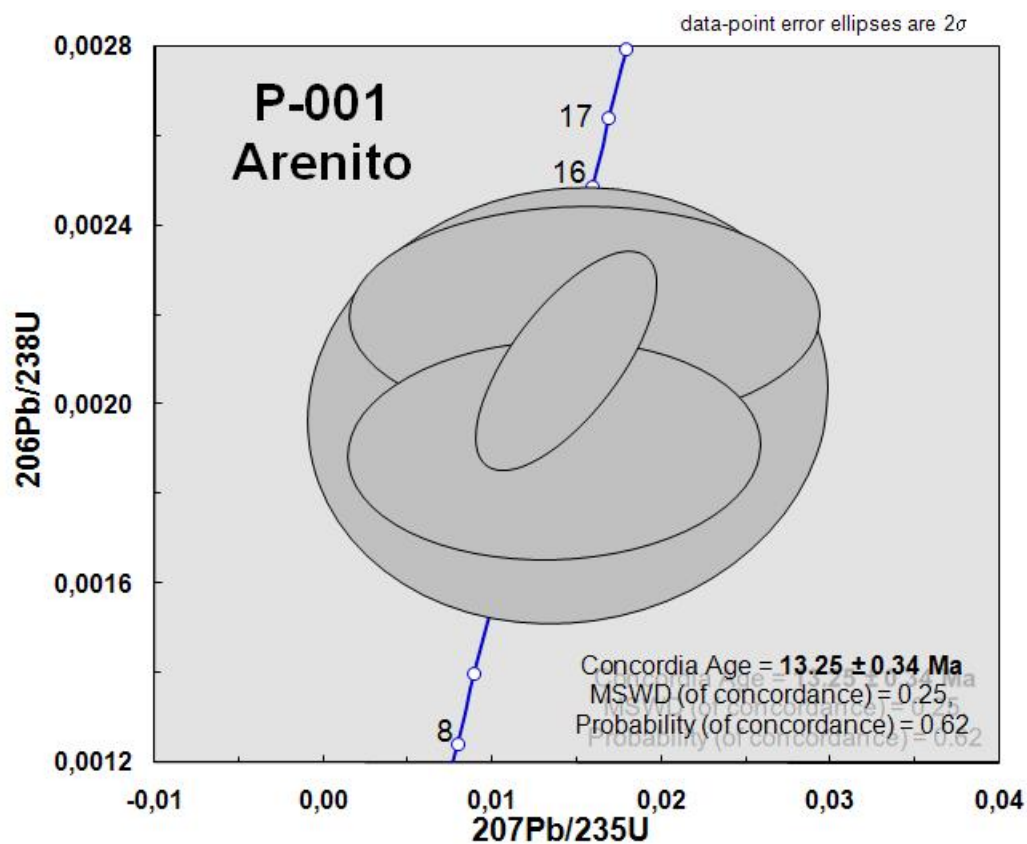
4.3.2.2 Arenitos

Foram analisados 144 cristais de zircão e 135 foram utilizados nos cálculos devido aos critérios de concordância e a porcentagem de chumbo comum já citada. As datações

de zircão detrítico do arenito P001 (base da Formação Rio Mañero) em LA-ICPMS permitiram inferir uma idade máxima de sedimentação da bacia de Ischigualasto-Villa Unión. A idade concórdia obtida para esse nível estratigráfico é de $13,25 \pm 0,34$ Ma, com base em uma população mais jovem de quatro análises (Figura 4.16). Estes zircões apresentam morfologia prismática, zoneamento químico, brancos, com uma razão Th/U alta que indicam serem de fontes ígneas.

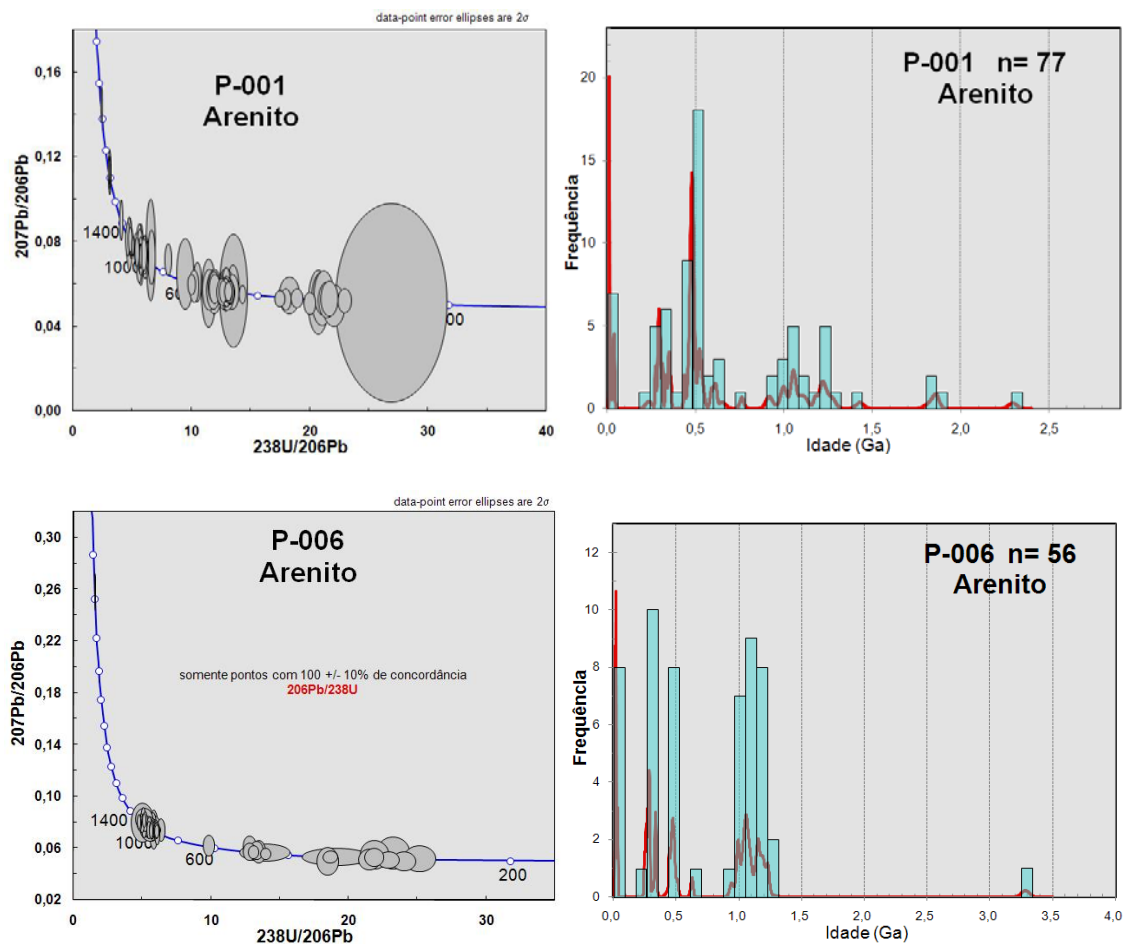
A idade obtida traz uma novidade para a estimativa de idade de preenchimento desta bacia, significativamente mais nova do que a idade proposta por método de paleomagnetismo e por traço de fissão em apatita (Malizia et al., 1995) em torno de 20 Ma. Por outro lado a idade ora obtida é coincidente com a obtida por Collo et al. (2015) de 13 Ma para o início da deposição do membro superior da Formação Vinchina.

Figura 4.16 -Diagrama concórdia com a Idade Máxima de Deposição para a amostra da base da Formação Rio Mañero na bacia de Ischigualasto-Villa Unión



Com as análises feitas no LA-ICPMS, foram elaborados diagramas Tera-Wasserburg e histogramas de probabilidade para ilustrar os resultados (Figura 4.17) para os arenitos da Bacia de Ischigualasto-Villa Unión.

Figura 4.17 - Diagramas Terra-Wasserburg e histogramas de probabilidade das amostras de arenitos analisados por LA-ICPMS para a Bacia de Ischigualasto-Villa Unión

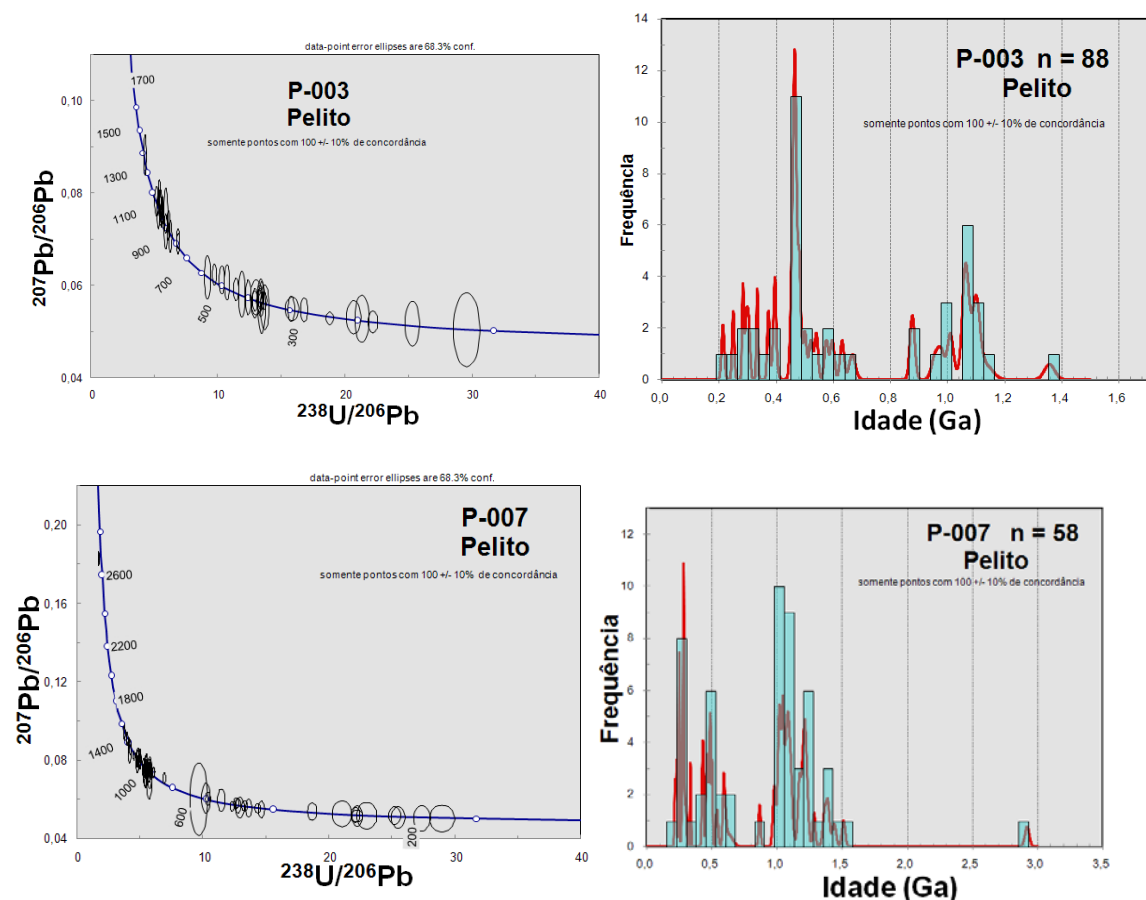


Os picos de idades para os arenitos são concentrados em: 260, 290, 330, 440, 460, 470, 480, 490, 520, 630, 1050, 1010, 1070, 1160, 1220 e 1860 Ma.

4.3.2.3 Pelitos

Com as análises feitas no LA-ICPMS, foram elaborados diagramas Tera-Wasserburg e histogramas de probabilidade, Figura 4.18, para ilustrar os resultados nos pelitos da bacia Ischigualasto-Villa Unión.

Figura 4.18 Diagramas Terra-Wasserburg e Histogramas de probabilidade das amostras de pelitos analisados por La-ICPMS para a Bacia de Ischigualasto-Villa Unión



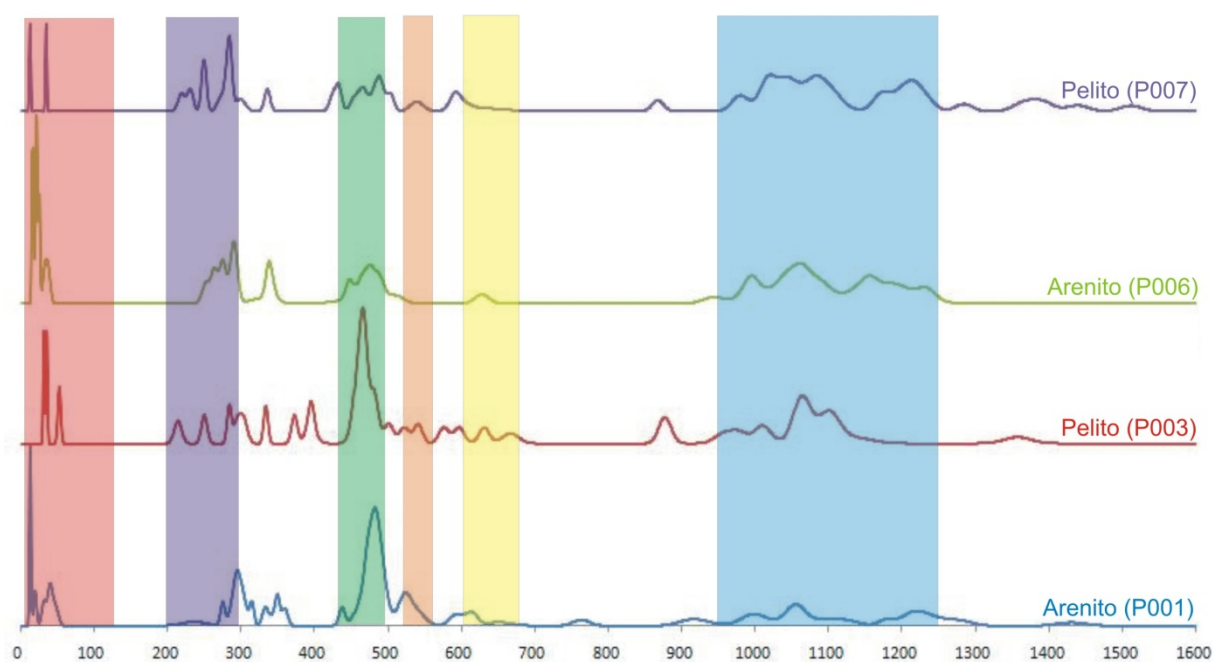
As análises em arenitos e pelitos da base da Bacia de Ischigualasto-Villa Unión possuem certa discrepância, conforme marcado pelo maior pico de idades referente ao orógeno Famatiniano no pelito próximo a base da coluna estratigráfica, enquanto para o arenito a moda de idade predominante é Pampeano. Outra diferença está nos picos de idades referentes aos períodos Permiano, Carbonífero e Cambriano serem menos frequentes do que nos arenitos. A semelhança entre os dados de pelitos e arenitos é devida por causa da paridade de valores de idades nas amostras de topo da estratigrafia.

4.3.2.4 Análises dos picos de idades

Os picos de idades das amostras datadas por LA-ICPMS são apresentados na Figura 4.19. A presença do pico de idades durante o evento Famatiniano na bacia de

Ischigualasto-Villa Unión é marcada apenas para a base dessas unidades. O pico de maior importância para essa bacia seria de idades do evento Choyoi. O período de idades do evento Grenville é bem marcado a partir da amostra P003 (topo da Formação Rio Mañero). A contribuição de idades relacionadas ao evento Pampeano e Brasileiro são pouco expressivas. As idades do evento Andino apresentam-se concentradas na Era Cenozóica.

Figura 4.19 - Gráfico PDF para a bacia de Ischigualasto-Villa Unión com faixas destacando intervalo de idade de eventos na Região. Vermelho – Evento Andino; Roxo - Evento Choyoi; Verde – Evento Famatiniano; Laranja – Evento Pampeano; Amarelo - Brasileiro; e Azul - Grenvilliano



4.3.2.5 Análises de núcleo e borda dos zircões

Foram realizadas 10 análises de núcleo e borda de zircões com essa característica particular para elucidar a origem das fontes sedimentares, ígneas e metamórficas do entorno. Esses dados concordantes são apresentados na Tabela 4.3.

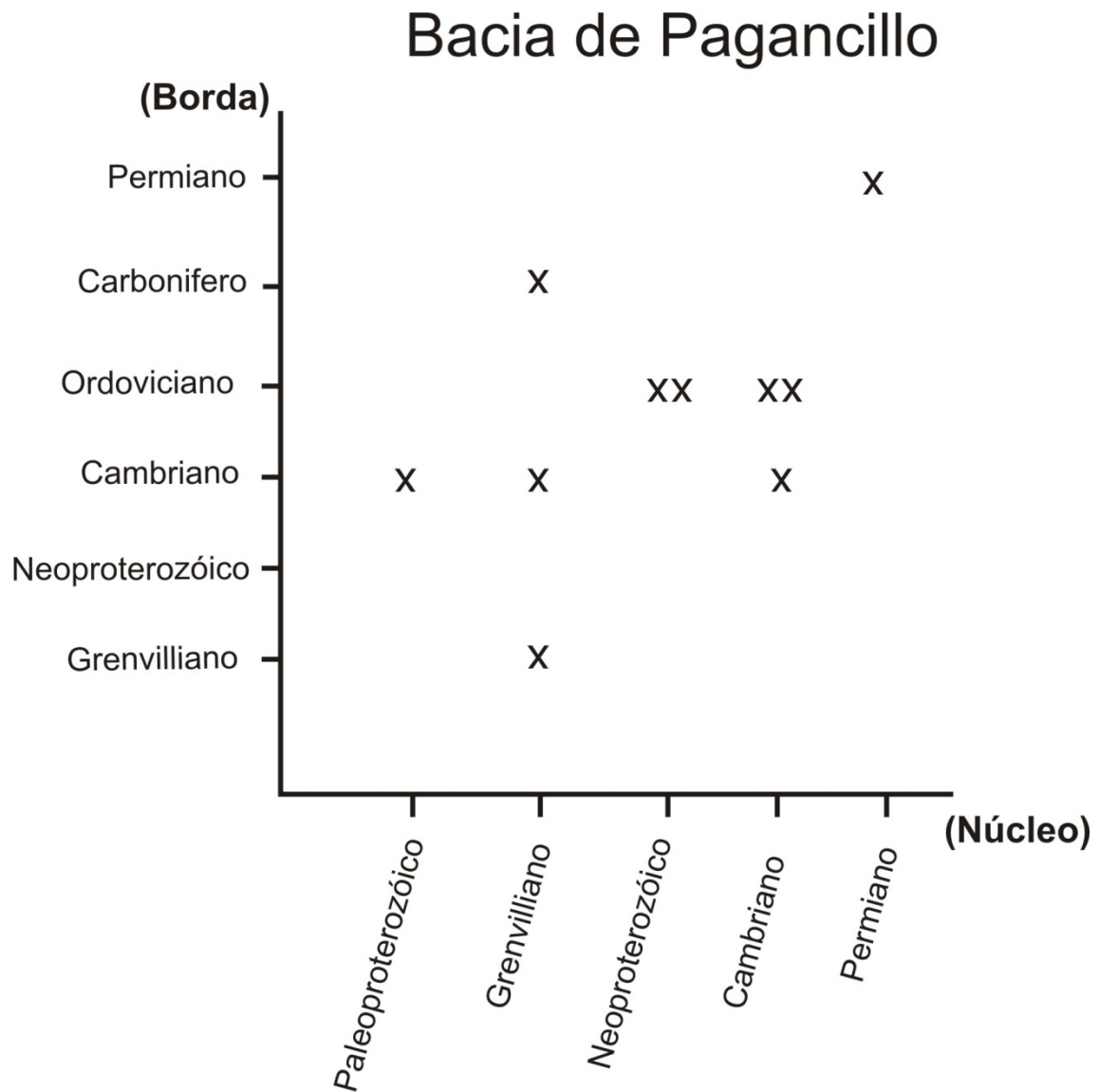
Tabela 4.3 - Idades de núcleo e da borda dos zircões da bacia de Ischigualasto-Villa Unión

Bacia	Unidade	Amostra	Zircão	Idade do núcleo (Ma)	Idade da borda (Ma)
Ischigualasto-Villa Unión	Formação Rio Mañero	P001	48	282	259
			18	929	460
			25	498	488
			29	646	492
			24	508	495
			4	540	510
			38	1838	531
			41	1114	538
	Formação Desencuentro	P006	9	1213	354
			35	1096	1020

Há fontes com zircão de idades cambrianas com núcleos de idade paleoproterozóica e grenvilliana; zircões ordovicianos com núcleos de idades neoproterozóicas e cambrianos, sendo que pode haver pelo menos duas fontes distintas para os zircões com núcleos neoproterozóicos (475 e 460 Ma) uma vez que as idades de metamorfismo são bastante distintas; zircões com bordas recristalizadas do período Carbonífero têm núcleo de idade grenvilliana.

Os três períodos de idade Cambriano, Ordoviciano e Carbonífero são coincidentes com as idades dos eventos orogênicos Pampeano, Famatiniano e Gondwanico.

Figura 4.20 - Gráfico de análises de núcleo e borda de zircão para a Bacia de Ischigualasto-Villa Unión

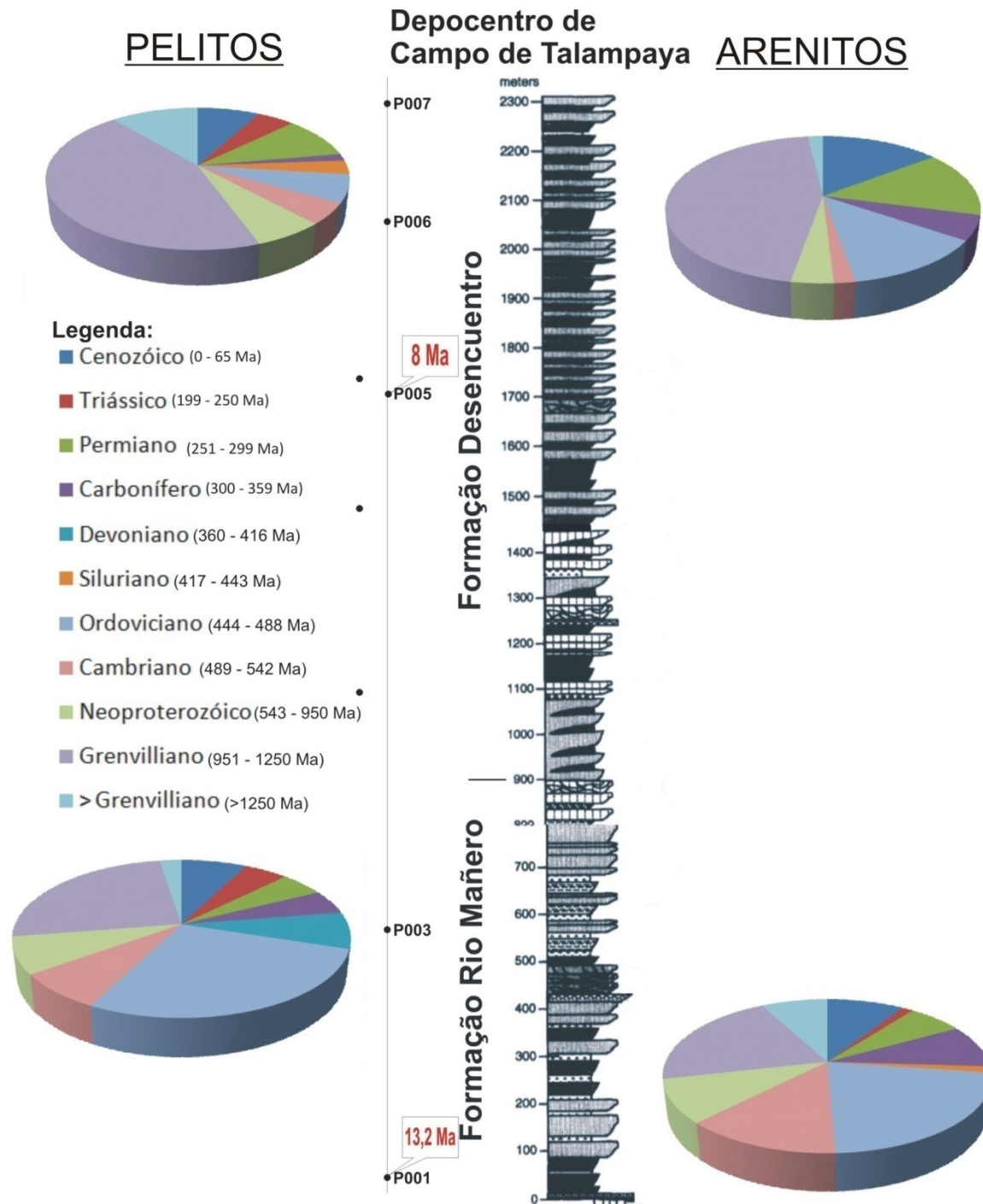


Os zircões com idades de núcleo e borda semelhantes podem ter sido formados por diferentes pulsos magmáticos, uma vez que tanto no Permiano quanto no Grenville ocorreram esse tipo de eventos.

4.3.2.6 Distribuição por grupo de idades em zircão detrítico

Em relação à proporção de zircões por era ou período geológico, foram elaborados diagramas em formato de setores para notar-se o aumento e diminuição das idades das fontes sedimentares para a bacia de Ischigualasto-Villa Unión.

Figura 4.21- Perfil estratigráfico da bacia de Ischigualasto-Villa Unión segundo Malizia et al. (1995) com uma análise proporcional de idades dos períodos geológicos. Em vermelho, Idades Máximas de Deposição desse trabalho



Para a Bacia de Ischigualasto-Villa Unión, a base da bacia é dominada por fontes de idades predominantemente ordovicianas (443-488 Ma) e cambrianas (489-542 Ma) e para o topo a proveniência predominante é de fontes grenvillianas (950-1250 Ma).

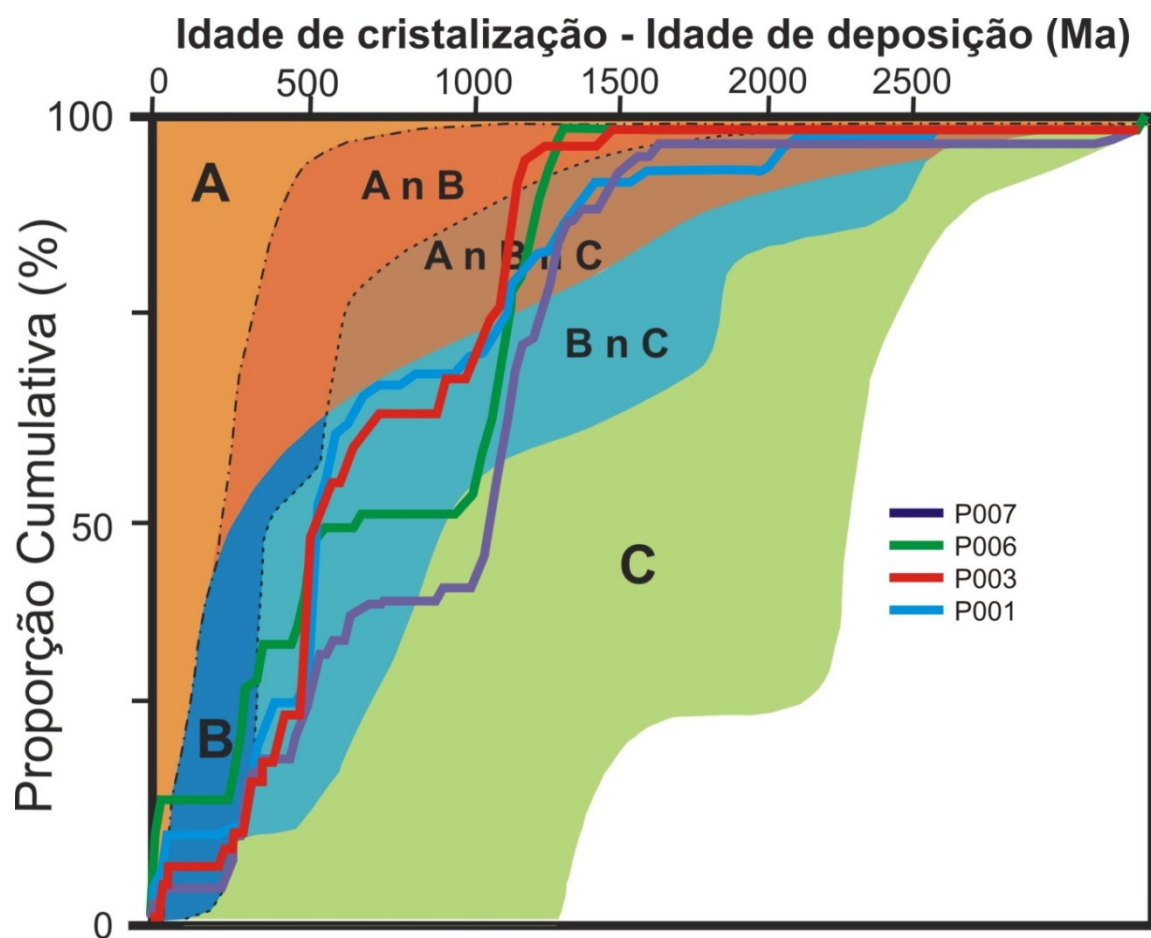
Fontes devonianas só encontradas em pelitos na base da bacia, sugerindo que fontes eólicas tiveram uma contribuição de lugares onde os sistemas deposicionais vingentes não tinham influência. As fontes de idade do Carbonífero são menos expressivas para o topo do perfil analisado.

As fontes de idade do Permiano aumentam da base para o topo de significativamente. As fontes de idades triássicas são presentes em pequena proporção ao longo do perfil com exceção da amostra P006 sem zircões desse período de idade.

4.3.1.7 Ambiente tectônico

A distribuição de picos de idade das sequências da Bacia de Ischigualasto-Villa Unión é semelhante às modas de populações de zircão detrítico existentes em outras bacias convergentes (Cawood et al., 2012). A Figura 4.22 mostra a distribuição cumulativa de idades de zircões de cada amostra no modelo apresentado. As formações geológicas desta bacia têm uma assinatura consistente com o ambiente tectônico colisional, com exceção da amostra P007 que apresenta uma parte da sua curva coerente com o ambiente distensivo. Isto deve ter ocorrido pelo fato de que mais do que 60% da amostra é composta por sedimentos de idade grenvilliana ou mais velha.

Figura 4.22 - Modelo de Cawood et al. (2012) para a Bacia de Ischigualasto-VillaUnión

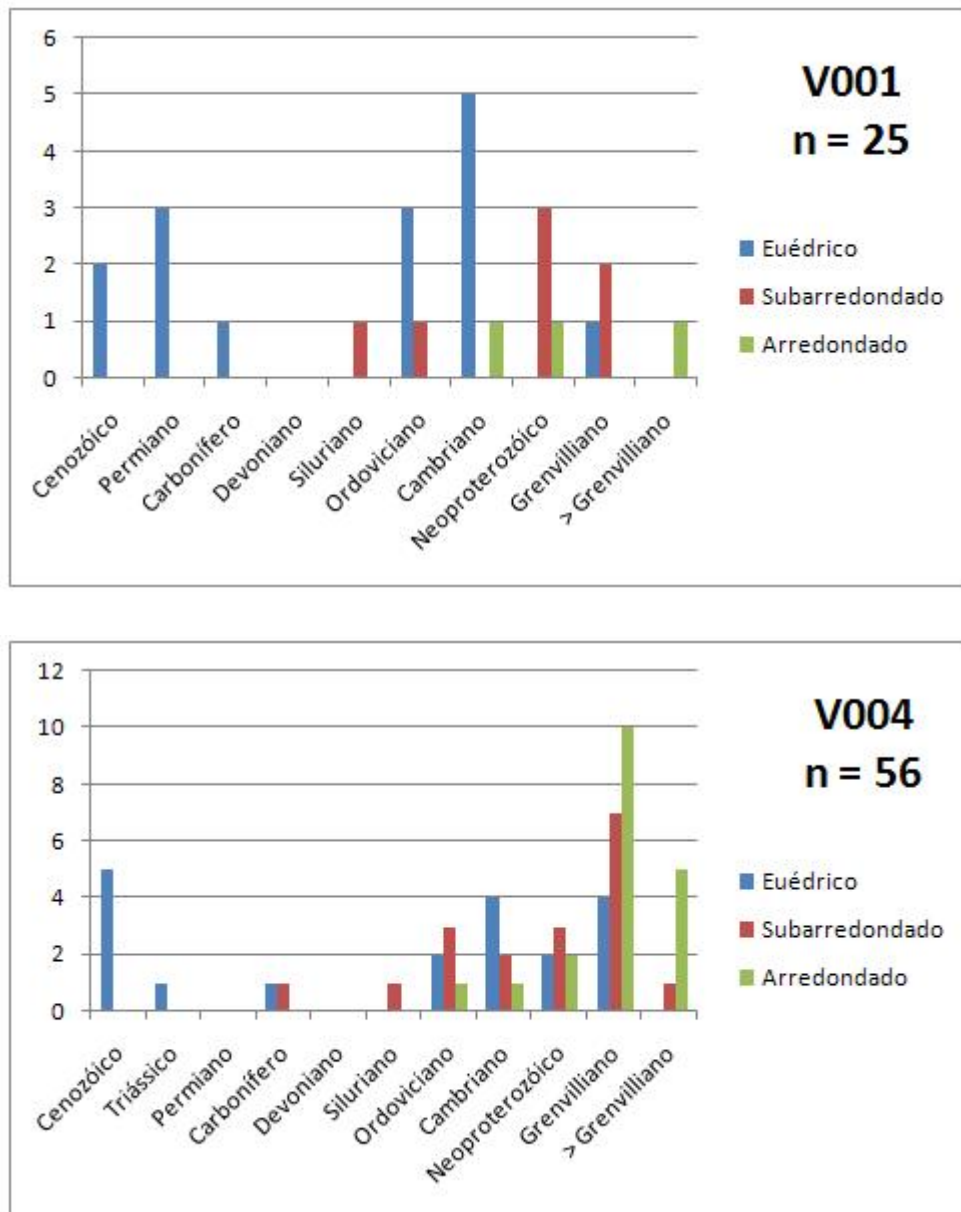


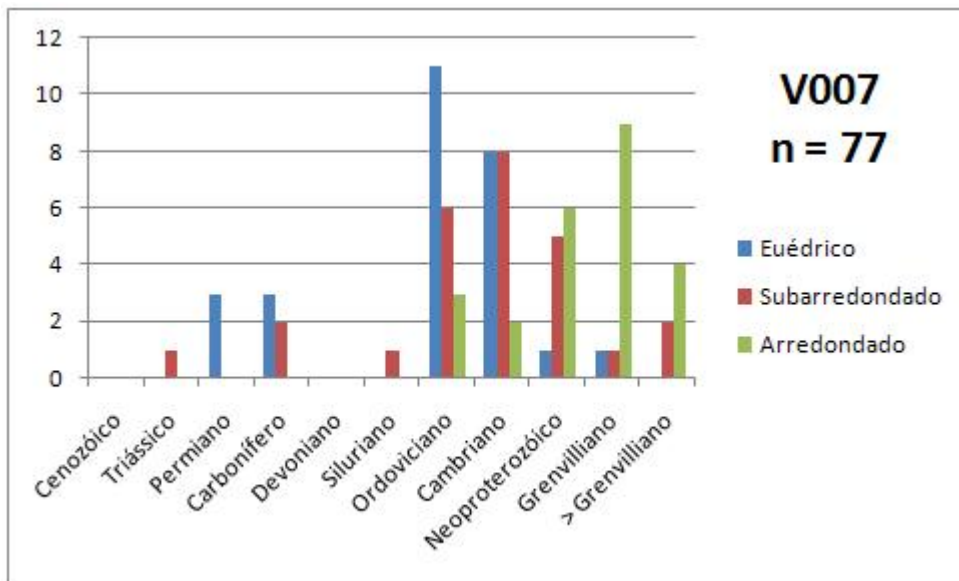
4.4 Morfologia dos zircões segundo a idade U-Pb

4.4.1 Análise morfológica/idade dos zircões em arenitos da Bacia de Vinchina

Foi realizada uma análise da morfologia interna dos cristais de arenitos datados por CL e seu hábito por lupa, na tentativa de identificar padrões por grupos de idade. Os dados de zircão em arenitos são apresentados em forma de gráficos e interpretados por grupos de idades já estabelecidos nesse estudo (Figura 4.23).

Figura 4.23–Frequência de hábito do zircão de acordo com os períodos geológicos da bacia de Vinchina





Grãos com idades acima de 1,25 Ga mostram-se bem arredondados, esféricos e por vezes, com uma borda de recristalização, provavelmente devido a uma fase de metamorfismo. Fontes com idades deste grupo estão muito distantes da área de deposição e devido ao arredondamento dos cristais pode sugerir que se trata de sedimento de segundo ou mais ciclos sedimentares.

Grãos compatíveis em idade do evento Grenville possuem uma mistura de cristais de zircão metamorfizados e de zircões considerados ígneos. O hábito arredondado passa a ser dominante na amostra V004 em diante.

No período Neoproterozóico, os grãos apresentam morfologias internas distintas, às vezes com características ígneas e outras metamórficas com bordas recristalizadas pequenas finas. O hábito desta população é predominantemente subarredondado a arredondado, sendo mais expressivos na amostra V007.

Os grãos do Cambriano têm formas euedricas e subarredondadas ao longo de todos os picos de idades desse período. Também é presente uma menor parte de zircões arredondados nas três amostras analisadas.

No período Ordoviciano a predominância é de cristais prismáticos alongados e concêntricos bem definidos e subarredondados, subordinados. Cristais arredondados são

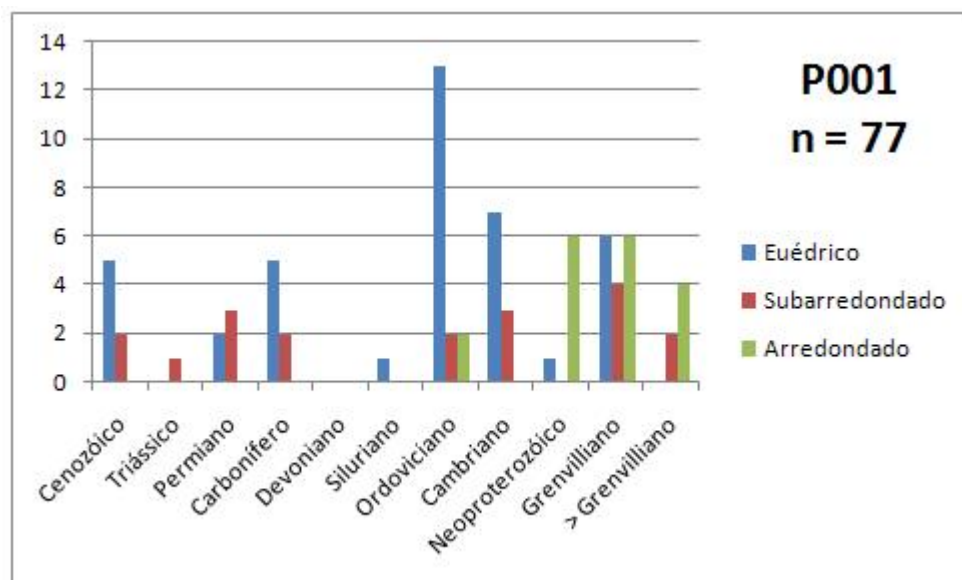
presentes em menor número. Zircões desse período passam a ser os dominantes a partir da amostra V007.

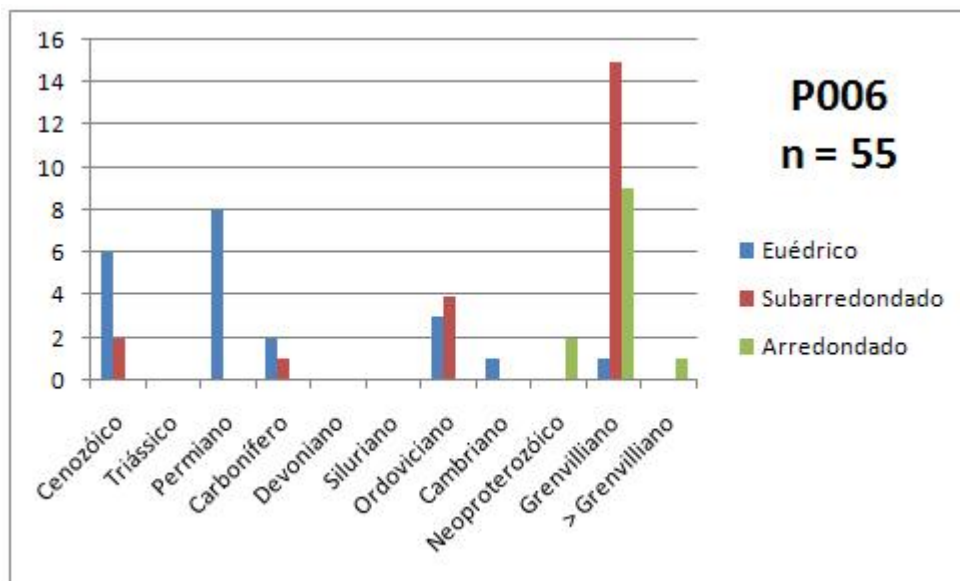
O padrão dos cristais do período Siluriano é subarredondado, homogêneo e ígneo ao longo de toda a seção de Vinchina. Os grãos com idade do período Carbonífero são euedrais e subarredondados. Os grãos com idade do período Permiano são euedrais, às vezes alongados, e com núcleo zonado. Zircões de idade triássica não são presentes na amostra V001, e são poucos expressivos nas amostras ao longo da coluna como de forma euedral ou subarredondada. Os zircões cenozóicos são cristais prismáticos, predominantemente brancos, alongados e euedrais.

4.4.2 Análise morfológica/idade dos zircões em arenitos da Bacia de Ischigualasto-Villa Unión

Para esta bacia, temos os seguintes resultados de morfologia externa em zircões das análises em arenitos apresentados e ilustrados na Figura 4.24.

Figura 4.24- Frequência de hábito do zircão de acordo com os períodos geológicos da bacia de Ischigualasto-Villa Unión





Grãos com idades acima de 1,25 Ga mostram-se bem arredondados, esféricos e por vezes uma borda de recristalização provavelmente de uma fase de metamorfismo.

Grãos compatíveis em idade ao evento Grenville possuem uma mescla de cristais de zircão metamórfizados e de zircões ígneos. O hábito em sua maioria é subarredondado a arredondado. Esse período se torna mais expressivo para o topo da coluna estratigráfica.

Os grãos com idade neoproterozóica apresentam morfologias internas distintas e o hábito é arredondado na maioria.

Os grãos com idade do período Cambriano são predominantemente prismáticos, com morfologia interna zonada e são pouco frequentes.

No período Ordoviciano, a predominância é de cristais prismáticos na base da bacia com subordinados cristais subarredondados e para o topo da bacia essa relação inverte-se. É o período mais expressivo na base da bacia.

O período Siluriano é representado por um grão de hábito eudral, morfologia interna zonada e escura. Só há zircões desse período na base da bacia.

Não foi encontrado zircões de idade do período Devoniano. Os grãos com idade do período Carbonífero apresentam-se de forma prismática e com zoneamento oscilatório. Os grãos com idade do período Permiano são predominantemente eudrais e subordinado

a eles subarredondados que são presentes em maior proporção no topo da bacia. Zircões de idade triássica são escassos e arredondados para a base da bacia e não há presença dessa morfologia para os arenitos do topo. Zircões cenozóicos são cristais prismáticos, predominantemente brancos, alongados e euedrais.

4.5 Geoquímica Isotópica de Sm-Nd

Foram realizadas 23 análises de rochas totais em pelitos ao longo dos três perfis estratigráficos das bacias estudadas (Figuras 4.25, 4.26 e 4.27). A estratégia de se utilizar inicialmente os pelitos visou minimizar o efeito de material detrítico na sistemática isotópica que levaria o resultado a uma rocha fonte exclusivas e heterogêneas entre si.

Para comparar as assinaturas isotópicas nas diferentes seções, os dados foram calculados para $t = 0$ Ma, uma vez que as bacias estudadas são do Mioceno-Plioceno, conformes dados U-Pb aqui gerados. Nesse caso a assinatura isotópica do Nd varia pouco em relação à idade máxima de deposição (variação de 0,2 no valor de $\epsilon_{Nd(t)}$ para uma idade de 20 Ma).

Vale observar que todos os valores das análises em rochas totais de pelitos indicaram razões $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd} < 0,13$, o que é consistente como valores de folhelhos não alterados. Isto também implica que os valores de T_{DM} podem ser considerados como relacionados com a proveniência (Lev et al., 1999). Em adição, foram analisados quatro arenitos (duas de cada bacia).

Figura 4.25 - Dados isotópicos de Sm-Nd para o depocentro dos Colorados (bacia de Vinchina). Em vermelho, os dados dos arenitos destacados

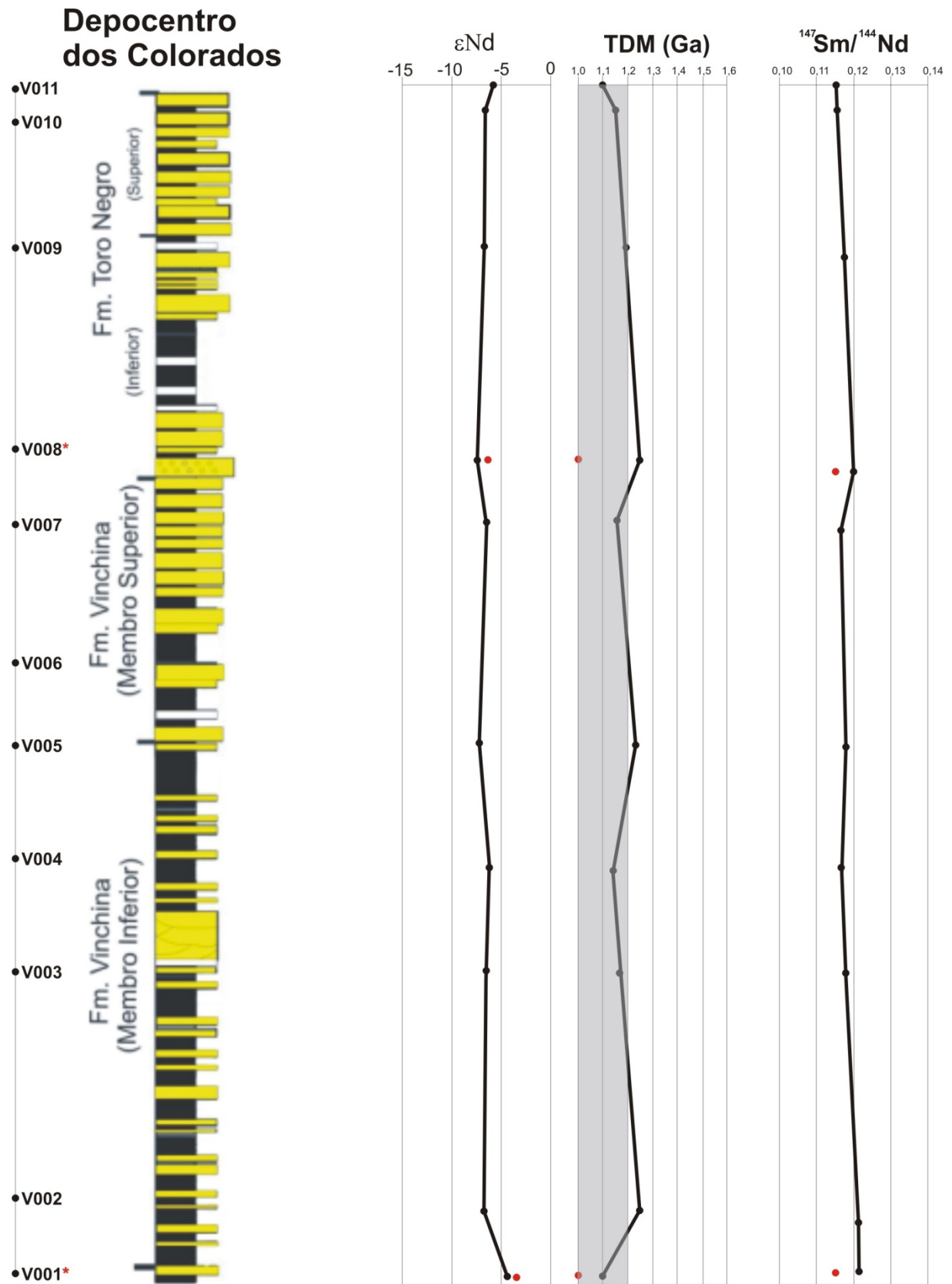


Figura 4.26 - Dados isotópicos de Sm-Nd para o Depocentro de La Flecha (bacia de Vinchina)

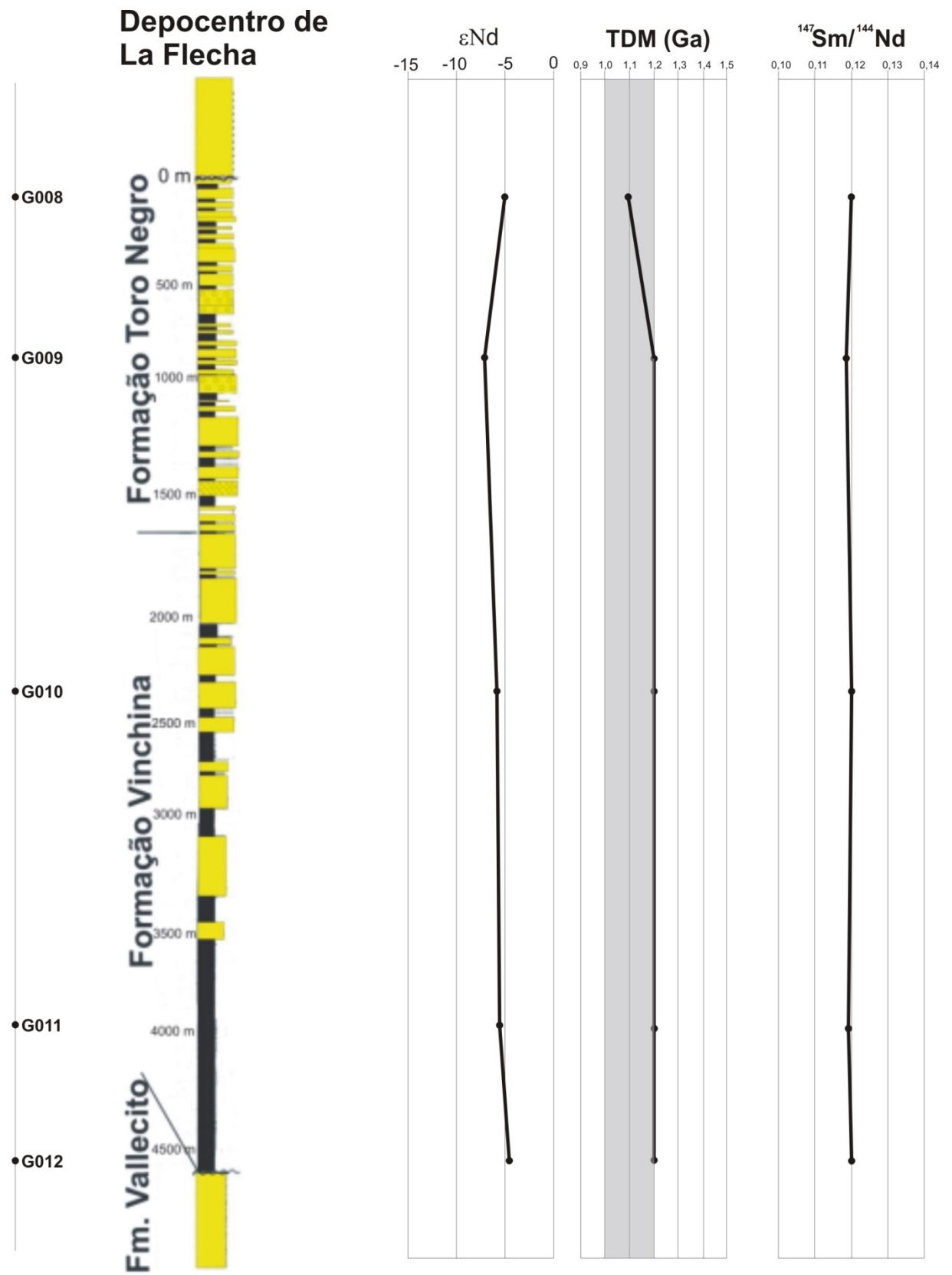
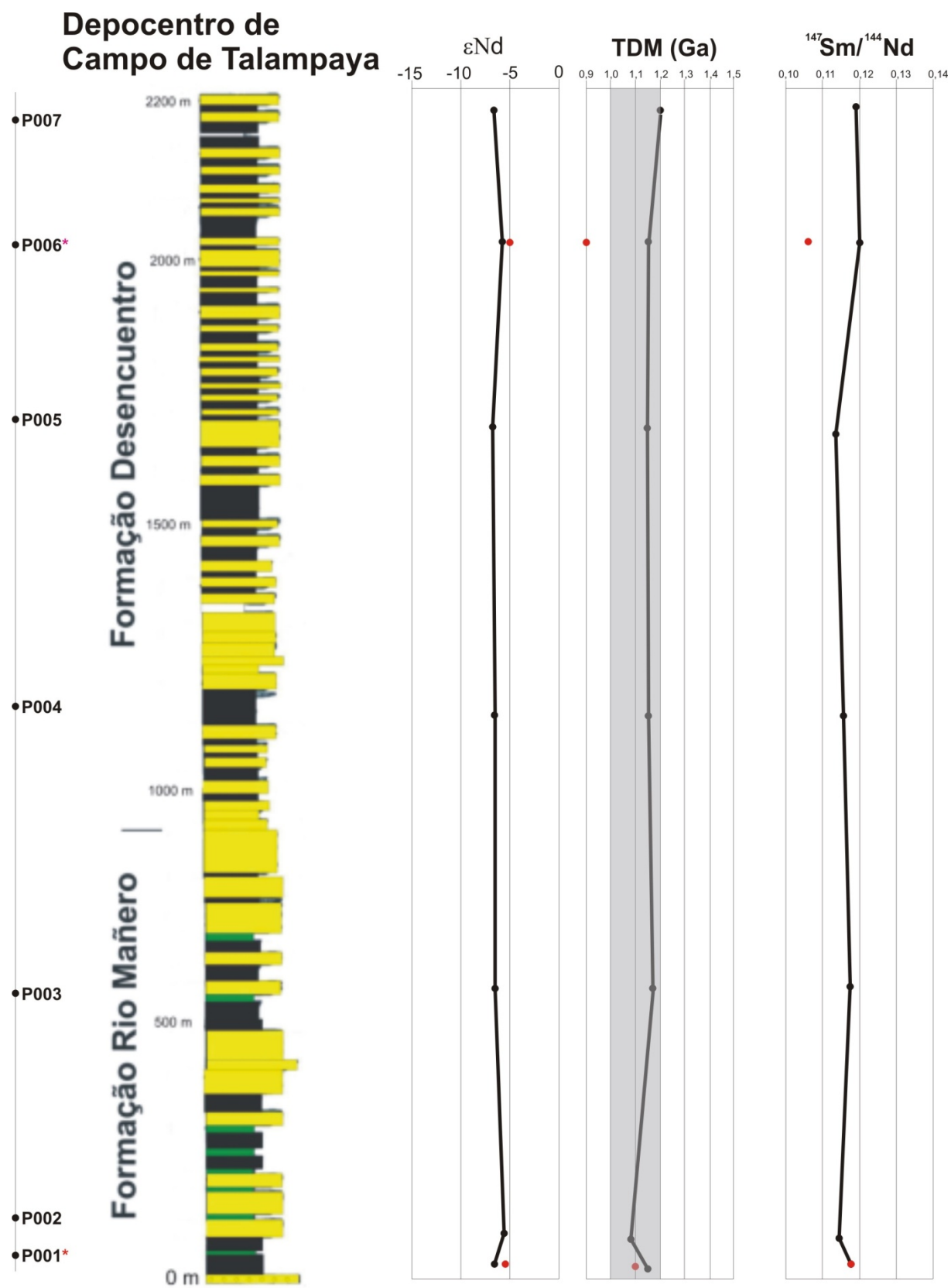


Figura 4.27 - Dados isotópicos de Sm-Nd para o Depocentro de Campo de Talampaya (bacia de Ischigualasto-Vila Únion). Em vermelho, os dados dos arenitos destacado



As idades modelo T_{DM} e os valores de ϵ_{Nd} em amostras coletadas em diferentes depocentros e/ou formações apresentam uma notável distribuição muito regular, o que sugere que a estratégia amostral de não selecionar os arenitos foi correta. Os dados de pelitos mostram uma idade modelo grenvilliana (destacado em cinza em todos os perfis, da ordem de 1,0 a 1,2 Ga), e valores negativos para $\epsilon_{Nd(t)}$ de -6 e -7. Esta característica sugere uma mistura eficiente do material crustal que serviu de fonte para as bacias que integram os sistema sedimentar de Vinchina.

Os resultados de Sm-Nd do depocentro de La Flecha apresentaram o mesmo padrão para as duas formações que a compõem (Vinchina e Zapalar). Em adição, pode se inferir que as formações Toro Negro do depocentro dos Colorados e a formação correlata, Zapalar, no depocentro La Flecha, têm semelhança em termos da sistemática Sm-Nd.

Já para os arenitos no depocentro Los Colorados (V001 e V008 com asterisco e indicados em vermelho) as idades são pouco discrepantes em relação ao do pelito desta região, com valores de T_{DM} menores (1,0 Ga). Devem refletir algum componente juvenil associado a um material crustal reciclado mesoproterozóico.

Os arenitos da bacia de Ischigualasto-Villa Unión (P001 e P006 destacados com asterisco e indicados em vermelho) possuem uma similaridade com os dados de pelitos da mesma, porém com uma idade T_{DM} um pouco mais jovem (1,1 e 0,9 Ga, respectivamente).

Finalmente, foram também analisadas duas amostras de um migmatito do embasamento (E001A,B) da Serra de Toro Negro (Formação Espinal), região norte. Na literatura esta unidade tem idade modelo de Nd de 1,6 a 1,4 Ga, assemelhada a das rochas da serra de Espinal (Varela et al., 2011). As duas amostras demonstram a mesma assinatura geoquímica isotópica entre si (T_{DM} de 1,4 Ga e de $\epsilon_{Nd(900)}$ de 0) e são coerentes com os dados das serras de Umango e Espinal encontrada na literatura e outros).

Uma amostra de arenito terciário da região da Precordilheira (G004) foi analisada para comparação com os dados encontrados na formação Toro Negro (bacia de Vinchina). Essa análise possui valores menores de T_{DM} de 0.8 Ga e de $\epsilon_{Nd(0)} = -2,4$. Isto significa que uma derivação com a predominância de um componente juvenil mais novo que aqueles que participaram da evolução das bacias de Vinchina e Ischigualasto-Villa Unión.

Tabela 4.4 – Intervalos de valores isotópicos de Sm-Nd para as áreas estudadas

Unidade	$\epsilon_{Nd(t)}$	T_{DM} (Ga)
Bacia de Ischigualasto-Villa Unión	-6,4 a -5,8	1,1 a 1,2
Depocentro Los Colorados	-7,5 a -5,7	1,1 a 1,3
Depocentro La Flecha	-6,0 a -2,4	0,8 a 1,1
Arenitos de Ischigualasto-Villa Unión	-5,0	0,9 a 1,1
Arenitos de Los Colorados	-6,0 a -4,3	0,9 a 1,1

4.6 Geoquímica Isotópica de Lu-Hf

As análises de geoquímica isotópica de Lu-Hf foram realizadas exclusivamente em zircões do arenito V001 da Bacia de Vinchina (Ver Fig. 4.3), face à alta demanda do CPGeo para este tipo de análise. Ainda estão previstas mais três análises deste tipo que infelizmente não poderão compor esta dissertação em função do cronograma para defesa da mesma. Portanto, os comentários apresentados a seguir têm caráter preliminar. Os dados $\epsilon_{Hf(t)}$ e T_{DM} são apresentados com o valor de (t) igual à idade $^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}$ com seus respectivos valores de idade concordante.

