

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

***EVOLUÇÃO TECTÔNICA DA FRENTE DA NAPPE  
ANDRELÂNDIA: ORÓGENO BRASÍLIA MERIDIONAL***

Rafael Bittencourt Lima

Orientador: Prof. Dr. Mário da Costa Campos Neto

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO  
Programa de Pós-Graduação em Mineralogia e Petrologia

SÃO PAULO  
2013

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**“EVOLUÇÃO TECTÔNICA DA FRENTE DA NAPPE ANDRELÂNDIA:  
BRASÍLIA MERIDIONAL”**

RAFAEL BITTENCOURT LIMA

Orientador: Prof. Dr. MARIO DA COSTA CAMPOS NETO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

COMISSÃO JULGADORA



Nome

Assinatura

Presidente: Dr. Mário da Costa Campos Neto  
(Orientador)

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Mário da Costa Campos Neto", written over a horizontal line.

Titulares: Dr. Rodrigo Peternel Machado Nunes  
(UERJ)

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Rodrigo Peternel", written over a horizontal line.

Dr. Renato de Moraes  
(GMG/IGc/USP)

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Renato de Moraes", written over a horizontal line.

SÃO PAULO  
2013

**Versão corrigida**

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS



**EVOLUÇÃO TECTÔNICA DA FRENTE DA NAPPE ANDRELÂNDIA:  
ORÓGENO BRASÍLIA MERIDIONAL**

**Rafael Bittencourt Lima**

*Orientador: Prof. Dr. Mário da Costa Campos Neto*

DEDALUS - Acervo - IGC



30900031801

Dissertação de Mestrado  
Programa de Pós-Graduação em Mineralogia e Petrologia

São Paulo

2013

## Agradecimentos

Em primeiro lugar gostaria de agradecer aos meus pais, Waldemar e Sílvia, e a toda minha família, e dedico este trabalho em memória a tia Conceição.

Agradeço especialmente a minha querida Laísa de Assis Batista, cuja grande ajuda possibilitou a conclusão deste trabalho.

Agradeço a todos que foram importantes não só na confecção deste trabalho, como também na minha formação geológica e pessoal, em especial aos Profs. Drs. Mário da Costa Campos Neto, Valdecir de Assis Janasi, Renato de Moraes, Adriana Alves, Gergely Szabó, Johann Hans Daniel Schorscher, Gustavo Abreu, Antonio Romalino Fragoso César, Renato Paes de Almeida e aos colegas de rocha da extinta CVRD: Noevaldo Teixeira, Antonio Rabelo, Carlos Augusto Medeiros, Marcelo Leão, Ana Paula Justo, Fernando Martins, Noelle Shriver e tantos outros.

Um salve especial também aos parceiros Bruno Boito Turra, Jonas Mota e Silva, Cauê Rodrigues Cioffi, Leandro Coutinho, Brenda Chung da Rocha, Vinicius Tieppo Meira, Marcelo Freitas Guimarães, Renato Henrique Pinto, Samar dos Santos Steiner, Fabiana Santos Fernandes, Camilla Factori, de tantos trabalhos de campo e etc.

Ao Victor Maurer, Gabriella Frugis, Leandro Coutinho e Liza Angélica Pólo pela ajuda nos trabalhos de campo.

Ao Vascão, Maurício e pessoal do laboratório de separação mineral, ao Walter do laser.

A Henrique, Claudionor e todo pessoal da gráfica,

Aos funcionários do instituto, em especial Magali, Leonardo e Tadeu, os técnicos Marcos e Angélica, Paulinho da laminação, e todo pessoal do laboratório de química e pessoal da laminação,

A todo pessoal que já passou ou passará pela Panapia (a lista é grande) e ao CEPEGE.

Valeu

## Resumo

A frente da *nappe* Andrelândia está sotoposta à *nappe* Liberdade e cavalga as unidades metapsamíticas do Alóctone Serra da Bandeira, correlato ao Grupo Carrancas, na região de Santana do Garambéu-MG.

A litoestratigrafia da *nappe* Andrelândia, bem preservada na Serra de Cataguases e adjacências, compreende da base para o topo: rutilo-estauroлита-cianita-granada-muscovita-biotita xisto porfiroblástico (xisto Rio Capivari); granada-biotita-plagioclásio-quartzo xisto homogêneo (xisto Santo Antônio); rutilo-estauroлита-cianita-granada-biotita-muscovita-plagioclásio-quartzo xisto porfiroblástico com níveis granoblásticos, níveis ricos em muscovita e plagioclásio e lentes métricas de quartzitos (biotita xisto Cataguases), que grada para o topo para quartzito micáceo a muscovita-quartzo xisto (xisto Serra da Boa Vista). A foliação metamórfica principal  $S_2$  é desenvolvida essencialmente sob deformação não-coaxial, em fácies anfibolito e com conspícua lineação mineral (cianita, muscovita, plagioclásio e rutilo) e de estiramento, orientadas preferencialmente para SW ( $213^\circ/14^\circ$ ). Os indicadores cinemáticos, como sigmóides de quartzo, evidenciam transporte da placa superior para nordeste.

A frente da *nappe* Andrelândia estrutura-se em escama de topo que cavalga sobre megadobramento recumbente e anisopaco, com comprimento de onda ( $\lambda$ ) médio de 1000 m por 700 m de amplitude ( $a$ ), orientado NW-SE, configurando sinformes nas Serras de Cataguases e Santana, separadas por uma antiforme isoclinal. Falhas de cavalgamento para NE e falha normal dúctil de baixo ângulo para W rompem a sinforma recumbente da Serra de Cataguases. O conjunto  $D_2$  e  $D_3$  é regionalmente deformado por dobramento normal, orientado SW e com dimensões de 1250m de  $\lambda/2$  por 250m de  $a$ . Estas dobras apresentam geometria cilíndrica, que indica o caráter recumbente do dobramento anterior. A megaestrutura define uma figura de interferência do tipo-2.

O geotermômetro Zr in Rutilo sugere um padrão metamórfico invertido para a frente da *nappe* Andrelândia, com temperaturas de cerca de  $702^\circ\text{C}$  para o contato superior com a *nappe* Liberdade e cerca de  $615^\circ\text{C}$  para o contato inferior com o Alóctone Serra da Bandeira, quando comparadas em um horizonte de 10Kbar de pressão. O geotermobarômetro GASP indica condições de pico metamórfico pré-Sn em

condições alta pressão, em torno de  $649\pm 48$  °C e  $10\pm 0,9$  kbar na parte central da área.

Estudos isotópicos permitiram o estabelecimento da idade máxima de sedimentação para o xisto Santo Antônio em 648Ma, com populações criogenianas (690 e 807Ma) juvenis como contribuições mais expressivas, seguida por diversas populações meso a paleoproterozóicas, com destaque para contribuição juvenil de zircões de 1,5 Ga, exóticos ao cráton do São Francisco. O xisto Serra da Boa Vista apresenta maior população de zircões de 625Ma, com características de bacia tipo *flysch*, com sedimentação sin-orogênica. O magmatismo básico entre 790 Ma e 670 Ma, o metamorfismo de alta pressão dos segmentos subductados há ~645 Ma e a idade da colisão, situam a evolução do prisma acrescionário em 170 Ma, do Criogeniano médio ao Ediacarano inferior.

Assim, os metawackes do xisto Santo Antônio devem representar uma bacia de ante-arco, desenvolvida sobre segmentos do prisma acrescionário de longa duração, 60 Ma, a partir do Criogeniano superior. A idade do metamorfismo de alta pressão do prisma acrescionário, registrada em detritos de zircão na bacia de ante-arco, o vulcanismo cálcio-alcálico juvenil e proximal, e a presença de prováveis olistolitos de rochas básicas, indicam, como a assinatura química dos sedimentos, a evolução da bacia de ante-arco durante um período tectonicamente ativo.

## Abstract

The Andrelândia nappe front is thrust by Liberdade nappe front, and the entire system is thrust over Serra da Bandeira Allochthon, correlate of Carrancas Group, in the region Santana the Garambéu, southern Minas Gerais State.

The lithostratigraphy of Andrelândia nappe, well preserved in Serra dos Cataguases and adjacency, comprehends, from base to top: rutile staurolite kyanite garnet muscovite biotite porphyroblastic schist (Xisto Rio Capivari); garnet-biotite-quartz-plagioclase homogeneous schist (Xisto Santo Antonio); rutile-estaurolita cianita-garnet-biotite-muscovite-plagioclásio-quartz porphyroblastic schist with constant quartzites and granoblastic schist layers (biotita Xisto Cataguases), which grades to a micaceous quartzite to the top (Xisto Serra da Boa Vista).

The main structure is a  $S_2$  foliation, developed under non-coaxial deformation, with intense stretch mineral lineation (kyanite, muscovite, plagioclase and rutile) preferentially oriented to SW ( $213^\circ/14^\circ$ ). The kinematic indicators show transport of the upper plate to the Northeast.

The Zr in Rutile geothermometer suggested an inverted metamorphic pattern, with temperatures of around  $702^\circ\text{C}$  in the vicinity of the Liberdade nappe contact (upper), and about  $615^\circ\text{C}$  for the lower contact with the Serra da Bandeira Allochthon, when compared in a 10Kbar horizon. The GASP geothermobarometer indicates peak metamorphism in high pressure conditions, with peak of  $649 \pm 48^\circ\text{C}$  and  $10 \pm 0.9$  Kbar in the central part of the area.

Isotopic studies allowed the establishment of a maximum age for the sedimentation of Xisto Santo Antonio in about 648My, with Criogenian juvenile populations (690 and 807My) as more expressive sedimentary contribution, followed by older meso and paleoproterozoic populations, with presence of juvenile zircons of 1,5Gy, exotic to the São Francisco craton. The Serra da Boa Vista schist presents major population of zircons in 625My, and may represent a flysch basin type, with sin orogenic sedimentation. The mafic magmatism around 790 My and the high pressure metamorphism after  $\sim 645$  Ma constrained the age of the collision, with a 170 My of acrescionary prism evolution, from middle Criogenian to lower Ediacarian periods.

## Índice

<b>1 – Introdução</b>	1
1.1 – Localização da área de estudo	1
1.2 – Materiais e métodos	2
<b>2 – Conceituação Geológica</b>	4
2.1 – Orógenos	4
2.2 – O arco magmático e o orógeno japonês	5
2.3 - O orógeno colisional himalaiano e sua exumação	10
2.4 – O orógeno alpino	12
<b>3 – Geologia Regional</b>	16
3.1 – O Sistema de <i>Nappes</i> Andrelândia	19
3.2 – A <i>nappe</i> Andrelândia	20
<b>4 – A frente da <i>nappe</i> Andrelândia</b>	21
4.1 – Reconhecimento das unidades	21
4.2 – Caracterização da frente da <i>nappe</i> Andrelândia	23
4.3 – Estrutura	38
<b>5 – Química Mineral</b>	48
5.1 – Caracterização das amostras analisadas	49
5.2 – Geotermometro de Zr em rutilo – resultados	65
<b>6 – Condições de metamorfismo</b>	75
<b>7 – Geoquímica Isotópica</b>	79
7.1 – Resultados Isotópicos U-Pb e Lu-Hf	79
7.2 – Sistema Sm-Nd	117
7.3 – Discussão Geocronologia	118
<b>8 – Conclusões</b>	119



## 1 – Introdução

A presente dissertação tem como objetivo fornecer nova contribuição para o entendimento da evolução tectônica da frente da *nappe* Andrelândia, no orógeno Brasília meridional. Para tanto, foram desenvolvidos trabalhos de mapeamento geológico, estudos metamórficos e de proveniência sedimentar, ferramentas que já se provaram de extrema utilidade em estudos de orógenos mundiais.

Neste capítulo são apresentadas a localização da área e a metodologia aplicada para a execução do trabalho.

### 1.1 - Localização da área de estudo

A área de estudo localiza-se a sul do Estado de Minas Gerais, tendo como base a cidade de Santana do Garambéu. A principal via de acesso é a Rodovia Presidente Dutra (BR – 116) de São Paulo à Cruzeiro, seguindo então a rodovia BR-257, passando por Caxambu, Arantina, e Andrelândia, com o acesso final a Santana do Garambéu através de estrada de terra (Veja localização com maiores detalhes na figura 1.1.1.).



FIGURA 1.1.1. – Acesso a área de estudo a partir de São Paulo (Imagem Google Maps™).

## 1.2 - *Matérias e métodos*

A partir de mapa base de Trouw e colaboradores (Projeto Sul Minas, Folha Andrelândia, 1:100.000), foi realizado mapeamento em escala 1:50 000 da porção centro-nordeste da folha Santana do Garambéu, com subsequente análise estrutural e metamórfica. Estudos isotópicos adicionais foram utilizados no esclarecimento da evolução tectônica pré-cambriana da área de estudo.

Durante as etapas de campo foram descritos 520 pontos geológicos, com coleta de amostras para petrografia, química mineral, e análises isotópicas Sm-Nd, U-Pb e Lu-Hf. Os pontos foram localizados por sistema global de posicionamento (*GPS* na sigla em inglês) através do aparelho GPSmap76Cx GARMIN™, com coordenadas em UTM, DATUM Córrego Alegre, sobre a folha topográfica Santana do Garambéu .

A petrografia foi desenvolvida nos laboratórios de microscopia óptica do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo (IGc/USP). Quatro amostras pertencentes às unidades biotita xisto Cataguases (939-BI), xisto Rio Capivari (1249), xisto Santo Antônio (1002A) e xisto Serra da Boa Vista (1288-1) foram submetidas ao estudo de química mineral em rutilo, granada, plagioclásio, micas e estauroлита. As análises foram realizadas em Microsonda JEOL JXA - 8600S do Laboratório de Microsonda Eletrônica do IGc/USP, sob voltagem de aceleração de 15 kV, corrente do feixe de elétrons de 20,1 A, diâmetro do feixe de 5m , tempo médio de contagem de 20 segundos e correções do tipo PROZA (segundo Bastin et al., 1984). Dados adicionais foram obtidos para micas e realizados na Microsonda JEOL JXA-8230 do Instituto de Geociências da Universidade de Brasília (IGc/UNB). Para estabelecimento das condições de metamorfismo, o geotermobarômetro GASP foi utilizado através do programa THERMOCALC, de Tim Holland & Roger Powell.

Para geoquímica isotópica em rocha total (Sm-Nd) e mineral foram selecionadas amostras do Biotita Xisto Cataguases, Xisto Santo Antônio e Xisto Serra da Boa Vista (1447, 1010 e 1434, respectivamente), além de uma amostra extraída de lente anfibolítica associada à unidade do bt xisto Cataguases (1552, apenas isotopia mineral). Os exemplares analisados para isotopia de rocha total foram preparados no Laboratório de tratamento de amostras (LTA) do IGc/USP, onde passaram pelas etapas de limpeza; cominuição em prensa hidráulica até a obtenção de fragmentos menores que 1 cm;

quarteamento e retirada de alíquota de 100g representativas da amostra; e pulverização (granulação < 200 *mesh*) por moagem em moinho de ágata em anéis, sendo posteriormente enviadas ao Centro de Pesquisas Geocronológicas (CPGEO - IGc/USP). Falar sobre a autoria destes dados.

As amostras submetidas à geoquímica isotópica mineral foram preparadas no Laboratório de separação do CPGEO, com limpeza e fragmentação inicial por marretadas até obter-se fragmentos menores que 3 cm; cominuição para frações menores que 1 cm em britador primário de mandíbulas de aço; e pulverização em moinho de anéis de tungstênio e separação das frações entre 100 e 200  $\mu\text{m}$ . Após a cominuição a amostra é submetida à mesa *Wiffley*, onde os minerais densos são concentrados através de pressão de água e vibração. Obtido o concentrado, separam-se os minerais magnéticos inicialmente com imã de mão e posteriormente através de separador magnético tipo *Frantz*, com corrente de 0,5 A. Os minerais não magnéticos são separados por imersão em bromofórmio ( $\text{CHBr}_3$ ,  $d = 2,89 \text{ g/cm}^3$ ), de forma que o concentrado de densidade superior é novamente submetido à separação magnética via *Frantz* em 0,5A e posteriormente à imersão em iodeto de metileno ( $\text{CH}_2\text{I}_2$ ,  $d = 3,32 \text{ g/cm}^3$ ), quando são separados os minerais de maior densidade. Este último concentrado é analisado à lupa para a confirmação da presença de zircões, que se presentes são selecionados e montados em resina *epoxy*. As análises foram realizadas no LA-MC-ICP-MS (*Laser ablation multi-collector inductively coupled plasma mass spectrometry*, na sigla em inglês) com o auxílio de espectroscopia de energia dispersiva (EDS) na identificação de cristais distintos de zircão, e de imagens de catodoluminescência (EDS-X-MAX, detector CENTAUROS) para a detecção de defeitos cristalinos e detalhes de núcleo e borda dos cristais selecionados.

A base de dados obtida ao longo deste projeto foi arquivada e tratada em programas como EXCEL™, ARGGIS™, Global Mapper™ e CorelDraw™.

## 2 - Conceituação Geológica

### 2.1 - Orógenos

Segundo Sengor (1990), *Orogênese* é um termo coletivo para os processos que ocorrem nas margens ativas de placas convergentes, sendo o *orógeno* produto gerado neste tipo de interação tectônica. Neste contexto, um *sistema orogênico* é definido quando da convergência diacrônica entre duas ou mais placas litosféricas.

Em face deste conceito, um orógeno pode ser do tipo acrescionário, quando ocorre em zona *de subdução*; colisional, quando na zona ativa de colisão; ou transpressional, em curvaturas convergentes de falhas transformantes. Nos orógenos acrescionários o ângulo de subdução varia em função da densidade da placa subductada, definindo domínios extensionais, neutros ou compressionais; os orógenos colisionais dividem-se entre tipos continentais, como o Orógeno himalaiano, e não continentais, quando da colisão entre platôs oceânicos; enquanto os orógenos transpressionais (*e.g.* Falha de San Andreas) classificam-se como simétricos ou não simétricos. Além destes tipos, orógenos controlados por obdução podem ocorrer como resultado de variações na velocidade relativa entre placas, causando compressão e descolamento litosférico (*orógeno intraoceânico*); ou por colisões de bordas ou fragmentos continentais com crosta oceânica, que é colocada na forma de *ofiolito* sobre a crosta continental (*e.g.* Chipre).

Os dois tipos principais de orógenos, pelo menos os mais estudados e com maior expressão topográfica e regional, são os colisionais e acrescionários. O orógeno colisional (Condie, 2005) ocorre quando da colisão de dois ou mais crátons, com espessamento crustal, metamorfismo e possibilidade de fusão parcial. Em contraste, orógenos acrescionários são resultado de colisão e sutura de terrenos juvenis (ofiolitos, arcos de ilhas, platôs oceânicos, etc) contra a crosta continental.

De forma geral, os orógenos acrescionários iniciam-se com a subdução de placa oceânica sob outra placa menos densa, oceânica ou continental. Em ambos os casos, desenvolve-se na placa superior um arco magmático na forma de faixa alongada e paralela ao *front* de subdução, com geração de crosta continental juvenil e intenso vulcanismo cálcio-alcálico. Em colisões oceano-oceano (*e.g.*, Placa Filipina – Placa do Pacífico) o arco magmático se expressa como um arco de ilhas, enquanto nas colisões

oceano-contidente (e.g., Placa de Nazca – Placa Sulamericana) o arco magmático é continental.

Com a continuidade da subducção, podem ocorrer colisões e suturas entre os terrenos juvenis e até mesmo microcrátons, culminando na colisão com uma placa continental expressiva, quando ocorre, então, a acreção tectônica de ao menos partes do arco anteriormente gerado. Segundo Condie *op.cit.*, um arco magmático acrescido ou mesmo continental leva no mínimo 300Ma para “cratonizar-se”, ou seja, atingir condições normais de temperatura que permitam a estabilização reológica desses terrenos marginais e sua incorporação ao cráton. Porém, o estudo de orógenos colisionais demonstram que, caso não ocorra a “cratonização”, os terrenos juvenis marginais recém acrescidos podem ser amalgamados entre o cráton original e a chegada de outra placa continental expressiva, com conseqüências estruturais e metamórficas dramáticas no arco marginal acrescido. Nestes casos ocorre a possibilidade de envolvimento total na deformação, com escape e indentação tectônica de fatias de sedimentos do arco sobre a outra placa, ou mesmo sua entrada em subducção restrita. Dessa forma, um orógeno acrescido inicialmente formado por subducção oceano-oceano ou oceano-contidente, pode evoluir para um orógeno colisional.

## *2.2 – O arco magmático e o orógeno japonês*

Como já exposto, o arco magmático ocorre quando da subducção de uma placa oceânica por sob outra placa qualquer, podendo ser de dois tipos: arco de ilhas ou de margem continental.

Idealmente, possuem 3 zonas principais (figura 2.2.1): a zona entre a trincheira e o arco (o ante-arco), o arco e a parte posterior do arco (o retro-arco). Um arco instalado na margem continental (e.g., o arco Andino) é caracterizado (em direção à placa superior) por uma trincheira, um prisma acrescido coberto por uma bacia de ante-arco, um arco vulcânico com bacias intra-arco, um cinturão de dobramento e cavalgamento e uma bacia de retro arco. Um arco de ilhas (e.g., arco das ilhas Marianas e Solomon) diferencia-se do continental na área de retro arco, que é sempre subaquático e engloba quase sempre uma combinação de bacias de retro-arco ativas e inativas, algumas com alto fluxo térmico e em expansão e outras já consolidadas como assoalho oceânico.

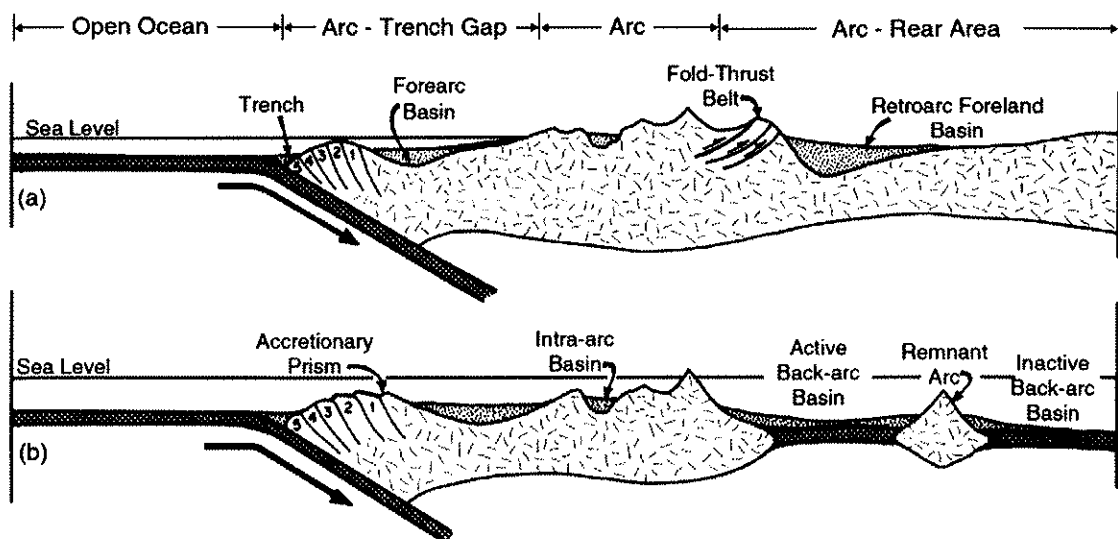


Figura 2.2.1 – Seções esquemáticas de (A) arco de margem continental e (B) arco de ilhas. Números no prisma acrescionário indicam a idade relativa das fatias (1 mais velho, 5 mais jovem). Extraído de Condie (2005).

A trincheira ocorre no contato superficial entre as placas, e é preenchida principalmente por turbiditos grauváticos finos e sedimentos pelágicos (Condie *op. cit.*), originados principalmente de fontes plutônicas e vulcânicas do arco. Os turbiditos geralmente entram na trincheira por cânions e correm ao longo de seu eixo, podendo transportar sedimentos por até 3000km.

O prisma acrescionário consiste em séries de fatias de rochas vulcânicas, sedimentares e fundo oceânico, separadas por falhas de alto ângulo, projetando-se por sobre a placa descentente. São intensamente deformados, caracterizados pela “melange” (do francês mistura), um corpo de rocha sem acamamento contínuo e com inclusões de fragmentos de todos os tamanhos em uma matriz fina e deformada, sendo produto dos processos tectônicos e sedimentares concomitantes na zona da trincheira. Outra característica dos prismas acrescionários é uma estratigráfica invertida, com prismas mais jovens formando-se na proximidade da trincheira, por sob os prismas mais antigos.

A bacia de ante-arco consiste de sedimentos turbidíticos depositados sobre o prisma acrescionário, que pode ficar parcialmente exposto em altos topográficos. Os turbiditos possuem fonte majoritária no arco adjacente, podendo ter quilômetros de espessura.

As bacias de ante arco podem registrar o processo de “destelhamento” (*unroofing*) do arco adjacente (e.g., Great Valley Sequence na California – Dickinson and Seely, 1979, Japão - Isozaki *et al.*, 2010), em que os sedimentos basais da bacia são

predominantemente detritos vulcânicos derivados de vulcânicas ativas, enquanto sedimentos de topo possuem contribuição importante do batólito cálcio-alcálico.

O arco em si próprio varia de totalmente subaéreo, como o Andino, a totalmente subaquático, como os arcos do sudoeste do Pacífico. Os arcos subaéreos incluem derrames e piroclásticas associadas, formando grandes estratovulcões, geralmente de composição andesítica a dacítica. Já os subaquáticos são formados por derrames de basaltos amolfadados e tufos e brechas hialoclasticos, com predominância de basaltos e basalto andesitos.

Separada do arco pelo cinturão de dobramentos e cavalgamentos, a bacia de retro arco ocorre atrás do arco, e possui uma topografia tipo *horst-graben*, englobando diversos ambientes deposicionais a depender do tamanho da bacia e sua proximidade com o arco. Proximais ao arco geralmente predominam sedimentos vulcanoclásticos, e distalmente ocorrem sedimentação pelágica, semipelágica e biogênica (Klein, 1986).

O processo de “destelhamento” citado anteriormente, ou seja, a exposição do batólito cálcio-alcálico para servir de fonte sedimentar para bacia de ante-arco, possui geralmente uma origem tectônica. No caso Japonês, estudado principalmente a partir de 1960 (curto histórico em Isozaki, *op.cit*) ela tem origem na mudança do regime tectônico de arco continental marginal para arco de ilhas isolado, ocorrido há 25Ma. De margem continental passiva do sul da China a 700Ma, o Japão possui um registro de ao menos 500Ma de subducção, 475Ma deles como arco magmático de margem continental, com diversos episódios de amalgamação tanto de cadeias submarinas assísmicas (como o cinturão carbonífero Akyoshi-Sawadana) quanto de dorsais mesooceânicas.

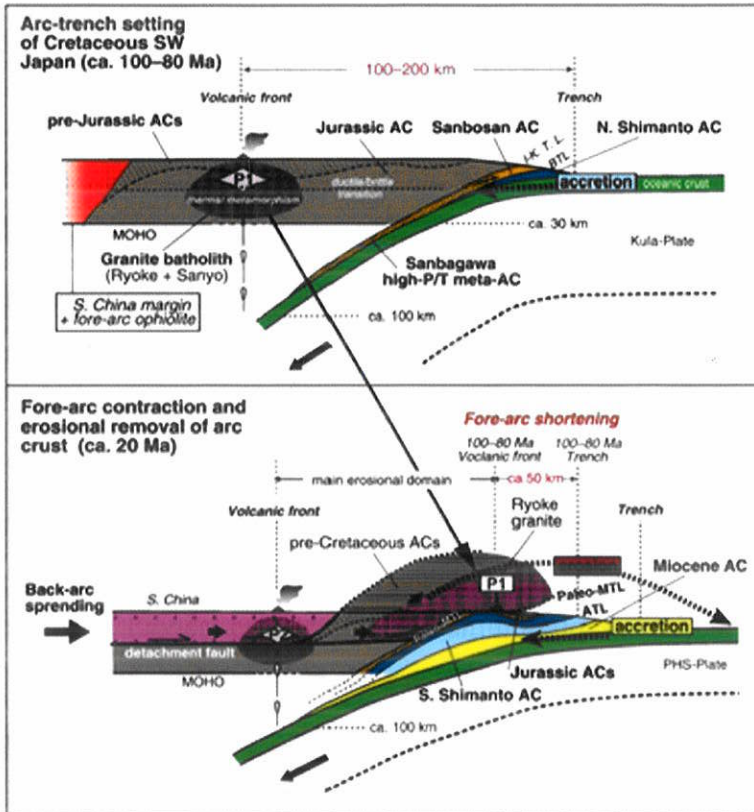


Figura 2.2.2.: Extraída de Isozaki *et al.* 2010.

a) Manutenção do ângulo de mergulho da litosfera em subducção até o Jurássico

b) Encurtamento no Mioceno pela contração do ante-arco, abertura do Mar do Japão no retro-arco. Transporte horizontal da crosta superior do arco (Batólito Ryoke cretácico e prismas acrescionários pré-cretácicos) em direção a fossa. Rompimento na transição dúctil-rúptil

Até que há cerca de 25Ma com a chegada da trincheira da placa das Filipinas, vinda do sudoeste consumindo a placa do Pacífico, ocorre um aumento no ângulo de subducção, desencadeando a abertura no retro arco (o Mar do Japão), e contração na bacia de ante arco e, através de uma zona de descolamento meso crustal, possibilita o escape subhorizontal, em direção ao oceano, da crosta superior Cretácica (Batólito Ryoke), por sobre seu complexo acrescionário (Figura 2.2.2.b). Esta configuração possibilitou a erosão de grande parte deste arco, inclusive do batólito cálcio-alcalino, com deposição clástica no ante arco, sobre o Cinturão Shimanto, e trincheira, onde parte destes sedimentos entram na zona de subducção.



### 2.3 – O orógeno colisional himalaiano e sua exumação

O orógeno himalaiano é estudado geologicamente desde primórdios do século XX, com grande contribuição para o desenvolvimento de modelos de colisão continental e exumação desde Argan, 1924 (*in* Searle *et. al.*, 2011), até os dias atuais.

A margem sudoeste asiática resulta da aglutinação de diversos blocos e terrenos. O Batólito cálcio-alcalino Gangdese, no bloco de Lhasa, registra, a partir de 120Ma, o início da subducção entre a Índia e o sudoeste asiático. O estágio colisional tem início de fato há cerca de 50Ma, com evidências paleo-magnéticas (Klootwijk *et. al.*, 1992), sedimentares (mudança abrupta de regime sedimentar na margem passiva Indiana de marinho profundo para continental a ~52Ma, Gaetani & Garzani, 1991) e geocronológicas (datação Sm-Nd de eclogitos do Alto Himalaya em ~49Ma, Tonarini *et al.*, 1993).

Espessamento crustal ocorre tanto a sul, afetando as unidades Thethyanas, quanto a norte, afetando blocos que viriam a formar o atual Platô Tibetano, até o ápice de 70Km de espessura, com duplicação crustal em um regime de deformação compressiva. As porções mais profundas da interface das litosferas Indiana e Asiática, por sob a placa Asiática, experimenta aquecimento por condução e decaimento radioativo, e, há 30Ma (segundo Beaumont *et. al.*, 2001), fusão parcial é atingida, disparando o processo de channel flow, responsável pela exumação do núcleo metamórfico himalaiano.

Segundo Searle e colaboradores, *op.cit.*, o modelo de extrusão por channel flow foi proposto inicialmente a partir de dados de mapeamento geológico combinado a caminhamentos metamórficos P-T e datação U-Pb de rochas metamórficas e leucogranitos. A partir das idades U-Pb dos leucogranitos (de 23 a 15Ma) inferiu-se a extrusão de uma meso crosta parcialmente fundida, do sul do Tibete até o alto Himalaia, proveniente da crosta Indiana que havia sido cavalgada em sua região norte, espessada, aquecida, metamorfoseada e exumada a superfície através de um canal meso crustal (*channel flow*) limitado por zonas de cisalhamento de baixo ângulo abaixo (MCT – *Main Central Thrust*) e acima (STD – *South Tibetan Detachment*). O estabelecimento e aceitação do conceito vieram quando Beaumont e colaboradores (2001, 2004) desenvolveram modelos numéricos baseados em dados sísmicos obtidos durante a década de 1990 (Projeto INDEPTH, Law *et. al.*, 2006).

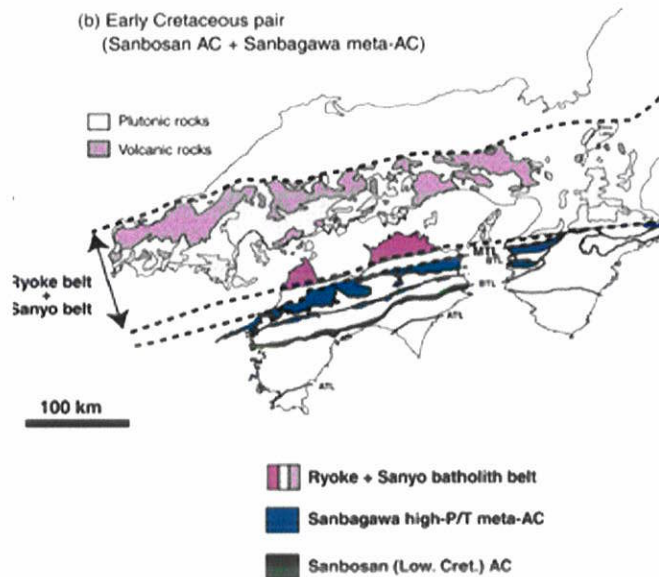


Figura 2.2.3.: Sistema pareado arco-prisma de acreção do Cretáceo Inferior. Extraída de Isozaki *et. al.* 2010.

Uma característica marcante do orógeno japonês é o pareamento de cinturões de baixa a intermediária pressão e temperatura com cinturões de alta pressão, pioneiramente estudado por Miyashiro (1961, 1965, 1973, *in* Maruyama 2010, ver figura 2.2.3.), levando a proposição de metamorfismo do tipo Japonês (ou tipo Pacífico, ver figura 2.2.4.).

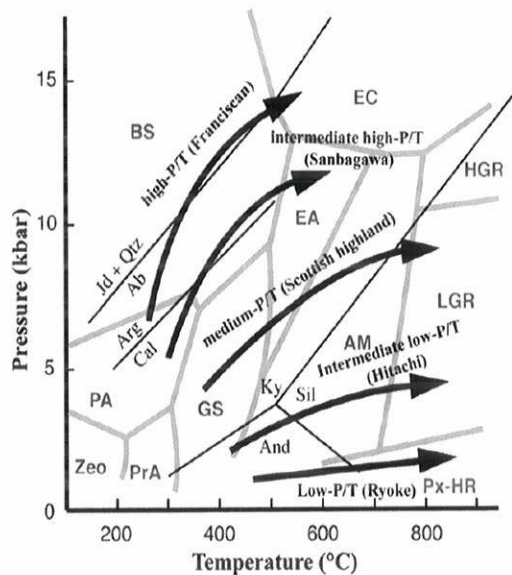


Figura 2.2.4.: Séries de fácies metamórficas e cinturões metamórficos representativos. Extraída de Maruyama (2010).

O modelo de Beaumont e colaboradores investiga como a variação na taxa de denudação e o comportamento rígido da crosta superior afetam o comportamento de uma porção média de crosta espessada e parcialmente fundida, simulando as condições físicas himalaianas (figura 2.3.1).

A taxa de denudação no front é um fator determinante na extrusão do *channel flow*, alimentando o movimento subhorizontal da crosta intermediária em direção ao *front* Himalaiano (de norte para sul), em busca de alívio litostático. Nos modelos gerados, a falha inferior é sempre de cavalgamento, enquanto que a falha superior pode assumir movimentação inversa ou normal dependendo da velocidade entre a extrusão do *channel flow* e a da velocidade relativa entre as placas tectônicas. O metamorfismo invertido é atingido pela colocação e acúmulo de leucogranitos no contato superior do *channel flow*, seguido por rápida extrusão. No caso Himalaio, a taxa de exumação calculada para o eclogito Tso-Morari (GHS, Sigoyer *et al.*, 2000) foi de 5mm/ano.

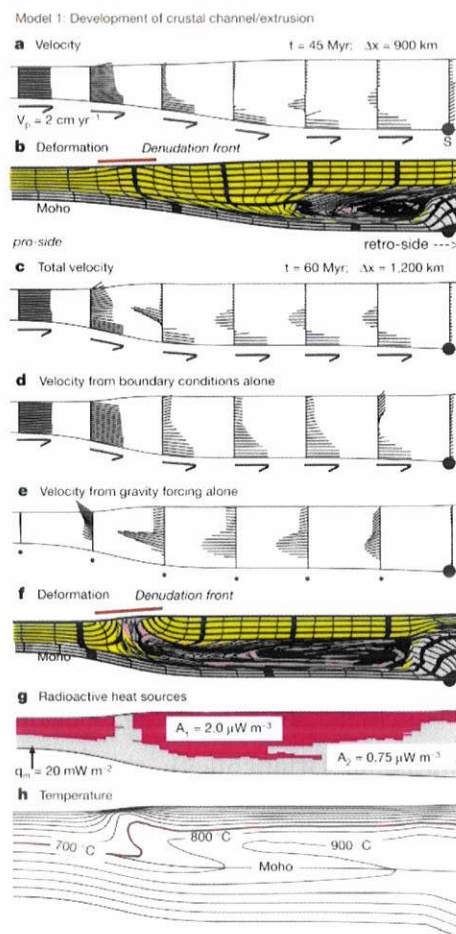


Figura 2.3.1. Desenvolvimento do sistema *channel flow* Himalaiano. Extraída de Beaumont (2001).

Na analogia com o Himalaia (figura 2.3.2.), pode-se reconhecer a zona de cisalhamento normal STD e a de cavalgamento MCT como as estruturas que bordejam o núcleo metamórfico. A GHS coloca-se sob a sequência tetiana (TS – *Thethyan Sequence*), de baixíssimo grau metamórfico, e sobre a sequência inferior himalaiana (LHS – *Lesser Himalayan Sequence*), de baixo grau.

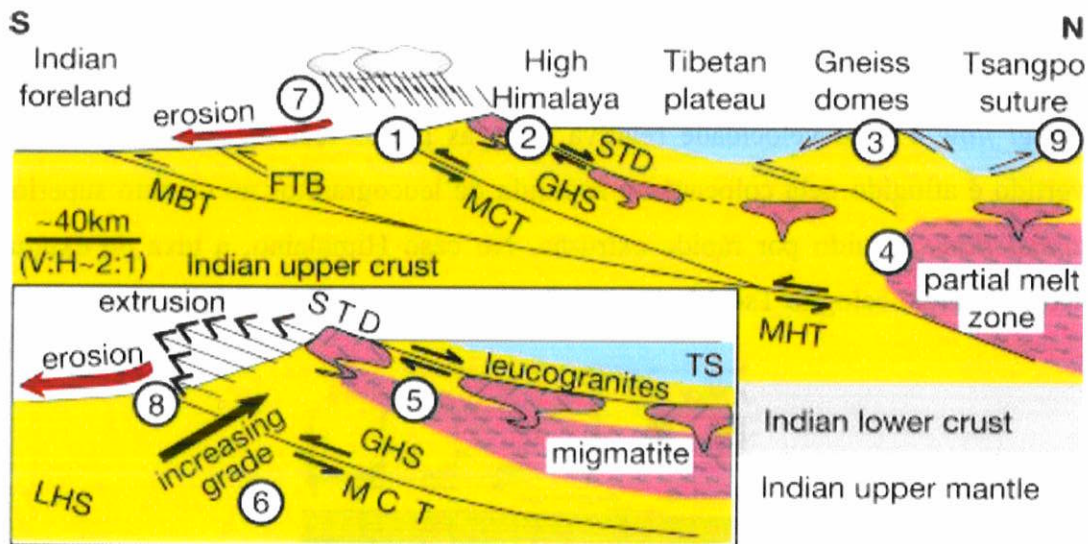


Figura 2.3.2.: Feições tectônicas gerais do Himalaia e Sul do Tibete. LHS – Sequência Inferior Himalaiana; GHS – Sequência Superior Himalaiana; TS – Sequência Tetiana; MCT – *Main Central Thrust* (Cavalgamento Central Principal); STD – *Detachment* do Sul do Tibete; MHT - *Main Himalayan thrust*; MBT - *Main Boundary thrust*; FTB, cinturão de dobramento e cavalgamento. Extraída de Beaumont (2001).

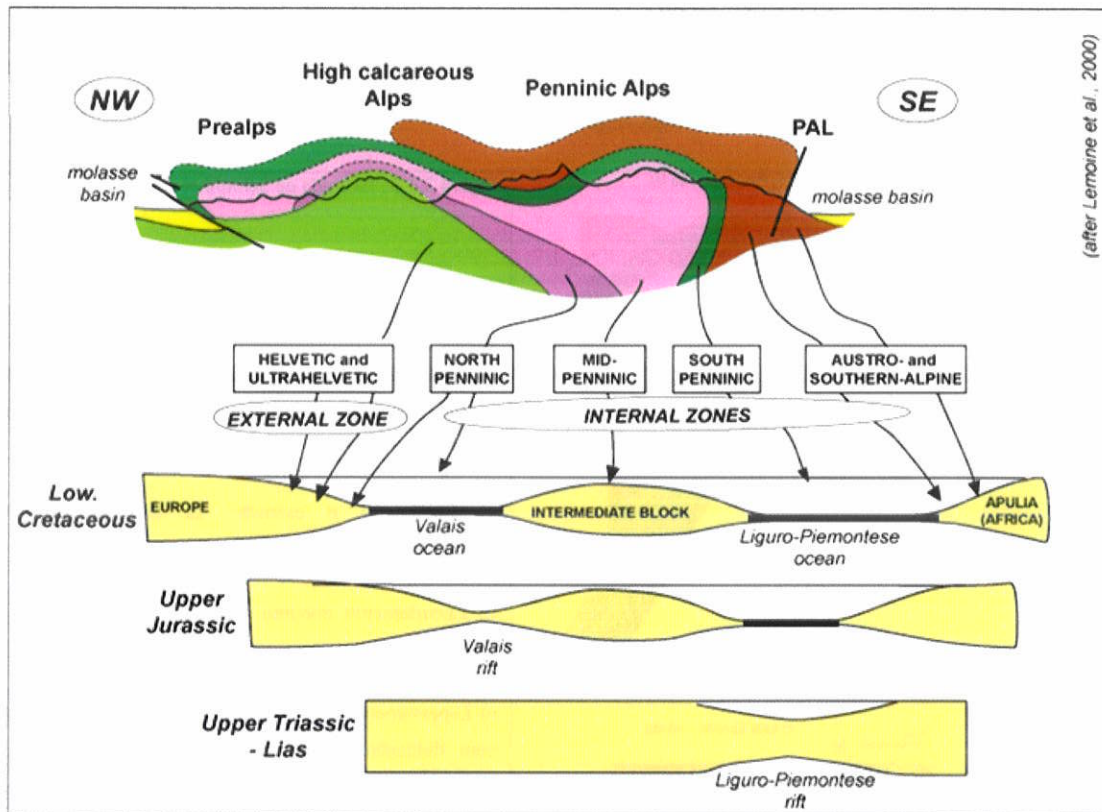
#### 2.4 – O orógeno alpino

O orógeno colisional alpino (segundo Schmid *et. al.*, 1996 e Schmid 2003), feição geológica mais marcante do centro-sul Europeu, é resultado da interação convergente complexa entre a placa da Europa, a oeste, e da Apulia, a leste, com o terreno Peninico (microcontinente Briançones), subductado e parcialmente exumado entre as duas grandes placas.

Na placa europeia ocorrem maciços graníticos do embasamento continental e as *nappes* Helvéticas. No domínio Pennínico ocorrem as *nappes* pennínicas e embasamento continental (o terreno Briançon). Na placa africana (Apulia) ocorrem as

*nappes* austro-alpinas (envolvendo embasamento e coberturas) nos Alpes meridionais (ver figura 2.4.1.).

No contexto de quebra da Pangea, no Triássico, rifeamentos continentais iniciam o processo de fragmentação de blocos continentais separados por crosta oceânica juvenil, como o maciço de Briançon, através da abertura do oceano Liguro-Piemontez, a oeste, e do oceano Valais, a oeste (Figura 2.4.1.).