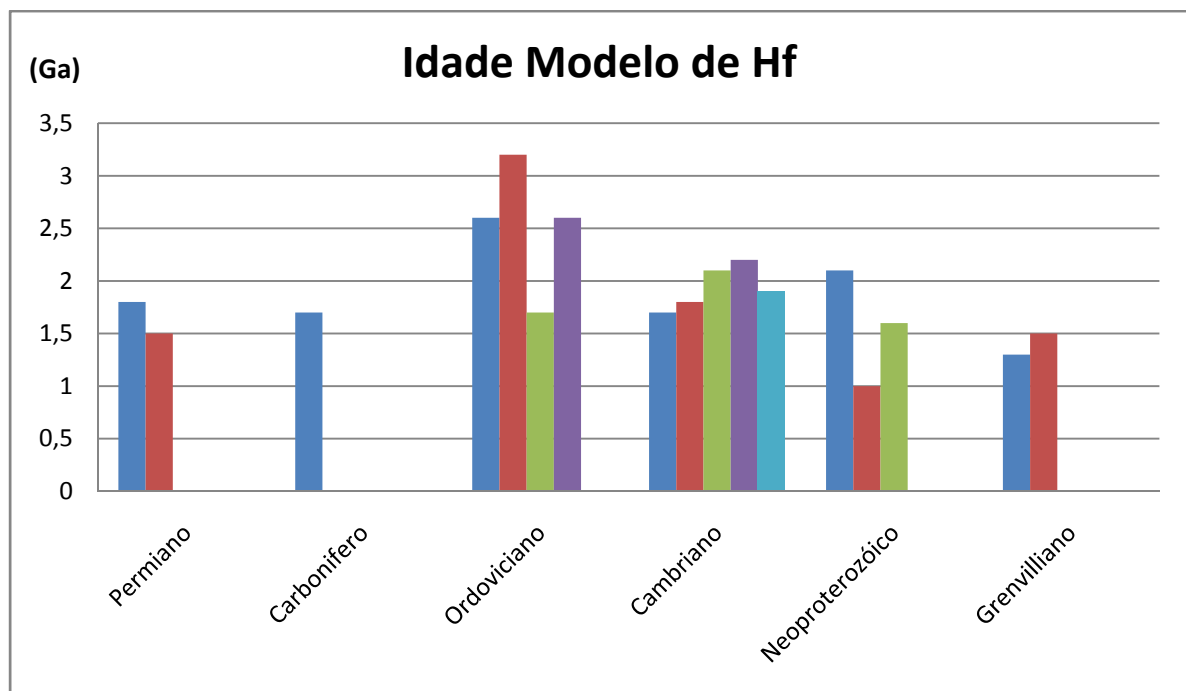
Tabela 4.5 - Dados de Geoquímica isotópica de Lu-Hf para a amostra V001

AMOSTRA V001A	IDADE (Ma)	$\epsilon_{Hf(t)}$	T_{DM} (Ma)
19.1	261	-8,4	1760
14.1	293	-4,1	1514
40.1	312	-7,4	1738
12.1	458	-28,7	3172
21.1	464	-4,2	1653
41.1	467	-18,7	2563
7.1	487	-18,7	2582

17.1	495	-3,8	1655
34.1	497	-13,0	2234
45.1	524	-7,2	1887
28.1	527	-6,0	1814
32.1	527	-10,6	2103
13.1	587	-1,7	1592
11.1	618	7,5	1031
6.1	714	-8,0	2086
2.1	937	6,4	1346
22.1	991	5,4	1452

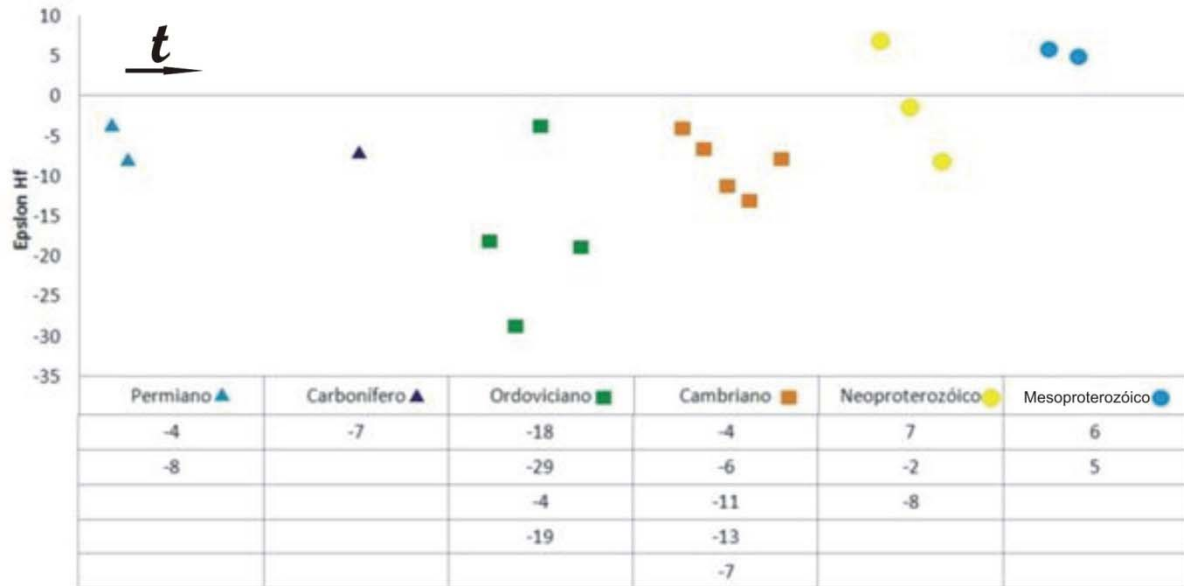
A Figura 4.28 apresenta graficamente a distribuição das idades Lu-Hf TDM acima citadas. É possível notar que o grupo zircões de idades entre 458 a 497 Ma, que se relacionam ao evento orogênico Famatina, possuem as maiores idades modelo de Hf de 1,6; 2,2; 2,5 e 3,2 Ga. O grupo de idade Carbonífero e Permiano apresenta idades modelo da ordem de 1,5 e 1,7 Ga. Com exceção de uma amostra de idade neoproterozóica, todas as amostras tiveram idades modelos superiores e díspares entre si aos valores encontrados obtidos para o método Sm-Nd.

Figura 4.28 – Gráfico de valores de Idade Modelo de Hf de acordo com a idade dos períodos geológicos



Foi elaborado um padrão de valores dos de $\epsilon_{Hf(t)}$ por período geológico e com isso a possibilidade de identificar as diferenças de assinaturas isotópicas na população de zircão.

Figura 4.29 - Diagrama de Epsilon Hf em relação as idades dos Períodos Geológicos das amostras



Valores de $\epsilon_{Hf(t)}$ podem ser identificados em três classes diferentes: 1) Positivos para idades mesoproterozóicas e uma para neoproterozóica; 2) pouco negativas (inferiores a -10) para idades mais jovens (Permiano e Carbonífero) e poucas exceções em outros períodos; 3) muito negativas para os períodos Ordoviciano e Cambriano.

CAPITULO 5

5.1 Súmula e discussão

Neste capítulo, os resultados obtidos são comparados com os da literatura, para uma interpretação mais abrangente. Adicionalmente, são enfatizadas as proveniências e inferências de ordem tectônica com base nos dados obtidos.

Os dados de idade máxima de deposição com base na datação dos tufos vulcânicos amostrados na parte superior da estratigrafia de diferentes formações (amostras V006 e P005 com populações expressivas mais jovens de ca. 8 Ma) permitem uma boa correlação entre o membro superior da Formação Vinchina e da Formação Desencuentro das bacias de Vinchina e Ischigualasto-Villa Unión, respectivamente. Esta coerência cronológica permite inferir que estas unidades fazem parte de um mesmo sistema deposicional, uma vez que também possuem características de fácies semelhantes, conforme dados da literatura (Cardozo et al., 2001; Japas et al., 2015).

As fontes sedimentares para as bacias foram categorizadas de acordo com as principais unidades geográficas que se encontram no contexto geológico-tectônico desse estudo. As potenciais fontes que compõem o preenchimento das formações são: Cordilheira Frontal, Precordilheira, Sierras Pampeanas Oeste, Sierras Pampeanas Leste e Orógeno Famatina.

Os estudos geocronológicos empreendidos não lograram identificar populações de zircão detrítico do período Triássico tardio ao Paleoceno (199 a 65 Ma), a semelhança do já descrito em Collo et al. (2015), para unidades das bacias Vinchina e Ischigualasto-Villa Unión, o que a princípio sugere que não havia fontes dessas idades soerguidas. Entretanto, Amidon et al. (2016), em estudo geocronológico para a formação Toro Negro

na Bacia de Vinchina, reportaram zircões de idades de 199 a 65 Ma, aventando referirem-se a componentes muito subordinados na população datada. Esta constatação foi interpretada pelos autores como de rochas vulcânicas próximas a crista da Cordilheira Frontal. Portanto, presumimos que os grãos datados não representaram a totalidade de fontes que contribuíram para as bacias, ou que rochas desse período não estavam expostas durante a deposição das bacias mencionadas ou ainda que houvessem barreiras bloqueando fontes desse intervalo em direção as bacias.

Em termos tectônicos, no caso da bacia de Vinchina, Ciccioni et al. (2013) interpretam a formação da bacia como de origem colisional (retroarco passando para foreland). Os dados desse estudo utilizando o gráfico de Cawood et al. (2012) concordam com a literatura em apontar ser de ambiente colisional. Os diagramas (ver Fig. 4.14 e 4.22) apresentam importante contribuição de fontes mais antigas que soergueram nesse ambiente, havendo uma baixa contribuição de idades próximas a da deposição da bacia, indicando fontes sin colisionais.

Apesar da bacia Ischigualasto-Villa Unión ser interpretada como tipo rift por Georgieff et al. (2009), os nossos resultados frente aos modelos de Cawood et al. (2012) apontam predominantemente para um ambiente colisional para ambas as bacias.

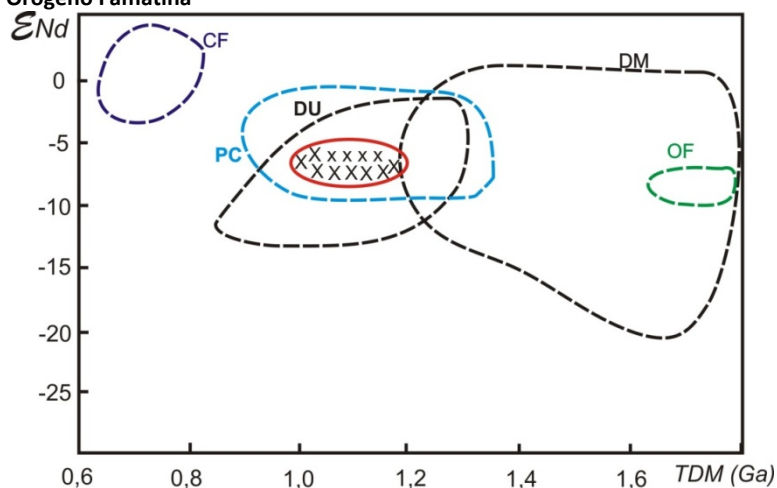
A datação da população mais jovem (idade concórdia $13,25 \pm 0,34$ Ma) em arenito da base da formação Rio Mañero (amostra P001) traz um novo limite temporal para o início de deposição da Bacia de Ischigualasto-Villa Unión. Previamente, Malizia et al. (1995) apontaram a idade de 20 Ma para início de deposição.

Idades Sm-Nd T_{DM} entre 1,0 e 1,2 Ga para as todas as formações analisadas sugerem que a deposição incluiu fontes misturadas similar aos valores da idade do evento Grenville (0,9 - 1,2 Ga). Os valores negativos entre -5 e -7 de $\epsilon_{Nd(t)}$ ao longo dos perfis analisados sugerem que, durante a deposição sedimentar das Bacias de Vinchina e

Ischigualasto-Villa Unión, as fontes sedimentares foram derivadas de crosta continental separada do manto principalmente durante o Grenvilliano. Contudo, esta não seria a única fonte de idade modelo Grenvilliana ao longo de toda história das três áreas analisadas devido à complexa história de evolução da área reconhecida pela literatura (e.g. Ramos, 2002) e de dados de idades U-Pb em zircão detrítico serem heterogêneas entre 8 até 3250 Ma.

A Figura 5.1 ilustra os dados de $\epsilon_{Nd(t)}$ cruzados com a idade TDM comparativamente aos diferentes domínios crustais identificados pelos padrões isotópicos de Nd publicados (Varela et al., 2003; Porcher et al., 2004; Rapela et al., 2010; Casquet et al., 2005,2008; Kay et al., 1996; Lopez et al., 2009; Collo et al., 2008; e Dahlquist et al., 2013, 2016). Os dados aqui obtidos demonstram semelhança com a assinatura isotópica do embasamento grenvilliano (Domínio Serra de Umango – DU), localizado ao sul da Bacia de Vinchina, e também de com assinaturas de xenólitos do embasamento da Precordilheira - PC, situada a oeste das bacias. Os domínios Cordilheira Frontal – CF e do orógeno Famatina – OF aparentemente indica pouca ou nenhuma participação desta fonte na sedimentação das bacias estudadas, como havíamos anteriormente aventado.

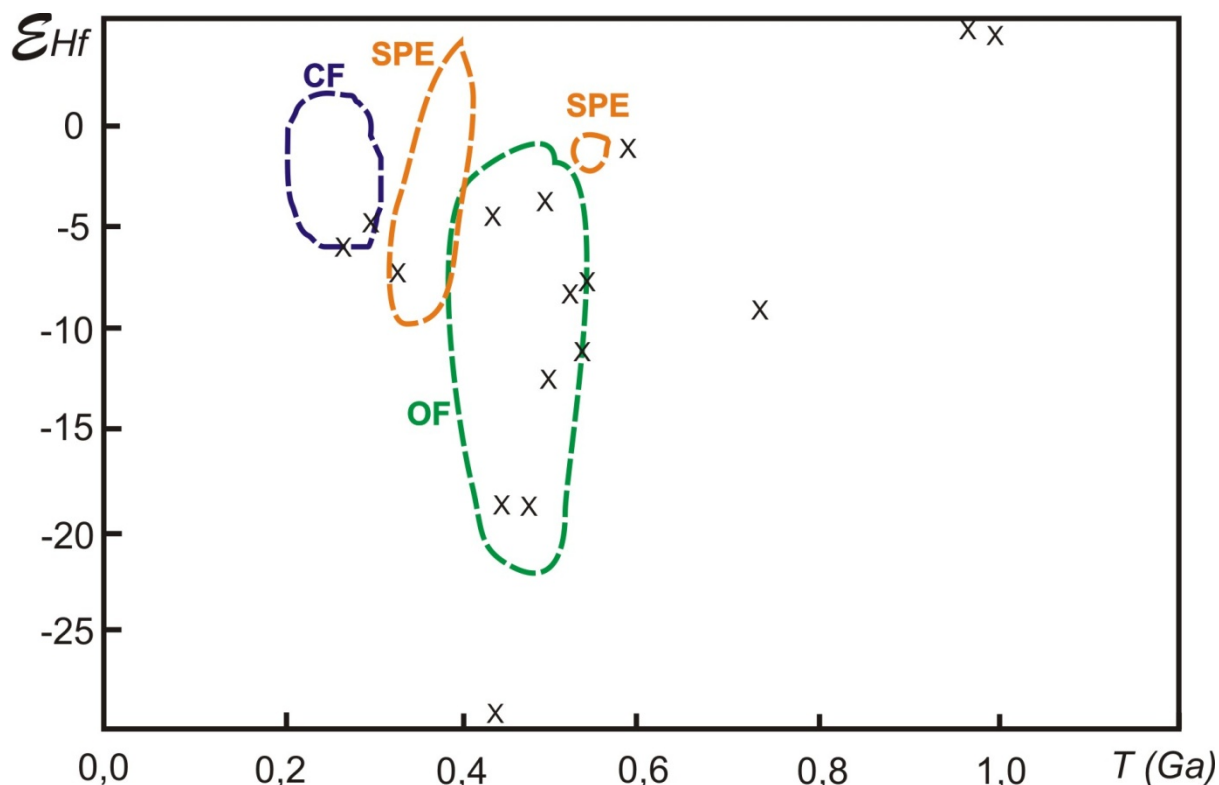
Figura 5.1 - Gráfico comparativo de idade TDM x ϵ_{Nd} das amostras desse estudo (marcadas em x) e os campos das áreas fontes do entorno (baseado em Varela et al., 2003; Porcher et al., 2004; Rapela et al., 2010; Casquet et al., 2005,2008; Kay et al., 1996; Lopez et al., 2009; Collo et al., 2008; e Dahlquist et al., 2013, 2016). Legenda: CF - Cordilheira Frontal; PC - Precordilheira; DU - Dominio Serra de Umango; DM - Dominio Serra de Maz; e OF - Orógeno Famatina



As idades modelo de Hf em zircão aqui obtidas foram muito variáveis (1,0 a 3,1 Ga), independentemente da unidade sedimentar analisada. Portanto, trata-se de um resultado muito diferente do apresentado pelo método Sm-Nd. A razão disso deve se pelo registro individual de cada herança de Hf no zircão e por não ter ocorrido um processo de mistura e homogenização das razões.

A figura 5.2 apresenta uma tentativa de correlação entre possíveis domínios para áreas fontes, para os quais há dados isotópicos de Hf publicados (Chernicoff et al., 2016; Hervé et al., 2014; Del Rey et al., 2016; e Dahlquist et al., 2013, 2016), frente aos nossos resultados da bacia de Vinchina. Os dados aqui obtidos possuem assinatura isotópica semelhante ao orógeno Famatina – OF, Cordilheira Frontal – CF e aos granitos de idade carbonífera-SPE. Comparando as Figuras 5.1 e 5.2 é notável as semelhanças isotópicas pelo método Lu-Hf uma vez que têm características particulares e englobaram outros domínios geográficos, corroborando com os dados U-Pb em zircão detrítico que apontam potenciais fontes de idades dessas regiões. Estes fatos são importantes para melhor interpretar os dados isotópicos Sm-Nd que variam o valor de ϵ_{Nd} entre -7 e -5 para arenitos e pelitos e que também reforçam a hipótese de fontes híbridas participantes do acúmulo sedimentar nas bacias estudadas.

Figura 5.2 - Gráfico comparativo de idade x ϵ_{Hf} das amostras desse estudo (marcadas em x) e os campos das áreas fontes do entorno (baseado em Chernicoff et al., 2016; Hervé et al., 2014; Del Rey et al., 2016; e Dahlquist et al., 2013, 2016). Legenda: CF- Cordilheira Frontal; OF – Orógeno Famatina; e SPE – Sierras Pampeanas Leste



Em suma, a assinatura de Hf é muito importante por detalhar a história evolutiva da bacia, observando-se que as inferências são minimizadas pelos dados Sm-Nd que somente indicaram uma fonte homogênea mesoproterozóica. Além disso, servem de suporte para estudos prévios pela metodologia Rb-Sr que indicaram razões semelhantes ao longo do perfil estratigráfico da bacia de Vinchina (Collo et al., 2015).

5.1.1 Proveniência

Amidon et al. (2016), datando zircões detríticos da formação Toro Negro na bacia de Vinchina mostraram que essa formação é proveniente predominantemente de fontes com idades grenvillianas e ordovicianas, havendo um incremento na porcentagem destas fontes e de idades dos períodos Carbonífero e Permiano-Triássico para o topo da estratigrafia. A interpretação de proveniência do artigo citado suporta uma contribuição

persistente de fontes sedimentares vindas de norte e oeste ao longo da formação Toro Negro (Cicciolli et al., 2014), porém deixa em aberto uma possível contribuição de fontes de leste e sul que teriam uma sobreposição no espectro de idades de períodos como o Cambriano e Ordoviciano devido a contribuições de metassedimentos paleozóicos (Amidon et al., 2016).

Para a bacia de Ischigualasto-Villa Unión, Malizia et al. (1995), com base em dados de fácies, paleocorrentes e traço de fissão, interpretaram que as fontes principais para a formação Rio Mañero são oriundas da Cordilheira Frontal e Precordilheira. Para a formação Desencuentro, as fontes seriam provenientes do oeste devido ao soergimento da serra de Velasco (Sierras Pampeanas Leste).

A atribuição de fontes sedimentares por idades U-Pb em zircão detrítico aqui obtidas foi categorizada em 11 grupos composto por Era Cenozóica e Neoproterozóica, Periodos geológicos do Triássico ao Cambriano, por um grupo de idades de 0,95 a 1,25 Ga (Grenvillie) e outro grupo de idades superiores a 1,25 Ga. A Tabela 5.1 com idades U-Pb de rochas ígneas da região do entorno das áreas de estudo foi elaborada para guiar a interpretação. As possíveis fontes para os grãos de zircão datados das bacias de Vinchina e Ischigualasto-Villa Unión estão sumarizadas na Tabela 5.2. A seguir faremos as inferências de ordem paleogeográfica para as bacias estudadas, com base na literatura publicada e nos novos dados de zircão detrítico aqui obtidos.

Primeiramente, as idades superiores a 1,25 Ga são aqui relacionadas a diferentes ciclos de sedimentação devido ao grau de arredondamento, por vezes esféricos e por servirem como núcleo de zircões metamorfizados em eventos geológicos do entorno da área de estudo. Zircões detríticos em rochas sedimentares e metassedimentares nas áreas do entorno das bacias possuem idades acima de 1,25 Ga (Abre et al., 2012; Alvarez et al.,

2011; Rapela et al., 2007; Gleason et al., 2007; Casquet et al., 2008; Collo et al., 2009) e provavelmente podem ser as fontes dos grãos encontrados deste grupo. A hipótese de serem de fontes do Cráton Rio de La Plata não é favorecida devido à distância deste da bacia e pela baixa representatividade destes grãos nas amostras.

Tabela 5.1 - Dados compilados da literatura sobre as idades das possíveis áreas fontes ao redor das bacias analisadas

LOCALIZAÇÃO	UNIDADE	LITOLOGIA	IDADE U-Pb (Ma)	AUTOR
Serra de Famatina	Cerro Toro	Tonalito	483±4	Dahlquist et al., 2013
	Complexo Famatina	Monzogranito	463±4	Dahlquist et al., 2008
		Riolito	477±4	Dahlquist et al., 2008
		Granito	489±2	Dahlquist et al., 2013
	Nuñorco	Granito	459±4	Loske et al., 1996
	Cerro La Gloria	Granito	353±4 e 349±3	Alasino et al., 2012
Serra de Cordoba	Batólito Achala	Granito	369 e 379	Rapela et al., 2008
Precordilheira (Rio Bonete)	Granito Potrerillo	Granito	381±4	Sosa et al., 2013
Precordilheira	Punta Del Agua	Riolito	330	Castro de Machuca et al., 2007
Serra de Velasco	Granito Velasco	Granito	340±3	Dahlquist et al., 2013
Serra de Toro Negro	Los Arboles	Granito	322±3	Alasino et al., 2012
Cordilheira Frontal	Batólito Colanguil	Granito	282-296	Salazar et al., 2009; Coloma et al., 2012
	Del Peñon	Granito	239-242	Hervé et al., 2014

Fontes de idade do evento Grenville (0,95 a 1,25 Ga) compõem o principal domínio em alguns episódios da bacia. O embasamento aflorante das Sierras Pampeanas Oeste (ex. Serra de Toro Negro, Umango, Espinal e Maz) é composto por rochas,

predominantemente, desse intervalo de idades (Varela et al., 2003; Casquet et al., 2006; Rapela et al., 2010) e é a provável fonte dos grãos para as duas bacias. Entretanto, devido à presença também de cristais arredondados, e de outras áreas sedimentares e metassedimentares também possuírem herança dessas idades bem marcadas, é possível que estas também tenham contribuído para o aporte sedimentar, porém as rochas da Sierras Pampeanas Oeste era a principal fonte durante a deposição das bacias.

Tabela 5.2 – Síntese da proveniência sedimentar para as bacias estudadas nesse estudo

Intervalo de idades	Áreas fontes para a Bacia de Vinchina	Áreas fonte para a Bacia de Ischigualasto-Villa Unión	Domínio geográfico
Cenozóico (≥8 a <65 Ma)	Vulcanismo andino		Cordilheira Frontal
Triássico (199-250 Ma)	Grupo Choyoi e Batólito del Peñon	Formação Cerro Tarjado	Cordilheira Frontal Cerro Rarjado e Morada
Permiano (251-298 Ma)	Batólito Colanguil		Cordilheira Frontal
Carbonífero (299-358 Ma)	Formações Punta Del Aqua, Cerro La Gloria e los Arboles		Precordilheira, Sierras Pampeanas Leste e Oeste
Devoniano (359-415 Ma)	Formação Punilla e Jagué		Precordilheira
Siluriano (416-442 Ma)	----	Formação Nuñorco	Orógeno Famatina
Ordoviciano (443-488 Ma)	Formação Cerro Toro e Complexo Metamórfico Rio Bonete		Orógeno Famatina e Precordilheira
Cambriano (489-542 Ma)	Fm. Negro Peinado, Achavil, Suri e Complexo Metamórfico Rio Bonete		Orógeno Famatina e Precordilheira
Neoproterozóico (543-950 Ma)	(?)		---
Grenville (950-1250 Ma)	Formação Espinal e Grupo Maz		Sierras Pampeanas Oeste e outras formações sedimentares e metassedimentares
>1250 Ma	(?)		---

O grupo de zircão com idades neoproterozoicas (950 a 542 Ma) é interpretado como sendo de herança da contribuição sedimentar e/ou metassedimentar, visto que não

há fontes proximais com essa idade no entorno das bacias. Os zircões são, principalmente, arredondados ou subarredondados e por possuírem recristalização metamórfica com idades de eventos tectônicos relacionados à área de estudo, como ao dos eventos Pampeano e Famatiniano.

Picos de idade desse grupo são: 580, 620, 680, 720 e 810 Ma e são semelhantes em ambas as bacias. Essas idades podem ser interpretadas como sendo de fontes brasileiras, durante a pediplanação do orógeno Pampeano, quando as fontes neoproterozoicas puderam alcançar o oeste do Gondwana (Collo et al., 2013) como representadas no espectro de idades de diversas formações na região do Orógeno Famatina (Grupo Cerro Morado, Formação Achavil, Negro Peinado, Suri e Cerro Tocino).

Para ambas as bacias estudadas, os picos de idade de 490 e 520 Ma o que pode ser correlacionado em parte a orogênese Pampeana e o início da orogênese Famatiniana. O diferencial entre as duas bacias é que para o topo da bacia de Ischigualasto-Villa Unión, a frequência de zircões cambrianos diminui drasticamente. Zircões com bordas dessa idade demonstra que além de rochas ígneas e sedimentares proximais (cristais euédricos e arredondados) existem fontes de outras rochas já metamorfizadas.

Três áreas fontes com essas características podem representar a origem destes grãos: rochas de pequenos corpos ígneos (e.g., Granito Cerro Toro de idade 483 Ma); rochas metassedimentares do orógeno Famatina e rochas sedimentares da Precordilheira.

O grupo de idades do período Ordoviciano para as bacias de Vinchina e Ischigualasto-Villa Unión é marcado por terem maiores contribuições de zircões eudrais e em menor quantidade os subarredondados. Combinando as idades U-Pb com os dados isópicos de Hf, a provável fonte destes grãos são os granitos do Orógeno Famatina

(Dalhquist et al., 2013). A morfologia anedral arredondada dos zircões predomina nas rochas metassedimentares deste orógeno, com poucos grãos de morfologia ígnea típica (Clemens e Miller, 1996), o que sugere que estas rochas também podem ter atuado como fonte para as bacias.

Alternativamente, uma menor contribuição fontes sedimentares ou metassedimentares vindas da Precordilheira pode ser aventada, uma vez que também há presença de zircões com núcleos de idades grenvillianas, neoproterozóicas e cambrianas e bordas com idades ordovicianas.

O grupo de zircão de idade do período do Siluriano apresenta-se subarredondadas para a bacia de Vinchina e euédricas para a bacia de Ischigualasto-Villa Unión. Essa fonte poderia ser da região sul do Orógeno Famatina (granito Nuñorco de idade 459 Ma).

O grupo de zircões de idade do período Devoniano são semelhantes para as bacias de Vinchina e Ischigualasto-Villa Unión, só ocorrendo nos estratos próximos da base da coluna estratigráfica de cada uma. Outro fator coincidente é que as idades analisadas para ambas as bacias são das amostras de pelitos e dos tufos vulcânicos. Isso pode indicar que existia uma contribuição eólica para ambas as bacias de fontes devonianas na época. Esta fonte teria cessado no caso dos pelitos das seções de topo, voltando a aparecer no tufo vulcânico da formação Toro Negro no topo da bacia de Vinchina (V011). As possíveis fontes dessa idade seriam as formações Punilla e Jagué, depositadas nos períodos Devoniano e Carbonífero, que se situam no lado oeste da Precordilheira.

Grãos datados dos períodos Carbonífero estão presentes nas bacias de Vinchina e Ischigualasto-Villa Unión. Zircões euedrais tendem a serem de idade mais antiga para ambas as bacias. Rochas graníticas do início do Carbonífero podem ser encontradas no Orógeno Famatina como a formação Cerro la Gloria, e na Sierra Pampeanas Oeste a

formação los Arboles (Alasino et al., 2012) ocorre a norte da Serra de Toro Negro (ver Tabela 5.1).

Fontes metassedimentares do período Carbonífero se concentram na Precordilheira e na borda oeste da bacia de Ischigualasto-Villa Unión. Portanto essas fontes também devem ter contribuído uma vez que as duas bacias possuem zircões com anéis metamórficos do período Carbonífero e núcleos herdados de idades mais antigas. A Formação Punta Del Agua situada na Precordilheira possui sedimentos vulcanoclásticos de ca. 300 Ma (Ezpeleta et al., 2009) e poderia ser fonte para as bacias.

Os zircões dos períodos Permianos e Triássico possuem pouca expressão em porcentagem na bacia de Vinchina e aumenta consideravelmente em porcentagem para topo da Bacia de Ischigualasto-Villa Unión. São na maioria euédricos, característicos de fontes ígneas como os batólitos localizados na Cordilheira Frontal de idade 296 a 282 Ma e 242 a 239 Ma (Batólito Colanguil e El Peñon, respectivamente). Dados de $\epsilon_{\text{Hf}(260)}$ em zircões permianos (amostra V001) apontam uma semelhança com o magmatismo Choyoi (Chernicoff et al., 2016). Na borda oeste da bacia de Ischigualasto-Villa Unión está situada a serra Cerro Rajado e serra Morada que são compostas por rochas sedimentares da era mesozóica, formação Cerro Rajado (Georgieff et al., 2009). Estes sedimentos devem ter contribuído para o topo da bacia de Ischigualasto-Villa Unión devido a um aumento significativo de idades do Permiano.

Idades da Era Cenozóica para as bacias de Vinchina e Ischigualasto-Villa Unión apresentam morfologia eudral e zoneamento químico e estariam ligadas as fontes de rochas vulcânicas na Cordilheira Frontal (Goss et al., 2013; Kay et al., 2013) como já interpretado por Amidon et al. (2016). Não é descartada existência de fontes como cinzas

vulcânicas oriundas da região da Cordilheira Andina na parte sul (Lat 32° S), próximo ao bloco São Rafael (Ramos et al., 2014).

Em síntese, podemos fazer as seguintes inferências sobre as diferenças de proveniência das Bacias de Vinchina e de Ischigualasto-Villa Unión com base nos aspectos morfológicos das populações de zircão e frequência de idades por intervalo temporal: 1) ocorre aumento de contribuição das fontes de idades predominantemente grenvillianas e triássicas como proveniência para o topo da Bacia de Ischigualasto-Villa Unión e subordinada a elas, fontes de idades ordovicianas; 2) idades das bordas recristalizadas (metamórficas) do período Ordoviciano são mais antigas para a Bacia de Ischigualasto-Villa Unión (470 e 480 Ma), enquanto na bacia de Vinchina estas bordas possuem um intervalo maior de idades (445, 470 e 480 Ma); 3) ocorre presença de zircões euédricos do período Siluriano apenas na Bacia de Ischigualasto-Villa Unión; 4) reaparecimento de zircões com idades devonianas no topo da Bacia de Vinchina; 5) zircões metamórficos com bordas de idade carboníferas podem ser de fontes distintas para as duas bacias; 6) a presença de zircões com idades do granito Los Arbores (322 Ma) é encontrada apenas na bacia de Vinchina.

5.1.2 Inferências tectônicas

Os novos dados geocronológicos definiram que as bacias de Vinchina e Ischigualasto-Villa Unión foram depositadas durante o Mioceno-Plioceno. Nessa época o clima operante era semi-árido com esporádicas épocas húmidas e semi-áridas conforme Brizuela et al. (2006) e Limarino et al. (2001). Isto favoreceu o intemperismo físico e proporcionalmente tendo muito mais aporte de sedimentos de rochas menos resistentes a esse processo (ex. rochas sedimentares e metassedimentos).

Outro fator que controla a produção sedimentar da área é a topografia. Apesar da área de estudo está atualmente cercada por montanhas, essas foram soerguendo ao longo da deposição das bacias e portanto, tiveram taxas de denudação diferentes ao longo do Mioceno-Plioceno. Então, os fatores principais de produção sedimentar na região seriam o soerguimento e formação de escarpas no relevo e à resistência a erosão dos litotipos associados. Este estudo aponta qual foi a maior fonte de proveniência segundo os métodos isotópicos citados, não necessariamente indica que é a região com a maior produção sedimentar.

A figura 5.3 apresenta modelos de evolução das bacias em relação às potenciais fontes sedimentares, subsidiada por dados da literatura de traços de fissão (Coughlin et al., 2001) que indicam a época de soerguimento regional. Além disso, áreas fontes principais foram estimadas com base nos diagramas de proporção das populações de zircão ora investigadas (ver Fig. 4.11 e 4.21).

Vale observar que a resistência à erosão das rochas e as áreas de captação de drenagens maiores na Precordilheira do que nas Sierras Pampeanas, o que pode mascarar as inferências acerca do transporte sedimentar. Infelizmente os dados de paleocorrentes da literatura não atendem aos critérios estatísticos conforme citam Miall (1974) e Miall (2000), e, portanto são pouco representativos para auxiliar a interpretação da proveniência da região.

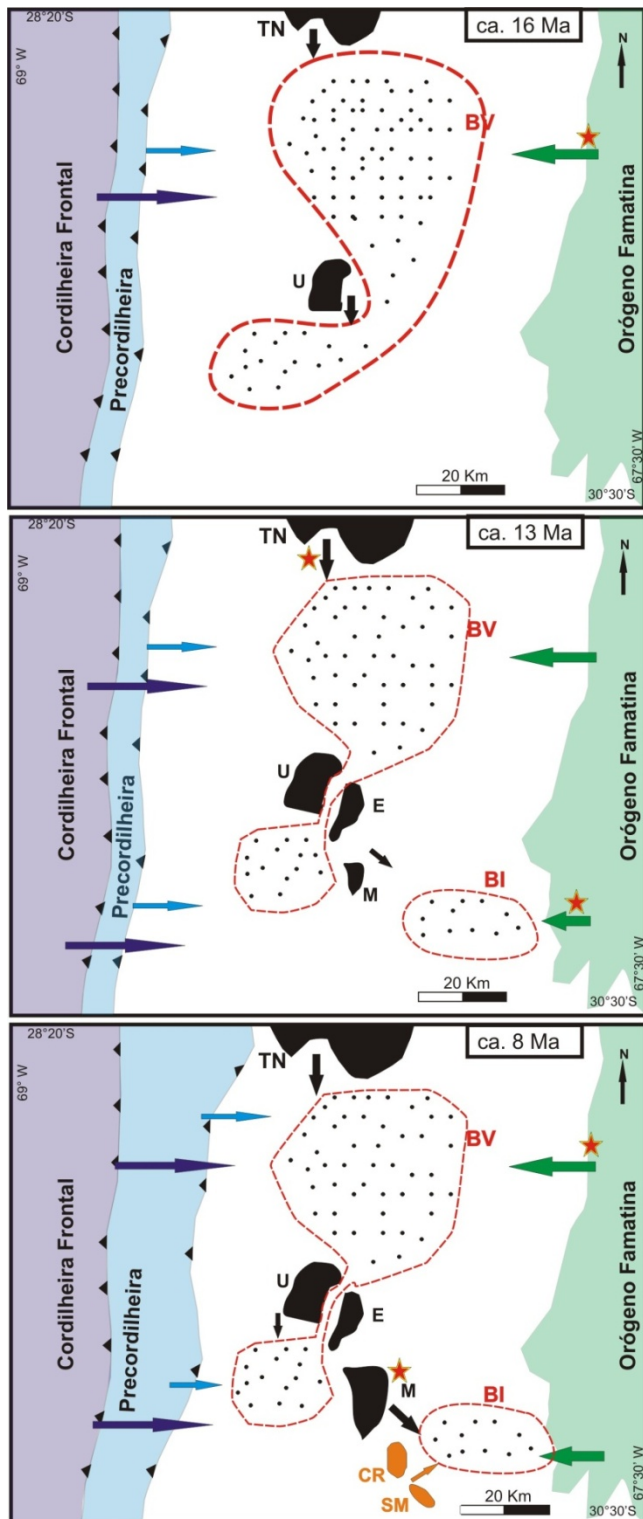
De início, o registro de 16 Ma, aparece apenas nos sedimentos da bacia de Vinchina, sugerindo proveniência principalmente do orógeno Famatina e com baixa contribuição das Sierras Pampeanas Oeste e da região andina (Cordilheira Frontal e Precordilheira). A parte norte e sul da bacia de Vinchina eram conectada e possuíam o

membro inferior da Formação Vinchina em comum (Ciccioli, et al., 2013). Estas inferências têm base nos gráficos de proporção da Figura 4.11.

O efeito de soerguimento causado pela subducção plana começou de Norte para Sul há ca. de 20 Ma (Jordan et al., 1992) e fez com que a região da Serra de Toro Negro (região norte) tivesse seu primeiro efeito de denudação marcado na formação Vinchina. Isto se encontra registrado na bacia pelo aumento significativo da porcentagem de zircões de idade grenvilliana há ca. 13 Ma (obtido por Collo et al., 2015), além dos dados de fácies sedimentares mais finos (Limarino et al., 2001). Estes grãos seriam oriundos da Formação Espinal localizada na serra de Toro Negro. A parte norte e sul da bacia de Vinchina começa a ter mudanças em composição mineralógica (Ciccioli et al., 2013). A bacia de Ischigualasto-Villa Unión começa a ser preenchida nessa época com fontes predominantes do orógeno Famatina com pouca contribuição andina e grenvilliana (ver Fig.4.21).

O tufo vulcânico de ca. 8 Ma retrata o soerguimento de três áreas distintas. A parte norte do Orógeno Famatina, a parte sul das Sierras Pampeanas Oeste e a Precordilheira. Esses soerguimentos são marcados pela baixa frequência de idades grenvillianas e permianas e com aumento de idades do período Ordoviciano oriundas do orógeno Famatina para a bacia de Vinchina. O aumento de grãos de zircão de idades do evento Grenvillie e Permiano na Bacia de Ischigualasto-Villa Unión provenientes do soerguimento das serras de Maz, Cerro Rajado e Morada.

Figura 5.3- Modelo evolutivo das áreas fontes para as Bacias de Vinchina e Ischigualasto-Villa Unión. Legenda: BV- Bacia de Vinchina; BI – Bacia de Ischigualasto-Villa Unión; TN – Serra de Toro Negro; U – Serra de Umango; E – Serra de Espinal; M – Serra de Maz; CR – Serra de Cerro Rajado; SM – Serra Morada; Estrela – Área fonte principal; e linha tracejada indicando o limite inferido das bacias



A exumação da Bacia de Vinchina associada a reativação do falhamento principal NE provavelmente ocorreu no Plioceno após a deposição da formação Toro Negro

próximo de 2,4 Ma idade encontrada para o topo da formação (Amidon et al., 2016) uma vez que a formação superior encontra-se em discordância angular aos estratos inferiores.

O soerguimento da serra de Vale-Fértil nos últimos 6-5 Ma (Ortiz et al., 2015) poderia ter relação com a deformação das camadas terciárias para leste da bacia de Ischigualasto-Villa Unión.

CAPÍTULO 6

6.1 Conclusão

Com a base de dados, interpretações e inferências geológico-tectônicas, têm-se que o início da sedimentação da Bacia de Vinchina foi pouco mais antiga que na Bacia de Ischigualasto-Villa Unión, respectivamente de ~16 e 13 Ma com base na literatura e na datação do estrato de base da formação Rio Mañero (Collo et al., 2011, 2015; e Ciccioli et al., 2014). Uma nova idade máxima de deposição da porção superior da Formação Vinchina foi obtida por SHRIMP de 8 Ma.

Os dados de U-Pb em zircão detrítico evidenciaram contribuições de fontes sedimentares distintas que atuaram de maneira diferencial no tempo e no espaço como contribuintes para as bacias de Vinchina e Ischigualasto-Villa Unión. Os picos principais são o Famatiniano, Grenvilliano, Pampeano, Evento Choyoi e Andino, que aparentemente refletem processos de soerguimento diferencial da crosta continental. Idades do evento orogênico Brasileiro e de idades muito mais antigas que o Grenville refletem fontes retrabalhadas devido ao frequente hábito arredondado ou subarredondado dos zircões e pela respectiva assinatura isotópica negativa e variável de Hf com de Nd.

Apesar da similaridade de dados, as Bacias de Vinchina e Ischigualasto-Villa Unión diferem se principalmente pela concentração maior de idades grenvillianas e permianas no caso específico dos estratos superiores da bacia de Ischigualasto-Villa Unión. Para o caso da bacia de Vinchina, o grande incremento de idades ordovicianas e cambrianas refletem um soerguimento da parte norte do orógeno Famatina que possui esse intervalo de idades. Devido a bacia Ischigualasto-Villa Unión estar próxima das serras de Maz, Cerro Rajado e Tarjados, que estavam em soerguimento nesse período (ca. 8 Ma), o registro de idades foi maior para idades grenvillianas e permianas.

Em termos de estratégia isotópica, o uso do método Sm-Nd em pelitos para proveniência sedimentar apresenta fontes de idades grenvillianas para todos os perfis estratigráficos de maneira homogênea. Entretanto, dados de Hf (TDM e $\epsilon_{\text{Hf}(t)}$) mostram uma grande heterogeneidade desses dados de proveniência. Os resultados isotópicos de Hf colaboram com os dados U-Pb em zircões detríticos que também apontam para uma heterogeneidade de fontes sedimentares.

As inferências em termos de padrões de idade em zircões somados com dados isotópicos de Hf e de hábito mineral corroboram uma proveniência para as bacias do Orógeno Famatina (leste), granitos carboníferos (região norte), e rochas ligadas ao evento Choyoi (Cordilheira Frontal), além das fontes já descritas por outros trabalhos de fontes Andinas (oeste) e de fontes grenvillianas (região norte e sul).

Finalmente, os estudos geocronológicos empreendidos revelaram o potencial interpretativo para estudos de proveniência e de idade máxima de deposição com base na investigação de rochas sedimentares e vulcano-sedimentares em diferentes situações estratigráficas. Os resultados foram interessantes na perspectiva de conciliar inferências de ordem paleogeográfica e tectônica perante a frequência de idades das diferentes populações de zircão detrítico em arenitos e pelitos. Não obstante é necessário ampliar o estudo para análise de amostra de diferentes partes da coluna assim como seus elementos traços.

CAPÍTULO 7

7.1 Referências bibliográficas

- ALASINO, P.H., DAHLQUIST, J.A., PANKHURST, R.J., GALINDO, C. CASQUET, C., RAPELA, C.W., LARROVERE, M., FANNING, C.M., 2012. Early Carboniferous sub- to mid-alkaline magmatism in the Eastern Sierras Pampeanas, NW Argentina: a record of crustal growth by the incorporation of mantle- 395 derived material in an extensional setting. *Gondwana Research*.
- ALVAREZ, J., MPODOZIS, C., ARRIAGADA, C., ASTINI, R., MORATA, D., SALAZAR, E., VALENCIA, V., VERVOORT, J., 2011. Detrital zircons from late Paleozoic accretionary complexes in north-central Chile (28-32°S): possible fingerprints of the Chilenia terrane. *J. S. Am. Earth Sci.* 32, p. 460-476.
- ANDERSON, M., ALVARADO, P., ZANDT, G., BECK, S. Geometry and brittle deformation of the subducting Nazca Plate, Central Chile and Argentina. *Geophys Journal International*. v. 171, p. 419–434, 2007.
- ACEÑOLA, E. G. AND TOSELLI, A.J. Consideraciones estratigráficas y tectónicas sobre el Paleozoico inferior del Noroeste Argentino. In: MEMORIAL DEL II. CONGRESO LATINOAMERICANO DE GEOLOGIA, 1976 Caracas, p. 755-764.
- ASTINI, R.A., DAVILA, EM., RAPELA, C.W., PANKURST, R.J., FANNING, C.M. Ordovician back-arc clastic wedge in the Famatina Ranges: new ages and implications for reconstruction of the proto-Andean Gondwana margin. In: ALBANESE, G.L., BERESI, M.S. PERALTA, S.H. (eds) Ordovician from the Andes. Proceedings of the 9th International Symposium on the Ordovician System. INSUGEO, 2003 Serie Correlacion Geologica 17, 375-380. Universidad Nacional de Tucuman, Argentina.

- ASTINI, R.A., DÁVILA, F.M. Ordovician back arc foreland and Ocolytic thrust belt development on the western Gondwana margin as a response to Precordillera terrane accretion. *Tectonics*. V. 23, 2004.
- ASTINI, R.A., DÁVILA, F.M., LÓPEZ GAMUNDÍ, O., GÓMEZ, F., COLLO, G. EZPELETA, M., MARTINA, F., ORTIZ, A.,. Cuencas de la región precordillerana. En: CHEBLI, G.A.; CORTIÑAS, J.S.; SPALLETTI, L.A.; LEGARRETA, L; VALLEJO, E.L. (Eds.), Fronteras Exploratorias de la Argentina. VI CONGRESO DE EXPLORACION Y DESARROLLO DE HIDROCARBUROS, p. 115-146, 2005.
- ASTINI, R., CAWOOD, P. A Proterozoic basement under the northern Cordillera Frontal: a hint to Chilenia and the continuation of the accretionary prism east of Precordillera. In: XII CONGRESO GEOLÓGICO CHILENO, *Abstract* S9 01 2, Santiago, 2009.
- BALDIS, B. A., BERESI, M., BORDONARO, L. O., VACA, A. Síntesis evolutiva de la Precordillera Argentina. 5° CONGRESO LATINOAMERICANO DE GEOLOGÍA Argentina. 1982. v. 4, p. 399–445. Buenos Aires.
- BALDO, E., DAHLQUIST, J., RAPELA, C.W., CASQUET, C., PANKHURST, R.J., GALINDO, C., FANNING, C.M., Early Ordovician peraluminous magmatism in the Sierra de Pie de Palo (Western Sierras Pampeanas): Geotectonic implications. In PANKHURST, R.J., VEIGA, G.D., (Eds). *Gondwana* Mendoza, Academia Nacional de Ciencias, v. 12: p. 57. 2005.
- BALDO, E., CASQUET, C., PANKHURST, R.J., GALINDO, C., RAPELA, C.W., FANNING, C.M., DAHLQUIST, J., MURRA, J. Neoproterozoic A-type magmatism in the Western Sierras Pampeanas (Argentina): Evidence for Rodinia break-up along a proto-Iapetus rift?: *Terra Nova*, v. 18, p. 388–394. 2006.

- BALDO, E., CASQUET, C., COLOMBO, F., PANKHURST, R., GALINDO, C., RAPELA, C., DAHLQUIST, J., FANNING, M. Magmatismo anorogénico neoproterozoico (845 Ma) en las Sierras Pampeanas Occidentales de Maz y Espinal: ¿Nueva evidencia del rifting temprano de Rodinia?: Proceedings, 17th CONGRESO GEOLÓGICO ARGENTINO, v. 1, p. 181–182. 2008.
- BARBEAU, D., DAVIS, J., MURRAY, K., VALENCIA, V., GEHRELS, G., ZAHID, K., GOMBOSI, D. Detrital-zircon geochronology of the metasedimentary rocks of north-western Graham Land. *Antarctic Science*, v. 22, p. 65-78.
- BLICHERT-TOFT, J., ALBARÈDE, F., 1997. The Lu–Hf isotope geochemistry of chondrites and the evolution of the mantle–crust system. *Earth Planet. Sci. Lett.* 148, 243–258. 2009.
- BOEDO, F. L., WILLNER, A. P., VUJOVICH, G. I., MASSONNE, H. J. High-pressure/low-temperature metamorphism in the collision zone between the Chilenia and Cuyania microcontinents (western Precordillera, Argentina). *Journal of South American Earth Sciences*, v. 72, p. 227-240. 2016.
- CARDOZO, N., JORDAN, T. Causes of spatially variable tectonic subsidence in the Miocene Bermejo foreland basin, Argentina. *Basin Research*, v. 13, p. 335-357. 2001.
- CASQUET, C., PANKHURST, R.J., FANNING, C.M., BALDO, E., GALINDO, C., RAPELA, C.W., GONZÁLEZ CASADO, J.M., AND DAHLQUIST, J.A. U-Pb SHRIMP zircon dating of Grenvillian metamorphism in Western Sierras Pampeanas (Argentina): Correlation with the Arequipa-Antofalla craton and constraints on the extent of the Precordillera terrane: *Gondwana Research*, v. 9, p. 524–529. 2006.
- CASQUET, C., PANKHURST, R.J., RAPELA, C.W., GALINDO, C., FANNING, C.M., CHIARADIA, M., BALDO, E., GONZÁLEZ-CASADO, J.M., DAHLQUIST, J.A. The Mesoproterozoic Maz terrane in the Western Sierras Pampeanas, Argentina,

- equivalent to the Arequipa–Antofalla block of southern Peru? Implications for West Gondwana margin evolution: *Gondwana Research*, v. 13, p. 163–175. 2008.
- CASQUET, C., FANNING, C.M., GALINDO, C., PANKHURST, R.J., RAPELA, C.W., TORRES, P. The Arequipa massif of Peru: New SHRIMP and isotope constraints on a Paleoproterozoic inlier in the Grenvillian orogen. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 29, p. 128–142. 2010.
- CASQUET, C., RAPELA, C.W., PANKHURST, R.J., BALDO, E., GALINDO, C., FANNING, C.M., DAHLQUIST, J. Fast sediment underplating and essentially coeval juvenile magmatism in the Ordovician margin of Gondwana, Western Sierras Pampeanas, Argentina. *Gondwana Research*, v. 22, p. 664–673. 2012.
- CICCIOLI, P. L., *Evolución paleoambiental, estratigrafía y petrología sedimentaria de La Formación Toro Negro (Neógeno), Sierras Pampeanas Noroccidentales (Provincia de La Rioja)*. 2008. Ph.D. Thesis, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, Argentina. 2008.
- CICCIOLI, P. L., MARENSSI, S.A., LIMARINO, C.O. Petrology and provenance of Toro Negro Formation (Neogene) of the Vinchina broken foreland basin (Central Andes of Argentina). *Journal of South American Earth Sciences*, v. 49, p. 15-38. 2014.
- CICCIOLI, P. L., LIMARINO, C.O., FRIEDMAN, R., MARENSSI, S.A. New high-precision U/Pb ages for the Vinchina Formation; implications for the stratigraphy of the Bermejo Andean foreland basin (La Rioja Province, western Argentina): *Journal of South American Earth Sciences*, v. 56, p. 200-213. 2014.
- CICCIOLI, P. L., LIMARINO, C.O., MARENSSI, S.A., TEDESCO, A.M., TRIPALDI, A. Tectosedimentary evolution of the La Troya-Vinchina depocenters (northern Bermejo Basin, Tertiary), La Rioja Province, Argentina. In: SALFITY, J.A.,

- MARQUILLAS, R.A. (Ed), Cenozoic Geology of the Central Andes of Argentina, SCS Publuisher, Salta, p. 91-110. 2011.
- CICCIOLI, P. L, GÓMEZ O'CONNELL, M., LIMARINO, C.O., MARENSSI, S.A. La sucesión de La quebrada de Los Pozuelos (Cuenca de Vinchina): su importancia estratigráfica y paleogeográfica para El antepaís andino. *La Asoc. Geológica Argentina*, v. 70 (4), 451-464. 2013.
- COLLO, G, ASTINI, R.A., CAWOOD, P.A. BUCHAN, C. Preliminary detrital ages and stratigraphy for the basement in Famatina, proto-Andean margin of Gondwana. GONDWANA 12TH CONFERENCE. *Actas*: p. 109. 2005.
- COLLO, G. AND ASTINI, R.A. La Formación Achavil: una unidad diferenciable dentro del basamento metamórfico de bajo grado del Famatina en la región pampeana de los Andes Centrales. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*. (In press). 2007
- COLLO, G., STANG, A., ASTINI, R., DOCAMPO, M.D., ESCAYOLA, M. PIMENTEL, M. M. Sm-Nd isotopic data from Upper Cambrian-Middle Ordovician famatinian successions showing a progressive influence of the Oclroyic arc. VI SOUTH AMERICAN SYMPOSIUM ON ISOTOPE GEOLOGY. San Carlos de Bariloche, Argentina. 2008
- COLLO, G., ASTINI, R. A., CAWOOD, P. A., BUCHAN, C., AND PIMENTEL, M. U-Pb detrital zircon ages and Sm-Nd isotopic features in low-grade metasedimentary rocks of the Famatina Belt; implications for late Neoproterozoic-early Paleozoic evolution of the proto-Andean margin of Gondwana: *Journal of the Geological Society of London*, v. 166, no. 2, p. 303-319. 2009.

- COLLO, G., DÁVILA, F., EZPELETA, M. TEIXEIRA, W. U-Pb detrital ages on tuffaceous and sandstone levels from a Neogene thick foreland basin of the Central Andes of Argentina. *Comunicações Geológicas*. 2014.
- COLOMBO, F., BALDO, E. G. A., CASQUET, C., PANKHURST, R. J., GALINDO, C., RAPELA, C.W., DAHQUIST, J. A., FANNING, C. M. A-type magmatism in the ranges of Maz and Espinal; a new Record of Rodinia breakup in the western Sierras Pampeanas of Argentina: *Precambrian Research*, v. 175, no. 1-4, p. 77-86. 2009.
- CORFU F., HANCHAR J. M., HOSKIN P. W. O., KINNY P. *Atlas of Zircon Textures*. Reviews In MINERALOGY AND GEOCHEMISTRY., v. 53: p. 469-500. 2003.
- CORTÉS, J. M., CASA, A. L., YAMÍN, M. G., PASINI, M. M. TERRIZZANO, C. M. Unidades morfotectónicas, estructuras oblicuas y patrones de distribución de La deformación cuaternaria en la Precordillera de Cuyo (28°–33°S). 19° CONGRESO GEOLÓGICO ARGENTINO, S 20–14, Córdoba, p. 2 . 2014.
- COUGHLIN, T. J., O’SULLIVAN, P. B., KOHN, B. P., HOLCOMBE, R. J. Apatite fission-track thermochronology of the Sierras Pampeanas, central western Argentina: Implications for the mechanism of plateau uplift in the Andes: *Geology*, v. 26, no. 11, p. 999-1002. 1988.
- DÁVILA, F.M., ASTINI, R.A. Cenozoic provenance history of synorogenic conglomerates in western Argentina (Famatina belt): Implications for Central Andean foreland development. *GSA Bulletin*, v. 119, p. 609–622. 2007.
- DAHLQUIST, J.A., PANKHURST, R.J., RAPELA, C.W., CASQUET, C., FANNING, C.M., ALASINO, P., BAEZ, F.M.. The San Blas Pluton: an example of Carboniferous

- plutonism in the Sierras Pampeanas, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 20, p. 341–350. 2006.
- DAHLQUIST, J.A., GALINDO, C., PANKHURST, R.J., RAPELA, C.W., ALASINO, P.H., SAAVEDRA, J., FANNING, C.M. Magmatic evolution of the Peñón Rosado granite: petrogenesis of garnet-bearing granitoids. *Lithos*, v. 95, p. 177–207. 2007.
- DAHLQUIST, J.A., PANKHURST, R.J., RAPELA, C.W., GALINDO, C., ALASINO, P., FANNING, C.M., SAAVEDRA, J., BALDO, E. New SHRIMP U–Pb data from the Famatina Complex: constraining Early–Mid Ordovician Famatinian magmatism in the Sierras Pampeanas, Argentina. *Geologica Acta* v. 6, p. 319–333. 2008
- DAHLQUIST, J.A., RAPELA, C.W., PANKHURST, R.J., FANNING, C.M., VERVOORT, J.D., HART, G., BALDO, E.G., MURRA, J.A., ALASINO, P.H., COLOMBO, F. Age and magmatic evolution of the Famatinian granitic rocks of Sierra de Ancasti, Sierras Pampeanas, NW Argentina. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 34, p. 10–25. 2012.
- DAHLQUIST, J.A., RAPELA, C.W., PANKHURST, R. M., GASCHNIG, R. M., CASQUET, C., ALASINO, P. H., GALINDO, C., BALDO, E.G. Hf and Nd isotopes in Early Ordovician to Early Carboniferous granites as monitors of crustal growth in the Proto-Andean margin of Gondwana. *Gondwana Research*, p. 1617-1630. 2013.
- DEGRAAFF-SURPLESS, K., MAHONEY, J., WOODEN, J., MCWILLIAMS, M. Lithofacies control in detrital zircon provenance studies: Insights from the Cretaceous Methow basin, southern Canadian Cordillera. *GSA Bulletin*, v. 115, p. 899-915. 2003.
- DE PAOLO, D.J. Nd isotopic studies; some new perspectives on Earth structure and evolution. *Transcripts American Geophysics. Union* v. 62, p. 137–140. 1981.
- DICKIN, ALAN P. Radiogenic isotope geology. Cambridge, UK Cambridge University Press, xvi, p. 492. 2005.

- ELHOLOU, S., BELOUSOVA, E., GRIFFIN, W.L., PEASOM, N.J., O'REILLY, S.Y. Trace element and isotopic composition of GJ red zircon standard by laser ablation. *Geochemistry Cosmochemical. Acta* 70, A158, i18. 2006.
- EZPELETA, M.; ASTINI, R.A.; DÁVILA, F.M.; CAWOOD, P. SHRIMP U-Pb dating and subsidence analysis of pre-Andean Paganzo Basin, northwestern Argentina: Implications for late Paleozoic tectonic evolution of western Gondwana. In: Colloquium on Latin America, *Abstracts and Program*: p. 93-95. Göttingen. 2009.
- FAUQUÉ, L., LIMARINO, O., VUJOVICH, G., FERNÁNDEZ DÁVILA, L., CEGARRA, M.Y ESCOSTEGUY, L. *Mapa Geológico inédito, Hoja 2969-IV, Villa Unión*. 2005. Escala 1:250000.
- FEDO, C. M., SIRCOMBE, K. N., RAINBIRD, R. H. Detrital zircon analysis of the sedimentar record. In: HANCHAR, J. M., HOSKINAND P.W. O. Eds. *Zircon. Reviews in mineralogy and Geochemistry.*, 53: 277-303. 2003.
- FRIGERIO, P. V., CINGOLANI, C. A., STIPP BASEI, M. A. 2015. Caracterización petrográfica, geoquímica y edad U-Pb (ID-TIMS) de La Formación Espinal cerca Del limite de Sierras Pampeanas com La Precordillera de Jagué, La Rioja (Argentina). *Serie Correlación Geológica –Contribuciones a la Geología Argentina Tucumán*, v. 31, p. 41-56, 2015.
- GEORGIEFF, S. M., HERBST, R., ESTEBAN, G. I. Y NASIF, N. Análisis paleoambiental y registro paleontológico de la Formación Desencuentro (Mioceno Superior), Alto de San Nicolás, La Rioja, Argentina. *Ameghiniana*, v. 41 (1): p. 45-56. 2004.
- GEORGIEFF, S. M., IBÁÑEZ, L. M., BOSSI, G. E. El subsuelo Del campo de Talampaya: estratigrafía y evolución tectónica. Cuenca de Ischigualasto-Ischichuca, La Rioja, Argentina. *Acta geológica lilloana*, v. 21 (2), p. 66-76. 2009.