Agard & Lemoine, Fig. 5

Figura 2.4.1.: Contexto paleogeográfico Alpino, extraído de Agard & Lemoine (2005)

Durante o Paleoceno (cerca de 65Ma atrás) o terreno Briançon entra em subducção sob Apulia, fechando os últimos remanescentes do oceano Liguro-Piemontez no oeste da Suíça (ver figura 8a) até que, no Eoceno (há 50Ma), a margem distal europeia (Adula – Ad), entra na zona de subducção, fechando o oceano Valais. Segue-se espessamento do prisma acrescionário, com extrusão das *nappes* oriundas do terreno Briançon subductado (as *nappes* penninicas), caracterizado por metamorfismo de alta pressão e baixa temperatura (figura 2.4.2.b), seguido, há 40Ma, por subducção e extrusão das unidades da margem europeia, sob metamorfismo de alta pressão, ativo até

35Ma atrás, perfazendo 30Ma de colisão continental com subducção ativa (figuras 2.4.2.c e 2.4.2.d).

No Oligoceno, há 32Ma, ocorre espessamento da crosta superior da margem europeia e horizontalização das nappes, mudando o regime térmico para Barroviano. As forças opostas de flutuação entre a litosfera profunda e mais densa em subducção e a litosfera continental rasa sobre a subducção causam esforços distensivos que acabam por romper o slab, causando fusão do manto litosférico da placa superior (figura 2.4.2.e). Granitóides tonalíticos (p.ex. Bergell), ascendem pela Linha Insúbrica simultaneamente ao redobramento das *nappes*.

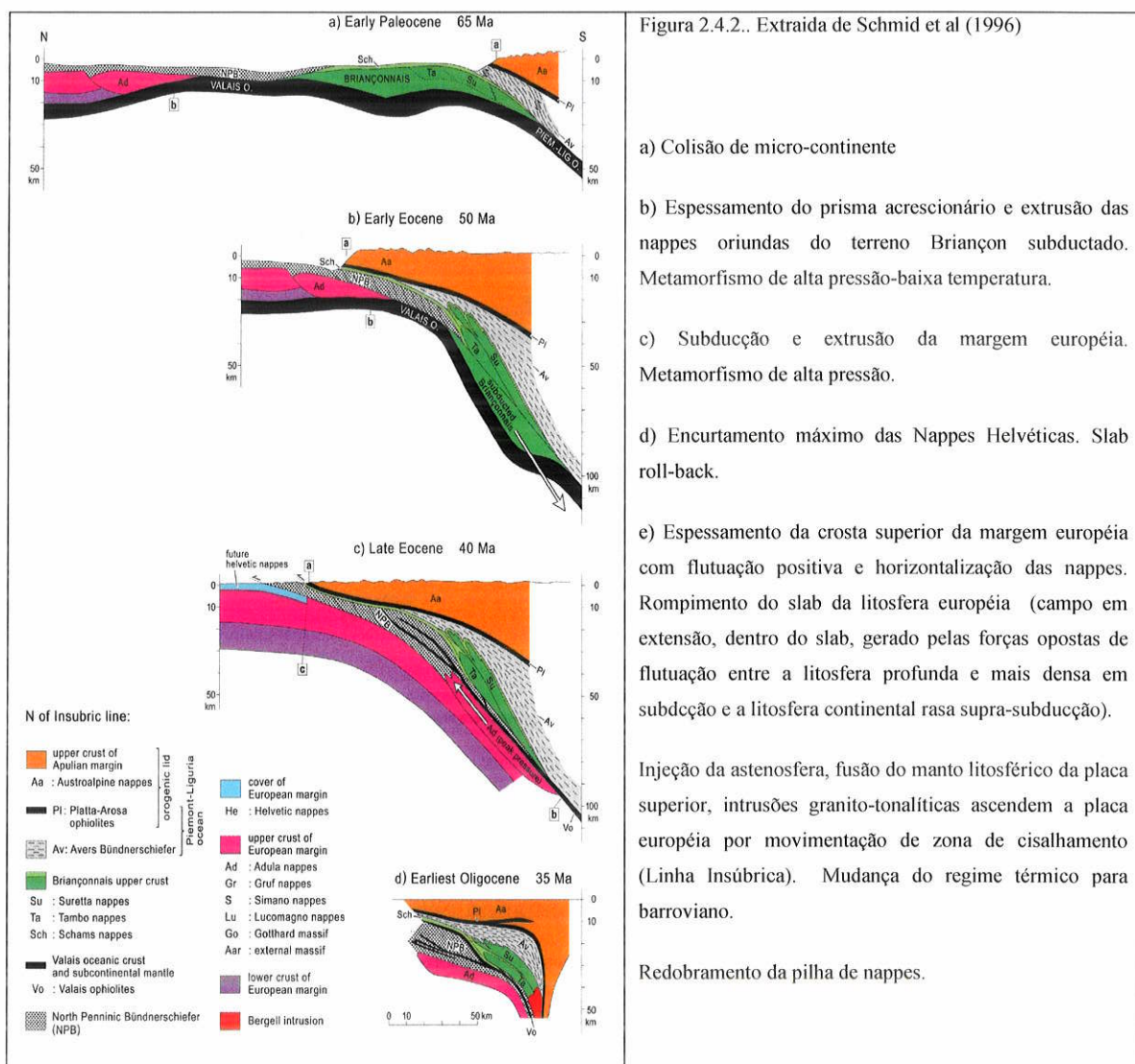


Figura 2.4.2.. Extraída de Schmid et al (1996)

a) Colisão de micro-continente

b) Espessamento do prisma acrescionário e extrusão das nappes oriundas do terreno Briançon subductado. Metamorfismo de alta pressão-baixa temperatura.

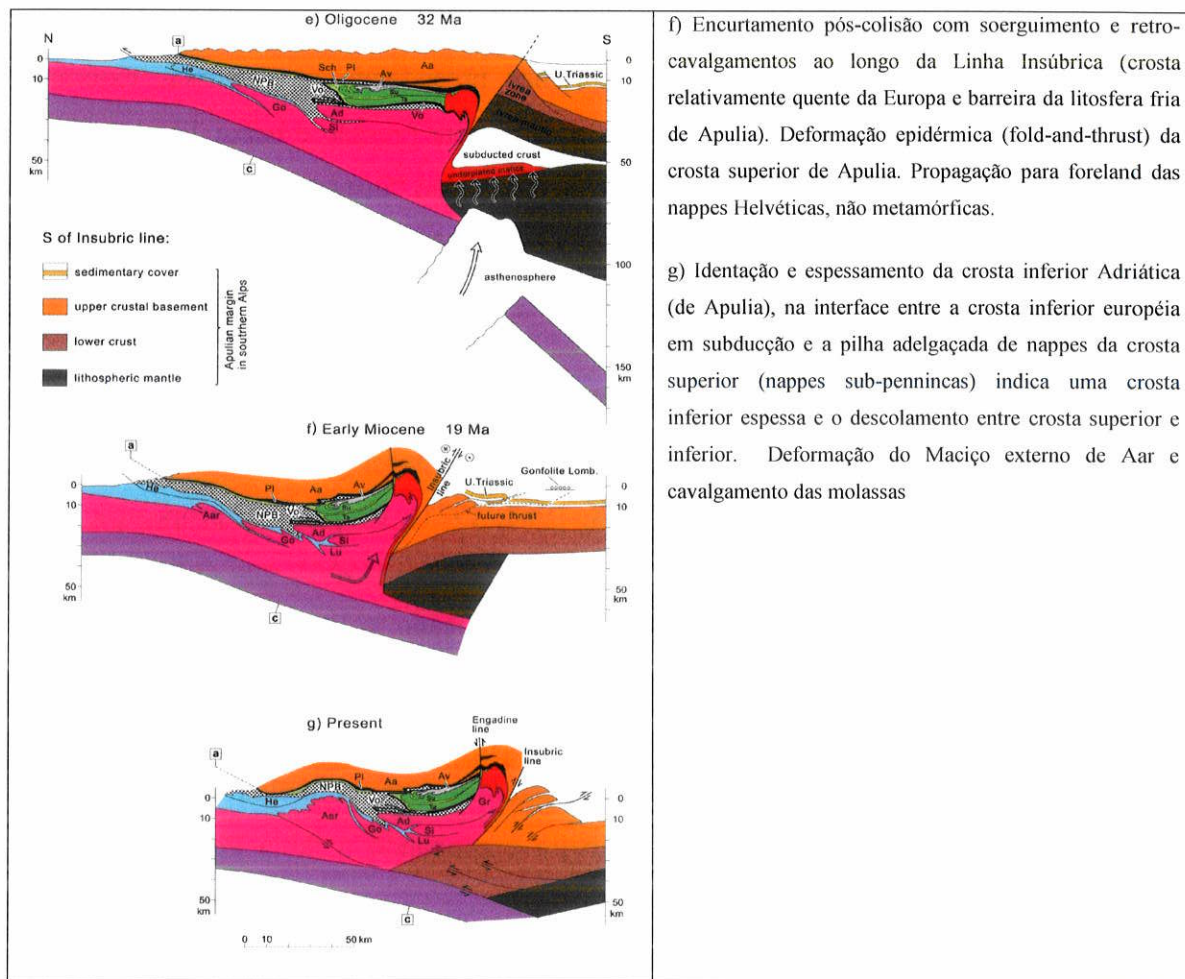
c) Subducção e extrusão da margem europeia. Metamorfismo de alta pressão.

d) Encurtamento máximo das Nappes Helvéticas. Slab roll-back.

e) Espessamento da crosta superior da margem europeia com flutuação positiva e horizontalização das nappes. Rompimento do slab da litosfera europeia (campo em extensão, dentro do slab, gerado pelas forças opostas de flutuação entre a litosfera profunda e mais densa em subducção e a litosfera continental rasa supra-subducção).

Injeção da astenosfera, fusão do manto litosférico da placa superior, intrusões granito-tonalíticas ascendem a placa europeia por movimentação de zona de cisalhamento (Linha Insúbrica). Mudança do regime térmico para barroviano.

Redobramento da pilha de nappes.



f) Encurtamento pós-colisão com soerguimento e retrocavalgamentos ao longo da Linha Insúbrica (crosta relativamente quente da Europa e barreira da litosfera fria de Apulia). Deformação epidérmica (fold-and-thrust) da crosta superior de Apulia. Propagação para foreland das nappes Helvéticas, não metamórficas.

g) Identação e espessamento da crosta inferior Adriática (de Apulia), na interface entre a crosta inferior europeia em subducção e a pilha adelgada de nappes da crosta superior (nappes sub-pennincas) indica uma crosta inferior espessa e o descolamento entre crosta superior e inferior. Deformação do Maciço externo de Aar e cavalgamento das molassas

No início do Mioceno, há 19Ma (Figura 2.4.2.f), o contraste entre a crosta europeia relativamente quente e a litosfera fria da Apulia é responsável por um encurtamento pós colisional, com soerguimento e retrocavalgamentos ao longo da Linha Insúbrica. A deformação epidérmica em cinturão de dobra e cavalgamento na crosta superior de Apulia, seguida de propagação em direção do *foreland* da Nappes Helvéticas, não metamórficas.

Com suporte de dados sísmicos, hoje se pode observar identação e espessamento da crosta inferior Adriática (de Apulia) na interface entre a crosta inferior europeia em subducção e a pilha adelgada de nappes da crosta superior (as nappes sub-pennincas), num processo de descolamento entre a crosta superior e inferior Europeia (Figura 7g). Atualmente, ocorre deformação do Maciço externo de Aar e cavalgamento das bacias molássicas.

Uma característica marcante do Orógeno Alpino, em particular nos Alpes Suíços-Italianos, são os sucessivos depósitos sin-orogênicos (*flysch*) e tardi/pós-

orogênicos (molassa) que registram a migração colisional do orógeno num período de 30Ma, com o resfriamento das *nappes* internas precedendo as molassas externas (Schmid *et. al.*, 1996). O registro metamórfico é de alta Pressão e baixa Temperatura, com descompressão isotérmica documentada na exumação “instantânea” dos eclogitos a fengita e talco (*whiteschists*) do Maciço de Dora Maira (no domínio pennínico), calculada em 24mm/ano (Gebauer *et. al.*, 1997).

### 3 – Geologia Regional

Estudos pioneiros na região sul do estado de Minas Gerais foram desenvolvidos por Ebert (1954, 1955, 1956a, 1956b, 1958, 1968, 1971), chegando à proposição das séries Andrelândia, Juiz de Fora e Paraíba, e por Barbosa (1954), que definiu a série Mantiqueira (atual Complexo Mantiqueira, mesoarqueano polimetamórfico, Teixeira, 1996). Ebert propôs a configuração das faixas Paraibides (na região costeira) e Araxaides (sudoeste mineiro a norte de Goiás) como duas faixas orogenéticas em margem de zona tectonicamente estável. Posteriormente, Almeida *et al.*, (1973) introduziu a nomenclatura de Cinturão Ribeira englobando a faixa Paraibides, e de Cinturão Brasília na região dos Araxaides.

Em 1980, Trouw e colaboradores reconheceram 3 unidades na borda sul do cráton São Francisco: fuchcita quartzitos a cianita assentado diretamente sobre o embasamento São Franciscano, a norte (o Quartzito Itumirim), quartzitos e filitos a cloritóide (localmente a granada, estauroлита e cianita), sobrepostos a muscovitas quartzitos, com níveis ricos em fuchcita e níveis ricos em magnetita (o Grupo Carrancas e duas de suas formações, Campestre e São Tomé das Letras, respectivamente) e uma terceira unidade composta por xistos à biotita, clorita, com plagioclásio, quartzo, apatita e turmalina (unidade Biotita Xistos).

Em 1982, Ribeiro & Heibron relatam dois grupos metassedimentares, Andrelândia e Carrancas, reconhecendo-os como em grande parte alóctones. O topo do grupo Andrelândia foi correlacionado ao Grupo Carrancas (quartzitos, filitos e xistos grafitosos de São Vicente de Minas) e ao Grupo São João Del Rey de Ebert (*in* Paciullo, 1997, granada-biotita xistos de Andrelândia), com base composta pelo granada-cianita-biotita xisto com intercalações de calciossilicáticas, anfíbolitos e xistos ultramáficos de Carmo da Cachoeira.

No mesmo trabalho, o Grupo Carrancas foi dividido em metassedimentos alóctones, e autóctones. Os metassedimentos autóctones correspondem a Biotita Xistos



equivalentes ao do Grupo São João Del Rey, e a quartzitos, filitos e xistos equivalentes a formação Campestre, com contato gradual. Os alóctones estão organizados em 3 fácies sedimentares, a inferior Itumirim-Carrancas-Minduri, formada pelas formações São Tomé das Letras e Campestre, a intermediária Três Pontas-Luminárias, com gradações verticais e laterais da fácies inferior, e a superior São Tomé das Letras-Conceição do Rio Verde, definindo a transição entre o Grupo Carrancas e Andrelândia pela diminuição da mica verde e grafita concomitante ao aparecimento do plagioclásio e biotita nos metassedimentos.

Trouw e colaboradores (1986) apresentam uma nova proposta estratigráfica, em que o Grupo Andrelândia repousa sobre o embasamento, e é subdividido em 5 unidades (A, B, C, D e E); e o grupo São João Del Rey corresponde ao topo, subdividido em fácies Luminária (Carrancas) basal e fácies São João Del Rey de topo.

Através da aplicação de conceitos de estratigrafia de seqüências, Paciullo e colaboradores, primeiro (Paciullo *et. al.*, 1993) propõe duas seqüências deposicionais englobadas no Ciclo Depositional Andrelândia (CDA), porém em seguida (Paciullo *et. al.*, 1997) desconsidera essa divisão de duas sequencias e cria a denominação Bacia Andrelândia, dividida em 6 fácies (A1, A2, A3, A4, A5, A6). Paciullo *et. al.*, (2000) denomina o CDA como Bacia Andrelândia, culminando em Paciullo *et. al.*, (2003) com a proposta da Megasequencia Andrelândia, com 6 unidades distribuídas em duas sequencias deposicionais separadas por discordância regional, a Carrancas, inferior, e a Serra do Turvo, superior.

A questão estrutural foi tratada em trabalhos de Trouw, Ribeiro e colaboradores (Trouw *et.al.*, 1994, Trouw *et al.*, 1996; Ribeiro *et al.*, 1990, Ribeiro *et al.*, 1995), com definição de três domínios estruturais:

o Domínio I autóctone, na borda do Cráton São Francisco, com maior deformação a sul;

o Domínio II alóctone, com nappes e cavalgamentos imbricados com transporte para ENE, e duas fases de deformação, D<sub>1</sub> e D<sub>2</sub>;

o Domínio III alóctone, a zona de interferência entre as Faixas Brasília e Ribeira e presença de terceira fase de deformação, D<sub>3</sub>.

Segundo os mesmos autores, o primeiro evento deformacional D<sub>1</sub> é caracterizado por empurrões, resultando em dobras recumbentes apertadas a isoclinais com direção de eixos variando entre WSW e NW e crescimento de minerais

metamórficos sin-deformacionais de baixo grau como muscovita, clorita, cloritóide e biotita.

O segundo ( $D_2$ ) gerou uma foliação de transposição ( $S_2$ ) – eventualmente como uma foliação de crenulação, dobramento recumbente com eixos subhorizontais W-E a NW-SE, localmente associado a empurrões, lineação penetrativa mineral e/ou de estiramento, geralmente, sub-paralela aos eixos de dobras  $D_2$ . Durante esta fase deformacional ocorre associado o desenvolvimento de minerais metamórficos de grau mais elevado como granada, estaurolita, cianita, muscovita e biotita.

No terceiro e último evento deformacional ( $D_3$ ), desenvolveram-se zonas de cisalhamento subverticais com direção NE-SW e movimentação direcional dextral. Os dobramentos são caracterizados por kink bands e por dobras abertas ou suaves com eixos subhorizontais de direção NE-SW. Nesta fase de deformação associa-se o crescimento de minerais metamórficos tardi a pós-deformacional, com desenvolvimento de clorita, muscovita e cloritóide.

Propuseram então que dois eventos tectônicos superpostos associados à colisão continental foram responsáveis por esta estruturação. O primeiro estaria relacionado ao desenvolvimento da Faixa Móvel Brasília, a aproximadamente 600Ma, alcançando alta pressão (alto grau metamórfico), caracterizada pela ocorrência local de retro-eclogitos, em fácies granulito. O segundo episódio tectônico estaria relacionado à evolução da Faixa Móvel Ribeira, a aproximadamente 570Ma, com condições metamórficas de alto grau, contudo de pressão mais baixa que o episódio anterior, permitindo assim a formação de sillimanita e cordierita, além de um grande número de corpos graníticos anatéticos.

Paralelamente a esta abordagem, Campos Neto e colaboradores (1999, 2004, 2007, 2011), propõe que apenas um único evento colisional, contínuo, comparável ao tipo himalaiano, seria o responsável pela estruturação regional em sistema de nappes sin-metamórficas com cavalgamentos pós metamórficos, com padrão regional invertido (Teixeira, 2008; Motta, 2009) perturbado por contatos rúpteis de empurrão e rampas laterais (Campos Neto et. al., 2007).

Nesse contexto, Campos Neto *et. al.*, atribui a denominação de Orógeno Brasília Meridional para a região, dividindo-a, de SW para NE, em três domínios tectônicos:

o arco magmático (*Nappe* Socorro Guaxupé); o domínio continental subductado (Sistema de *Nappes* Andrelândia); e domínios com afinidades de margem passiva e/ou

relacionados à placa Sanfranciscana (Sistema de *Nappes* Carrancas e *Nappe* Lima Duarte).

A *Nappe* Socorro-Guaxupé corresponde a espesso (>15km) terreno alóctone em condições metamórficas de alta pressão e temperatura na base, em fácies granulito (12,5 kbar e 900° C). Campos Neto & Caby (2000) descrevem uma Unidade Basal Granulítica, com composição modal enderbítica gradando para uma Unidade Intermediária Diatexítica, apresentando migmatitos metaluminosos, até chegar à Unidade Migmatítica Superior, composta por migmatitos pelíticos a semipelíticos. Atravessando toda a *nappe* ocorrem corpos intrusivos de charnokíticos sin-cinemáticos.

O Sistema de *Nappes* Carrancas corresponde litologicamente ao Grupo Carrancas. O padrão metamórfico é inverso no interior de cada *nappe*, com sucessão de fases minerais índice de um gradiente de campo metamórfico barroviano (cloritóide→ estauroлита→ cianita→ sillimanita; Ribeiro & Heilbron 1982, Heilbron 1985). Os metapelitos do *front* desse sistema (Serra do Campestre, Itumirim, MG) tiveram condições de metamorfismo estimadas em máximo de T~570°C e P~7,3 kbar (Campos Neto & Caby 1999).

A *Nappe* Lima Duarte consiste de quartzitos e sillimanita-granada gnaisses migmatíticos, com lascas de ortognaisses polimetamórficos. Granulitos básicos a clinopiroxênio-granada-quartzo indicam condições metamórficas de 950°C-12 kbar (Campos Neto *et al.* 2004).

### 3.1. – O Sistema de *Nappes* Andrelândia

O Sistema de *Nappes* Andrelândia é composto por três domínios alóctones principais, representados, do topo para a base, pela *Nappe* Três Pontas-Varginha e *klippen* equivalentes, Pouso Alto, Aiuruoca, Carvalhos e Serra da Natureza, *Nappe* Liberdade e *Nappe* Andrelândia ou Carmo da Cachoeira. Possui espessura mínima de 4500m km e configuração geral subhorizontal, com três grandes alóctones (*Nappe* Três Pontas- Varginha e *klippen* associadas, *Nappe* Liberdade e *Nappe* Andrelândia) estruturados na foliação metamórfica S2, com deformação por cisalhamento dúctil penetrativa em todo o pacote (Campos Neto *et al.*, 2004).

A *Nappe* Três Pontas- Varginha e *klippen* associadas são representadas por metapelitos em fácies granulito em regime de alta pressão (Trouw, 1998) e apresentam leucogranitos associados, deformados ou não (Campos Neto *et al.*, 2007). As condições

do pico metamórfico na unidade foram calculadas em 900° C sob pressão de 15 kbar (Campos Neto *et al.*, 2004).

A *Nappe Liberdade* (Trouw *et al.*, 2000), imediatamente sotoposta, é composta por metapelitos, com metapsamitos e gnaisses calciossilicáticos subordinados, em fácies anfíbolito de alta pressão, e apresenta lascas de rochas metabásicas retroeclogíticas associadas à rochas metaultramáficas, o que possibilitou a estimativa de profundidade mínima de 60 km e condições próximas a 680° C e 17 kbar (Campos Neto & Caby, 1999), demonstrando o soterramento de crosta continental em zona de subducção. Na infraestrutura ocorrem ortognaisses paleoproterozóicos, localmente anatéticos (migmatito Alagoa e intrusões de turmalina leucogranito, Campos Neto *et al.*, 2007).

Reno e colaboradores (2011), através análise de monzazitas sob microsonda eletrônica obtiveram idades de 662 e 655 Ma para os resíduos granulíticos de alta pressão da *nappe* Tres Pontas-Varginha e, para a *Nappe Carmo* da Cachoeira, idades de metamorfismo entre 619 e 616 Ma

### 3.2 - A *nappe* Andrelândia

A *nappe* Andrelândia (Trouw *et al.*, 2000) é dividida em três unidades, com metapelitos dominantes na base (Xisto Rio Capivari), seguidos por metawackes na porção intermediária (Xisto Santo Antônio) e sequência metapelito-psamítica no topo (Xisto Serra da Boa Vista, Campos Neto *et al.*, 2007), com pico metamórfico atingindo 680° C e 12 kbar (Santos, 2004). Segue descrição das três unidades.

*Xisto Rio Capivari* correspondente à série metapelítica de até 750 m de espessura (base desconhecida), com intercalações métricas esparsas de metapsamitos e rochas máficas, além de raras intercalações rochas calciossilicáticas, de até 5 m, na porção oeste da *nappe*. Micaxistos porfiroblásticos, com predomínio de biotita sobre muscovita e com porfiroblastos de granada e de aluminossilicatos (cianita e/ou sillimanita) caracterizam o litotipo mais representativo da formação.

*Xisto Santo Antônio* (Trouw *et al.*, 1983) é representado pelo pacote intermediário composto por metawackes, com intercalações esparsas e pouco espessas de metapsamitos e rochas máficas, sendo granada-biotita-plagioclásio-quartzoxisto/gnaiss o litotipo dominante na unidade, com textura granoblástica e granulação fina a média, em geral equigranular. Lentes decimétricas de quartzo, subparalelas à foliação, destacam-se na estrutura homogênea do xisto, enquanto em domínios de temperatura mais alta e nas *klippen*, são observadas bandas centimétricas brancas, ricas em

plagioclásio, ou a geração de leucossoma envelopado por melanossoma de biotita. Na área tipo, a Serra de Santo Antônio, em Andrelândia, MG, a unidade apresenta espessura média de 850 m; sua ocorrência pode se dar, também, em janelas estruturais sob a *Nappe* Liberdade e define, em *klippen* a SE de Aiuruoca, o duplex da *Nappe* Andrelândia (Campos Neto *et al.*, 2007).

**Xisto Serra da Boa Vista** representa o topo da coluna, ocorrendo regionalmente sobre o Xisto Santo Antônio, podendo repousar sobre o Xisto Rio Capivari no oeste da Serra do Turvo ou em Bom Jardim de Minas. O pacote tem espessura maior que 800 m, sendo subdividido na unidade basal metapsamítica, com muscovita-quartzito e muscovita-quartzo-xisto, reconhecida nas Serras da Boa Vista e Cataguazes, e a unidade da base é metapelítica, de 750m, com clorita-cianita-granada-biotita-muscovita xisto porfiroblástico, que se alterna ritmicamente com camadas de quartzito que chegam a centenas de quilômetros de extensão.

#### **4 - A Frente da *nappe* Andrelândia**

##### *4.1 - Reconhecimento das unidades*

A Frente da *nappe* Andrelândia aflora sob o contato basal da *nappe* Liberdade e sobre o contato superior do alóctone Serra da Bandeira, escama do sistema de *nappes* Carrancas. Apresentam-se a seguir a caracterização das unidades reconhecidas e suas relações estruturais, como representadas no mapa geológico 1:50 000 (em anexo).

A *nappe* Liberdade, topo estrutural local, sustenta relevo de baixa rugosidade, com solos residuais vermelhos e ocres, comumente com presença de cianita, granada e, localmente, cristais de rutilo de até 20 x 7cm. Não apresenta bons afloramentos e possui grande parte de sua área aflorante coberta por plantações de eucaliptos. As melhores exposições ocorrem em cortes de estrada de ferro a sul da área de trabalho. Seu contato inferior corresponde a uma superfície de cavalgamento delimitada por lascas de biotita hornblenda gnaisses protomiloníticos, que afloram em faixas estreitas com indicadores cinemáticos de transporte para Nordeste.

Abaixo desta superfície de cavalgamento, para nordeste, ocorre descontinuamente o xisto Rio Capivari, com melhores exposições ao longo do Rio Capivari, sul da serra de Cataguases. Apresenta solos residuais avermelhados com superfícies com muscovita porfiroblástica ressaltada, sendo comuns no solo de alteração cristais de granada, cianita e rutilo de até 7 cm. Outro nível desta unidade ocorre no extremo nordeste da área, diretamente sobre o alóctone Serra da Bandeira através da

falha de cavalgamento basal da *nappe* Andrelândia. Próximo a este contato ocorrem blocos de cianititos de até 40 x 20 cm, dispersos no solo.

A sudoeste da serra dos Cataguases, sob o Xisto Rio Capivari, ocorre a primeira faixa de afloramento do Xisto Santo Antônio, em blocos abaulados com alongação paralela a com foliação protomilonítica marcante próximo ao contato superior. Esta faixa aflora no leito do córrego dos Machados, a leste da Serra de Cataguases, e no Rio Grande, a norte desta serra. No restante da área, aflora nas encostas das serras de Cataguases, a oeste, e de Santana, a leste, diretamente sob o Xisto Boa Vista na porção central. A noroeste está em contato normal com o Biotita Xisto Cataguases e, em contraste com o nível sudoeste, possui foliação menos marcada, aflorando em grandes blocos abaulados acinzentados. Na porção leste, próximo ao contato inferior com o alóctone Serra da Bandeira, sobre o Xisto Rio Capivari da base, aflora em grandes lajedos e possui solo residual bastante desenvolvido, de cor vermelha arroxeadada, com granadas e micas ressaltadas.

Estratigraficamente entre os xistos Boa Vista e Santo Antônio, o Biotita Xisto Cataguases possui as melhores exposições na porção central e noroeste da área, às margens do Rio Grande e em encostas sob o Xisto Serra da Boa Vista. Na porção noroeste é encoberto por solo residual vermelho amarelado com muscovita, granada e cianita, localmente com rutilo.

O topo das serras de Santana e Cataguases é dominado pelo xisto Serra da Boa Vista e quartzitos intercalados característicos, o que lhes confere relevo bastante rugoso e acidentado, com faixas de afloramentos de quartzitos puros em meio a xistos micáceos a cianita e granada, com saprolito amarelo. Lateralmente para sudeste e noroeste da Serra de Santana, há uma diminuição da frequência e espessura dos níveis quartzíticos, diminuindo o destaque topográfico dessa unidade.

A norte, a frente da *nappe* Andrelândia está sobreposta a litologias do alóctone Serra da Bandeira, caracterizado por relevo sustentado por finas camadas de quartzito, em meio a estauroлита-granada mica xistos com grafita e magnetita, de cor marrom escuro sob intemperismo. Descontinuamente próximo ao contato superior com a *nappe* Andrelândia, ocorrem meta arenitos arcoseanos com níveis de metavulcânicas, aflorantes geralmente em grandes ravinas (“voçorocas”) causadas por intemperismo e erosão.

## 4.2 - Caracterização da frente da *nappe* Andrelândia

### XISTO RIO CAPIVARI

Esta unidade constitui a base da porção frontal da *nappe* Andrelândia, ocorrendo a sul e a noroeste da Serra de Cataguases sob o contato tectônico por cavalgamento da *nappe* Liberdade. Na porção leste do mapa encontra-se na base e em contato “normal” com o granada-biotita-plagioclásio-quartzo xisto Santo Antônio.

O xisto Rio Capivari possui intercalações métricas de anfíbolitos e freqüentes níveis quartzíticos, o que confere, localmente, estrutura rítmica ao pacote. Macroscopicamente possui estrutura xistosa média e textura porfirogranolepidoblástica a megaporfirolepidoblástica, com cianita (5%-10%) e granada (5%-15%) porfiroblásticas, estaurolita subordinada (<2%), e matriz granolepidoblástica constituída principalmente por muscovita (20%-30%), biotita (20%-30%), plagioclásio (10-15%) e quartzo (30%-50%), além de rutilo em pequena quantidade.

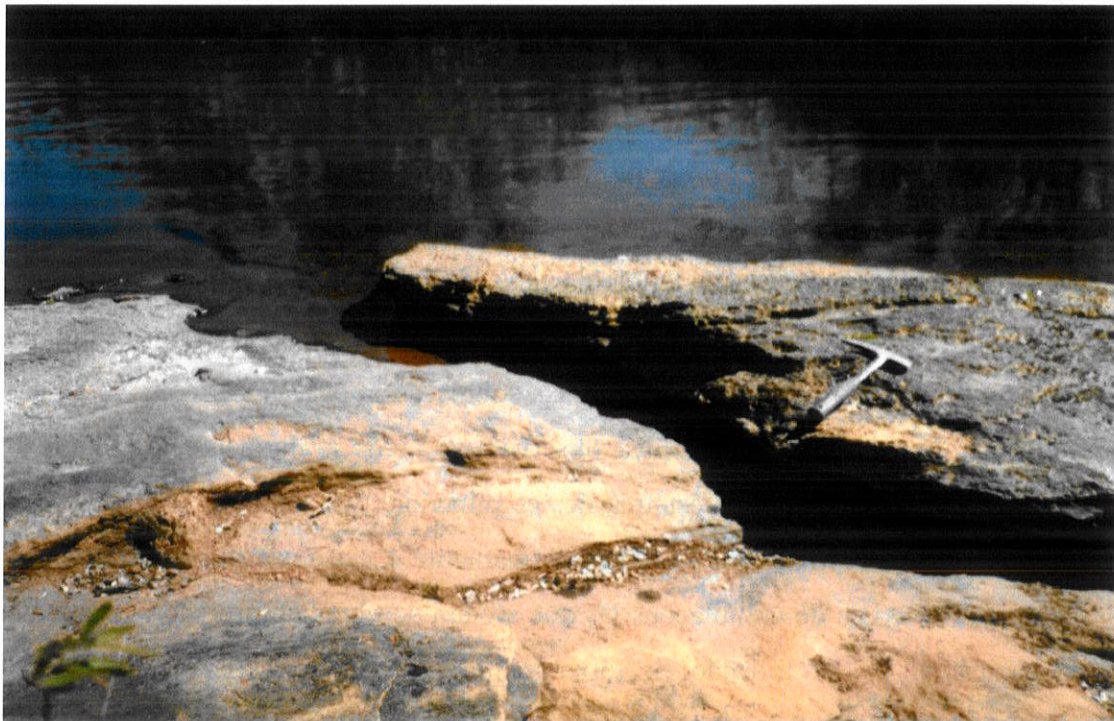


Foto 4.2.1: Afloramento do Xisto Rio Capivari. Nível megaporfiroblástico acima (martelo) e nível granoblástico abaixo.

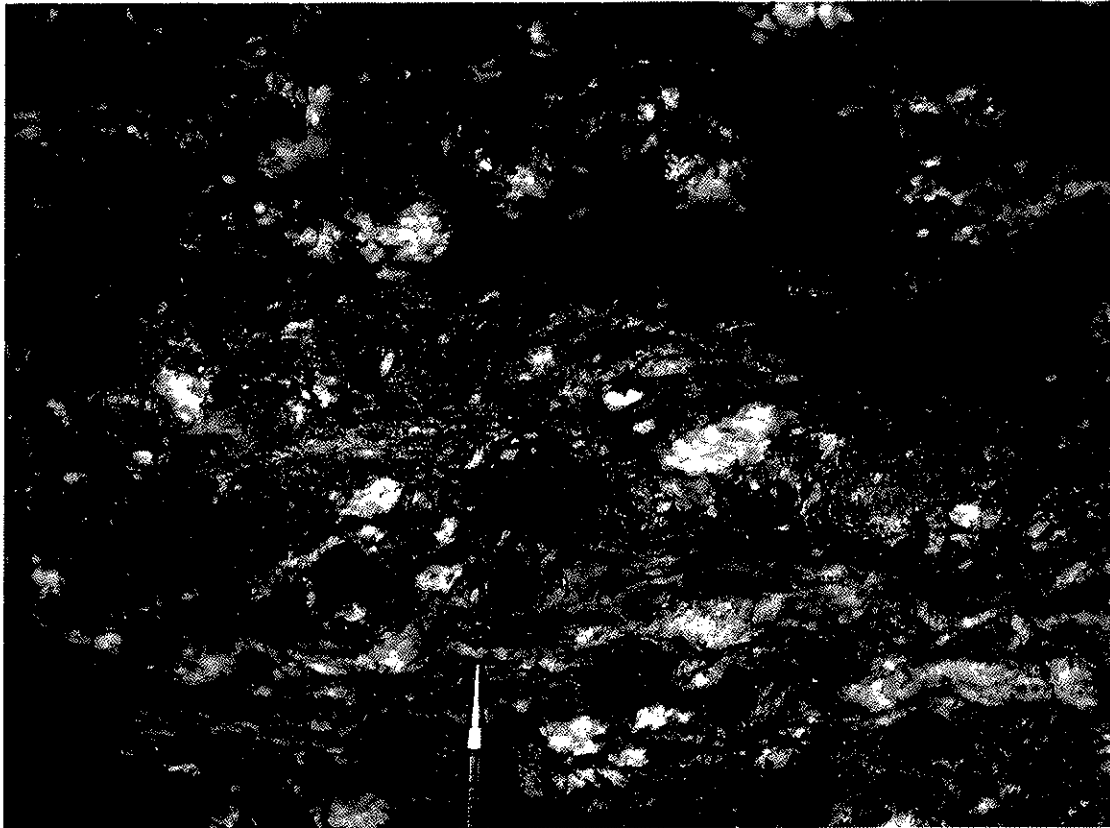


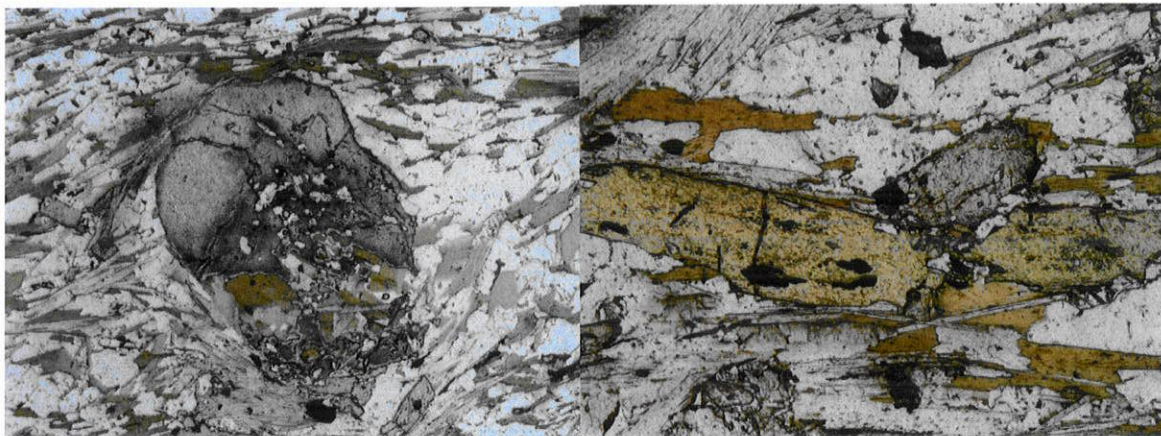
Foto 4.2.2: Fácies megaporfiroblástica do Xisto Rio Capivari.

A foliação principal  $S_2$  apresenta mergulho fraco para sudoeste é definida por bandamento composicional diferenciado alternando bandas granoblásticas definidas por quartzo e plagioclásio, e bandas lepidoblásticas definidas por biotita e muscovita, localmente com restos de dobras intrafoliais, isoclinais. Em alguns pontos esta estrutura apresenta-se fortemente crenulada, com microdobras assimétricas  $D_3$  com vergência para noroeste. Em escala microscópica observam-se arcos poligonais intrafoliais de micas, denotando recristalização estática destes minerais, que também definem  $S_3$  na forma de biotitas subédricas que cortam obliquamente a estrutura principal, além de marcarem planos axiais de crenulações  $D_3$  que afetam sombras de pressão em granada porfiroblástica sin- $S_2$ . A foliação  $S_2$  torna-se protomilonítica recristalizada quando próxima a zonas de cisalhamento dúcteis, com desenvolvimento de muscovita com texturas “*mica fish*”, sombras de pressão assimétricas em granadas e pares S/C de muscovita, biotita e quartzo.

Destacam-se na estrutura porfiroblastos subidioblásticos de granada (até 15% do volume da rocha) com inclusões de ilmenita, rutilo em agulhas, quartzo e, subordinadamente, biotita, muscovita, opacos, clorita, estauroлита, plagioclásio e turmalina, comumente com aspecto poiquiloblástico (foto 4.2.3a). As zonas de sombra de pressão são definidas principalmente por quartzo granoblástico de granulação fina,



além de micas. Cianita ocorre em porfiroblastos subidioblástico a idioblásticos, com aspecto corroído e exibe relações de crescimento cedo- sin- (dobradas) e pós-S<sub>2</sub>, mas pré- S<sub>3</sub>, que localmente a deforma em “*kink bands*”. Estauroлита, na matriz, ocorre em cristais idioblásticos geminados ou xenoblásticos, tardi-S<sub>2</sub> a sin-S<sub>3</sub> (foto 4.2.3b). Plagioclásio ocorre como porfiroclastos deformados ou em arranjo granoblástico equidimensional com o quartzo.



Fotos 4.2.3 - Xisto Rio Capivari: a) granada inter- a tardi-cinemática; b) porfiroblasto estauroлита tardi-cinemática com orientação oblíqua à de cristal cedo-cinemático de cianita.

### **XISTO SANTO ANTÔNIO**

A unidade do xisto Santo Antônio é caracterizada por granada muscovita biotita plagioclásio quartzo xistos de cor cinza, granulação média a grossa, com estauroлита, cianita e sillimanita, além de acessórios como zircão, apatita, turmalina e monazita. Aflora na forma de lajes e paredões, e macroscopicamente apresenta estrutura homogênea, com textura lepidogranoblástica, com matriz quartzo-feldspática com foliação fracamente marcada por biotita. É característica a presença de granadas com cerca de 3 mm distribuídas de maneira uniforme na matriz granoblástica com plagioclásio e quartzo, bem como níveis lepidoblásticos subordinados, mais ricos em muscovita e com variadas proporções de granada, desde ausente ou milimétrica até níveis com porfiroblastos de até 7mm, sempre homogeneamente distribuídos (foto 4.2.5.). Em escala microscópica caracteriza-se por textura granoblástica a lepidogranoblástica média a fina, com biotita e *ribbons* de quartzo definindo foliação principal.

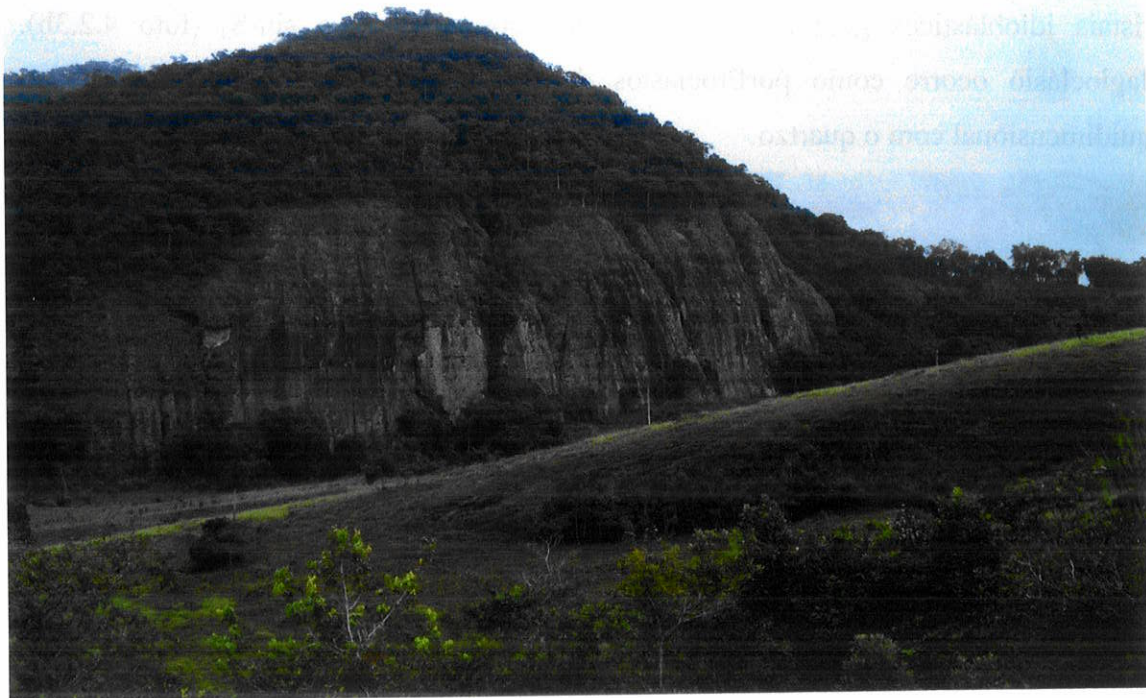


Foto 4.2.4.: Afloramento do Xisto Santo Antônio em paredão na encosta nordeste da Serra de Santana, leste da cidade de Santana do Garambéu.

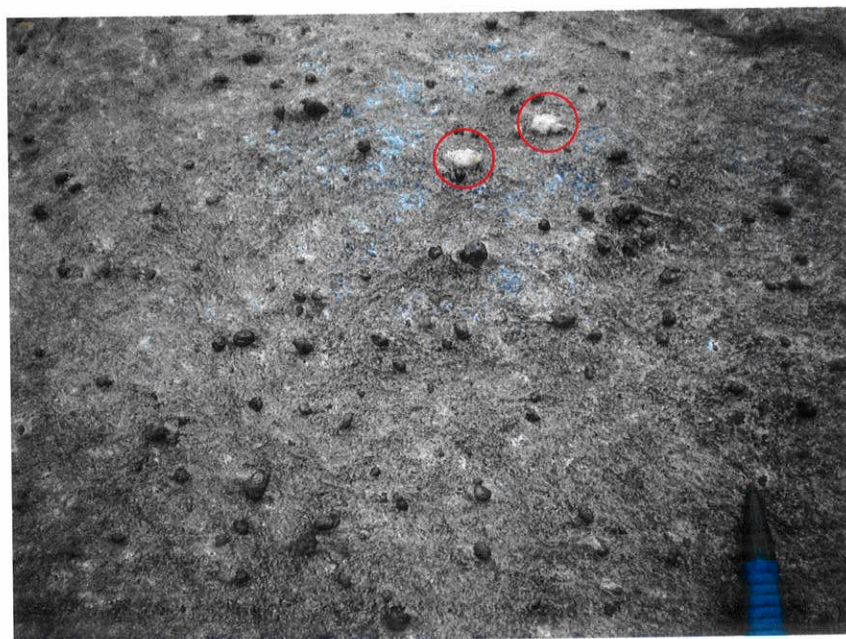


Foto 4.2.5.: Xisto Santo Antônio: porfiroblastos de granada homogeneamente distribuídos em matriz granoblástica quartzo-feldspática com biotita e muscovita subordinada, além de turmalina, cianita e estaurolita como acessórios. Destaque para porfiroclastos de plagioclásio, circulos em vermelho.

A oeste da Serra de Cataguases apresenta-se protomilonítico, com foliação principal (S<sub>n</sub>) formada por pares SC (e C') com recristalização de biotita e muscovita, e fitas de quartzo (*quartz ribbons*) e plagioclásio poligonizados, podendo ocorrer como traços diminutos cristais de sillimanita intersticiais, tardios. Granada ocorre comumente como porfiroblastos pré-, sin- a tardi-cinemáticos, com plagioclásio e cianita localmente ocorrendo como fases pré a cedo cinemáticas. Neste local, o contato com os micaxistos e quartzitos do xisto Serra da Boa Vista na encosta sudoeste da serra dos Cataguases é afetado por cavalgamento local de pequena expressão, alçando a unidade dos xistos Santo Antônio sobre as unidades da serra.

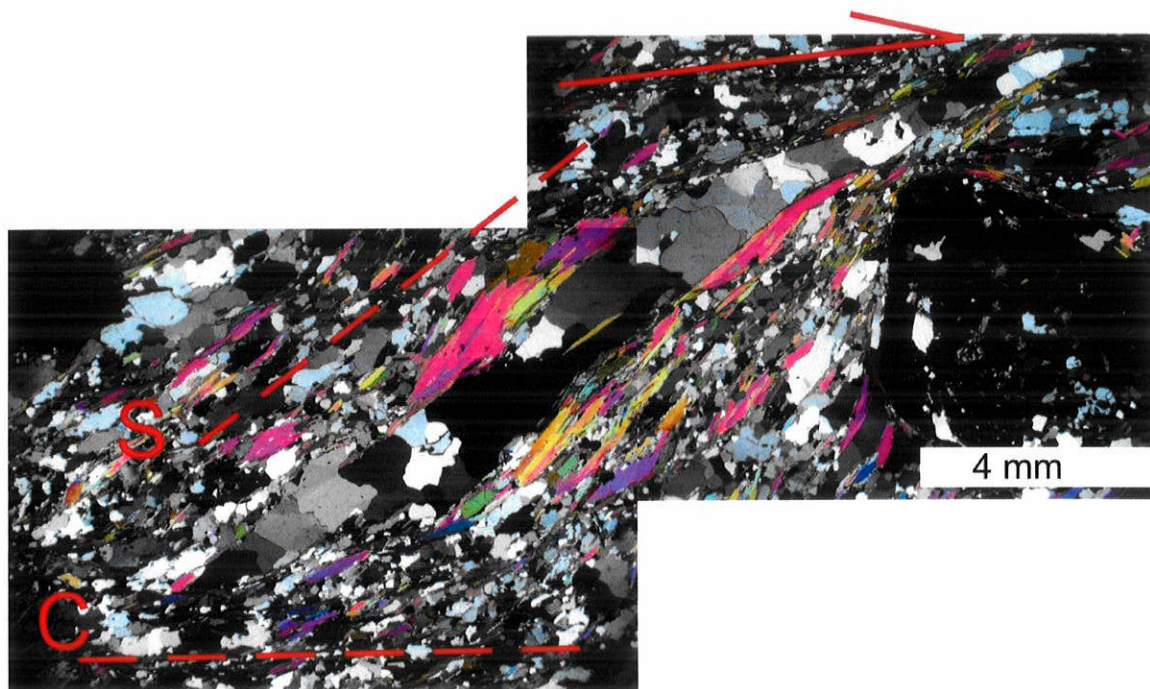


Foto 4.2.6. - Xisto Santo Antônio, seção 1002A: estrutura protomilonítica recristalizada com foliação SC definida pela orientação de micas em lâminas lepidoblásticas e fitas de quartzo e plagioclásio formando bandas granoblásticas.

Nesta porção, o plagioclásio é andesina (An<sub>33</sub>) e ocorre na matriz granoblástica em proporção de 1:1 com quartzo, ambos recristalizados, com frequentes porfiroclastos xenoblásticos de plagioclásio. A apatita xenoblástica é o mineral acessório mais comum (em média 2%), seguida por cianita subidioblástica a idioblástica, corroída e alterada para muscovita e quartzo, e localmente substituída por estauroлита tardia, euédrica. Os porfiroblastos de granada são poiquiloblásticos, apresentando inclusões de quartzo, rutilo, ilmenita, plagioclásio, biotita e, subordinadamente, muscovita, opacos, clorita, estauroлита e turmalina. Podem apresentar zonas de sombra de pressão e foliação interna

conferida por agulhas de rutilo/ilmenita e por minerais micáceos, chegando a delinear dobramentos assimétricos e helicíclicos sin  $S_2$  (Foto 4.2.7).

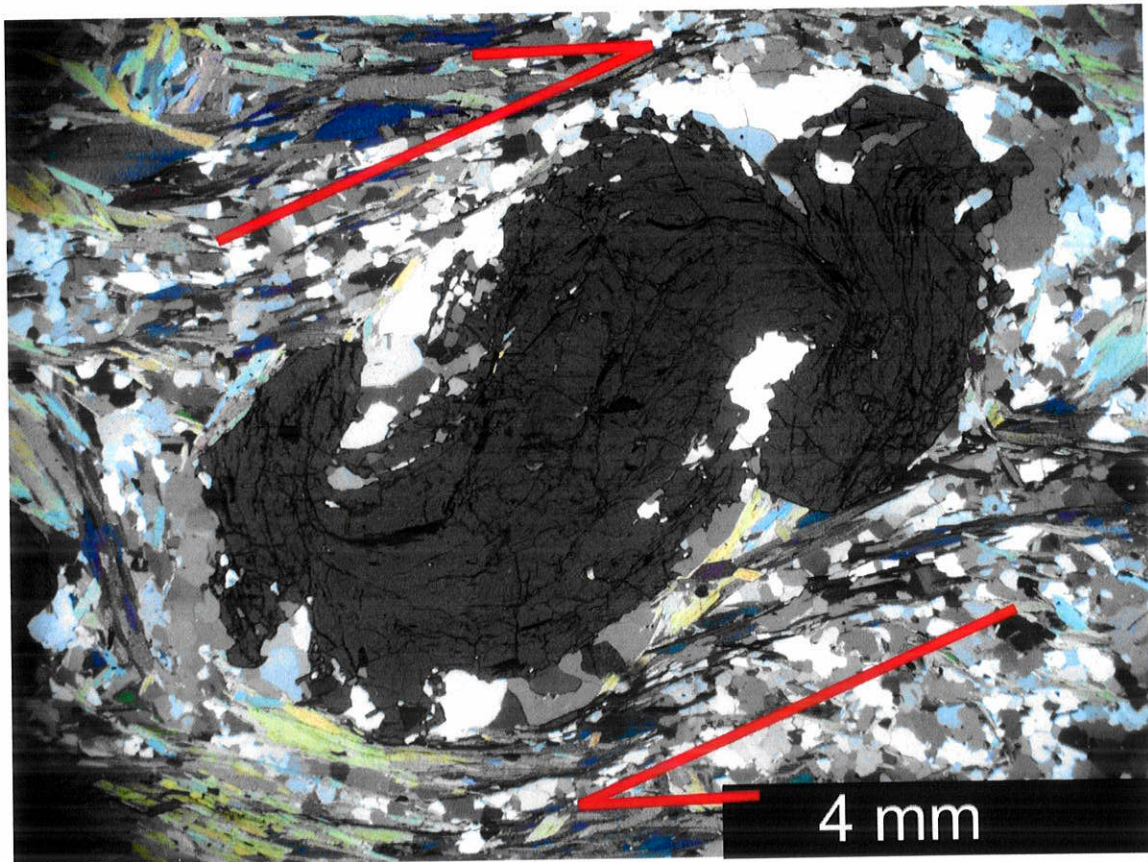


Foto 4.2.7. Xisto Santo Antônio, seção 1034A: granada com dobramento helicíclico sin  $S_2$ .

Na porção central do mapa, entre as serras de Cataguases e a Serra de Santana, o xisto Santo Antônio apresenta-se como granada biotita plagioclásio quartzo xisto homogêneo, com granulação fina a média, em geral equigranular, e textura granoblástica definida por bandas de quartzo e plagioclásio recristalizados e poligonizados na proporção de 1:1, com placas de biotita marrom definindo  $S_n$  e  $S_{n+1}$ . A matriz apresenta 30% de máficos, com biotita marrom >> anfibólio > opacos e 58% de quartzo e plagioclásio, com contatos poligonizados a localmente lobados, além de 2% de apatita, zircão, monazita, clorita (alterando biotita).

As bandas granoblásticas possuem quartzo e plagioclásio deformados e recristalizados, com predominância de bordas retilíneas, ocorrendo localmente quartzo com extinção ondulante e porfiroclastos de plagioclásio (oligoclásio-andesina) com geminação deformada. A biotita, orientada, parcialmente cloritizada, distribui-se homoganeamente pela rocha ou define finas lentes lepidoblásticas, marcando a foliação  $S_n$  com  $S_{n+1}$  discreta, planoaxial de arcos poligonais, com retrometamorfismo de cianita para muscovita associado. A granada (10%) é vermelha e subidioblástica,

porfiroblástica, localmente poiquilobástica, com inclusões orientadas de agulhas de rutilo em meio a quartzo arredondado, plagioclásio, ilmenita e apatita, em trilhas com relíquias de foliação interna localmente dobrada isoclinalmente e crenulada, com bordas sem inclusões, sendo inter-/sin- a pós-cinemáticas.

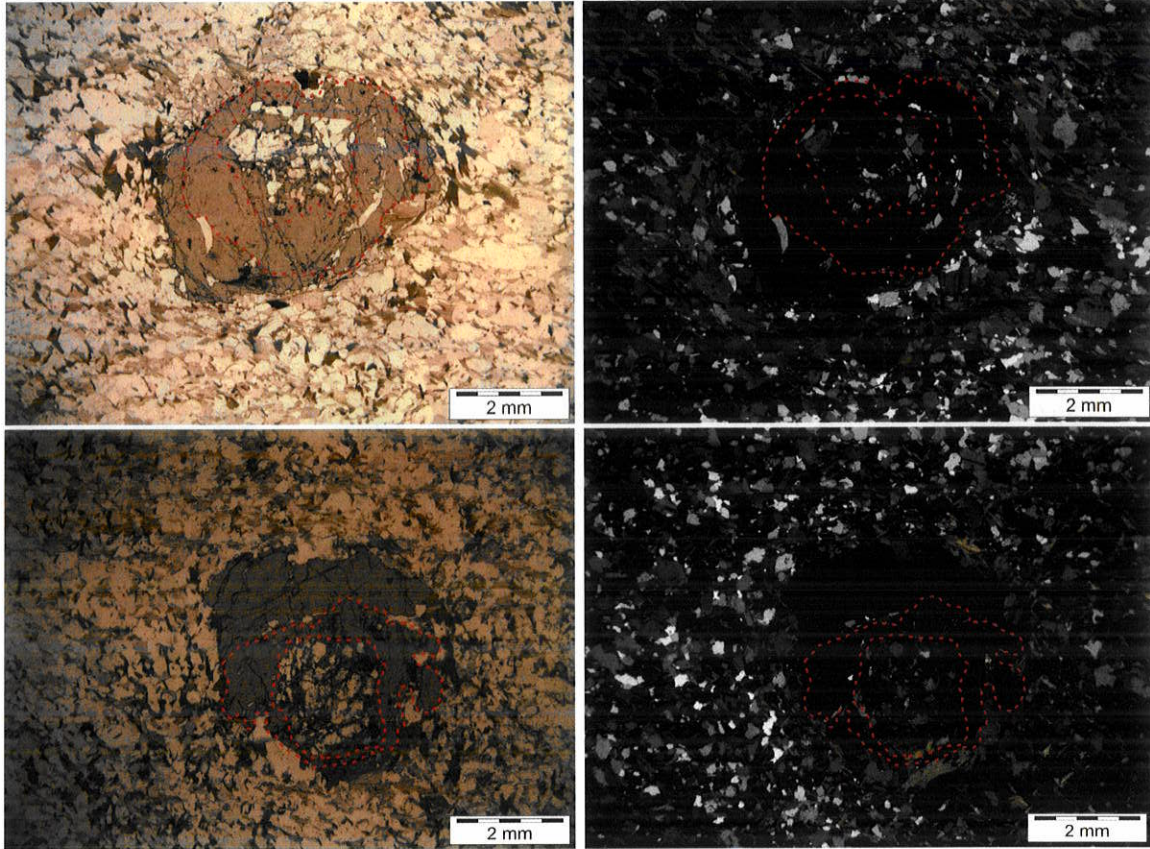


Foto 4.2.8.- Xisto Santo Antônio no Domínio Central (Laminas 936, acima, e 1010, abaixo): Granadas inter- a sin-cinemáticas exibindo núcleo poiquiloblástico, porções intermediárias com poucas inclusões e bordas limpidas. Destaca-se também a matriz granoblástica com micas decussadas distribuídas homoganeamente.

Níveis mais ricos em biotita e/ou com muscovita possuem cianita sempre corroída e parcialmente substituída por muscovita e quartzo, sillimanita na forma de pequenos cristais prismáticos e estauroлита euédrica, crescendo tardiamente sobre a foliação (foto 4.2.9.). Cristais de zircão ocorrem inclusos na biotita e também arredondados na matriz (detríticos). Rutilo ocorre incluso na granada, enquanto apatita, mineral acessório principal, e turmalina ocorrem como grandes cristais arredondados. Titanita pode ocorrer localmente, na ausência de aluminossilicatos.

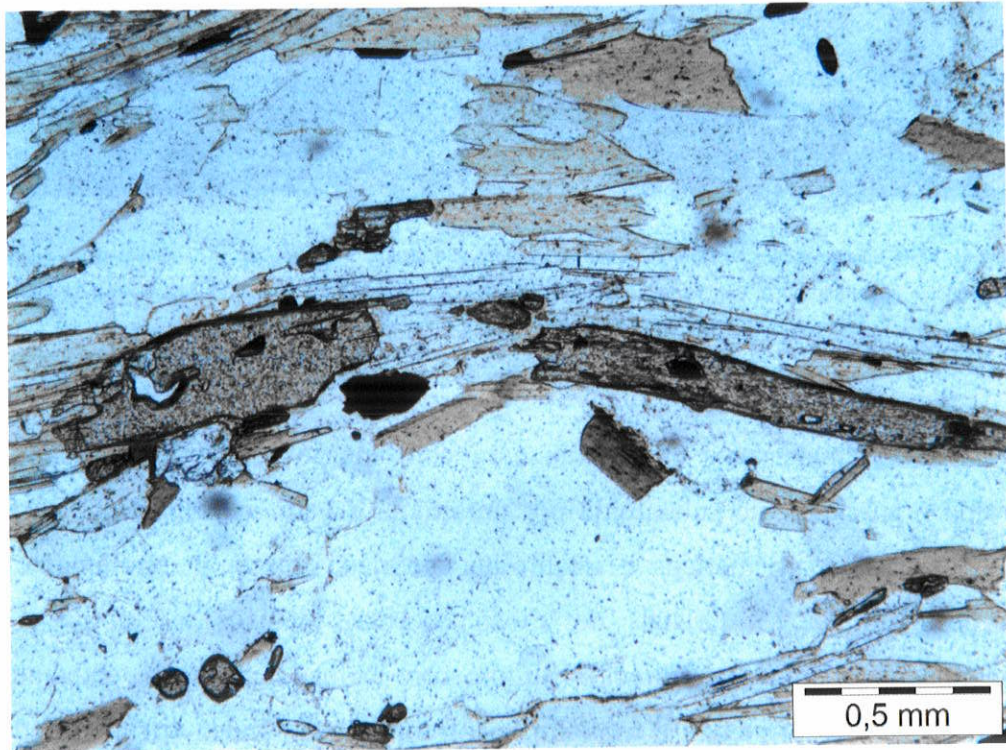
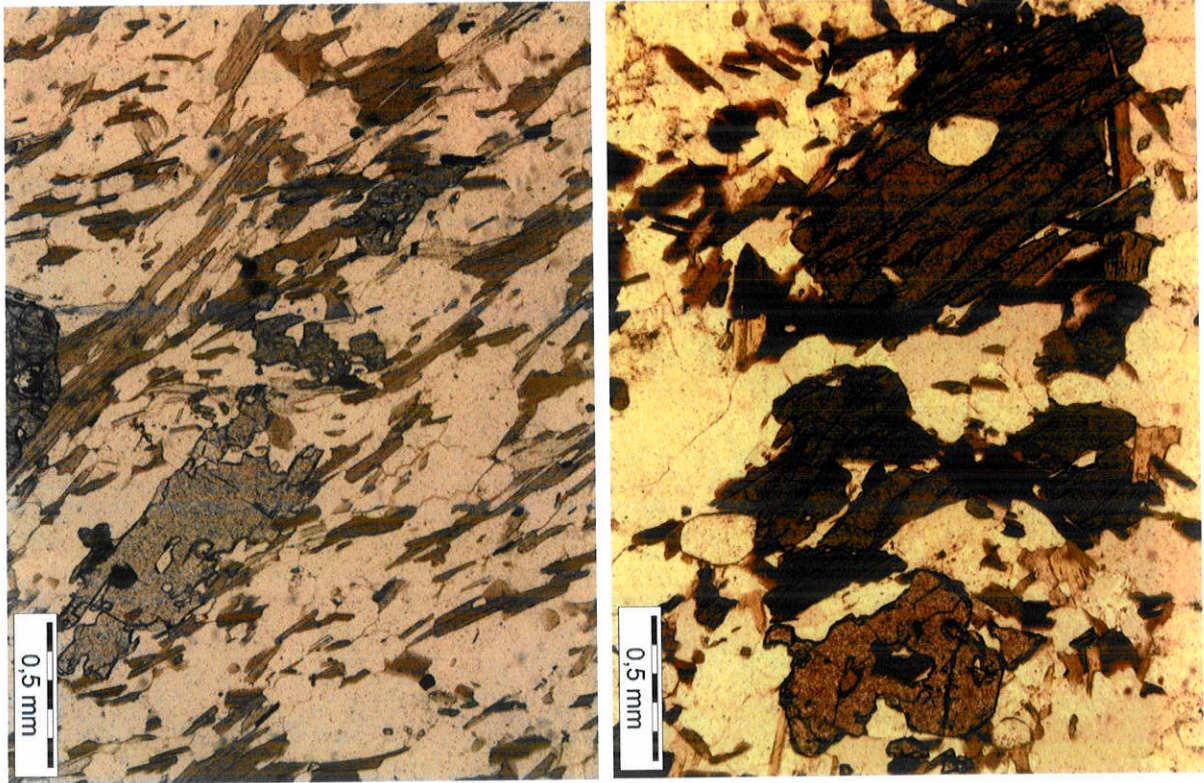


Foto 4.2.9. - Xisto Santo Antônio: megacristais de anfibólio e cianita corroídos, parcialmente substituídos por biotita e muscovita (acima); cristais euédricos de estaurolita crescendo sobre a foliação definida por biotita (abaixo).

Finalmente, no domínio leste da Serra de Santana, o xisto Santo Antônio ocorre como estaurolita-granada-biotita-muscovita-plagioclásio-quartzo xisto de estrutura anastomosada, protomilonítica, definida por bandas granoblásticas de quartzo e plagioclásio poligonizados; e bandas lepidoblásticas definidas por muscovita e biotita subordinada, sobre a qual crescem porfiroblastos tardi- a pós-cinemáticos. Clorita ocorre como alteração retrometamórfica em cristais de granada, biotita e cianita, esta sempre com bordas corroídas e parcialmente substituída também por muscovita e estaurolita.

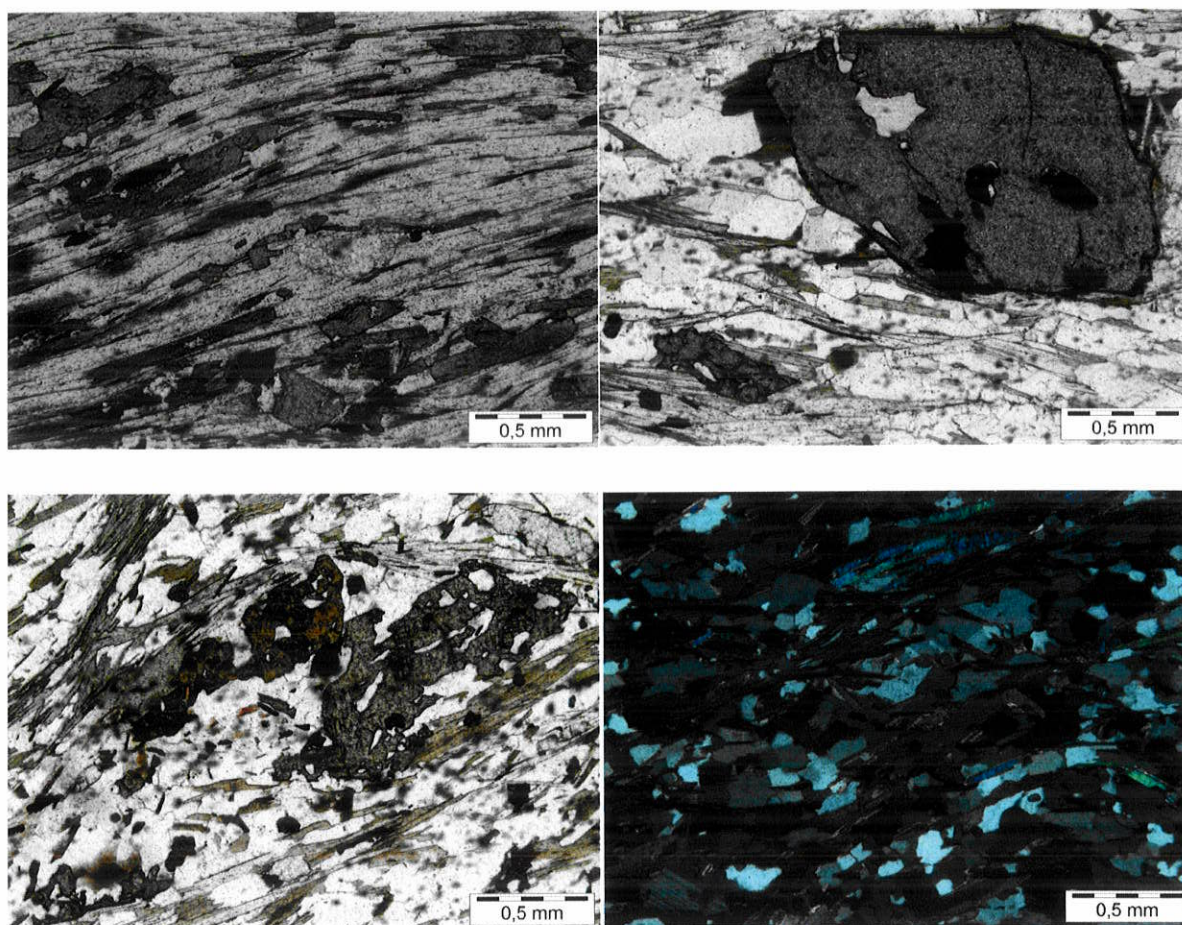


Foto 4.9.10. - Xisto Santo Antônio: Banda lepidoblástica (ms + bt) com porfiroblastos tardios de estaurolita e turmalina, e cristais de estaurolita e granada anastomosados (seção 1450, acima); cristais de estaurolita com núcleos preservando clivagem de cianita e bordas alteradas para clorita, e estrutura foliada granolepisoblástica com retrometamorfismo para clorita (seção NESG 889BI, abaixo).

### **BIOTITA XISTO CATAGUASES**

Esta unidade é caracterizada por rutilo estaurolita cianita granada muscovita biotita quartzo xistos, com freqüentes barras métricas de quartzito, constituindo a rocha tipo da base da Serra de Cataguases, e correspondendo ao topo estratigráfico da frente

da *nappe* Andrelândia. Ocorre caracteristicamente no núcleo de estruturas sinclinais da serra de Cataguases e serra de Santana.

No flanco norte da serra de Cataguases e Rio Grande apresenta contatos de topo e base gradacionais para os xistos Serra da Boa Vista e Santo Antônio, respectivamente. Próximo ao topo do pacote intercalam-se níveis ricos em muscovita porfiroblástica, com plagioclásio porfiroclástico e estrutura protomilonítica, que atribui à rocha bandamento de aspecto gnáissico. A oeste da serra de Cataguases está sob contato tectônico de cavalgamento com o granada biotita plagioclásio quartzo xisto homogêneo Santo Antônio, que trunca as foliações de duas grandes barras de quartzito. A noroeste da estrutura das serras de Cataguases e Santana, aflora raramente em morrotes suaves, sob solo avermelhado com cianita e granada.

As porções metapelíticas possuem estrutura xistosa e textura granolepidoblástica, definidas por quartzo e micas, além de rutilo, estauroлита, cianita e granada porfiroblástica. Rumo ao topo ocorrem intercalações constantes de quartzitos, sendo reconhecível uma fácies superior com maior contribuição psamítica em meio aos xistos aluminosos. Quando em níveis espessos, sobretudo observados no topo da serra de Santana, estas barras psamíticas ocorrem como ortoquartzitos (> 95% de quartzo) de foliação sub-horizontal até 30° SW, truncando a foliação da encosta da Serra. Possuem textura granoblástica sacaroidal ou protomilonítica recristalizada, com granulação média a grossa e até 5% de muscovita.

Ao microscópio (foto 4.2.11) apresenta foliação protomilonítica recristalizada, alternando bandas granoblásticas e bandas com feixes anastomosados e *fishes* de muscovita definindo textura lepidoblástica; com biotita subordinada e parcialmente cloritizada; turmalina como cristais quebradiços, interpretados como detriticos, ou porfiroblastos estáticos pós-cinemáticos; e cianitas cedo-cinemáticas com bordas corroídas, parcialmente substituídas por quartzo e muscovita. Nas porções granoblásticas apresenta quartzo com plagioclásio subordinado, com contatos variando entre sinuosos em cristais com extinção ondulante e retilíneos em porções mais recristalizadas. As granadas possuem trilha de inclusões formadas por quartzo, opacos, turmalina, biotita, clorita concordantes com a foliação  $S_2$ , sendo portanto sin-cinemáticas. Nas sombras de pressão destacam-se quartzo e plagioclásio, muitas vezes como porfiroclastos amoldados, além de sillimanita na forma de pequenos cristais prismáticos em aglomerados sem orientação preferencial. Estauroлитas ocorrem como



pequenos cristais anédricos, substituindo biotita, ou como porfiroblastos tardi- a pós-cinemáticos crescendo sobre cianitas e biotita.

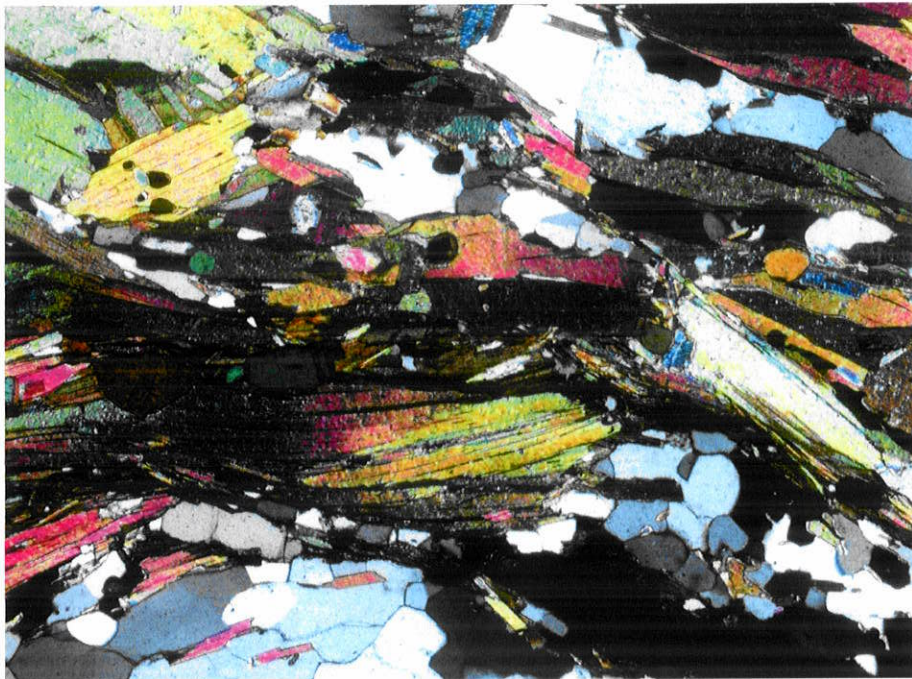
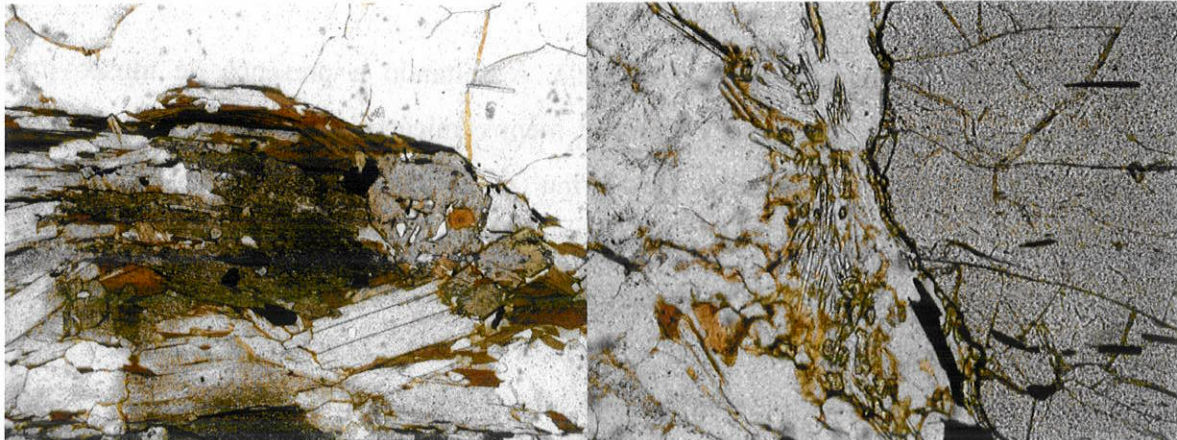


Foto 4.2.11 - Biotita Xisto Cataguases: Cianita cedo-cinemática com bordas corroídas com estaurolitas tardi- a pós-cinemáticas sobrecrecidas, porção lepidoblástica, canto superior esquerdo; sillimanita prismática e sem orientação preferencial associada à sombra de pressão de granada, canto superior esquerdo; e alternância entre textura lepidoblástica, definida por feixes de muscovita, e granoblástica, definida por quartzo com plagioclásio subordinado, abaixo, junto a porfiroblastos pós-cinemáticos de turmalina.

### **XISTO BOA VISTA**

Esta unidade ocorre na porção central da área, nas serras de Cataguases e Santana, e é constituída por muscovita quartzitos e ortoquartzitos que sustentam o relevo do topo das serras, intercalados com níveis metapelíticos a estaurolita, cianita, granada, biotita e muscovita. Possui contatos normais com o biotita xisto Cataguases a norte da serra de mesmo nome e a noroeste da serra de Santana. Os contatos com o xisto Santo Antônio são tectônicos tanto a leste da serra de Cataguases, onde ocorre como

falha normal tardi foliação  $S_2$ , quanto nos dois flancos da serra de Santana, onde o contato se dá por cavalgamento cedo  $D_3$  do Xisto Santo Antônio, ocorrendo em núcleo de sinforme  $D_3$ .

Aflora com alteração de cor amarela, ressaltando a presença de muscovita abundante e quartzo, com níveis mais e menos micáceos intercalados, granadas porfiroblásticas, biotita e rutilo. De forma geral apresenta foliação milonítica recristalizada, marcada por cristais estirados de quartzo, planoaxiais a dobras isoclinais recumbentes  $D_3$ , conspícuos nos afloramentos desta unidade. Na serra de Cataguases é deformada por dobras abertas e suaves com plano-axial de alto ângulo de mergulho para NW, evidenciando um evento deformacional subsequente  $D_4$  (foto 4.2.12).



Foto 4.2.12. Ondulações  $D_4$  em lajes quartzíticas do Xisto Boa Vista.

No topo do pacote predominam quartzitos a muscovita como barras de dois a cinco metros de espessura, com frequentes cristais de granada centimétricos, intercaladas em níveis decamétricos de estauroлита cianita granada biotita muscovita plagioclásio quartzo xisto cujas proporções entre os minerais variam, tornando-se mais quartzosos para o topo e mais pelíticos rumo à base. Intercalam-se lentes porfiroblásticas a megaporfiroblásticas, de até 10 metros de espessura, de biotita xisto semelhante ao Cataguases, definindo contato basal transicional deste com o xisto Serra

da Boa Vista. Na região sul da serra de Santana destacam-se barras de quartzitos com disposição oblíqua aos contatos com o Xisto Santo Antônio, mas que se paralelizam quando próximas a estes. Este truncamento é interpretado como possível relíquia de discordância angular entre estas unidades, característica descrita em outros locais e interpretada como discordância regional por Campos Neto *et al* (2007).

Macroscopicamente os quartzitos micáceos apresentam estrutura orientada e xistosa, com textura granoblástica fina definida por quartzo estirado (~90%), além de biotita (~ 5 %) e muscovita (~ 5%) orientadas segundo a foliação. Pode ocorrer ainda uma pequena quantidade de granada e cianita, localmente mais expressivas. Ao microscópio possuem estrutura foliada e textura granoblástica com lâminas lepidoblásticas esparsas, com cerca de 65% de quartzo, 20% de muscovita, 5% de biotita e plagioclásio, além de traços de granada, opacos intersticiais e zircão. A muscovita define uma lineação mineral paralela à lineação dos cristais de quartzo estirados e forma arcos poligonais evidenciando a presença de uma foliação anterior transposta.

Os níveis pelíticos preservam textura lepidoblástica recristalizada, com porfiroblastos de granada euédrica com trilhas dobradas de inclusões e borda de recristalização estática sobre a estrutura principal  $S_2$ , o que lhe confere caráter inter- a pós-cinemático. Cristais de cianita são caracteristicamente pré- a cedo-cinemáticos, substituídos por muscovita e estaurolita, quando em contato com biotita, em geral com bordas corroídas. Estaurolita ocorre como porfiroblastos tardi- a pós cinemáticos, idioblásticos a subidioblásticos, localmente poiquiloblásticos (foto 4.2.13). Destacam-se porções com biotita verde com halos pleocróicos gerados por inclusões de zircão e monazita, e clorita em retrometamórfica associada às bordas de biotitas e granadas. Turmalinas arredondadas são comuns nos níveis lepidoblásticos. Sillimanita ocorre como pequenos cristais prismáticos associados a porções granoblásticas, sobretudo em sombras de pressão de granadas.

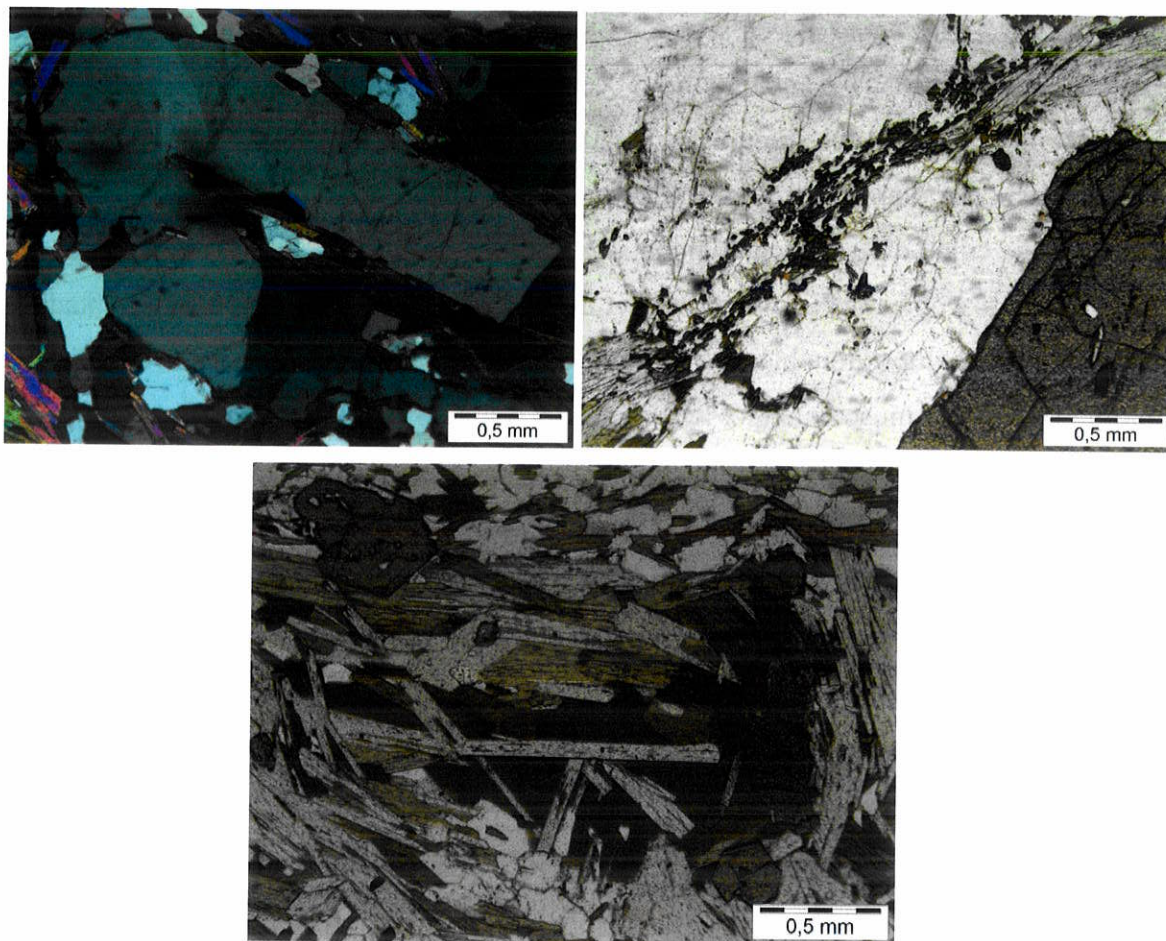


Foto 4.2.13: Xisto Serra da Boa Vista: fita quartzo-feldspática dobrada planoaxialmente à estrutura principal, à esquerda; pequenos cristais idiomórficos de sillimanita em sombra de pressão de granada., à direita; e banda lepidoblástica com cianita cedo- e estaurolitas tardi- a pós-cinemáticas, abaixo.

## OUTRAS OCORRÊNCIAS

### *Anfibolitos*

É comum a ocorrência de lentes anfibolíticas intercaladas em meio aos pacotes xistosos: no xisto Rio Capivari ocorre um corpo de granada anfibolito próximo ao contato basal com o alóctone Serra da Bandeira (amostras 1247 e 1249), enquanto no xisto Serra da Boa Vista observa-se um corpo anfibolítico de estrutura maciça, textura inequigranular fina e média, com textura ígnea reliquiar e composto por plagioclásio, hornblenda, biotita e titanita, com textura ofítica preservada (foto 4.2.14)

Ainda no xisto Serra da Boa Vista encontram-se anfibolitos na forma de pequenas intercalações lenticulares métricas (amostra 1552), localmente “*boudinadas*”, apresentando estrutura xistosa e textura nematoblástica com cerca de 70% de hornblenda, 15% de plagioclásio e quartzo e 15% de biotita. Microscopicamente, apresenta textura nematoblástica, com foliação marcada por hornblenda (70%) e biotita

(10%) e estrutura bandada lenticular conferida por lâminas granoblásticas a plagioclásio andesina (15%) e granada (5%), esta rica em inclusões de opacos. Titanita subidioblástica e minerais opacos são os acessórios mais comuns.

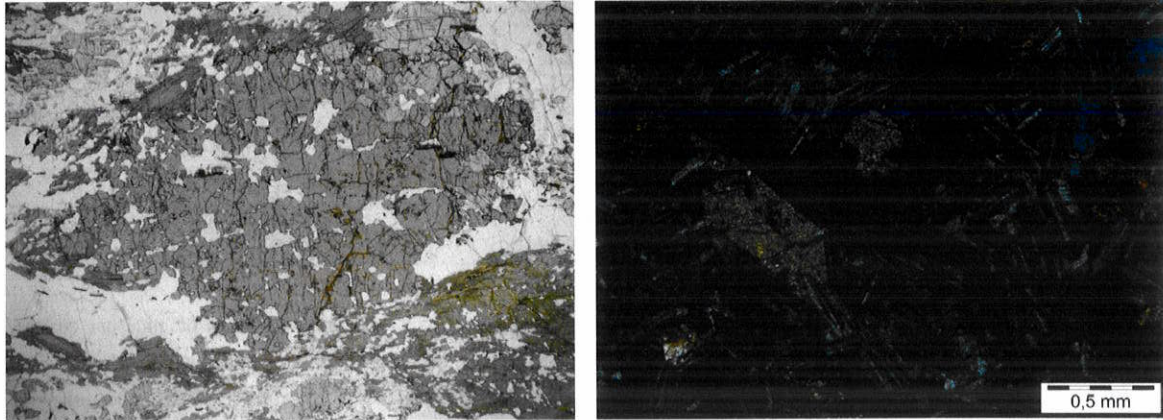
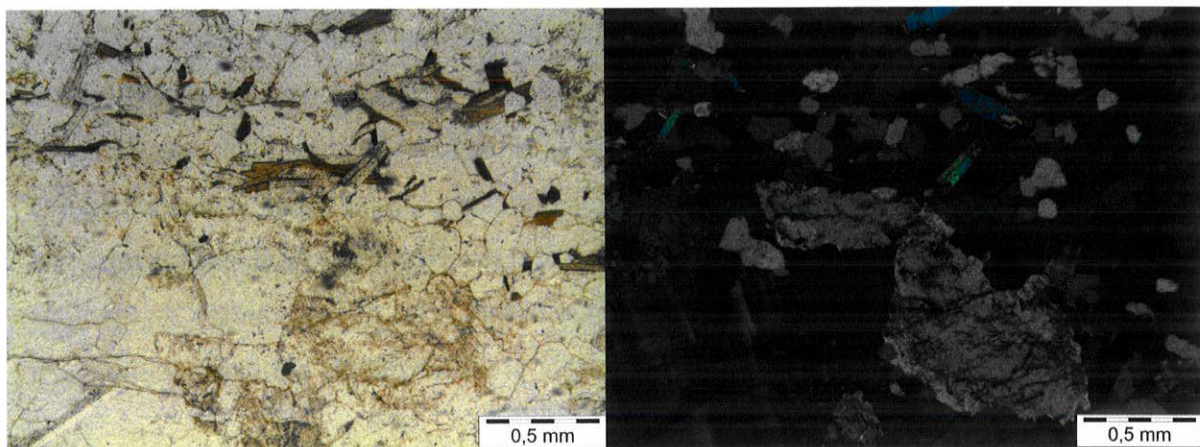


Foto 4.2.13. - Xisto Rio Capivari (à esquerda): anfíbolito com granada poiquiloblástica e textura nematolepidoblástica; Xisto Serra da Boa Vista: anfíbolito com textura ígnea inequigranular ofítica preservada (à direita).