- GOSS, A. R., KAY, S. M., MPODOZIS, C. Andean adakite-like High-Mg andesites on the northern margin of the Chilean-Pampean flat-slab (27-28.5° S) associated with frontal arc migration and forearc subduction erosion. *Journal of Petrology*, v. 54 (11), p. 2193-2234, 2013.
- GRIFFIN, W.L., BELOUSOVA, E.A., SHEE, S.R., PEARSON, N.J., O'REILLY, S.Y., Archean crustal evolution in the northern Yilgarn Craton: U-Pb and Hf isotope evidence from detrital zircons. *Precambrian Research*, v. 131, p. 231-282, 2004.
- HERVÉ, F., FANNING, C.M., CALDERÓN, M., MPODOZIS, C. 2014. Early Permian to Late Triassic batholiths of the Chilean Frontal Cordillera (28°-31°S): SHRIMP U-Pb zircon ages and Lu-Hf and O isotope systematic. *Lithos*, p. 436-446.
- HARLEY, S.L., KELLY, N.M., MOLLER, A., 2007. Zircon behavior and the thermal histories of mountain chains. *Elements*, v.3, p. 25-30.
- HERVÉ, F., FANNING, C.M., CALDERÓN, M., MPODOZIS, C. Early Permian to Late Triassic batholiths of the Chilean Frontal Cordillera (28°-31°S): SHRIMP U-Pb zircon ages and Lu-Hf and O isotope systematic. *Lithos*, p. 436-446, 2014.
- HU, J., LIU, L., HERMOSILLO, A., ZHOU, Q. Simulation of late Cenozoic South American flat-slab subduction using geodynamic models with data assimilation. *Earth and Planetary Science Letters*, v. 438, p. 1-13. 2016.
- JAPAS, M. S., RÉ, G. H., ORIOLO, S. AND VILAS, J. F. Palaeomagnetic data from the Precordillera fold and thrust belt constraining Neogene foreland evolution of the Pampean flat-slab segment (Central Andes, Argentina). In *Palaeomagnetism in Fold and Thrust Belts: New Perspectives* (eds E. L. PUEYO, F. CIFELLI, A. J. SUSSMAN AND B. OLIVA-URCIA). *Geological Society of London*, Special Publication no. 425, 2015.

- JOHNSTON, S., GEHRELS, G., VALENCIA, V., RUIZ, J. Small-volume U-Pb geochronology by laser ablation–multicollector–ICP mass spectrometry. *Chemical Geology*, v. 259, p. 218–229, 2009.
- JORDAN, T.E., SCHLUNEGGER, F., CARDOZO, N. Unsteady and spatially variable evolution of the Neogene Andean Bermejo Foreland Basin, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences*, v.14, p. 775-798, 2001.
- KAY, S.M., MPODOZIS, C. Magmatism as a probe to the Neogene shallowing of the Nazca plate beneath the modern Chilean flatslab. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 15, p. 39-59, 2002.
- KAY, S.M., MPODOZIS, C., GARDEWEG, M. Magma sources and tectonic setting of Central Andean andesites (25.5-28° S) related to crustal thickening, forearc subduction erosion and delamination. *Special Publication Geology Society London*, v. 385 (1), p. 303-334, 2013.
- KOSLER, J., SYLVESTER, P. J. Present Trends and the Future of Zircon in Geochronology: Laser Ablation ICPMS. In: HANCHAR, J.M.; HOSKIN, P.W.O. (Ed.). *Zircon*. Washington, Reviews in Mineralogy and Geochemistry. 2003.
- LEV, S.M., MCLENNAN, S.M., HANSON, G.N. Mineralogic controls on REE mobility during black shale diagenesis. *Journal of Sedimentary Research*, v. 69 (5): p. 1071-1082, 1999.
- LIMARINO, C., TRIPALDI, A., MARENSSI, S., NET, L., RE, G., CASELLI, A. Tectonic control on the evolution of fluvial systems of the Vinchina Formation (Miocene), northwestern Argentina. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 14, p. 751-762, 2001.
- LIMARINO, C.O., CICCIOLO, P. L., AND MARENSSI, S.A. Analisis del contacto entre las formaciones Vinchina y Toro Negro (Sierra de Los Colorados, provincial de La

- Rioja, Argentina), sus implicancias tectónicas: *Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis*, v. 17, no. 2, p. 113-132, 2010.
- LUDWIG, K. R. ISOPLOT; A plotting and regression program for radiogenic-isotope data; version 2.53: Open-File Report – *U. S. Geological Survey*, p. 39. 1991
- LUDWIG, K.R. SQUID 1.03: A User's Manual. *Berkeley Geochronology Center Special Publication*, v. 2, p. 17, 2001.
- LUDWIG, K.R. User's Manual for ISOPLOT 3.00. A Geochronological Toolkit for Microsoft Excel. *Berkeley Geochronological Center Special Publication*, v.4, p. 70, 2003.
- MAKSAEV, V., ARANCIBA, J., MUNIZAGA, F., TASSINARI, C. 2015. Detrital-zircon U-Pb geochronology of the Quebrada del Carrizo Metamorphic Complex and El Jardín Schists and spatially-related granitoids of the Sierra Castillo Batholith. *Andean Geology*. v.42, n.3, p. 285-312, 2015.
- MANEA, V.C., PÉREZ-GUSSINYÉ, M., MANEA, M. Chilean flat slab subduction controlled by overriding plate thickness and trench rollback. *Geology*, v. 40 (1), p. 35–38, 2012.
- MCCLELLAND, W.C., ROESKE, S.M., VUJOVICH, G.I., MULCAHY, S.R., ELLIS, J.R. U-Pb SHRIMP evidence for additional allochthonous elements between the Precordillera terrane and Gondwana margin, Sierra de la Huerta, northwest Argentina: *Geological Association of Canada Abstracts with Programs*, v. 30, p. 125, 2005.
- MILLER, H., SOLLNER, F. The Famatina complex (NW Argentina): back-docking of an island arc or terrane accretion? Early Palaeozoic geodynamics at the western Gondwana margin. *Geological Society, London, Special Publication*, v. 246; p 241-256, 2005.

- NÓBILE, J., COLLO, G. E DÁVILA, F.M. Transformación progresiva de minerales de arcilla durante el soterramiento de la cuenca de Vinchina (Mioceno Tardío-Plioceno), Sierras de los Colorados, La Rioja. XII Reunión Argentina de Sedimentología, *Resúmenes*: 127. Buenos Aires. 2008.
- ORIOLO, S., JAPAS, M. S., CRISTALLINI, E. O. AND GIMÉNEZ, M. Cross-strike structures controlling magmatism emplacement in a flat-slab setting (Precordillera, Central Andes of Argentina). In *Deformation Structures and Processes within the Continental Crust* (eds. LLANA-FÚNEZ, A. MARCOS AND F. BASTIDA). *Geological Society of London, Special Publication*, no. 394. p. 113–27, 2014.
- ORTIZ, A. AND ZAMBRANO, J. La provincia geológica de Precordillera Oriental. 8° CONGRESO GEOLÓGICO ARGENTINO, v. 3, p. 59–74. San Luis. 1981.
- PANKHURST, R. J., RAPELA, C. W., FANNING, C. M. Age and origin of coeval TTG, I- and S-type granites in the Famatinian Belt of the NW Argentina: *Transactions of the Royal Society of Edinburgh: Earth Sciences*, v. 91, Parts 1-2, p. 151-168, 2000.
- PETRONILHO, L.A. O método Sm–Nd no CPGeo-IGc-USP: procedimentos analíticos atualmente em rotina. Simpósio 45 anos de Geocronologia no Brasil, Instituto de Geociências, USP. *Boletim de Resumos Expandidos*, p. 116–118, 2009
- PIMENTEL, M. M. CHERNLEY, N. Intracrustal fractionation and implications for Sm–Nd model age calculations in late-stage granitic rocks: an example from central Brazil. *Chemical Geology*, v. 86: p. 123-138, 1990.
- POWERS, M. C. A new roundness scale for sedimentary particles. *Journal of Sedimentary Research*. v. 23, p. 117-119, 1953.
- PULLEN A, KAPP P, MCCALLISTER A, GARZIONE C, GEHRELS G. Qaidam basin and northern Tibetan Plateau as dust sources for the Chinese Loess Plateau and paleoclimatic implications. *Geology*, v. 39, p. 1031–1034, 2011.

- RAMOS, V.A. Estratigrafía y estructura del Terciario en la sierra de los Colorados (Provincia de La Rioja), República Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, v. 25, p. 359-382, 1970.
- RAMOS, V.A. Cuyania, an exotic block to Gondwana: Historical success and present problems: *Gondwana Research*, v. 7, p. 1009–1026, 2004.
- RAMOS, V.A. Anatomy and global context of the Andes: Main geologic features and the Andean orogenic cycle. IN KAY, S.M., RAMOS, V.A., DICKINSON, W.R., (Eds)., Backbone of the Americas: Shallow Subduction, Plateau Uplift, and Ridge and Terrane Collision: *Geological Society of America Memoir* 204, p. 31–65, 2009.
- RAMOS, V.A. The Grenville-age basement of the Andes: *Journal of South American Earth Sciences*, v. 29, p. 77–91, 2010.
- RAMOS, V. A., AND FOLGUERA, A. Andean flat-slab subduction through time, *Geological Society Special Publication*, v. 327, p. 31-54. 2009.
- RAPELA, C. W., COIRA, B., TOSELLI, A. J., LLAMBIAS, E. J. El basamento Precámbrico-Paleozoico inferior de las Sierras Pampeanas, Famatina, Cordillera Oriental y Puna; Orógeno famatiniano de las Sierras Pampeanas y magmatismo Eopaleozoico de Las Sierras Pampeanas, de La Cordillera Oriental y Puna: *Anales – Dirección Nacional Del Servicio Geológico*, p. 145-158, 1999.
- RAPELA, C.W., PANKHURST, R.J., CASQUET, C., BALDO, E., GALINDO, C., FANNING, C.M., DAHLQUIST, J.M. The Western Sierras Pampeanas: Protracted Grenville-age history (1330–1030 Ma) of intra-oceanic arcs, subduction-accretion at continental edge and AMCG intraplate magmatism: *Journal of South American Earth Sciences*, v. 29, p. 105–127, 2010.

- REYNOLDS, J. H.. Chronology of Neogene tectonics in the Central Andes (27 ° – 33° S) of western Argentina based on the magnetic polarity stratigraphy of foreland basin sediments. Doctoral, p. 353, 1987
- RINCÓN M.F., BARREDO, S., ZUNINO, J., SALINAS, A., REINANTE, S.; M.E. MANONI, R. Síntesis general de los bolsones intermontanos de San Juan y La Rioja. In: KOZLOWSKY, E., LEGARRETA, L., BOLL, A., MARSHALL, P.A. (Eds.), Cuencas Argentinas, visión actual. VIII CONGRESO DE EXPLORACIÓN Y DESARROLLO DE HIDROCARBUROS, p. 321-453, 2011.
- RUBATTO, D. Zircon trace element geochemistry: partitioning with garnet and the link between U-Pb ages and metamorphism. *Chemical Geology*, v. 184, 123-138, 2002.
- SATO, K., BASEI, M.A.S., SIGA JUNIOR, O., ONOI, A.T., 2010. In situ U–Th–Pb isotopic analyses by excimer laser ablation/ICP-MS on Brazilian megacrystal xenotime: first results on U–Pb isotopes at CPGeo-IGc-USP. In: VII SSAGI – South American Symposium on Isotope Geology, Brasília, *Abstracts*, p. 349–352, 2010.
- SATO, K., SIGA JR., O., SILVA, J.A., MCREATH, I., LIU, D., IIZUKA, T., RINO, S., HIRATA, T., SPROESSER, W.M., BASEI, M.A.S. In situ isotopic analyses of U and Pb in zircon by remotely operated SHRIMP II, and Hf by LA-ICP-MS: an example of dating and genetic evolution of zircon by $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$ from the Itaquarry in the Atuba Complex, SE Brazil. *Geol. USP, Séries Científica*. v. 9 (3), p. 61–69, 2009
- SIQUEIRA, R., HOLLANDA, M.H.B., BASEI, M.A.S. A novel approach to (LA-ICP-MS acquired) U–Th–Pb data processing. In: 9th SOUTH AMERICAN SYMPOSIUM ON ISOTOPE GEOLOGY – SSAGI, São Paulo, Brazil. Program and Abstracts, p. 306, 2014.
- SKIRROW, R.G., CAMACHO, A., LYONS, P., PIETERS, P.E., SIMS, J.P., STUART-SMITH, P.G. MIRO, R. Metallogeny of the southern Sierras Pampeanas, Argentina:

- geological, ^{40}Ar - ^{39}Ar dating and stable isotope evidence for Devonian Au, Ag-Pb-Zn and W ore formation. *Ore Geology Reviews*, v. 17, p. 39–81, 2000.
- SLÁMA, J., KOSLER, J., CONDON, D. J., CROWLEY, J. L., GERDES, A., HANCHAR, J. M., HORSTWOOD, M. S. A., MORRIS, G. A., NASDALA, L., NORBERG, N., SCHALTEGGER, U., SCHOENE, B., TUBRETT, M. N., WHITEHOUSE, M. J. Plesovice zircon – A new natural reference material for U-Pb and Hf isotopic microanalysis: *Chemical Geology*, v. 249, p. 1-35, 2008.
- SÖDERLUND, U., PATCHETT, J.P., VERVOORT, J.D., ISACHSEN, C.E. The ^{176}Lu decay constant determined by Lu–Hf and U–Pb isotope systematics of Precambrian mafic intrusions. *Earth Planet. Scientific Letter*, v. 219, p. 311–324, 2004.
- SOSA G., KERKHOF A., LUCHI M. L., SIEGESMUND S., WEMMER K. Las Chacras-Potreriillos Batholith Granite, Sierra de San Luis, Argentina: A fluid inclusion study. Conference: European Current Research on Fluid Inclusions (ECROFI-XXII), At Antalya-Turkey, Volume: Abstract book (HANALCI N. AND BOZKAYA G. eds.), p. 189-190, 2013.
- STACEY, J.S., KRAMERS, J.D. Approximation of terrestrial lead isotope evolution by a two-stage model. *Earth Planet. Scientific Letters*, v. 26 (203), p. 207–221, 1975.
- TABBUTT, K. D., NAESER, CH. W., JORDAN, T. E., CERVENY, P. F. New fission-track ages of Mio-Pliocene tuffs in the Sierras Pampeanas and Precordillera of Argentina. *Revista La Asociacion Geológica Argentina*, v. 44, p. 408-419, 1989.
- THOMAS, W.A., ASTINI, R.A., MUELLER, P.A., MCCLELLAND, W.C. Detrital-zircon geochronology and provenance of the Ocoyic synorogenic clastic wedge, and Ordovician accretion of the Argentine Precordillera terrane: *Geosphere*, v. 11, no. 6, p. 1749–1769, 2015.

TRIPALDI, A. LIMARINO, C. O. Vallecito Formation (Miocene); The Evolution of an eolian system in an Andean foreland basin (northwestern Argentina): *Journal of South American Earth Sciences*, v. 19, no. 3, p. 343-357, 2005.

VERGÉS, J., RAMOS, V.A., MEIGS, A., CRISTALLINI, E., BETTINI, B.H. CORTÉS, J.M. 2007. Crustal wedging triggering recent deformation in the Andean thrust front between 31° S and 33° S: Sierras Pampeanas-Precordillera interaction. *Journal of Geophysical Research*, v. 112, 2007.

VERVOORT, J. D., PATCHETT, P. J., BLICHERT-TOFT, J., ALBARÈDE, F. Relationships between Lu-Hf and Sm-Nd isotopic systems in the global sedimentary system. *Earth and Planetary Science Letters*, v. 168, p. 79-99, 1998.

ANEXO 1

Coordenadas e métodos utilizados

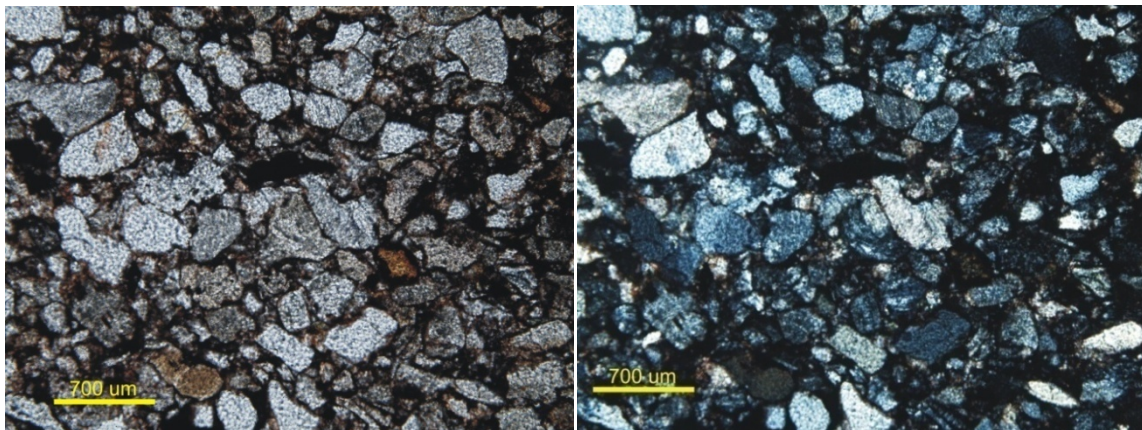
Unidade	Formação	AMOSTRA	ANÁLISES	UTM
Bacia de	Fm. Rio	P001	U-Pb e Sm-	29°40'14.88"S

Ischigualasto- Villa Unión	Manero		Nd	68°15'57.67"O
		P003	U-Pb e Sm- Nd	29°38'47.95"S 68°13'47.06"O
		P004	Sm-Nd	29°38'7.20"S 68°13'8.20"O
	Fm. Desencuentro	P005	U-Pb e Sm- Nd	29°37'21.73"S 68°12'33.21"O
		P006	U-Pb, e Sm- Nd	29°35'57.17"S 68°11'42.32"O
		P007	U-Pb e Sm- Nd	29°35'7.62"S 68°10'27.27"O
	Bacia de Vinchina Embasamento Bacia de Vinchina	Fm. Vinchina	V001	U-Pb, Hf- Lu e Sm-Nd
V002			U-Pb e Sm- Nd	28°45'7.32"S 68°13'30.71"O
V003			Sm-Nd	29° 44'16.8"S 68° 13'49.5"O
V003			Sm-Nd	28°43'43.8" S 68°14'22.5" O
V004			U-Pb e Sm- Nd	28°43'43.8" S 68°14'22.5" O
V005			U-Pb e Sm- Nd	28°43'31.35"S 68°15'1.06"O
V006			U-Pb e Sm- Nd	28° 44'00.6" S 68° 15'40.7"O
Fm. Toro Negro		V007	U-Pb e Sm- Nd	28°43'39.36"S 68°16'1.63"O
		V008	Sm-Nd	28°43'1.23"S 68°17'10.27"O
		V009A	U-Pb e Sm- Nd	28°42'27.32"S 68°18'27.57"O
		V011A	U-Pb e Sm- Nd	28°39'38.2"S; 68°17'24.4"O
Fm. El Espinal		E001A	Sm-Nd	28°28'6.29"S 68°22'23.12"O
Fm. Toro Negro		G009	Sm-Nd	29°19'26.90"S 68°38'46.11"O
Fm. Vinchina		G010	Sm-Nd	29°20'22.6"S 68°37'55.6"O
		G011	Sm-Nd	29°21'46.61"S 68°37'22.77"O
	G012	Sm-Nd	29°21'24.4"S 68°36'55.1"O	

ANEXO 2
Petrografia

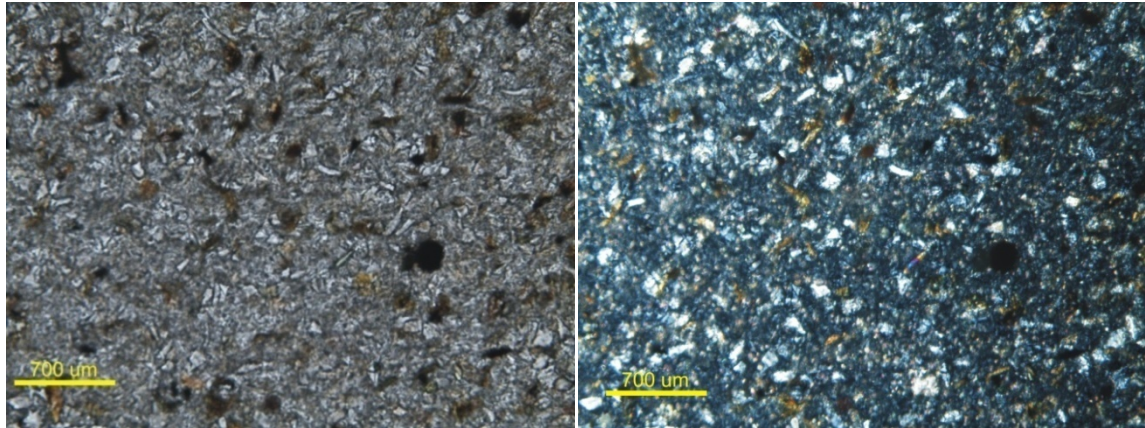
V001A - Arenito Formação Vinchina (membro inferior)

Amostra polimodal com orientação de fluxo. Composta por 65% de quartzo, 25% de feldspatos e 10% de líticos é classificada como arcósio lítico segundo Folk 1968. Com sedimentos subangulosos e arredondados pouco esféricos com granulação fina e mal selecionada. Pseudomatriz dispersa composta por micas argilosas e o cimento entre os grãos é de óxido de ferro ocorrendo por pontualmente entre os contatos de grãos e por substituição. Compactação mecânica com predominância de contato planar e contatos pontuais, estes por vezes, com presença de micas dobradas. Presença de contato saturado quartzo-quartzo em menor número do que contatos côncavo-convexos. Feldspatos heterogênicos, tamanhos e formas distintas e pouco a não alterados. No diagrama de Dickson (1983) é classificada como misturada.



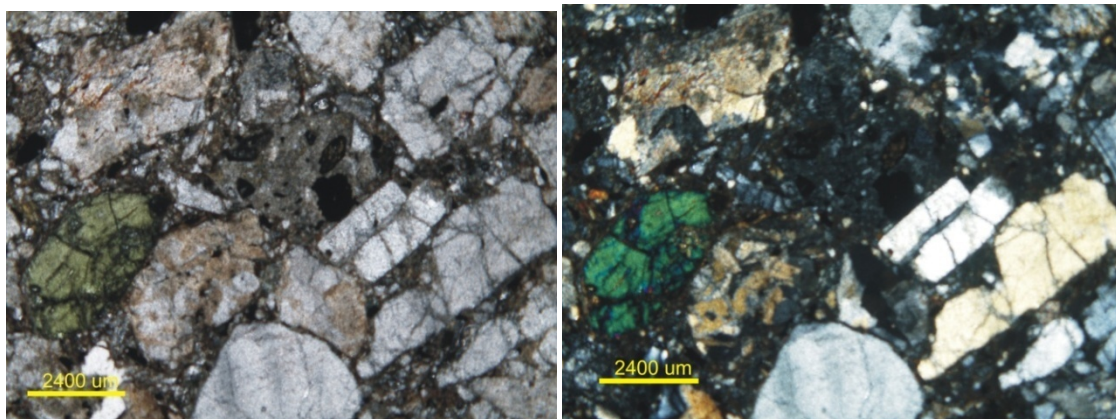
V003 - Pelito Formação Vinchina (membro inferior)

Rocha composta por 90% matriz, 10% arcabouço. Sedimento muito fino orientado unidirecionalmente e predominantemente argila, subordinado por silte angulosos a arredondados e com mesma orientação dos argilominerais. O contato entre silte e argila é não erosivo.



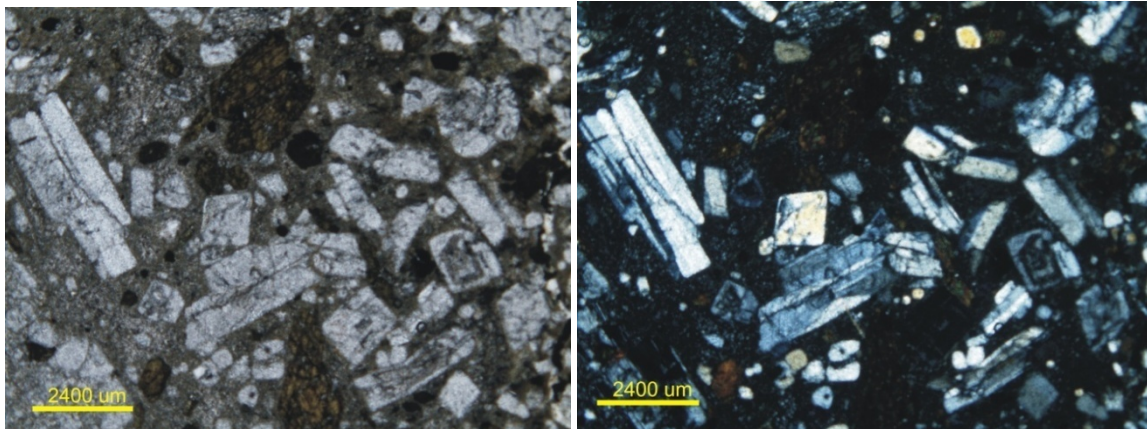
V004- Arenito Formação Vinchina (membro superior)

Amostra polimodal com grãos imbricados do tipo “ooooo” e orientados localmente. Classificada como litoarenito feldspático segundo Folk 1968. Mal selecionada, com grãos com a predominância de angulosos e subordinadamente variando até arredondados, presença de poucos grãos esféricos de menor tamanho. Matriz composta por argilominerais e cimentação de óxido de ferro e argilo minerais intersticial ao arcabouço e esporadicamente ocorrendo como manchas nas bordas dos grãos. Há presença de porosidade secundária por dissolução mineral. Rocha pouco deformada com presença predominante de contato côncavo-convexo e planar. Argilominerais são encontrados entre os grãos, por vezes. Grãos líticos identificados como de fontes vulcânicas, quartzito, granito e básicas. No diagrama de Dickson (1983) é classificada como Arco Dissecado/ Embasamento Soerguido.



V006T - Tufo vulcânico cristalino (topo da formação Vinchina)

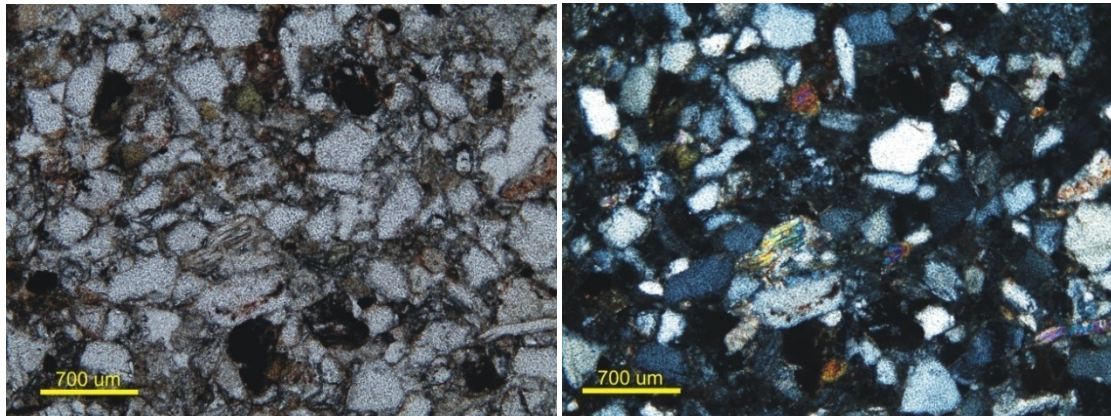
Rocha vulcanoclástica polimodal, com raros grãos superiores a 1 mm, sendo que os de 0,8 a 1 mm são os predominantes. Matriz vítrea com alguns poucos grãos de quartzo arredondados. Arcabouço predominantemente composto por plagioclásios, por vezes zonados outras em extinção *Carlsbat* e anfibólitos. Horblenda e plagioclásio em forma eudral em sua maioria e quartzo policristalino arredondados. Argilominerais escassos e deformados por pressão. Presença de óxido de ferro. Amostra pouco retrabalhada e classificada como tufo vulcânico cristalino.



V007A- Arenito Formação Toro Negro (membro inferior)

Amostra polimodal com fraca a média orientação de fluxo dos grãos de quartzo. Grãos alongados, angulosos e subangulosos são os predominantes, subarredondados e esféricos aparecem como subordinados a estes. Possui uma granulação média mal selecionada. Composta apenas por arcabouço e cimentada por óxido de ferro e argilominerais com rara presença de calcita capilar. Porosidade intragranular com compactação mecânica predominantemente de contato planar e contatos pontuais com presença de mica deformada. Compactação química côncavo-convexo presente.

Feldspatos pouco alterados a alterados subangulosos. Segundo Folk, (1968) a rocha é classificada como um litoarenito feldspático. No diagrama de Dickson (1983) é classificada como misturada.

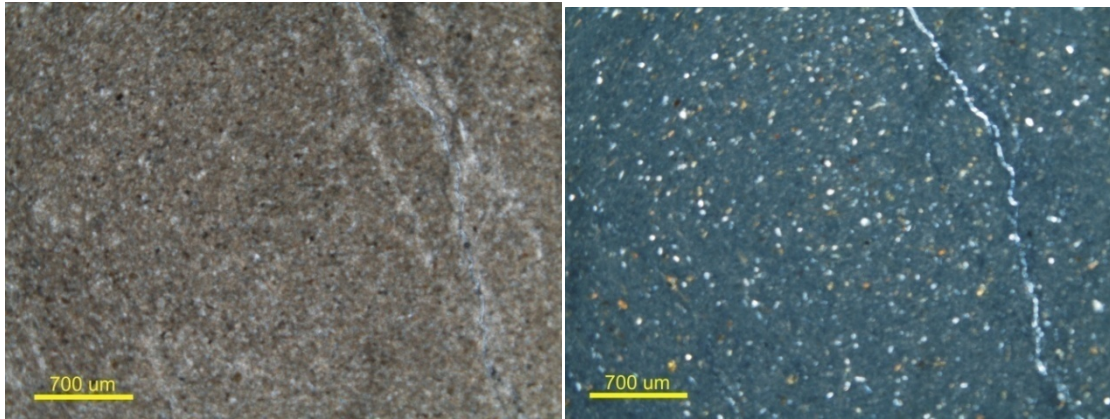


Bacia de La Flecha

Localizada na região sul da Bacia de Vinchina a sul das Serras de Umango e Espinal.

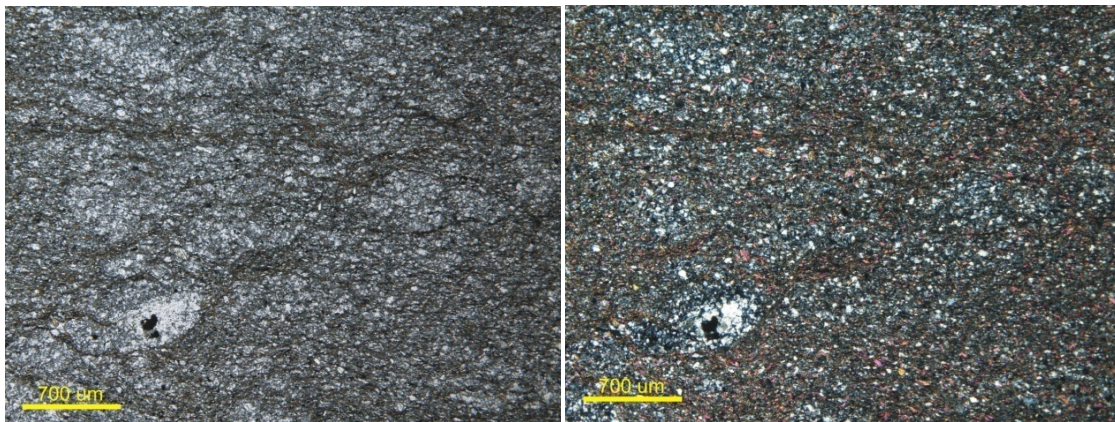
G003 – Pelito Formação Toro Negro

Amostra muito fina com composição de 90% de matriz argilosa, 8% silte e 2% outros. Orientação das camadas bem marcada e grãos arredondados de silte intercalados com camadas de argilominerais. O contato entre silte e argila é não erosivo.



G007 – Pelito Formação Toro Negro

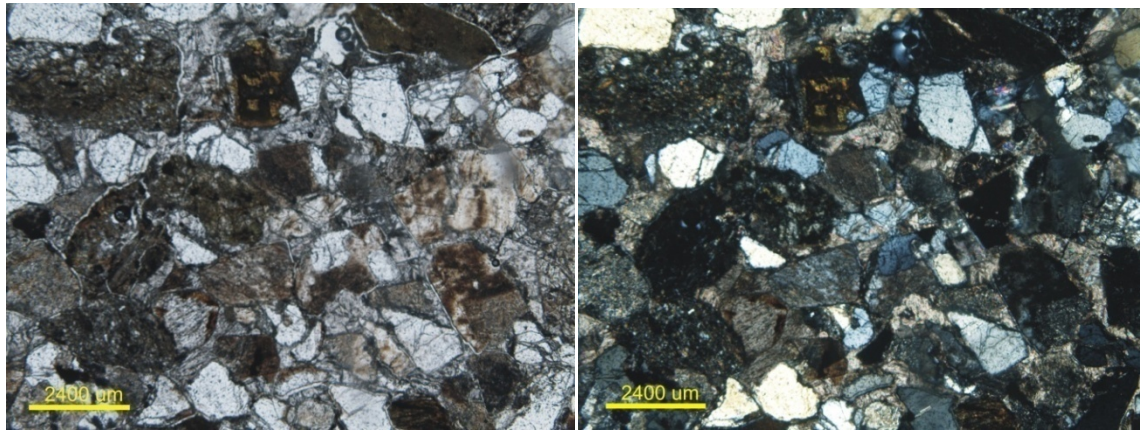
Amostra muito fina com composição de 95% de matriz argilosa, 3% silte e 2% outros. A orientação das camadas é bem marcada e grãos arredondados de silte intercalados com camadas de argilominerais. O contato entre silte e argila é não erosivo.



G008 – Arenito Formação Toro Negro

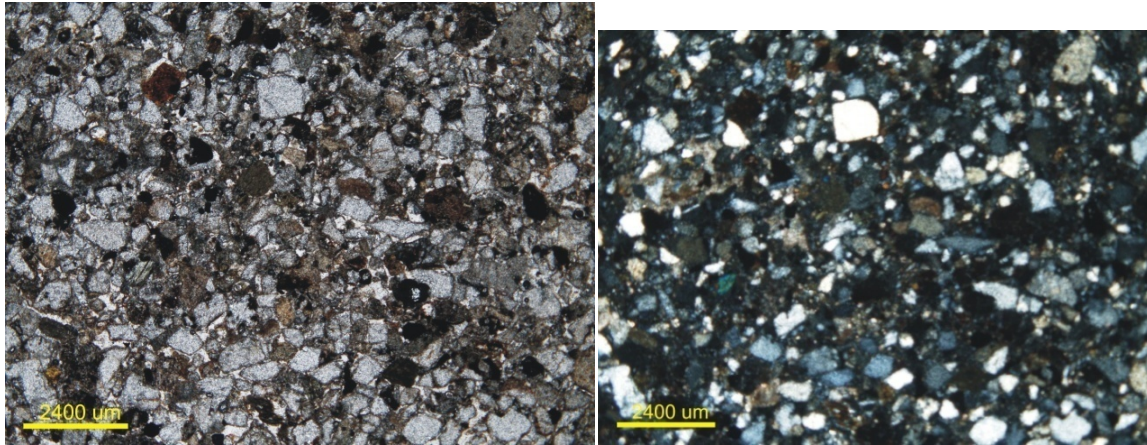
Amostra Polimodal pouco orientada segundo eixo de maior tamanho do grão. Grãos angulosos a subangulosos e subarredondados em menor quantidade. O arcabouço compõe 70% da amostra e é formado principalmente por quartzo, feldspato potássico, plagioclásio e fragmentos líticos. Matriz intersticial aos grãos formada por calcita. Cimentação carbonática. Carbonato de origem secundária. Compactação química

côncavo-convexo é presente em menor número do que a interpontual. Porosidade intragranular. Presença marcante de lítico bandado. Amostra classificada como litoarenito feldspático segundo Folk 1968. No diagrama de Dickson (1983) é classificada como misturada.



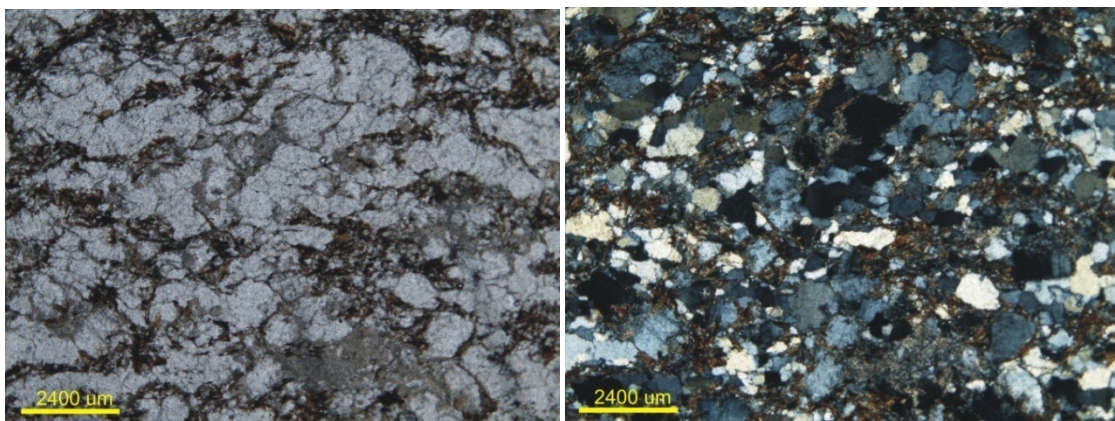
P005B - Arenito Formação Desencuentro

Amostra polimodal sem orientação. Grãos angulosos a subangulosos com arredondados subordinados e raros esféricos. Cimentação por óxido de ferro. Porosidade intragranular com contato pontuais entre grãos predominantes e planar subordinados. Compactação química côncavo-convexo pouco presentes. Feldspatos alterados a mediamente alterados. Presença de anidrita neoformada. Rocha classificada como litoarenito feldspático segundo Folk (1968). No diagrama de Dickson (1983) é classificada como misturada.



E001A – Anfibolito

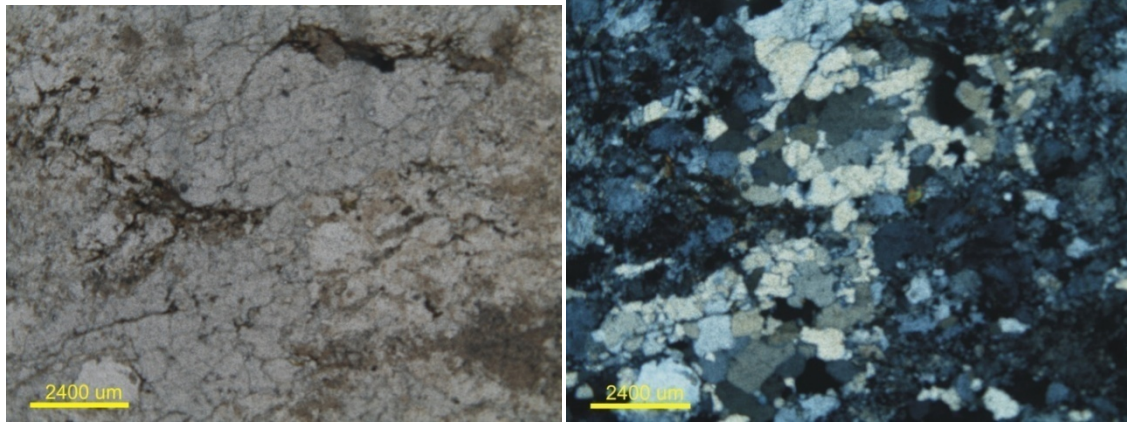
A parte do melanossoma do migmatito onde a rocha foi retirada consiste de quartzo, microclinio, anfibólio e abundância em muscovita e clorita como produto de alteração de biotita. Titanita e raros zircões são os principais minerais acessórios. A rocha possui textura granoblástica com os minerais micacios marcando a orientação principal. Plagioclásio, feldspato potássico e quartzo são os principais formadores de rocha e são a herança paragenética da rocha ígnea pretérita.



E001B – Gnaiss

A parte do leucossoma do migmatito onde a rocha foi retirada consiste de quartzo e microclinio e pouca muscovita e clorita como produto de alteração de biotita. Titanita e raros zircões são os principais minerais acessórios. A rocha possui textura granoblástica poligonal e ligero bandamento composicional com os minerais de quartzo marcando a

orientação principal. Plagioclásio, feldspato potássico e quartzo são os principais formadores de rocha e são a herança paragenética da rocha pretérita.



ANEXO 3

Dados analíticos

Dados isotópicos U-Pb obtidos por SHRIMP em cristais de zircão da amostra V006

Grão <i>spot</i>	U (ppm)	Th (ppm)	Th/ U	²⁰⁶ Pb * (ppm)	f ₂₀₆ %	Razões Radiogênicas						Idade (Ma)			%
						²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	±	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	±	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	±	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	±	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	
20.1	147	104	0,73	0	69,5 1	0,00 4	9,0	0,01	456, 0	0,60 3	4, 8	7,8	3	948 ±9298	+99
7.1	70	29	0,43	0	73,4 0	0,00 5	7,6	0,01	504, 1	0,63 5	3, 5	8,0	4	1157 ±9948	+99
14.1	57	28	0,51	0	71,3 4	0,00 4	10, 6	0,02	350, 2	0,62 7	3, 7	8,2	4	1765 ±6331	+100
24.1	137	95	0,72	0	52,3 2	0,00 3	8,2	0,01	285, 7	0,46 7	3, 4	8,7	2	645 ±6118	+99
6.1	290	462	1,64	0	47,1 1	0,00 3	6,1	0,01	264, 8	0,41 9	6, 7	8,8	1	57,2 ±6303	+85
10.1	133	86	0,67	0	45,3 2	0,00 3	7,0	0,01	262, 3	0,41 0	6, 9	9,1	2	470 ±5792	+98
13.1	249	243	1,01	0	24,9 7	0,00 2	3,3	0,01	117, 4	0,25 5	8, 0	9,4	0,9	658 ±2509	+99
15.1	254	224	0,91	0	34,2 6	0,00 2	4,7	0,01	131, 8	0,33 2	8, 9	9,4	1	898 ±2709	+99
9.1	136	130	0,99	0	41,5 6	0,00 3	2,9	0,02	186, 5	0,39 2	6, 2	9,5	2	1106 ±3709	+99
16.1	162	128	0,82	0	36,2 5	0,00 2	5,4	0,01	174, 7	0,34 4	3, 8	9,8	1	754 ±3673	+99
5.1	688	105	0,16	1	19,1 7	0,00 2	4,1	0,01	72,6	0,20 3	7, 2	10,0	0,6	306 ±1648	+97

19.1	674	436	0,67	2	8,43	0,00	3	2,0	0,02	46,4	0,11	8,1	17,2	0,5	-125	±1144	+114
18.1	73	80	1,14	0	32,2	0,00	8	5,4	0,03	201,5	0,30	8,9	36,1	4	-71	±4916	+151
22.1	3763	273	0,07	132	0,21	0,04	1	2,6	0,29	2,8	0,05	0,5	258	7	282	±20	+9
3.1	206	95	0,48	8	1,98	0,04	4	1,2	0,31	8,6	0,06	4,2	271	3	285	±194	+5
2.1	141	74	0,54	7	2,29	0,05	7	1,0	0,43	8,6	0,07	3,8	347	4	458	±188	+25
1.1	3311	1350	0,42	170	0,14	0,06	0	0,8	0,44	1,1	0,05	0,5	374	3	329	±16	-14
26.1	1097	934	0,88	57	0,31	0,06	1	0,8	0,45	1,4	0,05	0,6	379	3	368	±24	-3
17.1	570	353	0,64	36	0,34	0,07	4	1,0	0,58	1,8	0,05	0,8	460	4	471	±32	+2
27.1	148	112	0,78	9	2,20	0,07	6	1,0	0,56	8,5	0,07	4,2	462	5	395	±189	-18
21.1	327	223	0,70	21	0,73	0,07	6	0,9	0,59	3,1	0,06	1,6	470	4	471	±65	+0
4.1	100	84	0,87	6	7,94	0,08	2	1,4	0,60	20,6	0,12	6,8	471	8	490	±453	+4
8.1	254	76	0,31	18	0,76	0,08	5	1,1	0,67	2,8	0,06	0,9	519	6	512	±56	-2
25.1	1916	1710	0,92	141	0,23	0,08	6	1,5	0,67	1,6	0,05	0,3	530	8	474	±13	-12
23.1	134	127	0,98	25	0,41	0,22	1	2,0	2,46	3,7	0,08	2,8	1284	23	1219	±62	-6

Dados isotópicos U-Pb obtidos por SHRIMP em cristais de zircão da amostra V008

Grão. <i>spot</i>	U (ppm)	Th (ppm)	Th/U	²⁰⁶ Pb* (ppm)	f ₂₀₆ %	Razões Radiogênicas						Idade (Ma)			% Disc	
						²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	±	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	±	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	±	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	±	²⁰⁷ Pb / ²⁰⁶ Pb		±
15.1	254	294	1,19	0	28,98	0,00	6,1	0,01	160,0	0,0523	159,7	9,6	1	300	3642	+97
14.1	121	69	0,59	0	43,47	0,01	4,6	0,01	237,9	0,0640	237,1	9,7	2	740	5016	+99
20.1	239	173	0,75	1	14,99	0,02	1,0	0,04	62,8	0,0461	62,7	39,5	1	5,4	1510	-638
4.1	183	197	1,11	11	1,92	0,16	3,4	0,54	6,6	0,0556	6,5	438	4	435	145	-1
16.1	409	87	0,22	25	1,01	0,15	4,7	0,54	3,1	0,0551	2,9	443	4	417	65	-6
22.1	132	109	0,85	8	3,36	0,16	2,0	0,58	12,3	0,0574	12,3	459	6	507	270	+10
3.1	177	105	0,61	11	1,04	0,17	2,4	0,58	4,9	0,0568	4,8	462	5	486	105	+5
5.1	317	175	0,57	21	1,11	0,17	2,6	0,58	3,8	0,0553	3,6	470	5	426	81	-11
11.1	468	38	0,08	36	0,46	0,25	0,3	0,75	1,7	0,0613	1,4	546	5	650	31	+17
6.1	155	93	0,62	14	1,48	0,24	2,7	0,85	5,1	0,0591	5,0	642	6	572	109	-13
23.1	590	217	0,38	69	0,70	0,25	3,2	1,32	1,9	0,0701	1,3	826	10	933	28	+12
17.1	92	26	0,29	13	1,30	0,36	6,5	1,59	8,6	0,0719	6,2	958	53	983	125	+3
4.1	153	54	0,36	23	1,23	0,36	2,7	1,90	6,0	0,0773	5,9	1058	13	112 9	117	+7
21.1	42	34	0,85	7	2,59	0,39	0,9	1,90	8,1	0,0759	8,0	1076	16	109	159	+2

12.1	100	35	0,36	17	1,13	0,44	2,1		2,03	3,8	0,0765	3,6	1137	13	7	73	-3
13.1	78	44	0,59	13	0,99	0,49	2,3		2,24	3,3	0,0808	3,1	1182	14	6	61	+3
2.1	64	27	0,44	11	1,57	0,43	2,5		2,25	8,2	0,0798	8,1	1198	16	1	160	-1
10.1	27	30	1,16	5	3,09	0,53	3,6		2,31	8,9	0,0796	8,7	1233	22	8	171	-4
7.1	268	44	0,17	54	0,21	0,51	2,1		2,80	1,2	0,0863	0,8	1360	11	5	15	-1
19.1	184	57	0,32	37	0,63	0,46	4,6		2,78	4,3	0,0855	2,7	1365	40	6	53	-3
1.1	221	73	0,34	50	0,15	0,55	2,3		3,31	1,6	0,0913	1,3	1505	13	3	25	-4
9.1	161	238	1,52	44	0,38	0,72	2,5		4,91	1,3	0,1119	0,8	1780	16	1	14	+3
8.1	121	70	0,60	51	0,35	1,18	2,4		12,12	1,5	0,1798	1,0	2567	23	1	17	+4
18.1	135	106	0,81	61	0,28	1,21	2,6		14,07	1,2	0,1937	0,6	2728	23	4	9	+2

Dados isotópicos U-Pb obtidos por SHRIMP em cristais de zircão da amostra V009

Grã o.	U (ppm spot)	Th (ppm)	Th/ U	²⁰⁶ Pb * (ppm)	f ₂₀₆ %	Razões Radiogênicas					Idade (Ma)			%		
						²⁰⁶ Pb / ²³⁸ U	±	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	±	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	±	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	±		²⁰⁷ Pb / ²⁰⁶ Pb	±
10.	187	117	0,6	0	47,1	0,0	8,	0,01	308,	0,41	5,	8,7	±2	72,9	±732	+88

1			5		5	1	2		5	9	9		1		
7.1	202	126	0,6	0	28,5	0,0	4,8	0,01	163,0	0,28	6,8	9,1 ±1	523	±356	+98
3.1	275	187	0,7	0	32,4	0,0	5,2	0,01	161,3	0,30	5,5	9,3 1,0	306	±366	+97
5.1	249	172	0,7	1	13,7	0,0	5,2	0,02	86,6	0,15	9,0	15,1 0,8	80,5	±205	+81
1.1	179	264	1,5	5	4,55	0,0	4,1	0,22	18,4	0,08	6,0	206 ±5	203	±423	-2
4.1	137	147	1,1	4	5,49	0,0	3,8	0,24	25,5	0,09	9,8	221 ±4	222	±589	+0
11.1	156	125	0,8	5	2,76	0,1	2,4	0,27	11,1	0,07	2,0	258 ±4	96,8	±261	170
12.1	221	99	0,4	13	1,01	0,1	2,1	0,56	4,8	0,06	2,8	442 ±4	495	±104	+11
8.1	465	572	1,2	29	0,64	0,1	2,8	0,57	2,4	0,06	0,8	457 ±5	444	±47	-3
20.1	275	303	1,1	18	0,88	0,1	3,3	0,58	3,4	0,06	1,1	466 ±4	458	±72	-2
14.1	212	157	0,7	14	1,41	0,1	2,8	0,58	5,0	0,06	2,1	470 ±5	424	±110	-11
18.1	199	328	1,7	13	1,64	0,1	2,5	0,60	6,2	0,07	3,1	478 ±5	462	±135	-4
2.1	532	208	0,4	38	0,62	0,1	1,6	0,65	2,4	0,06	1,3	514 ±4	499	±48	-3
13.1	305	89	0,3	24	0,57	0,2	0,9	0,76	2,3	0,06	0,9	571 ±5	597	±46	+4
15.1	629	480	0,7	90	1,49	0,3	3,9	1,95	2,2	0,09	0,9	989 ±15	1322	±30	+27
6.1	994	325	0,3	145	0,10	0,3	1,8	1,70	1,8	0,07	1,4	1012 ±11	998	±29	-2
17.1	495	181	0,3	79	0,33	0,3	2,5	2,00	1,7	0,08	0,8	1104 ±13	1136	±21	+3
16.1	107	44	0,4	18	0,64	0,4	2,2	2,17	2,6	0,08	0,9	1158 ±18	1197	±39	+4
9.1	178	130	0,7	33	0,56	0,4	2,1	2,42	1,7	0,08	0,7	1265 ±11	1221	±27	-4
19.1	86	56	0,6	21	1,19	0,6	1,9	3,75	2,4	0,10	0,8	1587 ±17	1574	±40	-1

Dados isotópicos U-Pb obtidos por SHRIMP em cristais de zircão da amostra P005

Grão spot	U (ppm)	Th (ppm)	Th/U	²⁰⁶ Pb * (ppm)	f ₂₀₆ %	Razões Radiogênicas						Idade (Ma)			%
						²⁰⁶ Pb / ²³⁸ U ±	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U ±	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb ±	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U ±	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb ±	Disc				
4.1	492	217	0,46	0	67,74	0,015	5,7	294,5	0,584	1,6	7,4 ±2	410 ±657	+98		
3.1	1131	395	0,36	1	42,41	0,005	7,3	142,5	0,385	5,4	8,0 0,7	299 ±324	+97		
6.1	492	235	0,49	1	39,07	0,000	8,0	115,1	0,382	9,1	8,0 ±1	1438 ±218	+100		
12.1	1293	840	0,67	1	8,57	0,007	3,7	35,0	0,117	2,6	8,2 0,3	169 ±815	+95		
11.1	1171	332	0,29	1	9,26	0,009	5,9	71,4	0,121	22,1	8,4 0,4	124 ±167	+93		
2.1	829	401	0,50	1	13,86	0,008	4,8	61,2	0,159	4,4	8,8 0,4	174 ±142	+95		
9.1	6341	4867	0,79	9	7,06	0,002	2,6	16,2	0,102	1,2	10,1 0,1	-8 ±391	+220		
1.1	3255	3715	1,18	4	12,78	0,003	4,3	36,5	0,147	5,3	10,2 0,2	-9 ±880	+211		
5.1	79	97	1,27	2	7,57	0,096	3,6	32,2	0,108	5,8	230 ±5	42,8 ±768	-446		
10.1	156	113	0,75	13	1,24	0,206	1,6	5,5	0,068	3,3	582 ±6	518 ±119	-13		
13.1	185	95	0,53	16	0,80	0,202	2,2	3,2	0,067	1,1	627 ±6	605 ±65	-4		
7.1	108	55	0,53	11	2,95	0,233	1,3	10,0	0,088	4,8	731 ±9	732 ±211	+0		
8.1	116	67	0,60	25	0,94	0,569	2,9	2,99	0,095	1,5	1433 ±15	1365 ±46	-6		

Summary of LA-ICPMS U-Pb zircon results for sample V001

Grão. spot	Radiogenic Ratios							Age (Ma)						% Conc.
	$^{206}\text{Pb}/$ ^{238}U	\pm	$^{207}\text{Pb}/$ ^{235}U	\pm	$^{207}\text{Pb}/$ ^{206}Pb	\pm	Th/U	$^{206}\text{Pb}/$ ^{238}U	\pm	$^{207}\text{Pb}/$ ^{235}U	\pm	$^{207}\text{Pb}/$ ^{206}Pb	\pm	
7,1	0,0784	0,0010	0,6194	0,0226	0,0573	0,0020	0,13	0,487	0,006	0,489	0,013	0,502	0,077	99
43,1	0,0791	0,0011	0,6244	0,0150	0,0573	0,0013	0,11	0,491	0,007	0,493	0,009	0,502	0,049	99
17,1	0,0798	0,0013	0,6394	0,0311	0,0581	0,0030	0,35	0,495	0,008	0,502	0,019	0,535	0,112	98
34	0,0801	0,0011	0,6435	0,0159	0,0583	0,0013	0,40	0,497	0,006	0,504	0,010	0,541	0,049	98
45,1	0,0846	0,0014	0,6903	0,0216	0,0591	0,0019	0,59	0,524	0,008	0,533	0,013	0,573	0,072	98
28,1	0,0852	0,0016	0,6872	0,0302	0,0585	0,0025	0,09	0,527	0,009	0,531	0,018	0,550	0,091	99
32,1	0,0853	0,0015	0,6830	0,0248	0,0581	0,0018	0,18	0,527	0,009	0,529	0,014	0,533	0,064	99
21,1	0,0747	0,0012	0,5894	0,0282	0,0572	0,0028	0,41	0,464	0,007	0,470	0,018	0,501	0,109	98
41,1	0,0751	0,0012	0,5882	0,0184	0,0568	0,0017	0,17	0,467	0,007	0,470	0,012	0,485	0,066	99
12,1	0,0736	0,0007	0,5754	0,0153	0,0567	0,0015	0,21	0,458	0,004	0,462	0,010	0,480	0,059	99
15,1	0,0948	0,0015	0,7809	0,0395	0,0597	0,0032	1,64	0,584	0,009	0,586	0,023	0,594	0,117	99
13,1	0,0953	0,0010	0,7834	0,0186	0,0596	0,0013	0,61	0,587	0,006	0,587	0,011	0,589	0,047	99
11,1	0,1005	0,0011	0,8317	0,0247	0,0600	0,0018	0,03	0,618	0,006	0,615	0,014	0,603	0,067	100
2,1	0,1565	0,0017	1,5860	0,0449	0,0735	0,0024	0,24	0,937	0,010	0,965	0,019	1,028	0,069	97
22,1	0,1662	0,0023	1,7024	0,0585	0,0743	0,0026	0,46	0,991	0,013	1,009	0,022	1,050	0,068	98
24,1	0,1682	0,0020	1,6475	0,0446	0,0711	0,0020	0,01	1,002	0,011	0,989	0,017	0,959	0,055	101
19,1	0,0412	0,0005	0,2927	0,0110	0,0515	0,0019	0,39	0,261	0,003	0,261	0,009	0,262	0,087	99
29,1	0,0425	0,0007	0,3056	0,0117	0,0521	0,0020	0,46	0,269	0,004	0,271	0,009	0,289	0,087	99
14,1	0,0465	0,0007	0,3390	0,0151	0,0529	0,0024	0,54	0,293	0,004	0,296	0,012	0,322	0,111	98
40,1	0,0496	0,0009	0,3654	0,0143	0,0534	0,0021	0,45	0,312	0,005	0,316	0,011	0,345	0,092	98
20,1	0,0649	0,0008	0,4846	0,0175	0,0542	0,0020	0,38	0,405	0,005	0,401	0,012	0,379	0,082	100

42,1	0,1112	0,0017	0,9602	0,0235	0,0626	0,0014	0,27	0,680	0,010	0,683	0,012	0,696	0,049	99
6,1	0,1171	0,0016	1,0406	0,0412	0,0644	0,0029	0,67	0,714	0,009	0,724	0,021	0,756	0,096	98
31,1	0,2009	0,0030	2,2079	0,0559	0,0797	0,0017	0,14	1,180	0,016	1,184	0,017	1,190	0,043	99
25,1	0,4811	0,0067	11,3579	0,2331	0,1712	0,0028	0,57	2,532	0,029	2,553	0,019	2,570	0,027	99
26,1	0,0074	0,0004	0,0625	0,0130	0,0612	0,0145	0,71	0,048	0,003	0,062	0,013	0,648	0,418	77
5,1	0,0088	0,0001	0,0568	0,0039	0,0467	0,0035	1,01	0,057	0,001	0,056	0,004	0,033	0,134	100
37	0,0333	0,0008	0,2412	0,0176	0,0526	0,0044	0,65	0,211	0,005	0,219	0,015	0,310	0,153	96
3,1	0,0393	0,0005	0,2826	0,0128	0,0522	0,0024	0,41	0,248	0,003	0,253	0,010	0,294	0,107	98
16,1	0,0459	0,0013	0,3440	0,0400	0,0543	0,0071	0,87	0,289	0,008	0,300	0,030	0,385	0,269	96
8,1	0,0460	0,0012	0,3351	0,0355	0,0529	0,0064	1,52	0,290	0,007	0,293	0,027	0,324	0,255	98
4,1	0,0471	0,0005	0,3460	0,0100	0,0533	0,0016	0,27	0,297	0,003	0,302	0,008	0,341	0,070	98
30,1	0,0487	0,0019	0,3447	0,0502	0,0513	0,0087	0,90	0,307	0,012	0,301	0,037	0,256	0,308	101
27,1	0,0524	0,0010	0,3908	0,0184	0,0541	0,0026	0,20	0,329	0,006	0,335	0,013	0,373	0,106	98
23,1	0,0841	0,0016	0,6422	0,0443	0,0554	0,0042	0,94	0,521	0,010	0,504	0,027	0,426	0,156	103
36	0,0927	0,0016	0,8220	0,0296	0,0643	0,0023	1,90	0,571	0,010	0,609	0,016	0,753	0,076	93
10,1	0,1037	0,0010	0,9960	0,0228	0,0697	0,0015	0,20	0,636	0,006	0,702	0,012	0,919	0,043	90
39,1	0,1058	0,0012	1,0954	0,0162	0,0751	0,0011	0,28	0,648	0,007	0,751	0,009	1,070	0,030	86
38,1	0,1073	0,0041	1,0196	0,1125	0,0689	0,0087	0,45	0,657	0,024	0,714	0,058	0,896	0,283	92
18,1	0,1398	0,0024	1,3861	0,0682	0,0719	0,0038	0,51	0,843	0,014	0,883	0,029	0,984	0,106	95
33,1	0,1405	0,0036	1,5605	0,0906	0,0806	0,0053	1,90	0,847	0,020	0,955	0,035	1,211	0,131	88

Summary of LA-ICPMS U-Pb zircon results for sample V002

Grão. spot	Radiogenic Ratios							Age (Ma)					% Conc.	
	$^{206}\text{Pb}/$ ^{238}U	\pm	$^{207}\text{Pb}/$ ^{235}U	\pm	$^{207}\text{Pb}/$ ^{206}Pb	\pm	Th/U	$^{206}\text{Pb}/$ ^{238}U	\pm	$^{207}\text{Pb}/$ ^{235}U	\pm	$^{207}\text{Pb}/$ ^{206}Pb		\pm
15,1	0,0727	0,0011	0,5542	0,0226	0,0553	0,0024	0,92	0,453	0,007	0,448	0,015	0,423	0,094	101
31,1	0,0736	0,0008	0,5695	0,0141	0,0562	0,0012	0,57	0,458	0,005	0,458	0,009	0,459	0,049	99

46,1	0,0741	0,0014	0,5851	0,0327	0,0573	0,0037	1,02	0,461	0,008	0,468	0,021	0,503	0,140	98
21,1	0,0745	0,0009	0,5687	0,0149	0,0554	0,0013	0,40	0,463	0,005	0,457	0,010	0,426	0,051	101
40,1	0,0744	0,0009	0,5899	0,0193	0,0575	0,0018	0,25	0,463	0,005	0,471	0,012	0,511	0,071	98
48,1	0,0749	0,0011	0,5788	0,0246	0,0561	0,0027	0,46	0,465	0,007	0,464	0,016	0,455	0,109	100
22,1	0,0760	0,0013	0,5954	0,0243	0,0569	0,0024	0,60	0,472	0,008	0,474	0,016	0,486	0,096	99
5,1	0,0760	0,0009	0,5836	0,0234	0,0557	0,0024	0,90	0,472	0,005	0,467	0,015	0,440	0,097	101
7,1	0,0765	0,0010	0,5969	0,0193	0,0566	0,0018	0,72	0,475	0,006	0,475	0,012	0,475	0,071	100
53,1	0,0764	0,0009	0,6022	0,0177	0,0572	0,0018	0,42	0,475	0,005	0,479	0,011	0,498	0,072	99
67,1	0,0769	0,0013	0,6127	0,0329	0,0578	0,0034	1,25	0,477	0,008	0,485	0,021	0,523	0,130	98
25,1	0,0770	0,0011	0,5959	0,0190	0,0561	0,0017	0,50	0,478	0,006	0,475	0,012	0,458	0,068	100
45,1	0,0770	0,0011	0,5963	0,0225	0,0562	0,0024	0,09	0,478	0,006	0,475	0,014	0,459	0,094	100
49,1	0,0769	0,0010	0,6021	0,0205	0,0568	0,0021	0,27	0,478	0,006	0,479	0,013	0,483	0,083	99
18,1	0,0774	0,0014	0,6040	0,0276	0,0566	0,0028	0,61	0,481	0,009	0,480	0,018	0,476	0,114	100
75,1	0,0775	0,0011	0,6133	0,0220	0,0574	0,0022	0,65	0,481	0,006	0,486	0,014	0,506	0,084	99
36,1	0,0782	0,0014	0,6002	0,0374	0,0557	0,0036	0,31	0,485	0,008	0,477	0,024	0,439	0,143	101
19,1	0,0785	0,0010	0,6117	0,0177	0,0566	0,0015	0,04	0,487	0,006	0,485	0,011	0,474	0,058	100
23,1	0,0785	0,0011	0,6226	0,0204	0,0575	0,0018	0,12	0,487	0,007	0,491	0,013	0,510	0,070	99
60,1	0,0789	0,0017	0,6107	0,0396	0,0562	0,0043	0,81	0,489	0,010	0,484	0,025	0,459	0,155	101
73,1	0,0788	0,0009	0,6200	0,0143	0,0571	0,0013	0,08	0,489	0,006	0,490	0,009	0,495	0,050	99
42,1	0,1033	0,0015	0,8508	0,0337	0,0597	0,0026	0,74	0,634	0,009	0,625	0,018	0,594	0,096	101
50,1	0,1041	0,0013	0,8788	0,0268	0,0612	0,0021	0,77	0,638	0,007	0,640	0,014	0,647	0,072	99
24,1	0,1094	0,0028	0,9262	0,0605	0,0614	0,0047	0,70	0,669	0,016	0,666	0,033	0,654	0,169	100
33,1	0,1789	0,0032	1,8830	0,0943	0,0763	0,0041	0,77	1,061	0,018	1,075	0,032	1,104	0,100	98
12,1	0,1794	0,0036	1,8121	0,0841	0,0733	0,0037	0,35	1,064	0,020	1,050	0,030	1,021	0,097	101
38,1	0,1806	0,0026	1,8325	0,0666	0,0736	0,0026	1,12	1,070	0,014	1,057	0,024	1,031	0,071	101
55,1	0,2060	0,0030	2,3412	0,0675	0,0824	0,0029	0,09	1,207	0,016	1,225	0,021	1,256	0,072	98
44,1	0,2084	0,0032	2,3675	0,0799	0,0824	0,0032	0,59	1,221	0,017	1,233	0,024	1,254	0,074	98
54,1	0,2205	0,0037	2,4540	0,0862	0,0807	0,0033	0,73	1,284	0,020	1,259	0,026	1,215	0,080	102
64,1	0,2252	0,0049	2,5908	0,1246	0,0835	0,0047	0,33	1,309	0,026	1,298	0,035	1,280	0,110	100
35,1	0,0820	0,0012	0,6402	0,0305	0,0566	0,0028	0,40	0,508	0,007	0,502	0,019	0,478	0,106	101
76,1	0,0810	0,0011	0,6411	0,0225	0,0574	0,0021	0,22	0,502	0,007	0,503	0,014	0,507	0,082	99
34,1	0,0854	0,0012	0,6835	0,0308	0,0580	0,0027	0,51	0,528	0,007	0,529	0,018	0,531	0,100	99
4,1	0,1574	0,0014	1,5901	0,0307	0,0733	0,0015	0,17	0,942	0,008	0,966	0,012	1,022	0,042	97

2,1	0,0405	0,0007	0,2899	0,0239	0,0520	0,0046	0,69	0,256	0,005	0,259	0,019	0,284	0,201	98
57,1	0,0454	0,0010	0,3220	0,0228	0,0515	0,0042	0,45	0,286	0,006	0,283	0,018	0,262	0,180	100
16,1	0,0553	0,0010	0,4075	0,0195	0,0534	0,0028	1,52	0,347	0,006	0,347	0,014	0,346	0,118	100
30,1	0,0663	0,0009	0,5131	0,0206	0,0561	0,0023	0,78	0,414	0,005	0,421	0,014	0,458	0,092	98
37,1	0,0712	0,0009	0,5517	0,0178	0,0562	0,0018	0,20	0,444	0,005	0,446	0,012	0,459	0,070	99
80,1	0,5673	0,0076	16,6148	0,3682	0,2124	0,0049	0,30	2,897	0,032	2,913	0,022	2,924	0,038	99
58,1	0,2345	0,0025	2,8119	0,0516	0,0870	0,0016	0,54	1,358	0,013	1,359	0,014	1,360	0,036	99
71,1	0,0036	0,0004	0,0256	0,0161	0,0514	0,0329	0,79	0,023	0,002	0,026	0,016	0,260	0,542	90
10,1	0,0037	0,0003	0,0276	0,0061	0,0546	0,0146	1,76	0,024	0,002	0,028	0,006	0,396	0,437	85
77,1	0,0058	0,0003	0,0402	0,0099	0,0504	0,0127	0,64	0,037	0,002	0,040	0,010	0,216	0,181	92
11,1	0,0062	0,0002	0,0428	0,0038	0,0501	0,0052	1,00	0,040	0,001	0,043	0,004	0,200	0,184	93
63,1	0,0063	0,0008	0,0399	0,0251	0,0460	0,0366	0,51	0,040	0,005	0,040	0,024	0,000	0,671	101
79,1	0,0115	0,0004	0,0795	0,0174	0,0503	0,0120	0,52	0,074	0,002	0,078	0,016	0,207	0,303	94
62,1	0,0123	0,0013	0,1002	0,0393	0,0591	0,0298	0,63	0,079	0,008	0,097	0,034	0,570	0,669	81
59,1	0,0316	0,0008	0,2396	0,0182	0,0549	0,0037	0,18	0,201	0,005	0,218	0,014	0,410	0,153	92
29,1	0,0336	0,0033	0,2642	0,0781	0,0571	0,0204	1,18	0,213	0,021	0,238	0,063	0,495	0,530	89
68,1	0,0350	0,0006	0,2259	0,0162	0,0469	0,0036	0,68	0,222	0,004	0,207	0,013	0,042	0,141	107
13,1	0,0429	0,0009	0,3097	0,0201	0,0524	0,0040	0,56	0,271	0,006	0,274	0,016	0,303	0,153	98
1,1	0,0476	0,0007	0,3334	0,0225	0,0508	0,0040	0,77	0,300	0,005	0,292	0,017	0,231	0,169	102
47,1	0,0487	0,0014	0,3247	0,0366	0,0484	0,0065	0,68	0,306	0,009	0,286	0,028	0,118	0,242	107
56,1	0,0495	0,0011	0,3523	0,0258	0,0516	0,0042	0,74	0,311	0,007	0,306	0,019	0,269	0,146	101
72,1	0,0498	0,0006	0,3894	0,0098	0,0567	0,0013	0,60	0,313	0,004	0,334	0,007	0,479	0,048	93
70,1	0,0499	0,0008	0,3698	0,0206	0,0538	0,0032	0,57	0,314	0,005	0,320	0,015	0,362	0,132	98
41,1	0,0514	0,0022	0,3458	0,0755	0,0488	0,0113	0,64	0,323	0,013	0,302	0,055	0,138	0,329	107
39,1	0,0546	0,0012	0,4188	0,0338	0,0556	0,0047	0,34	0,343	0,007	0,355	0,025	0,437	0,179	96
74,1	0,0557	0,0010	0,4242	0,0264	0,0552	0,0037	1,08	0,350	0,006	0,359	0,018	0,421	0,146	97
78,1	0,0558	0,0005	0,4192	0,0117	0,0545	0,0017	0,44	0,350	0,003	0,355	0,008	0,390	0,068	98
14,1	0,0560	0,0010	0,4294	0,0204	0,0557	0,0029	0,50	0,351	0,006	0,363	0,015	0,439	0,120	96
51,1	0,0624	0,0007	0,5056	0,0144	0,0588	0,0021	0,30	0,390	0,004	0,415	0,010	0,560	0,076	93
43,1	0,0710	0,0031	0,6117	0,0831	0,0625	0,0108	0,35	0,442	0,018	0,485	0,057	0,691	0,349	91
61,1	0,0756	0,0012	0,5737	0,0237	0,0550	0,0025	0,75	0,470	0,007	0,460	0,015	0,413	0,102	102
6,1	0,0767	0,0019	0,5782	0,0420	0,0547	0,0046	1,20	0,476	0,011	0,463	0,026	0,398	0,170	102
65,1	0,0780	0,0020	0,5947	0,0469	0,0553	0,0050	0,61	0,484	0,012	0,474	0,030	0,424	0,215	102

8,1	0,0831	0,0014	0,6401	0,0297	0,0558	0,0028	0,29	0,515	0,008	0,502	0,018	0,446	0,106	102
28,1	0,0880	0,0020	0,6892	0,0423	0,0568	0,0039	1,08	0,544	0,012	0,532	0,025	0,484	0,145	102
3,1	0,1008	0,0011	0,9661	0,0288	0,0695	0,0022	0,16	0,619	0,007	0,686	0,014	0,915	0,067	90
66,1	0,1085	0,0014	1,0068	0,0258	0,0673	0,0018	0,11	0,664	0,008	0,707	0,013	0,847	0,055	93
32,1	0,1852	0,0032	2,1270	0,0915	0,0833	0,0037	0,60	1,095	0,017	1,158	0,030	1,276	0,088	94
26,1	0,2131	0,0029	2,6014	0,0706	0,0885	0,0023	0,33	1,245	0,015	1,301	0,020	1,394	0,049	95

Summary of LA-ICPMS U-Pb zircon results for sample V004

Grão. spot	Radiogenic Ratios							Age (Ma)						% Conc.
	$^{206}\text{Pb}/$ ^{238}U	\pm	$^{207}\text{Pb}/$ ^{235}U	\pm	$^{207}\text{Pb}/$ ^{206}Pb	\pm	Th/U	$^{206}\text{Pb}/$ ^{238}U	\pm	$^{207}\text{Pb}/$ ^{235}U	\pm	$^{207}\text{Pb}/$ ^{206}Pb	\pm	
51,1	0,0557	0,0011	0,4169	0,0310	0,0543	0,0045	0,41	0,349	0,007	0,354	0,022	0,384	0,183	98
34,1	0,0682	0,0009	0,5218	0,0251	0,0555	0,0031	0,62	0,425	0,006	0,426	0,017	0,432	0,126	99
22,2	0,0715	0,0011	0,5480	0,0383	0,0556	0,0043	0,16	0,445	0,007	0,444	0,025	0,437	0,163	100
27,1	0,0755	0,0009	0,5979	0,0279	0,0574	0,0029	0,08	0,469	0,006	0,476	0,018	0,508	0,115	98
57,1	0,0756	0,0012	0,5978	0,0368	0,0574	0,0039	0,55	0,470	0,007	0,476	0,023	0,505	0,147	98
39,1	0,0788	0,0010	0,6194	0,0273	0,0570	0,0029	0,07	0,489	0,006	0,489	0,017	0,491	0,113	99
6,1	0,0795	0,0012	0,6350	0,0345	0,0579	0,0034	0,23	0,493	0,007	0,499	0,022	0,527	0,135	98
27,2	0,0805	0,0012	0,6360	0,0393	0,0573	0,0039	0,24	0,499	0,007	0,500	0,025	0,504	0,157	99
41,1	0,0835	0,0015	0,6545	0,0431	0,0568	0,0044	0,39	0,517	0,009	0,511	0,027	0,485	0,170	101
56,1	0,0846	0,0012	0,6804	0,0362	0,0584	0,0034	0,23	0,523	0,007	0,527	0,022	0,543	0,130	99
25,1	0,0922	0,0014	0,7470	0,0460	0,0587	0,0039	0,38	0,569	0,008	0,566	0,027	0,557	0,146	100
10,1	0,0956	0,0022	0,7978	0,0726	0,0605	0,0066	0,63	0,589	0,013	0,596	0,043	0,621	0,239	98
15,1	0,1031	0,0014	0,8663	0,0376	0,0610	0,0029	0,32	0,632	0,008	0,634	0,020	0,638	0,101	99
48,1	0,1558	0,0020	1,5086	0,0530	0,0702	0,0028	0,27	0,933	0,011	0,934	0,022	0,935	0,083	99
29,1	0,1635	0,0018	1,6712	0,0588	0,0741	0,0027	0,29	0,976	0,010	0,998	0,022	1,045	0,074	97
3,1	0,1662	0,0024	1,6783	0,0739	0,0732	0,0035	0,22	0,991	0,013	1,000	0,028	1,021	0,097	99

26,1	0,1722	0,0018	1,7373	0,0585	0,0732	0,0027	0,24	1,024	0,010	1,022	0,022	1,018	0,077	100
42,1	0,1727	0,0028	1,8274	0,0866	0,0767	0,0043	0,58	1,027	0,015	1,055	0,031	1,114	0,109	97
30,1	0,1748	0,0020	1,7862	0,0672	0,0741	0,0031	0,22	1,038	0,011	1,040	0,024	1,045	0,082	99
50,1	0,1752	0,0060	1,7774	0,1833	0,0736	0,0094	0,36	1,041	0,033	1,037	0,065	1,029	0,244	100
7,1	0,1786	0,0024	1,8282	0,0762	0,0742	0,0034	1,49	1,059	0,013	1,056	0,027	1,048	0,092	100
21,1	0,1818	0,0025	1,9449	0,0749	0,0776	0,0033	0,25	1,077	0,013	1,097	0,026	1,137	0,085	98
1,1	0,1862	0,0025	1,9174	0,0763	0,0747	0,0032	0,23	1,101	0,013	1,087	0,026	1,060	0,085	101
63,1	0,1950	0,0028	2,1443	0,0915	0,0797	0,0037	0,18	1,148	0,015	1,163	0,029	1,191	0,091	98
22,1	0,1969	0,0044	2,2250	0,1486	0,0819	0,0060	0,59	1,159	0,024	1,189	0,047	1,244	0,151	97
28,1	0,2002	0,0025	2,2019	0,0870	0,0798	0,0034	0,17	1,176	0,013	1,182	0,027	1,191	0,082	99
44,1	0,2027	0,0031	2,1833	0,0853	0,0781	0,0034	0,28	1,190	0,016	1,176	0,027	1,150	0,089	101
8,1	0,2094	0,0023	2,3991	0,0726	0,0831	0,0027	0,47	1,226	0,012	1,242	0,022	1,271	0,065	98
20,1	0,2250	0,0029	2,5712	0,0911	0,0829	0,0031	0,31	1,308	0,015	1,292	0,026	1,267	0,074	101
4,1	0,2363	0,0053	2,8288	0,1893	0,0868	0,0066	0,62	1,367	0,028	1,363	0,048	1,357	0,141	100
24,1	0,3213	0,0030	4,8628	0,1185	0,1098	0,0028	0,38	1,796	0,014	1,796	0,020	1,796	0,046	100
19,1	0,3941	0,0040	6,9411	0,1630	0,1277	0,0030	0,16	2,142	0,019	2,104	0,020	2,067	0,041	101
45,1	0,4920	0,0053	12,0706	0,2506	0,1779	0,0039	0,34	2,579	0,023	2,610	0,020	2,634	0,037	98
47,1	0,0396	0,0009	0,2746	0,0257	0,0503	0,0054	0,35	0,250	0,006	0,246	0,020	0,210	0,220	101
18,2	0,0523	0,0014	0,3925	0,0482	0,0545	0,0077	0,05	0,328	0,009	0,336	0,035	0,391	0,313	97
58,2	0,0716	0,0010	0,5807	0,0300	0,0588	0,0033	0,00	0,446	0,006	0,465	0,019	0,560	0,126	95
61,1	0,0743	0,0011	0,5916	0,0325	0,0578	0,0034	0,66	0,462	0,007	0,472	0,021	0,522	0,132	97
14,1	0,0799	0,0023	0,6590	0,0779	0,0598	0,0082	0,35	0,496	0,014	0,514	0,048	0,596	0,293	96
28,2	0,0833	0,0012	0,6852	0,0420	0,0597	0,0040	0,49	0,516	0,007	0,530	0,025	0,592	0,147	97
13,1	0,0846	0,0021	0,7119	0,0692	0,0610	0,0069	0,22	0,524	0,012	0,546	0,042	0,640	0,256	95
64,1	0,0951	0,0015	0,7321	0,0463	0,0558	0,0040	0,04	0,586	0,009	0,558	0,027	0,446	0,144	104
13,2	0,1209	0,0019	1,2180	0,0583	0,0730	0,0039	0,34	0,736	0,011	0,809	0,027	1,015	0,114	90
18,1	0,1233	0,0013	1,2224	0,0346	0,0719	0,0020	0,34	0,749	0,008	0,811	0,015	0,984	0,057	92
51,2	0,1447	0,0027	1,4742	0,0783	0,0739	0,0045	0,18	0,871	0,015	0,920	0,031	1,039	0,120	94
46,1	0,1630	0,0034	1,6986	0,1013	0,0756	0,0052	0,32	0,973	0,019	1,008	0,038	1,084	0,138	96
17,1	0,1694	0,0081	1,8733	0,2981	0,0802	0,0146	0,90	1,009	0,044	1,072	0,103	1,202	0,372	94
58,1	0,1757	0,0035	1,9283	0,1181	0,0796	0,0055	0,34	1,043	0,019	1,091	0,041	1,188	0,140	95
12,1	0,1801	0,0021	1,9796	0,0653	0,0797	0,0028	0,53	1,068	0,011	1,109	0,022	1,190	0,068	96
11,1	0,1852	0,0088	2,0804	0,3247	0,0815	0,0158	0,60	1,095	0,048	1,142	0,107	1,233	0,364	95

35,1	0,1947	0,0046	1,8014	0,1418	0,0671	0,0067	0,78	1,147	0,025	1,046	0,050	0,841	0,183	109
60,1	0,2173	0,0031	2,6920	0,1060	0,0899	0,0039	0,26	1,268	0,017	1,326	0,030	1,422	0,085	95
2,1	0,0022	0,0001	0,0152	0,0055	0,0512	0,0221	0,07	0,014	0,001	0,015	0,005	0,248	0,571	90
52,1	0,0017	0,0009	0,0409	0,0304	0,1735	0,1929	0,69	0,011	0,006	0,041	0,029	2,592	1,805	27
5,1	0,0018	0,0012	0,0211	0,0500	0,0835	0,1822	0,27	0,012	0,007	0,021	0,037	1,281	1,703	55
40,1	0,0022	0,0002	0,0159	0,0073	0,0519	0,0279	0,06	0,014	0,001	0,016	0,007	0,283	0,287	89
59,1	0,0020	0,0003	0,0127	0,0101	0,0452	0,0429	0,13	0,013	0,002	0,013	0,010	0,000	0,794	102
38,1	0,0022	0,0007	0,0038	0,0251	0,0125	0,1018	0,74	0,014	0,005	0,004	0,020	0,000	1,047	369
23,1	0,0019	0,0004	0,0156	0,0204	0,0599	0,1077	0,70	0,012	0,003	0,016	0,019	0,600	1,180	77
37,1	0,0023	0,0013	0,0370	0,0442	0,1164	0,2277	0,55	0,015	0,008	0,037	0,037	1,902	1,742	40
55,1	0,0025	0,0016	0,0583	0,0622	0,1689	0,3168	0,55	0,016	0,009	0,058	0,051	2,547	2,204	28
32,1	0,0027	0,0011	0,0027	0,0391	0,0073	0,1383	0,62	0,017	0,007	0,003	0,022	0,000	1,324	633
54,1	0,0026	0,0012	0,0771	0,0447	0,2157	0,2467	0,64	0,017	0,007	0,075	0,038	2,949	1,961	22
31,1	0,0028	0,0008	0,0017	0,0265	0,0044	0,0694	0,54	0,018	0,005	0,002	0,023	0,000	0,811	1036
36,1	0,0030	0,0029	0,0142	0,1015	0,0342	0,2888	0,56	0,019	0,017	0,014	0,064	0,000	1,892	135
9,1	0,0059	0,0022	0,1702	0,0886	0,2088	0,2448	0,76	0,038	0,012	0,160	0,067	2,896	2,016	23
49,1	0,1371	0,0018	1,6242	0,0530	0,0859	0,0032	0,07	0,828	0,010	0,980	0,021	1,337	0,081	84
43,1	0,1908	0,0053	2,1276	0,1580	0,0809	0,0072	0,34	1,126	0,029	1,158	0,054	1,219	0,191	97
33,1	0,5029	0,0055	16,7352	0,3844	0,2413	0,0061	0,50	2,626	0,023	2,920	0,021	3,129	0,040	89
53,1	0,0004	0,0023	0,0144	0,0784	0,2764	1,9765	0,51	0,002	0,011	0,014	0,060	3,343	3,181	16
29,2	0,0006	0,0017	0,0135	0,0848	0,1581	0,4456	0,37	0,004	0,010	0,014	0,066	2,435	2,264	29
62,1	0,0013	0,0007	0,0032	0,0250	0,0186	0,1506	0,49	0,008	0,004	0,003	0,020	0,000	1,519	247
16,1	0,0014	0,0010	0,0348	0,0413	0,1860	0,2153	0,73	0,009	0,006	0,035	0,039	2,708	1,804	25

Summary of LA-ICPMS U-Pb zircon results for sample V007

Grão. spot	Radiogenic Ratios						Age (Ma)		% Conc.			
	$^{206}\text{Pb}/$ ^{238}U	\pm	$^{207}\text{Pb}/$ ^{235}U	\pm	$^{207}\text{Pb}/$ ^{206}Pb	\pm	Th/U	$^{206}\text{Pb}/$ ^{238}U		\pm	$^{207}\text{Pb}/$ ^{235}U	\pm

21,1	0,0470	0,0012	0,3401	0,0414	0,0525	0,0071	0,59	0,296	0,007	0,297	0,031	0,305	0,283	99
1,2	0,0524	0,0009	0,3815	0,0294	0,0528	0,0047	0,54	0,329	0,005	0,328	0,022	0,321	0,197	100
1,1	0,0543	0,0009	0,4028	0,0311	0,0538	0,0047	0,50	0,341	0,006	0,344	0,023	0,361	0,190	99
54,1	0,0552	0,0004	0,4080	0,0125	0,0536	0,0017	0,59	0,347	0,003	0,347	0,009	0,353	0,074	99
16,1	0,0700	0,0009	0,5375	0,0266	0,0557	0,0029	0,07	0,436	0,006	0,437	0,018	0,440	0,118	99
28,1	0,0731	0,0020	0,5548	0,0600	0,0550	0,0069	1,02	0,455	0,012	0,448	0,039	0,413	0,265	101
4,1	0,0746	0,0008	0,5830	0,0232	0,0567	0,0025	0,56	0,464	0,005	0,466	0,015	0,481	0,098	99
43,2	0,0754	0,0014	0,5829	0,0351	0,0561	0,0046	0,84	0,469	0,008	0,466	0,023	0,455	0,171	100
45,1	0,0758	0,0017	0,5943	0,0493	0,0569	0,0047	0,52	0,471	0,010	0,474	0,030	0,486	0,153	99
5,2	0,0760	0,0009	0,5861	0,0270	0,0559	0,0029	0,07	0,472	0,006	0,468	0,017	0,450	0,115	100
52,1	0,0763	0,0013	0,6058	0,0334	0,0576	0,0037	0,33	0,474	0,008	0,481	0,021	0,513	0,138	98
7,1	0,0766	0,0009	0,6000	0,0251	0,0568	0,0027	0,08	0,476	0,005	0,477	0,016	0,484	0,106	99
29,1	0,0772	0,0014	0,6097	0,0398	0,0573	0,0042	0,08	0,480	0,008	0,483	0,025	0,501	0,162	99
12,1	0,0778	0,0012	0,6195	0,0360	0,0578	0,0035	0,07	0,483	0,007	0,490	0,022	0,521	0,139	98
32,1	0,0783	0,0012	0,6155	0,0351	0,0570	0,0036	0,08	0,486	0,007	0,487	0,022	0,491	0,138	99
69,1	0,0785	0,0013	0,6240	0,0390	0,0577	0,0041	0,42	0,487	0,008	0,492	0,025	0,518	0,161	98
26,1	0,0794	0,0011	0,6258	0,0307	0,0572	0,0031	0,14	0,492	0,007	0,493	0,019	0,499	0,124	99
59,1	0,0802	0,0007	0,6282	0,0219	0,0568	0,0021	0,06	0,497	0,004	0,495	0,014	0,485	0,085	100
62,1	0,0812	0,0009	0,6286	0,0353	0,0561	0,0034	0,59	0,503	0,006	0,495	0,022	0,457	0,135	101
31,1	0,0841	0,0014	0,6675	0,0392	0,0576	0,0038	0,17	0,520	0,008	0,519	0,024	0,514	0,144	100
66,1	0,0842	0,0012	0,6651	0,0336	0,0573	0,0033	0,22	0,521	0,007	0,518	0,021	0,502	0,132	100
37,1	0,0847	0,0018	0,6682	0,0492	0,0572	0,0047	0,28	0,524	0,011	0,520	0,029	0,500	0,176	100
58,1	0,0850	0,0010	0,6656	0,0386	0,0568	0,0036	0,25	0,526	0,006	0,518	0,024	0,484	0,136	101
11,1	0,0855	0,0015	0,6756	0,0456	0,0573	0,0042	0,58	0,529	0,009	0,524	0,028	0,504	0,158	100
35,1	0,0859	0,0019	0,6820	0,0521	0,0576	0,0050	0,32	0,531	0,011	0,528	0,031	0,514	0,181	100
23,1	0,0873	0,0014	0,6929	0,0401	0,0575	0,0036	0,31	0,540	0,008	0,535	0,024	0,512	0,141	100
33,1	0,0883	0,0020	0,7093	0,0580	0,0583	0,0054	0,52	0,546	0,012	0,544	0,034	0,539	0,201	100
67,1	0,0884	0,0013	0,7048	0,0398	0,0579	0,0036	0,42	0,546	0,008	0,542	0,023	0,524	0,131	100
15,1	0,0958	0,0022	0,7846	0,0771	0,0594	0,0069	1,30	0,590	0,013	0,588	0,044	0,582	0,232	100
5,1	0,0989	0,0013	0,8236	0,0383	0,0604	0,0032	0,09	0,608	0,007	0,610	0,021	0,617	0,108	99
39,1	0,1397	0,0018	1,2573	0,0447	0,0653	0,0024	0,15	0,843	0,010	0,827	0,020	0,783	0,078	101
19,1	0,1470	0,0022	1,4529	0,0719	0,0717	0,0039	0,21	0,884	0,013	0,911	0,030	0,977	0,114	97
73,1	0,1605	0,0049	1,5592	0,1780	0,0705	0,0093	0,68	0,959	0,027	0,954	0,071	0,942	0,264	100

27,1	0,1661	0,0021	1,6663	0,0654	0,0728	0,0031	0,16	0,991	0,011	0,996	0,025	1,007	0,086	99
43,1	0,1725	0,0028	1,7313	0,0791	0,0728	0,0037	0,45	1,026	0,015	1,020	0,029	1,008	0,103	100
70,1	0,1731	0,0030	1,7006	0,0976	0,0713	0,0047	0,31	1,029	0,017	1,009	0,037	0,965	0,139	102
22,1	0,1739	0,0028	1,8434	0,0884	0,0769	0,0040	0,28	1,033	0,015	1,061	0,032	1,119	0,108	97
38,1	0,1743	0,0021	1,7779	0,0573	0,0740	0,0026	0,28	1,036	0,012	1,037	0,021	1,041	0,072	99
60,1	0,1808	0,0021	1,9181	0,0918	0,0770	0,0041	0,39	1,071	0,012	1,087	0,032	1,120	0,104	98
40,1	0,1822	0,0022	1,8750	0,0582	0,0746	0,0025	0,55	1,079	0,012	1,072	0,021	1,059	0,067	100
74,1	0,1832	0,0030	1,9159	0,0988	0,0759	0,0046	0,38	1,084	0,017	1,087	0,034	1,092	0,118	99
47,1	0,1840	0,0029	1,9433	0,0817	0,0766	0,0037	0,27	1,089	0,016	1,096	0,029	1,110	0,099	99
71,1	0,2099	0,0028	2,2685	0,0857	0,0784	0,0034	0,40	1,228	0,015	1,203	0,027	1,156	0,085	102
49,1	0,2596	0,0053	3,2461	0,1680	0,0907	0,0055	0,55	1,488	0,027	1,468	0,040	1,440	0,118	101
42,1	0,2660	0,0031	3,4415	0,0986	0,0938	0,0028	0,24	1,521	0,016	1,514	0,023	1,505	0,055	100
53,1	0,2996	0,0096	4,0717	0,3188	0,0986	0,0094	0,63	1,689	0,048	1,649	0,062	1,597	0,167	102
64,1	0,3308	0,0031	5,2051	0,1547	0,1141	0,0037	1,09	1,842	0,015	1,853	0,025	1,866	0,058	99
30,1	0,3349	0,0032	5,1805	0,1493	0,1122	0,0032	0,20	1,862	0,016	1,849	0,024	1,835	0,052	100
68,1	0,0389	0,0005	0,2807	0,0129	0,0523	0,0028	0,05	0,246	0,003	0,251	0,010	0,299	0,103	97
48,1	0,0464	0,0018	0,3533	0,0561	0,0552	0,0099	0,49	0,293	0,011	0,307	0,044	0,419	0,324	95
14,1	0,0470	0,0011	0,3316	0,0394	0,0512	0,0067	0,78	0,296	0,007	0,291	0,029	0,250	0,209	101
17,1	0,0564	0,0012	0,3982	0,0405	0,0512	0,0058	0,55	0,354	0,007	0,340	0,029	0,250	0,218	103
20,1	0,0573	0,0008	0,4439	0,0236	0,0562	0,0033	0,46	0,359	0,005	0,373	0,016	0,461	0,131	96
8,1	0,0727	0,0017	0,5382	0,0626	0,0537	0,0070	0,76	0,452	0,010	0,437	0,040	0,359	0,241	103
57,1	0,0726	0,0007	0,5813	0,0273	0,0580	0,0029	0,30	0,452	0,004	0,465	0,018	0,531	0,115	97
65,1	0,0728	0,0023	0,6222	0,0863	0,0620	0,0104	1,59	0,453	0,014	0,491	0,055	0,672	0,299	92
51,1	0,0735	0,0042	0,6130	0,1375	0,0605	0,0165	0,51	0,457	0,025	0,485	0,094	0,620	0,461	94
3,1	0,0736	0,0012	0,5567	0,0395	0,0549	0,0044	0,63	0,458	0,007	0,449	0,025	0,407	0,164	101
63,1	0,0769	0,0011	0,6498	0,0454	0,0613	0,0046	0,55	0,478	0,006	0,508	0,028	0,649	0,169	93
44,2	0,0776	0,0015	0,5902	0,0403	0,0552	0,0041	0,22	0,482	0,009	0,471	0,025	0,420	0,165	102
7,2	0,0778	0,0011	0,6400	0,0359	0,0597	0,0037	0,27	0,483	0,007	0,502	0,022	0,593	0,139	96
72,1	0,0780	0,0022	0,6464	0,0779	0,0601	0,0081	1,31	0,484	0,013	0,506	0,052	0,608	0,278	95
36,1	0,0792	0,0019	0,6084	0,0541	0,0557	0,0056	0,73	0,491	0,011	0,483	0,034	0,440	0,220	101
45,2	0,0794	0,0026	0,5647	0,0800	0,0515	0,0088	0,02	0,493	0,016	0,455	0,053	0,265	0,294	108
41,1	0,0799	0,0016	0,6132	0,0439	0,0557	0,0046	0,17	0,495	0,010	0,486	0,028	0,440	0,181	101
50,1	0,0797	0,0018	0,6074	0,0528	0,0552	0,0056	0,22	0,495	0,011	0,482	0,033	0,422	0,221	102

46,1	0,0837	0,0015	0,6345	0,0421	0,0550	0,0041	0,53	0,518	0,009	0,499	0,026	0,411	0,157	103
42,2	0,0844	0,0020	0,5905	0,0561	0,0507	0,0054	0,10	0,522	0,012	0,471	0,035	0,229	0,228	110
69,2	0,0845	0,0014	0,6571	0,0430	0,0564	0,0042	0,38	0,523	0,008	0,513	0,026	0,467	0,166	102
24,1	0,0878	0,0024	0,6760	0,0712	0,0559	0,0068	0,43	0,542	0,014	0,524	0,042	0,447	0,253	103
25,2	0,0948	0,0024	0,8097	0,0870	0,0619	0,0081	0,24	0,584	0,014	0,602	0,049	0,672	0,276	96
56,1	0,0967	0,0015	0,8256	0,0621	0,0619	0,0048	0,34	0,595	0,009	0,611	0,033	0,672	0,163	97
25,1	0,1008	0,0023	0,9253	0,0701	0,0665	0,0048	0,07	0,619	0,013	0,665	0,033	0,824	0,141	93
44,1	0,1092	0,0035	0,8952	0,1071	0,0595	0,0074	0,23	0,668	0,020	0,649	0,054	0,584	0,275	102
55,1	0,1323	0,0018	1,2534	0,0770	0,0687	0,0048	0,15	0,801	0,010	0,825	0,036	0,890	0,147	97
34,1	0,1413	0,0019	1,4166	0,0531	0,0727	0,0029	0,29	0,852	0,011	0,896	0,022	1,005	0,080	95
18,1	0,2904	0,0033	4,8896	0,1362	0,1221	0,0037	0,62	1,643	0,017	1,800	0,025	1,987	0,054	91
61,2	0,0005	0,0010	0,0088	0,0588	0,1253	0,5811	0,71	0,003	0,006	0,009	0,033	2,033	2,403	36
13,1	0,0008	0,0007	0,0086	0,0302	0,0746	0,1711	0,44	0,005	0,004	0,009	0,025	1,057	1,504	61
61,1	0,0013	0,0003	0,0045	0,0157	0,0259	0,1058	0,54	0,008	0,002	0,005	0,014	0,000	1,238	177
6,1	0,0045	0,0012	0,0137	0,0560	0,0219	0,1029	0,76	0,029	0,008	0,014	0,048	0,000	1,142	211
2,1	0,0054	0,0010	0,0110	0,0462	0,0148	0,0771	0,50	0,035	0,007	0,011	0,032	0,000	1,077	311
10,1	0,0057	0,0003	0,0309	0,0100	0,0392	0,0140	0,58	0,037	0,002	0,031	0,010	0,000	0,265	118
9,1	0,0118	0,0006	0,1009	0,0232	0,0618	0,0185	0,22	0,076	0,004	0,098	0,021	0,667	0,391	77

Summary of LA-ICPMS U-Pb zircon results for sample V009

Grão. spot	Radiogenic Ratios							Age (Ma)						% Conc.
	$^{206}\text{Pb}/$ ^{238}U	\pm	$^{207}\text{Pb}/$ ^{235}U	\pm	$^{207}\text{Pb}/$ ^{206}Pb	\pm	Th/U	$^{206}\text{Pb}/$ ^{238}U	\pm	$^{207}\text{Pb}/$ ^{235}U	\pm	$^{207}\text{Pb}/$ ^{206}Pb	\pm	
30,1	0,0737	0,0009	0,5711	0,0221	0,0562	0,0024	0,04	0,458	0,005	0,459	0,014	0,461	0,094	99
38,1	0,0757	0,0010	0,5860	0,0263	0,0561	0,0028	0,07	0,471	0,006	0,468	0,017	0,457	0,110	100
40,1	0,0765	0,0010	0,6003	0,0287	0,0569	0,0030	0,13	0,475	0,006	0,477	0,018	0,487	0,125	99
12,1	0,0766	0,0010	0,6000	0,0223	0,0568	0,0024	0,17	0,476	0,006	0,477	0,014	0,483	0,092	99

36,1	0,0780	0,0010	0,6114	0,0286	0,0568	0,0029	1,10	0,484	0,006	0,484	0,018	0,486	0,114	99
31,1	0,0784	0,0010	0,6032	0,0281	0,0558	0,0029	0,09	0,487	0,006	0,479	0,018	0,444	0,112	101
21,1	0,0804	0,0010	0,6296	0,0235	0,0568	0,0023	0,10	0,499	0,006	0,496	0,015	0,482	0,089	100
2,1	0,1745	0,0026	1,7825	0,0706	0,0741	0,0033	0,40	1,037	0,014	1,039	0,026	1,044	0,091	99
34,1	0,1788	0,0022	1,8455	0,0694	0,0749	0,0031	0,44	1,060	0,012	1,062	0,025	1,065	0,084	99
20,1	0,1790	0,0022	1,8340	0,0604	0,0743	0,0026	0,39	1,062	0,012	1,058	0,022	1,050	0,072	100
19,1	0,1793	0,0022	1,8301	0,0575	0,0740	0,0024	0,21	1,063	0,012	1,056	0,021	1,042	0,065	100
8,1	0,1831	0,0025	1,8834	0,0683	0,0746	0,0031	0,48	1,084	0,014	1,075	0,024	1,057	0,085	100
23,1	0,1900	0,0024	2,0028	0,0673	0,0765	0,0027	0,63	1,121	0,013	1,116	0,023	1,107	0,070	100
1,1	0,0757	0,0026	0,5957	0,0756	0,0570	0,0083	0,68	0,471	0,016	0,475	0,050	0,493	0,281	99
27,1	0,1620	0,0019	1,6567	0,0585	0,0742	0,0030	0,64	0,968	0,011	0,992	0,023	1,046	0,083	97
22,1	0,0858	0,0010	0,7000	0,0218	0,0592	0,0019	0,15	0,531	0,006	0,539	0,013	0,574	0,070	98
24,1	0,0701	0,0012	0,5374	0,0377	0,0556	0,0041	1,07	0,437	0,007	0,437	0,024	0,435	0,161	100
18,1	0,0895	0,0012	0,7210	0,0297	0,0584	0,0025	0,14	0,553	0,007	0,551	0,017	0,545	0,096	100
11,1	0,2105	0,0022	2,2419	0,0572	0,0772	0,0021	0,21	1,232	0,012	1,194	0,018	1,127	0,054	103
14,1	0,0367	0,0009	0,2559	0,0295	0,0506	0,0066	0,97	0,232	0,006	0,231	0,024	0,223	0,244	100
17,1	0,0430	0,0006	0,3062	0,0132	0,0517	0,0024	0,21	0,271	0,003	0,271	0,010	0,271	0,106	100
37,1	0,0558	0,0007	0,4128	0,0187	0,0536	0,0027	0,47	0,350	0,004	0,351	0,013	0,356	0,113	99
33,1	0,3329	0,0042	4,9265	0,1743	0,1073	0,0042	0,69	1,852	0,020	1,807	0,031	1,755	0,072	102
15,1	0,3470	0,0044	5,4805	0,1523	0,1146	0,0031	1,56	1,920	0,021	1,898	0,023	1,873	0,049	101
25,1	0,0112	0,0002	0,0671	0,0087	0,0435	0,0062	0,52	0,072	0,002	0,066	0,008	0,000	0,153	108
26,1	0,0435	0,0008	0,3160	0,0284	0,0526	0,0051	0,93	0,275	0,005	0,279	0,022	0,314	0,187	98
7,1	0,0714	0,0013	0,5620	0,0329	0,0571	0,0037	0,76	0,445	0,008	0,453	0,021	0,495	0,140	98
9,1	0,0761	0,0011	0,5775	0,0280	0,0550	0,0030	0,58	0,473	0,007	0,463	0,018	0,414	0,122	102
6,1	0,0876	0,0019	0,6711	0,0503	0,0556	0,0048	0,56	0,541	0,011	0,521	0,031	0,435	0,189	103
16,1	0,1033	0,0012	0,9156	0,0273	0,0643	0,0020	0,12	0,634	0,007	0,660	0,015	0,751	0,066	96
35,1	0,1146	0,0026	1,1193	0,0958	0,0708	0,0057	0,61	0,699	0,015	0,763	0,042	0,953	0,160	91
28,1	0,1673	0,0046	1,7857	0,1812	0,0774	0,0089	0,68	0,997	0,025	1,040	0,067	1,132	0,240	95

Summary of LA-ICPMS U-Pb zircon results for sample V011

Grão. spot	Radiogenic Ratios							Age (Ma)						% Conc.
	$^{206}\text{Pb}/$ ^{238}U	\pm	$^{207}\text{Pb}/$ ^{235}U	\pm	$^{207}\text{Pb}/$ ^{206}Pb	\pm	Th/U	$^{206}\text{Pb}/$ ^{238}U	\pm	$^{207}\text{Pb}/$ ^{235}U	\pm	$^{207}\text{Pb}/$ ^{206}Pb	\pm	
55,1	0,0014	0,0000	0,0086	0,0003	0,0467	0,0014	0,195	0,009	0,000	0,009	0,000	0,046	0,064	106
55,2	0,0014	0,0000	0,0095	0,0002	0,0483	0,0010	0,302	0,009	0,000	0,010	0,000	0,121	0,045	97
25,1	0,0696	0,0005	0,5415	0,0040	0,0563	0,0003	0,046	0,434	0,003	0,439	0,003	0,457	0,011	99
34,1	0,0696	0,0007	0,5381	0,0067	0,0562	0,0004	0,666	0,434	0,004	0,437	0,004	0,454	0,014	99
62,2	0,0705	0,0003	0,5373	0,0027	0,0550	0,0003	0,113	0,439	0,002	0,437	0,002	0,406	0,011	101
33,1	0,0706	0,0007	0,5395	0,0051	0,0557	0,0002	0,3910	0,440	0,004	0,438	0,003	0,434	0,009	100
2,2	0,0707	0,0006	0,5332	0,0061	0,0550	0,0005	0,601	0,440	0,004	0,434	0,004	0,405	0,020	101
64,1	0,0710	0,0004	0,5415	0,0034	0,0555	0,0002	0,004	0,442	0,003	0,439	0,002	0,427	0,006	101
8,1	0,0745	0,0006	0,5741	0,0054	0,0561	0,0003	0,211	0,463	0,004	0,461	0,004	0,449	0,013	101
43,1	0,0751	0,0007	0,5863	0,0059	0,0563	0,0003	0,819	0,467	0,004	0,469	0,004	0,456	0,010	100
67,2	0,0753	0,0003	0,5867	0,0029	0,0567	0,0002	0,093	0,468	0,002	0,469	0,002	0,473	0,009	100
61,1	0,0754	0,0009	0,5881	0,0060	0,0564	0,0002	0,084	0,469	0,006	0,470	0,004	0,461	0,008	100
58,1	0,0760	0,0010	0,5960	0,0057	0,0568	0,0002	0,078	0,472	0,006	0,475	0,004	0,479	0,007	100
32,1	0,0762	0,0007	0,5853	0,0054	0,0559	0,0002	0,079	0,473	0,004	0,468	0,003	0,441	0,008	101
58,2	0,0766	0,0010	0,5986	0,0061	0,0564	0,0002	0,105	0,476	0,006	0,476	0,004	0,461	0,008	100
14,1	0,0767	0,0006	0,5916	0,0050	0,0563	0,0003	0,064	0,476	0,003	0,472	0,003	0,460	0,013	101
13,1	0,0445	0,0005	0,2957	0,0039	0,0488	0,0006	0,872	0,281	0,003	0,263	0,003	0,144	0,029	107
41,1	0,0445	0,0004	0,3226	0,0033	0,0520	0,0002	0,439	0,281	0,003	0,284	0,002	0,283	0,009	99
42,1	0,0457	0,0005	0,3441	0,0060	0,0548	0,0009	0,980	0,288	0,003	0,300	0,005	0,398	0,035	96
54,1	0,0468	0,0006	0,3439	0,0042	0,0528	0,0004	0,2897	0,295	0,004	0,300	0,003	0,316	0,017	98
66,1	0,0510	0,0002	0,3619	0,0024	0,0515	0,0003	0,498	0,321	0,002	0,314	0,002	0,264	0,011	102
57,1	0,0778	0,0010	0,6097	0,0058	0,0569	0,0001	0,058	0,483	0,006	0,483	0,004	0,483	0,005	100

31,1	0,0781	0,0005	0,6033	0,0046	0,0563	0,0003	0,400	0,485	0,003	0,479	0,003	0,456	0,011	101
12,2	0,0783	0,0008	0,5944	0,0106	0,0562	0,0008	0,111	0,486	0,005	0,474	0,007	0,455	0,032	103
37,1	0,0736	0,0007	0,5756	0,0053	0,0563	0,0002	0,536	0,458	0,004	0,462	0,003	0,457	0,007	99
60,2	0,0740	0,0010	0,5772	0,0078	0,0570	0,0006	0,552	0,460	0,006	0,463	0,005	0,485	0,023	99
17,1	0,0719	0,0007	0,5378	0,0059	0,0542	0,0006	0,355	0,448	0,004	0,437	0,004	0,375	0,024	102
71,1	0,0691	0,0004	0,5201	0,0039	0,0550	0,0004	0,118	0,431	0,002	0,425	0,003	0,408	0,017	101
66,1	0,0728	0,0004	0,5580	0,0035	0,0558	0,0003	0,582	0,453	0,002	0,450	0,002	0,437	0,011	101
52,1	0,0625	0,0013	0,5258	0,0197	0,0616	0,0020	0,028	0,391	0,008	0,429	0,013	0,655	0,069	91
2,1	0,0633	0,0029	0,4365	0,0399	0,0608	0,0006	0,0996	0,396	0,018	0,368	0,028	0,625	0,020	108
51,2	0,0702	0,0012	0,5490	0,0114	0,0568	0,0003	0,146	0,437	0,007	0,444	0,007	0,479	0,013	98
4,1	0,0708	0,0009	0,5174	0,0125	0,0538	0,0009	0,263	0,441	0,006	0,423	0,008	0,357	0,035	104
30,1	0,0727	0,0005	0,5717	0,0054	0,0574	0,0004	0,696	0,452	0,003	0,459	0,003	0,500	0,014	99
10,1	0,0737	0,0006	0,5577	0,0061	0,0541	0,0006	0,9300	0,458	0,004	0,450	0,004	0,370	0,025	102
16,1	0,0621	0,0006	0,4697	0,0065	0,0550	0,0008	0,374	0,388	0,003	0,391	0,004	0,407	0,030	99
35,1	0,0640	0,0006	0,4894	0,0044	0,0554	0,0001	0,501	0,400	0,004	0,404	0,003	0,422	0,005	99
40,1	0,0659	0,0007	0,5280	0,0078	0,0570	0,0004	0,493	0,412	0,004	0,430	0,005	0,485	0,017	96
49,1	0,0667	0,0012	0,5431	0,0176	0,0611	0,0014	2,382	0,416	0,007	0,440	0,012	0,635	0,049	94
70,1	0,0668	0,0006	0,5611	0,0132	0,0610	0,0014	0,419	0,417	0,004	0,452	0,009	0,635	0,050	92
20,2	0,0712	0,0019	0,5001	0,0198	0,0525	0,0025	0,0544	0,444	0,012	0,412	0,013	0,303	0,102	108
3,1	0,0728	0,0007	0,6217	0,0116	0,0613	0,0011	1,118	0,453	0,004	0,491	0,007	0,644	0,038	92
1,2	0,0764	0,0022	0,6646	0,0435	0,0616	0,0017	0,071	0,474	0,013	0,517	0,026	0,655	0,059	92
5,1	0,0772	0,0007	0,5809	0,0072	0,0543	0,0005	0,236	0,479	0,004	0,465	0,005	0,378	0,021	103
59,1	0,0783	0,0017	0,6675	0,0182	0,0649	0,0004	0,075	0,486	0,010	0,519	0,011	0,768	0,015	94
61,2	0,0792	0,0005	0,5973	0,0054	0,0546	0,0005	0,440	0,491	0,003	0,476	0,003	0,392	0,021	103
6,2	0,0823	0,0007	0,6412	0,0069	0,0558	0,0004	0,021	0,510	0,004	0,503	0,004	0,440	0,015	101
27,1	0,0843	0,0007	0,6682	0,0090	0,0582	0,0009	0,159	0,522	0,004	0,520	0,005	0,529	0,033	100
28,1	0,0861	0,0006	0,7050	0,0071	0,0608	0,0004	0,023	0,533	0,004	0,542	0,004	0,626	0,013	98
67,1	0,0872	0,0005	0,6964	0,0043	0,0578	0,0003	0,271	0,539	0,003	0,537	0,003	0,517	0,012	100
39,1	0,0916	0,0009	0,7835	0,0085	0,0627	0,0002	0,050	0,565	0,005	0,587	0,005	0,692	0,008	96
24,1	0,0987	0,0007	0,8691	0,0069	0,0643	0,0004	0,041	0,607	0,004	0,635	0,004	0,748	0,012	96
7,1	0,1026	0,0010	0,9339	0,0106	0,0657	0,0004	0,072	0,630	0,006	0,670	0,006	0,792	0,012	94
51,1	0,1040	0,0019	0,9565	0,0214	0,0666	0,0004	0,359	0,638	0,011	0,681	0,011	0,823	0,012	94
62,1	0,1047	0,0004	0,8730	0,0036	0,0605	0,0002	0,582	0,642	0,003	0,637	0,002	0,614	0,006	101

6,1	0,1236	0,0012	1,0639	0,0117	0,0618	0,0004	1,405	0,751	0,007	0,736	0,006	0,662	0,015	102
11,1	0,1322	0,0011	1,1963	0,0133	0,0660	0,0007	0,381	0,800	0,006	0,799	0,006	0,803	0,022	100
45,1	0,1427	0,0034	1,4401	0,0459	0,0695	0,0008	0,264	0,860	0,019	0,906	0,019	0,913	0,025	95
46,1	0,1451	0,0028	1,4442	0,0346	0,0720	0,0005	0,236	0,873	0,016	0,907	0,014	0,986	0,013	96
50,1	0,1476	0,0027	1,4726	0,0320	0,0727	0,0006	0,438	0,888	0,015	0,919	0,013	1,007	0,016	97
44,1	0,1537	0,0027	1,5124	0,0314	0,0717	0,0003	0,1919	0,922	0,015	0,935	0,013	0,976	0,009	99
1,1	0,1543	0,0026	1,4164	0,0220	0,0677	0,0015	0,4006	0,925	0,014	0,896	0,009	0,856	0,048	103
18,1	0,1566	0,0011	1,5796	0,0128	0,0730	0,0004	0,055	0,938	0,006	0,962	0,005	1,015	0,011	97
21,1	0,1671	0,0014	1,8078	0,0181	0,0792	0,0003	0,082	0,996	0,008	1,048	0,007	1,179	0,007	95
12,1	0,1689	0,0013	1,7403	0,0149	0,0751	0,0004	0,261	1,006	0,007	1,024	0,005	1,073	0,012	98
60,1	0,1702	0,0022	1,7020	0,0182	0,0734	0,0004	0,428	1,013	0,012	1,009	0,007	1,026	0,010	100
53,1	0,1785	0,0031	1,8921	0,0391	0,0771	0,0004	0,575	1,059	0,017	1,078	0,014	1,125	0,010	98
23,1	0,1944	0,0052	2,1209	0,0729	0,0761	0,0004	0,393	1,145	0,028	1,156	0,023	1,100	0,012	99
7,2	0,1957	0,0016	2,1907	0,0213	0,0808	0,0005	0,390	1,152	0,009	1,178	0,007	1,221	0,013	98
59,2	0,2039	0,0036	2,2050	0,0355	0,0806	0,0007	0,329	1,196	0,019	1,183	0,011	1,215	0,018	101
20,1	0,2410	0,0017	3,0439	0,0238	0,0914	0,0005	0,394	1,392	0,009	1,419	0,006	1,461	0,009	98
36,1	0,2471	0,0024	3,5867	0,0346	0,1047	0,0002	0,473	1,423	0,013	1,547	0,008	1,714	0,004	92
9,1	0,0011	0,0001	0,0144	0,0022	0,1842	0,0436	0,796	0,007	0,001	0,014	0,002	2,693	0,348	50
				-										
15,2	0,0030	0,0008	0,0248	0,0159	0,0374	0,0447	0,650	0,019	0,005	0,025	0,016	-10,611	7,764	78
19,1	0,0650	0,0010	0,5125	0,0216	0,0578	0,0022	3,179	0,406	0,006	0,420	0,014	0,515	0,082	97
29,1	0,0014	0,0002	-0,0025	0,0024	0,1427	0,0472	0,649	0,009	0,001	-0,003	0,002	2,256	0,489	-342
38,1	0,0014	0,0001	0,0000	0,0012	0,0136	0,0135	0,598	0,009	0,001	0,000	0,001	-2,208	1,109	20589
38,2	0,0011	0,0001	0,0089	0,0011	0,0273	0,0091	0,760	0,007	0,000	0,009	0,001	-1,088	0,590	78
47,1	0,0848	0,0044	0,8589	0,1261	0,0757	0,0156	2,464	0,525	0,026	0,630	0,067	1,089	0,371	83
50,2	0,0763	0,0014	0,6205	0,0149	0,0588	0,0008	0,191	0,474	0,008	0,490	0,009	0,555	0,028	97
63,1	0,0650	0,0006	0,5176	0,0090	0,0579	0,0010	1,144	0,406	0,003	0,424	0,006	0,521	0,037	96
56,2	0,0012	0,0002	-0,0071	0,0043	0,1396	0,0591	0,641	0,008	0,002	-0,007	0,004	2,218	0,603	-106
56,1	0,0009	0,0002	0,0026	0,0031	0,2887	0,1090	0,725	0,005	0,001	0,003	0,003	3,406	0,025	211
48,1	0,0009	0,0002	0,0076	0,0033	0,0594	0,0488	0,677	0,006	0,002	0,008	0,003	0,575	1,198	76
22,1	0,0013	0,0003	0,0073	0,0021	0,0497	0,0222	0,729	0,008	0,002	0,007	0,002	0,184	0,800	115
				-										
48,2	0,0013	0,0001	0,0064	0,0016	0,0120	0,0153	0,480	0,008	0,001	0,006	0,002	-5,395	2,097	131
68,1	0,0019	0,0002	0,0080	0,0033	-	0,0250	0,554	0,012	0,002	0,008	0,003	-6,093	3,403	151

				0,0162											
				-											
15,1	0,0033	0,0006	0,0050	0,0079	0,0419	0,0197	0,596	0,021	0,004	0,005	0,008	-11,819	4,641	422	
69,1	0,0305	0,0009	0,1768	0,0071	0,0431	0,0019	0,344	0,193	0,005	0,165	0,006	-0,132	0,094	117	
26,1	0,0673	0,0010	0,5985	0,0093	0,0671	0,0007	0,504	0,420	0,006	0,476	0,006	0,838	0,023	88	
36,2	0,2207	0,0022	3,0981	0,0320	0,1017	0,0002	0,466	1,285	0,012	1,432	0,008	1,661	0,004	90	

Summary of LA-ICPMS U-Pb zircon results for sample P001

Grão. <i>spot</i>	Radiogenic Ratios							Age (Ma)							% Conc.
	$^{206}\text{Pb}/$ ^{238}U	\pm	$^{207}\text{Pb}/$ ^{235}U	\pm	$^{207}\text{Pb}/$ ^{206}Pb	\pm	Th/U	$^{206}\text{Pb}/$ ^{238}U	\pm	$^{207}\text{Pb}/$ ^{235}U	\pm	$^{207}\text{Pb}/$ ^{206}Pb	\pm		
44,1	0,0062	0,0005	0,0403	0,0193	0,0468	0,0221	0,38	0,040	0,003	0,040	0,017	0,038	0,463	100	
7,1	0,0373	0,0027	0,2640	0,0864	0,0514	0,0192	0,59	0,236	0,017	0,238	0,068	0,257	0,493	99	
42,1	0,0437	0,0004	0,3158	0,0128	0,0525	0,0023	0,34	0,275	0,003	0,279	0,010	0,306	0,103	98	
48,2	0,0468	0,0007	0,3416	0,0205	0,0529	0,0035	0,43	0,295	0,004	0,298	0,016	0,326	0,154	98	
8,1	0,0530	0,0006	0,3918	0,0128	0,0536	0,0018	0,22	0,333	0,004	0,336	0,009	0,353	0,076	99	
47,1	0,0558	0,0005	0,4068	0,0155	0,0529	0,0020	0,33	0,350	0,003	0,347	0,011	0,323	0,089	101	
13,1	0,0574	0,0006	0,4223	0,0113	0,0533	0,0016	0,17	0,360	0,004	0,358	0,008	0,343	0,067	100	
63,1	0,0703	0,0006	0,5371	0,0168	0,0554	0,0017	0,01	0,438	0,004	0,437	0,011	0,430	0,067	100	
18,2	0,0743	0,0027	0,5836	0,0954	0,0570	0,0109	0,08	0,462	0,016	0,467	0,058	0,491	0,343	98	
9,1	0,0747	0,0013	0,5834	0,0334	0,0566	0,0034	0,33	0,465	0,008	0,467	0,021	0,477	0,137	99	
21,1	0,0757	0,0009	0,5863	0,0204	0,0562	0,0022	0,05	0,470	0,006	0,469	0,013	0,459	0,085	100	
58,1	0,0758	0,0007	0,5895	0,0226	0,0564	0,0021	0,05	0,471	0,004	0,471	0,014	0,467	0,080	100	
72,1	0,0764	0,0008	0,5909	0,0191	0,0561	0,0019	0,05	0,475	0,005	0,471	0,012	0,456	0,073	100	
29,2	0,0768	0,0013	0,5935	0,0308	0,0560	0,0032	0,06	0,477	0,008	0,473	0,020	0,454	0,128	100	
67,1	0,0768	0,0008	0,6015	0,0192	0,0568	0,0019	0,27	0,477	0,005	0,478	0,012	0,485	0,075	99	
24,1	0,0777	0,0015	0,6205	0,0368	0,0579	0,0039	0,09	0,482	0,009	0,490	0,024	0,527	0,159	98	
25,2	0,0779	0,0013	0,6085	0,0301	0,0567	0,0030	0,05	0,483	0,008	0,483	0,019	0,479	0,121	100	