## GRANITÓIDES

Granodioritos ocorrem como raras lentes miloníticas de 10 cm x 50 cm em meio ao xisto Serra da Boa Vista, a noroeste da Serra de Cataguases, com granada, muscovita, biotita, sillimanita, cianita e turmalina, além de apatita, rutilo e opacos. Apresentam estrutura com domínio de foliação pouco desenvolvida, reconhecida pela orientação de placas de biotita e muscovita; e domínios protomiloníticos com predominância de quartzo plagioclásio e feldspato potássico em contatos interlobados, separados por lentes miloníticas com *mica fishes*. Possuem textura granoblástica/equi a inequigranular fina a média, com raros porfiroclastos de até 7 mm (amostra 1084D).



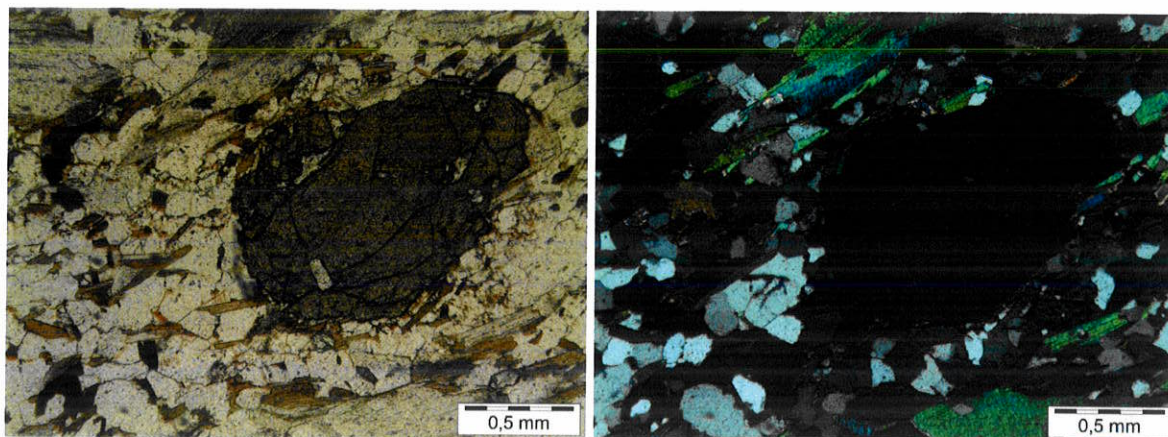


Figura 4.2.14: Granodiorito com estrutura maciça a levemente foliada (acima), com matriz granoblástica definida por quartzo, plagioclásio e feldspato potássico subordinado; com lentes lepidoblásticas a localmente protomiloníticas definidas por feixes anastomosados de muscovita com biotita subordinada, com granada subédrica de bordas serrilhadas, com eixo maior orientado segundo a foliação.

### 4.3 – *Estrutura*

#### **RELAÇÕES GERAIS**

A foliação metamórfica principal  $S_2$  exibe padrão estrutural em arranjo S-C recristalizado, associado a *mica-fishes*, zonas de sombra de pressão assimétricas e bandas escalonadas de cisalhamento ( $C'$ ). Esta estrutura desenvolveu-se sob condições dominantes de deformação não-coaxial, associada ao deslocamento sin-metamórfico da *nappe*. Nos micaxistos observa-se bandamento diferenciado desenvolvido por encurtamento e recristalização de uma crenulação precedente (que resta, localmente, como arcos poligonais de micas, intrafoliais), evidência de um estágio pré-*nappe*, de encurtamento coaxial.

As lineações de estiramento mineral observadas em quartzo e plagioclásio são estruturas associadas à evolução tectônica e geológica da área, sendo indicativos da direção de transporte tectônico. A atitude predominante possui um caimento de baixo ângulo para Sul-sudoeste, orientadas preferencialmente para N213/14, com indicadores cinemáticos indicando transporte da placa superior para Nordeste. As lineações minerais de muscovita, cianita e, rutilo estão geralmente contidas no mesmo campo de medidas do plano médio  $S_2$ , sugerindo a presença de picos térmicos sin-deformacionais à foliação principal  $S_2$  e fases de dobramento posteriores.

A  $D_2$  é homoaxial a  $D_3$ , ambas com eixo médio N204/14 em dobramento recumbente a ligeiramente inclinado com vergência para Nordeste. O caráter recumbente das dobras  $D_3$  é confirmado pelo padrão cilíndrico do dobramento  $D_4$ , com caimento axial para Sul e dimensões de 1250 m de comprimento de onda por 250 m de

amplitude. O alto da Serra de Cataguases é preservado em sinforma  $D_3$  afetado por redobramento  $D_4$  superposto, conferindo uma figura de interferência próxima ao tipo-2.

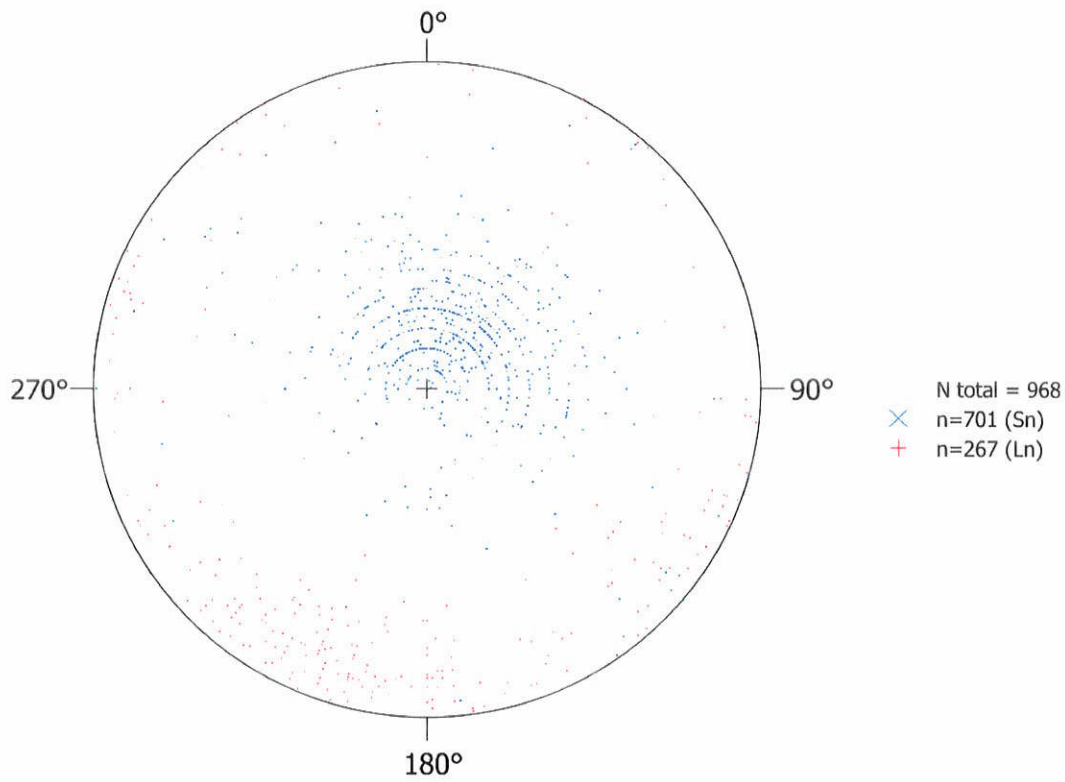


Figura 4.3.1.: Estereograma com todos os dados de planos e lineações da frente da nappe Andrelandia.

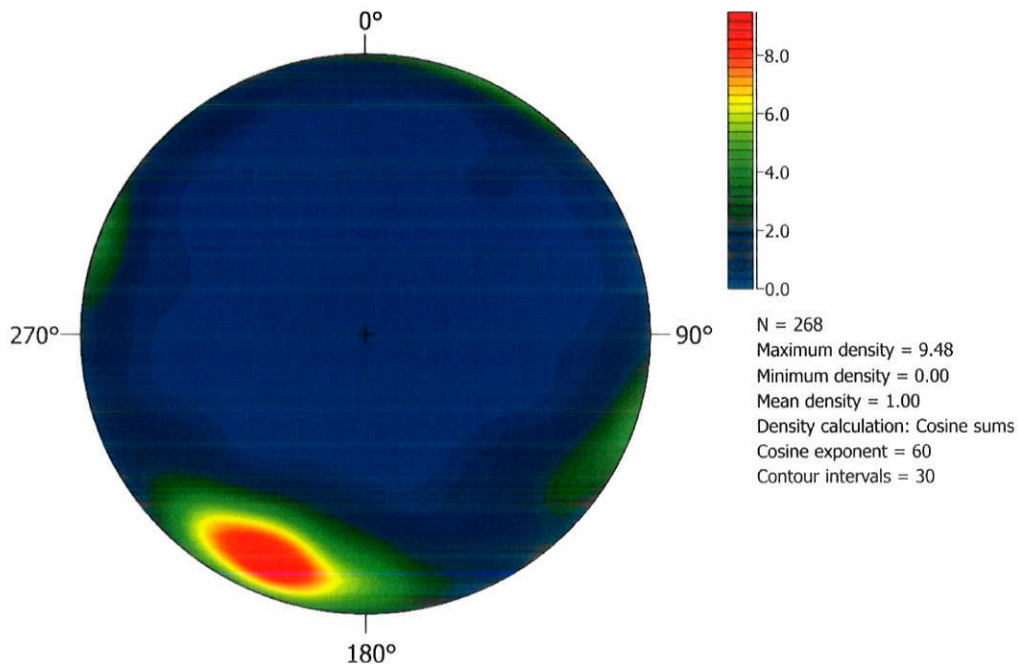


Figura 4.3.2 : Contornos de Lineações na frente da nappe Andrelandia.

A *nappe* Liberdade estrutura-se em escama cavalgante sin a tardi  $S_2$  sobre a frente da *nappe* Andrelândia, sendo alçada através de falha de cavalgamento frontal para nordeste, com engajamento de ortognaisses ortoderivados em seu *front*. Possui como estrutura principal foliação protomilonítica recristalizada, de orientação média N222/23. Lineação mineral penetrativa de cianita está contida no plano  $S_2$  médio, concentrada em N228;20, indicando transporte sin-metamórfico.

Sua infraestrutura aloja finas lentes de biotita hornblenda gnaisses granodioríticos a tonalíticos, com foliação milonítica mergulhando de 10 a 50 graus para sudoeste (N230/30, rumo do plano médio), com lineação *downdip* sin-milonítica de anfibólio, feldspato e quartzo, e indicadores cinemáticos definidos por delgados pares SC, destacados em lentes ricas em biotita que evidenciam cavalgamento para nordeste.

A laje de ortognaisse localmente apresenta uma crenulação assimétrica  $D_3$  e dobras abertas suaves normais  $D_4$  sobrepostas, ambas com planos axiais NW-SE.

O espalhamento dos dados de foliação  $S_2$  sugere a existência de ao menos mais duas fases de deformação, uma com uma guirlanda melhor definida orientada NW/SE (Plano Axial NE-SW) com eixo construído paralelo a maior concentração de lineações de cianita, e outra, menos definida, com guirlanda orientada NW-SE (Plano Axial NW-SE), com eixo construído próximo dos eixos (Lb $D_3$  e Lb $D_4$ ) medidos.

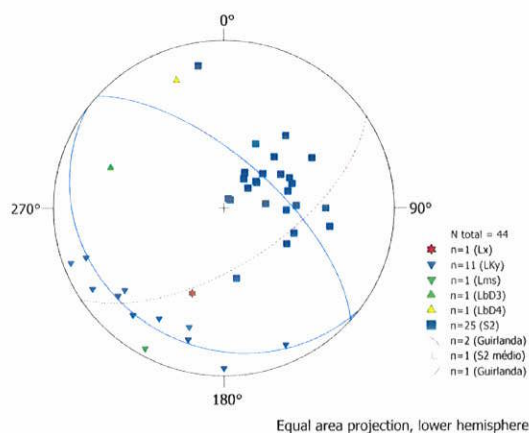


Figura 4.3.3.: Estereograma com todos os dados estruturais da Nappe Liberdade coletados.

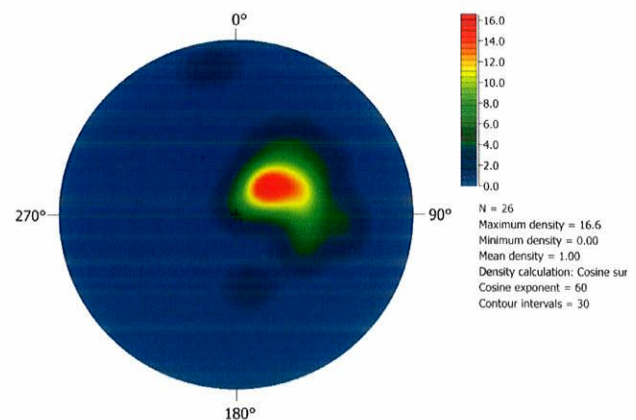


Figura 4.3.4. : Contornos de  $S_2$  na nappe Liberdade.



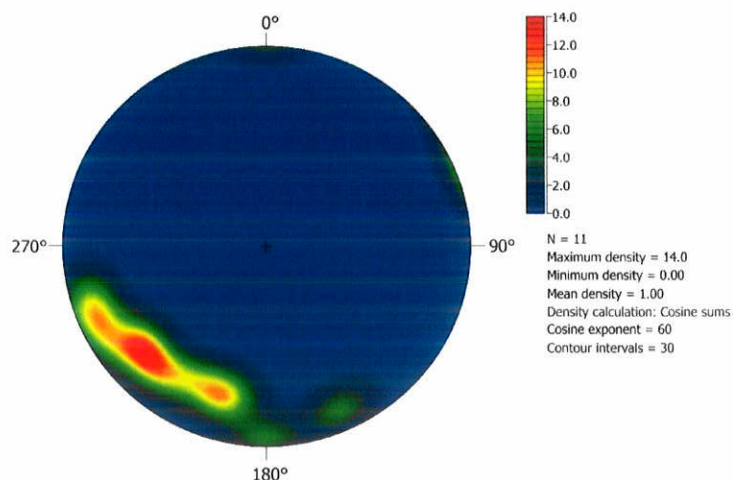


Figura 4.3.5: Contornos de lineações de cianita na nappe Liberdade.

A frente da *nappe* Andrelândia sob a *nappe* Liberdade é compartimentada em 3 domínios principais:

- Domínio I – Sudoeste, escama de topo. Este domínio engloba o Xisto Rio Capivari e Xisto Santo Antônio diretamente sotopostos à *nappe* Liberdade, com contato de cavalgamento de pequena expressão com o Domínio II - Central. A foliação  $S_2$  possui atitude média 220/16, e o espalhamento de seus pólos permite a construção de uma guirlanda Noroeste-Sudeste (N39/72).

As lineações minerais de cianita, plagioclásio, quartzo, muscovita, assim como as lineações de estiramento e de eixos de dobras  $D_3$  são subparalelos. Concentrados em N211;13, os dados espalham-se ao longo do plano  $S_2$  médio, com duas lineações minerais (de plagioclásio e cianita) orientadas Norte-Sul. Os eixos de  $D_4$  ocorrem tanto subparalelo as outras lineações quanto ortogonal, orientado N288;77.

Cianita porfiroblástica constitui o mineral cedo ao pico metamórfico, ocorrendo como grandes cristais corroídos, dobrados e cisalhados., enquanto a estauroлита é euédrica e rara, ocorrendo em domínios de biotita + muscovita + cianita na matriz da rocha, principalmente nas proximidades do contato com a *nappe* Liberdade. Embora reconhecida em seções delgadas de diversos litotipos analisados, sobretudo como pequenos cristais prismáticos intersticiais em bandas granoblásticas e em zonas de sombra de pressão em porfiroblastos de granada, a sillimanita não ocorre como cristais visíveis a olho nu.

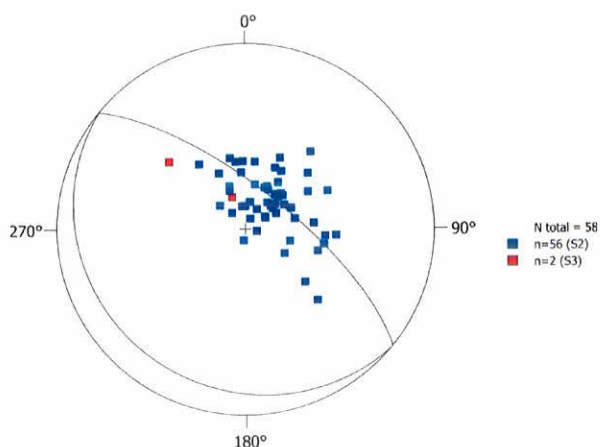


Figura 4.3.6.: Estereograma com dados de S<sub>2</sub> e S<sub>3</sub> do Domínio I.

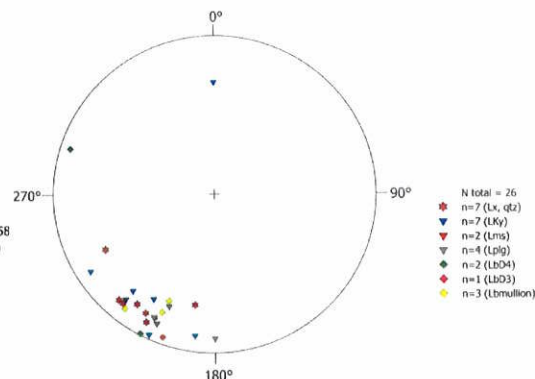


Figura 4.3.7.: Estereograma das lineações do Domínio I.

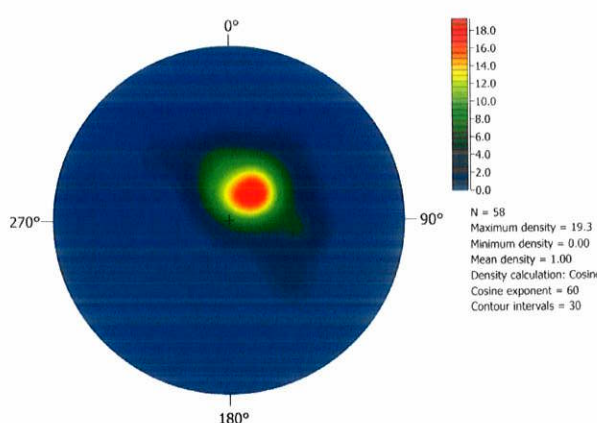


Figura 4.3.8: Contornos de foliações do Domínio I.

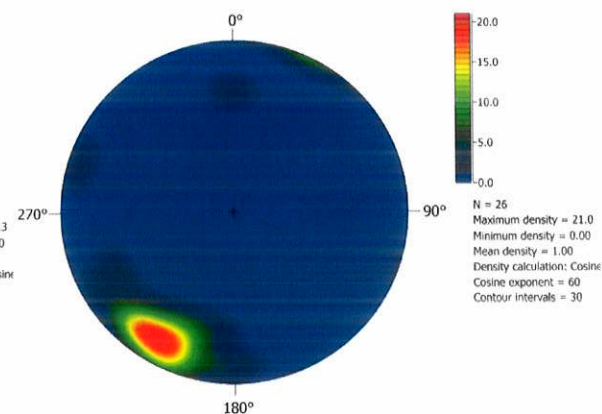


Figura 4.3.9: Contornos de lineações do Domínio I.

- Domínio II - Central: (sinforme superior de megadobra tardi-D<sub>3</sub>). Este domínio corresponde a área de afloramentos do xisto Serra da Boa Vista e do biotita xisto Cataguases, abrangendo a serra de Cataguases e sua extensão noroeste, balizado por afloramentos do xisto Santo Antônio. O cavalgamento do Domínio I sobre o Domínio II é evidente nos flancos oeste e sul da serra de Cataguases, com truncamento ortogonal da foliação no flanco oeste da serra e desaparecimento do biotita Xisto Cataguases a sul.

O contato entre o xisto Boa Vista e biotita xisto Cataguases é normal no flanco norte da serra de Cataguases e sua extensão noroeste, com lentes de biotita xisto megaporfiroblástico intercalado na base do xisto Serra da Boa Vista; e nível rico em muscovita porfiroblástica no topo do biotita xisto Cataguases. O flanco leste da Serra de Cataguases é balizado pelo Xisto Santo Antônio, em contato por falhamento normal

pós-foliação, mais pronunciado a sul e que desaparece a norte, onde o Xisto Santo Antonio está em contato normal sob o Biotita Xisto Cataguases.

A foliação  $S_2$  possui atitude média N214/16 (paralelo ao do domínio II), porém com maior espalhamento de pólos ao longo de guirlanda N42/68 (Lb construído de N222/21). A foliação  $S_3$ , plano axial de crenulações assimétricas inclinadas, apresenta mergulhos maiores, com guirlanda paralela. O espalhamento de pólos de  $S_2$  e  $S_3$  ao longo de guirlandas paralelas se dá pelo dobramento  $D_4$  nessa estruturação.

As lineações minerais de cianita, plagioclásio, quartzo, muscovita, assim como as lineações de estiramento (e mullion) e de eixos de crenulações assimétricas  $D_3$  são subparalelos. Concentrados em N211;13, os dados espalham-se ao longo do plano  $S_2$  médio, com duas lineações minerais (de plagioclásio e cianita) orientados Norte-Sul. Eixos de dobras  $D_4$  normais, abertas, com amplitude e comprimento de onda métricos, também estão orientados aproximadamente Norte-Sul.

O xisto Serra da Boa Vista na serra de Cataguases estrutura-se em sinforma de megadobra tardi- $D_3$ , com interferência de  $D_4$  (Plano Axial NNE-SSW) reorientado-as. Na extensão noroeste da serra de Cataguases, o dobramento  $D_4$  reorienta eixos e lineações minerais para a direção Nordeste.

Próximo ao falhamento normal a leste com o Xisto Santo Antonio, as lineações estão dobradas para a direção Norte-Sul, demonstrando o caráter tardio do falhamento normal e sua relação com a megadobra tardi- $D_3$ , que constitui a grande estrutura da frente da *nappe* Andrelândia em seção SW-NE. Apesar da dispersão das foliações, o paralelismo e natureza das lineações demonstram uma estruturação sin-cavalgamento da *nappe* Liberdade. Cianita corroída, sillimanita fibrosa e estauroлита são os principais minerais metamórficos, com consumo de cianita (para muscovita + quartzo) e blastese de estauroлита sobre biotita e sillimanita sobre muscovita em borda de granada.

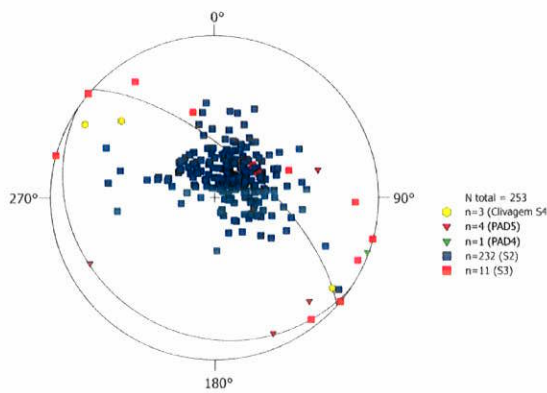


Figura 4.3.10: Estereograma de foliações no Domínio II.

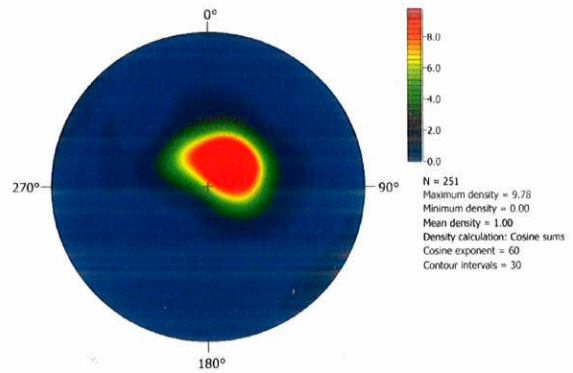


Figura 4.3.11: Contornos de foliações S2 do Domínio II.

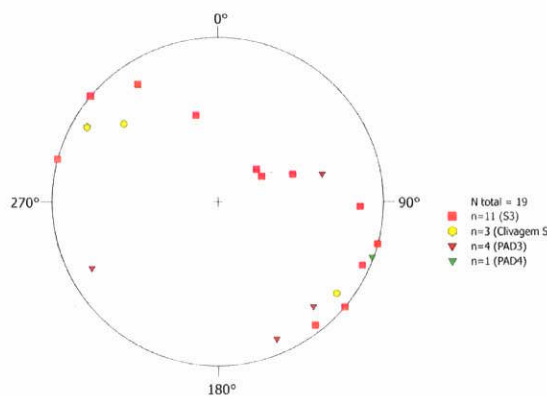


Figura 4.3.12: Estereograma de S3 e S4 no Domínio II.

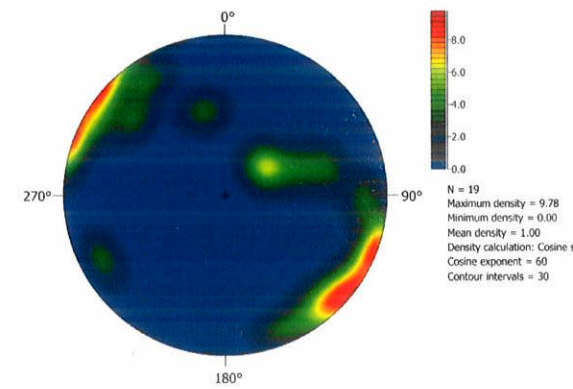


Figura 4.3.13 : Contornos de foliações S3 e S4 do Domínio II.

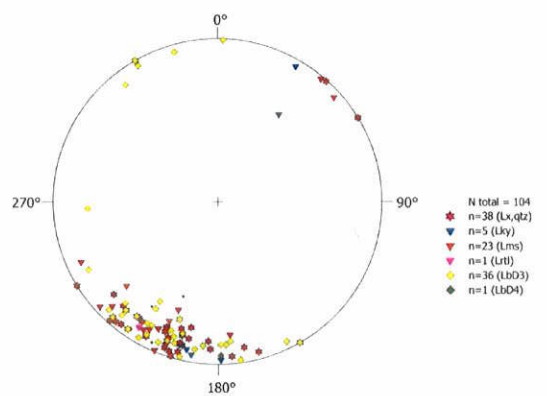


Figura 4.3.15: Estereograma de lineações no Domínio II.

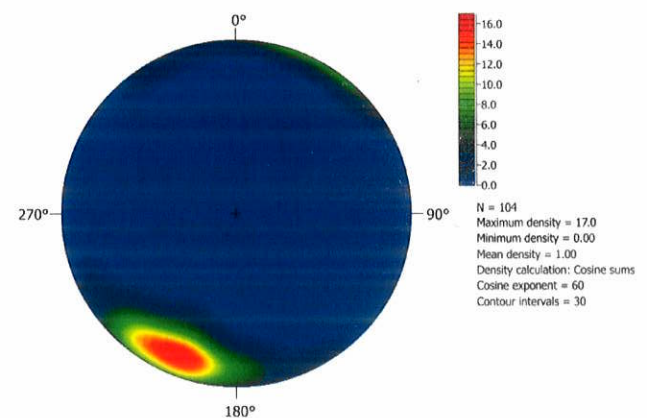


Figura 4.3.16: Contornos de Lineações do Domínio II.

- Domínio III – Oeste (antiforme, sinforme e antiforme inferiores de D<sub>3</sub>).  
Corresponde à área de afloramentos do Xisto Santo Antônio na porção central da área (antiforme D<sub>3</sub>), balizado pelas serras de Santana e Cataguases, e se entende para noroeste até o contato com o alóctone Serra da Bandeira, relacionado ao sistema de *nappes* Carrancas, englobando o xisto Serra da Boa Vista da serra de Santana, o xisto

Santo Antônio inferior e o xisto Rio Capivari mais a leste. O contato entre xisto Santo Antônio e xisto Serra da Boa Vista no flanco oeste da serra de Santana é de cavalgamento de pequena expressão para leste, que passa a cisalhamento lateral leste-oeste no noroeste do domínio, nas proximidades da zona de charneira da megadobra tardi-D<sub>3</sub>, com o xisto Santo Antônio na antiforme da megaestrutura e o xisto Serra da Boa Vista em sinforme apertada D<sub>3</sub>.

Os pólos da foliação principal definem uma nuvem de dados com concentração máxima paralela ao dos outros dois domínios, com os pólos de foliação S<sub>2</sub> e, principalmente, S<sub>3</sub> dispersos ao longo de guirlanda Nordeste-Sudoeste, resultado da interferência D<sub>3</sub>-D<sub>4</sub>. Os planos axiais de D<sub>4</sub> medidos variam de Nordeste-Sudoeste a Leste-Oeste. As lineações minerais de cianita, plagioclásio, quartzo e muscovita, além de lineações de eixo de D<sub>3</sub> concentram-se orientados NW-SE, rotacionados tardi-D<sub>3</sub> e redobrados por D<sub>4</sub>.

Todo o conjunto foliações e lineações são rotacionados, com mudança na orientação dos planos S<sub>3</sub> e S<sub>2</sub> (guirlanda principal Nordeste-Sudoeste, figura xx) e das lineações minerais de cianita, plagioclásio e quartzo, que passam a orientar-se preferencialmente Noroeste-Sudeste. Essa mudança é reflexo de reorientação das estruturas S<sub>2</sub> e S<sub>3</sub> na frente da *nappe* Andrelândia, com influencia geométrica do substrato frontal da *nappe*. O *timing* desta reorientação é provavelmente tardi D<sub>4</sub>, com os planos axiais de D<sub>4</sub> ligeiramente rotacionados de leste-oeste para nordeste-sudoeste.

Neste domínio, estauroлита e sillimanita são freqüentes, enquanto cianita é rara, ocorrendo consumida por muscovita e quartzo associados. No extremo leste da frente da *nappe*, sobre o alóctone serra da Bandeira, o xisto Rio Capivari apresenta bolsões de cianititos e intercalações de granada anfíbolitos e rocha metaultramáfica.

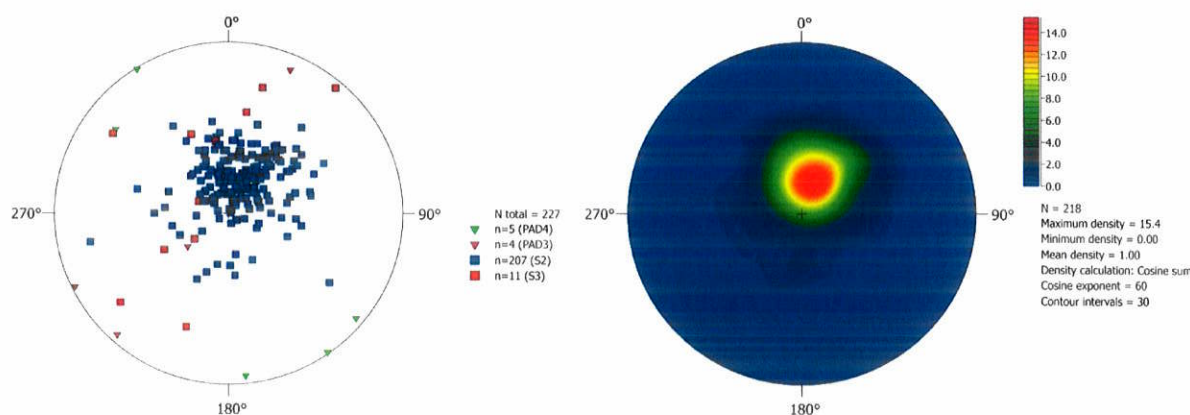


Figura 4.3.17: Estereograma de foliações no Domínio III.

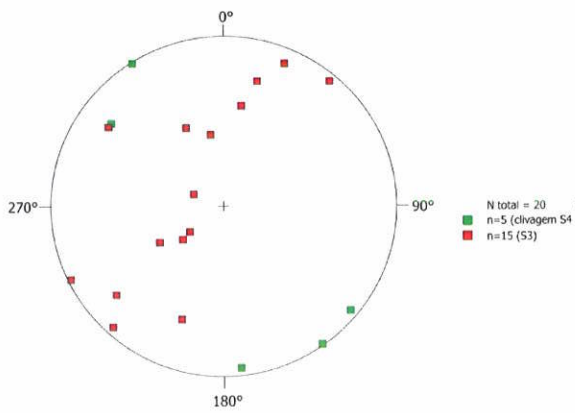


Figura 4.3.18: Contornos de foliações S2 do Domínio II.

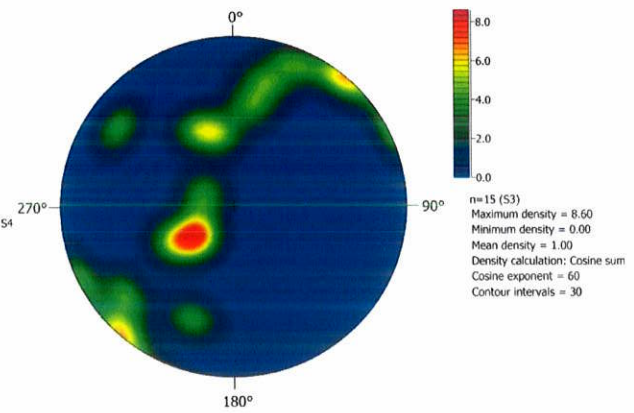


Figura 4.3.19: Estereograma de S3 e S4 no Domínio III.

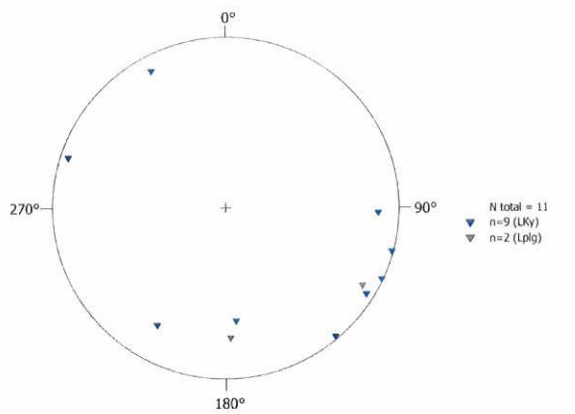


Figura : 4.3.20 Contornos de foliações S3 do Domínio II.

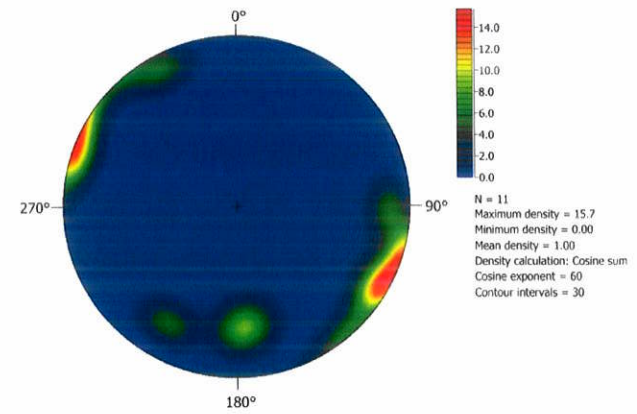


Figura 4.3.21: Estereograma de lineações de cianita e plagioclásio no Domínio III.

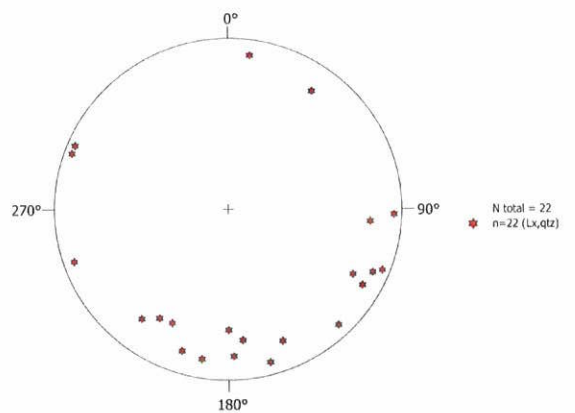


Figura 4.3.22: Contornos de lineações de plagioclásio e cianita do Domínio II.

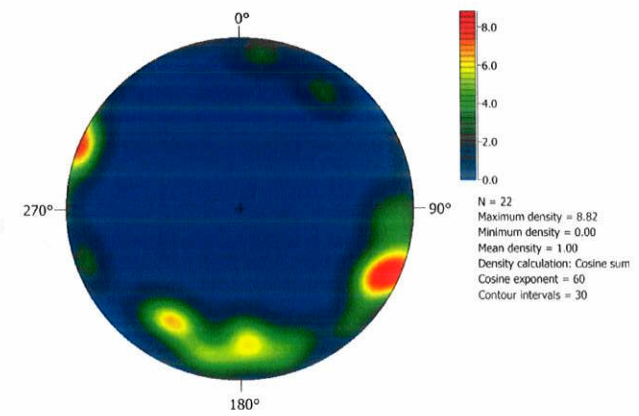


Figura 4.3.23: Estereograma de lineações de estiramento no Domínio III.

Figura 4.3.24: Contornos de lineações de estiramento do Domínio II.

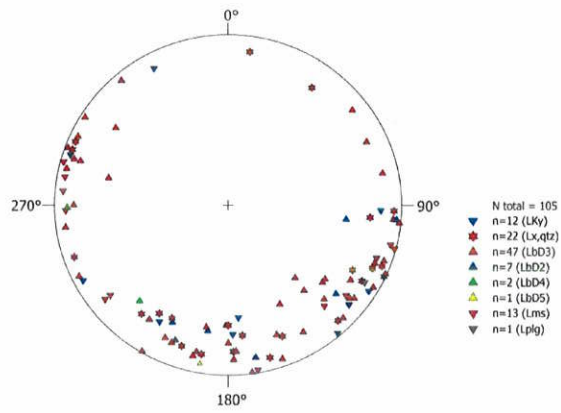


Figura 4.3.25 Estereograma de lineações no Domínio III.

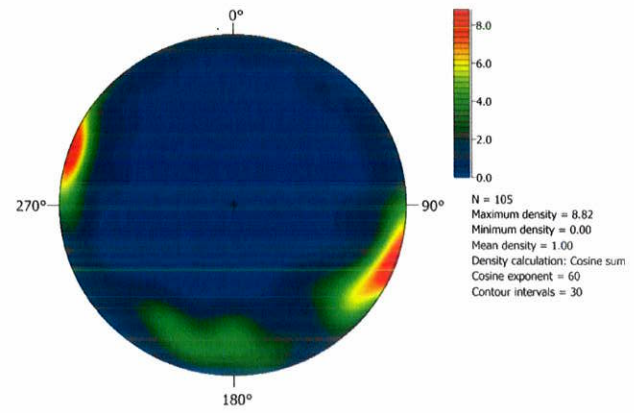


Figura 4.3.26: Contornos de lineações do Domínio II.

A figura 4.3.26 apresenta o mapa geológico esquemático com os contornos de lineações de cada domínio da frente da Nappe Andrelândia e nappe Liberdade sotoposta.

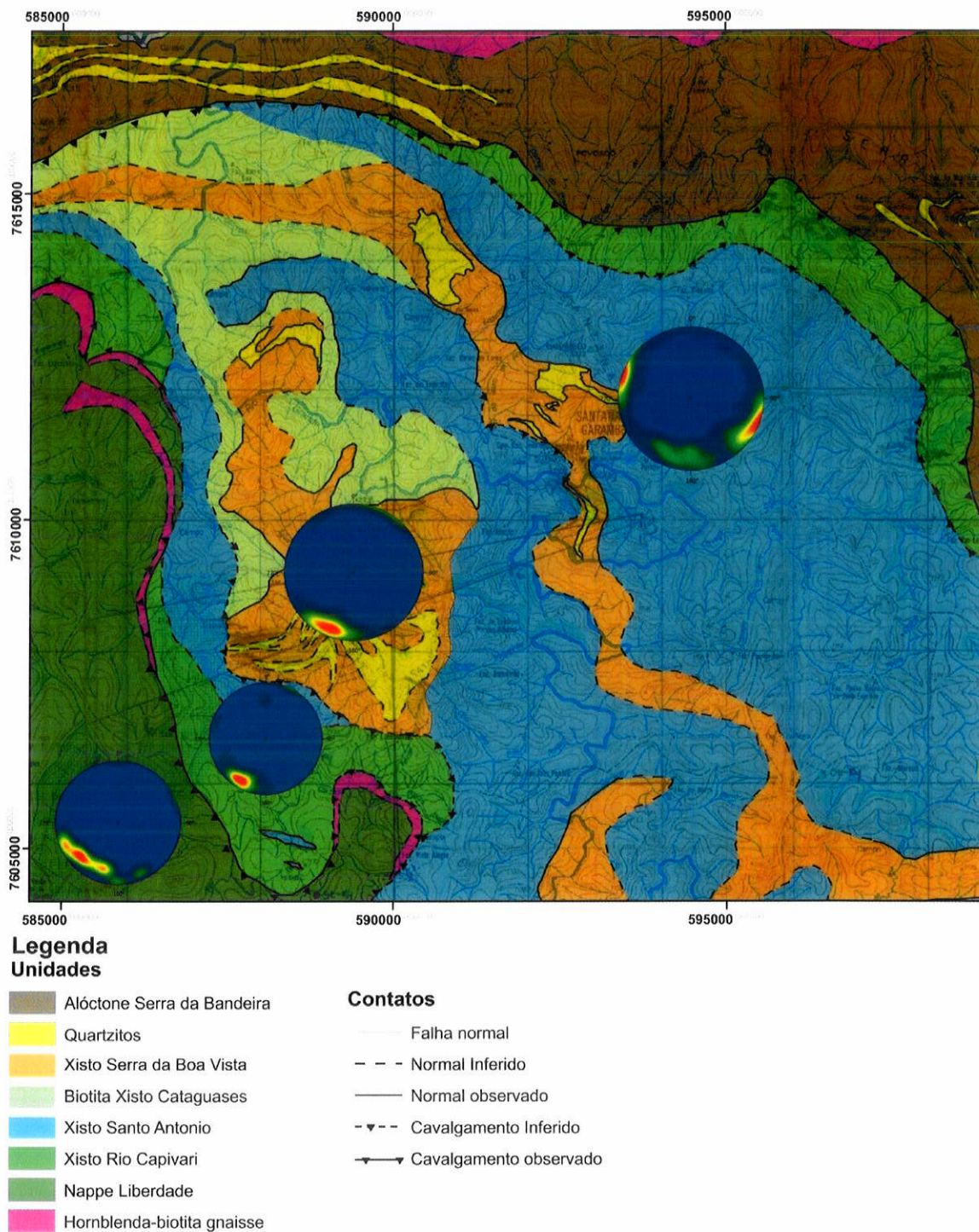


Figura 4.3.26.: Mapa Geológico e contornos de lineações da frente da *nappe* Andrelândia e *nappe* Liberdade sotoposta.

## 5 – Química Mineral

As condições de metamorfismo nos xistos Santo Antônio, Cataguases e Serra da Boa Vista foram estimadas através das composições obtidas via microsonda eletrônica



para granada, estaurolita, biotita, muscovita, clorita e plagioclásio em sítios texturais pré-, sin- e pós-S<sub>2</sub>, e aplicação do geotermobarômetro GASP. A descrição das amostras e os resultados dessas análises são apresentados a seguir.

### 5.1. Caracterização das amostras analisadas

Para os estudos termobarométricos foram analisadas quatro amostras: NESG-1249, representante do xisto Rio Capivari próximo ao contato inferior da *nappe* Andrelândia; NESG-1002, xisto Santo Antônio sob o contato com a *nappe* Liberdade; NESG-939, biotita xisto Cataguases na base da Serra de Cataguases; e NESG-1288, xisto Serra da Boa Vista na Serra de Cataguases.