62,1	0,0779	0,0008	0,6170	0,0239	0,0575	0,0022	0,11	0,483	0,005	0,488	0,015	0,509	0,087	99
71,1	0,0779	0,0012	0,6101	0,0388	0,0568	0,0039	0,59	0,483	0,007	0,484	0,025	0,484	0,146	99
3,1	0,0780	0,0010	0,6081	0,0244	0,0565	0,0024	0,16	0,484	0,006	0,482	0,015	0,473	0,091	100
30,1	0,0780	0,0011	0,6094	0,0256	0,0567	0,0027	0,18	0,484	0,007	0,483	0,017	0,479	0,108	100
32,1	0,0779	0,0010	0,6116	0,0239	0,0569	0,0023	0,08	0,484	0,006	0,485	0,015	0,489	0,089	99
25,1	0,0789	0,0014	0,6120	0,0331	0,0563	0,0033	0,14	0,490	0,008	0,485	0,021	0,462	0,127	100
66,1	0,0793	0,0008	0,6192	0,0220	0,0567	0,0021	0,07	0,492	0,005	0,489	0,014	0,478	0,084	100
24,2	0,0797	0,0012	0,6230	0,0267	0,0567	0,0026	0,19	0,494	0,007	0,492	0,017	0,480	0,101	100
41,1	0,0842	0,0019	0,6607	0,0450	0,0569	0,0043	0,35	0,521	0,011	0,515	0,027	0,489	0,164	101
34,1	0,0843	0,0014	0,6820	0,0324	0,0587	0,0029	0,24	0,522	0,008	0,528	0,020	0,555	0,111	98
38,2	0,0843	0,0013	0,6721	0,0316	0,0579	0,0028	0,34	0,522	0,008	0,522	0,019	0,524	0,110	99
37,1	0,0848	0,0016	0,6704	0,0389	0,0573	0,0037	0,66	0,525	0,010	0,521	0,023	0,504	0,140	100
31,1	0,0872	0,0017	0,6920	0,0430	0,0576	0,0040	0,13	0,539	0,010	0,534	0,026	0,513	0,147	100
46,1	0,0959	0,0014	0,8102	0,0464	0,0613	0,0038	0,40	0,590	0,008	0,603	0,026	0,650	0,137	97
29,1	0,0983	0,0016	0,8026	0,0381	0,0592	0,0031	0,22	0,604	0,009	0,598	0,022	0,575	0,112	101
20,1	0,1003	0,0012	0,8297	0,0264	0,0600	0,0020	0,12	0,616	0,007	0,613	0,014	0,602	0,072	100
18,1	0,1519	0,0031	1,5265	0,0944	0,0729	0,0052	0,83	0,911	0,017	0,941	0,039	1,011	0,148	96
41,2	0,1658	0,0028	1,6720	0,0738	0,0731	0,0041	0,47	0,989	0,016	0,998	0,032	1,018	0,126	99
26,1	0,1677	0,0028	1,7067	0,0773	0,0738	0,0037	0,21	1,000	0,016	1,011	0,029	1,036	0,099	98
5,1	0,1686	0,0026	1,7210	0,0686	0,0740	0,0031	0,57	1,005	0,015	1,016	0,026	1,042	0,085	98
59,1	0,1770	0,0031	1,8087	0,1394	0,0741	0,0060	0,52	1,050	0,017	1,049	0,051	1,045	0,167	100
45,1	0,1770	0,0025	1,7932	0,0850	0,0735	0,0037	0,24	1,051	0,013	1,043	0,031	1,027	0,102	100
49,1	0,1780	0,0017	1,8063	0,0580	0,0736	0,0024	0,30	1,056	0,010	1,048	0,021	1,030	0,066	100
6,1	0,1786	0,0035	1,8683	0,0950	0,0759	0,0042	0,31	1,059	0,019	1,070	0,033	1,091	0,106	99
12,1	0,1813	0,0041	1,8669	0,1266	0,0747	0,0057	1,01	1,074	0,022	1,069	0,045	1,060	0,155	100
23,1	0,1864	0,0026	1,9353	0,0696	0,0753	0,0029	0,20	1,102	0,014	1,093	0,024	1,077	0,076	100
22,1	0,1912	0,0028	2,0214	0,0759	0,0767	0,0032	0,73	1,128	0,015	1,123	0,026	1,112	0,084	100
1,1	0,2005	0,0021	2,1571	0,0513	0,0780	0,0018	0,22	1,178	0,011	1,167	0,016	1,148	0,045	100
16,1	0,2066	0,0028	2,2548	0,0759	0,0792	0,0029	0,55	1,211	0,015	1,198	0,024	1,176	0,073	101
19,1	0,2067	0,0026	2,2722	0,0671	0,0797	0,0026	0,22	1,211	0,014	1,204	0,021	1,190	0,064	100
11,1	0,2098	0,0027	2,3491	0,0697	0,0812	0,0024	0,34	1,228	0,014	1,227	0,021	1,226	0,058	100
28,1	0,2128	0,0046	2,3257	0,1326	0,0793	0,0051	0,31	1,244	0,025	1,220	0,041	1,179	0,126	101
35,1	0,2133	0,0035	2,4390	0,1025	0,0830	0,0036	0,63	1,246	0,019	1,254	0,031	1,268	0,086	99

33,1	0,2196	0,0033	2,4630	0,0978	0,0814	0,0033	0,53	1,280	0,017	1,261	0,028	1,230	0,078	101
36,1	0,2483	0,0040	3,0941	0,1275	0,0904	0,0038	0,49	1,430	0,020	1,431	0,031	1,433	0,078	99
38,1	0,3268	0,0051	5,0929	0,1938	0,1130	0,0043	0,83	1,823	0,025	1,835	0,032	1,849	0,070	99
14,1	0,3327	0,0041	5,1754	0,1352	0,1128	0,0032	0,51	1,851	0,020	1,849	0,022	1,846	0,051	100
55,1	0,3355	0,0030	5,2662	0,1263	0,1138	0,0026	0,90	1,865	0,015	1,863	0,021	1,862	0,041	100
17,1	0,4275	0,0048	8,5483	0,1929	0,1450	0,0035	0,72	2,294	0,022	2,291	0,021	2,288	0,041	100
15,1	0,0455	0,0008	0,3142	0,0221	0,0501	0,0040	0,38	0,287	0,005	0,277	0,017	0,200	0,175	103
48,1	0,0463	0,0006	0,3415	0,0194	0,0535	0,0034	0,49	0,292	0,004	0,298	0,015	0,350	0,120	97
74,1	0,0473	0,0008	0,3649	0,0253	0,0559	0,0043	0,41	0,298	0,005	0,316	0,019	0,449	0,159	94
68,1	0,0477	0,0009	0,3510	0,0302	0,0534	0,0051	0,43	0,300	0,005	0,305	0,023	0,346	0,200	98
61,1	0,0484	0,0008	0,3453	0,0385	0,0517	0,0061	0,54	0,305	0,005	0,301	0,029	0,273	0,241	101
52,1	0,0501	0,0005	0,3532	0,0149	0,0511	0,0022	0,32	0,315	0,003	0,307	0,011	0,245	0,098	102
39,1	0,0550	0,0011	0,4155	0,0240	0,0548	0,0036	0,37	0,345	0,006	0,353	0,018	0,405	0,150	97
71,2	0,0743	0,0012	0,6044	0,0399	0,0590	0,0042	0,49	0,462	0,007	0,480	0,025	0,567	0,162	96
54,1	0,0773	0,0008	0,5879	0,0243	0,0552	0,0023	0,49	0,480	0,005	0,470	0,015	0,418	0,091	102
56,2	0,0776	0,0009	0,6380	0,0347	0,0596	0,0034	0,20	0,482	0,006	0,501	0,021	0,590	0,124	96
73,1	0,0878	0,0019	0,6774	0,0730	0,0559	0,0066	1,18	0,543	0,012	0,525	0,045	0,450	0,226	103
10,1	0,1062	0,0033	0,9500	0,0919	0,0649	0,0068	0,25	0,651	0,019	0,678	0,050	0,771	0,244	95
40,1	0,1257	0,0020	1,2449	0,0548	0,0718	0,0031	0,21	0,763	0,011	0,821	0,024	0,982	0,085	92
56,1	0,1547	0,0039	1,6248	0,1909	0,0762	0,0098	0,34	0,927	0,021	0,980	0,079	1,099	0,276	94
43,1	0,0020	0,0002	0,0144	0,0063	0,0513	0,0252	0,11	0,013	0,001	0,015	0,006	0,256	0,436	90
69,1	0,0019	0,0001	0,0136	0,0050	0,0507	0,0215	0,63	0,013	0,001	0,014	0,005	0,228	0,541	91
53,1	0,0022	0,0001	0,0154	0,0057	0,0501	0,0181	0,39	0,014	0,001	0,015	0,006	0,198	0,561	92
57,1	0,0031	0,0003	0,0198	0,0162	0,0455	0,0380	0,37	0,020	0,002	0,020	0,015	0,000	0,711	101
50,1	0,0051	0,0006	0,0377	0,0229	0,0541	0,0364	0,40	0,032	0,004	0,038	0,020	0,377	0,668	86
2,1	0,0063	0,0006	0,0351	0,0199	0,0404	0,0266	0,53	0,041	0,004	0,035	0,019	0,000	0,453	115
4,2	0,0801	0,0013	0,6112	0,0332	0,0553	0,0033	0,27	0,497	0,008	0,484	0,021	0,425	0,130	102
4,1	0,0887	0,0022	0,6869	0,0625	0,0561	0,0057	0,43	0,548	0,013	0,531	0,036	0,458	0,208	103
60,1	0,0018	0,0002	0,0015	0,0163	0,0060	0,0659	0,44	0,011	0,002	0,001	0,014	0,000	0,972	764
64,1	0,0022	0,0001	0,0020	0,0053	0,0066	0,0189	0,05	0,014	0,001	0,002	0,005	0,000	0,029	695
65,1	0,0021	0,0002	0,0081	0,0099	0,0280	0,0382	0,45	0,014	0,001	0,008	0,009	0,000	0,748	164
27,1	0,0026	0,0006	0,0127	0,0185	0,0355	0,0716	0,34	0,017	0,004	0,013	0,014	0,000	0,828	130
51,1	0,0032	0,0011	0,0063	0,0470	0,0141	0,0940	1,15	0,021	0,007	0,006	0,026	0,000	0,933	326

70,1 0,0021 0,0001 0,0143 0,0022 0,0484 0,0083 0,03 0,014 0,000 0,014 0,002 0,117 0,273 95

Summary of LA-ICPMS U-Pb zircon results for sample P003

Grão. spot	Radiogenic Ratios							Age (Ma)							% Conc.
	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	±	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	±	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	±	Th/U	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	±	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	±	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	±		
60,1	0,0731	0,0012	0,5574	0,0296	0,0553	0,0032	1,07	0,455	0,007	0,450	0,019	0,426	0,127	101	
37,1	0,0735	0,0009	0,5743	0,0126	0,0567	0,0012	0,72	0,457	0,005	0,461	0,008	0,479	0,047	99	
2,1	0,0744	0,0011	0,5664	0,0366	0,0552	0,0037	0,52	0,463	0,007	0,456	0,023	0,420	0,135	101	
10,1	0,0746	0,0008	0,5827	0,0145	0,0566	0,0013	1,34	0,464	0,005	0,466	0,009	0,477	0,050	99	
17,1	0,0748	0,0010	0,5914	0,0261	0,0573	0,0027	0,31	0,465	0,006	0,472	0,017	0,504	0,101	98	
38,1	0,0750	0,0009	0,5927	0,0134	0,0573	0,0013	0,55	0,466	0,005	0,473	0,008	0,503	0,050	98	
12,1	0,0752	0,0009	0,5925	0,0201	0,0572	0,0019	1,11	0,467	0,005	0,472	0,013	0,498	0,075	98	
57,1	0,0754	0,0009	0,5881	0,0153	0,0566	0,0016	0,10	0,468	0,005	0,470	0,010	0,475	0,061	99	
29,1	0,0768	0,0019	0,6073	0,0325	0,0574	0,0025	0,23	0,477	0,011	0,482	0,021	0,505	0,096	98	
3,1	0,0774	0,0008	0,6075	0,0173	0,0569	0,0016	1,01	0,481	0,005	0,482	0,011	0,488	0,060	99	
66,1	0,0775	0,0010	0,5980	0,0185	0,0559	0,0019	0,97	0,481	0,006	0,476	0,012	0,450	0,074	101	
15,1	0,1787	0,0021	1,8796	0,0520	0,0763	0,0021	0,51	1,060	0,011	1,074	0,018	1,103	0,054	98	
46,1	0,1789	0,0019	1,8714	0,0368	0,0758	0,0014	0,48	1,061	0,010	1,071	0,013	1,091	0,036	99	
50,1	0,1790	0,0020	1,8833	0,0426	0,0763	0,0018	0,73	1,062	0,011	1,075	0,015	1,103	0,048	98	
16,1	0,1795	0,0020	1,8706	0,0499	0,0756	0,0020	0,44	1,064	0,011	1,071	0,018	1,084	0,055	99	
75,1	0,1824	0,0027	1,9373	0,0611	0,0770	0,0026	0,36	1,080	0,015	1,094	0,021	1,122	0,067	98	
75,2	0,1827	0,0022	1,9320	0,0408	0,0767	0,0016	0,35	1,082	0,012	1,092	0,014	1,113	0,041	99	
5,1	0,1871	0,0019	2,0359	0,0404	0,0789	0,0013	0,45	1,106	0,010	1,128	0,013	1,170	0,034	98	
77,1	0,1881	0,0025	1,9800	0,0689	0,0764	0,0028	0,48	1,111	0,014	1,109	0,023	1,104	0,071	100	
7,1	0,1697	0,0017	1,7171	0,0369	0,0734	0,0014	0,27	1,010	0,009	1,015	0,014	1,025	0,040	99	
79,1	0,1695	0,0030	1,7418	0,0948	0,0745	0,0044	1,26	1,010	0,017	1,024	0,034	1,055	0,115	98	

8,1	0,1857	0,0017	2,0703	0,0352	0,0809	0,0013	0,51	1,098	0,009	1,139	0,012	1,218	0,033	96
27,1	0,1933	0,0041	2,0834	0,0814	0,0782	0,0021	0,32	1,139	0,022	1,143	0,027	1,151	0,054	99
18,1	0,0808	0,0010	0,6393	0,0249	0,0574	0,0025	1,08	0,501	0,006	0,502	0,016	0,507	0,094	99
1,1	0,0843	0,0012	0,6752	0,0379	0,0581	0,0033	1,28	0,522	0,007	0,524	0,023	0,534	0,120	99
44,1	0,0875	0,0010	0,7133	0,0191	0,0591	0,0016	0,77	0,541	0,006	0,547	0,011	0,572	0,060	98
13,1	0,0934	0,0012	0,7821	0,0306	0,0607	0,0025	0,32	0,576	0,007	0,587	0,017	0,630	0,088	98
55,1	0,1455	0,0015	1,3957	0,0223	0,0696	0,0011	0,37	0,876	0,008	0,887	0,009	0,916	0,033	98
20,1	0,1459	0,0016	1,3991	0,0359	0,0696	0,0018	0,18	0,878	0,009	0,889	0,015	0,915	0,053	98
70,1	0,1599	0,0022	1,5589	0,0473	0,0707	0,0023	0,31	0,956	0,012	0,954	0,019	0,949	0,066	100
58,1	0,1636	0,0019	1,6468	0,0402	0,0730	0,0021	0,71	0,977	0,011	0,988	0,017	1,014	0,069	98
59,1	0,2343	0,0034	2,8537	0,0838	0,0883	0,0029	0,73	1,357	0,018	1,370	0,022	1,389	0,062	99
73,1	0,0338	0,0008	0,2352	0,0223	0,0504	0,0053	0,64	0,214	0,005	0,214	0,019	0,214	0,206	100
21,1	0,0395	0,0006	0,2817	0,0162	0,0517	0,0032	0,84	0,250	0,004	0,252	0,013	0,271	0,137	99
48,1	0,0451	0,0005	0,3237	0,0099	0,0521	0,0016	1,21	0,284	0,003	0,285	0,008	0,290	0,073	99
54,1	0,0469	0,0008	0,3412	0,0199	0,0528	0,0034	0,54	0,295	0,005	0,298	0,015	0,319	0,150	99
34,1	0,0484	0,0009	0,3542	0,0133	0,0531	0,0024	0,88	0,304	0,005	0,308	0,010	0,334	0,095	98
35,1	0,0532	0,0006	0,3881	0,0073	0,0529	0,0009	0,14	0,334	0,003	0,333	0,005	0,324	0,038	100
6,1	0,0596	0,0007	0,4493	0,0148	0,0547	0,0017	0,63	0,373	0,004	0,377	0,010	0,399	0,071	99
28,1	0,0632	0,0014	0,4789	0,0210	0,0550	0,0017	0,79	0,395	0,008	0,397	0,014	0,411	0,070	99
9,1	0,0634	0,0007	0,4804	0,0162	0,0549	0,0018	0,71	0,396	0,004	0,398	0,011	0,410	0,075	99
61,1	0,0970	0,0013	0,8181	0,0248	0,0612	0,0020	0,75	0,597	0,007	0,607	0,014	0,645	0,069	98
69,1	0,1029	0,0012	0,8850	0,0202	0,0624	0,0015	0,24	0,631	0,007	0,644	0,012	0,687	0,047	98
74,1	0,1090	0,0018	0,9277	0,0426	0,0618	0,0031	0,32	0,667	0,011	0,666	0,022	0,666	0,105	100
67,1	0,0050	0,0002	0,0318	0,0051	0,0464	0,0085	0,44	0,032	0,001	0,032	0,005	0,018	0,205	100
43,1	0,0056	0,0002	0,0419	0,0064	0,0540	0,0094	0,75	0,036	0,001	0,042	0,006	0,370	0,311	86
22,1	0,0083	0,0003	0,0434	0,0151	0,0380	0,0141	1,44	0,053	0,002	0,043	0,015	0,000	0,206	123
14,1	0,0351	0,0003	0,2506	0,0046	0,0518	0,0009	4,59	0,222	0,002	0,227	0,004	0,276	0,038	97
81,1	0,0397	0,0017	0,3757	0,0699	0,0687	0,0140	1,24	0,251	0,010	0,324	0,054	0,889	0,397	77
31,1	0,0412	0,0006	0,3036	0,0088	0,0534	0,0016	1,11	0,260	0,004	0,269	0,007	0,348	0,072	96
56,1	0,0411	0,0014	0,2724	0,0459	0,0480	0,0090	0,81	0,260	0,009	0,245	0,037	0,100	0,243	106
11,1	0,0414	0,0006	0,3045	0,0170	0,0533	0,0030	1,24	0,261	0,003	0,270	0,013	0,343	0,127	96
80,1	0,0415	0,0010	0,2840	0,0352	0,0496	0,0070	1,08	0,262	0,006	0,254	0,028	0,176	0,240	103
33,1	0,0419	0,0005	0,3024	0,0075	0,0524	0,0013	0,56	0,265	0,003	0,268	0,006	0,301	0,056	98

85,1	0,0421	0,0009	0,2820	0,0292	0,0486	0,0056	1,12	0,266	0,005	0,252	0,023	0,127	0,187	105
78,1	0,0423	0,0015	0,2938	0,0624	0,0504	0,0119	0,87	0,267	0,010	0,262	0,048	0,212	0,387	102
64,1	0,0432	0,0007	0,3226	0,0152	0,0542	0,0028	0,91	0,273	0,004	0,284	0,012	0,379	0,117	95
40,1	0,0443	0,0011	0,3269	0,0174	0,0535	0,0035	0,71	0,280	0,007	0,287	0,013	0,349	0,111	97
51,1	0,0449	0,0005	0,3390	0,0100	0,0548	0,0016	0,82	0,283	0,003	0,296	0,008	0,403	0,072	95
68,1	0,0450	0,0008	0,3281	0,0205	0,0528	0,0037	0,74	0,284	0,005	0,288	0,015	0,321	0,151	98
52,1	0,0453	0,0006	0,3319	0,0129	0,0531	0,0022	1,04	0,286	0,004	0,291	0,010	0,333	0,091	98
86,1	0,0457	0,0007	0,3368	0,0203	0,0535	0,0034	0,34	0,288	0,005	0,295	0,015	0,348	0,143	97
19,1	0,0464	0,0008	0,3417	0,0238	0,0535	0,0040	0,79	0,292	0,005	0,298	0,019	0,348	0,160	97
36,1	0,0482	0,0007	0,3583	0,0100	0,0539	0,0016	0,63	0,303	0,004	0,311	0,007	0,368	0,070	97
84,1	0,0487	0,0007	0,3611	0,0191	0,0538	0,0031	0,83	0,307	0,004	0,313	0,015	0,361	0,142	97
41,1	0,0492	0,0006	0,3650	0,0088	0,0538	0,0013	1,06	0,310	0,004	0,316	0,006	0,363	0,053	98
49,1	0,0502	0,0007	0,3711	0,0147	0,0536	0,0022	0,85	0,316	0,004	0,320	0,011	0,354	0,092	98
47,1	0,0517	0,0010	0,3550	0,0263	0,0498	0,0041	0,63	0,325	0,006	0,308	0,020	0,186	0,173	105
42,1	0,0521	0,0006	0,3976	0,0127	0,0553	0,0018	0,57	0,328	0,004	0,340	0,009	0,425	0,077	96
72,1	0,0527	0,0007	0,4173	0,0113	0,0574	0,0015	0,97	0,331	0,004	0,354	0,008	0,508	0,058	93
87,1	0,0532	0,0008	0,3999	0,0241	0,0545	0,0036	0,20	0,334	0,005	0,342	0,018	0,390	0,147	97
65,1	0,0534	0,0010	0,4090	0,0257	0,0556	0,0038	0,64	0,335	0,006	0,348	0,019	0,436	0,151	96
39,1	0,0614	0,0007	0,4722	0,0100	0,0558	0,0012	0,20	0,384	0,004	0,393	0,007	0,443	0,047	97
25,1	0,0733	0,0016	0,5823	0,0252	0,0576	0,0018	0,64	0,456	0,010	0,466	0,016	0,515	0,071	97
26,1	0,0754	0,0019	0,5688	0,0364	0,0547	0,0030	0,89	0,468	0,012	0,457	0,023	0,401	0,120	102
4,1	0,0772	0,0010	0,6384	0,0285	0,0599	0,0027	1,09	0,480	0,006	0,501	0,018	0,602	0,102	95
45,1	0,0811	0,0011	0,6720	0,0252	0,0601	0,0023	0,48	0,503	0,007	0,522	0,015	0,608	0,088	96
76,1	0,0858	0,0013	0,7071	0,0347	0,0598	0,0032	0,85	0,530	0,007	0,543	0,021	0,596	0,116	97
20,2	0,1081	0,0013	0,8803	0,0311	0,0591	0,0022	0,32	0,662	0,007	0,641	0,017	0,570	0,080	103
24,1	0,1393	0,0030	1,3606	0,0539	0,0708	0,0020	0,36	0,841	0,017	0,872	0,023	0,952	0,057	96
62,1	0,1474	0,0015	1,6533	0,0276	0,0814	0,0014	0,60	0,886	0,009	0,991	0,011	1,230	0,036	89
71,1	0,2501	0,0026	5,0846	0,0747	0,1475	0,0021	0,26	1,439	0,013	1,834	0,013	2,317	0,024	78
53,1	0,0344	0,0007	0,2258	0,0191	0,0476	0,0045	0,68	0,218	0,004	0,207	0,016	0,077	0,160	105
83,1	0,0010	0,0002	0,0082	0,0109	0,0581	0,0805	0,28	0,007	0,001	0,008	0,009	0,533	1,034	79
32,1	0,0032	0,0004	0,0227	0,0073	0,0517	0,0216	0,46	0,021	0,003	0,023	0,007	0,271	0,472	89
63,1	0,0033	0,0001	0,0215	0,0028	0,0476	0,0071	0,72	0,021	0,001	0,022	0,003	0,081	0,178	97

Summary of LA-ICPMS U-Pb zircon results for sample P006

Grão. spot	Radiogenic Ratios							Age (Ma)						% Conc.
	$^{206}\text{Pb}/$ ^{238}U	\pm	$^{207}\text{Pb}/$ ^{235}U	\pm	$^{207}\text{Pb}/$ ^{206}Pb	\pm	Th/U	$^{206}\text{Pb}/$ ^{238}U	\pm	$^{207}\text{Pb}/$ ^{235}U	\pm	$^{207}\text{Pb}/$ ^{206}Pb	\pm	
44,1	0,0431	0,0023	0,3076	0,0229	0,0517	0,0026	0,43	0,272	0,014	0,272	0,018	0,274	0,117	99
41,1	0,0525	0,0028	0,3858	0,0287	0,0533	0,0027	0,11	0,330	0,017	0,331	0,021	0,341	0,110	99
14,1	0,0538	0,0006	0,3956	0,0139	0,0534	0,0019	0,27	0,338	0,004	0,338	0,010	0,344	0,082	99
23,1	0,0719	0,0008	0,5500	0,0174	0,0555	0,0018	0,25	0,448	0,005	0,445	0,011	0,432	0,072	100
36,1	0,0723	0,0039	0,5671	0,0405	0,0569	0,0027	0,36	0,450	0,023	0,456	0,027	0,489	0,103	98
32,1	0,0747	0,0012	0,5932	0,0326	0,0576	0,0036	0,45	0,464	0,007	0,473	0,021	0,515	0,135	98
21,1	0,0767	0,0009	0,6051	0,0207	0,0572	0,0020	0,73	0,476	0,005	0,480	0,013	0,500	0,082	99
15,1	0,0784	0,0011	0,6204	0,0283	0,0574	0,0028	0,70	0,487	0,007	0,490	0,018	0,506	0,106	99
56,1	0,1023	0,0018	0,8773	0,0432	0,0622	0,0034	0,57	0,628	0,010	0,640	0,023	0,680	0,119	98
57,1	0,1575	0,0027	1,6093	0,0691	0,0741	0,0036	0,48	0,943	0,015	0,974	0,028	1,044	0,102	96
11,1	0,1656	0,0024	1,6414	0,0782	0,0719	0,0036	0,38	0,988	0,013	0,986	0,029	0,983	0,099	100
10,1	0,1666	0,0017	1,6810	0,0482	0,0732	0,0020	0,50	0,994	0,009	1,001	0,018	1,018	0,057	99
55,1	0,1677	0,0022	1,7047	0,0547	0,0737	0,0025	0,21	1,000	0,012	1,010	0,021	1,033	0,071	98
20,1	0,1737	0,0042	1,7898	0,1322	0,0747	0,0062	0,38	1,032	0,023	1,042	0,046	1,061	0,158	99
33,1	0,1750	0,0032	1,8618	0,0944	0,0772	0,0044	0,23	1,040	0,017	1,068	0,035	1,125	0,129	97
51,1	0,1754	0,0027	1,8276	0,0682	0,0756	0,0031	0,40	1,042	0,015	1,055	0,025	1,083	0,086	98
25,1	0,1768	0,0021	1,8112	0,0645	0,0743	0,0029	0,30	1,049	0,012	1,050	0,023	1,050	0,078	99
42,1	0,1789	0,0088	1,8320	0,1040	0,0743	0,0022	0,11	1,061	0,048	1,057	0,037	1,048	0,059	100
27,1	0,1792	0,0021	1,8386	0,0610	0,0744	0,0027	0,16	1,063	0,011	1,059	0,022	1,052	0,075	100
45,1	0,1794	0,0090	1,8846	0,1124	0,0762	0,0028	0,14	1,064	0,049	1,076	0,040	1,100	0,075	98
29,1	0,1797	0,0019	1,8184	0,0551	0,0734	0,0024	0,18	1,065	0,010	1,052	0,020	1,025	0,067	101
38,1	0,1803	0,0105	1,8897	0,1455	0,0760	0,0043	0,59	1,069	0,057	1,077	0,052	1,095	0,109	99

35,2	0,1813	0,0096	1,8787	0,1234	0,0752	0,0029	0,38	1,074	0,052	1,074	0,043	1,073	0,075	100
35,1	0,1827	0,0023	1,9318	0,0692	0,0767	0,0030	0,44	1,082	0,013	1,092	0,024	1,113	0,080	99
19,1	0,1843	0,0024	1,8868	0,0671	0,0743	0,0028	0,36	1,090	0,013	1,076	0,023	1,049	0,073	101
39,1	0,1894	0,0099	2,0360	0,1272	0,0780	0,0028	0,18	1,118	0,054	1,128	0,042	1,146	0,071	99
13,1	0,1938	0,0028	2,1501	0,0806	0,0805	0,0032	0,21	1,142	0,015	1,165	0,026	1,209	0,077	98
26,1	0,1962	0,0018	2,2129	0,0566	0,0818	0,0022	0,23	1,155	0,010	1,185	0,018	1,240	0,054	97
40,1	0,1970	0,0102	2,2481	0,1424	0,0828	0,0034	0,51	1,159	0,056	1,196	0,047	1,264	0,083	96
47,1	0,1969	0,0030	2,0941	0,0818	0,0771	0,0035	0,54	1,159	0,016	1,147	0,026	1,124	0,083	101
50,1	0,1996	0,0034	2,2631	0,0946	0,0822	0,0038	0,49	1,173	0,018	1,201	0,028	1,251	0,087	97
46,1	0,2022	0,0132	2,2293	0,2103	0,0800	0,0062	0,82	1,187	0,071	1,190	0,066	1,196	0,153	99
52,1	0,2026	0,0026	2,1958	0,0676	0,0786	0,0026	0,27	1,189	0,014	1,180	0,021	1,162	0,066	100
7,1	0,2047	0,0025	2,2483	0,0812	0,0797	0,0029	0,20	1,200	0,014	1,196	0,026	1,189	0,072	100
17,1	0,2095	0,0024	2,2838	0,0645	0,0791	0,0023	0,30	1,226	0,013	1,207	0,020	1,174	0,057	101
9,1	0,2113	0,0022	2,3553	0,0686	0,0809	0,0023	0,24	1,236	0,012	1,229	0,021	1,218	0,056	100
22,1	0,6639	0,0076	23,6763	0,5455	0,2586	0,0058	0,76	3,282	0,030	3,255	0,022	3,238	0,035	100
49,1	0,0398	0,0008	0,2865	0,0198	0,0522	0,0041	0,54	0,252	0,005	0,256	0,016	0,295	0,157	98
2,1	0,0417	0,0006	0,2878	0,0165	0,0501	0,0030	0,60	0,263	0,004	0,257	0,013	0,200	0,133	102
31,1	0,0432	0,0009	0,3371	0,0263	0,0566	0,0052	0,28	0,272	0,006	0,295	0,020	0,478	0,209	92
54,1	0,0438	0,0006	0,3066	0,0142	0,0508	0,0026	0,35	0,276	0,004	0,272	0,011	0,230	0,114	101
30,1	0,0459	0,0006	0,3370	0,0161	0,0533	0,0029	0,73	0,289	0,004	0,295	0,012	0,341	0,121	98
34,1	0,0458	0,0009	0,3486	0,0254	0,0552	0,0046	0,25	0,289	0,005	0,304	0,019	0,420	0,174	95
24,1	0,0466	0,0007	0,3306	0,0191	0,0515	0,0033	0,35	0,293	0,004	0,290	0,014	0,262	0,129	101
9,2	0,0543	0,0010	0,3750	0,0298	0,0501	0,0043	0,44	0,341	0,006	0,323	0,022	0,200	0,177	105
53,1	0,0753	0,0011	0,6056	0,0255	0,0583	0,0028	0,41	0,468	0,007	0,481	0,016	0,541	0,108	97
16,1	0,0785	0,0012	0,6721	0,0313	0,0621	0,0032	0,44	0,487	0,007	0,522	0,019	0,679	0,113	93
5,1	0,0034	0,0002	0,0216	0,0071	0,0458	0,0180	0,26	0,022	0,001	0,022	0,007	0,000	0,443	101
1,1	0,0040	0,0002	0,0254	0,0086	0,0458	0,0194	0,47	0,026	0,001	0,025	0,008	0,000	0,368	101
18,1	0,0024	0,0002	0,0264	0,0083	0,0785	0,0319	0,24	0,016	0,001	0,026	0,008	1,159	0,648	59
12,1	0,0027	0,0004	0,0219	0,0155	0,0584	0,0407	0,46	0,017	0,003	0,022	0,015	0,546	0,764	79
37,1	0,0034	0,0005	0,0331	0,0104	0,0699	0,0290	0,23	0,022	0,003	0,033	0,010	0,925	0,663	66
43,1	0,0034	0,0003	0,0265	0,0056	0,0570	0,0134	0,23	0,022	0,002	0,027	0,006	0,493	0,399	81
4,1	0,0051	0,0005	0,0188	0,0210	0,0267	0,0321	0,61	0,033	0,003	0,019	0,020	0,000	0,471	173
8,1	0,0059	0,0005	0,0655	0,0217	0,0801	0,0348	0,28	0,038	0,003	0,064	0,021	1,200	0,658	59

58,1	0,0823	0,0019	0,6715	0,0497	0,0592	0,0050	0,76	0,510	0,011	0,522	0,030	0,573	0,175	97
6,1	0,0016	0,0004	0,0037	0,0192	0,0163	0,0746	1,13	0,011	0,003	0,004	0,018	0,000	1,133	283
48,1	0,0024	0,0002	0,0222	0,0056	0,0671	0,0199	0,80	0,015	0,001	0,022	0,006	0,840	0,458	69
28,1	0,0458	0,0006	0,3255	0,0158	0,0516	0,0028	0,47	0,288	0,004	0,286	0,012	0,267	0,121	100
3,1	0,0037	0,0012	0,0013	0,0507	0,0025	0,0990	0,70	0,024	0,007	0,001	0,028	0,000	0,922	1826

Summary of LA-ICPMS U-Pb zircon results for sample P007

Grão. spot	Radiogenic Ratios							Age (Ma)						% Conc.
	$^{206}\text{Pb}/$ ^{238}U	\pm	$^{207}\text{Pb}/$ ^{235}U	\pm	$^{207}\text{Pb}/$ ^{206}Pb	\pm	Th/U	$^{206}\text{Pb}/$ ^{238}U	\pm	$^{207}\text{Pb}/$ ^{235}U	\pm	$^{207}\text{Pb}/$ ^{206}Pb	\pm	
7,1	0,0434	0,0010	0,3084	0,0219	0,0515	0,0045	0,87	0,274	0,006	0,273	0,017	0,262	0,188	100
59,1	0,0449	0,0006	0,3184	0,0189	0,0514	0,0034	0,40	0,283	0,004	0,281	0,015	0,259	0,145	100
73,1	0,0449	0,0006	0,3183	0,0126	0,0514	0,0020	0,53	0,283	0,004	0,281	0,010	0,257	0,087	100
53,1	0,0452	0,0005	0,3235	0,0145	0,0519	0,0026	0,55	0,285	0,003	0,285	0,011	0,280	0,114	100
6,1	0,0475	0,0012	0,3436	0,0242	0,0525	0,0044	0,49	0,299	0,007	0,300	0,019	0,306	0,176	99
80,1	0,0772	0,0013	0,5923	0,0350	0,0557	0,0034	0,94	0,479	0,008	0,472	0,022	0,439	0,137	101
30,1	0,0781	0,0010	0,6101	0,0229	0,0566	0,0024	0,46	0,485	0,006	0,484	0,015	0,477	0,092	100
12,1	0,0790	0,0009	0,6322	0,0176	0,0580	0,0018	0,19	0,490	0,005	0,497	0,011	0,532	0,070	98
61,1	0,0811	0,0007	0,6310	0,0175	0,0564	0,0016	0,00	0,503	0,004	0,497	0,011	0,468	0,064	101
38,1	0,0960	0,0012	0,7960	0,0269	0,0601	0,0023	0,62	0,591	0,007	0,595	0,015	0,609	0,086	99
16,1	0,0976	0,0021	0,8141	0,0563	0,0605	0,0050	0,51	0,600	0,012	0,605	0,032	0,621	0,170	99
40,1	0,1031	0,0049	0,8535	0,1405	0,0600	0,0122	0,63	0,633	0,029	0,627	0,076	0,604	0,410	100
13,1	0,1717	0,0018	1,7992	0,0443	0,0760	0,0019	0,16	1,021	0,010	1,045	0,016	1,096	0,051	97
88,1	0,1725	0,0032	1,7459	0,1112	0,0734	0,0054	0,56	1,026	0,018	1,026	0,041	1,025	0,148	100
66,1	0,1736	0,0022	1,7628	0,0732	0,0736	0,0033	0,29	1,032	0,012	1,032	0,026	1,032	0,085	100
27,1	0,1741	0,0047	1,6852	0,1328	0,0702	0,0067	0,42	1,035	0,026	1,003	0,050	0,934	0,191	103
14,1	0,1753	0,0018	1,8020	0,0447	0,0746	0,0019	0,19	1,041	0,010	1,046	0,016	1,057	0,053	99
5,1	0,1764	0,0011	1,7806	0,0235	0,0732	0,0011	0,36	1,047	0,006	1,038	0,010	1,020	0,033	100

52,1	0,1786	0,0021	1,7920	0,0742	0,0728	0,0034	0,45	1,059	0,012	1,043	0,027	1,008	0,095	101
57,1	0,1808	0,0027	1,9019	0,0998	0,0763	0,0044	0,46	1,071	0,015	1,082	0,035	1,103	0,120	99
17,1	0,1826	0,0027	1,9379	0,0736	0,0770	0,0033	0,43	1,081	0,015	1,094	0,026	1,120	0,088	98
37,1	0,1827	0,0038	1,8441	0,0998	0,0732	0,0047	1,70	1,082	0,021	1,061	0,034	1,020	0,121	101
31,1	0,1832	0,0032	1,8183	0,0882	0,0720	0,0040	1,03	1,084	0,018	1,052	0,032	0,986	0,114	103
20,1	0,1834	0,0018	1,9379	0,0456	0,0766	0,0019	0,38	1,085	0,010	1,094	0,016	1,112	0,050	99
76,1	0,1835	0,0034	1,8255	0,0973	0,0722	0,0041	0,38	1,086	0,019	1,055	0,035	0,990	0,113	102
54,1	0,1992	0,0023	2,2083	0,0822	0,0804	0,0033	0,53	1,171	0,012	1,184	0,026	1,207	0,081	98
75,1	0,2026	0,0027	2,2127	0,0619	0,0792	0,0021	0,40	1,189	0,014	1,185	0,019	1,177	0,051	100
28,1	0,2047	0,0019	2,2477	0,0503	0,0796	0,0018	0,48	1,201	0,010	1,196	0,015	1,188	0,043	100
2,1	0,2058	0,0030	2,3194	0,0695	0,0818	0,0029	0,49	1,206	0,016	1,218	0,022	1,240	0,073	99
45,1	0,2076	0,0017	2,2799	0,0358	0,0797	0,0012	0,27	1,216	0,009	1,206	0,011	1,188	0,031	100
47,1	0,2078	0,0020	2,2604	0,0457	0,0789	0,0017	0,47	1,217	0,011	1,200	0,014	1,170	0,042	101
26,1	0,2080	0,0034	2,2716	0,0965	0,0792	0,0038	0,63	1,218	0,018	1,203	0,029	1,178	0,092	101
78,1	0,1885	0,0030	1,9728	0,0801	0,0759	0,0031	0,55	1,113	0,017	1,106	0,027	1,093	0,083	100
35,1	0,1700	0,0019	1,7259	0,0484	0,0736	0,0022	0,30	1,012	0,010	1,018	0,018	1,032	0,061	99
60,1	0,1869	0,0018	1,9047	0,0606	0,0739	0,0028	0,18	1,105	0,010	1,083	0,022	1,039	0,077	102
22,1	0,1710	0,0017	1,7902	0,0417	0,0759	0,0019	0,11	1,017	0,009	1,042	0,015	1,094	0,049	97
74,1	0,1637	0,0019	1,6679	0,0380	0,0739	0,0015	0,21	0,977	0,011	0,996	0,014	1,039	0,042	98
82,1	0,1646	0,0020	1,6650	0,0416	0,0734	0,0017	0,19	0,982	0,011	0,995	0,016	1,024	0,047	98
62,1	0,1990	0,0020	2,1791	0,0664	0,0794	0,0026	0,32	1,170	0,011	1,174	0,021	1,182	0,064	99
11,1	0,0345	0,0008	0,2381	0,0174	0,0501	0,0045	0,85	0,219	0,005	0,217	0,014	0,198	0,192	100
49,1	0,0365	0,0006	0,2532	0,0201	0,0503	0,0043	1,09	0,231	0,004	0,229	0,016	0,209	0,177	100
58,1	0,0392	0,0006	0,2738	0,0181	0,0507	0,0037	0,48	0,248	0,003	0,246	0,015	0,226	0,162	100
65,1	0,0397	0,0005	0,2821	0,0147	0,0516	0,0029	1,11	0,251	0,003	0,252	0,012	0,267	0,128	99
63,1	0,2109	0,0020	2,3406	0,0639	0,0805	0,0023	0,32	1,234	0,011	1,225	0,019	1,209	0,056	100
15,1	0,2203	0,0019	2,4989	0,0497	0,0823	0,0016	0,51	1,284	0,010	1,272	0,014	1,252	0,038	100
77,1	0,2359	0,0026	2,7675	0,0536	0,0851	0,0015	1,64	1,365	0,013	1,347	0,015	1,318	0,033	101
83,1	0,2388	0,0044	2,7884	0,1323	0,0847	0,0042	0,51	1,381	0,023	1,352	0,035	1,308	0,093	102
19,1	0,2408	0,0021	2,9373	0,0566	0,0885	0,0017	0,36	1,391	0,011	1,392	0,015	1,392	0,036	99
46,1	0,2501	0,0029	3,1346	0,0726	0,0909	0,0023	0,49	1,439	0,015	1,441	0,018	1,444	0,047	99
69,1	0,2641	0,0025	3,4206	0,0913	0,0939	0,0026	0,81	1,511	0,013	1,509	0,021	1,507	0,053	100
48,1	0,1440	0,0015	1,4029	0,0330	0,0707	0,0018	0,27	0,867	0,008	0,890	0,014	0,947	0,052	97

3,1	0,0750	0,0008	0,5846	0,0162	0,0565	0,0018	0,64	0,466	0,005	0,467	0,010	0,473	0,070	99
89,1	0,0733	0,0009	0,5589	0,0263	0,0553	0,0030	0,24	0,456	0,006	0,451	0,017	0,424	0,117	101
25,1	0,0872	0,0015	0,7158	0,0383	0,0595	0,0037	0,65	0,539	0,009	0,548	0,023	0,586	0,137	98
56,1	0,0683	0,0008	0,5162	0,0251	0,0548	0,0029	0,46	0,426	0,005	0,423	0,017	0,406	0,121	100
4,1	0,0696	0,0007	0,5307	0,0141	0,0553	0,0016	0,29	0,434	0,004	0,432	0,009	0,424	0,066	100
85,1	0,5727	0,0042	14,4416	0,1787	0,1829	0,0025	0,30	2,919	0,017	2,779	0,012	2,679	0,022	105
87,1	0,0535	0,0007	0,3958	0,0196	0,0536	0,0029	0,33	0,336	0,004	0,339	0,014	0,356	0,125	99
44,1	0,0020	0,0003	0,0109	0,0081	0,0393	0,0331	1,40	0,013	0,002	0,011	0,007	0,000	0,537	117
70,1	0,0054	0,0002	0,0307	0,0078	0,0410	0,0113	0,89	0,035	0,001	0,031	0,008	0,000	0,186	113
21,1	0,0060	0,0007	0,0364	0,0206	0,0439	0,0321	0,69	0,039	0,004	0,036	0,020	0,000	0,475	106
10,1	0,0088	0,0012	0,0469	0,0294	0,0388	0,0312	1,00	0,056	0,008	0,047	0,026	0,000	0,537	121
51,1	0,0097	0,0006	0,0532	0,0227	0,0398	0,0188	0,63	0,062	0,004	0,053	0,022	0,000	0,270	118
50,1	0,0427	0,0008	0,2979	0,0278	0,0507	0,0053	0,78	0,269	0,005	0,265	0,021	0,225	0,214	101
23,1	0,0429	0,0018	0,2700	0,0522	0,0456	0,0107	1,22	0,271	0,011	0,243	0,041	0,000	0,273	111
36,1	0,0447	0,0018	0,2816	0,0512	0,0457	0,0096	1,09	0,282	0,011	0,252	0,039	0,000	0,273	111
39,1	0,0448	0,0008	0,3347	0,0204	0,0542	0,0039	0,72	0,283	0,005	0,293	0,015	0,378	0,156	96
1,1	0,0451	0,0012	0,3022	0,0277	0,0485	0,0056	0,58	0,285	0,008	0,268	0,021	0,126	0,190	106
42,1	0,0453	0,0009	0,3193	0,0218	0,0511	0,0041	0,53	0,286	0,005	0,281	0,016	0,245	0,161	101
24,1	0,0471	0,0021	0,3174	0,0604	0,0488	0,0109	0,36	0,297	0,013	0,280	0,046	0,140	0,346	106
9,1	0,0505	0,0007	0,3483	0,0144	0,0500	0,0024	0,68	0,317	0,004	0,303	0,011	0,197	0,107	104
64,1	0,0554	0,0008	0,3807	0,0265	0,0499	0,0037	0,54	0,347	0,005	0,328	0,019	0,189	0,160	106
72,1	0,0667	0,0020	0,4536	0,0772	0,0493	0,0090	0,02	0,417	0,012	0,380	0,053	0,162	0,282	109
33,1	0,0732	0,0008	0,5822	0,0164	0,0577	0,0017	0,07	0,455	0,005	0,466	0,011	0,518	0,066	97
18,1	0,0760	0,0017	0,6103	0,0455	0,0582	0,0052	0,48	0,472	0,010	0,484	0,028	0,538	0,189	97
79,1	0,0766	0,0013	0,5600	0,0326	0,0531	0,0032	0,92	0,476	0,008	0,452	0,021	0,331	0,129	105
81,1	0,0769	0,0017	0,6301	0,0523	0,0594	0,0054	0,46	0,478	0,010	0,496	0,033	0,582	0,213	96
43,1	0,0816	0,0015	0,6696	0,0373	0,0595	0,0040	0,94	0,506	0,009	0,520	0,023	0,585	0,144	97
90,1	0,0983	0,0012	0,8539	0,0359	0,0630	0,0031	0,50	0,604	0,007	0,627	0,020	0,709	0,109	96
86,1	0,1077	0,0014	0,9800	0,0384	0,0660	0,0028	0,33	0,660	0,008	0,694	0,019	0,806	0,085	95
67,1	0,1125	0,0010	1,0565	0,0296	0,0681	0,0022	0,24	0,687	0,006	0,732	0,015	0,872	0,071	93
29,1	0,1253	0,0014	1,2131	0,0348	0,0702	0,0017	0,42	0,761	0,008	0,807	0,014	0,935	0,048	94
8,1	0,1365	0,0013	1,3371	0,0299	0,0710	0,0017	0,16	0,825	0,008	0,862	0,013	0,958	0,049	95
55,1	0,1470	0,0012	1,5007	0,0381	0,0740	0,0020	0,48	0,884	0,007	0,931	0,015	1,042	0,054	95

32,1	0,1652	0,0019	1,7432	0,0498	0,0765	0,0024	0,21	0,986	0,010	1,025	0,019	1,109	0,065	96
41,1	0,4360	0,0043	11,2253	0,1788	0,1867	0,0031	0,29	2,333	0,019	2,542	0,015	2,714	0,027	91
84,1	0,4901	0,0054	15,0797	0,2587	0,2231	0,0032	0,37	2,571	0,023	2,820	0,016	3,003	0,023	91

Tabela de dados analíticos Sm-Nd

SPS	No. Campo	Material	Sm (ppm)	Nd (ppm)	$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$	$\epsilon_{(0)}$	$f_{\text{Sm/Nd}}$	T_{DM} (Ma)	$\epsilon_{(\text{TDM})}$	T_1 (Ma)	$\epsilon_{(T_1)}$
8699	P001	RTOT/Pelito	4,495	23,145	0,1175	0,512314	-6,33	-0,40	1156,3	5,36	0,0	-6,33
8700	P002	RTOT/Pelito	3,681	19,207	0,1159	0,512344	-5,73	-0,41	1091,4	5,52	0,0	-5,73
8701	P003	RTOT/Pelito	6,152	31,672	0,1175	0,512301	-6,57	-0,40	1176,2	5,31	0,0	-6,57
8702	P004	RTOT/Pelito	6,118	31,823	0,1162	0,512305	-6,49	-0,41	1155,3	5,36	0,0	-6,49
8703	P005	RTOT/Pelito	5,539	29,396	0,1140	0,512290	-6,78	-0,42	1151,4	5,37	0,0	-6,78
8704	P006	RTOT/Pelito	4,829	24,214	0,1206	0,512338	-5,86	-0,39	1155,6	5,36	0,0	-5,86
8705	P007	RTOT/Pelito	5,110	25,897	0,1193	0,512297	-6,66	-0,39	1205,9	5,24	0,0	-6,66
8706	V010	RTOT/Pelito	4,606	23,850	0,1168	0,512307	-6,46	-0,41	1158,7	5,35	0,0	-6,46
8707	V008	RTOT/Pelito	4,746	24,038	0,1194	0,512258	-7,41	-0,39	1268,1	5,09	0,0	-7,41
8708	V007	RTOT/Pelito	6,164	31,860	0,1170	0,512308	-6,45	-0,41	1160,4	5,35	0,0	-6,45
8709	V004	RTOT/Pelito	6,623	34,179	0,1172	0,512313	-6,33	-0,40	1153,4	5,37	0,0	-6,33
8710	V005	RTOT/Pelito	6,883	35,094	0,1186	0,512270	-7,17	-0,40	1238,4	5,16	0,0	-7,17
8711	V003	RTOT/Pelito	7,228	36,846	0,1186	0,512303	-6,54	-0,40	1187,3	5,29	0,0	-6,54
8712	V002	RTOT/Pelito	5,809	28,962	0,1213	0,512288	-6,83	-0,38	1245,1	5,15	0,0	-6,83

8963	E001A	RTOT/Anfibolito	0,817	4,259	0,1160	0,512174	-9,06	-0,41	1,4	-9,05	900,0	0,21
8964	E001B	RTOT/Gnaiss	6,514	32,796	0,1201	0,512177	-8,99	-0,39	1,4	-8,98	900,0	-0,20
8965	G004A	RTOT/Pelito	10,400	54,364	0,1157	0,512513	-2,43	-0,41	0,8	-2,43	0,0	-2,43
8967	G009B	RTOT/Pelito	6,831	34,838	0,1186	0,512273	-7,11	-0,40	1,2	-7,10	0,0	-7,11
8968	G010B	RTOT/Pelito	5,391	27,273	0,1195	0,512321	-6,19	-0,39	1,2	-6,18	0,0	-6,19
8969	G011B	RTOT/Pelito	7,330	36,774	0,1205	0,512340	-5,82	-0,39	1,2	-5,81	0,0	-5,82
8970	G012B	RTOT/Pelito	3,858	19,383	0,1203	0,512417	-4,31	-0,39	1,0	-4,30	0,0	-4,31
8971	G013B	RTOT/Pelito	3,410	17,615	0,1171	0,512507	-2,55	-0,40	0,9	-2,54	0,0	-2,55
8972	V001B	RTOT/Pelito	6,062	29,953	0,1224	0,512392	-4,79	-0,38	1,1	-4,78	0,0	-4,79
8973	V008C	RTOT/Pelito	6,468	34,527	0,1133	0,512302	-6,56	-0,42	1,1	-6,55	0,0	-6,56
8974	V009B	RTOT/Pelito	6,214	31,868	0,1179	0,512310	-6,41	-0,40	1,2	-6,40	0,0	-6,41
8975	V011	RTOT/Pelito	4,839	25,294	0,1157	0,512354	-5,54	-0,41	1,1	-5,53	0,0	-5,54
8982	P001	RTOT/Arenito	2,865	14,646	0,1183	0,512374	-5,16	-0,40	1,1	-5,15	0,0	-5,16
8983	P006	RTOT/Arenito	2,851	16,248	0,1061	0,512379	-5,05	-0,46	0,9	-5,04	0,0	-5,05
8984	V001A	RTOT/Arenito	3,126	16,489	0,1147	0,512408	-4,49	-0,42	1,0	-4,48	0,0	-4,49
8985	V008A	RTOT/Arenito	3,245	17,054	0,1150	0,512328	-6,04	-0,42	1,1	-6,03	0,0	-6,04

Dados analíticos Lu-Hf amostra V001

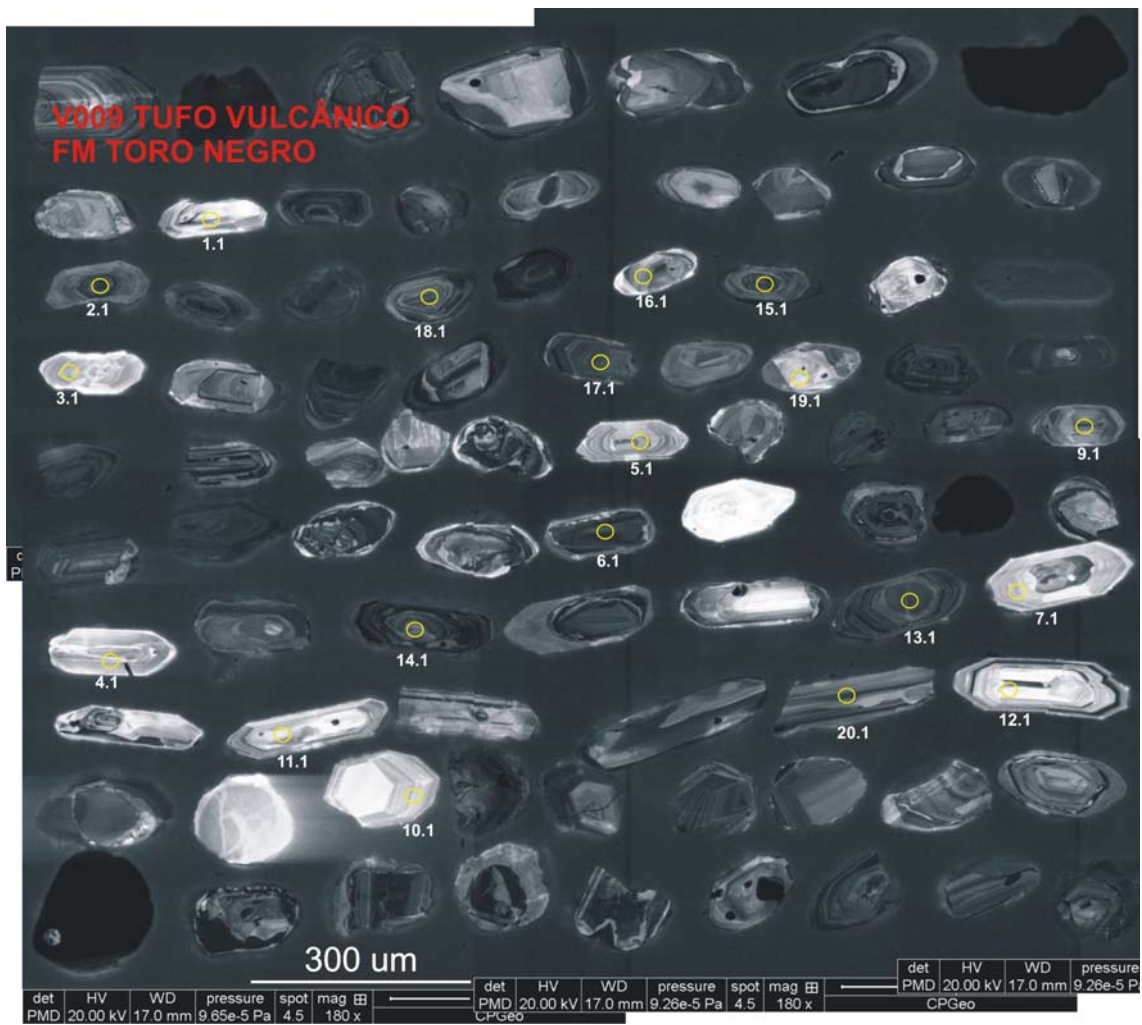
CONDICAO DO LASER: GJ82C - 6mJ ou 8.55J/cm2 (90%), 7Hz,spot = 47um, He (MCF1) = 0.390l/min (MCF2)= 0.5L/min, N2 = 1.4mL/min, 50 ciclos, Excimer Laser - 193nm, Ar80>30v

Grain	176Hf/177Hf	± 2 se	176Lu/177Hf	± 2 se	U-Pb Age	e Hf(0)	176Hf/177Hf	e Hf	176Hf/177Hf	T DM	176Hf/177Hf	e Hf
/spot					(T1) Ma		(T1)	(T1)	DM(T _{UPb})	(Ga)	DM(T _{DM})	(TDM)
7,1	0,281957	0,000028	0,0018902	0,0000361	487	-28,82	0,281940	-18,72	0,282873	2582	0,281324	6,80
2,1	0,282371	0,000022	0,0002873	0,0000021	937	-14,18	0,282366	6,37	0,282545	1346	0,282245	11,28
6,1	0,282120	0,000023	0,0014349	0,0000095	714	-23,04	0,282101	-7,98	0,282708	2086	0,281696	8,62

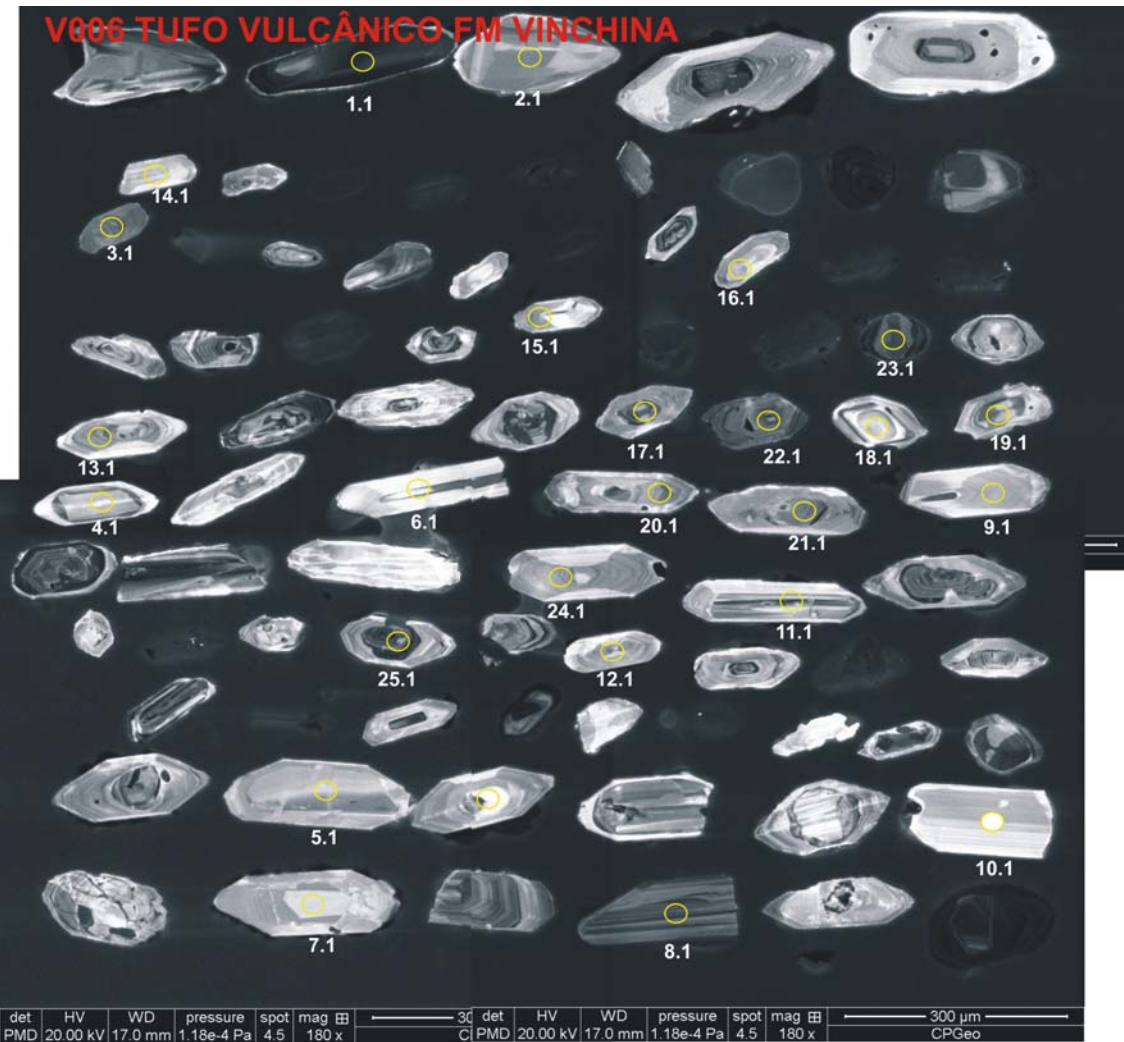
11,1	0,282599	0,000031	0,0001444	0,0000017	618	-6,13	0,282597	7,45	0,282778	1031	0,282477	12,41
12,1	0,281709	0,000035	0,0036019	0,0000533	458	-37,60	0,281678	-28,64	0,282894	3172	0,280876	4,62
13,1	0,282362	0,000032	0,0004435	0,0000021	587	-14,49	0,282357	-1,73	0,282801	1592	0,282063	10,40
14,1	0,282477	0,000028	0,0005843	0,0000021	293	-10,42	0,282474	-4,10	0,283014	1514	0,282121	10,68
17,1	0,282360	0,000026	0,0004926	0,0000102	495	-14,58	0,282355	-3,84	0,282867	1655	0,282017	10,18
21,1	0,282372	0,000023	0,0008745	0,0000140	464	-14,14	0,282365	-4,20	0,282890	1653	0,282018	10,18
22,1	0,282318	0,000027	0,0007648	0,0000148	991	-16,06	0,282304	5,37	0,282506	1452	0,282167	10,91
19,1	0,282377	0,000024	0,0009353	0,0000241	261	-13,96	0,282373	-8,39	0,283037	1760	0,281939	9,80
28,1	0,282276	0,000024	0,0000820	0,0000089	527	-17,55	0,282275	-5,97	0,282844	1814	0,281899	9,60
32,1	0,282155	0,000052	0,0009763	0,0000095	527	-21,82	0,282145	-10,57	0,282844	2103	0,281683	8,55
41,1	0,281970	0,000023	0,0019013	0,0000080	467	-28,35	0,281954	-18,67	0,282888	2563	0,281338	6,87
34,1	0,282115	0,000049	0,0021642	0,0000525	497	-23,25	0,282095	-13,03	0,282866	2234	0,281585	8,08
45,1	0,282255	0,000030	0,0012362	0,0000081	524	-18,27	0,282243	-7,16	0,282846	1887	0,281844	9,34
40,1	0,282376	0,000025	0,0012808	0,0000363	312	-14,00	0,282369	-7,41	0,283000	1738	0,281955	9,88