#### NESG1002 – xisto Santo Antônio

Nesta seção o xisto Santo Antônio apresenta estrutura definida pela intercalação de lâminas granoblásticas definidas por quartzo e plagioclásio, e lâminas lepidoblásticas formadas por biotita e muscovita; ambas com proporção entre os minerais principais de 1:1. O contato entre os cristais de quartzo e plagioclásio apresentam-se ora subédricos em contatos lobados e invasivos, com extinção ondulante no quartzo e geração de subgrãos, sugerindo regime de recristalização dinâmica; ou como cristais deformados, alongados, localmente na forma de fitas, com contatos retilíneos, localmente poligonizados, denotando a ação de regime de recristalização estática. As porções lepidoblásticas apresentam muscovita e biotita na forma de feixes anastomosados a localmente sigmoidais, com frequentes cristais de *mica fish*, muitas vezes com arcos poligonais intrafoliais marcando a existência de uma fase de deformação pretérita bem como o caráter estático da recristalização destas micas. O caráter anastomosado da estrutura, muitas vezes definido em pares S-C, e a elevada taxa de recristalização e deformação das associações minerais atribuem à esta rocha caráter protomilonítico.

São comuns porfiroblastos de granada com núcleo poiquiloblástico e bordas mais límpidas, muitas vezes com foliação interna definida por opacos e/ou rutilo atribuindo-lhe caráter inter- a sin- e tardi-cinemático. Porfiroblastos cedo- a inter-, localmente sin-cinemáticos de cianita, são deformados pela foliação milonítica principal e alteradas para muscovita, também apresentando inclusões de biotita e opacos. Ocorrem ainda turmalina, na forma de cristais anédricos e quebradiços (detrítica) ou porfiroblastos espalhados na matriz; pequenos cristais idiomórficos e pós-cinemáticos de estaurolita, muitas vezes substituindo cianita, sempre associada às porções ricas em

biotita; e localmente cristais diminutos de sillimanita, intersticiais em porções quartzo-feldspáticas ou associadas a sombras de pressão em porfiroblastos de granada;

Para esta amostra foram analisados via microsonda diferentes tipos texturais de cristais de plagioclásio, granada, biotita, muscovita, clorita e rutilo. Assim, foram executados 13 pontos de análise em cristais de plagioclásio inclusos em granada, cristais pequenos e subédricos da matriz, e megacristais porfiroclásticos; cinco perfis composicionais com cerca de 30 pontos cada em dois porfiroblastos de granada; e 91 pontos analisados em micas na forma de placas bem formadas, ripas decussadas e até cristais anédricos, bem como cristais inclusos em núcleos e bordas de granadas. A prancha X apresenta as imagens obtidas dos domínios analisados, bem como a localização das análises realizadas. O anexo X apresenta as tabelas com os resultados obtidos.

Três grupos de micas foram analisados: muscovitas na matriz, e biotitas e cloritas em variadas formas, tanto relacionadas à matriz quanto inclusas em granada. As muscovitas foram caracterizadas de acordo com Tischendorf *et al* (2007) através dos parâmetros Al# [ $\frac{^{VI}Al}{^{VI}Al+Fe_{total}+Mg}$ ], Mg# [ $\frac{Mg}{Mg+Fe_{total}}$ ] e pelo produto Mg x Li em a.p.f.u (*atom per formula unit*), que situaram-se, para todas as amostras, entre 0,905 e 0,938 para Al#, 0,55 e 0,59 para Mg# e 0 para Mg x Li, já que não foram detectadas quantidades significativas de lítio nas análises. Adicionalmente obteve-se a dispersão das quantidades de Na, Fe, Mg e Ti em relação ao conteúdo de silício (a.p.f.u.), destacando o enriquecimento das muscovitas da matriz em Na, em detrimento de Mg, Fe e Ti (figura 5.5.1.). As quantidades de Fe+Mg não ultrapassam 0,4, mas são sempre superiores a 0,2 a.p.f.u., demonstrando importante participação da molécula celadonita nestas muscovitas, cujo teor de potássio varia entre 1,50 e 1,58 a.p.f.u (Figura 5.5.2.).

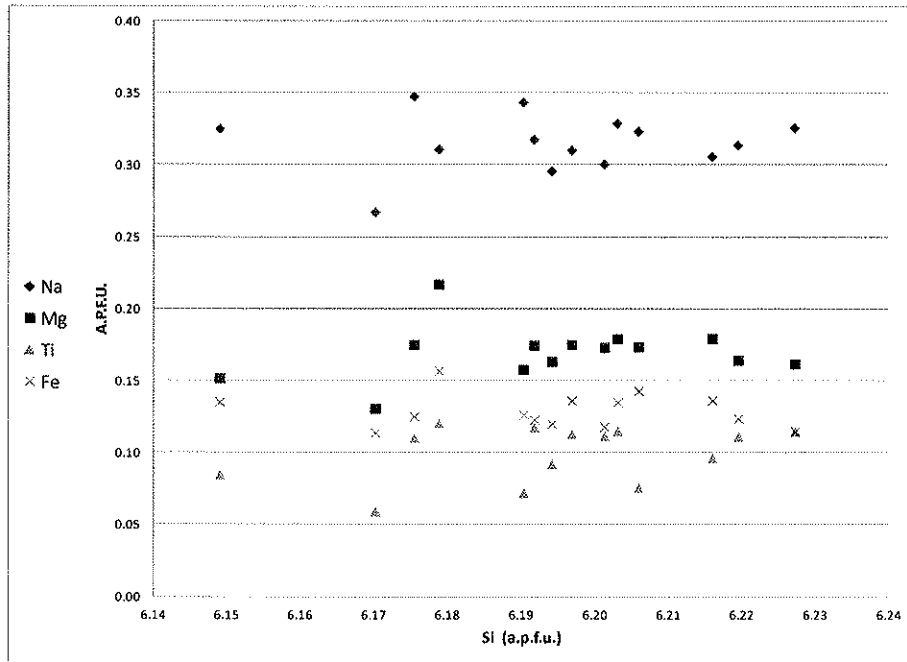


Figura 5.1.1. - Amostra NESG-1002A - Muscovitas da matriz: dispersão das quantidades de Na, Mg, Ti e Fe em relação ao Si, em a.p.f.u. Destaque para o enriquecimento em Na em relação aos demais elementos.

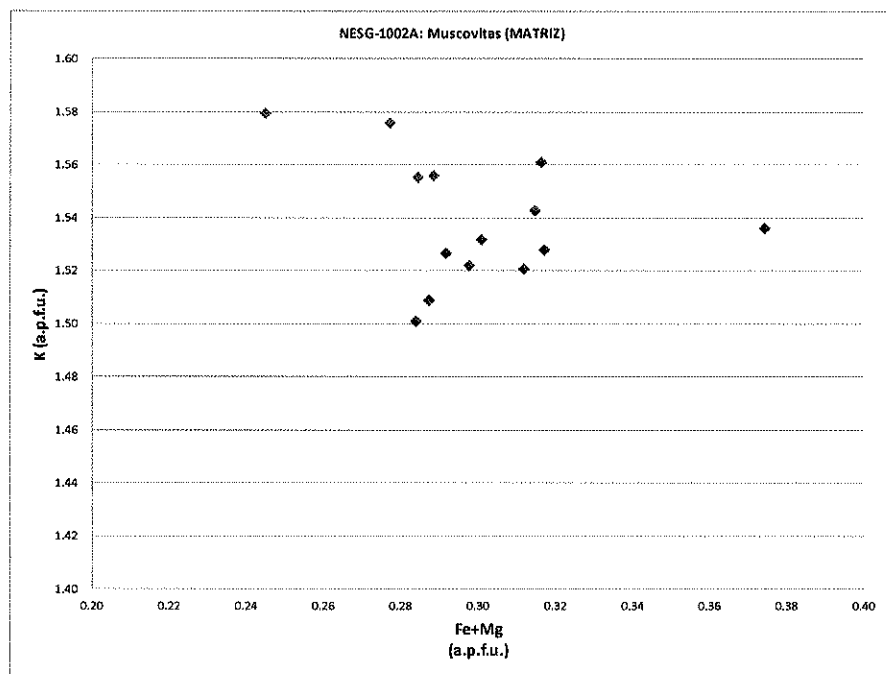


Figura 5.1.2 - NESG-1002A - Muscovita: K vs (Fe+Mg). Todas as análises apresentam  $0,2 < (Fe+Mg) < 0,5$  a.p.f.u, campo das muscovitas fengíticas.

As biotitas analisadas correspondem a cristais relacionados à matriz ou inclusos em núcleos e bordas de granadas; em geral apresentam forte pleocroísmo de marrom claro amarelado a marrom escuro. Sua caracterização baseou-se nos critérios de  $Fe\#$  ( $Fe/Fe+Mg$ ),  $IV Al$  vs  $Fe\#$  e  $(TiO_2/Al_2O_3)$  vs  $K_2O$ , com a finalidade de avaliar a mudança nestas substituições nos diversos sítios texturais (figuras 5.1.2 e 5.1.3.). Em relação ao  $Fe\#$  as análises de biotitas inclusas em bordas de granada apresentaram os maiores

valores, variando entre 0,401 e 0,519; com valores intermediários para cristais da matriz, entre 0,434 e 0,453; e valores menores em biotita inclusa em núcleo de granada, com Fe# de 0,399. Para o  $^{IV}Al$ , as quantidades em a.p.f.u. variam entre 2,576 e 2,659 para as amostras de matriz, com um pico de 2,753; 2,597 e 2,670 para biotitas inclusas em bordas de granada; e 2,620 para um exemplar incluso em núcleo de granada. Quatro análises foram obtidas para cloritas relacionadas à matriz e inclusões em borda de granada, caracterizadas pela relação entre Fe# e o conteúdo de Si. As cloritas de matriz apresentam teor de Si de 3,753 e Fe# 0,425, enquanto as inclusas em borda de granada possuem teor de Si de 3,676 e 4,975 e Fe# 0,615 e 0,508, respectivamente.

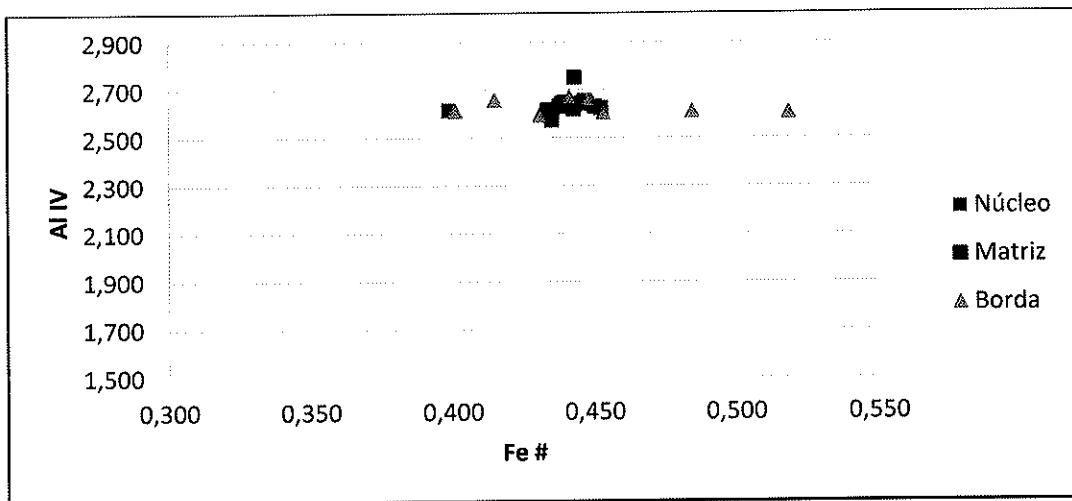


Figura 5.1.3. - NESG 1002A: biotitas do Xisto Santo Antônio - discriminação com base no Fe# e quantidade de AlIV.

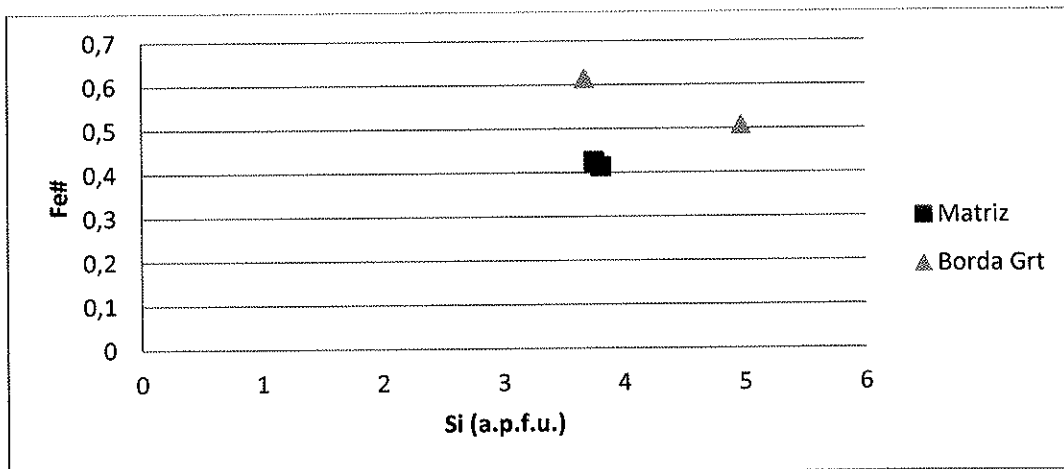


Figura 5.1.4. - NESG1002A - Xisto Santo Antônio: Fe# e teor de silício a.p.f.u. para as análises em clorita.

Plagioclásios de diversos tipos foram analisados, relacionados à matriz ou em inclusões de borda e núcleo em porfiroblasto de granada, tanto na forma de pequenos cristais subédricos como porfiroclastos. Os teores de anortita vs albita foram utilizados como critério de caracterização dos feldspatos analisados: para os plagioclásios

relacionados à matriz obteve-se teores de albita entre 74,8 e 79; para inclusões em núcleo três valores foram obtidos: 71,6, 76,5 e 82,4; 79,7 para inclusão em borda; e um porfiroclasto com núcleo 79,2 e borda 78,8, ponto de análise próximo àquele com maior teor de anortita na matriz (figura 5.1.5.).

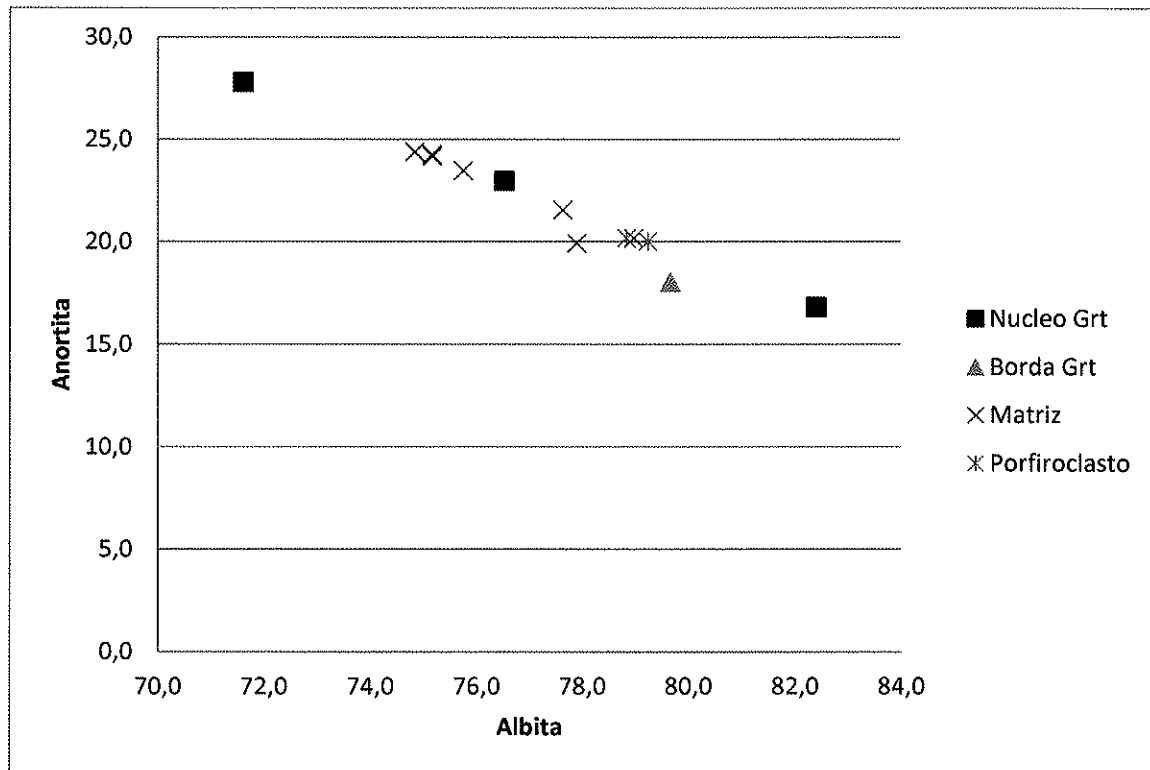


Figura 5.1.5 - NESG1002A - Plagioclásios do xisto Santo Antônio: variação dos teores de anortita e albita em distintos sítios texturais.

Para caracterização da granada foram obtidos perfis composicionais em dois porfiroblastos: dois perfis realizados na amostra Grt1 (figura 5.1.6.) exibiram como resultado proporções de almandina, grossulária, piropo e espessartita entre 71,94 e 76,39%; 5,94 e 16,79%; 4,94 e 17,19%; e 2 e 6,04%, respectivamente. Na granada Grt 03 (figura 5.1.7.) os três perfis realizados mostram valores de até 0,73<sub>Alm</sub>, 0,11<sub>Grs</sub>, 0,17<sub>Prp</sub>, e 0,39<sub>Sps</sub> (figura 5.1.7.). No exemplar Grt1 nota-se forte zonação no cristal, evidenciada pelas variações nos teores dos membros finais em zonas de núcleo, manto e borda; este padrão sugere que as temperaturas atingidas durante o metamorfismo não foram suficientes para homogeneizar o porfiroblasto. No exemplar Grt 03, embora perceptíveis, os padrões de zonação são menos contrastantes, evidenciando maior homogeneidade do cristal, o que pode ser atribuído ao seu tamanho menor em relação ao porfiroblasto Grt 01. A existência de mais de um sítio com padrão de enriquecimento em cálcio em detrimento de ferro e magnésio na mesma granada pode sugerir a amalgamação de mais de um núcleo reliquiar em Grt 01.

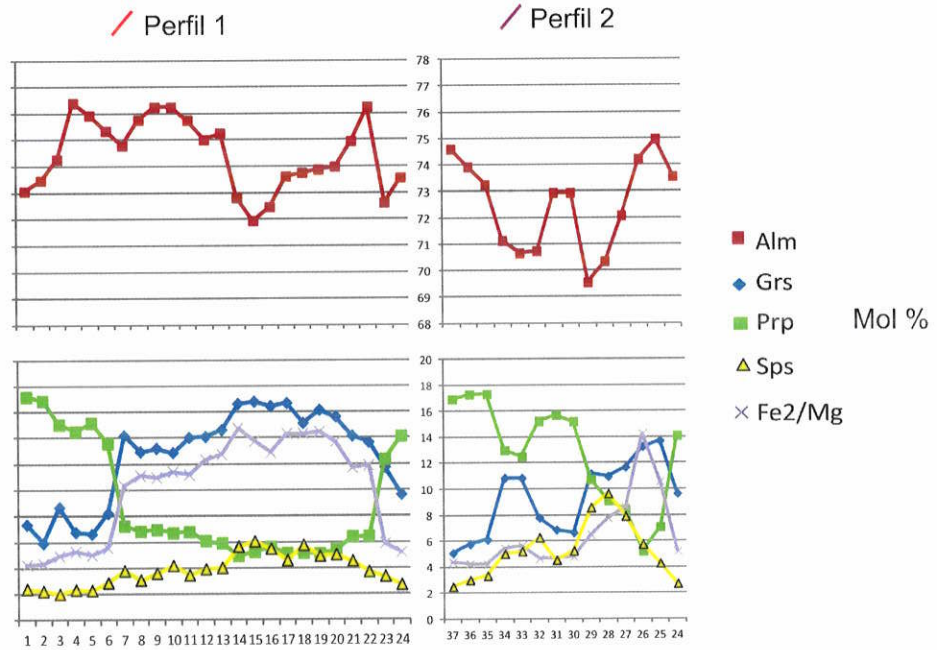
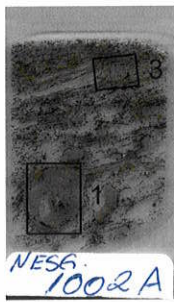
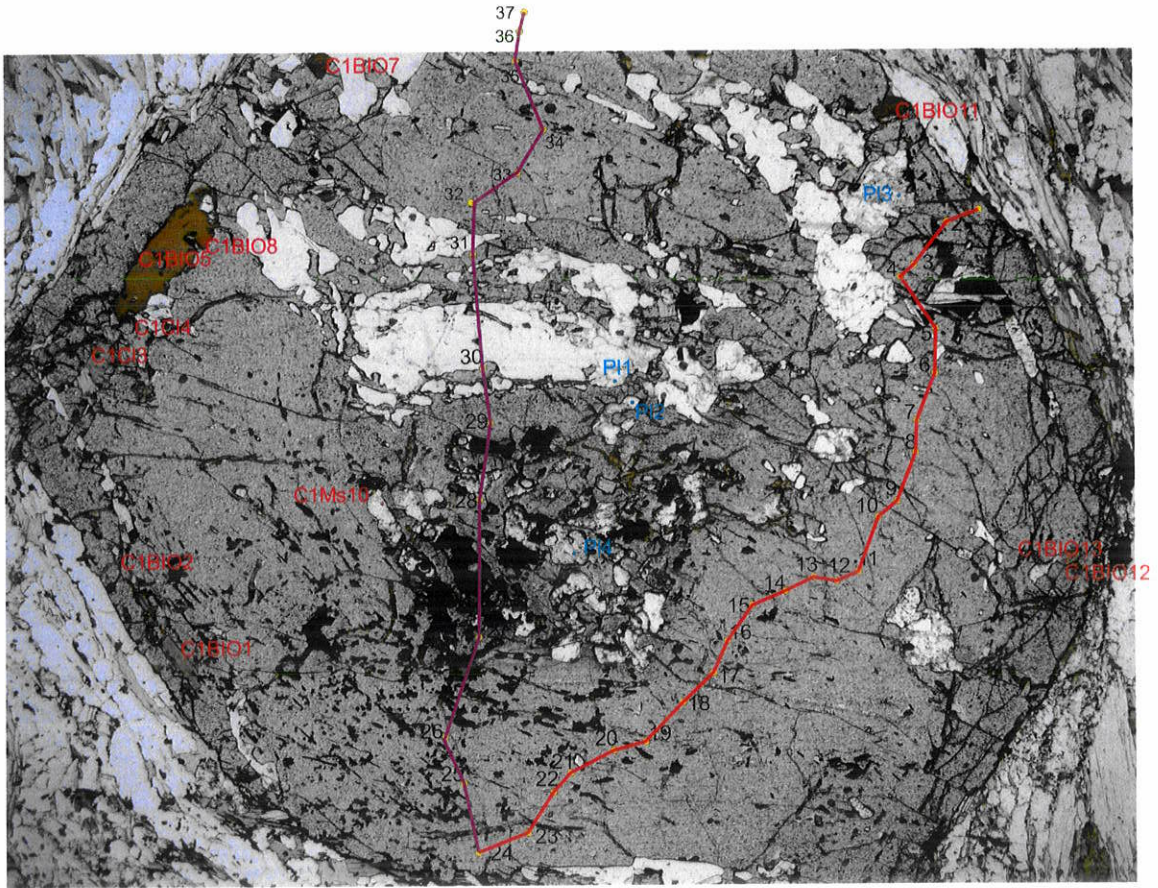


Figura 1.1.6 - NESG1002A - Xisto Santo Antônio - Teores de almandina (alm), grossularia (grs), piropo (prp) e essessartita (sps) em perfis realizados no porfiroblasto de granada Grt 01.

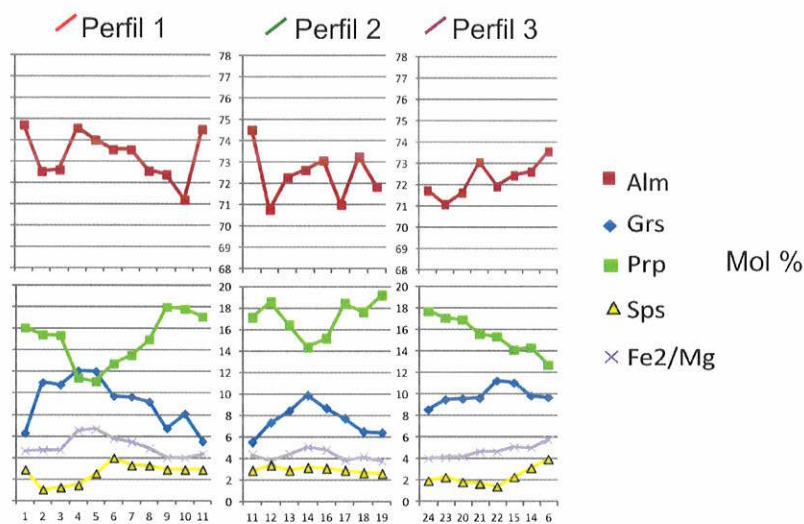
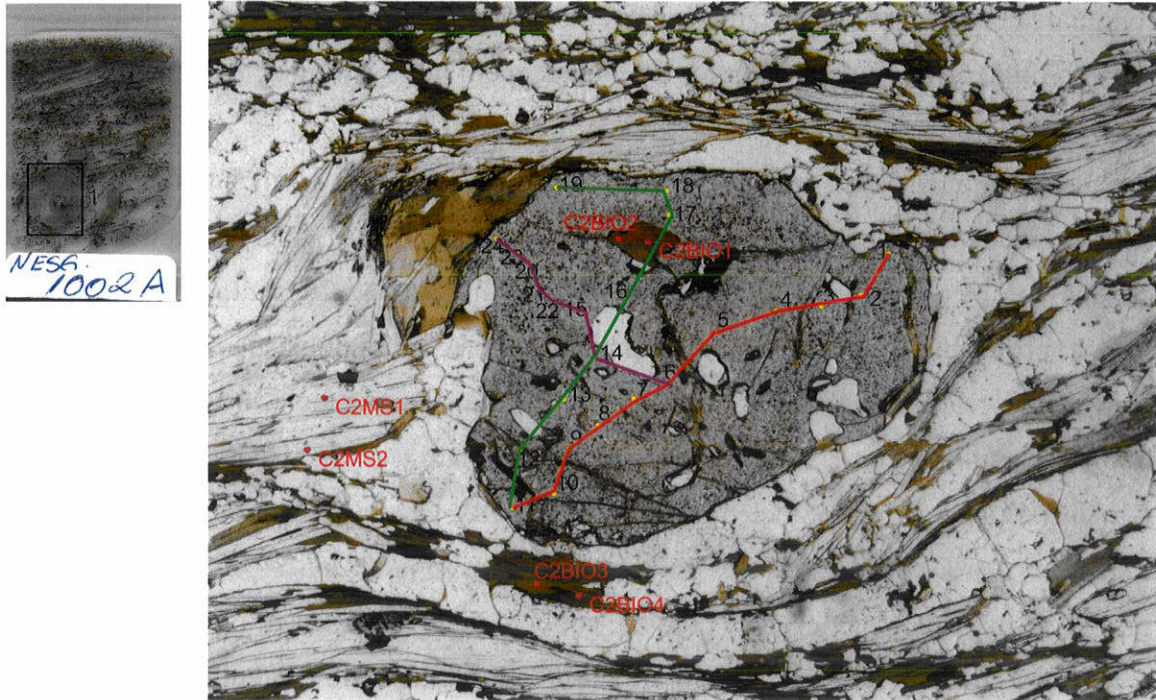


Figura 5.1.7. - NESG1002A - Xisto Santo Antônio - Teores de almandina (alm), grossulária (grs), piropo (prp) e espessartita (sps) em perfis realizados no porfiroblasto de granada Grt 03.

### NESG1288-1 - xisto Serra da Boa Vista

Nesta seção o xisto Serra da Boa Vista apresenta estrutura milonítica, definida por bandas granoblásticas de 0,1 a 5 mm compostas por quartzo e plagioclásio, muitas vezes porfiroclástico, sigmoidal ou na forma de fitas, com extinção ondulante local e geração de subgrãos nos contatos entre os cristais, estes em geral retilíneos, embora ocorram domínios de bordas lobadas ou invasivas; intercaladas com bandas lepidoblásticas espessas de 0,1 a 2 mm, definidas por biotita e muscovita em proporções semelhantes, com porfiroblastos de cianita cedo-cinemáticos amoldados pela foliação, muitas vezes substituídos por muscovita e quartzo ou preservados como núcleos

reliquiaries em porfiroblastos tardi- a pós-cinemáticos de estaurolita, que também cresce sobre biotita, além de porfiroblastos de granada com até 3 cm de diâmetro, que podem ser inter- a tardi-cinemáticos.

Foram analisados cristais de micas associadas à matriz ou inclusas em granada, apresentando desde hábitos placóides bem formados a ripas finas e decussadas, ou cristais completamente anédricos. Dois perfis com cerca de 20 pontos foram obtidos para o porfiroblasto de granada, que apresenta núcleo poiquiloblástico contrastando-se com bordas relativamente mais límpidas. Para cristais de plagioclásio foram analisados tipos texturais pequenos, subédricos, associados à matriz; megacristais porfiroclásticos; e inclusões associadas ao núcleo e borda de granada. Cristais delgados e subédricos de estaurolita, tardi-cinemáticos e associados às bandas lepidoblásticas, em domínios com biotita, muscovita, plagioclásio e quartzo, também foram analisados.

Nas análises de muscovita foram observados valores de Al# entre 0,892 e 0,906; entre 0,423 e 0,459 para Mg#; e 0 para Mg x Li, que não foi detectado quantidades significativas nas análises. Adicionalmente obteve-se a dispersão das quantidades de Na, Fe, Mg e Ti em relação ao conteúdo de sílica (a.p.f.u.), destacando o enriquecimento das muscovitas da matriz em Na, em detrimento de Mg, Fe e Ti (figura 5.1.9.). As quantidades de Fe+Mg concentram-se entre 0,35 e 0,45, demonstrando importante participação da molécula celadonita nestas muscovitas, que apresentam teor de potássio entre 1,493 e 1,563 a.p.f.u. (figura 5.1.8.).

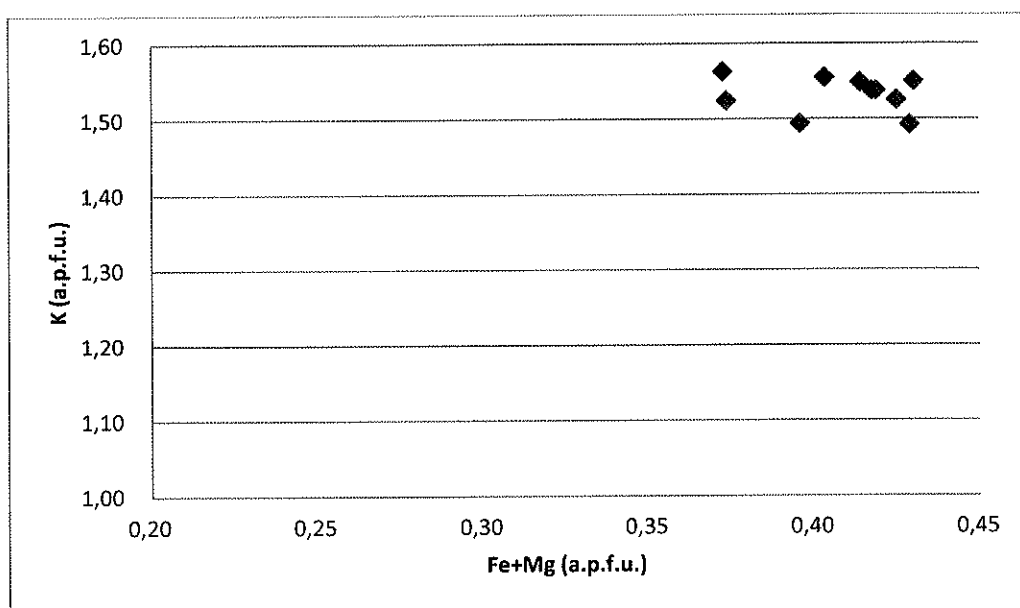


Figura 5.1.8 - NESG1288 - Muscovita: K vs (Fe+Mg). Todas as análises apresentam  $0,35 < (Fe+Mg) < 0,5$  a.p.f.u., campo das muscovitas fengíticas.



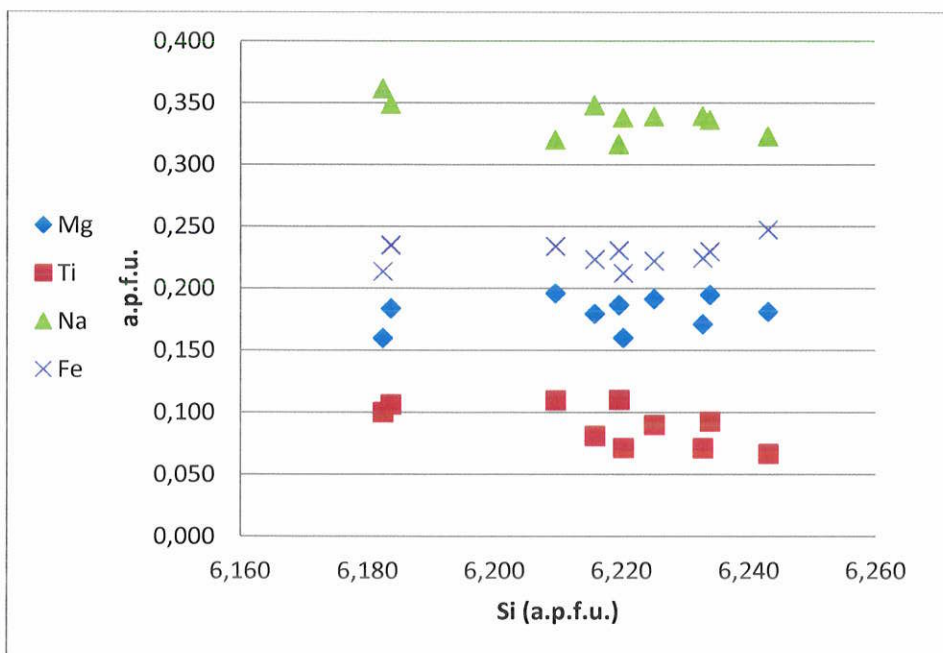


Figura 5.1.9 - NESG1288 - Xisto Serra da Boa Vista: relação entre silício e Na, Mg, Fe e Ti para muscovitas analisadas na matriz.

Foram analisadas biotitas em formas de placa ou decussadas na matriz e inclusões euédricas a anédricas em porfiroblastos de granada. Em relação ao Fe# as análises de biotitas inclusas em granada apresentaram os maiores valores, variando entre 0,668 e 0,790; com valores menores para cristais da matriz, entre 0,470 e 0,483, com uma amostra incluída em cianita, com 0,492 (figura 5.1.10). Para o <sup>IV</sup>Al, as quantidades em a.p.f.u. variam entre 2,657 e 2,696 para as amostras de matriz; e 2,580 e 2,779 para biotitas inclusas. Para clorita foi obtida apenas uma análise, cujo Fe# é de 0,483 para 3,67 de Si em a.p.f.u.

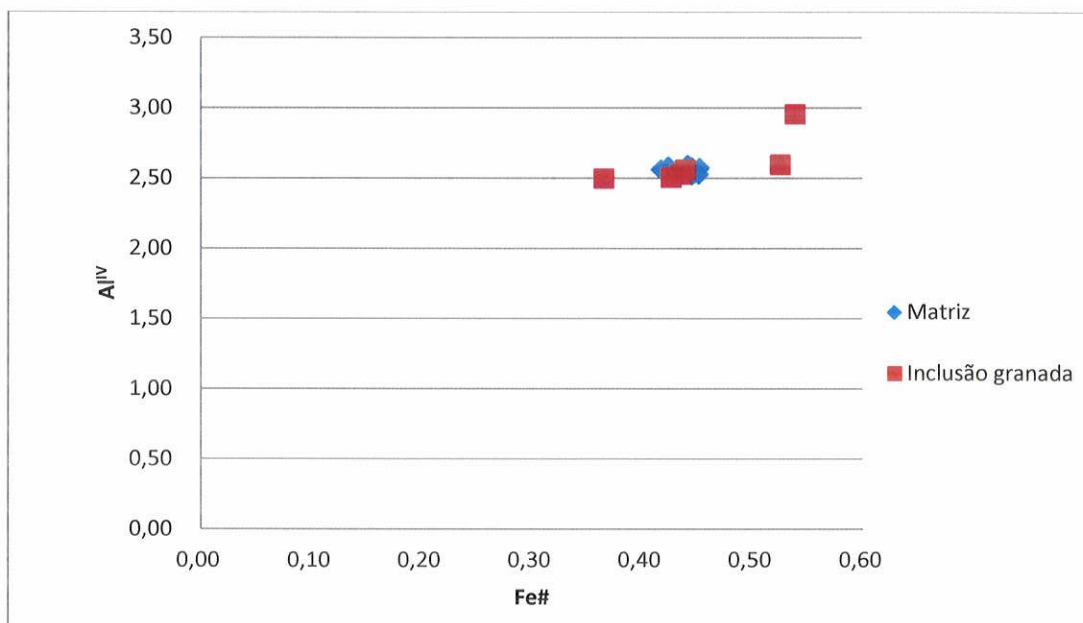


Figura 5.1.10 - NESG1288: biotitas do Xisto Serra da Boa Vista - discriminação com base no Fe# e quantidade de Al<sup>IV</sup>.

Para os plagioclásios da matriz obteve-se teores de albíta entre 72,5 e 72,7; 73,3 e 74 para inclusões em núcleo; 72,6 e 73,5 para núcleos/centros de porfiroclastos de plagioclásio; e entre 72,3 a 73,6 para as bordas destes. Embora seja reconhecível certo enriquecimento da matriz na molécula cálcica em detrimento das análises porfiroclastos, as composições das diversas fases analisadas são bastante próximas (figura 5.1.11.).

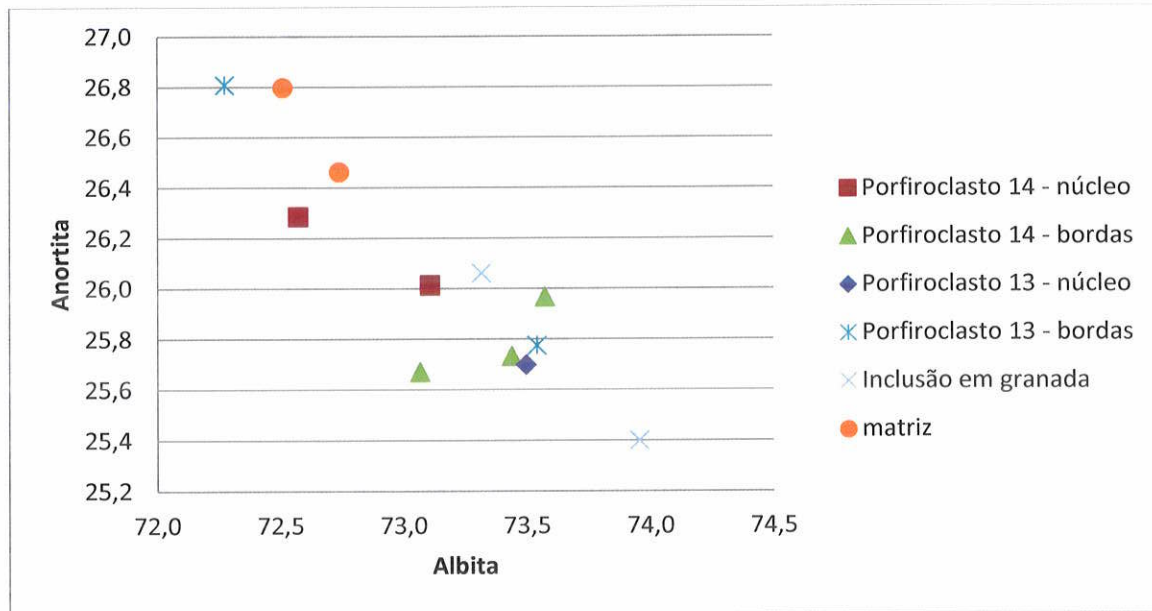


Figura 2 - NESG1288 - Plagioclásios do xisto Serra da Boa Vista: variação dos teores de anortita e albíta em distintos sítios texturais

As estaurolitas analisadas são composicionalmente parecidas, com razão Mg/Fe<sub>2</sub> entre 0,226 e 0,250 e com teores de ZnO entre 1,373 e 1,725.

Os perfis composicionais obtidos no porfiroblasto de granada Grt-5 (figura 5.1.12) apresentaram valores de Alm<sub>70,2-73,06</sub>, Grs<sub>6,95-13,20</sub>, Prp<sub>10,87-18,00</sub>, e Sps<sub>1,18</sub>. Nota-se zonação do cristal marcada por núcleo rico em cálcio em contraste com bordas mais ferromagnesianas, conspícuo em todos os perfis executados, o que sugere o desenvolvimento do porfiroblasto em condições abaixo de 700° C, insuficientes para seu reequilíbrio e homogeneização.

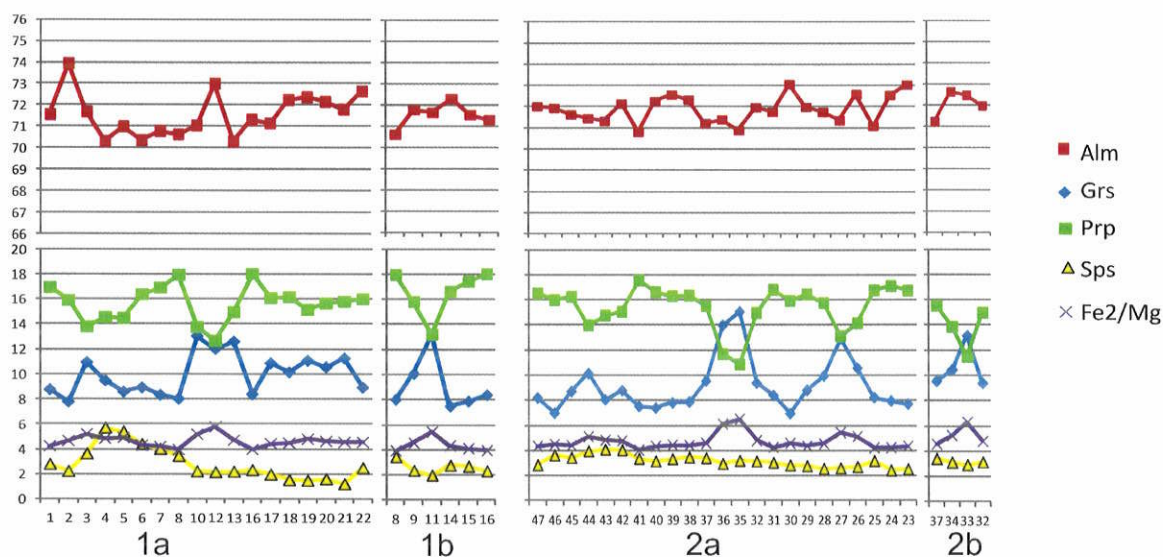
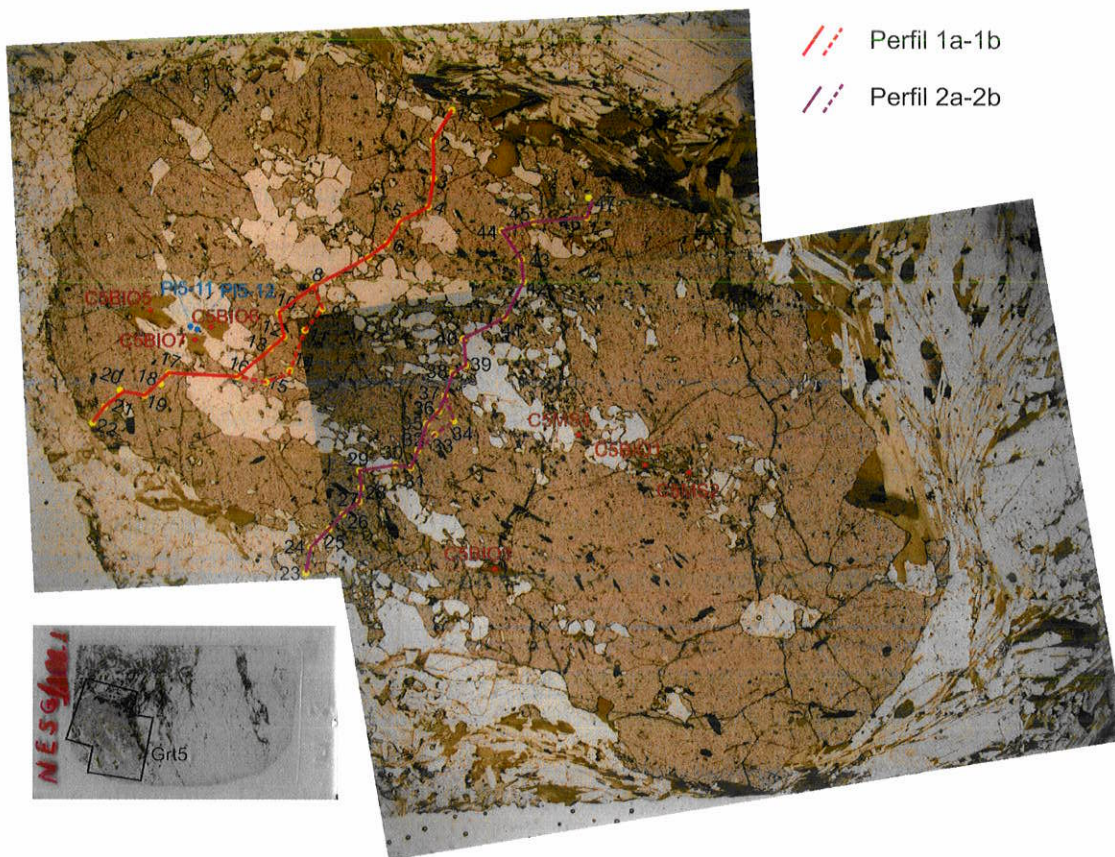


Figura 5.1.12 - NES1288 - Xisto Serra da Boa Vista - Teores de almandina (alm), grossulária (grs), piropo (prp) e espessartita (sps) em perfis realizados no porfiroblasto de granada Grt 05.

### 939 BI - Biotita Xisto Cataguases

A seção 939 do biotita xisto Cataguases apresenta foliação protomilonítica recristalizada, definida por leitões lepidoblásticos com muscovita predominante e na forma de *fishes* recristalizados, biotita subordinada e parcialmente cloritizada com pouco plagioclásio associado, turmalina arredondada, cianitas corroídas e parcialmente

substituídas por quartzo e muscovita; e níveis quartzosos com plagioclásio subordinado. As granadas possuem trilha de inclusões definidas por quartzo, opacos, turmalina, biotita e localmente clorita e muscovita definindo foliação interna. Apresentam sombra de pressão e estrutura interna em continuidade com a estrutura externa principal, definindo caráter sin-cinemático. Estauroлитas pequenas e anédricas, substituindo bt. Sillimanitas pequenas ocorrem próximas a granada ou associadas aos leitos lepidoblásticos.

Foram analisados 216 pontos distribuídos em cinco perfis executados ao longo de dois porfiroblastos de granada, 16 pontos em muscovitas da matriz ou inclusas em granada, 8 análises em biotitas inclusas ou na matriz, 6 análises em cloritas inclusas, duas em cristais de estauroлитa, e 17 em cristais de plagioclásio na matriz, inclusos ou porfiroclásticos. A prancha X apresenta as imagens obtidas dos domínios analisados, bem como a localização das análises realizadas. O anexo X apresenta as tabelas com os resultados obtidos.

As muscovitas inclusas apresentam Al# entre 0,917 e 0,953, enquanto aquelas relacionadas à matriz variam de 0,919 a 0,947; o Mg# encontra-se na faixa de 0,340 a 0,584 para cristais inclusos, e 0,525 a 0,645 para cristais da matriz; sem quantidades de lítio detectáveis nas análises ou tratamento dos dados. Obteve-se também a dispersão das quantidades de Na, Fe, Mg e Ti em relação ao conteúdo de sílica (a.p.f.u.), destacando o enriquecimento em Na, em detrimento de Mg, Fe e Ti (figura 5.1.14.). As quantidades de Fe+Mg não ultrapassam 0,32, mas são sempre superiores a 0,2 a.p.f.u., demonstrando importante participação da molécula celadonita nestas muscovitas, cujo teor de potássio varia entre 1,54 e 1,76 a.p.f.u (Figura 5.1.13.).

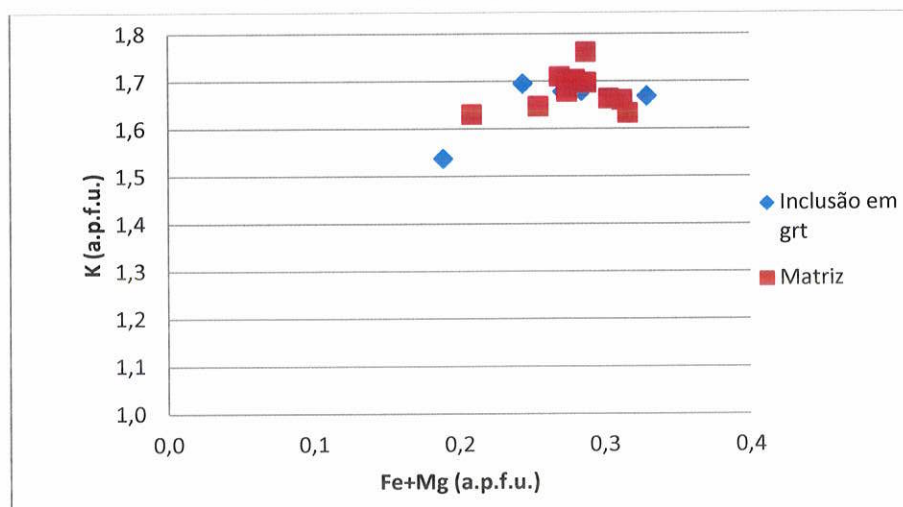


Figura 5.1.13 - NESG939 - Muscovita no biotita xisto Cataguases: K vs (Fe+Mg). Todas as análises apresentam  $0,2 < (Fe+Mg) < 0,32$  a.p.f.u, campo das muscovitas fengíticas.

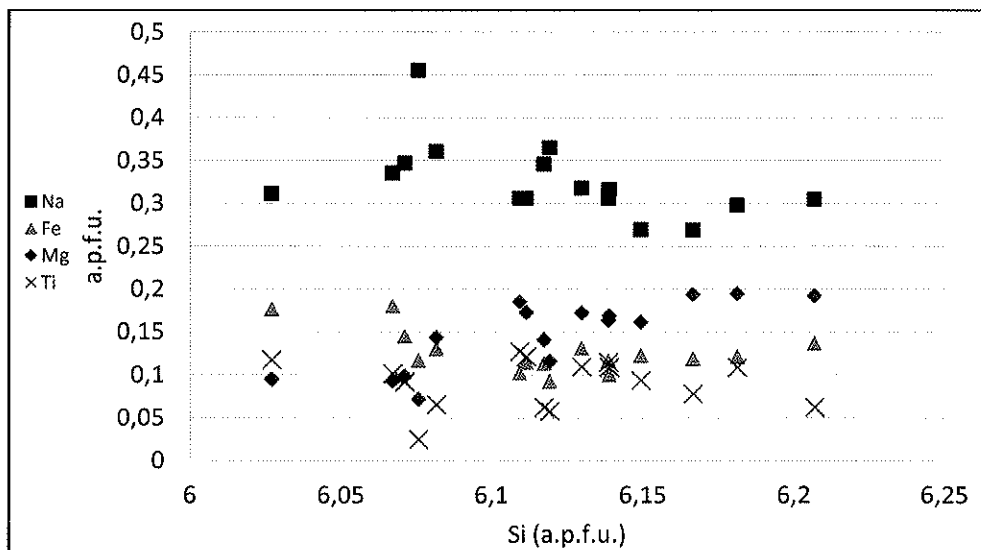


Figura 5.1.14 - Amostra NESG-939 - Muscovitas do xisto Cataguases: dispersão das quantidades de Na, Mg, Ti e Fe em relação ao Si, em a.p.f.u. Destaque para o enriquecimento em Na em relação aos demais elementos.

Foram analisadas biotitas relacionadas à matriz ou inclusas em granadas ou cianita; apresentam pleocroísmo de marrom claro amarelado a marrom escuro com Fe# entre 0,470 a 0,492 para cristais da matriz, e 0,492 a 0,790 para as inclusões. O  $^{IV}Al$ , em a.p.f.u. varia entre 2,65 e 2,69 para as amostras de matriz, e 2,58 a 2,77 para os exemplares inclusões (figura 5.1.15). As cloritas analisadas estão inclusas em bordas de granada e apresentam teor de Si entre 3,58 e 3,80 com Fe# entre 0,47 e 0,92 (figura 5.1.16).

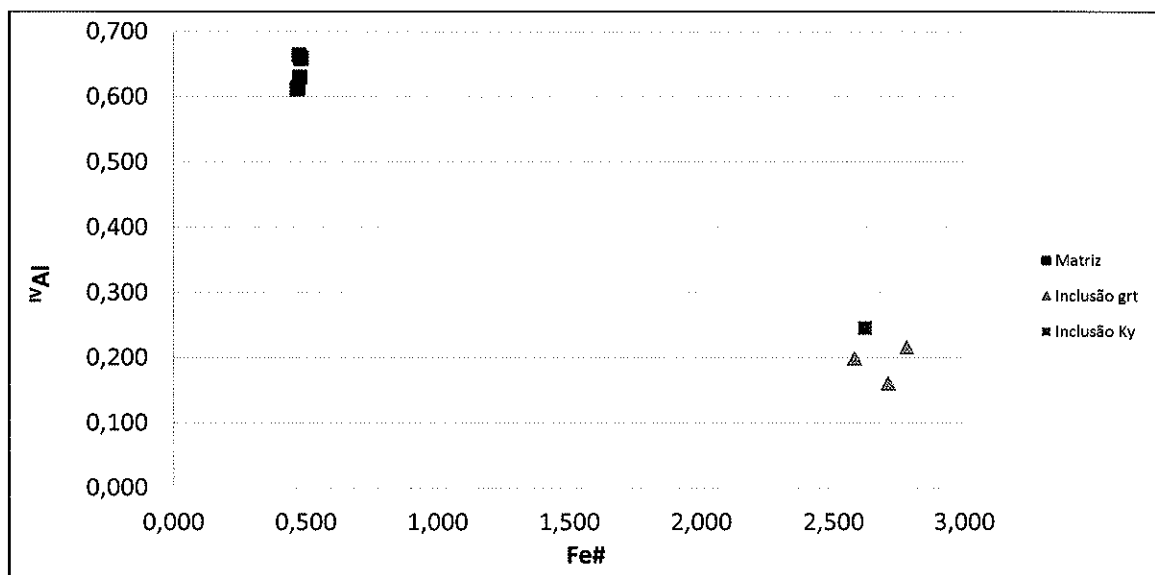


Figura 5.1.15. - NESG 1002A: biotitas do Xisto Santo Antônio - discriminação com base no Fe# e quantidade de Al<sup>IV</sup>.

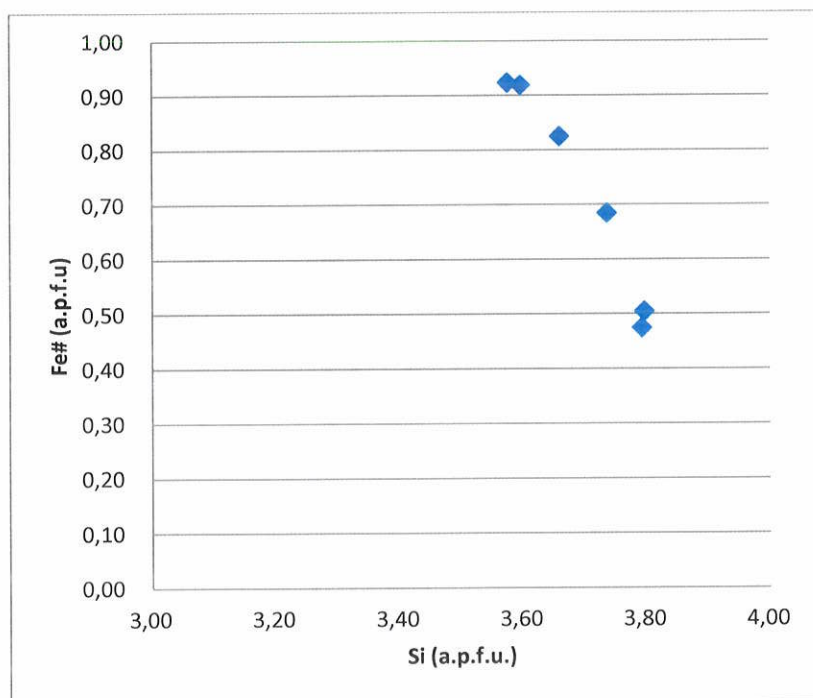


Figura 5.1.16. - NESG939 - Xisto Santo Antônio: Fe# e teor de silício em a.p.f.u. para as análises em clorita.

Plagioclásios de diversos tipos foram analisados, relacionados à matriz ou em inclusões de borda e núcleo em porfiroblasto de granada, tanto na forma de pequenos cristais subédricos como porfiroclastos. Os plagioclásios apresentaram teores de albita entre 77 e 95% com notável enriquecimento em albita nos porfiroclastos, matriz e inclusões de borda em detrimento às inclusões de núcleo, ricas em anortita (figura 5.1.17.)

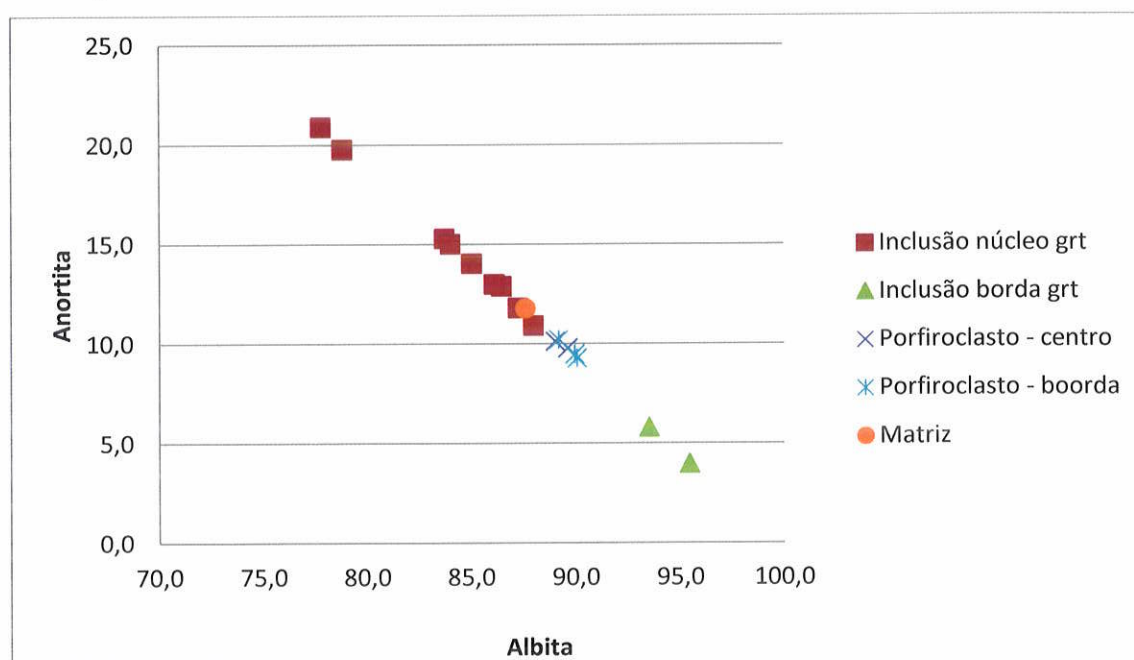


Figura 5.1.17- NESG1002A - Plagioclásios do xisto Santo Antônio: variação dos teores de anortita e albita em distintos sítios texturais.

As duas estauroilitas analisadas na matriz possuem razão Mg/Fe<sub>2</sub> de 0,199 e 0,211, e teores de ZnO em torno de 2,5%. Dois porfiroblastos de granada foram analisados: Grt18 (sin-cinemática, poiquiloblástica, com foliação interna em continuidade com a estrutura externa) e Grt12 (núcleo límpido, bordas com foliação interna em continuidade com a externa - sincinemática), obtendo-se nove perfis composicionais que exibiram como resultado proporções de almandina, grossulária, piropo e espessartita entre 75,89 e 83,98%; 1,33 e 16,28%; 4,13 e 17,49%; e 0,61 e 4,19%, respectivamente, para Grt18; e Alm<sub>80-86</sub>, Grs<sub>1,5-6,9</sub>, Prp<sub>8,9-16,6</sub>, e Sps<sub>0,15-1,17</sub> (figuras 5.1.18 e 5.1.19). No exemplar Grt 18 nota-se forte zonação no cristal, evidenciada pela presença de núcleos cálcicos e bordas ferromagnesianas; este padrão sugere que as temperaturas atingidas durante o metamorfismo não foram suficientes para homogeneizar o porfiroblasto. No exemplar Grt 12 os padrões de zonação são menos conspícuos. A existência de mais de um local com padrão de entiquecimento em cálcio em detrimento de ferro e magnésio, observada na Grt18 pode sugerir a amalgamação de mais de um núcleo reliquiar.

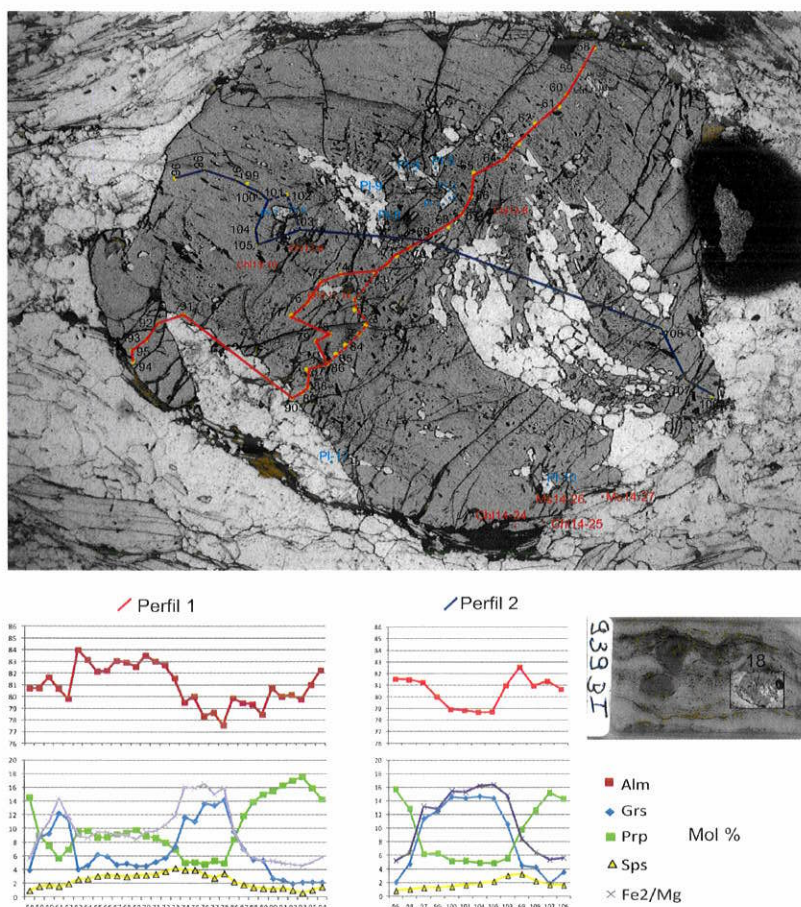


Figura 3.1.18. - NESG939 - biotita xisto Cataguases - Teores de almandina (alm), grossulária (grs), piropo (prp) e espessartita (sps) em perfis realizados no porfiroblasto de granada Grt 01.

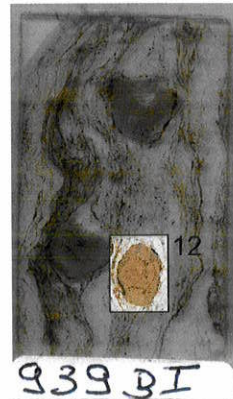
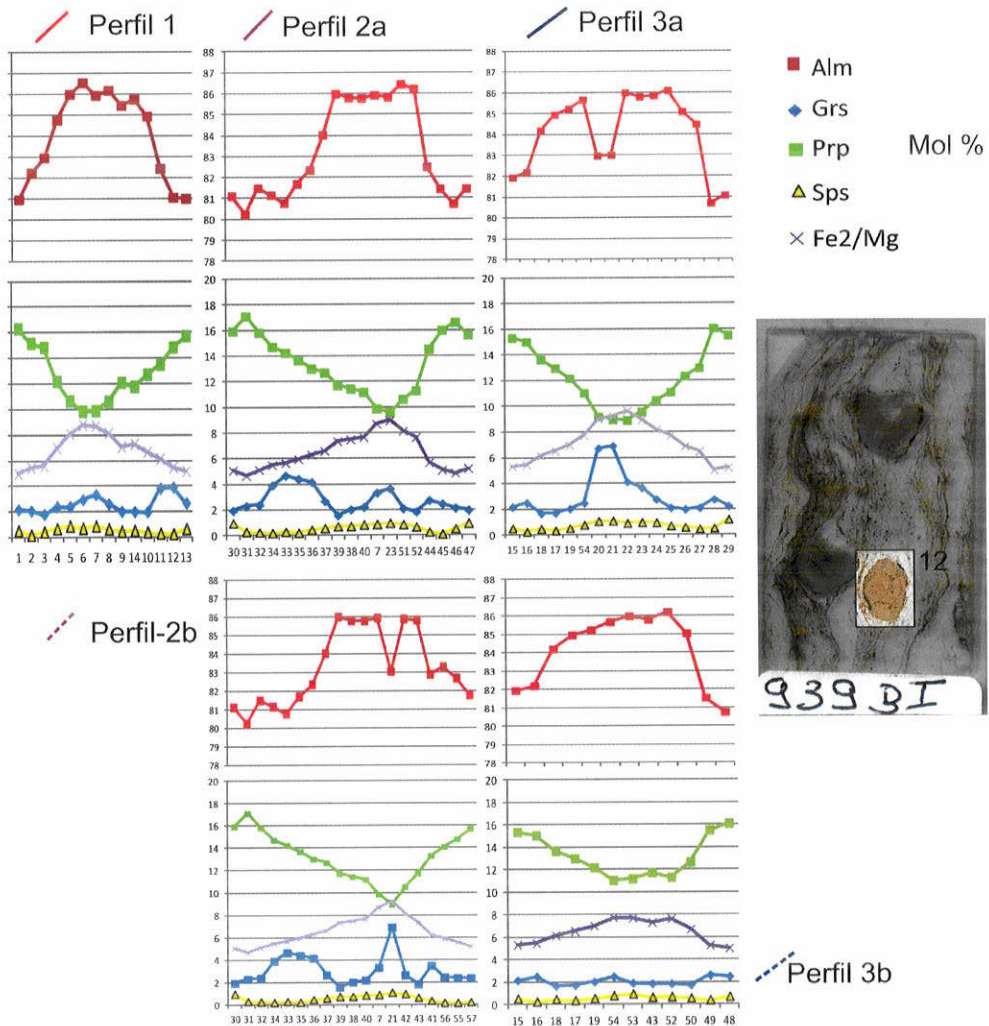
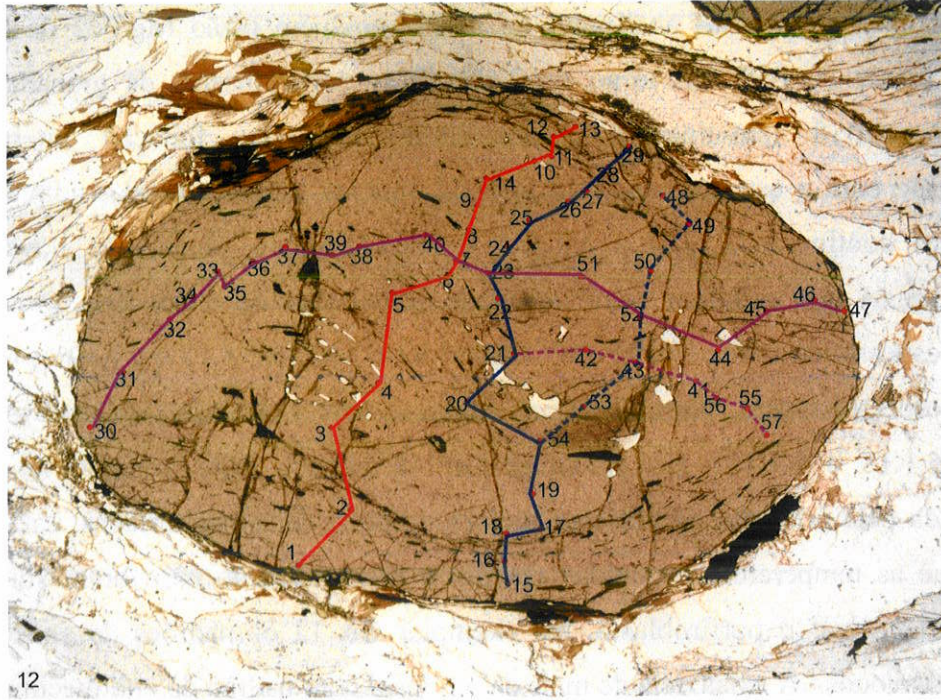


Figura 5.1.19. - NESG939 - biotita xisto Cataguases - Teores de almandina (alm), grossulária (grs), piropo (prp) e espessartita (sps) em perfis realizados no porfiroblasto de granada Grt 03.



## 5.2 - Geotermômetro de Zr em rutilo - resultados

A aplicação e aprimoramento do termômetro baseado na concentração de Zr em rutilo teve sua primeira calibração experimental efetuada por Zack *et al.* (2004), seguida por diversos trabalhos. No presente estudo foi utilizada a calibração efetuada por Tomkins *et al.* (2007), obtida através de dados experimentais e na qual considera-se a variação de pressão na estimativa de temperatura.

Duas famílias de rutilo foram analisadas: grandes cristais inclusos em granada, arredondados a subedricos, localmente estirados, definindo foliação interna em continuidade ou não com a estrutura externa principal; e rutilos arredondados intersticiais na matriz granoblástica e em sombras de pressão de granadas. Além do hábito e sítio textural, o grau de oxidação também foi utilizado como critério para seleção dos pontos analisados, efetuadas nos cristais mais preservados. A seguir são apresentados os resultados obtidos para cada amostra.

### Amostra NESG 1288 - Xisto Serra da Boavista na serra dos Cataguases

Nesta amostra os teores de Zr em rutilo foram obtidos em inclusões arredondadas em granada (figura 5.2.1 e 5.2.2) e variam entre 148 e 481 ppm, correspondendo a temperaturas entre 576 e 667 °C a 5 Kbar, e entre 596 e 689 °C a 10Kbar (tabela 5.2.1), de acordo com o geotermômetro de Tomkins *et al.* (2007).

Tabela 5.2.1 - : Dados de Zr in Rutilo da amostra NESG 1288-1 - Xisto Serra da Boa Vista.

Analise	ZrO2	ppmZr	T a 5Kb	T a 10Kb	T a 15Kb
Rt 17 - Grt18	0.02	148.06	575.91	596.15	616.40
Rt 18 - Grt18	0.027	199.88	597.36	618.12	638.87
Rt 20 - Grt12	0.035	259.11	616.80	638.02	659.24
Rt 12 - Grt16	0.036	266.51	618.96	640.24	661.51
Rt 13 - Grt16	0.036	266.51	618.96	640.24	661.51
Rt 19 - Grt12	0.037	273.91	621.07	642.40	663.72
Rt 10 - Grt15	0.039	288.72	625.16	646.59	668.01
Rt 21 - Grt12	0.039	288.72	625.16	646.59	668.01
Rt 11 - Grt16	0.041	303.52	629.08	650.60	672.12
Rt 8 - Grt13	0.048	355.34	641.67	663.48	685.30
Rt 1 - Grt11	0.05	370.15	644.98	666.88	688.77
Rt 14 - Grt17	0.051	377.55	646.60	668.53	690.46
Rt 3 - Grt11	0.053	392.36	649.76	671.76	693.77
Rt 15 - Grt17	0.053	392.36	649.76	671.76	693.77
Rt 7 - Grt13	0.054	399.76	651.30	673.34	695.39
Rt 16 - Grt17	0.055	407.17	652.82	674.90	696.98
Rt 2 - Grt11	0.057	421.97	655.79	677.94	700.09
Rt 9 - Grt13	0.058	429.37	657.24	679.43	701.62
Rt 4 - Grt11	0.06	444.18	660.09	682.34	704.60
Rt 6 - Grt13	0.06	444.18	660.09	682.34	704.60
Rt 5 - Grt13	0.065	481.20	666.88	689.30	711.71

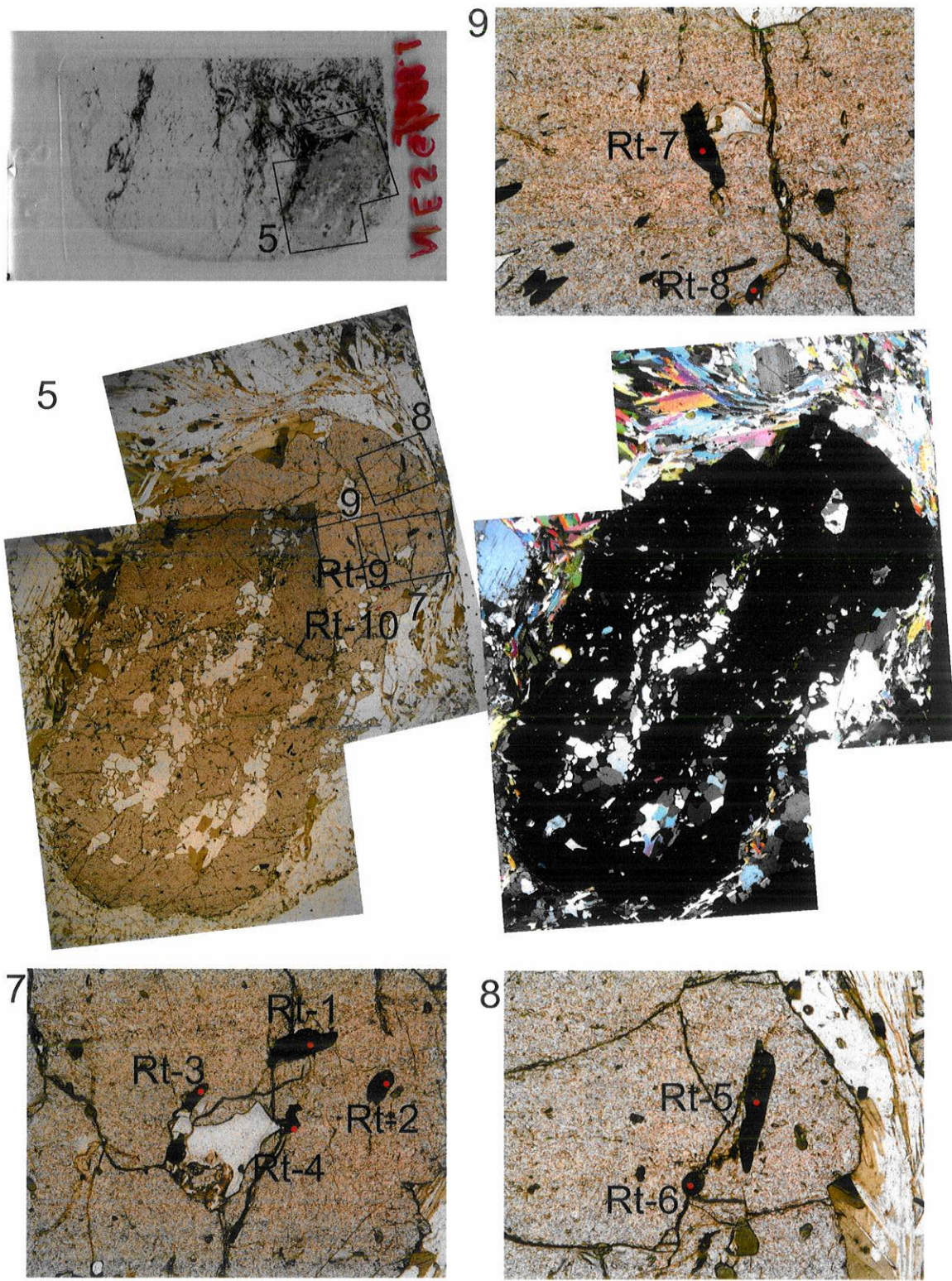


Figura 5.2.14 - NESG1288 - Xisto Serra da Boa Vista: análises de Zr em rutilo incluído em granada.

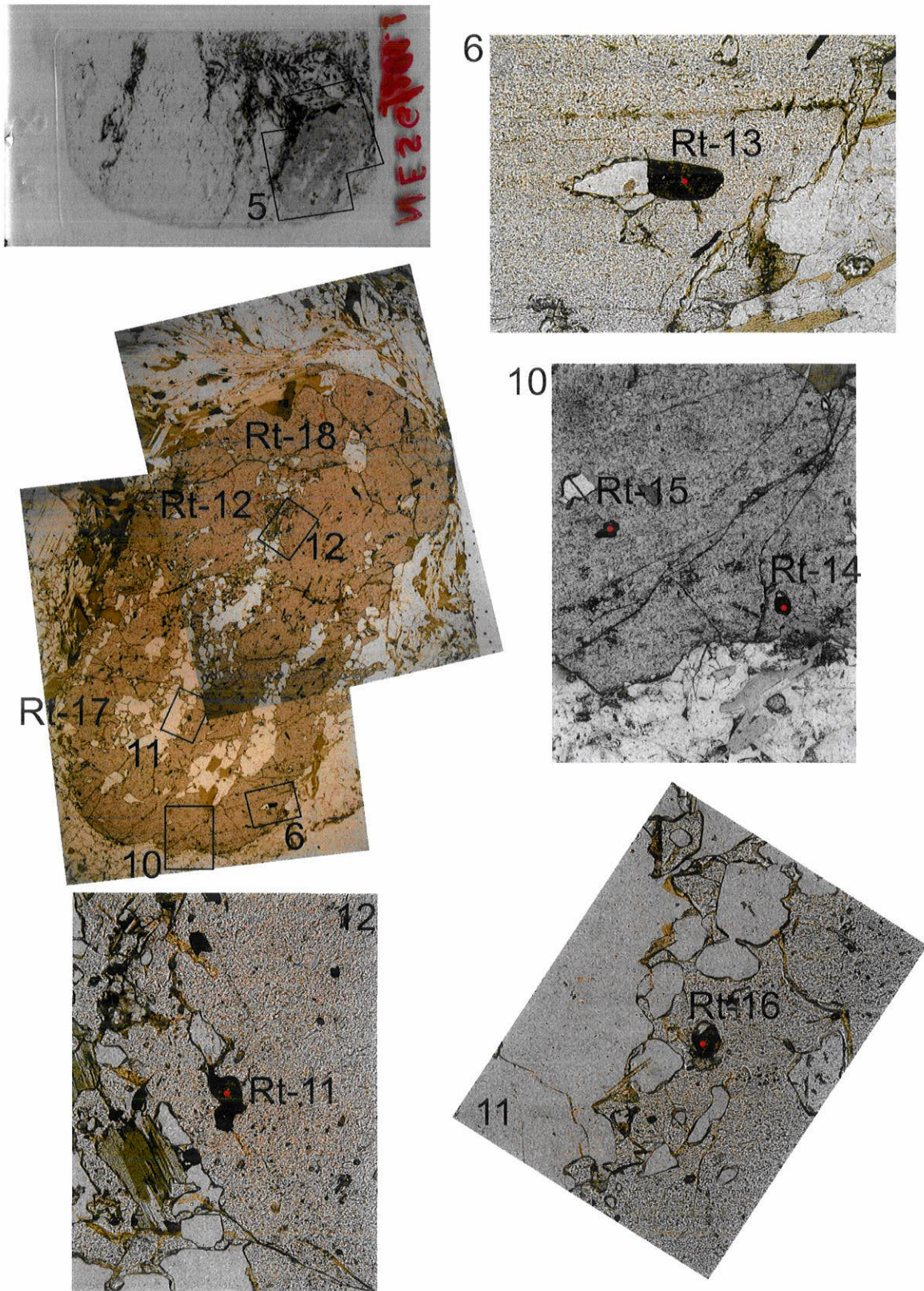


Figura 5.2.25 - NESG1288 - Xisto Serra da Boa Vista: análises de Zr em rutilo incluído em granada.

### Amostra NESG939 - Biotita Xisto Cataguases

No biotita xisto Cataguases os teores de Zr em rutilo foram obtidos em grãos inclusos em granada (figuras 5.2.3 e 5.2.4), além de três análises em cristais arredondados intersticiais na matriz da rocha. Os valores de Zr nos cristais inclusos variam entre 118 e 473 ppm, correspondendo a temperaturas entre 561 e 665 °C a 5Kbar; e entre 580 e 688 °C a 10Kbar, de acordo com o geotermômetro de Tomkins *et al.* (2007). Já os valores de matriz variam entre 385 e 473 ppm, correspondendo a temperaturas entre 648 e 664 °C a 5 Kbar, e entre 670 e 686 °C a 10 Kbar (tabela 5.2.2).

Tabela 5.2.2 - Dados de Zr in Rutilo da amostra NESG939 - biotita xisto Cataguases.

Analise	ZrO2	ppmZr	T a 5Kb	T a10Kb	T a 15Kb
Rt 14 - Grt14	0.016	118.448	560.63	580.51	600.40
Rt 16 - Grt14	0.019	140.657	572.35	592.51	612.67
Rt 10 - Grt20	0.028	207.284	600.03	620.85	641.68
Rt 7 - Grt7	0.034	251.702	614.58	635.75	656.92
Rt3 - Grt1	0.05	370.15	644.98	666.88	688.77
Rt 5 - Grt3	0.05	370.15	644.98	666.88	688.77
Rt 8 - Grt20	0.05	370.15	644.98	666.88	688.77
Rt 4 - Grt2	0.051	377.553	646.60	668.53	690.46
Rt 13 - matriz	0.052	384.956	648.19	670.16	692.13
Rt 17 - Grt11	0.052	384.956	648.19	670.16	692.13
Rt 6 - Grt3	0.056	414.568	654.31	676.43	698.55
Rt 9 - Grt20	0.057	421.971	655.79	677.94	700.09
Rt 15 - Grt14	0.059	436.777	658.67	680.90	703.12
Rt1 - Grt1	0.062	458.986	662.86	685.18	707.50
Rt2 - Grt1	0.062	458.986	662.86	685.18	707.50
Rt 11 - matriz	0.063	466.389	664.22	686.57	708.92
Rt 18 - Grt11	0.064	473.792	665.56	687.94	710.33
Rt 12 - matriz	0.069	510.807	672.01	694.55	717.09

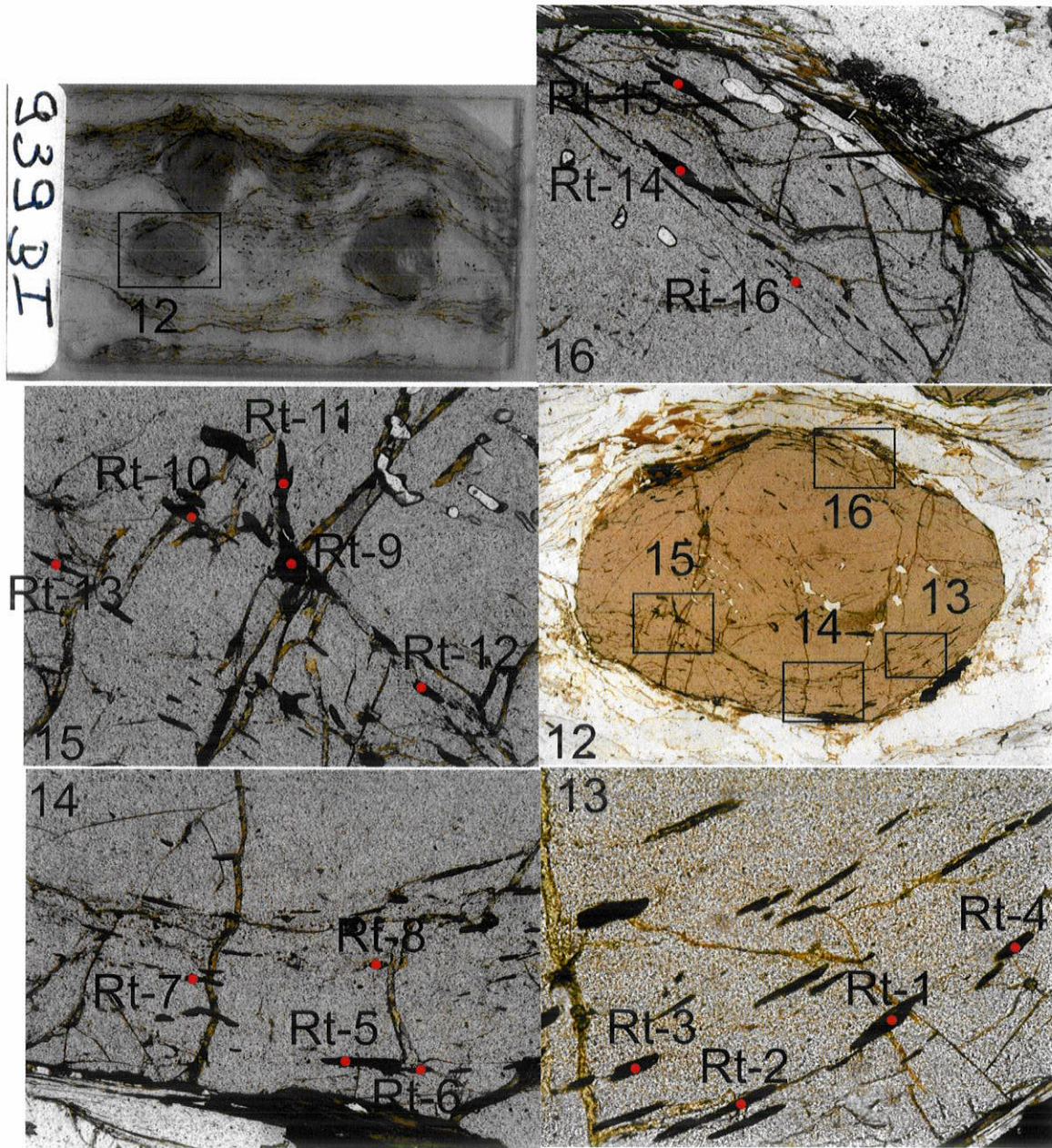


Figura 5.2.3 - NESG1288 - Xisto Serra da Boa Vista: análises de Zr em rutilo incluído em granada.