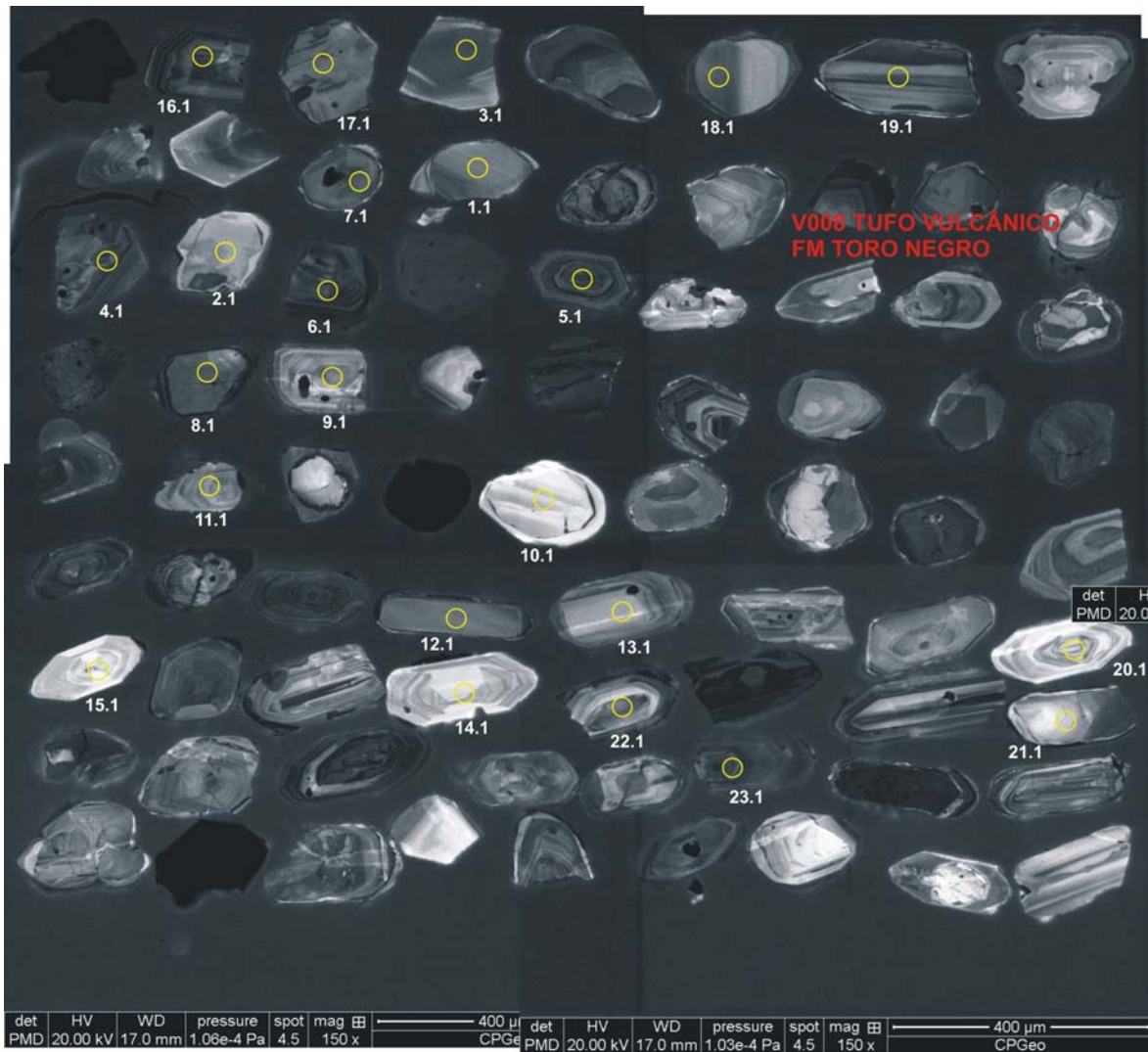
ANEXO 4

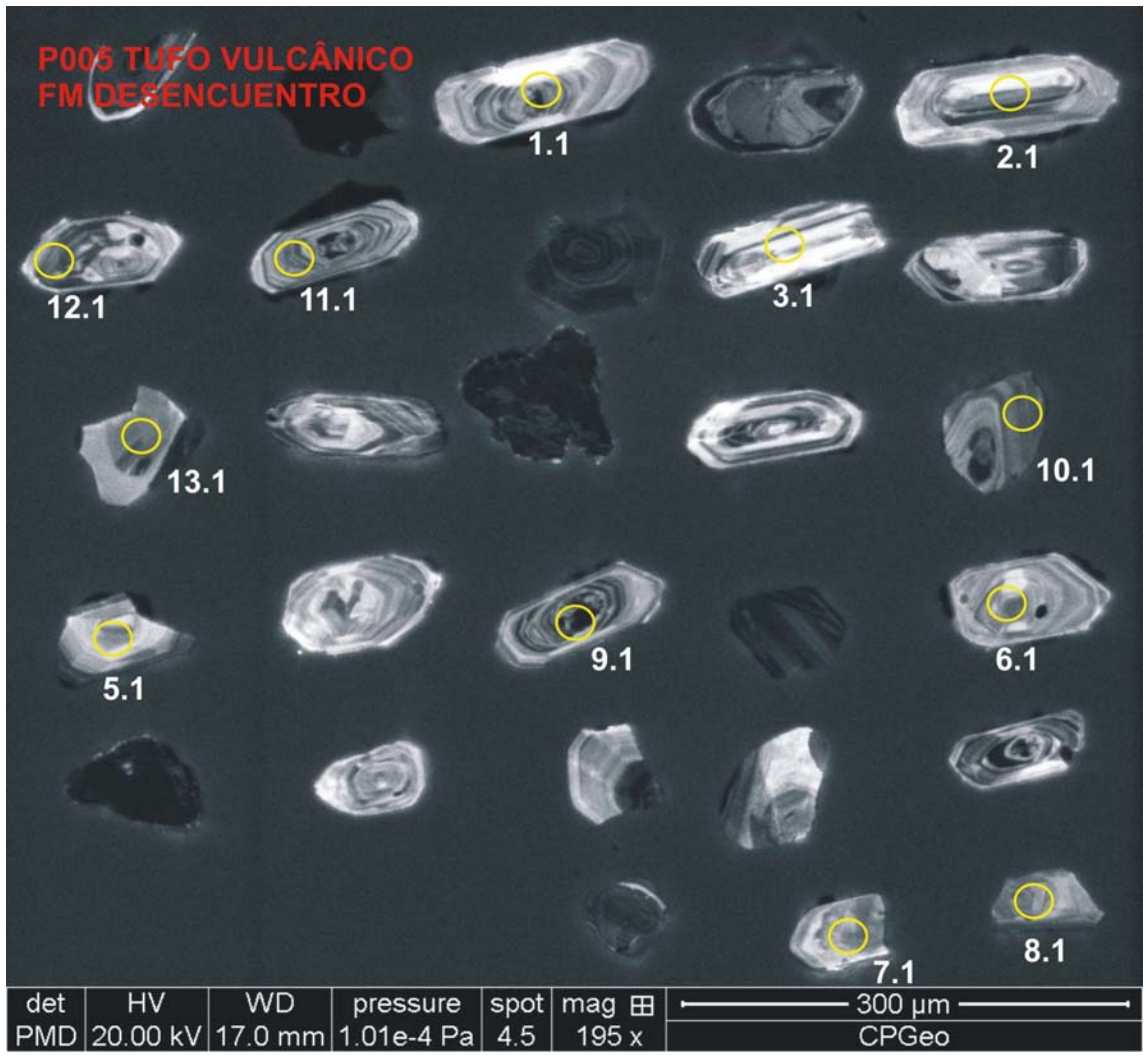
U-Pb no SHRIMP



V006 TUFO VULCÂNICO FM VINCHINA

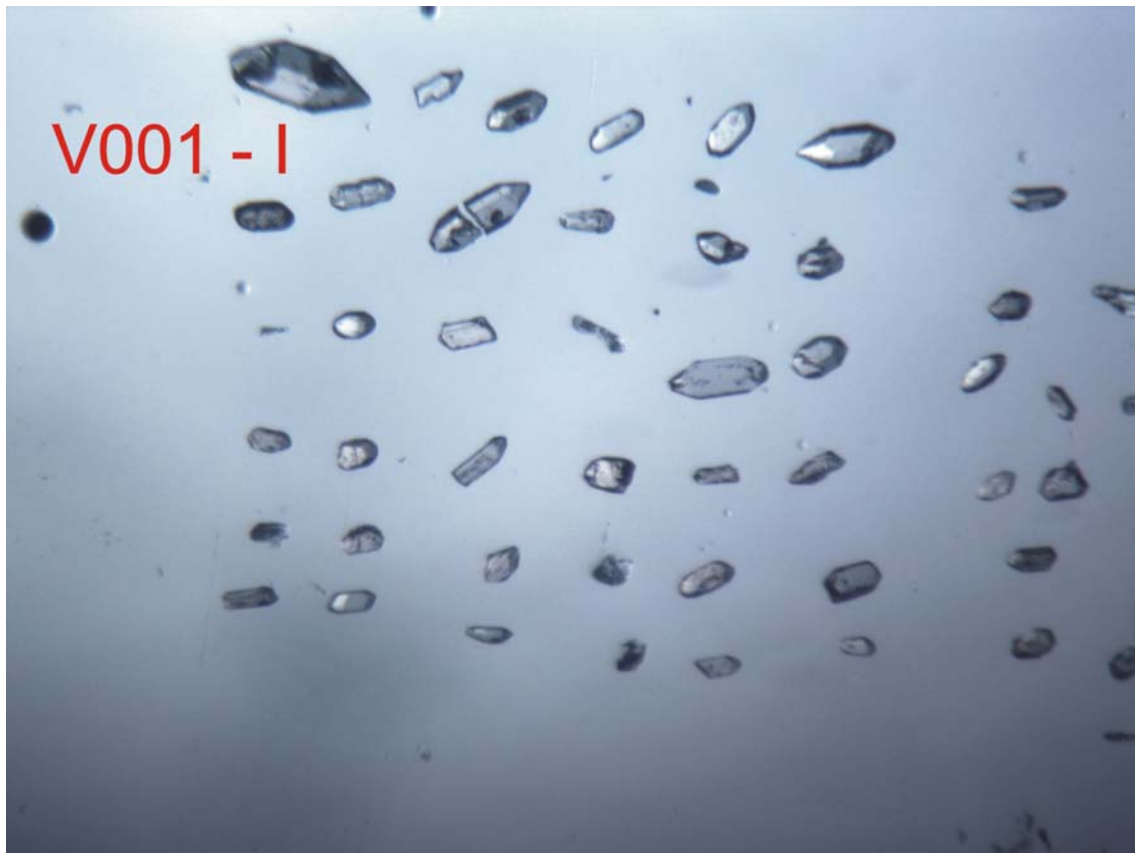




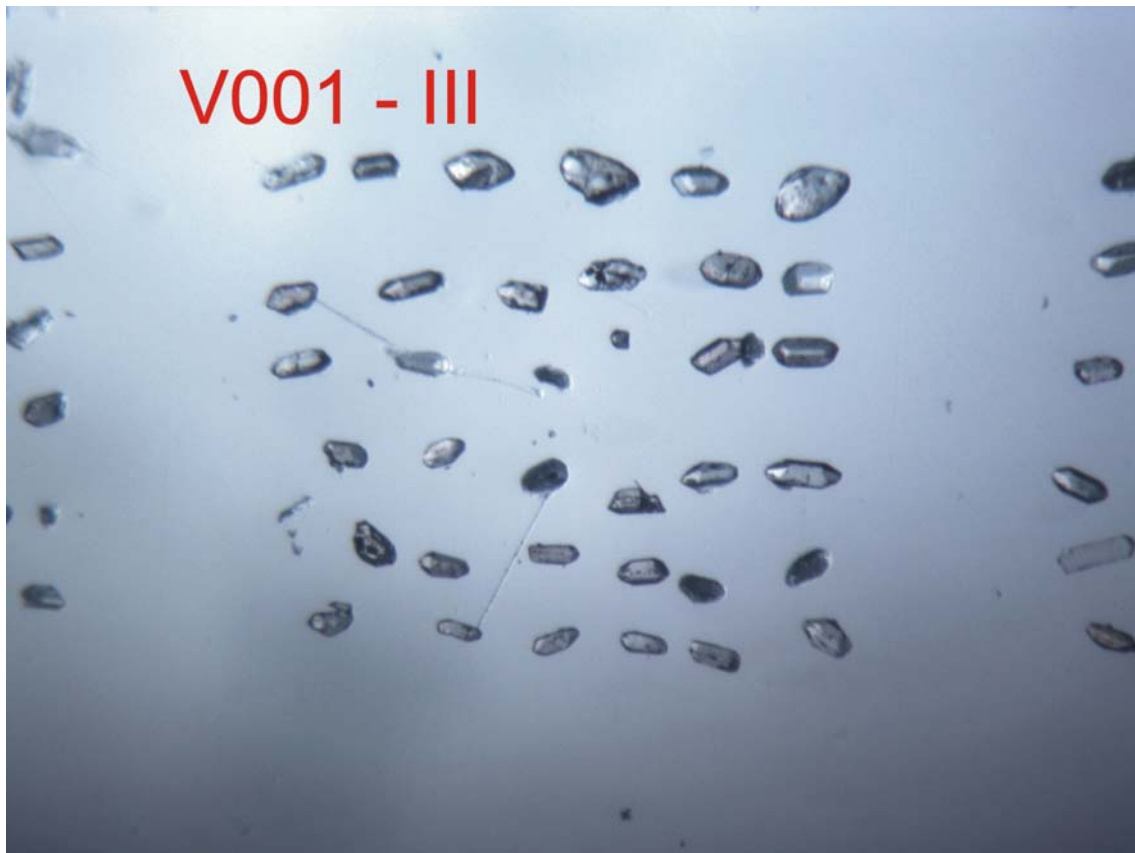


BACIA DE VINCHINHA - U-Pb em LA-ICPMS

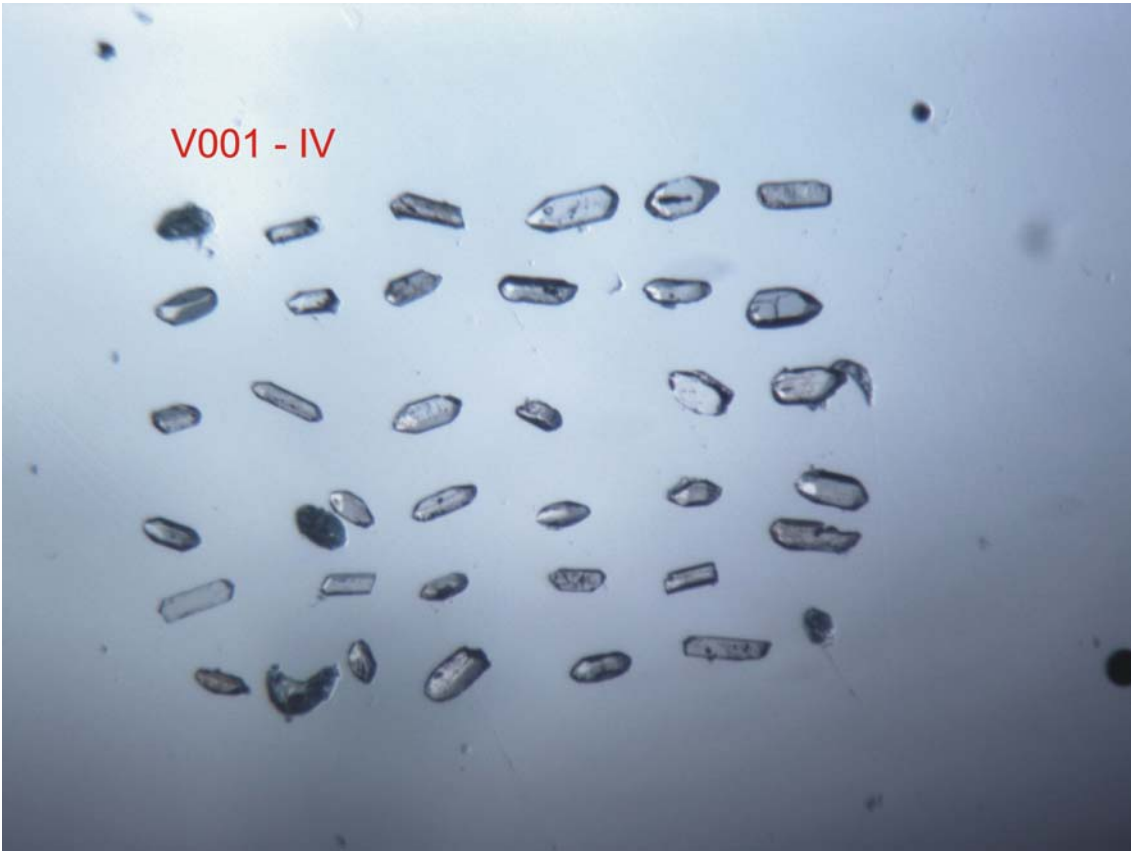
Imagens de Lupa:







V001 - IV

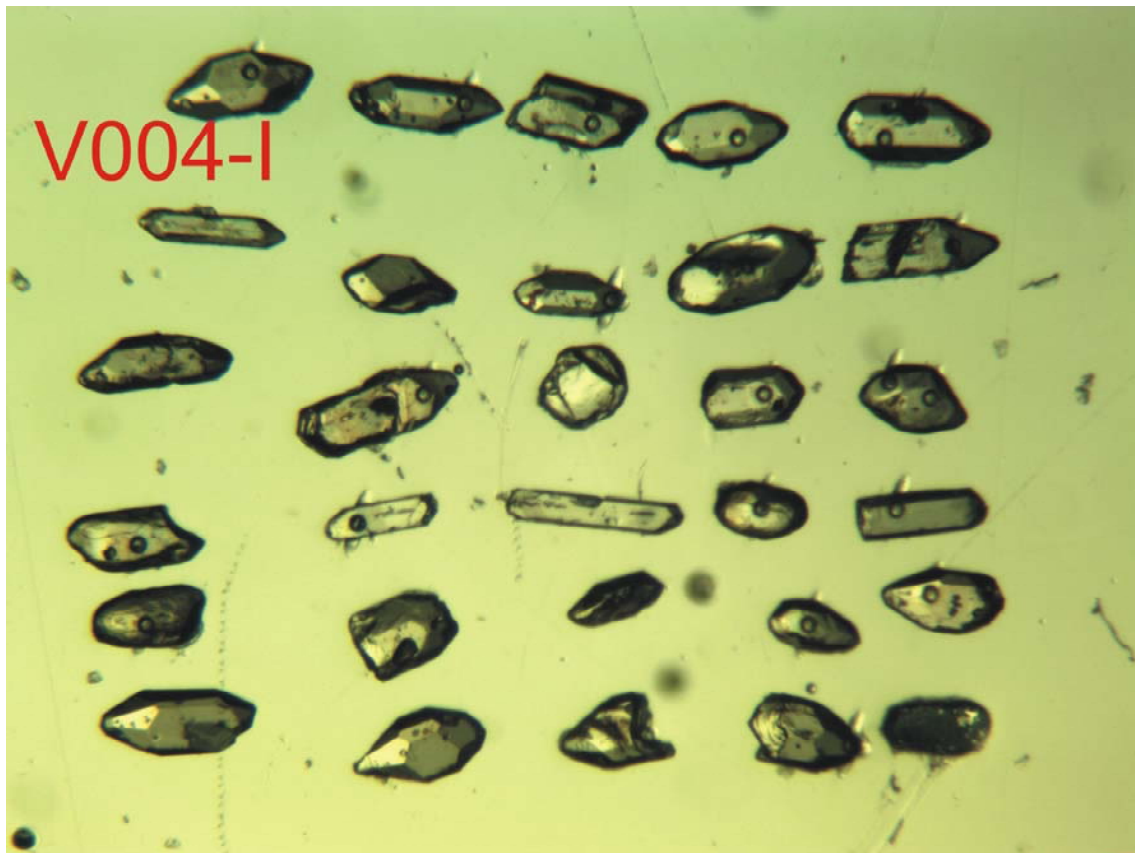


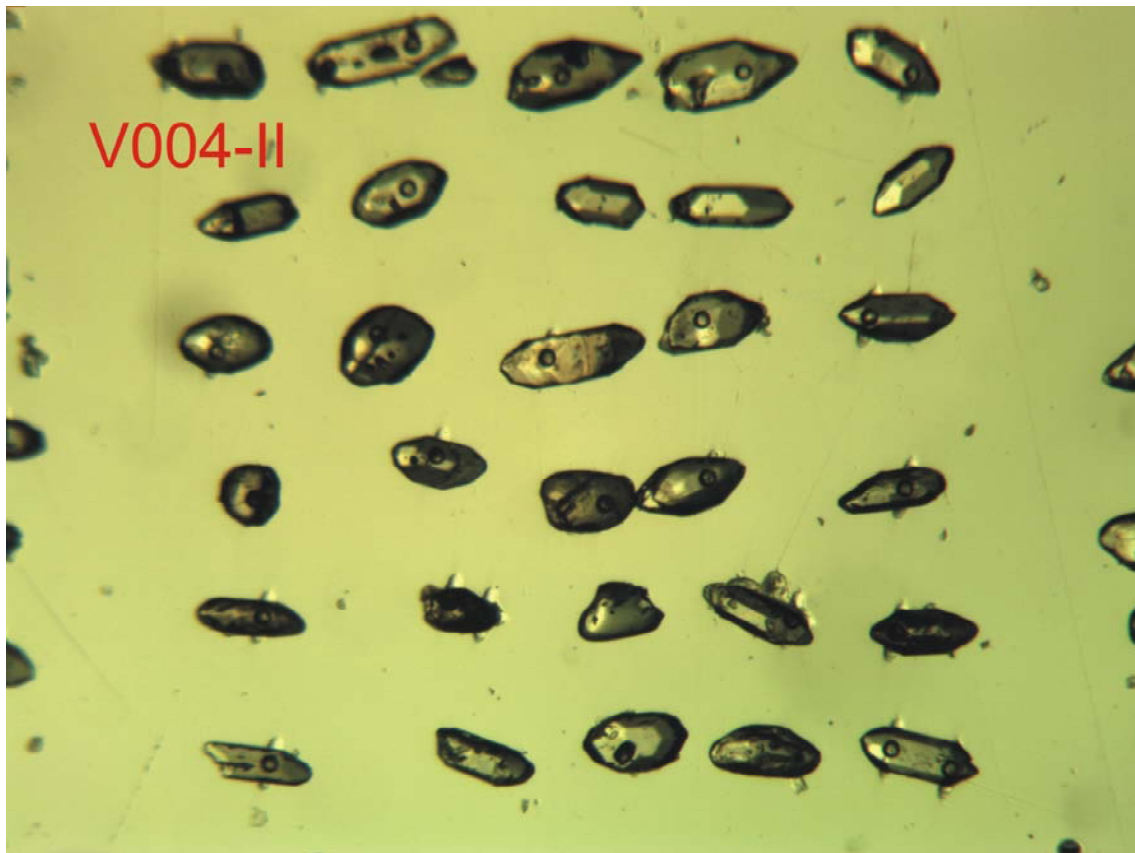


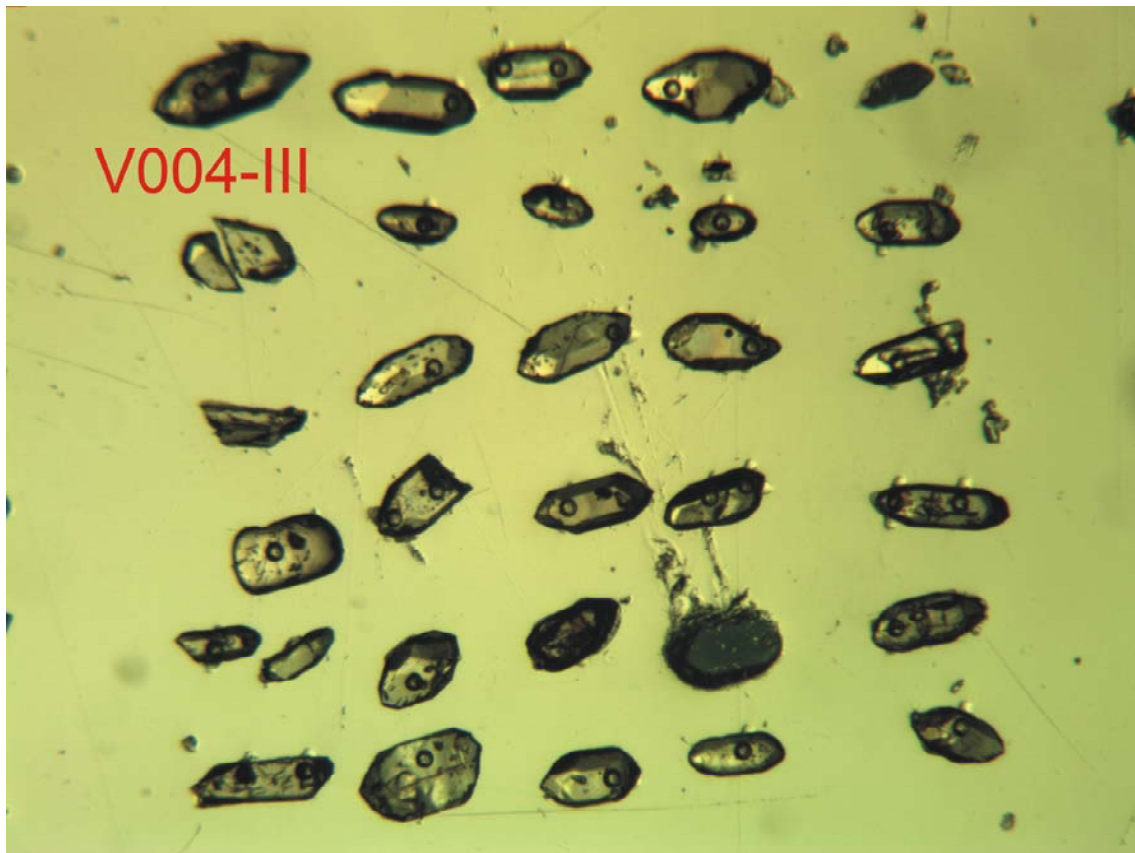








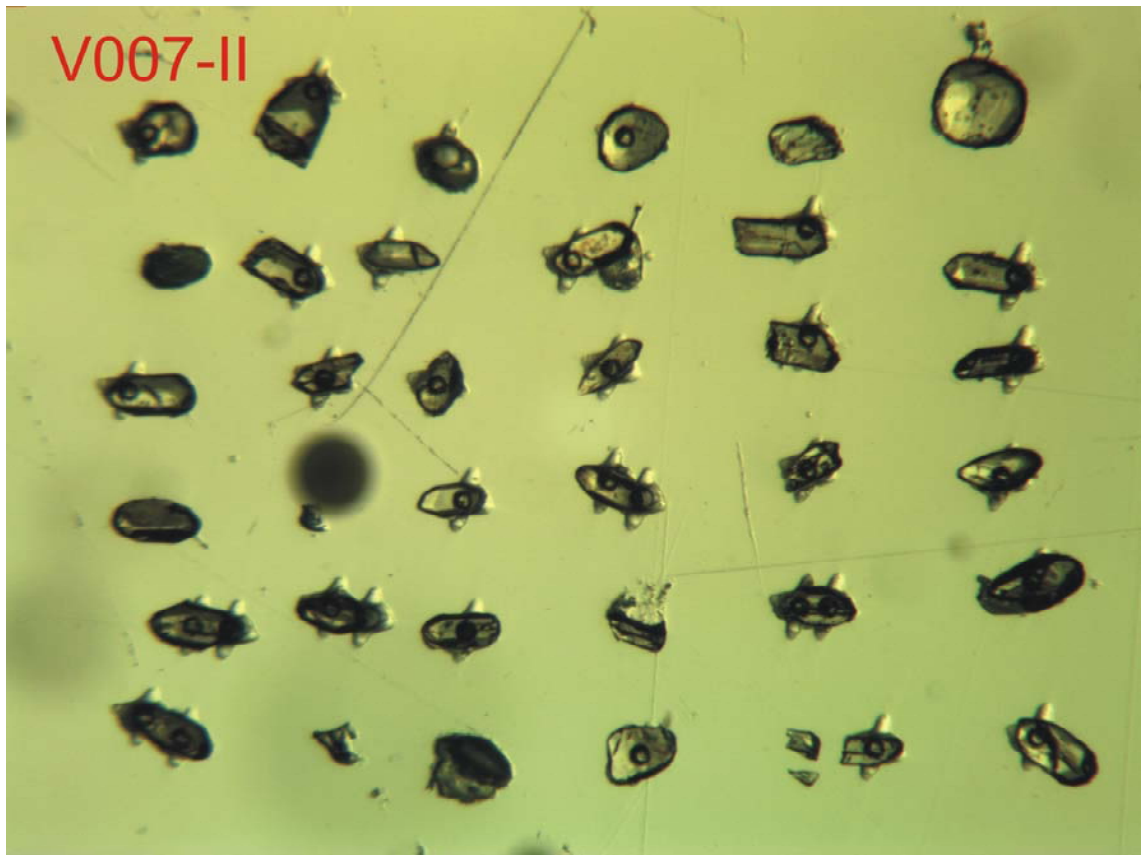


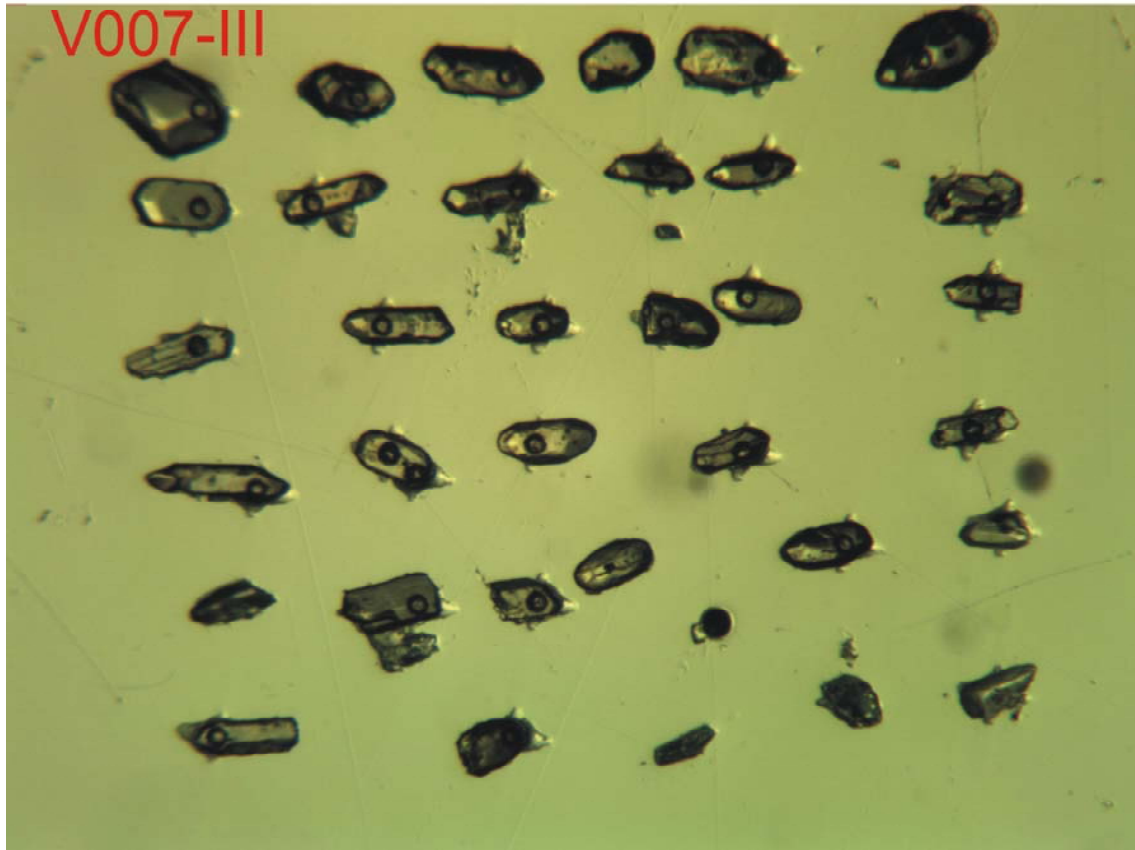


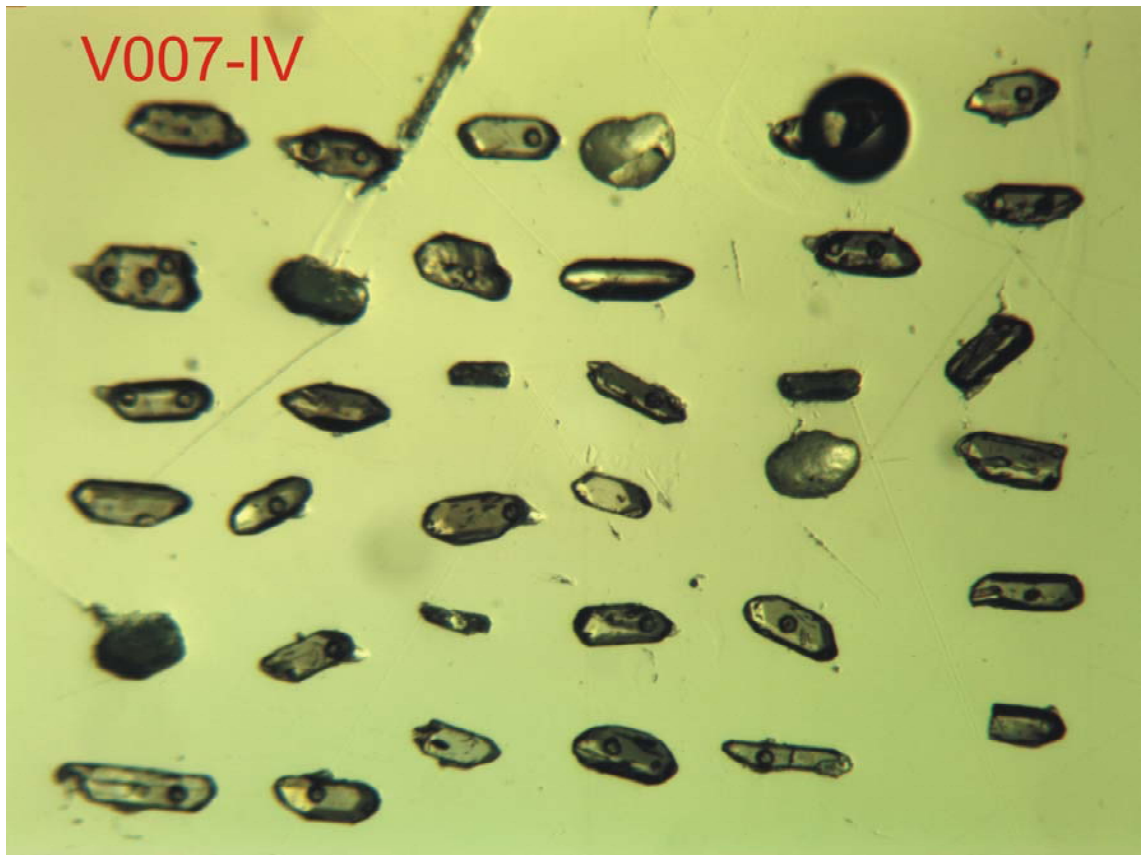


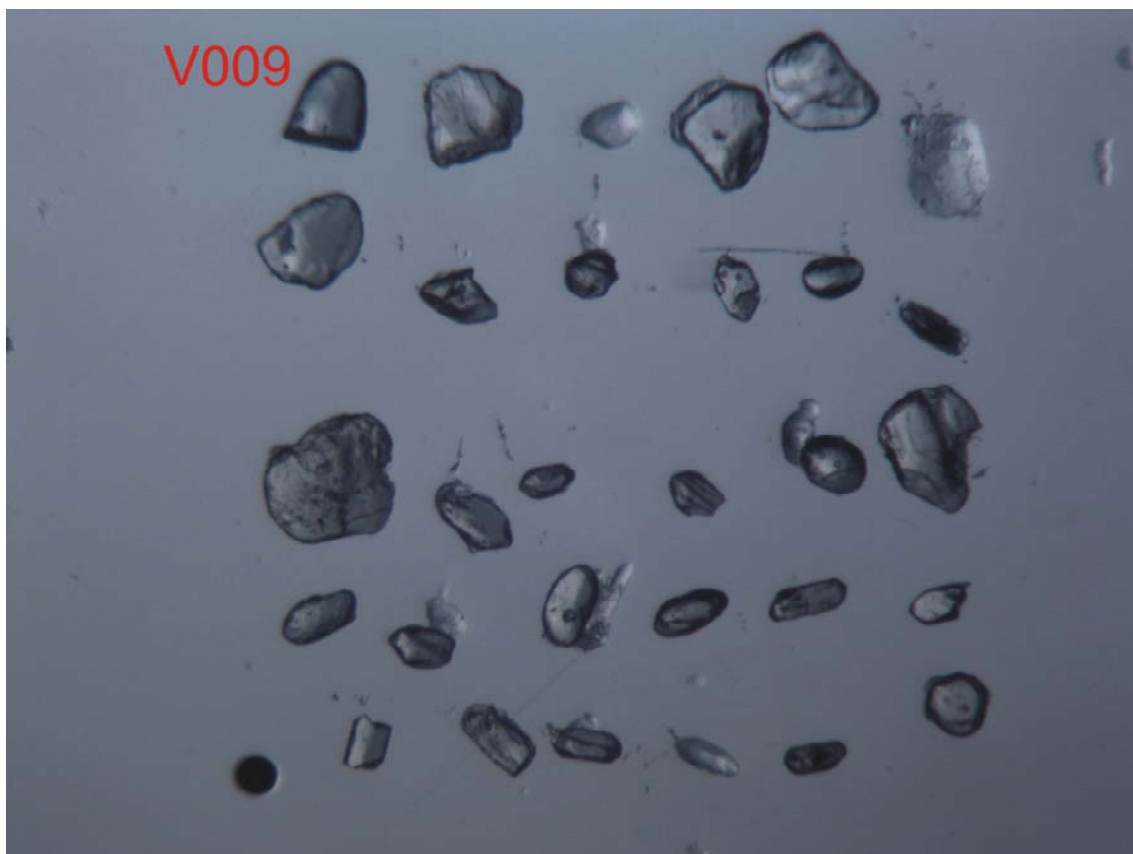
V007-I







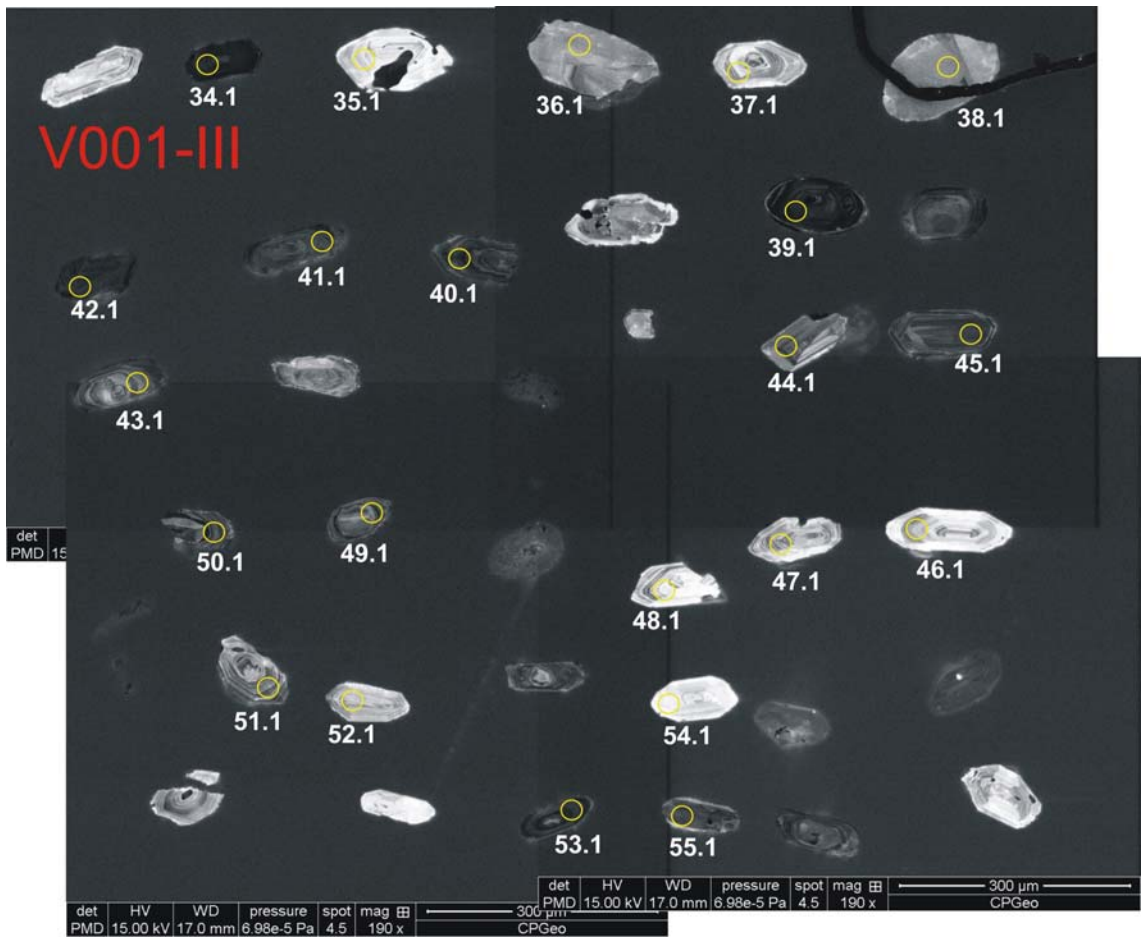


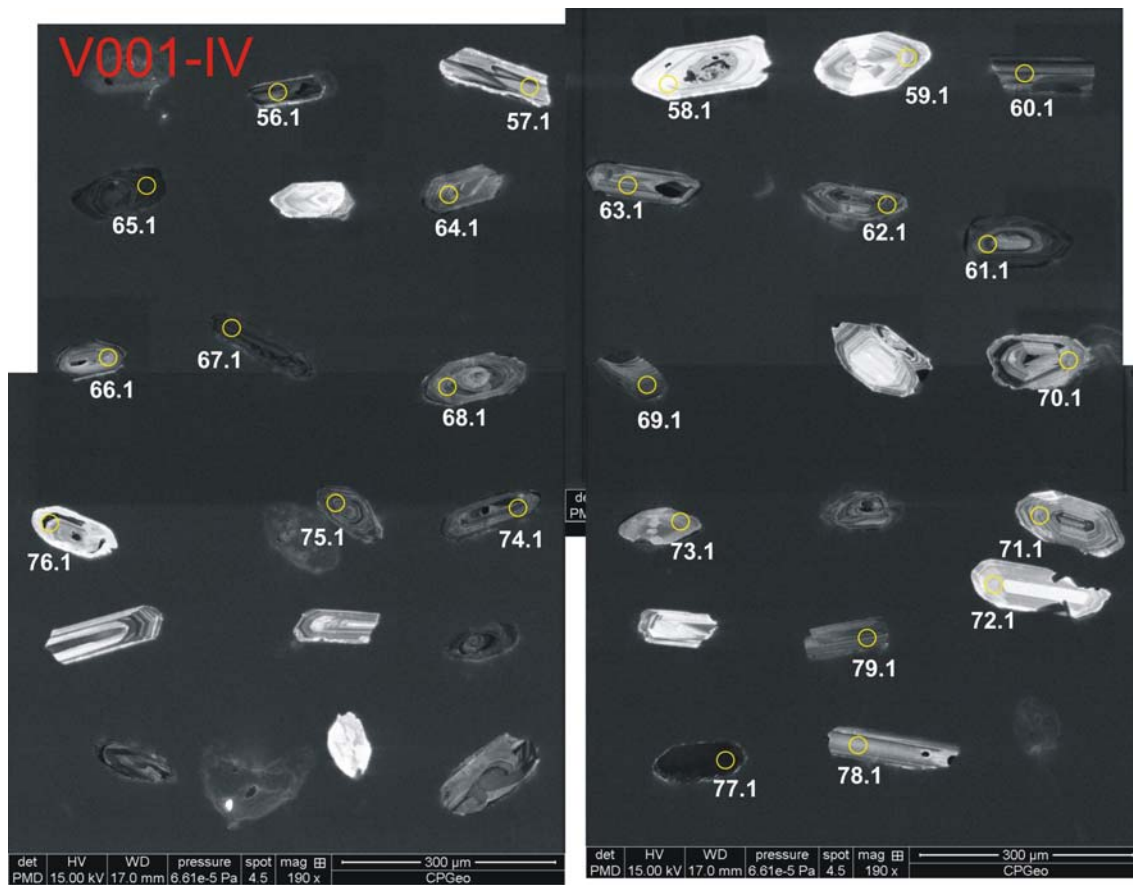


Imagens de CL:

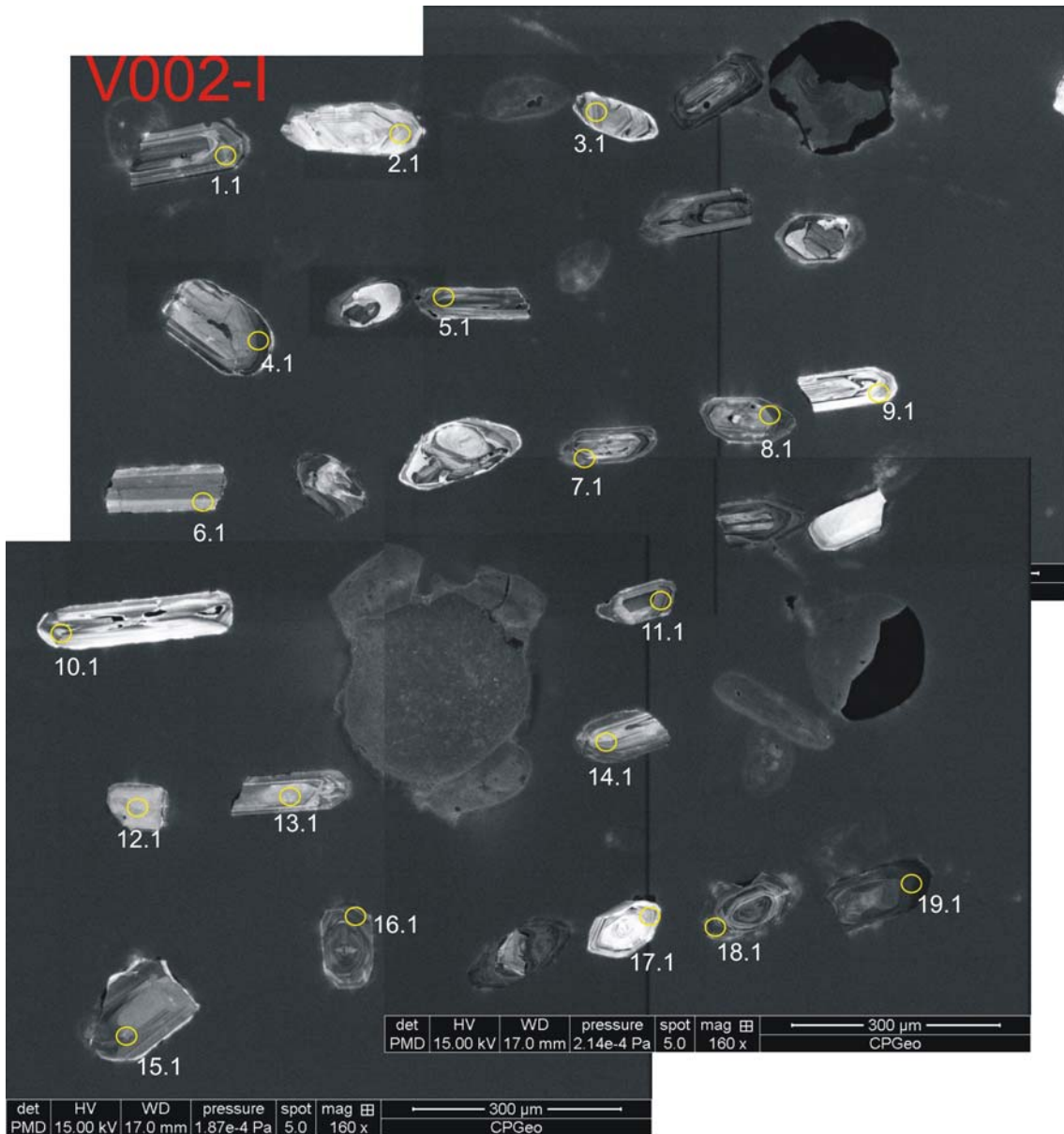


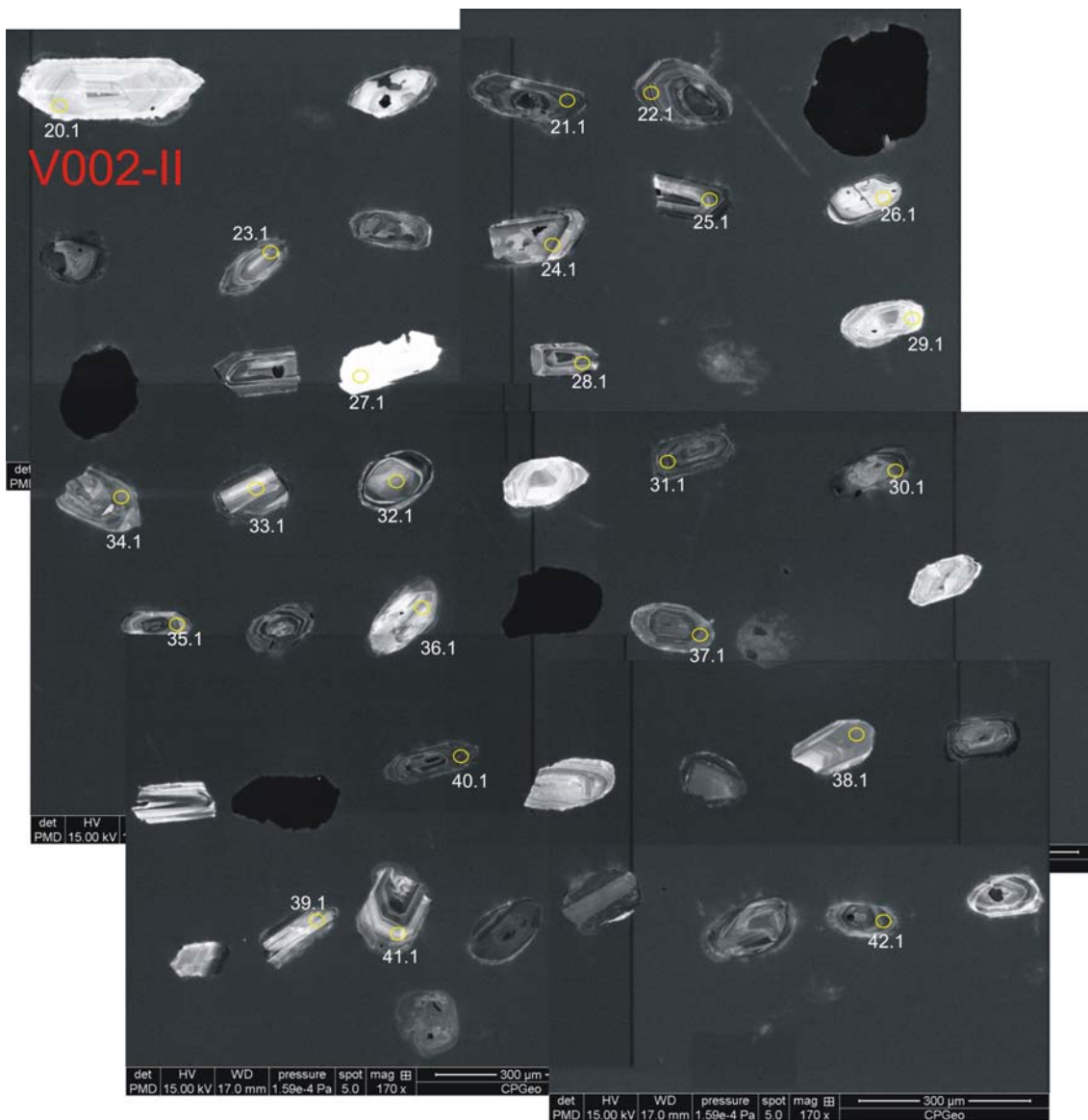


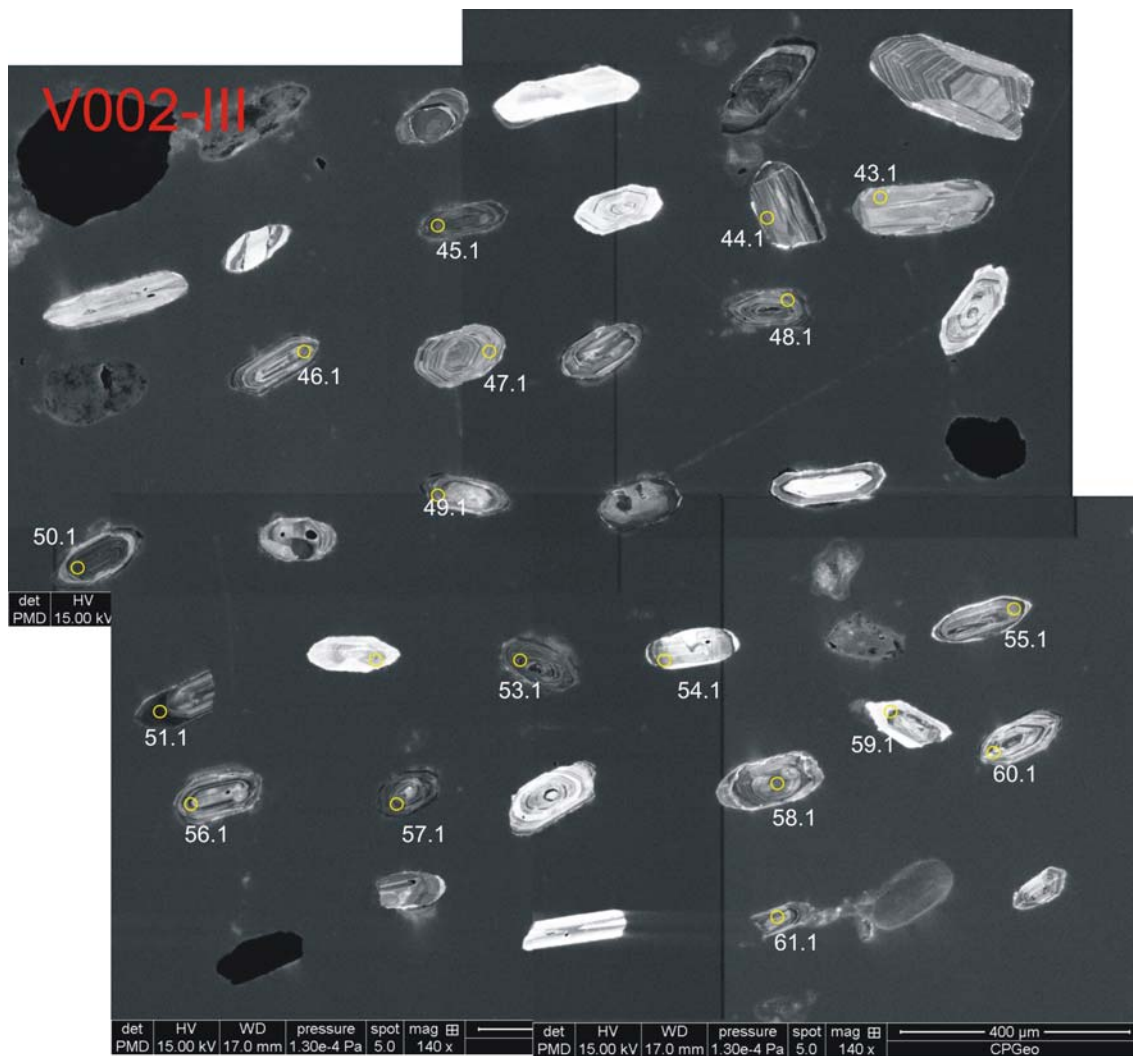




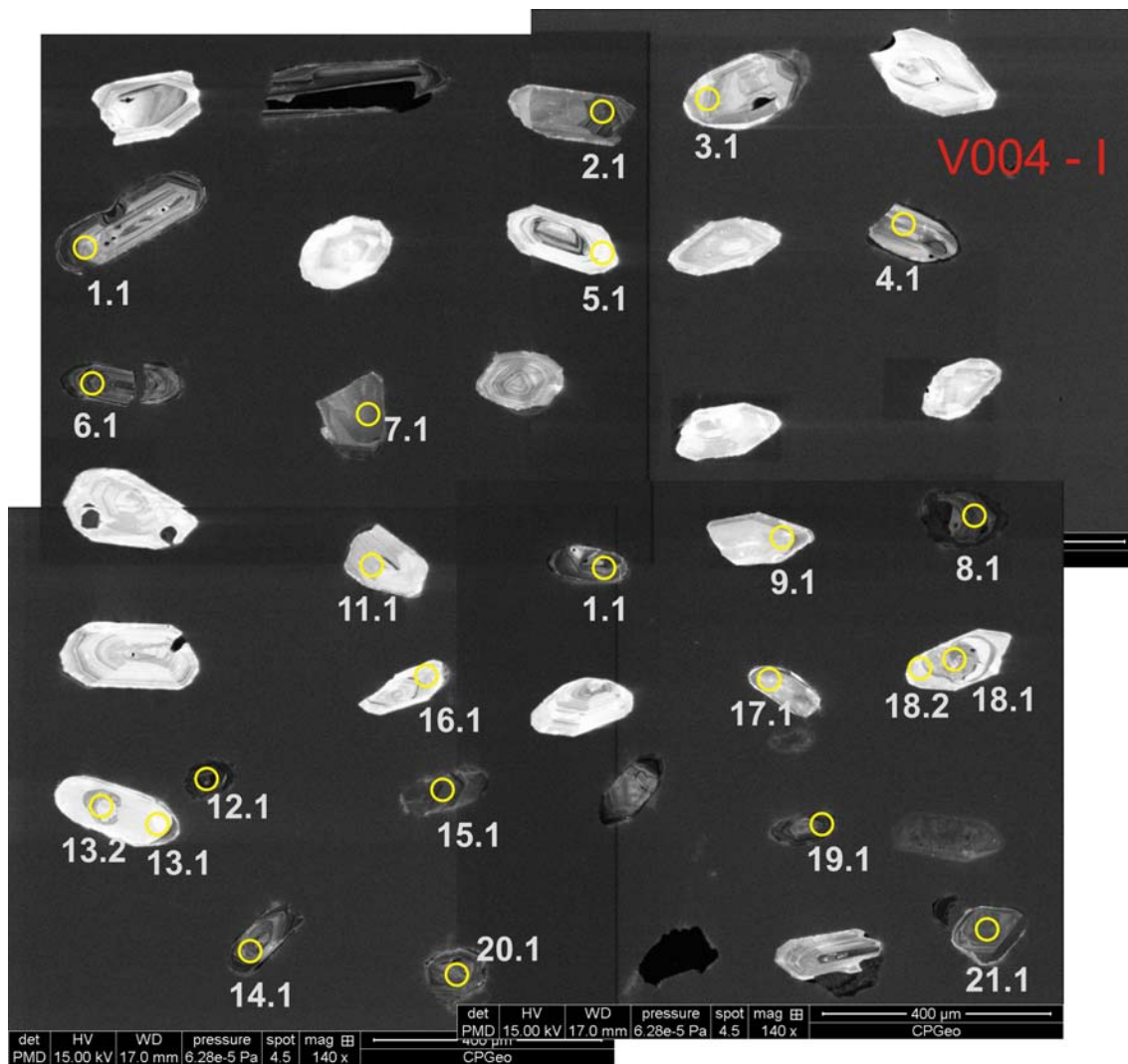
V002-I

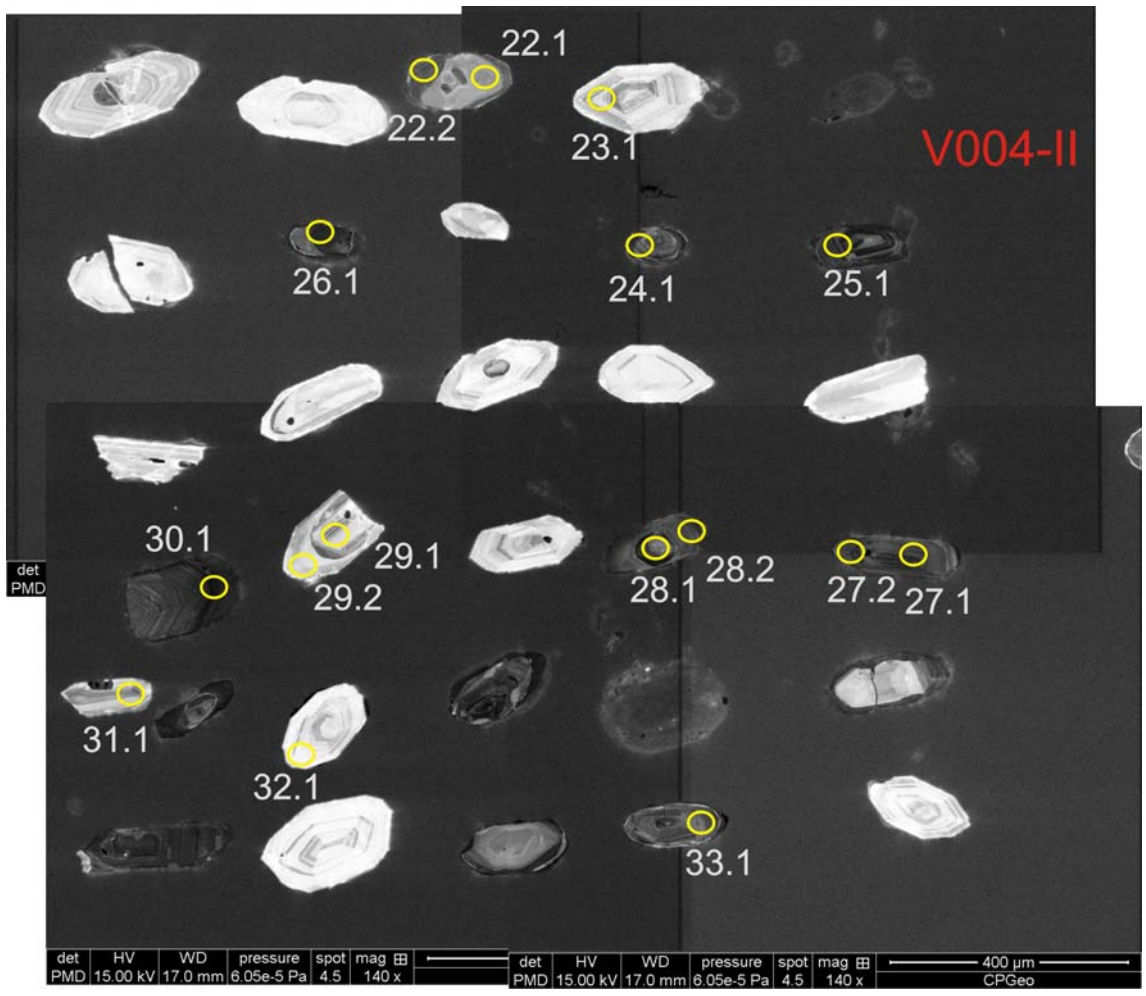


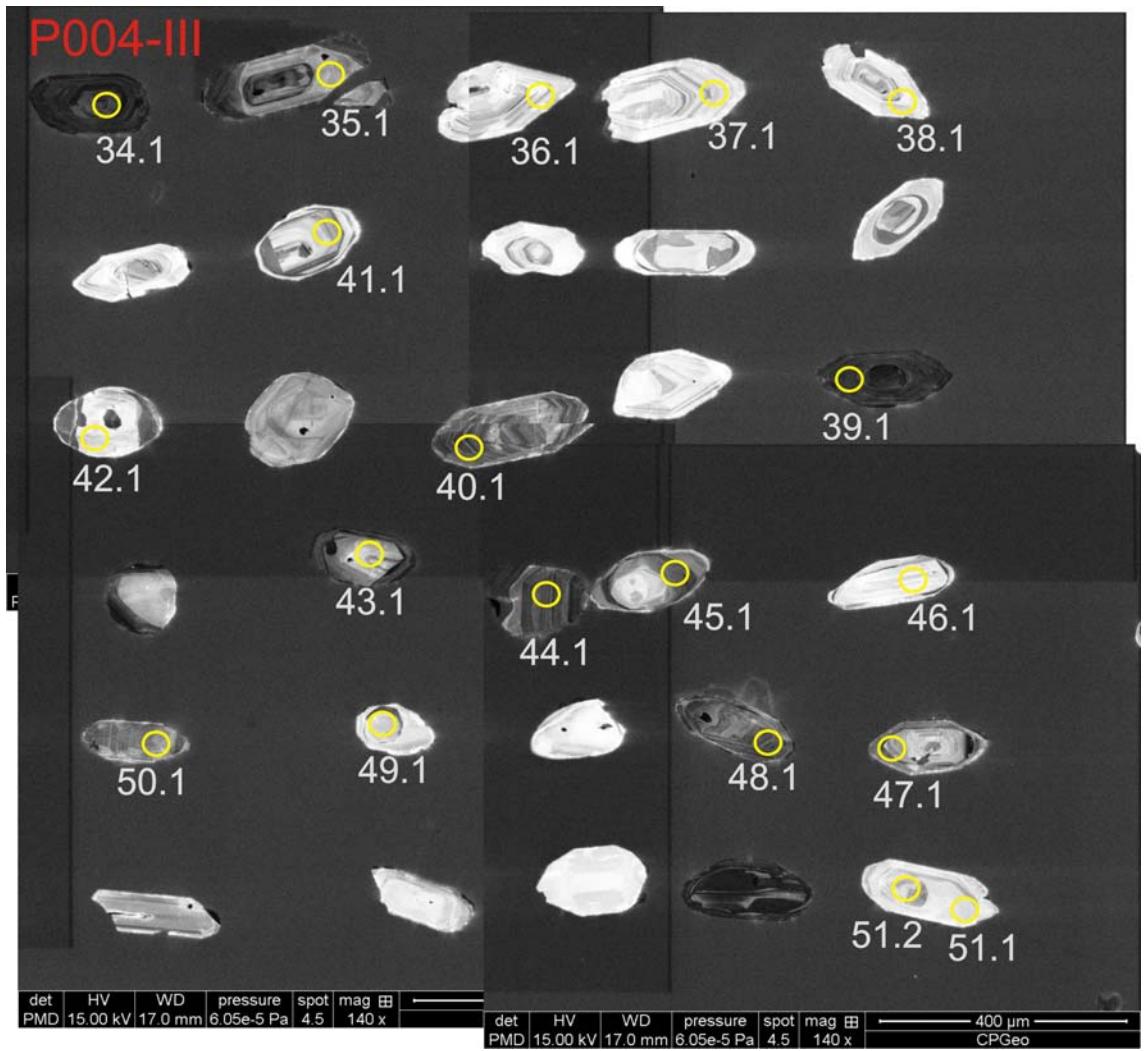


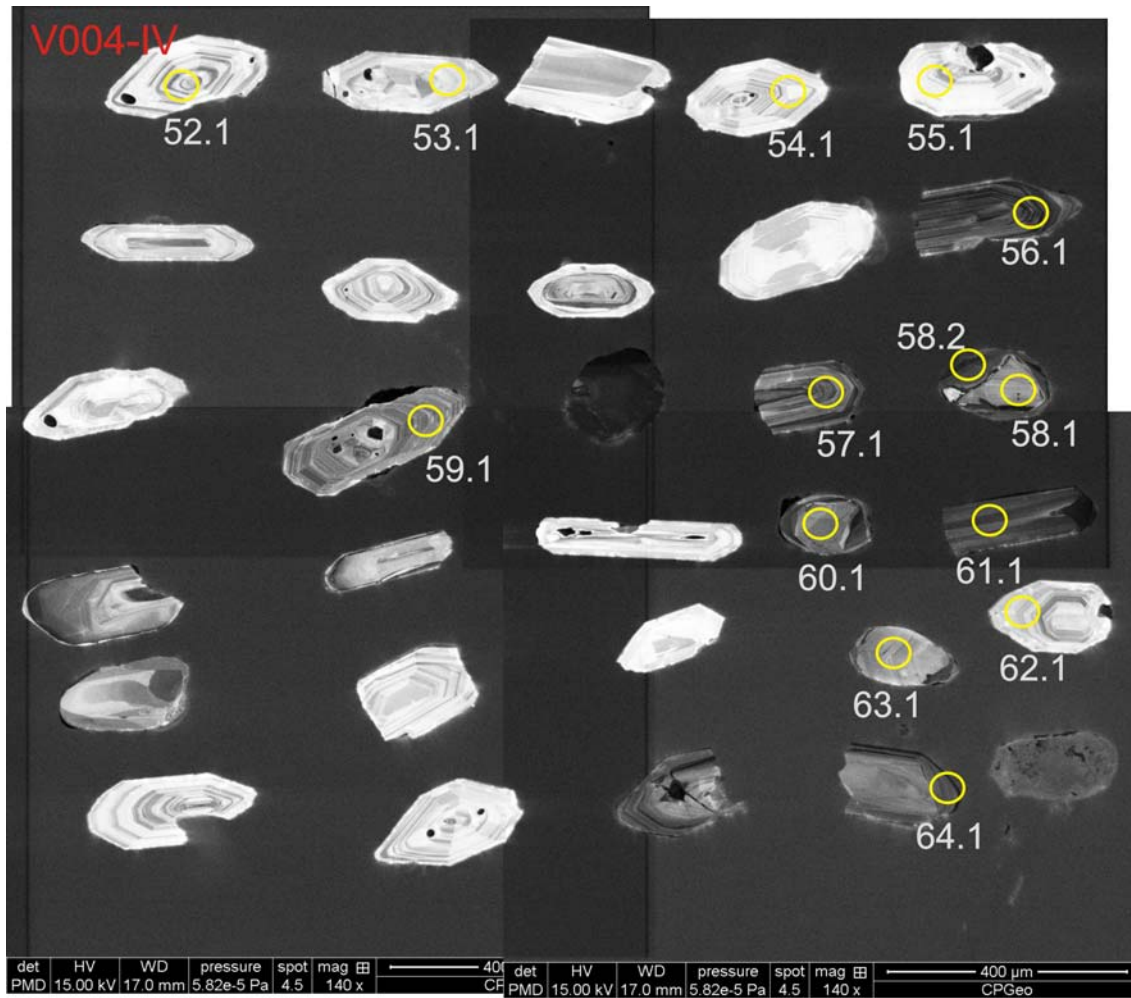


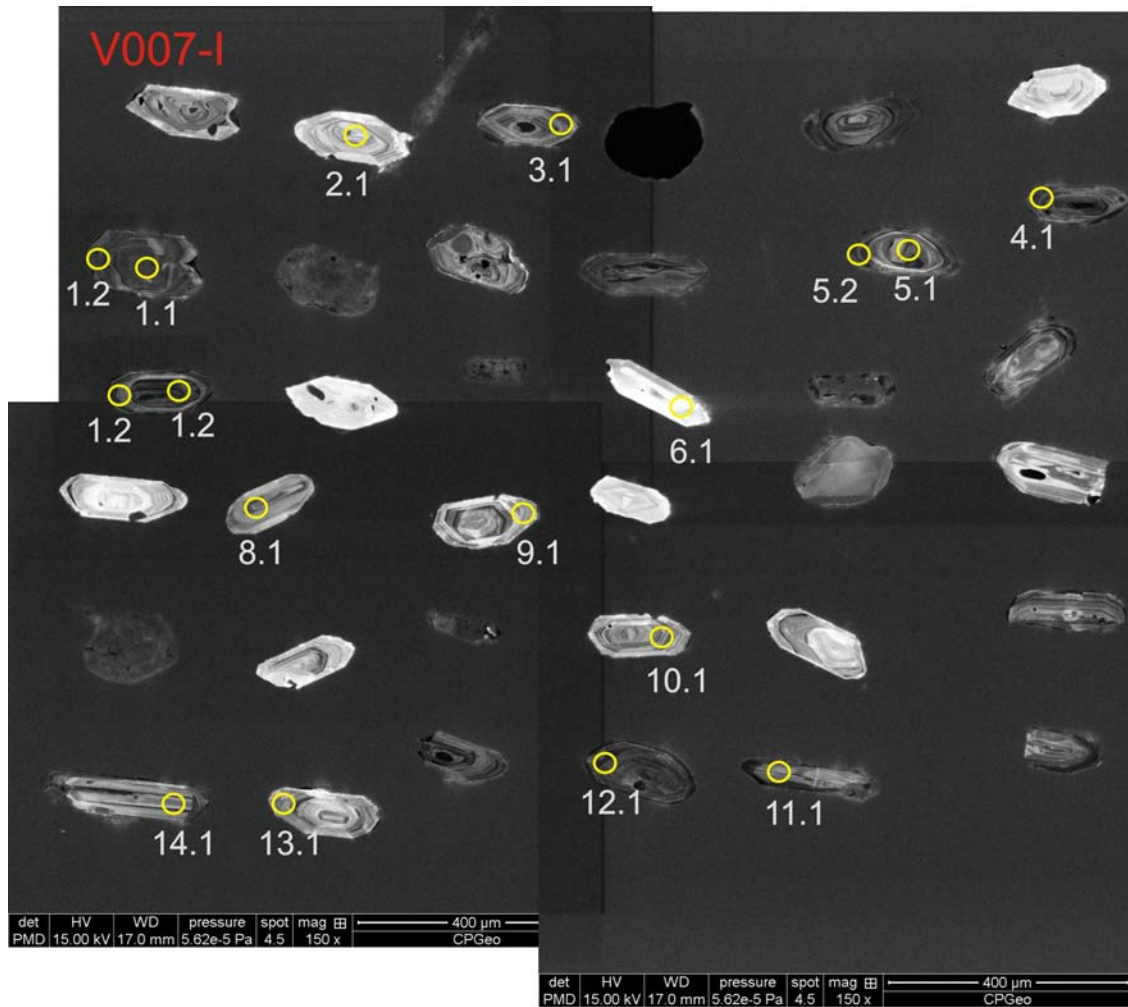


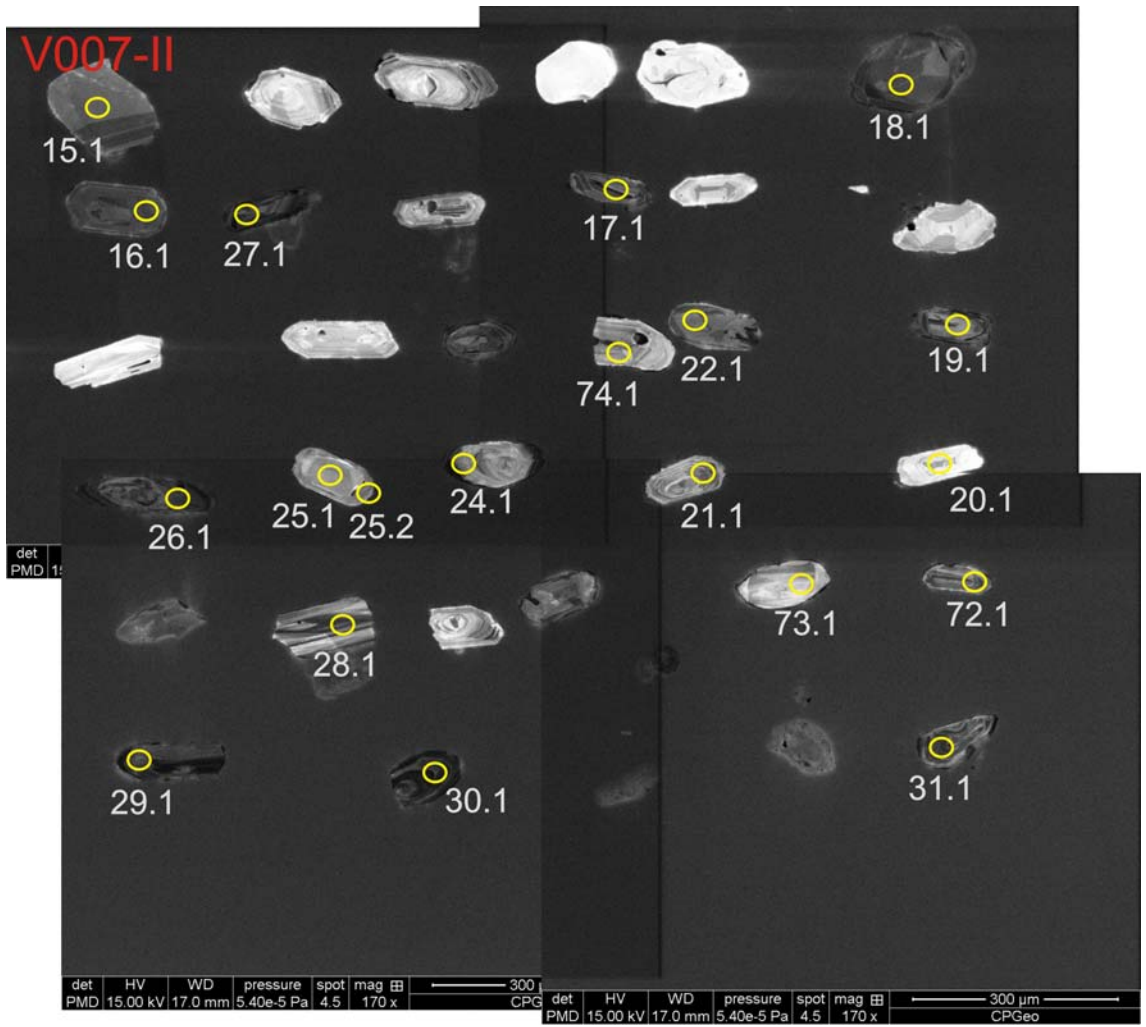


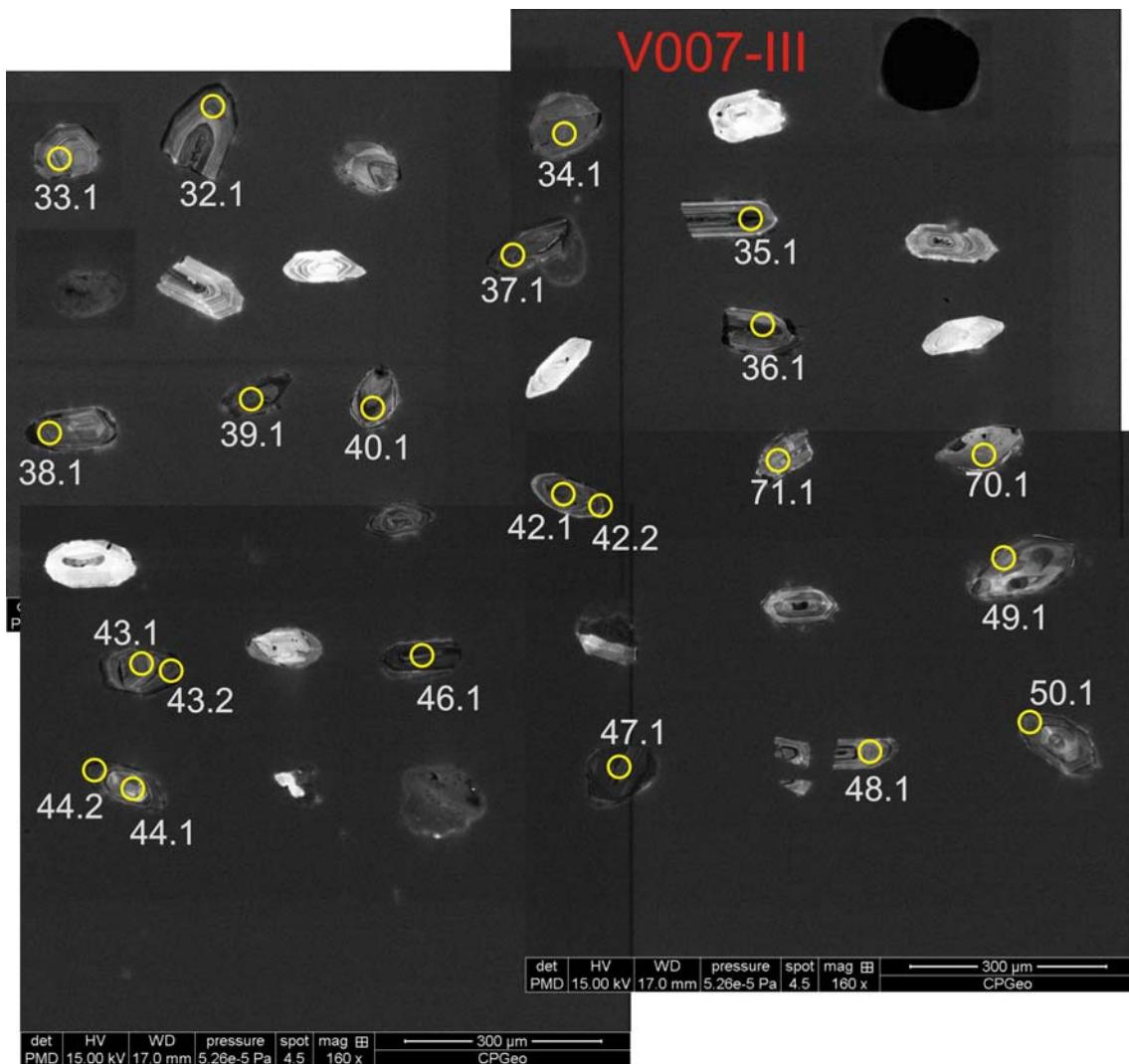




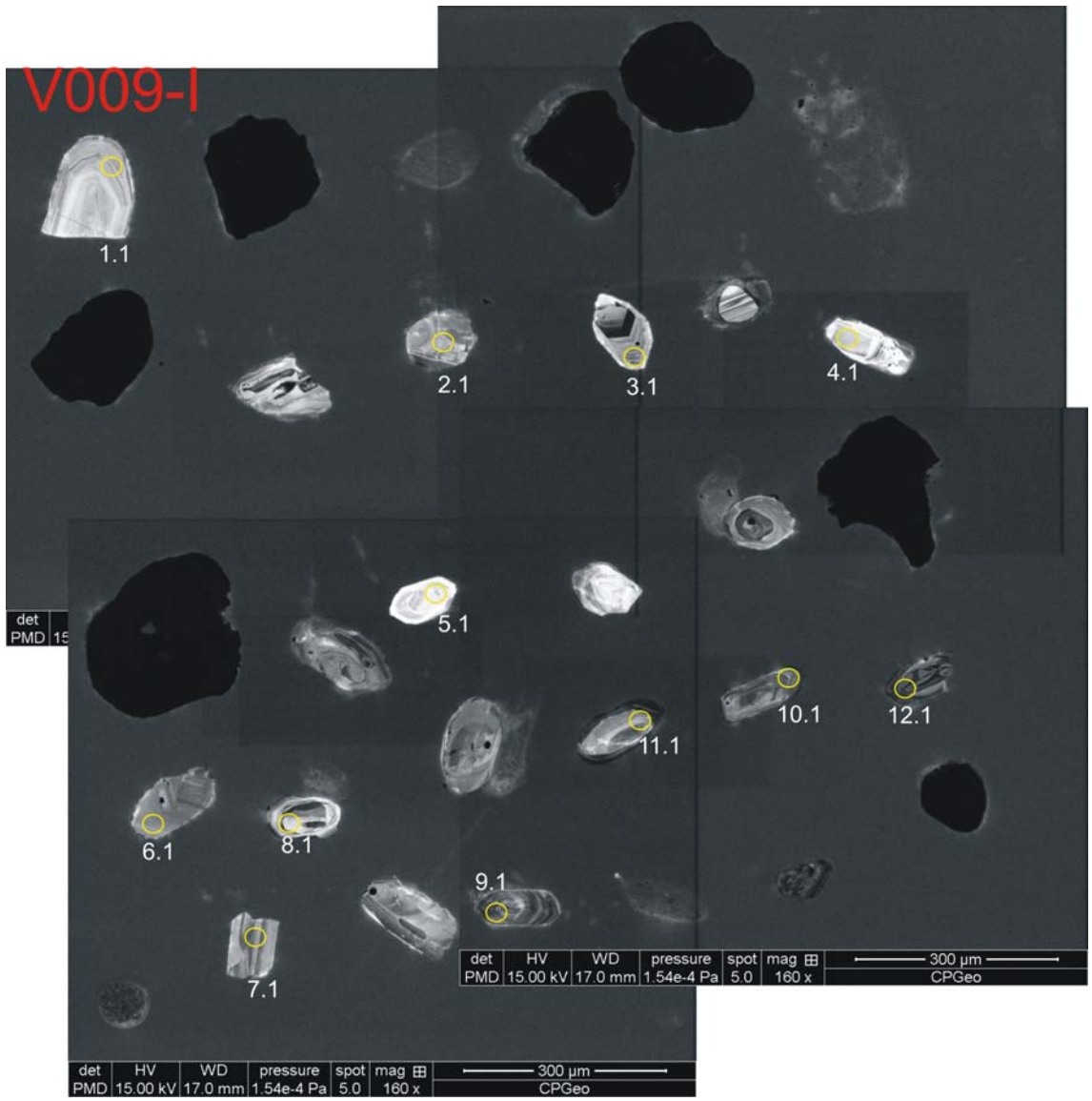


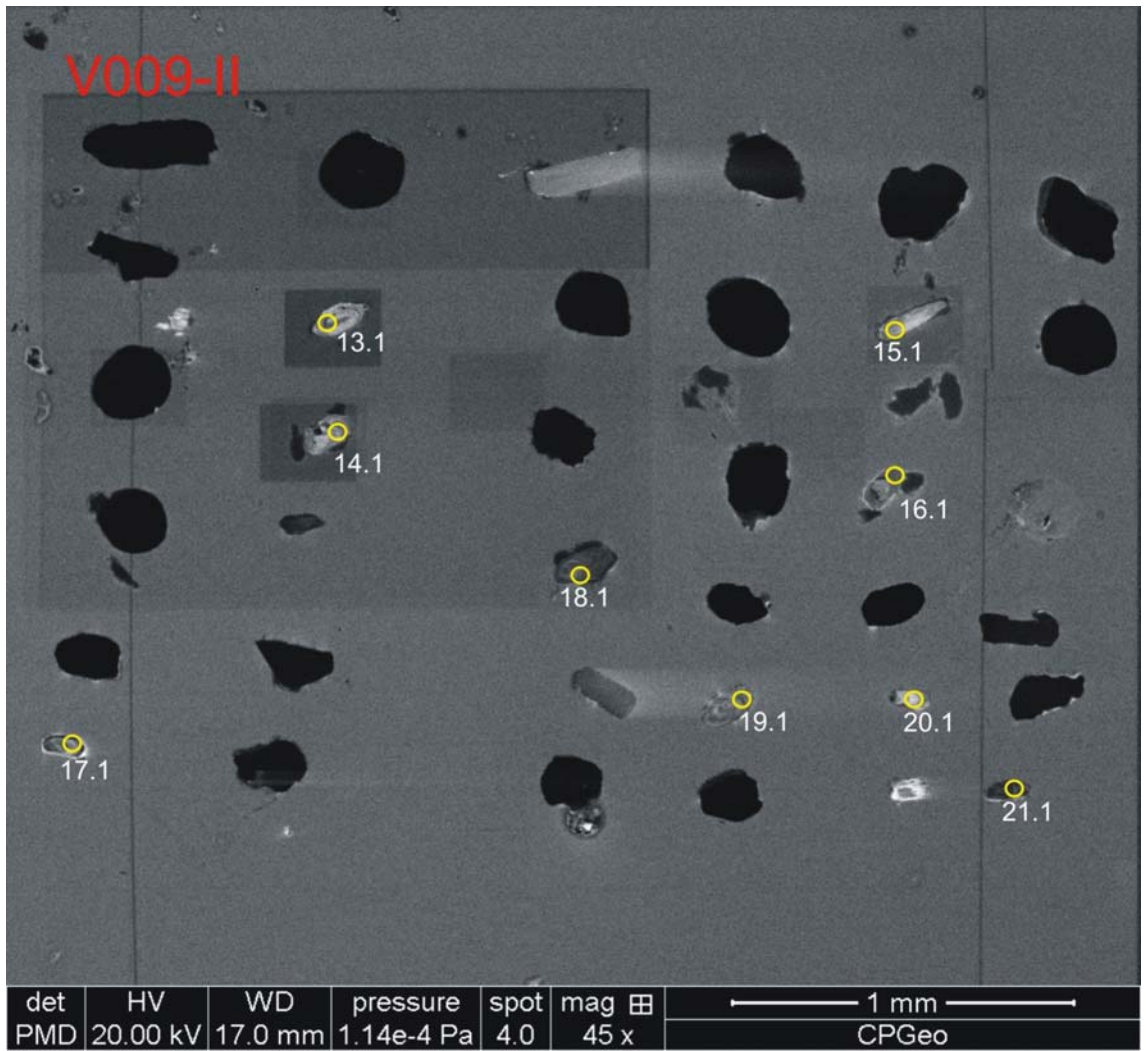


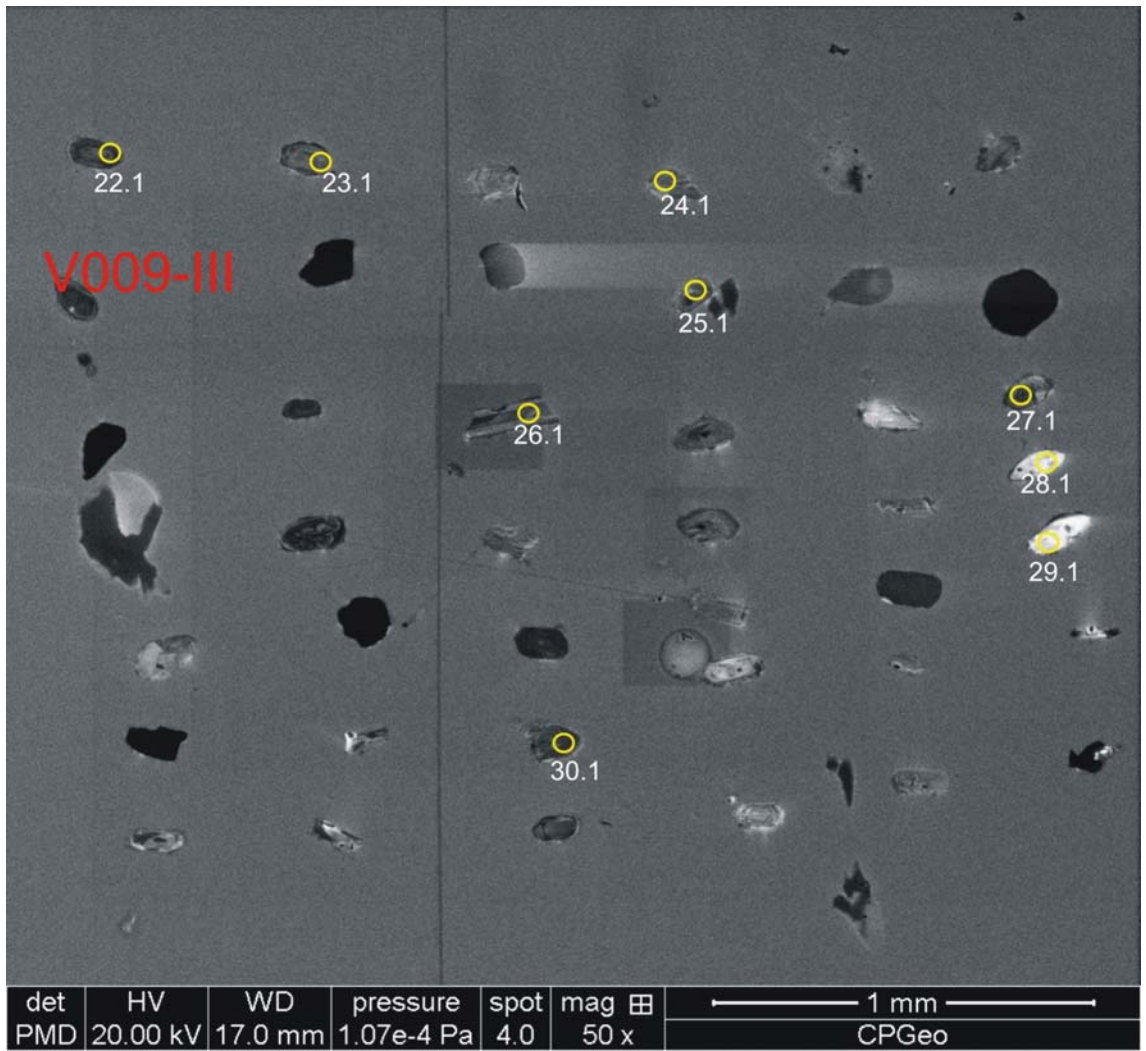


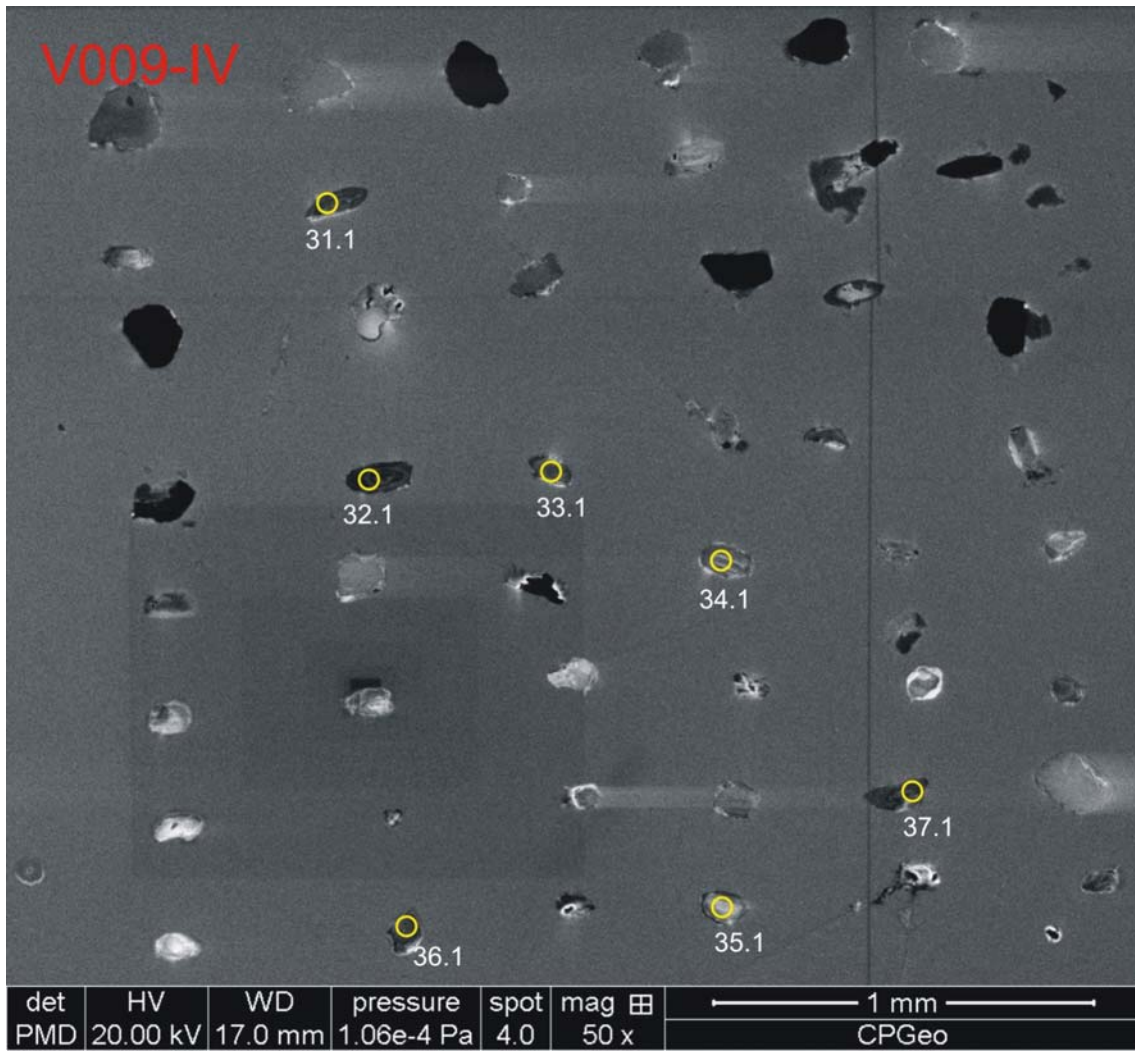


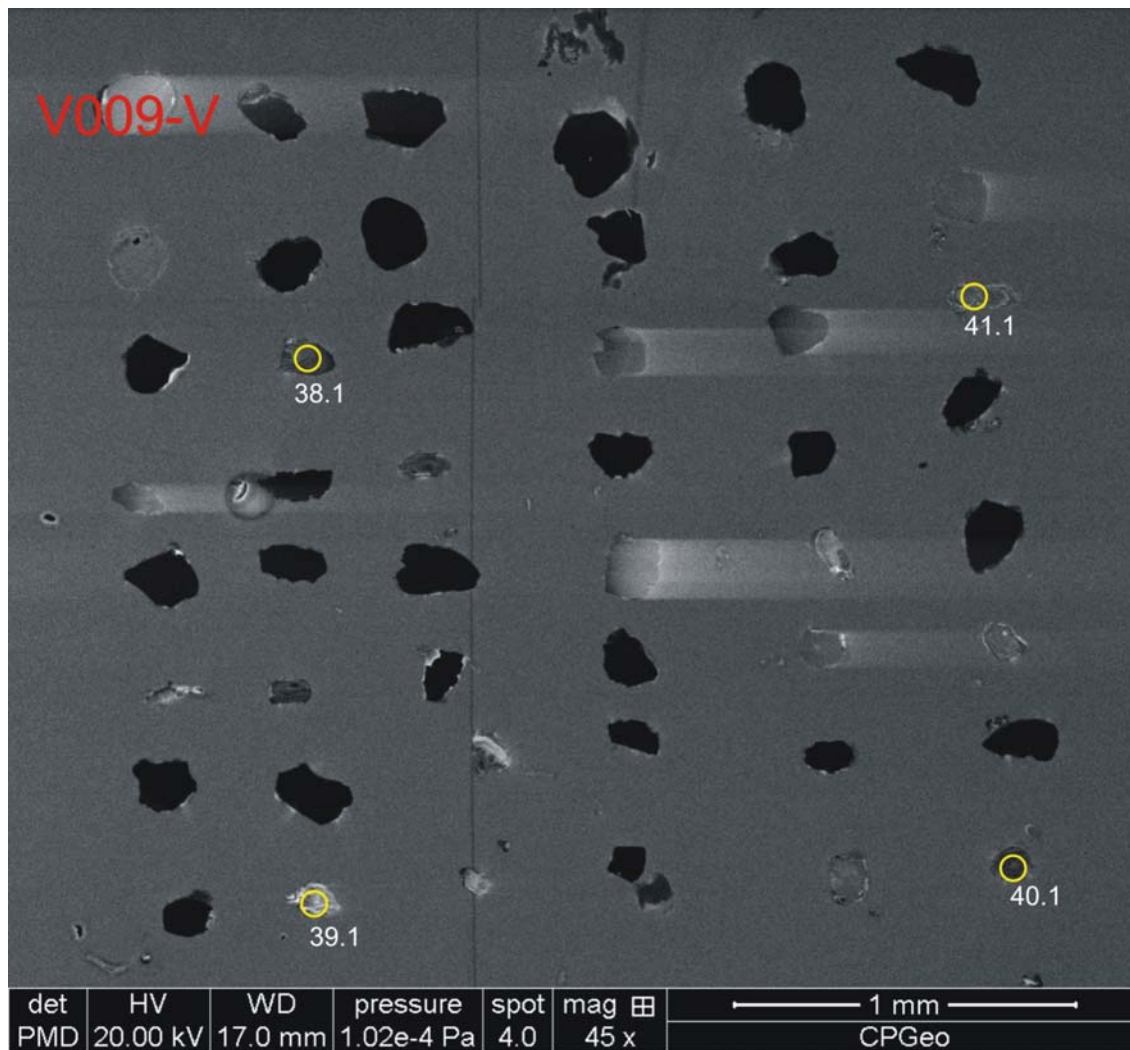








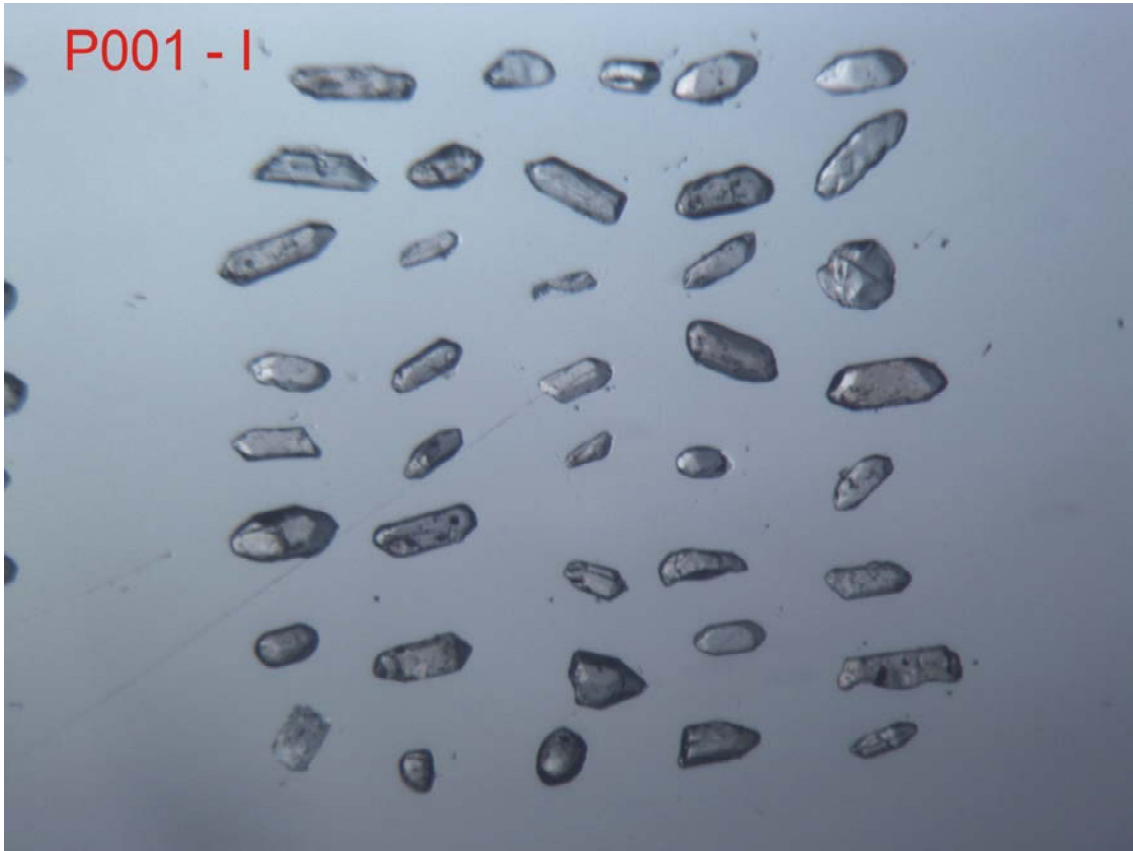




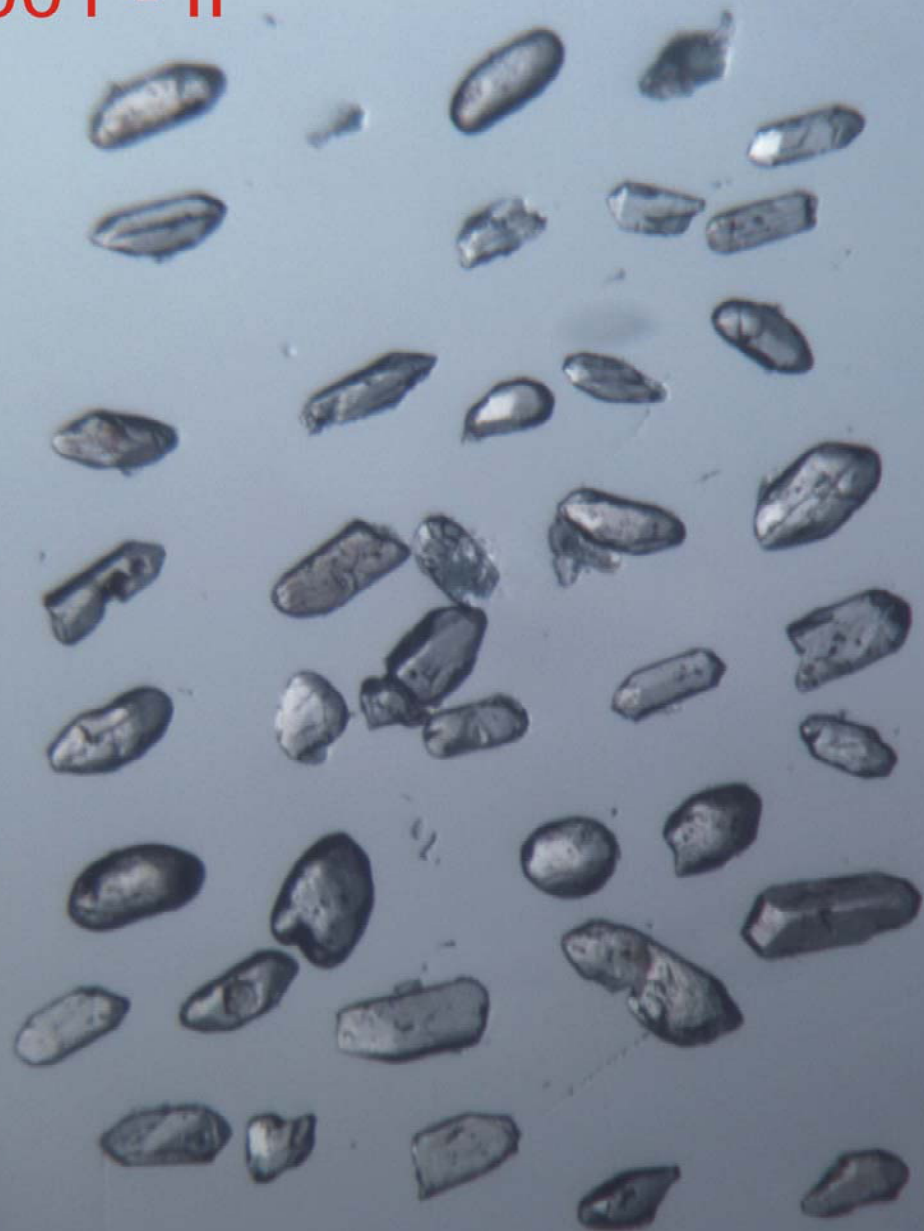
BACIA DE ISCHIGUALASTO-VILLA UNIÓN - U-Pb em LA-ICPMS

Imagens de Lupa:

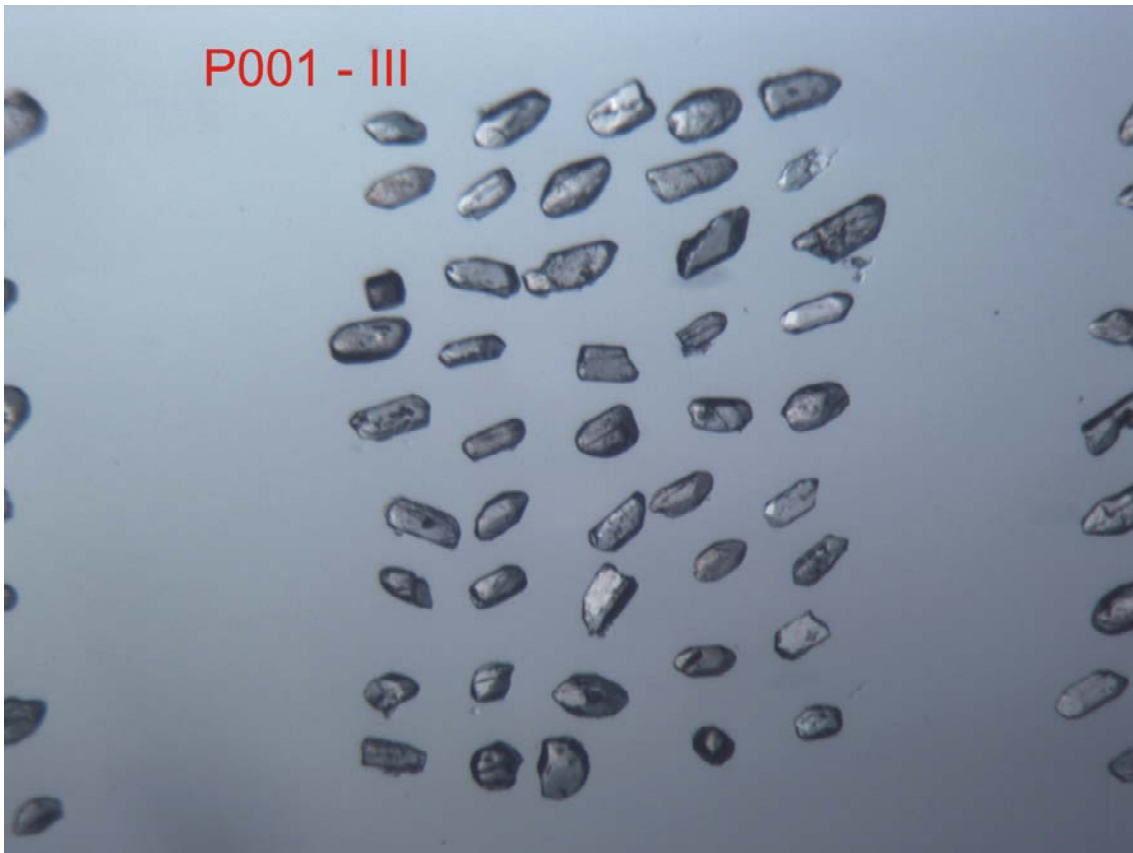
P001 - I



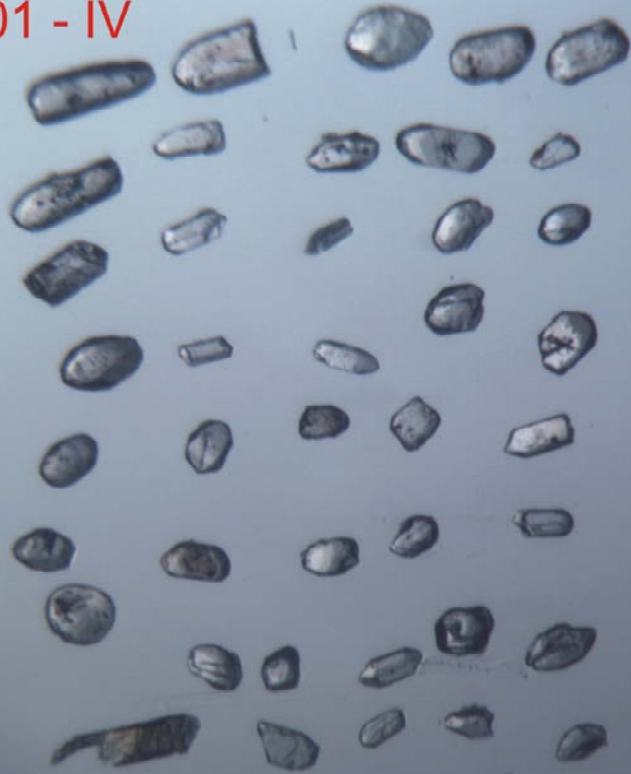
P001 - II



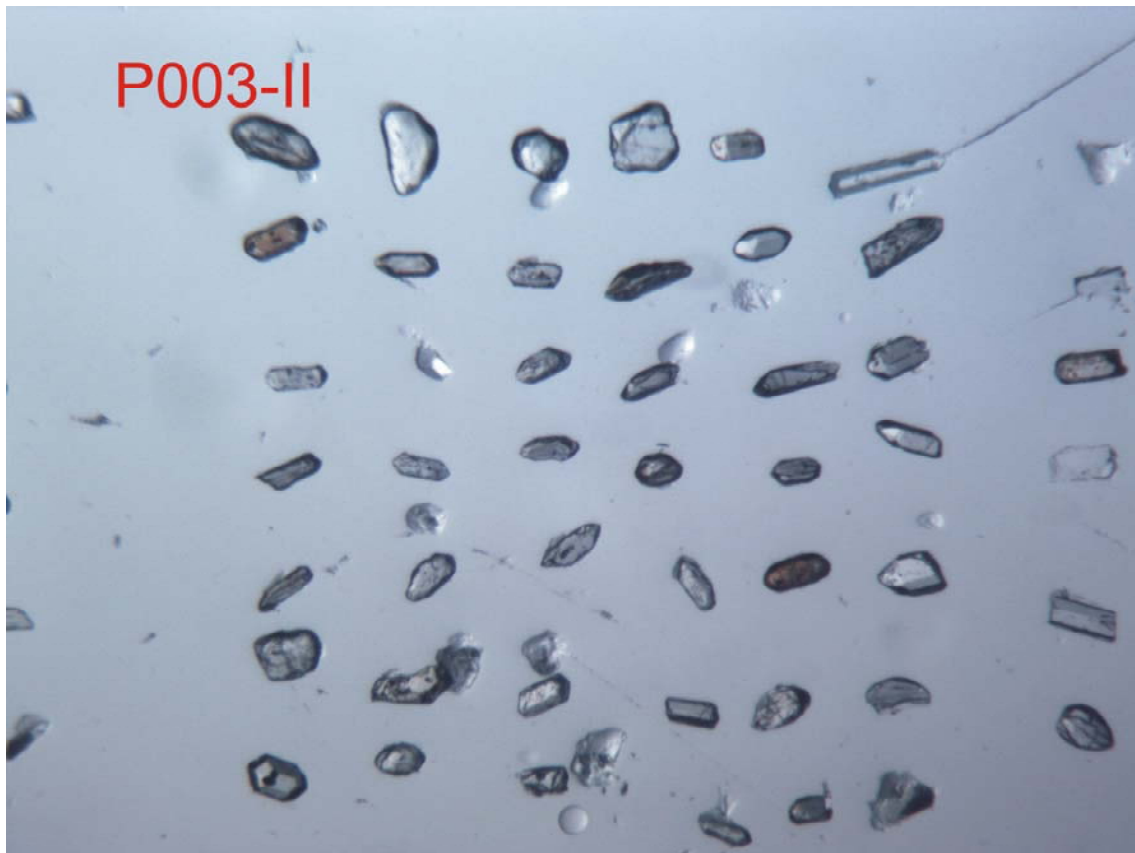
P001 - III

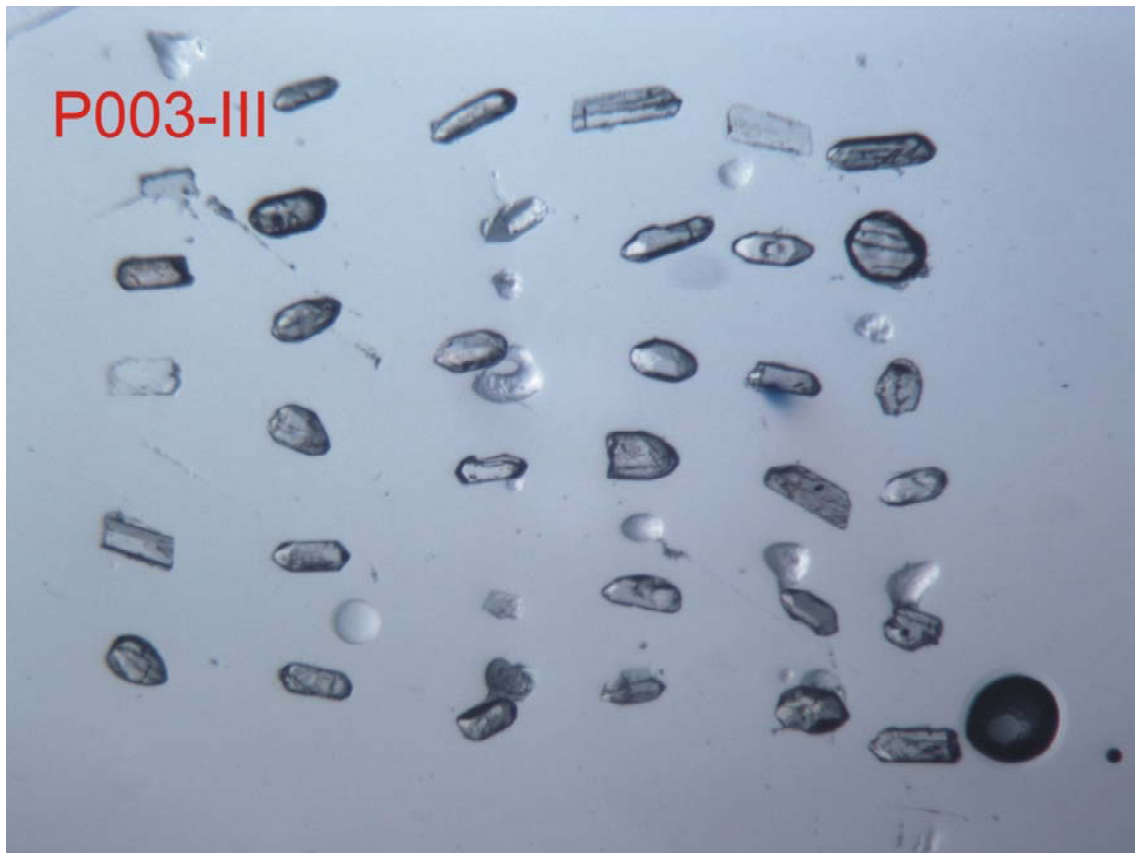


P001 - IV

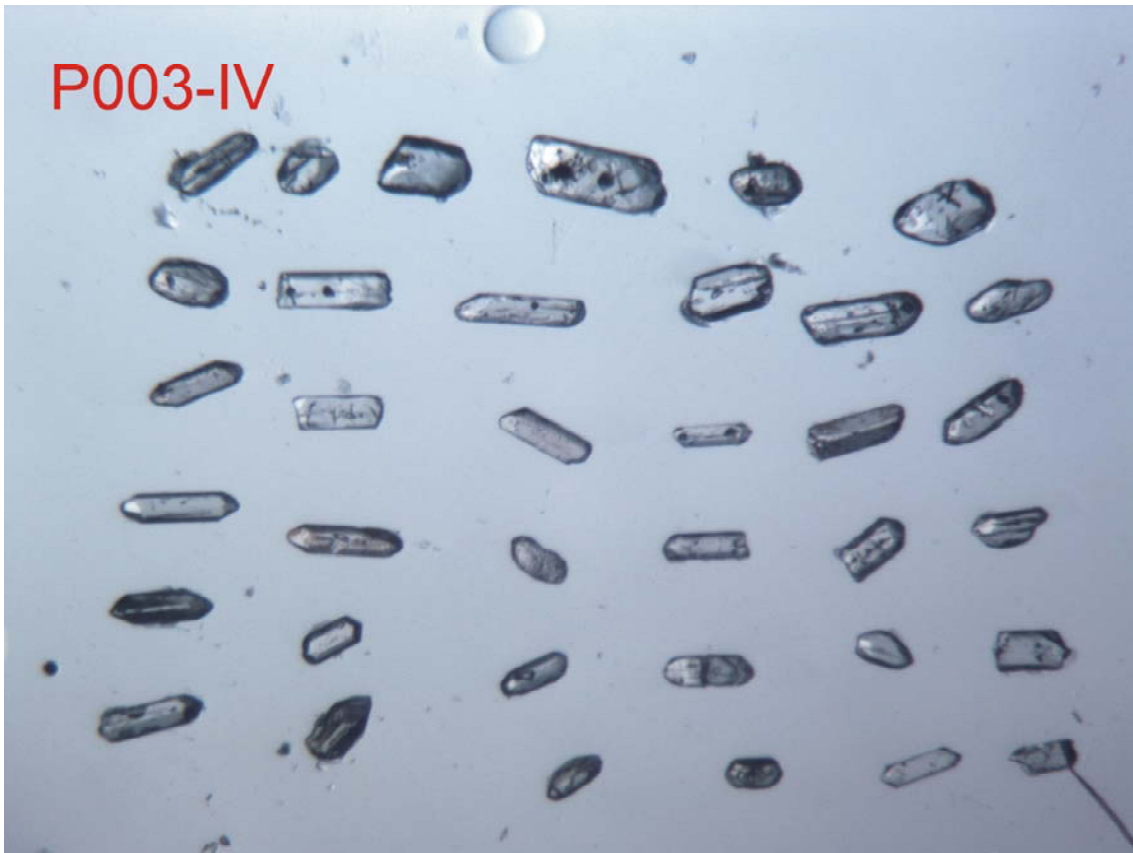




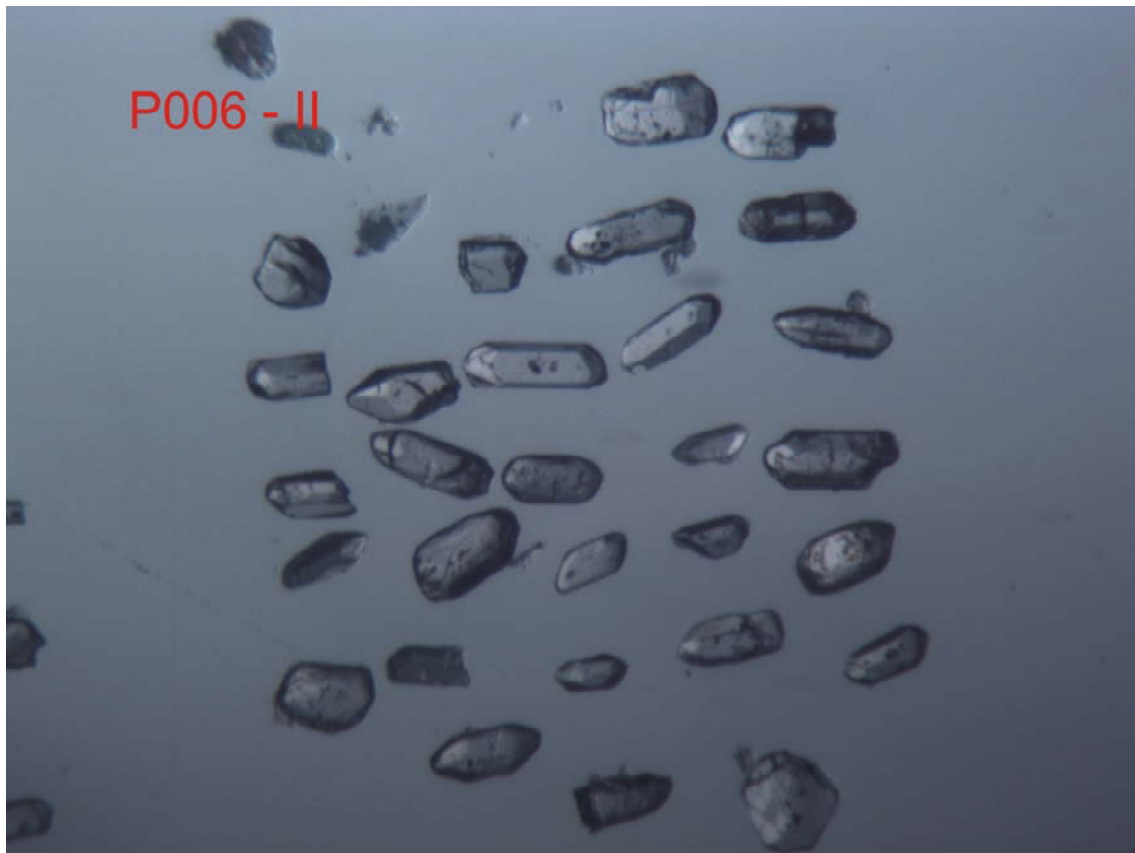


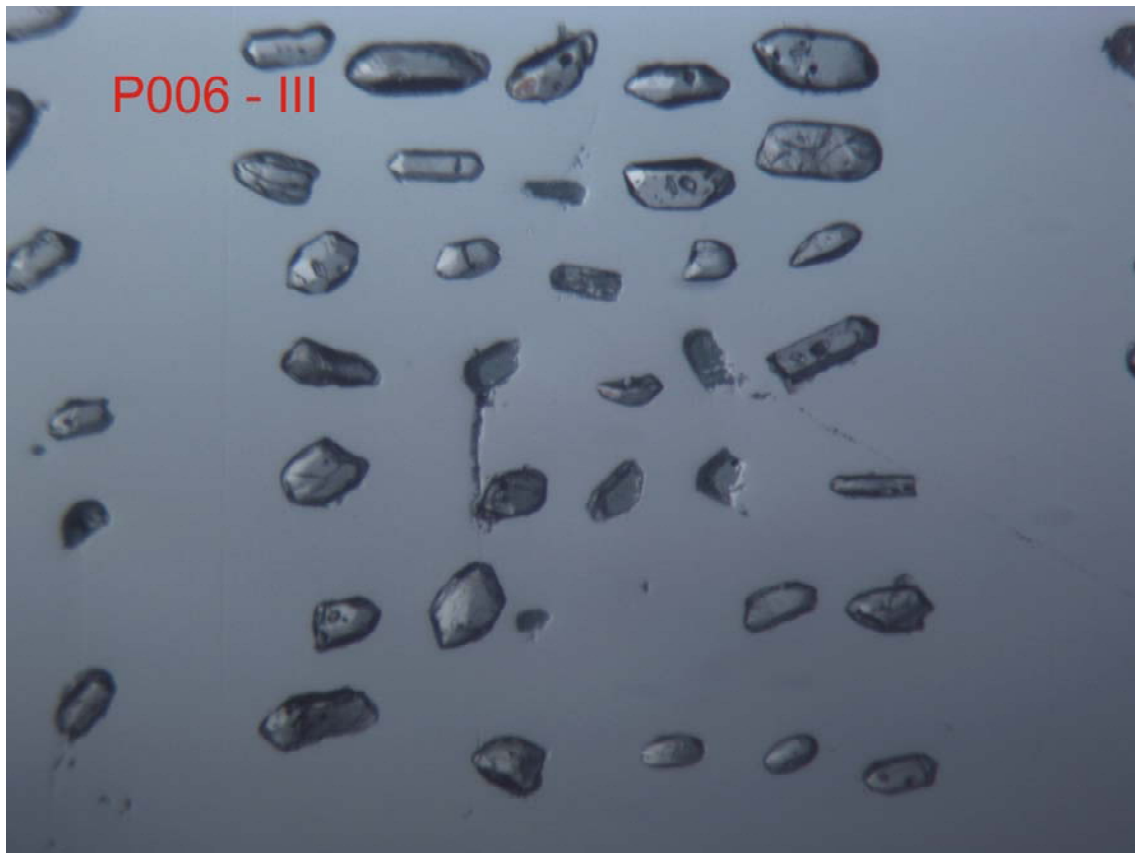


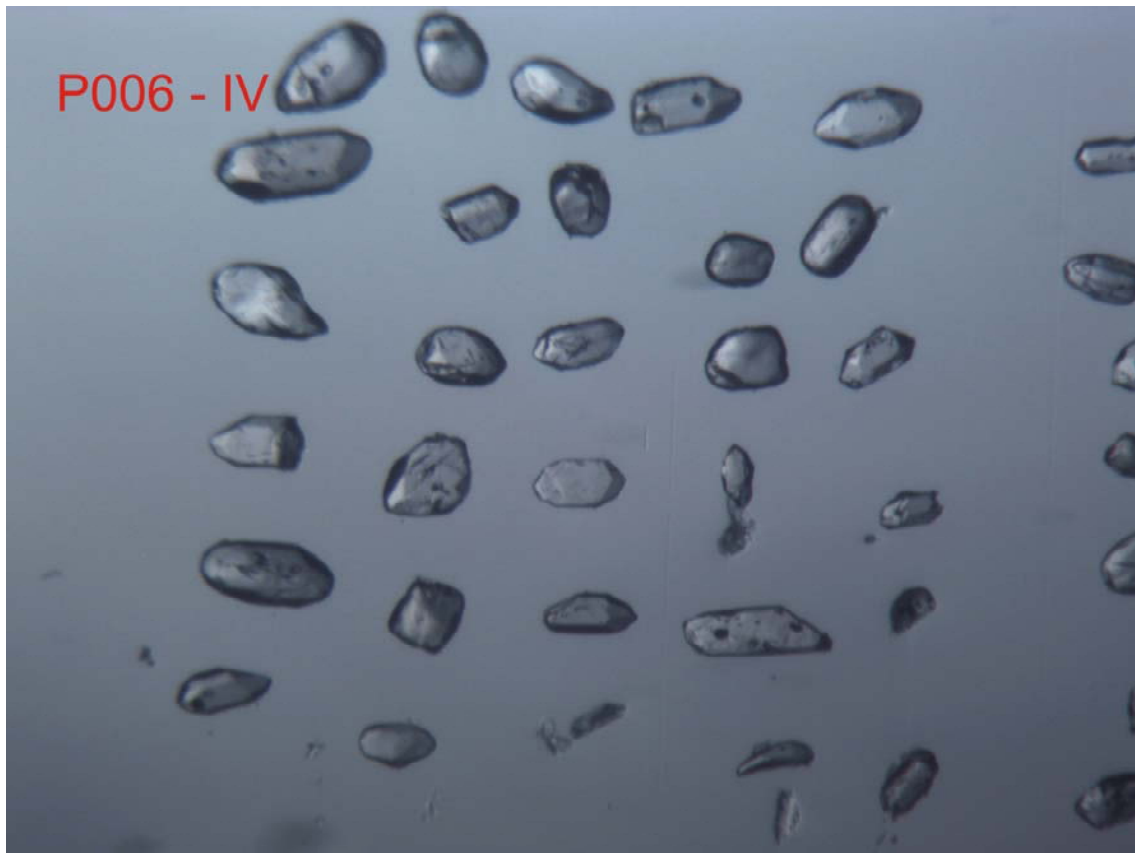
P003-IV



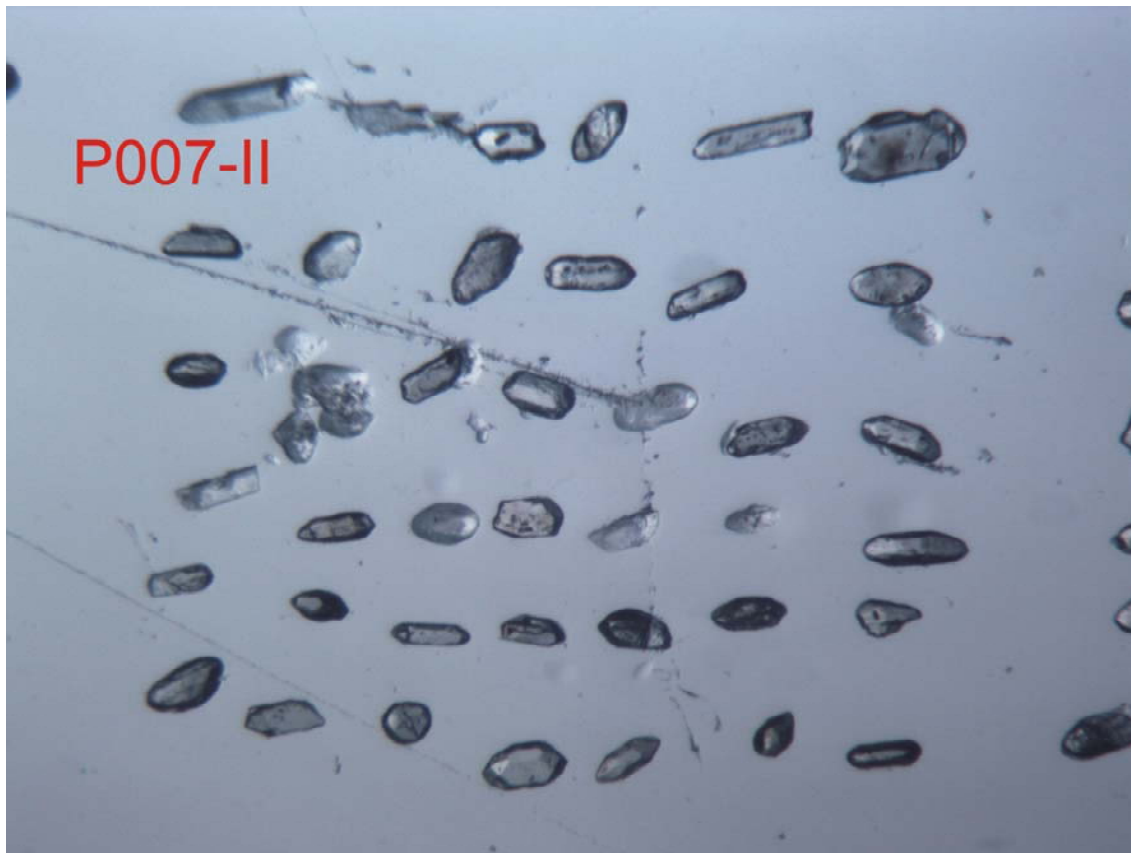


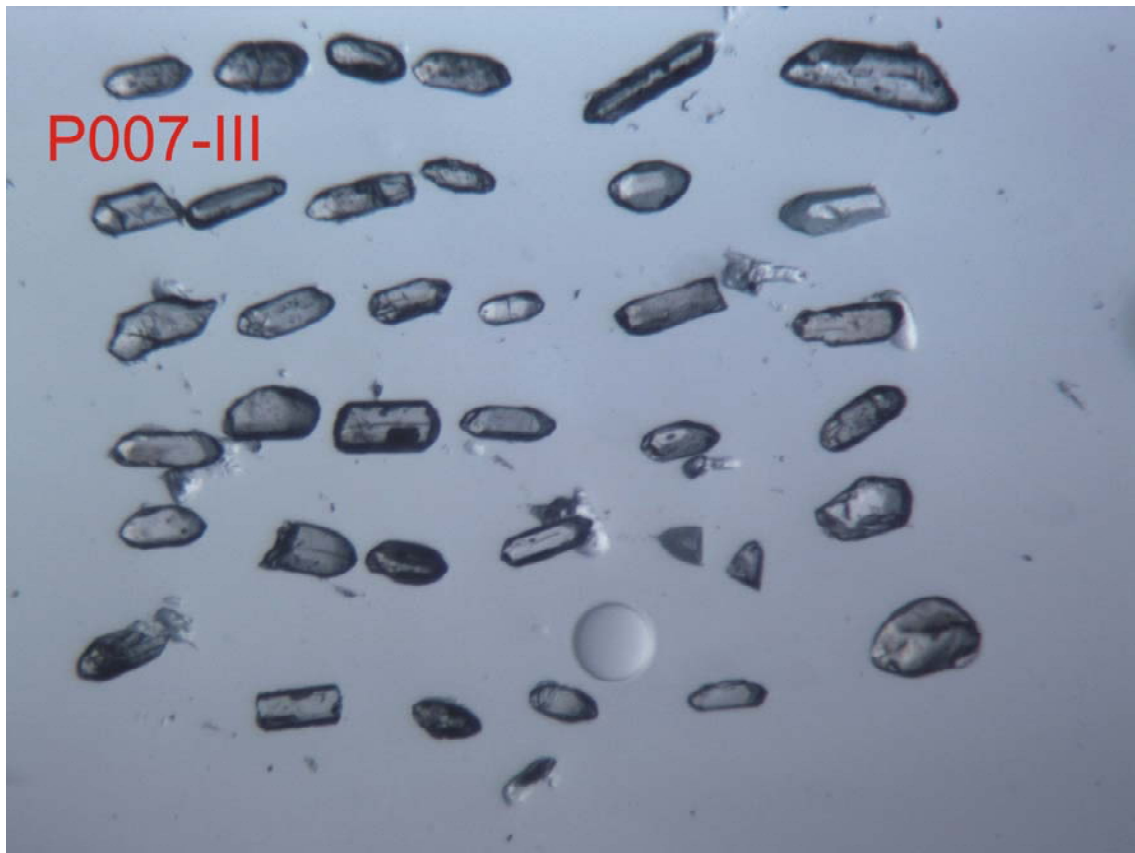


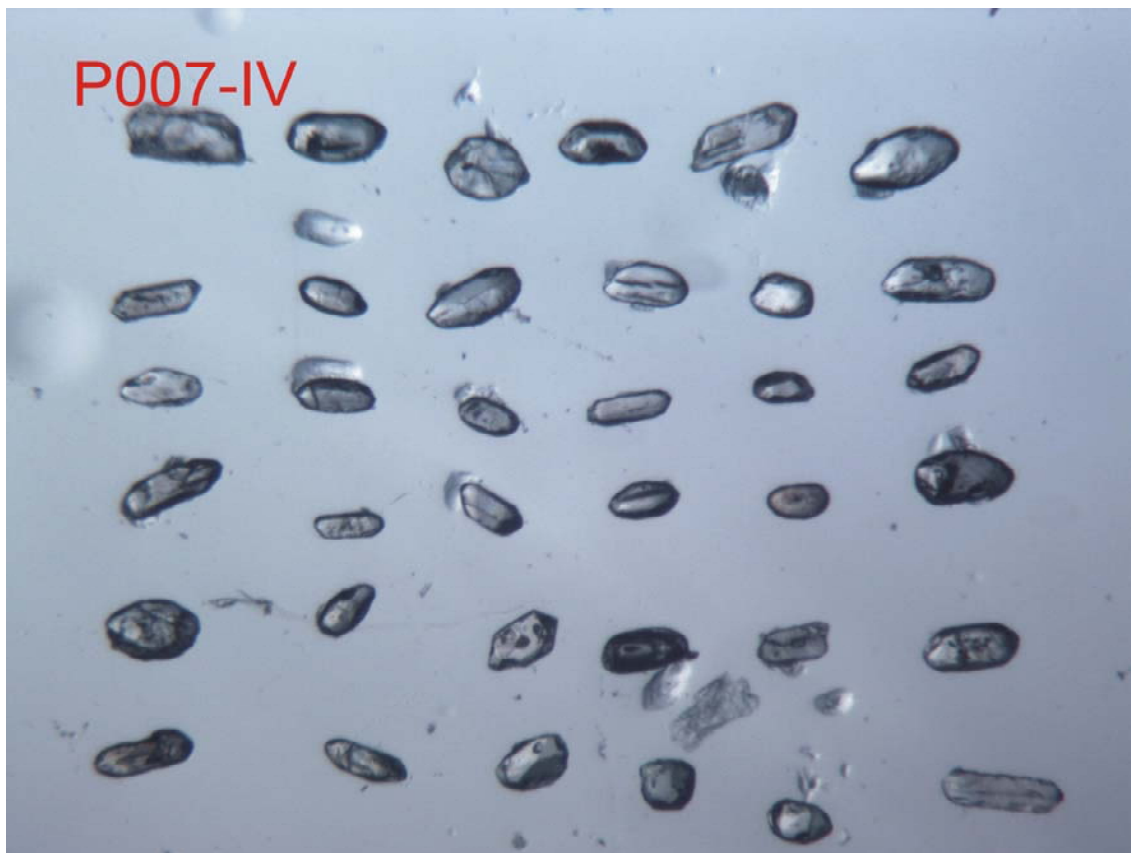




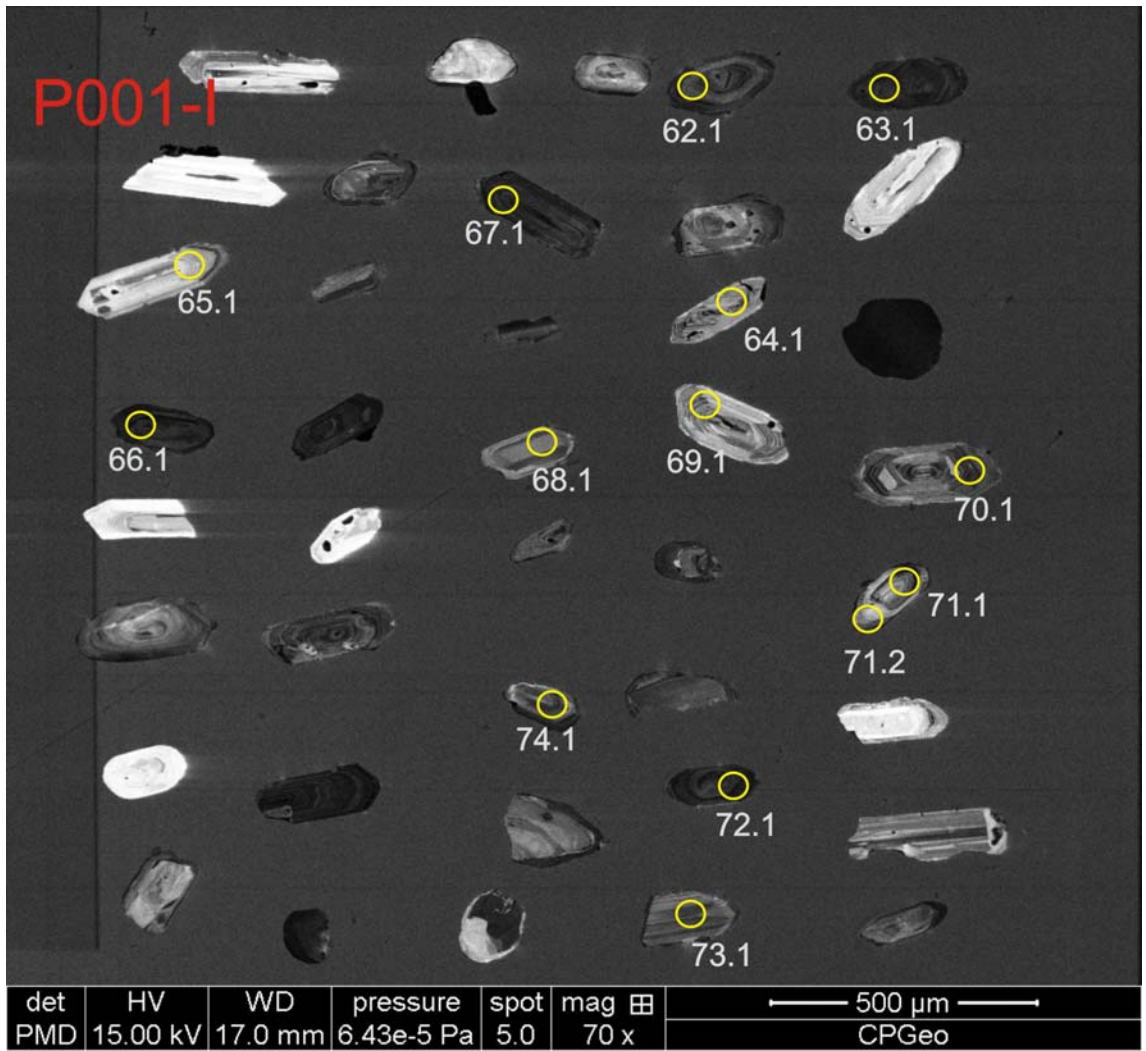


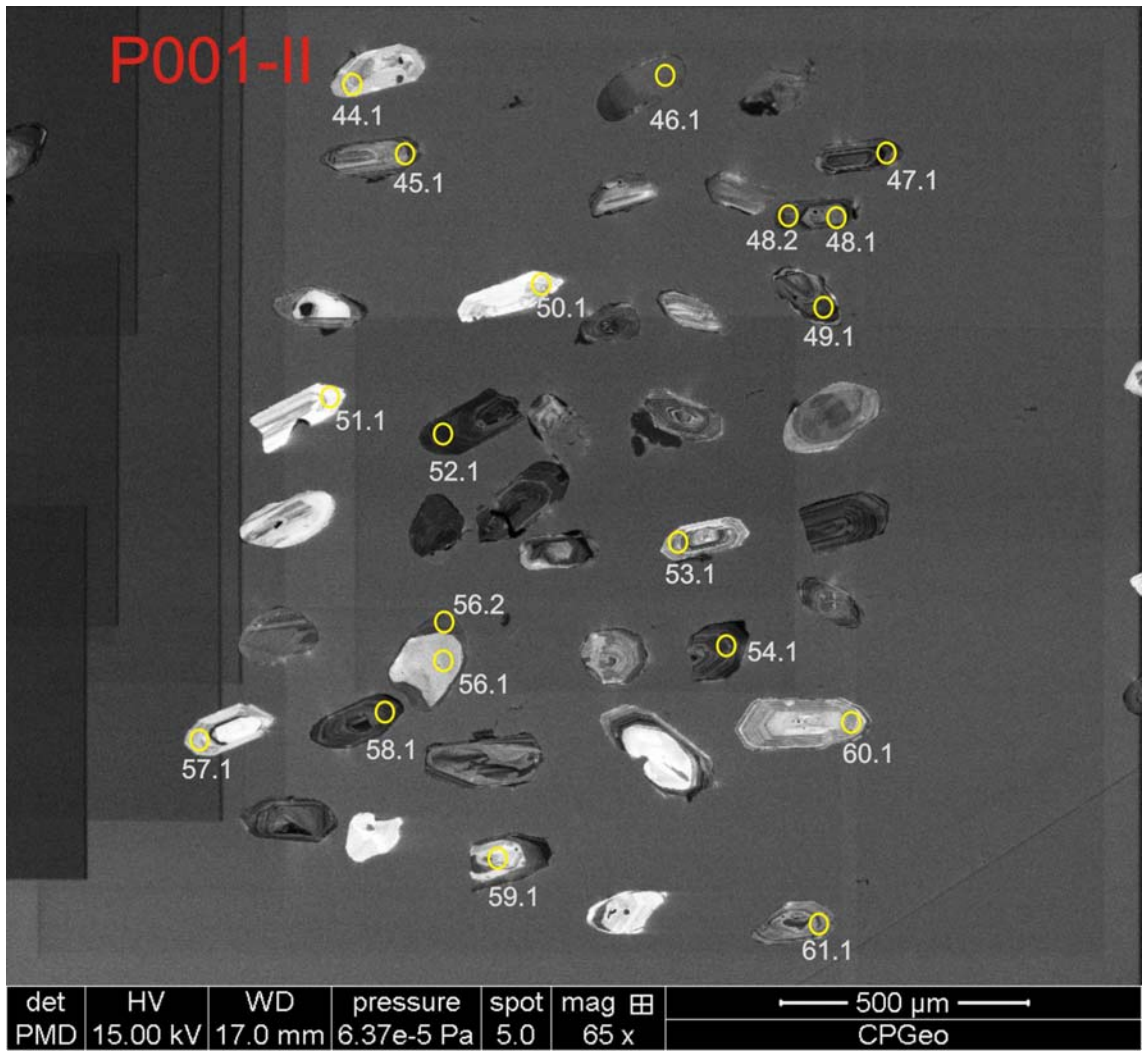


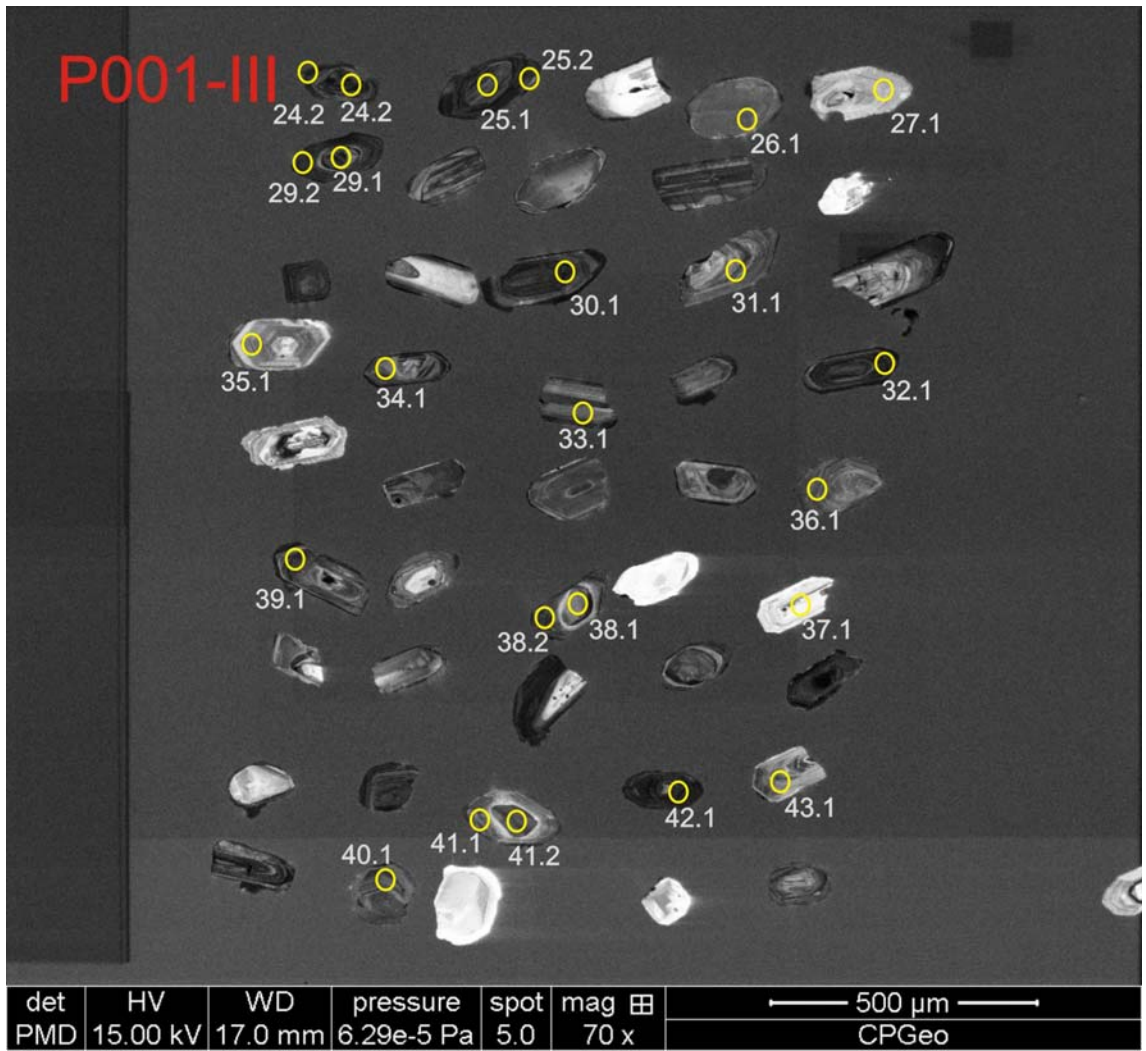




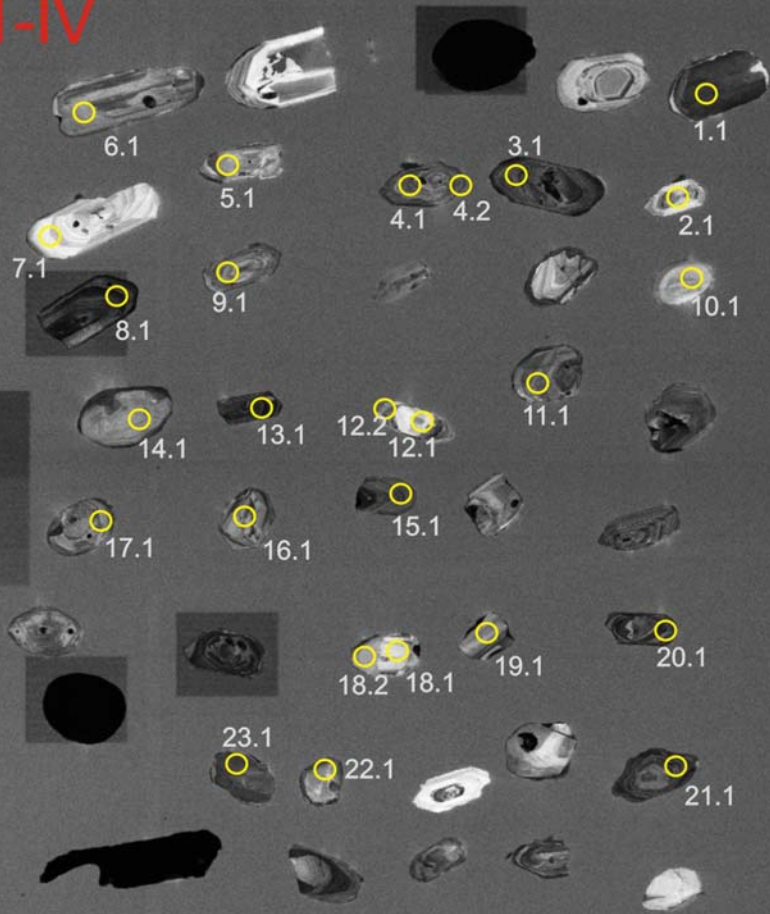
Imagens de CL



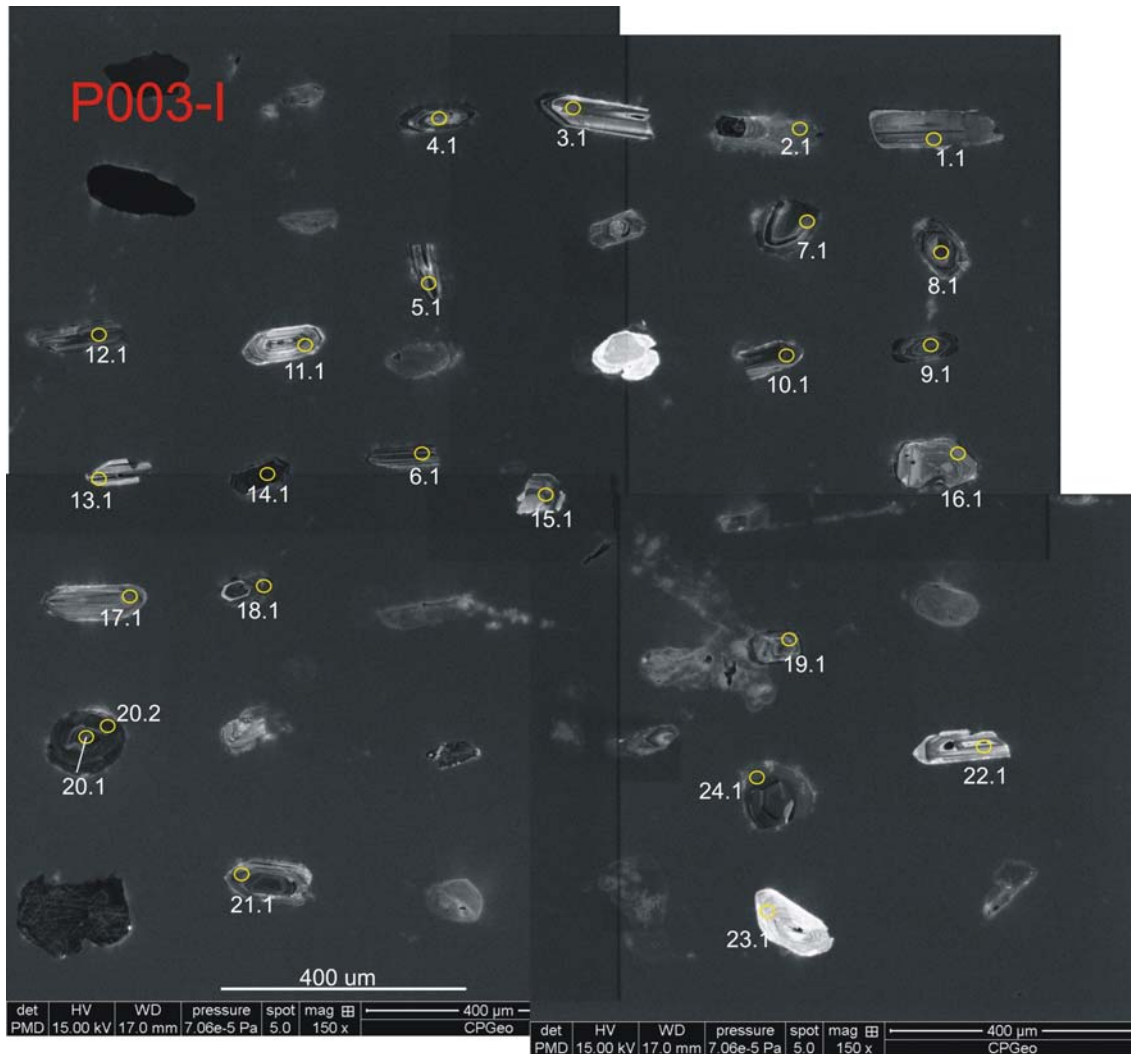


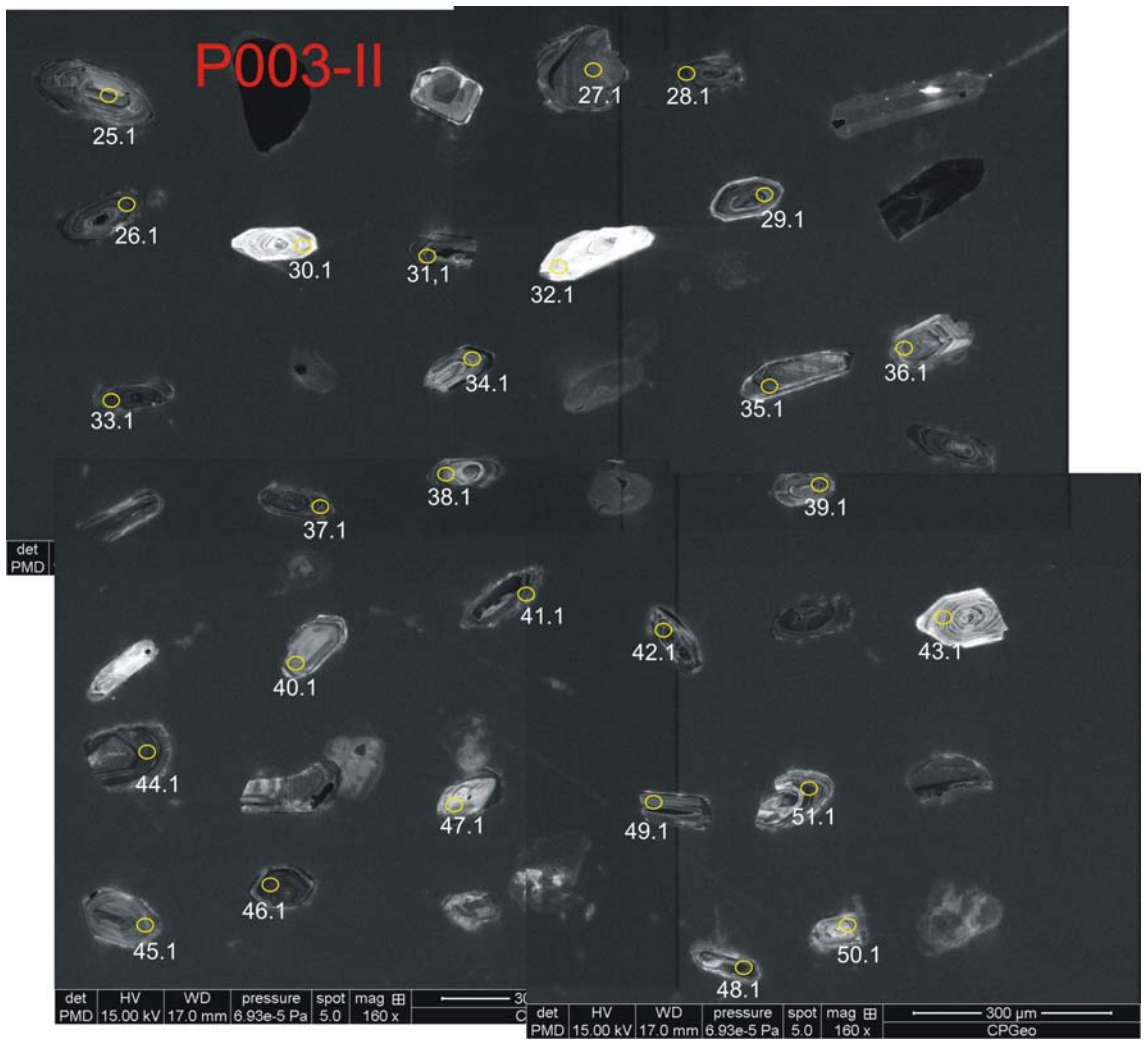


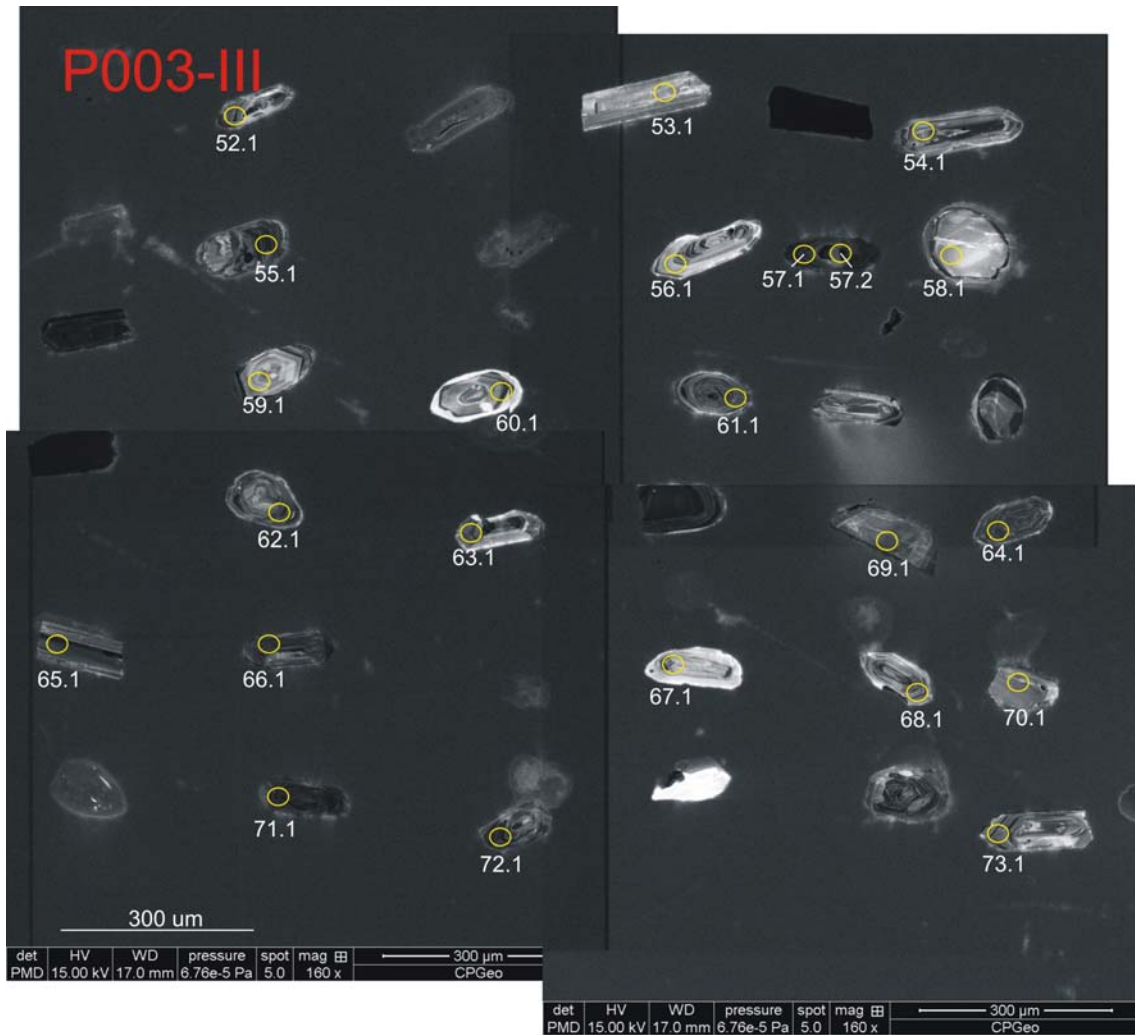
P001-IV



det	HV	WD	pressure	spot	mag	田	500 μm
PMD	15.00 kV	17.0 mm	6.29e-5 Pa	5.0	65 x		CPGeo

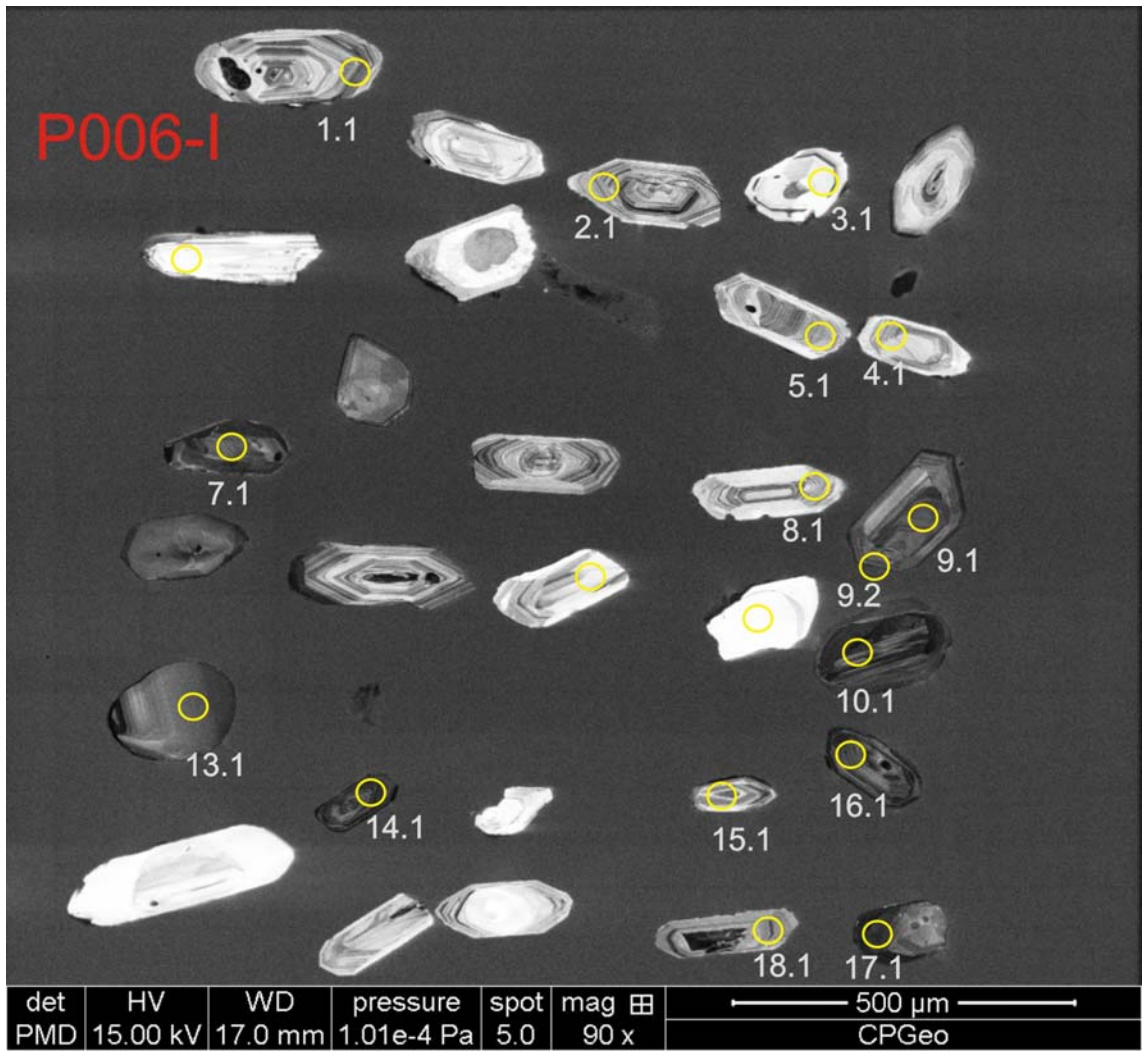


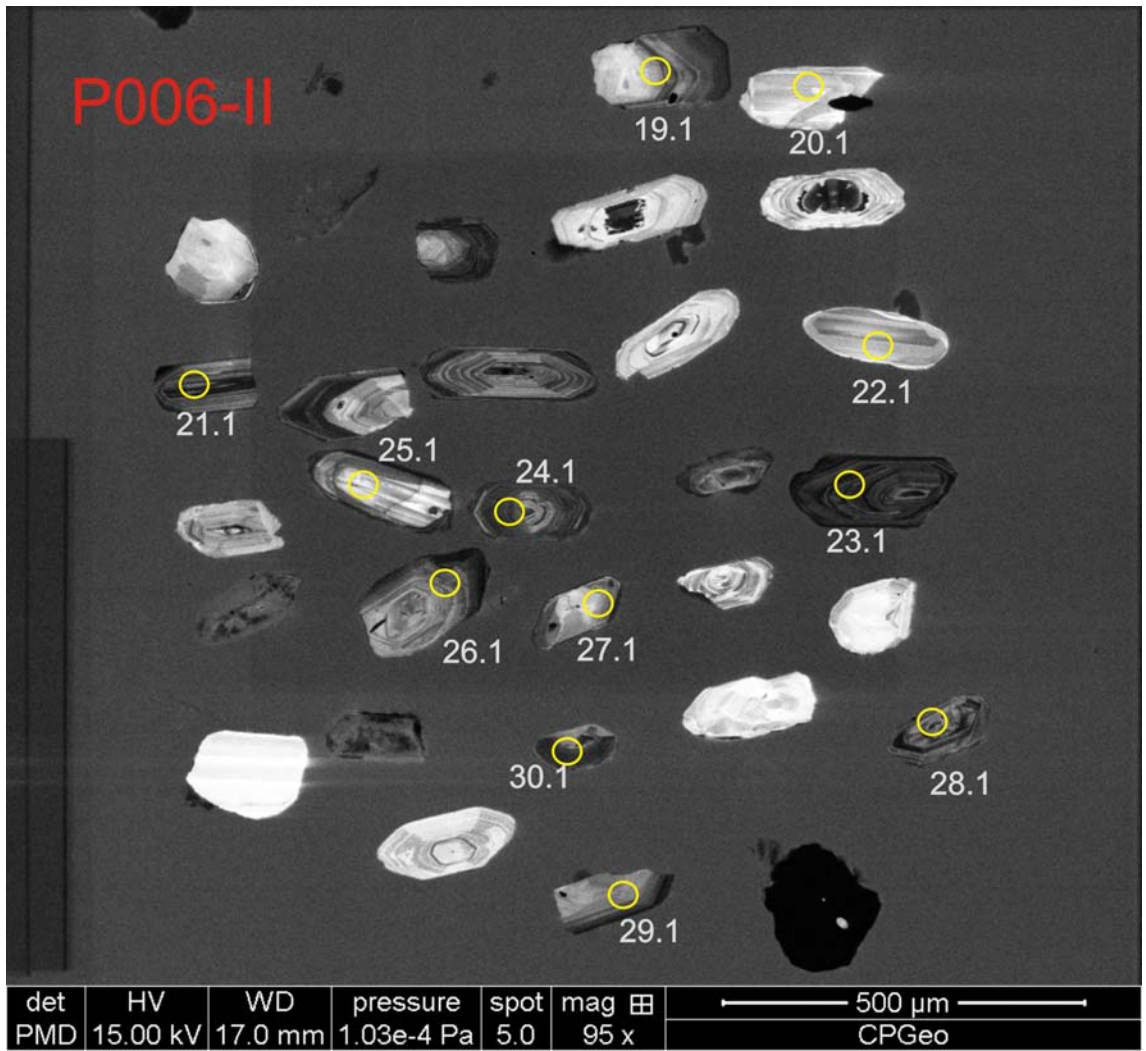


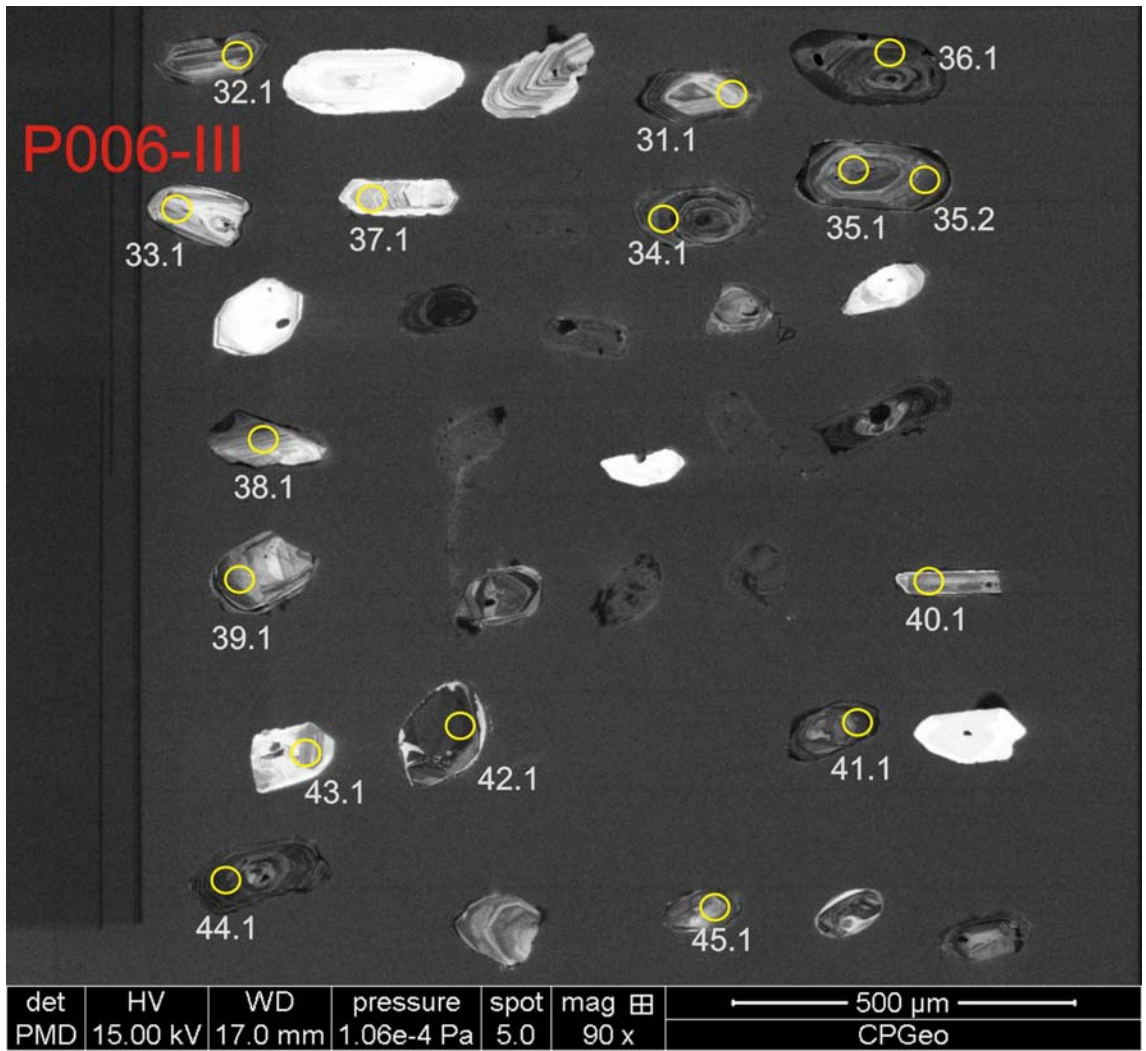


P003-IV

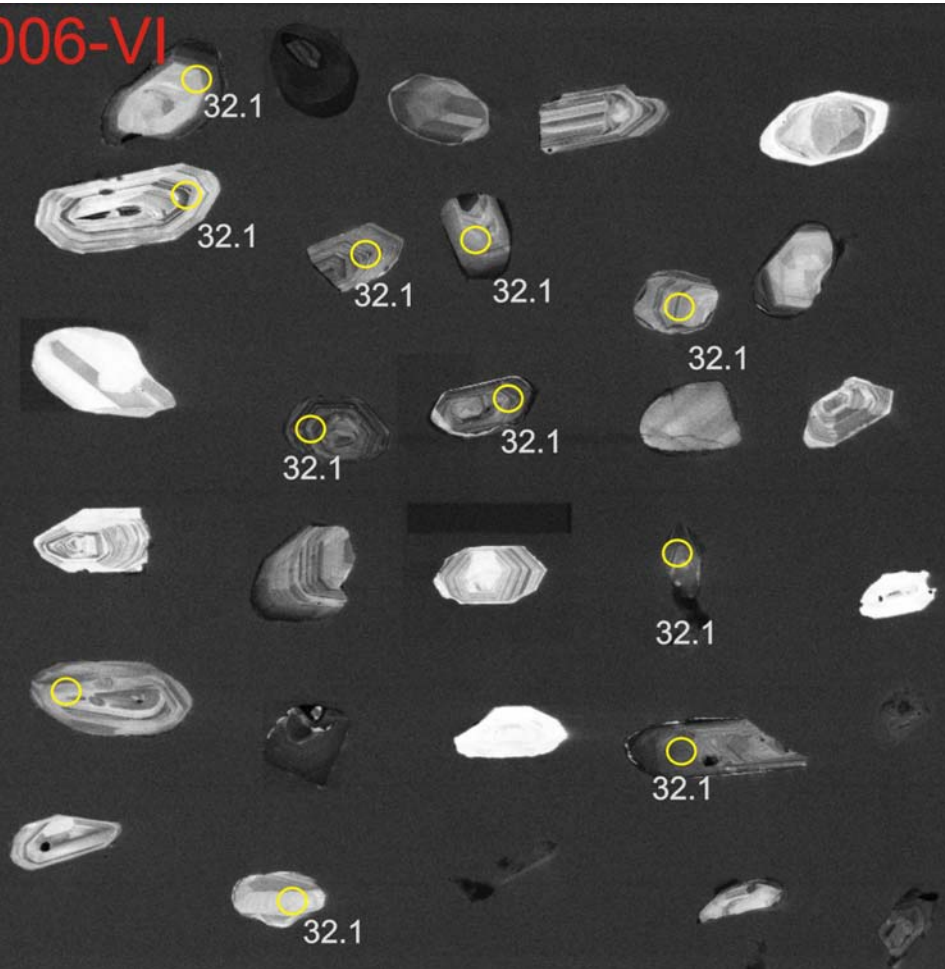








P006-VI



det	HV	WD	pressure	spot	mag	田	500 μm
PMD	15.00 kV	17.0 mm	2.19e-4 Pa	5.0	85 x		CPGeo