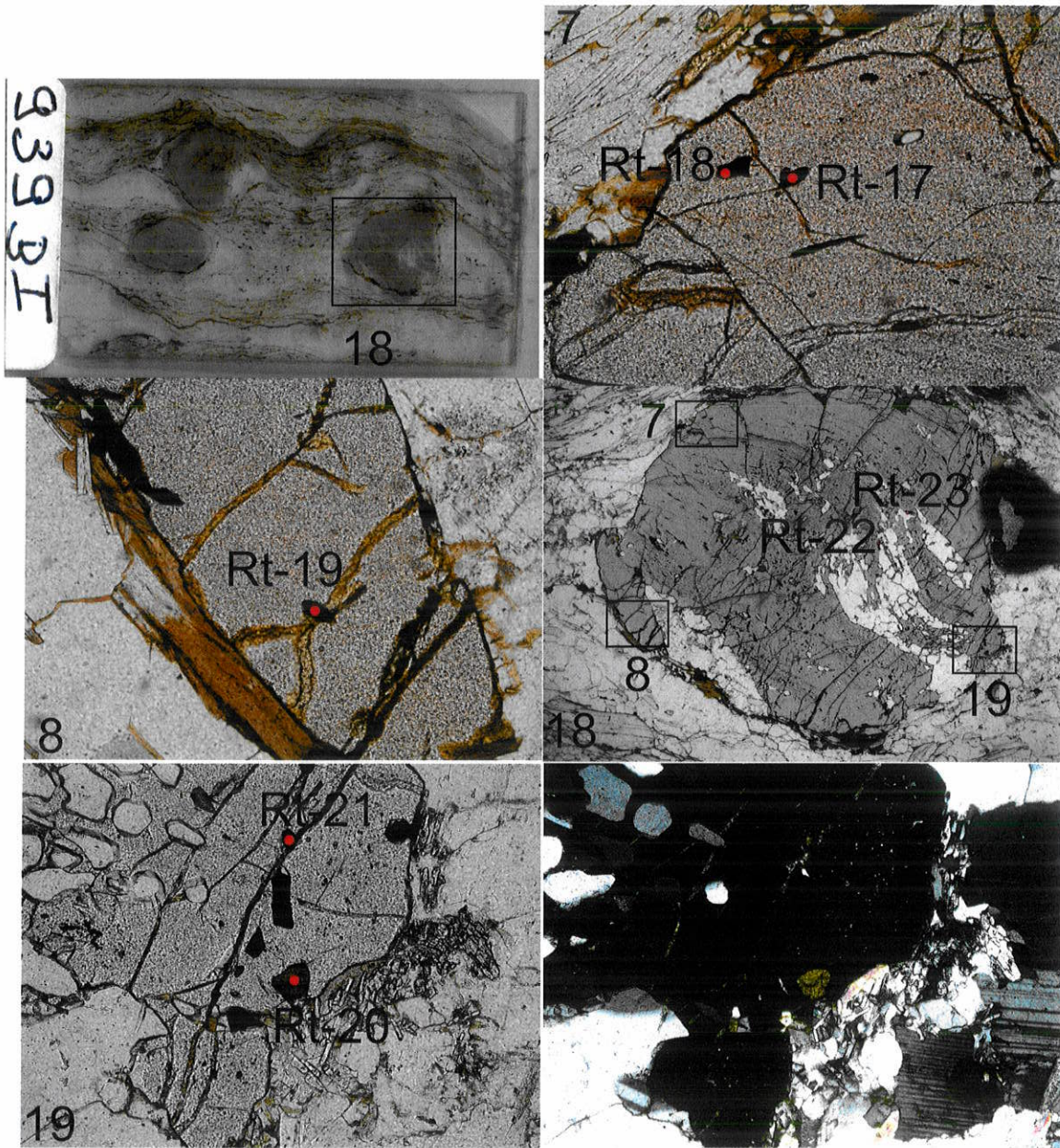


Figura 5.2.46 - NESG939 - biotita xisto Cataguases: rutilos inclusos na granada Grt18.

**Amostra NESG 1002A (Xisto Santo Antonio, por sob o contato superior com a nappe Liberdade)**

Teores de Zr em rutilo obtidos em grãos inclusos em granada, com valores entre 170 e 555 ppm correspondendo a temperaturas entre 586 e 679 °C a 5Kbar, e entre 606 e 701 °C a 10Kbar, de acordo com Tomkins *et al.* (2007). Os resultados apresentam-se na tabela 5.2.3, e as análises nas figuras 5.2.5 e 5.2.6.

Tabela 5.2.3- NESG1002A - Xisto Santo Antônio: dados de Zr em cristais de rutilo inclusos em granada.

Análise	ZrO2	ppmZr	T a 5Kb	T a 10Kb	T a 15Kb
Rt 15 - Grt9	0.023	170.269	585.76	606.25	626.73
Rt 8 - Grt3	0.026	192.478	594.60	615.29	635.99
Rt 13 - Grt7	0.027	199.881	597.36	618.12	638.87
Rt 7 - Grt3	0.028	207.284	600.03	620.85	641.68
Rt 22 - Grt22	0.031	229.493	607.60	628.60	649.61
Rt 1 - Grt1	0.039	288.717	625.16	646.59	668.01
Rt 14 - Grt7	0.041	303.523	629.08	650.60	672.12
Rt 5 - Grt2	0.042	310.926	630.98	652.55	674.11
Rt 9 - Grt5	0.044	325.732	634.68	656.33	677.98
Rt 3 - Grt1	0.045	333.135	636.47	658.16	679.86
Rt 21 - Grt24	0.046	340.538	638.23	659.97	681.70
Rt 2 - Grt1	0.047	347.941	639.96	661.74	683.51
Rt 6 - Grt2	0.051	377.553	646.60	668.53	690.46
Rt 11 - Grt6	0.051	377.553	646.60	668.53	690.46
Rt 20 - Grt21	0.052	384.956	648.19	670.16	692.13
Rt 12 - Grt6	0.054	399.762	651.30	673.34	695.39
Rt 19 - Grt21	0.055	407.165	652.82	674.90	696.98
Rt 10 - Grt5	0.059	436.777	658.67	680.90	703.12
Rt 18 - Grt20	0.059	436.777	658.67	680.90	703.12
Rt 16 - Grt20	0.065	481.195	666.88	689.30	711.71
Rt 17 - Grt20	0.074	547.822	678.09	700.78	723.46
Rt 4 - Grt2	0.075	555.225	679.27	701.98	724.69

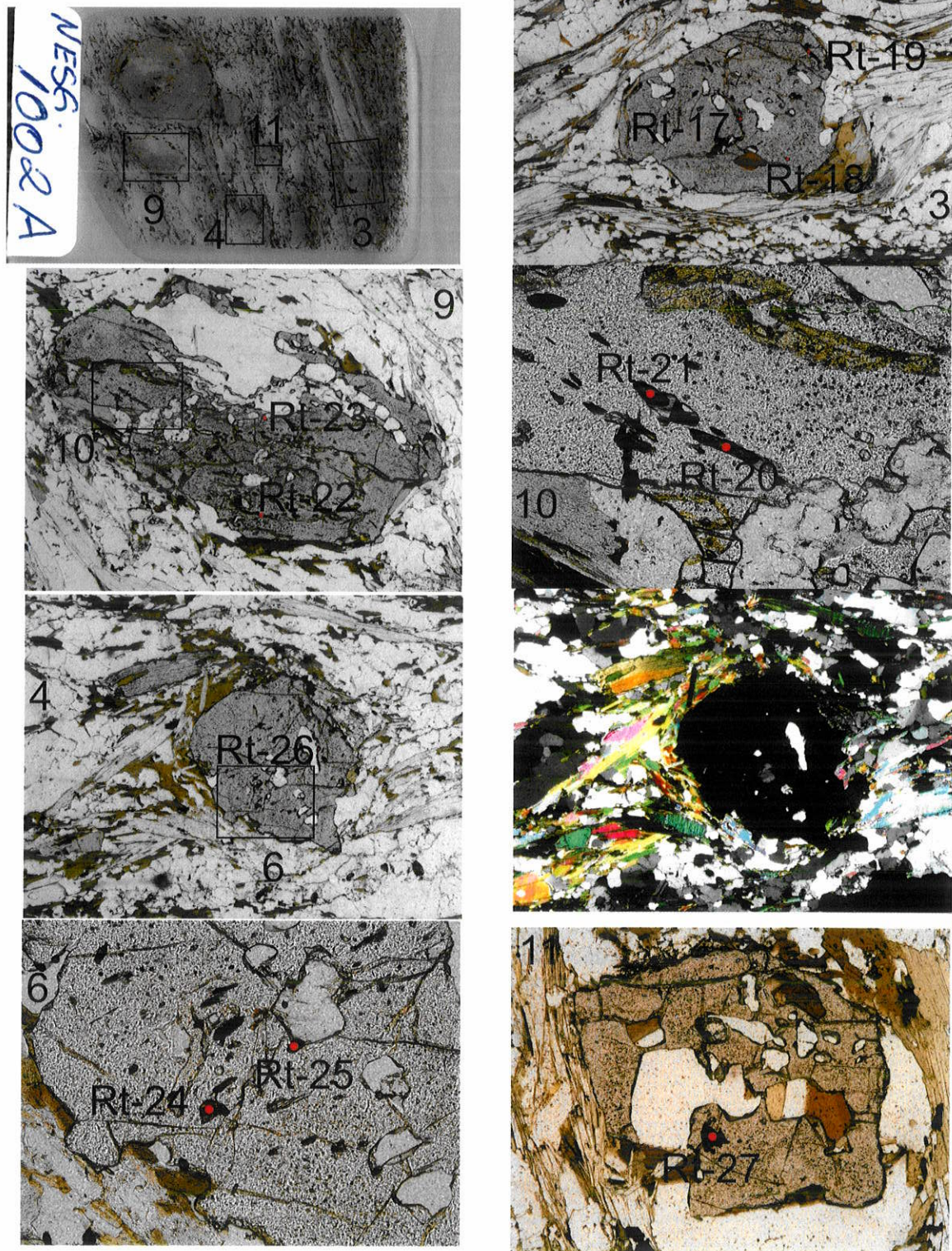


Figura 5.2.5 - NESG1002A - Xisto Santo Antônio: rutilos inclusos na granada.



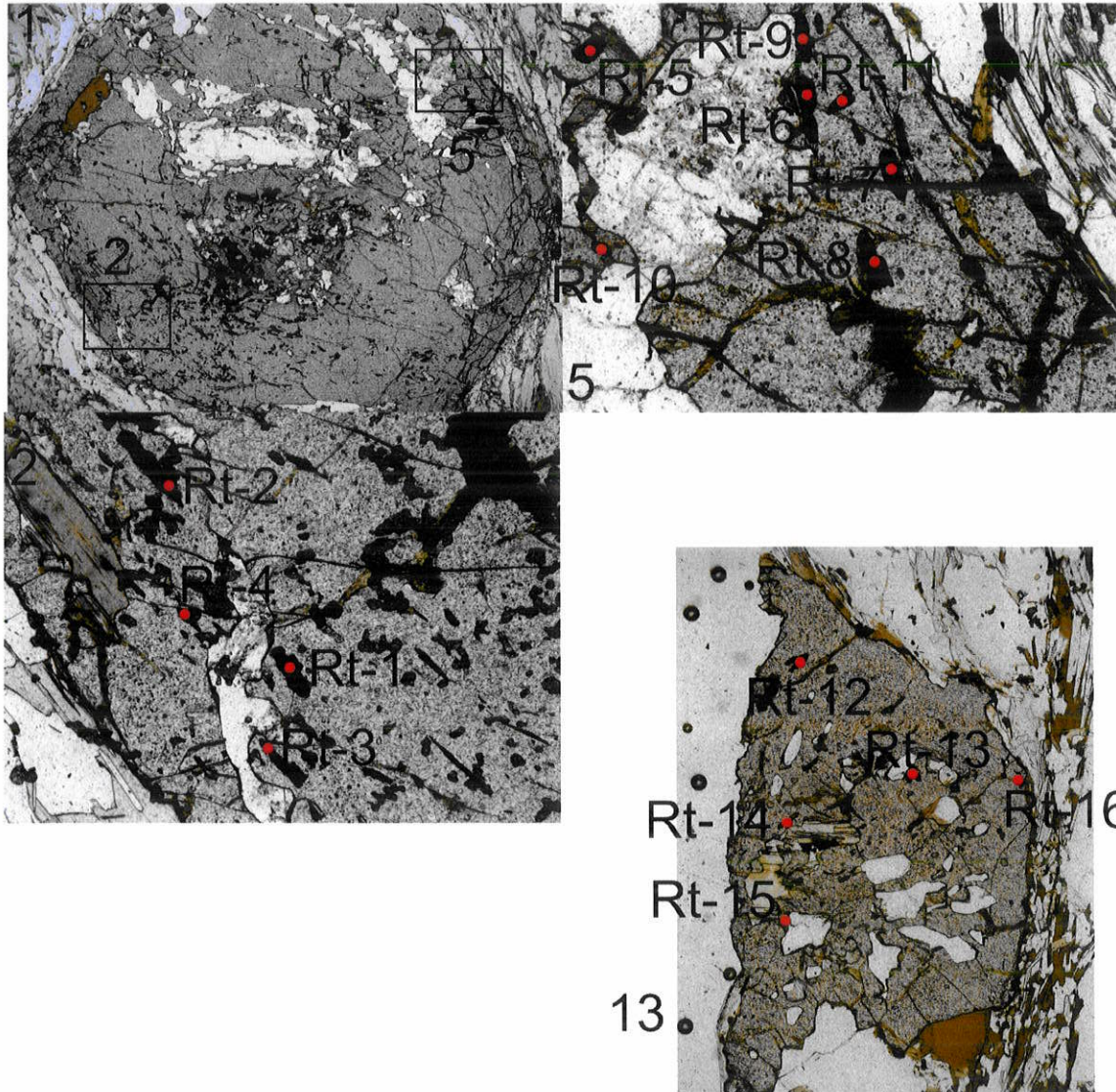
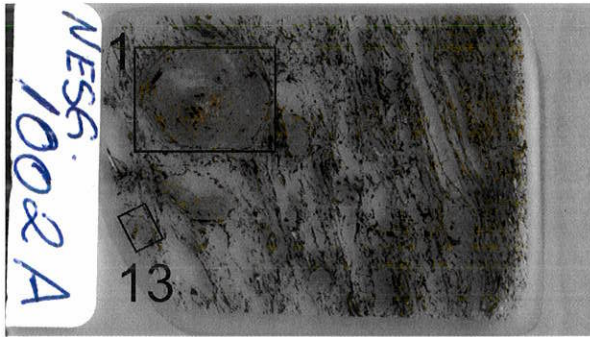


Figura 5.2.6 - NESG1002A - Xisto Santo Antônio: rutilos inclusos na granada.

### Amostra NESG 1249 - xisto Rio Capivari

Para a amostra do xisto Rio Capivari os teores de Zr em rutilos inclusos em granada apresentaram valores entre 214 e 251 ppm, correspondentes a temperaturas entre 602 e 614 °C a 5Kbar, e entre 623 e 635 °C a 10Kbar, de acordo com Tomkins *et al* (2007).

Tabela 5.2.4 - NESG1249 - xisto Rio Capivari: dados de Zr em cristais de rutilo inclusos em granada.

Análise	ZrO2	ppmZr	T a 5Kb	T a 10Kb	T a 15Kb
		214.68			
Rt 1 - Grt3	0.029	7	602.62	623.51	644.39
		251.70			
Rt 2 - Grt3	0.034	2	614.58	635.75	656.92
		251.70			
Rt 3 - Grt2	0.034	2	614.58	635.75	656.92

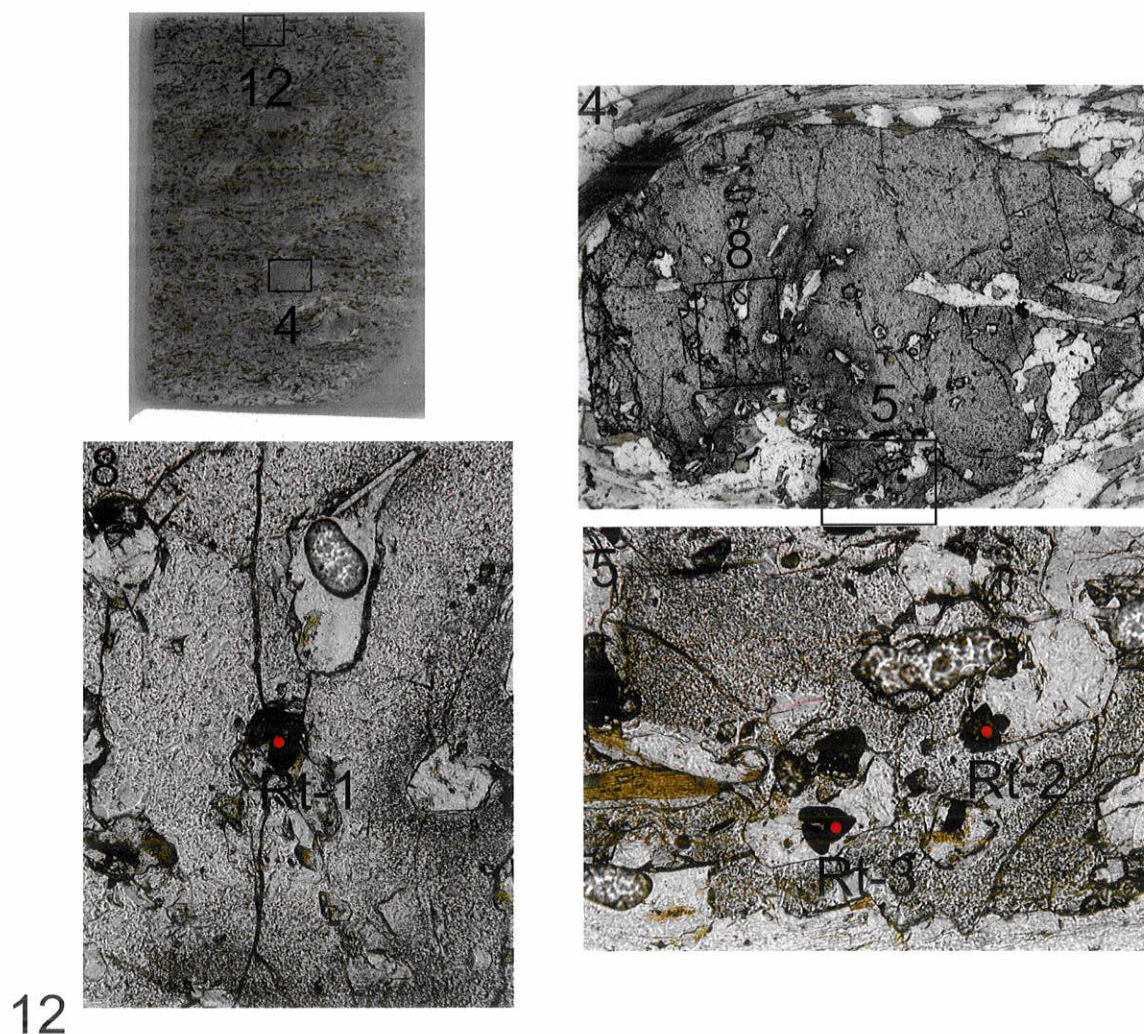


Figura 5.2.7 - NESG1259 - xisto Santo Antônio: rutilos inclusos na granada.

A termometria de Zr em rutilo evidencia o empilhamento invertido do metamorfismo da frente da nappe Andrelândia, com temperaturas de cerca de 702°C para o contato superior com a Nappe Liberdade e cerca de 615°C para o contato inferior com o Alóctone Serra da Bandeira, quando comparadas em um horizonte de 10Kbar de pressão (figura 5.2.8).

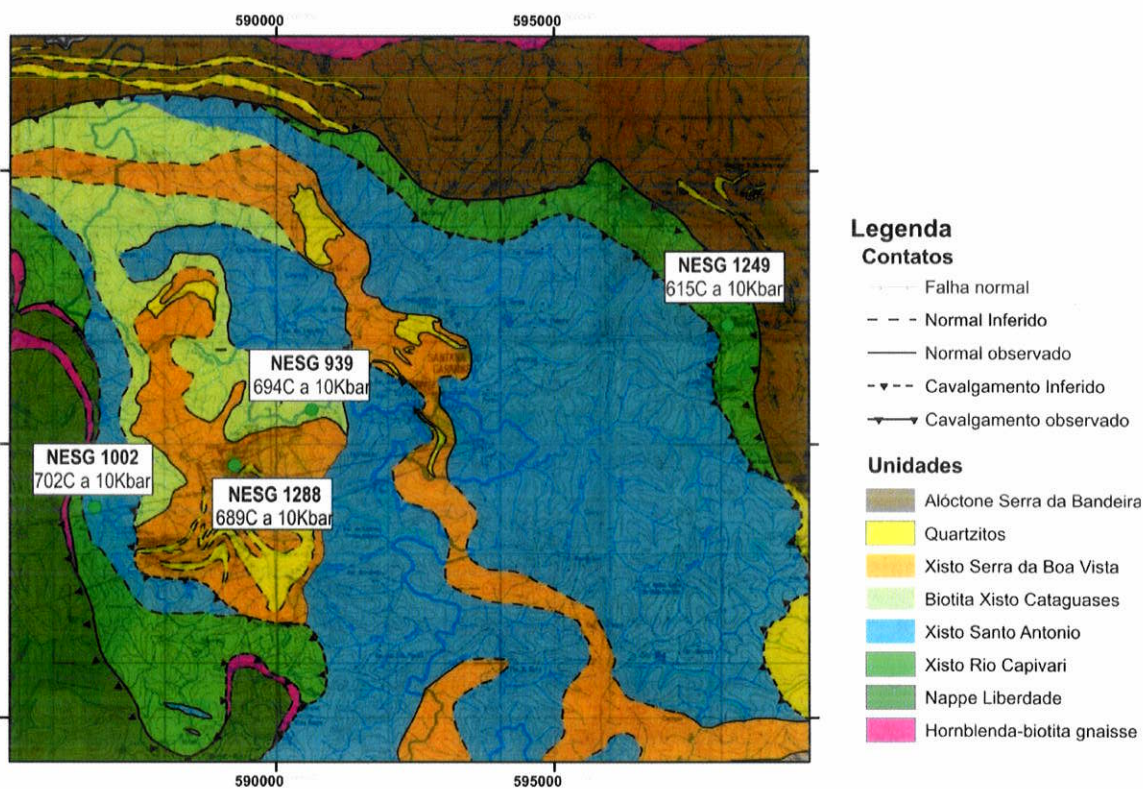


Figura 5.2.8: Resultados de termometria Zr in Rutilo comparados a 10Kbar, sobre mapa geológico esquemático.

## 6 - Condições de metamorfismo

Para estimativa das condições  $P$ - $T$  nos xistos Cataguases, Santo Antônio e Serra da Boa Vista foram utilizados os softwares AX no cálculo da fórmula estrutural de cada mineral, utilizadas no programa THERMOCALC 3.26 (Holland & Powell, 1988, 1998) para cálculo das condições de pressão e temperatura através do geotermobarômetro GASP. O cálculo das fórmulas estruturais e modelos de atividade basearam-se no conjunto de dados internamente consistentes de Holland & Powell (1998), balizados pelos resultados obtidos na termometria por Zr em rutilo. Os equilíbrios escolhidos basearam-se nas características texturais e composicionais dos sítios selecionados, sendo aceitos os resultados com correlação maior que 0,5 e  $\sigma_{fit} < 1,35$ .

De forma geral pode-se reconhecer três estágios de equilíbrio textural nas amostras analisadas: o estágio pré-/cedo-S<sub>2</sub> preservado em núcleos poiquilíticos de granada, com inclusões de clorita, biotita e plagioclásio, e marcado por porfiroblastos de cianita cedo-cinemática, parcial ou totalmente alterada para muscovita e quartzo ou estauroilita, localmente preservada como núcleos reliquiares; estágio sin-S<sub>2</sub> reconhecido em mantos de granada com foliação interna contínua com a estrutura principal, com inclusões de plagioclásio e biotita, localmente muscovita; e o estágio pós-S<sub>2</sub> registrado pelo crescimento de cristais euédricos de estauroilita sobre biotita e cianita, levemente oblíquas a discordantes em relação à estrutura principal, e pequenos cristais de sillimanita intersticiais nas porções granoblásticas, principalmente em zonas de sombra de pressão de granadas. Os resultados obtidos para cada amostras são apresentados a seguir.

#### **Amostra NESG1288 - xisto Serra da Boa Vista**

A amostra 1288, localizada na base da serra dos Cataguases, corresponde ao topo estrutural local e teve três equilíbrios calculados: pico bórico preservado em núcleo de granada, com paragênese bt + plg + grt (composições obtidas via microsonda) + ms + ky (membros finais); metamorfismo progressivo registrado em manto sin-cinemático, com paragênese bt + plg + grt (composições obtidas via microsonda) + ms + ky (membros finais); e as condições de pico térmico registradas na matriz. Os melhores resultados obtidos são apresentados na (tabela 6.1.)

Tabela 6. 4 - NESG1288 - xisto Serra da Boa Vista: resultados de termobarometria.

T°C	SD	P kbar	SD	Cor	Sigfit	Paragênese
649	48	10	0,9	0,854	1,11	Núcleo (Bt+plg+grt), com Ky e ms
708	46	10,1	0,8	0,817	0,84	Manto (Bt+grt+plg), com Ky e ms
691	20	9,5	0,6	0,858	0,8	Matriz (Bt+plg+st)+grt borda, com sill e ms

Para os equilíbrios de núcleo o melhor resultado foi obtido considerando-se muscovita como membro final e sem a participação de clorita. Embora ambos os minerais sejam reconhecíveis em inclusões de núcleo a utilização dos dados composicionais destes minerais resulta em menores temperatura e pressão, porém com erro maior com sigfit acima do aceitável, como por exemplo T = 629+-51 °C, P = 6,6+-2,6 kbar (cor. 0,585, sigfit 5,72) e T = 634+-51 °C, P 7,9+-2,7 (cor. 0,496, sigfit 6,21). Na matriz, a utilização das composições de muscovita resultaram no cálculo de set incompleto de reações independentes, resultando em temperaturas acima do esperado e

grandes erros, e.g.  $T = 867 \pm 77$  °C,  $P = 11,2 \pm 2,2$  (cor.0756, sigfit 2,79) e  $T = 889 \pm 82$  °C,  $P = 11,9 \pm 2,3$  (cor. 0764, sigfit 2,85).

As temperaturas obtidas são compatíveis com o geotermômetro do rutilo e os equilíbrios de manto e núcleo de granada são coerentes com a paragênese observadas. O resultado obtido para os equilíbrios de matriz, entretanto, apresentam pressão muito elevada, incompatível com a presença de sillimanita (ver figura 6.1.: grade Powell, Lebreton & Vielzeuf), sendo portanto sem significado geológico.

#### Amostra NESG1002 - xisto Santo Antônio

A amostra 1002 representa o xisto Santo Antônio no flanco oeste da serra dos Cataguases, e correspondente ao topo da frente da *nappe* Andrelândia sob a *nappe* Liberdade. Foram calculados equilíbrios para núcleos de granada, com paragênese grt + bt + pl (analisados) + ky + ms (membros finais); e para a matriz, com paragênese grt + ms + bt + chl (analisadas) + sill. Os melhores resultados são apresentados na tabela 6.2.

Tabela 6.2 - NESG1002A - xisto Santo Antônio: resultados de termobarometria

T °C	SD	P		cor	sigfit	
		kbar	sd			
645	43	9,6	0,8	0,804	0,41	Núcleo (Plg+bt+grt), com Ky e ms
680	22	8,5	0,8	0,878	0,69	Matriz (Grt+ms+bio+chl), com sill

Não foi possível identificar com precisão regiões de manto distinguíveis dos núcleos de granada, nem cristais inclusos de muscovita ou clorita em equilíbrio nestas porções. Também não foram analisados cristais de estauroлита nesta seção.

#### Amostra NESG939 - biotita xisto Cataguases

Nesta seção o biotita xisto Cataguases apresenta porfiroblastos de granada com equilíbrio de manto definido pela paragênese grt + bt + chl + plg, além de ky e ms como membros finais; e equilíbrio de matriz marcado pela associação grt + bt + plg + st + chl + sill, sendo os melhores resultados apresentados na tabela 6.3.

Tabela 6.5 - NESG939 - biotita xisto Cataguases: resultados de termobarometria

T °C	SD	P kbar	SD	cor	sigfit	Paragênese
502	13	8,7	0,6	0,371	1,33	Manto (Grt+bt+chl+plg), com ms e ky
694	26	8,9	0,9	0,884	1,16	Matriz (Grt+ bio+plg+st+chl), com sill

A utilização de muscovita como membro final em alguns dos equilíbrios apresentados reside no fato de esta ser uma fase comum identificada em todos os

estágios metamórficos reconhecidos. Além disso as micas são facilmente reequilibradas com mudanças nas condições  $P-T$ , e são produtos comuns no retrometamorfismo de granadas, de forma que os cristais de muscovita e clorita negligenciados nos cálculos de alguns equilíbrios e cujas composições, quando consideradas, aumentaram as incertezas dos resultados, não devem estar em equilíbrio químico com as associações observadas. Deve-se levar em conta também que os modelos de atividades utilizados para micas, sobretudo para clorita, apresentam imperfeições que podem influenciar na precisão dos resultados obtidos.

De acordo com os dados apresentados, os equilíbrios resultantes foram analisados em grade NCKFMASH baseado em Powell *et al*, com delimitação de campo de pico metamórfico de alta pressão porém sem o estabelecimento de uma trajetória metamórfica confiável. As altas temperaturas atingidas no topo da *nappe* Andrelândia podem resultar da influência de anatexia incipiente, evidenciada por delgadas lentes de turmalina leucogranitos subparalelizadas a  $S_2$  e  $S_3$ .

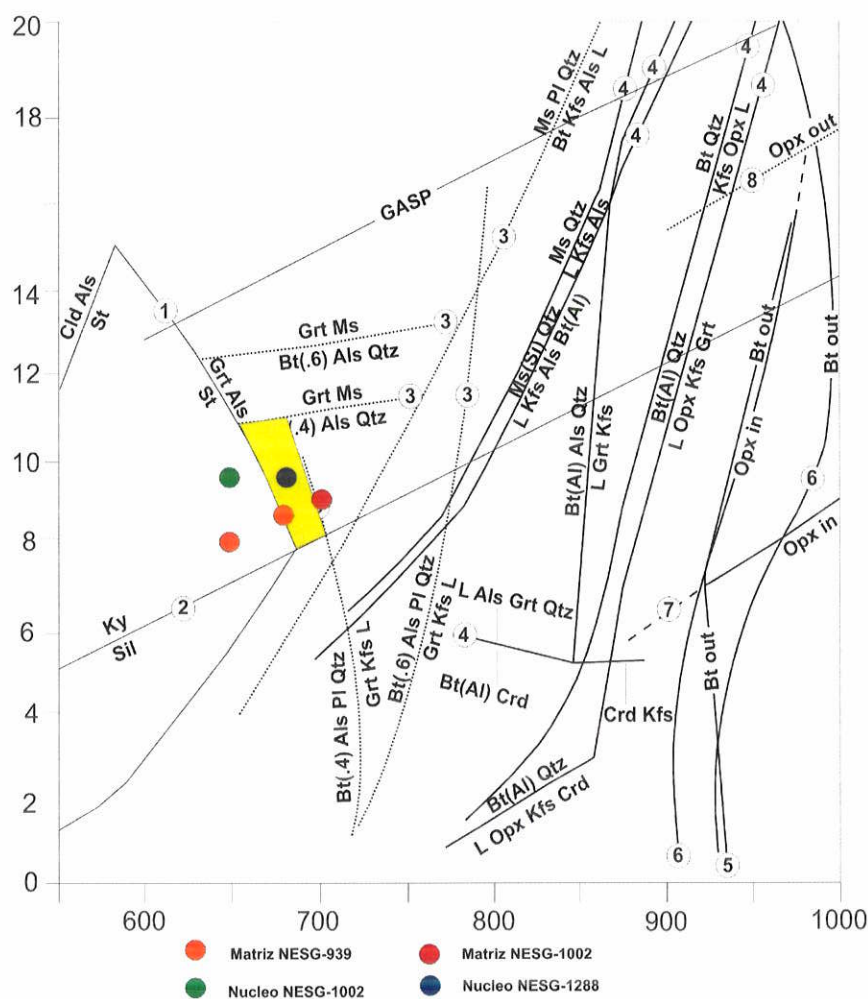


Figura 6.1: Grade baseada em Powell, Le Breton e Vielzeuf com os equilíbrios calibrados e campo PT coerente com as análises de núcleo e manto de granada.

## 7 - Geoquímica Isotópica

Sistemas isotópicos são utilizados cada vez mais freqüentemente em estudos proveniência sedimentar e metamorfismo, com implicações diretas nas idades de cristalização do protólito ígneo, idade máxima de deposição e posterior metamorfismo (p.ex., através do sistema U-Pb), além de informações relativas à gênese e/ou proveniência das rochas analisadas ou de suas predecessoras (p.ex. através dos sistemas Sm-Nd e Lu-Hf). Neste trabalho, as idades U-PB (para revisão dos sistemas U-Pb e Sm-Nd em estudos de proveniência, ver Westin, 2011). foram determinadas em zircão por LA-ICPMS, com subsequente análise do sistema Lu-Hf na amostra NESG-1010, da unidade Xisto Santo Antonio.

No sistema Lu-Hf, (Pupin, 2000) valores eHf positivos indicam fontes com contribuição mantélica (como granitóides toleíticos e associações alcalinas sienogranito). Valores negativos indicam fontes crustais (como granitos anatóticos e migmatitos), com potencial para discernimento entre fontes de zircões contemporâneos (Belousova *et. al.*, 2002), tornando-se ferramenta importante em estudos de proveniência sedimentar. Através do sistema Sm/Nd, obtivemos dados como a idade modelo (TDM) e razão eNd, onde valores negativos implicam em fonte enriquecida em ETRL, e valores positivos implicam em fonte empobrecida em ETRL (White, 2009).

Não foram obtidos dados da razão U/Th nas análises LA-ICPMS em zircão.

### 7.1 - Resultados Isotópicos U-Pb e Lu-Hf

#### 7.1.1. Amostra NESG-1010 (Xisto Santo Antônio)

Foram datados 130 *spots* em 89 grãos detriticos de zircão, dentre os quais, após eliminadas as análises com alta discordância e/ou altos valores de Pb comum, restaram 109 análises com idades praticamente concordantes.

Os zircões datados possuem majoritariamente formas arredondadas a subarredondadas (ver imagens de elétrons secundários, próxima página e demais). Grãos prismáticos ocorrem subordinadamente (4 grãos entre 102 imageados), invariavelmente com bordas sub arredondadas. Seis grãos apresentam bordas quebradas, em dois casos com aspecto de corroídas.

Nas imagens de catodoluminescência é visível o zoneamento interno dos grãos. A predominância é de grãos com borda (às vezes descontínua) de coloração mais clara. Subordinadamente, ocorrem grãos com borda mais escura, geralmente maiores que as claras. Os núcleos do grãos geralmente apresentam zonação oscilatória, com alternância de faixas com baixa e alta luminescência, o que pode ser correlacionado com o conteúdo relativo de chumbo: se clara, baixo conteúdo de chumbo, se escura, alto conteúdo de chumbo. Alguns núcleos são fragmentos de cristais maiores. Dois cristais do tipo soccer ball (não contemporâneos) ocorrem. A característica textural do cristal sob catodoluminescência foi utilizada na discriminação entre núcleo e borda, com 91 dados concordantes obtidos em núcleos e 19 em bordas.

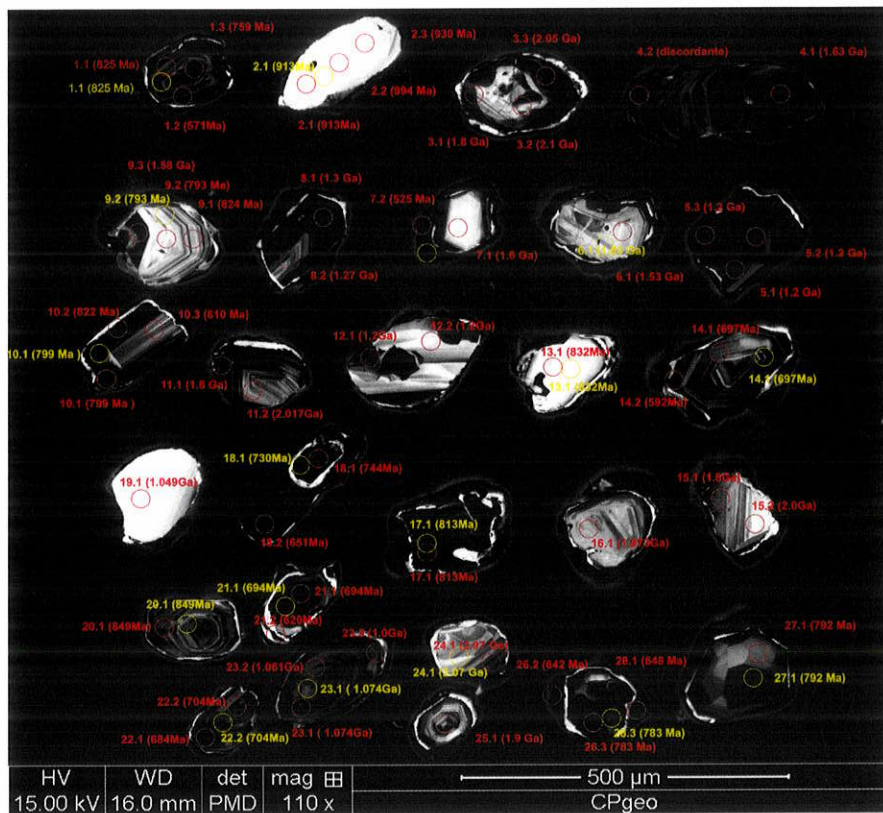


Figura 7.1.1.1.: Imagem de catodo luminescência de raio X de zircões da amostra NESG 1010. Em vermelho, análises U-Pb, em amarelo, análises Lu-Hf.



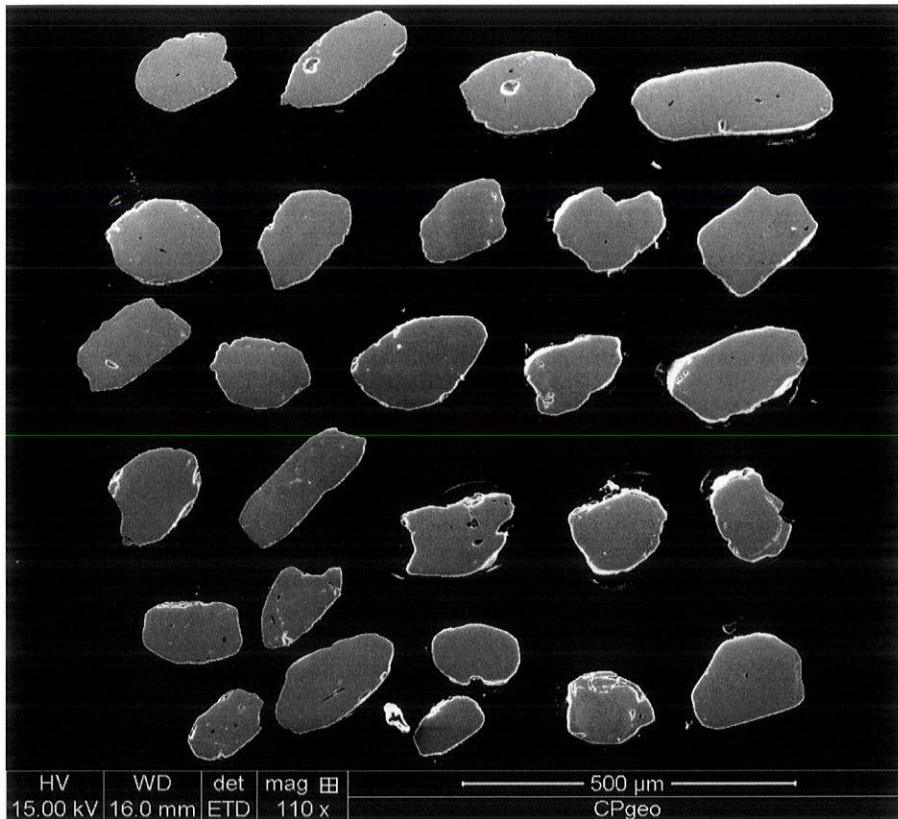


Figura 7.1.1.2: Imagem de elétrons secundários de zircões da amostra NESG 1010.

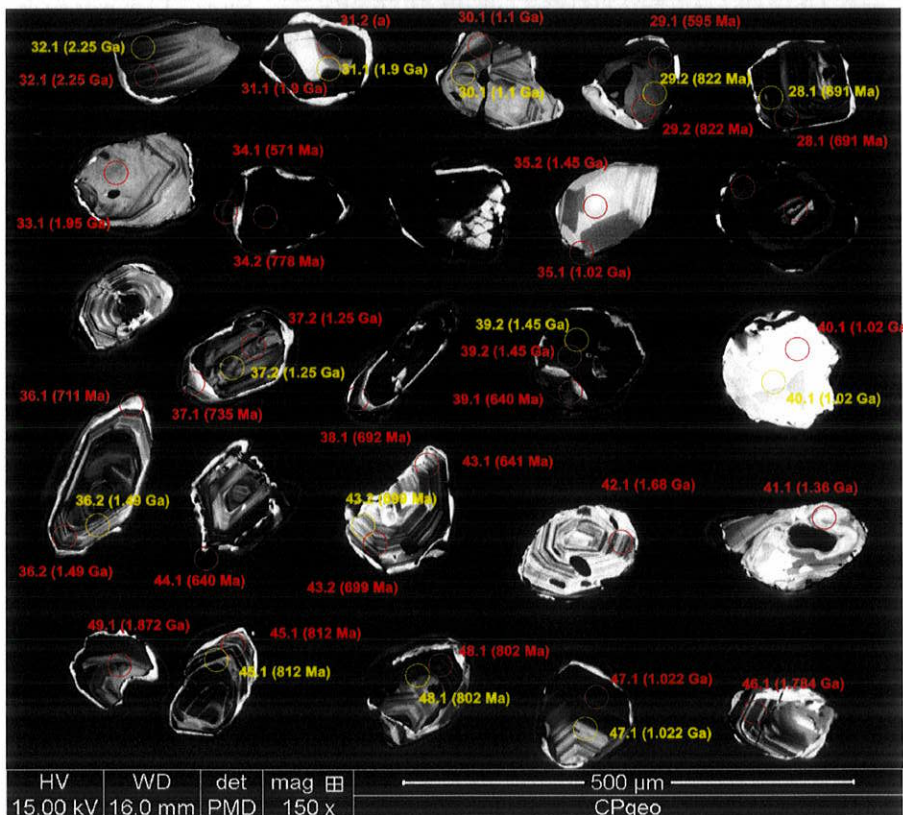


Figura 7.1.1.3: Imagem de catodo luminescência de raio X de zircões da amostra NESG 1010. Em vermelho, análises U-Pb, em amarelo, análises Lu-Hf.

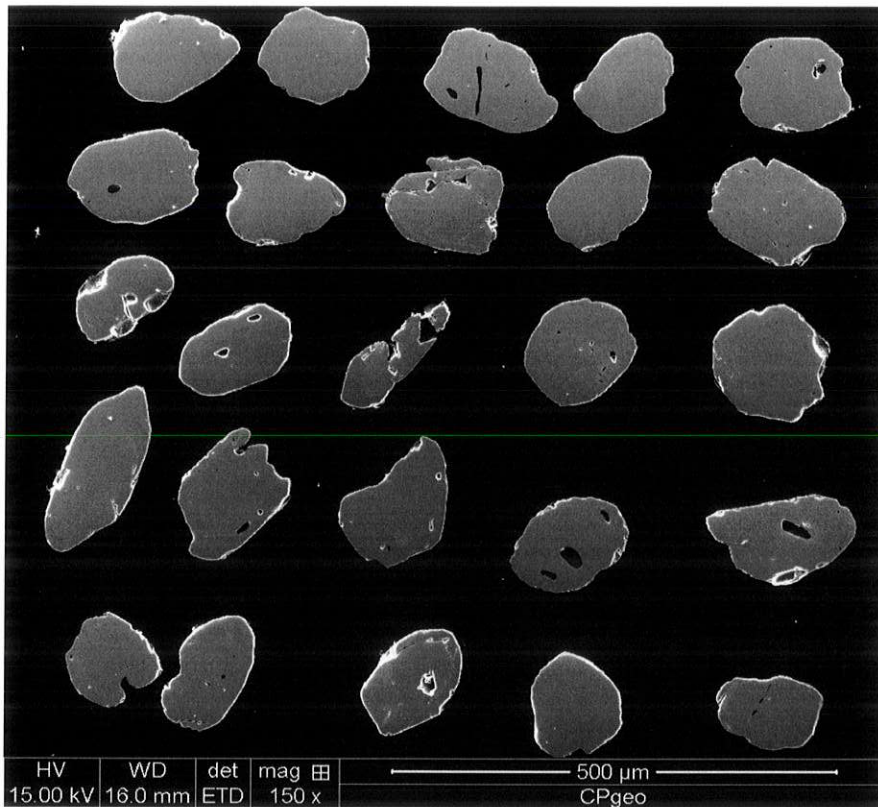


Figura 7.1.1.4: Imagem de elétrons secundários de zircões da amostra NESG 1010.

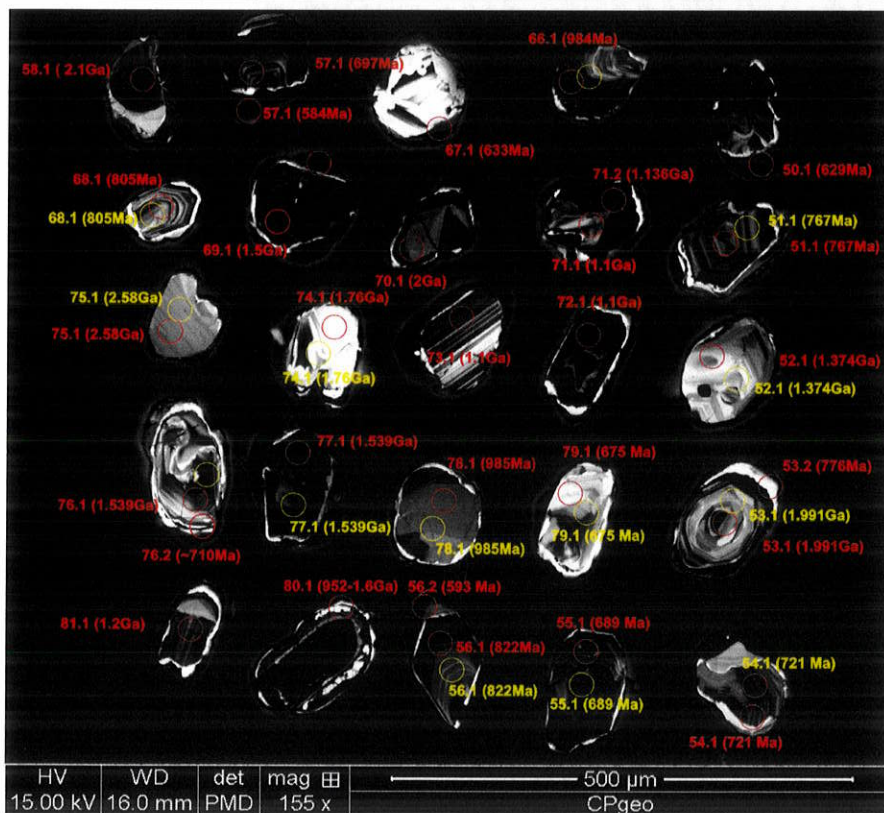


Figura 7.1.1.5: Imagem de catodo luminescência de raio X de zircões da amostra NESG 1010. Em vermelho, análises U-Pb, em amarelo, análises Lu-Hf.

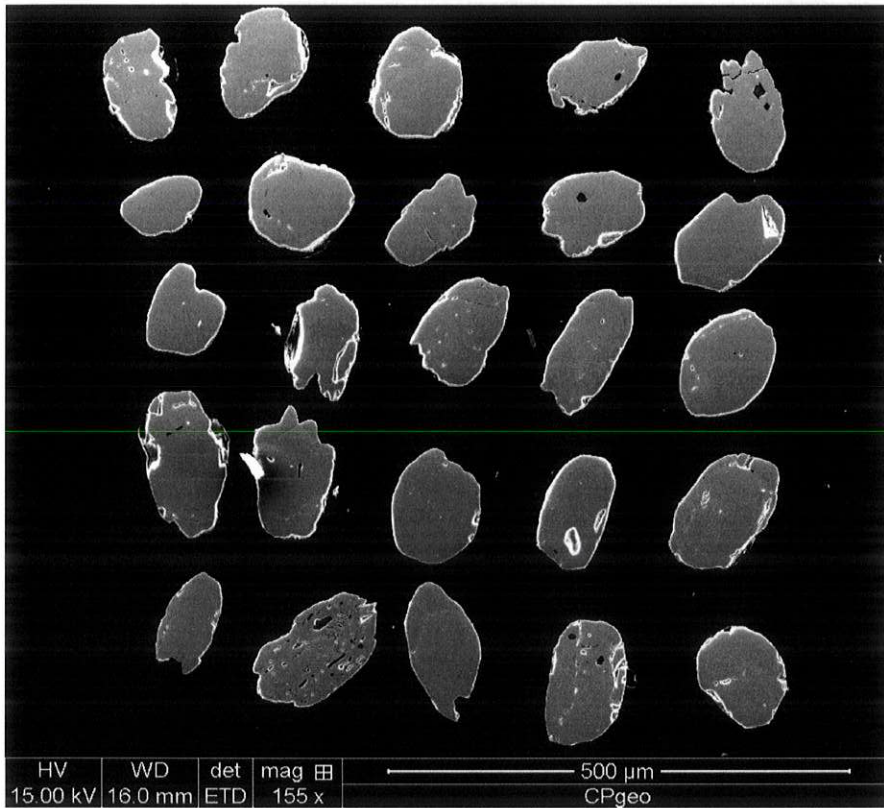


Figura 7.1.1.6: Imagem de elétrons secundários de zircões da amostra NESG 1010.

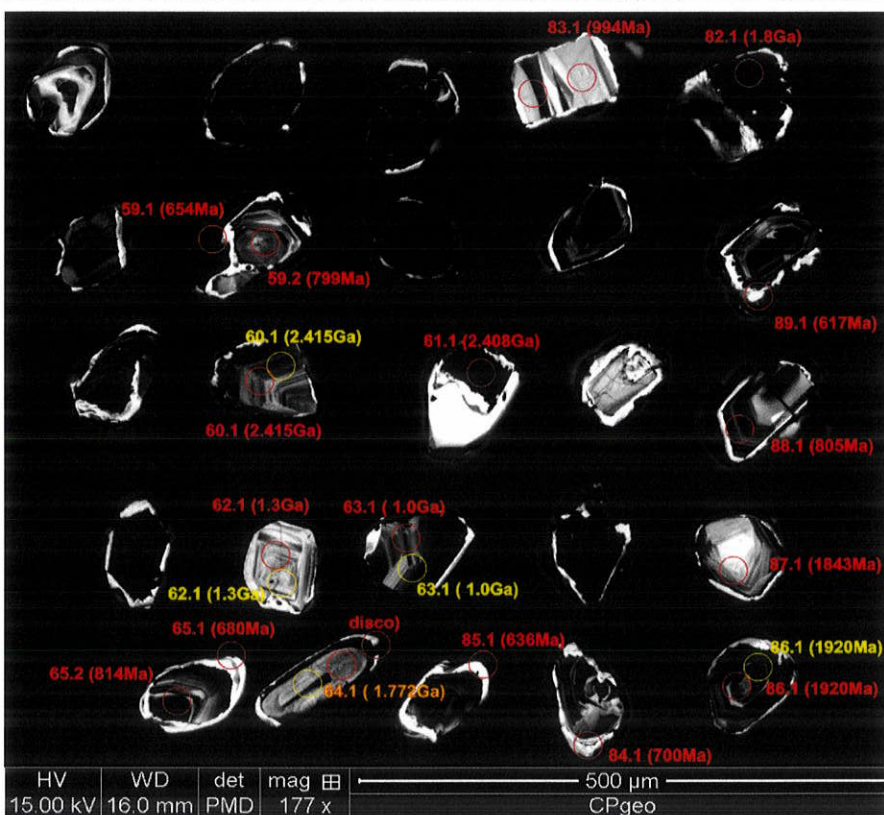


Figura 7.1.1.7: Imagem de catodo luminescência de raio X de zircões da amostra NESG 1010. Em vermelho, análises U-Pb, em amarelo, análises Lu-Hf.

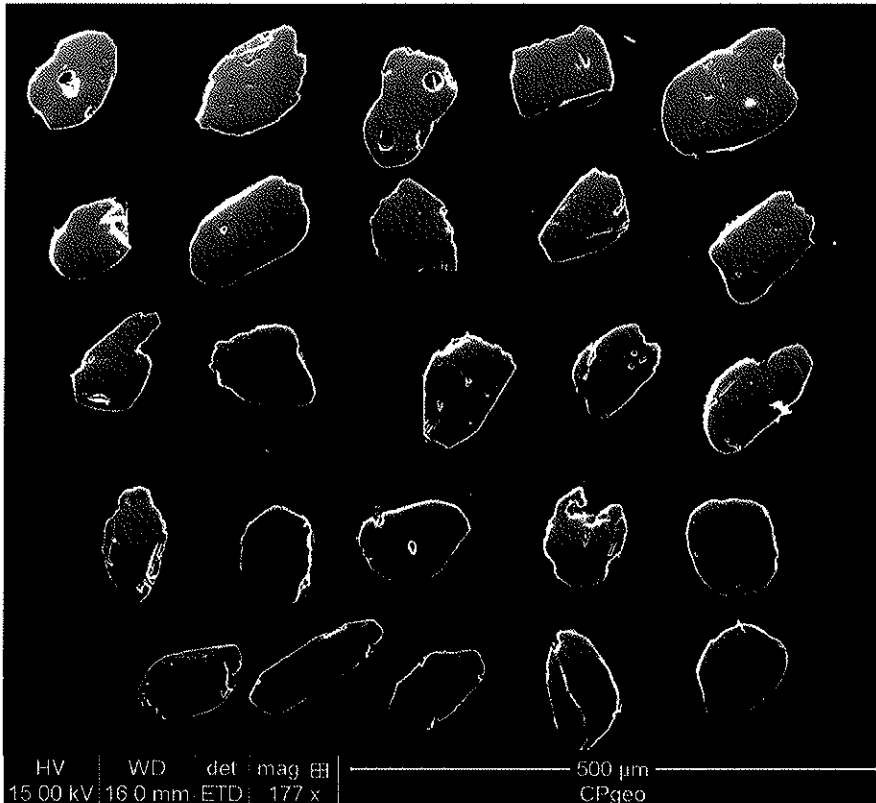


Figura 7.1.1.8: Imagem de elétrons secundários de zircões da amostra NESG 1010.

#### *Análises de Núcleo*

Analisando-se o histograma de idades concordantes de núcleo (de figura 7.1.1.9 a figura 7.1.1.11), idades Criogenianas sobressaem-se, compondo cerca de 34% dos dados, com duas populações principais nesse período, a mais jovem possui com idades em torno de  $692.1 \pm 3.3\text{Ma}$ , seguida pela concentração maior de idades de toda amostra, em torno de  $807.7 \pm 2.9\text{Ma}$ . No limite neo-mesoproterozóico (Toniano-Esteniano), ocorre uma população expressiva, com idade em torno de  $1002.8 \pm 4.2\text{Ma}$ . No Mesoproterozóico, ocorrem ainda uma população Ectasiana e um espalhamento de idades entre 1351 a 1570Ma (Ectasiano-Calimíniano). No Paleoproterozóico ocorrem concentrações de idades em  $1840.1 \pm 9.2\text{Ma}$  e  $1961.6 \pm 12$  (Orosiriano). Três dados concordantes são Siderianos com o núcleo mais antigo atingindo 2456Ma.

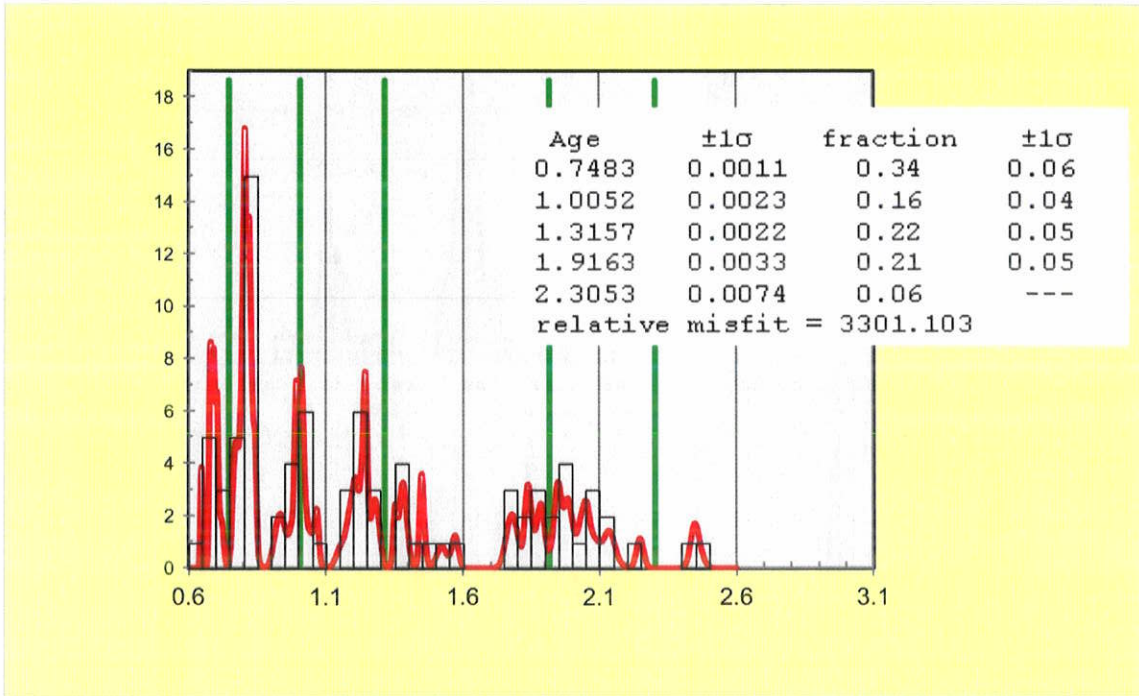
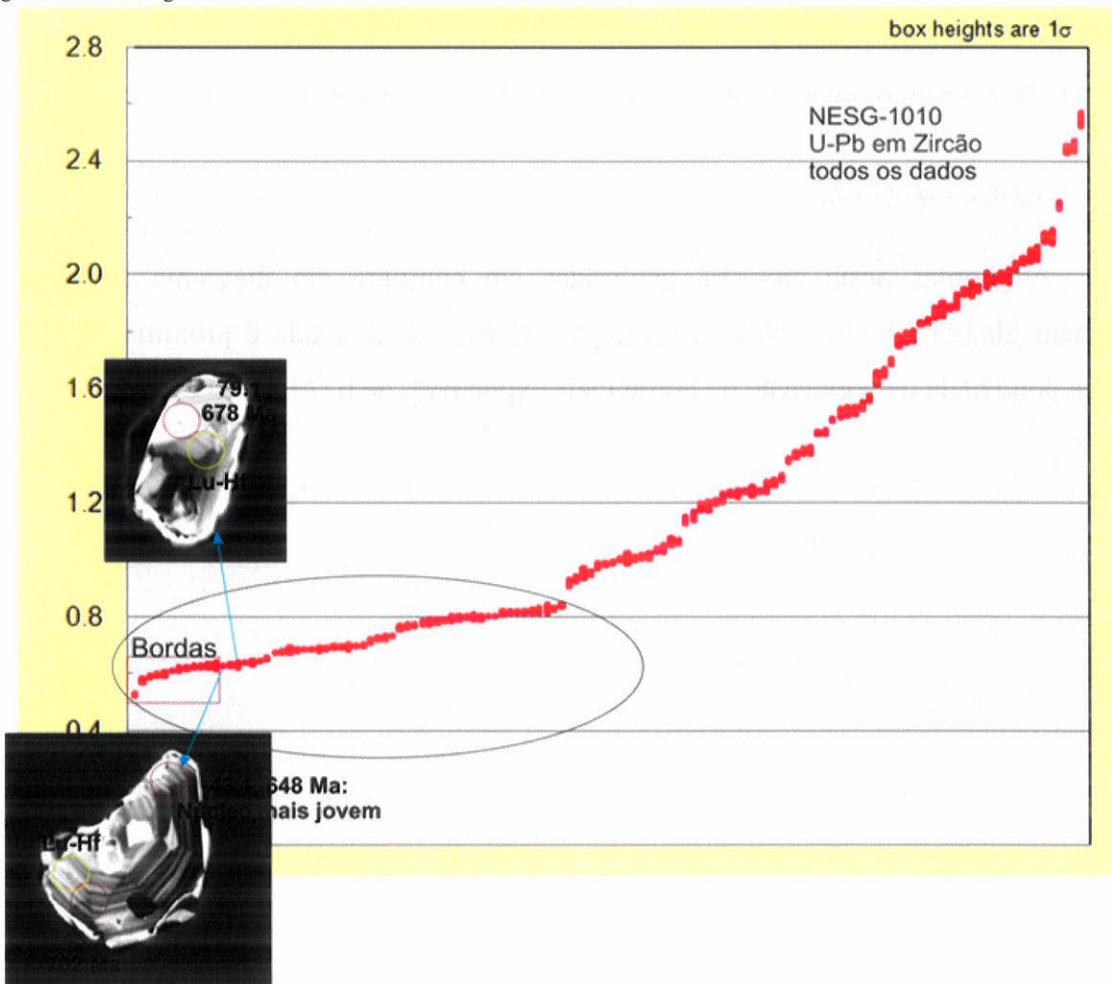


Figura 7.1.1.9: Histograma de dados concordantes de núcleo da amostra NESG 1010.



A Figura 7.1.1.10 apresenta a distribuição de idades de todos os dados da amostra NESG 1010..

## Dados concordantes de Nucleo

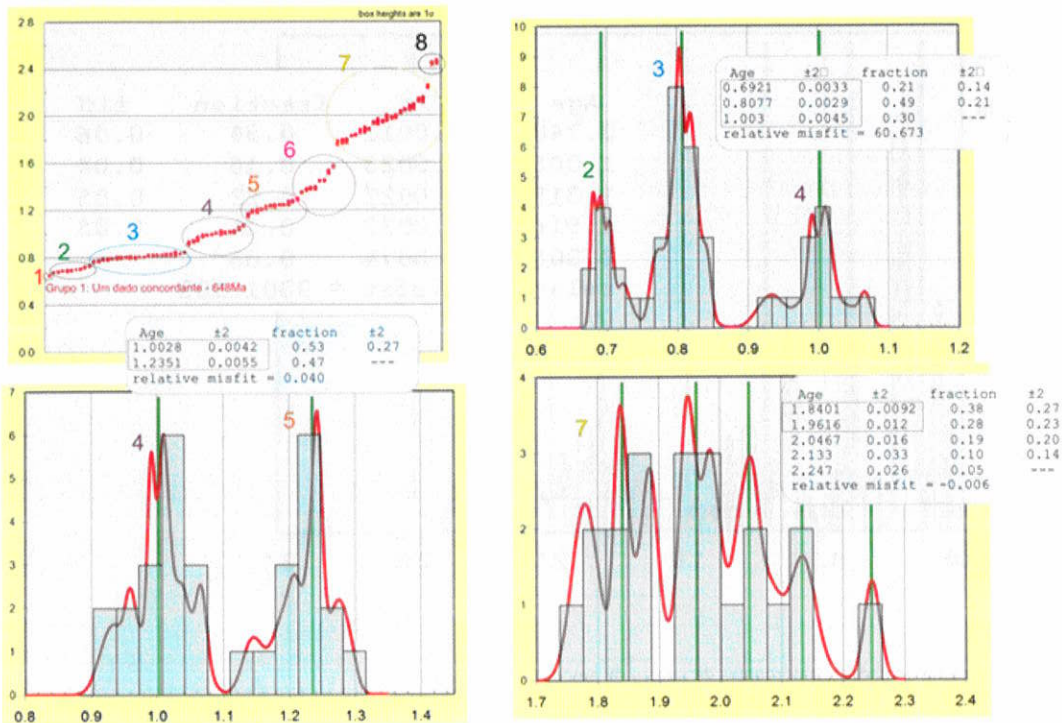


Figura 7.1.1.11: Distribuição das idades concordantes e histogramas de subpopulações da amostra NESG -1010.

### *Análises de borda*

As bordas desta amostra, analisadas em conjunto em diagrama concórdia, possuem idade de  $622 \pm 26$ Ma (intercepto inferior). Essa idade é próxima da idade média ponderada da população de borda mais expressiva, de  $627 \pm 1,5$ Ma.



Figura 7.1.1.12: Diagrama concórdia, histograma e distribuição de idades de borda da amostra NESG 1010.

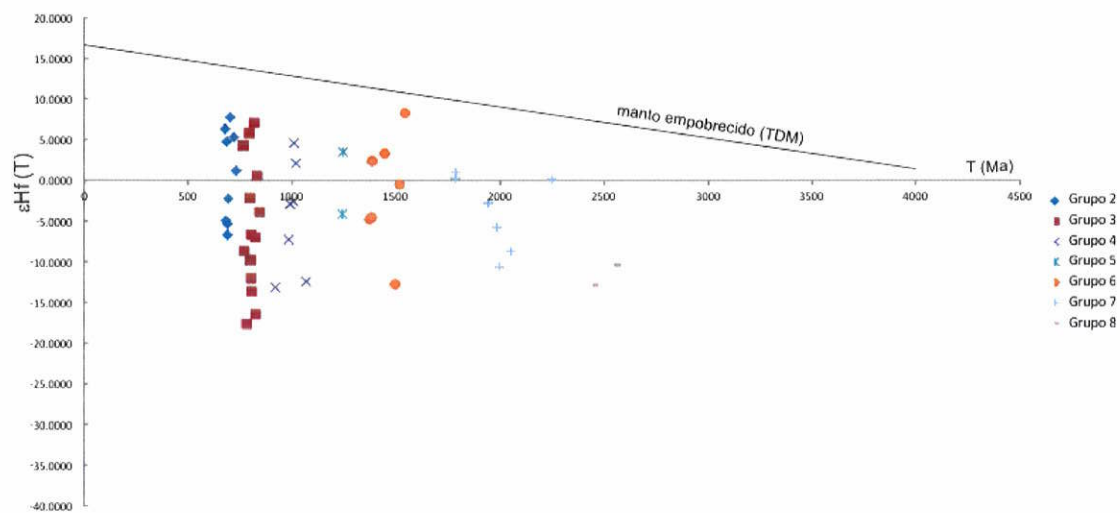


Figura 7.1.1.13: Dados Lu-Hf da amostra NESG 1010.

Valores de  $eHf(T)$  positivos ocorrem em 6 populações de zircões. A população mais jovem (Criogeniana, 692,1 ± 3,3 Ma) possui zircões muito positivos (até 7,83), e zircões moderadamente negativos (até -6,62), demonstrando a predominância de contribuição mantélica (crosta juvenil) na proveniência deste grupo de zircões. A população de 807,7 ± 2,9 Ma (também Criogeniana), maior e mais consistente agrupamento de idades, possui zircões muito positivos (até +7,14) até fortemente

negativos (-17,56), com predominância de valores negativos. Isto pode ser explicado pela contribuição de zircões tanto de rochas com contribuição mantélica quanto provenientes de rocha de fonte crustal.

A população do limite neo-mesoproterozóico (Toniano-Esteniano), com idades em torno de 1002.8±4.2Ma, possui apresentou desde valores fracamente positivos (máximo de +4,65) a fortemente negativos (mínimo de -13.06). Dois dados foram obtidos para a população Ectasiana (dados em zircoes de cerca de 1245 Ma), um positivo e outro fracamente negativo. A população Caliminiana, com idades em torno de 1570Ma, também possui expressiva concentração de eHf(T) positivo (até +8,33), que predominam sobre zircões fracamente a moderadamente negativos (de -4,46 a -12,67). Esta população é exótica ao cráton São Francisco.

Ocorrem ainda valores isolados de eHf (T) positivo em zircões de 1,8 e 2,3Ga.

#### **7.1.2. Amostra NESG-1434 (Biotita Xisto Cataguases)**

Foram datados 51 *spots* em 42 grãos de zircão, dentre os quais, após eliminadas as análises com alta discordância e/ou altos valores de Pb comum, restaram 38 análises com idades praticamente concordantes. Os grãos datados possuem majoritariamente formas prismáticas, com bordas subarredondadas. Em imagens de catoluminescência de raio X são evidentes núcleos pequenos, geralmente fragmentados, com bordas internas muito bem desenvolvidas, formada por zonações concêntricas escuras. Uma borda externa mais clara também é visível, porém de tamanho inferior ao *spot* do LA-ICPMS (aproximadamente 50 micras), não sendo possível analisá-las isoladamente.



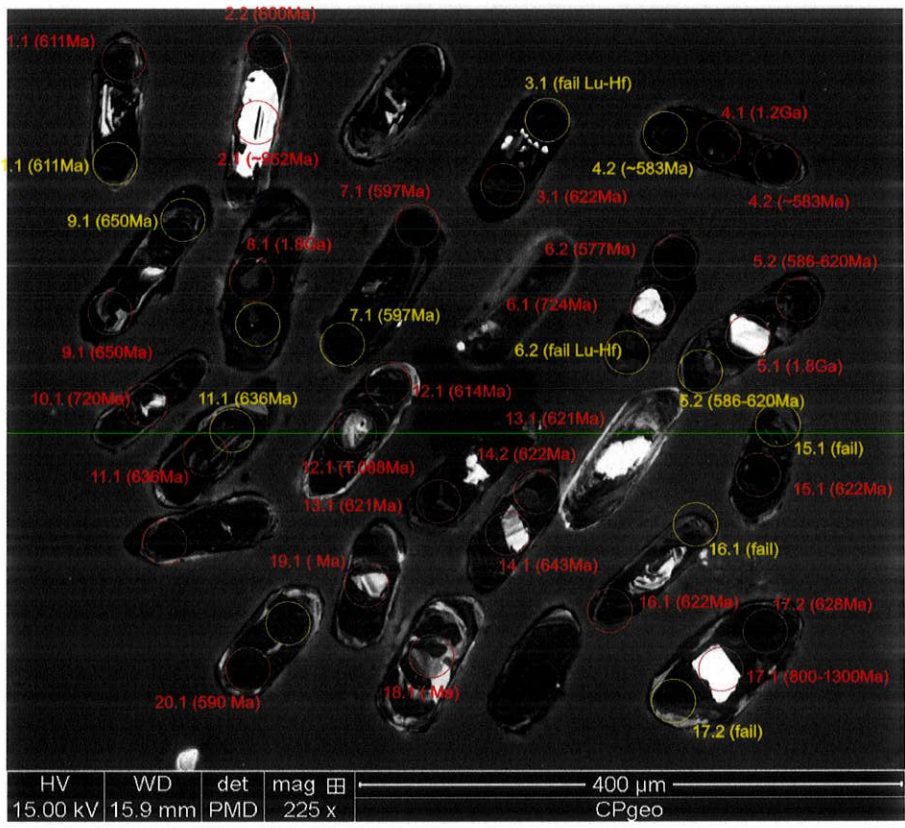


Figura 7.1.2.1: Imagem de catodo luminescência de raio X de zircões da amostra NESG 1434. Em vermelho, análises U-Pb, em amarelo, análises Lu-Hf.

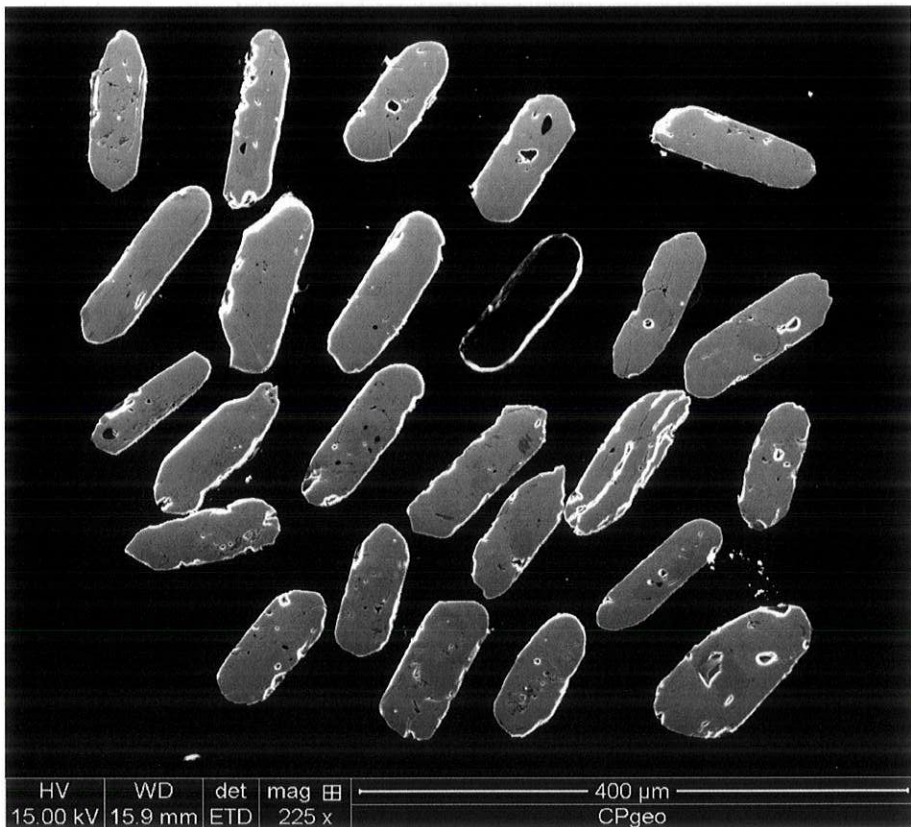


Figura 7.1.2.2: Imagem de elétrons secundários de zircões (e uma apatita, em preto) da amostra NESG 1434.

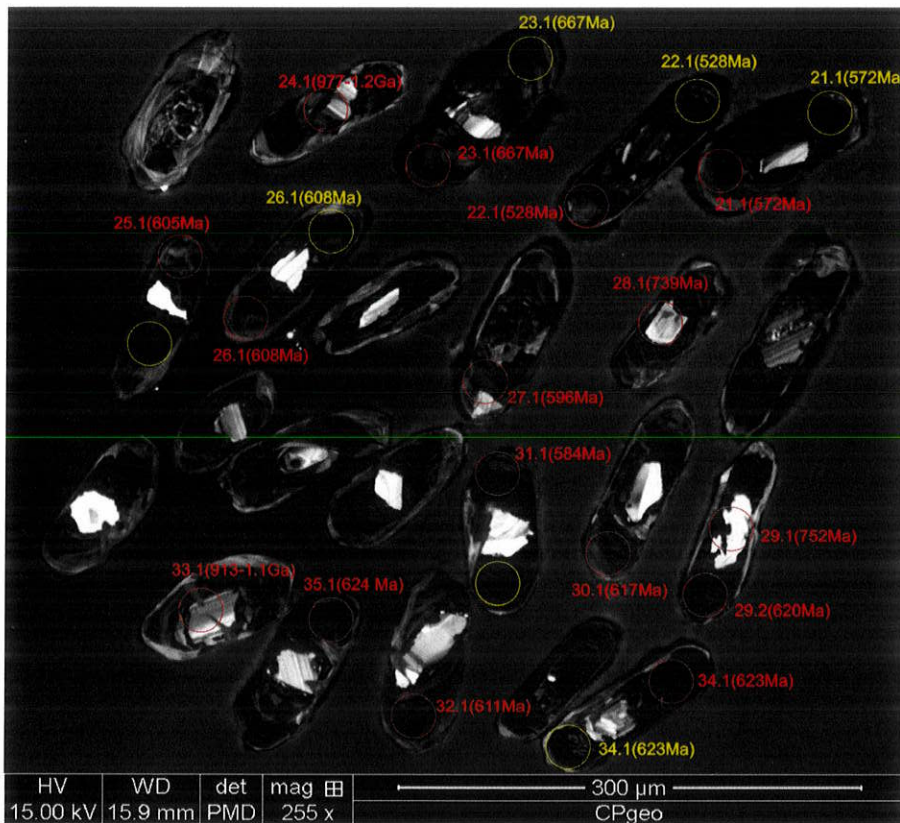


Figura 7.1.2.3: Imagem de catodo luminescência de raio X de zircões da amostra NESG 1434. Em vermelho, análises U-Pb, em amarelo, análises Lu-Hf.

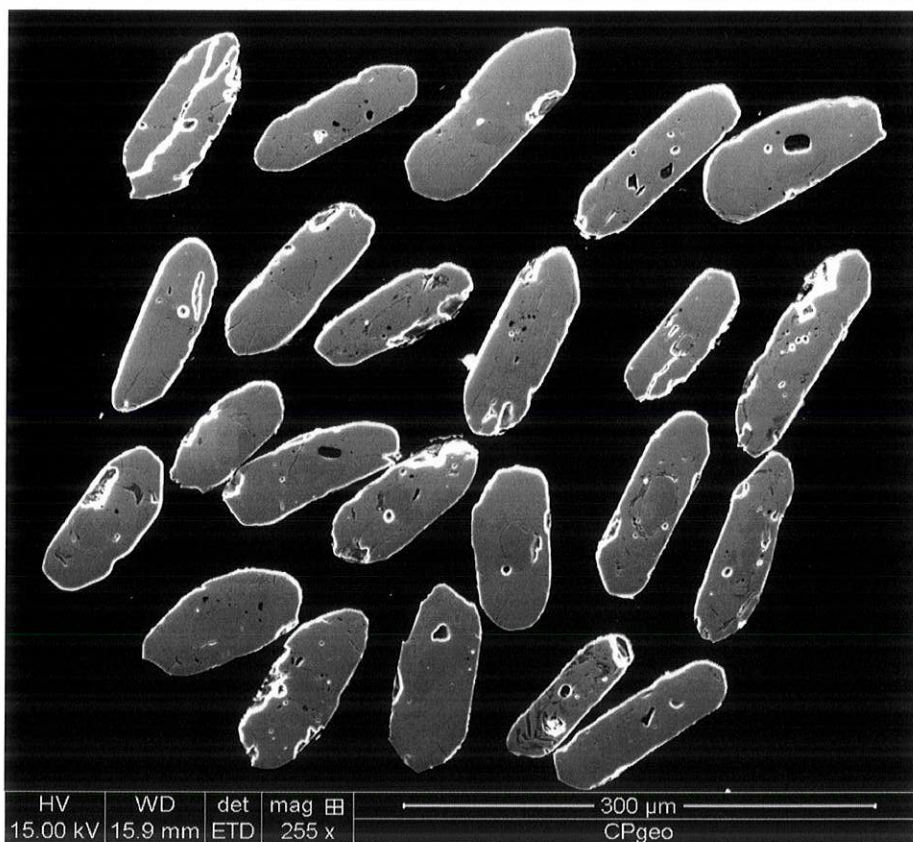


Figura 7.1.2.4: Imagem de elétrons secundários de zircões da amostra NESG 1434.

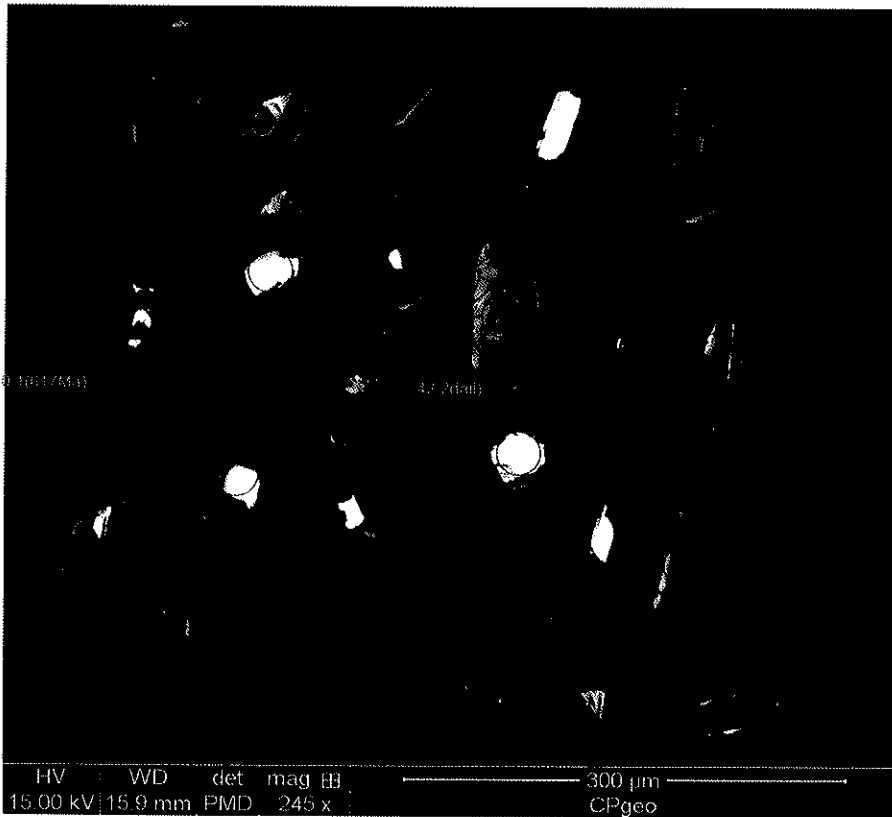


Figura 7.1.2.5: Imagem de catodo luminescência de raio X de zircões da amostra NESG 1434. Em vermelho, análises U-Pb, em amarelo, análises Lu-Hf.

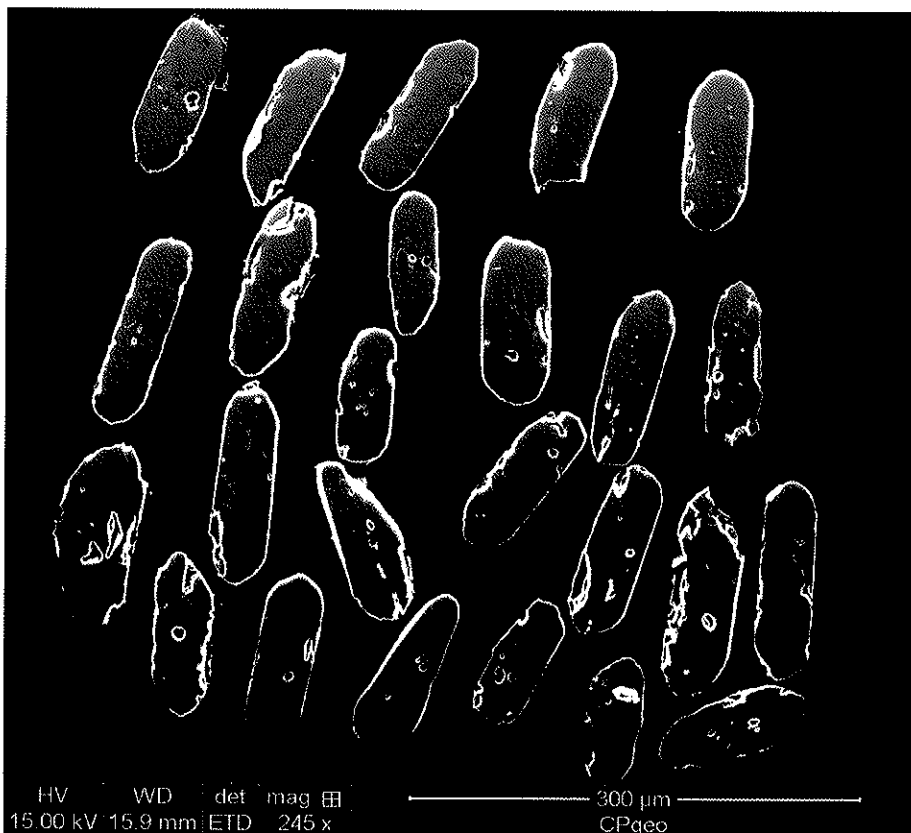


Figura 7.1.2.6: Imagem de elétrons secundários de zircões da amostra NESG 1434.

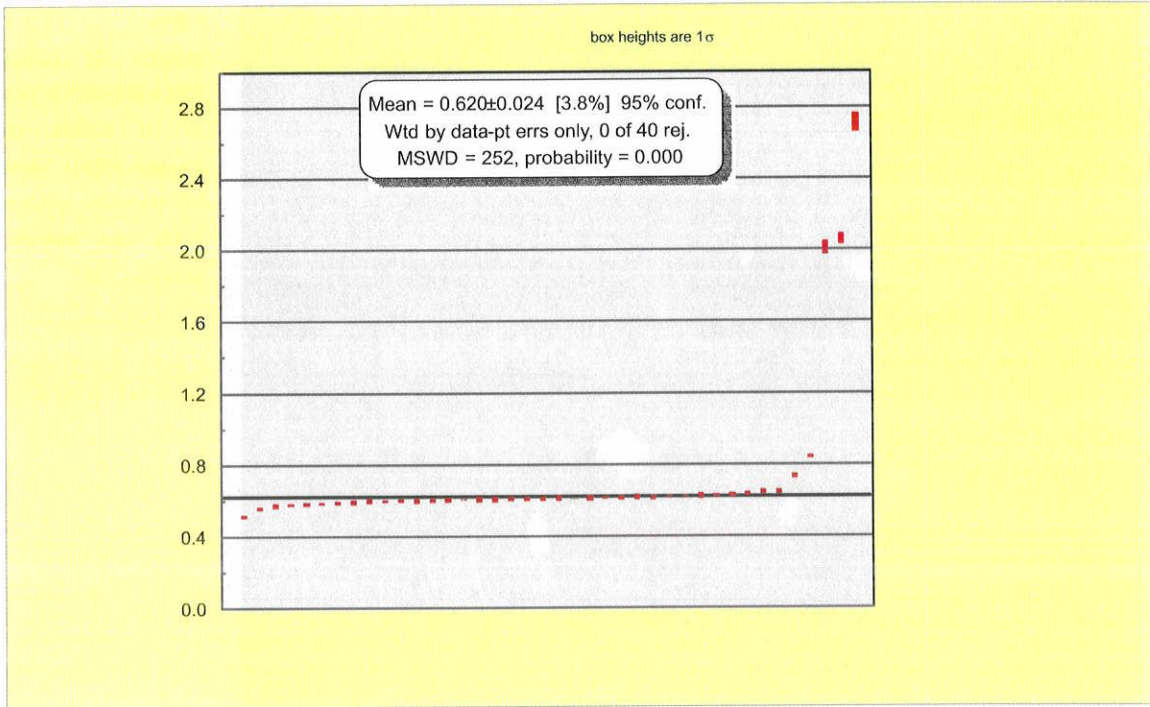


Figura 7.1.2.7: Distribuição de todas as idades obtidas na amostra NESG 1434.

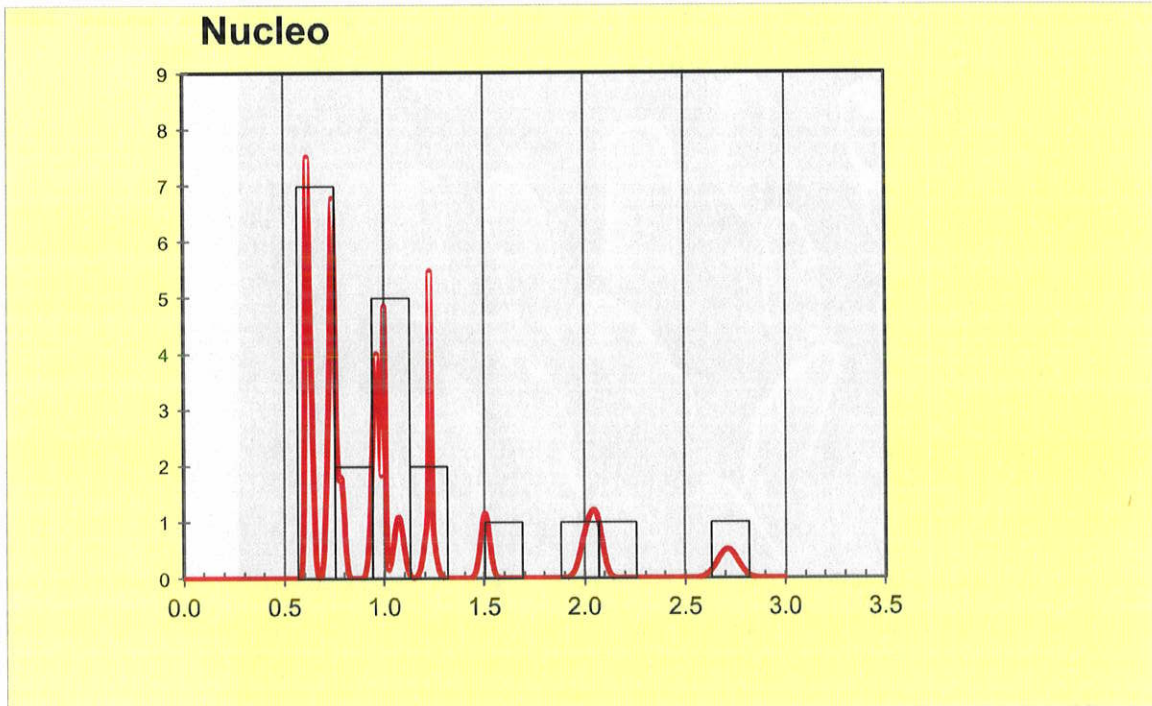


Figura 7.1.2.8: Histograma das idades de núcleo da amostra NESG 1434.

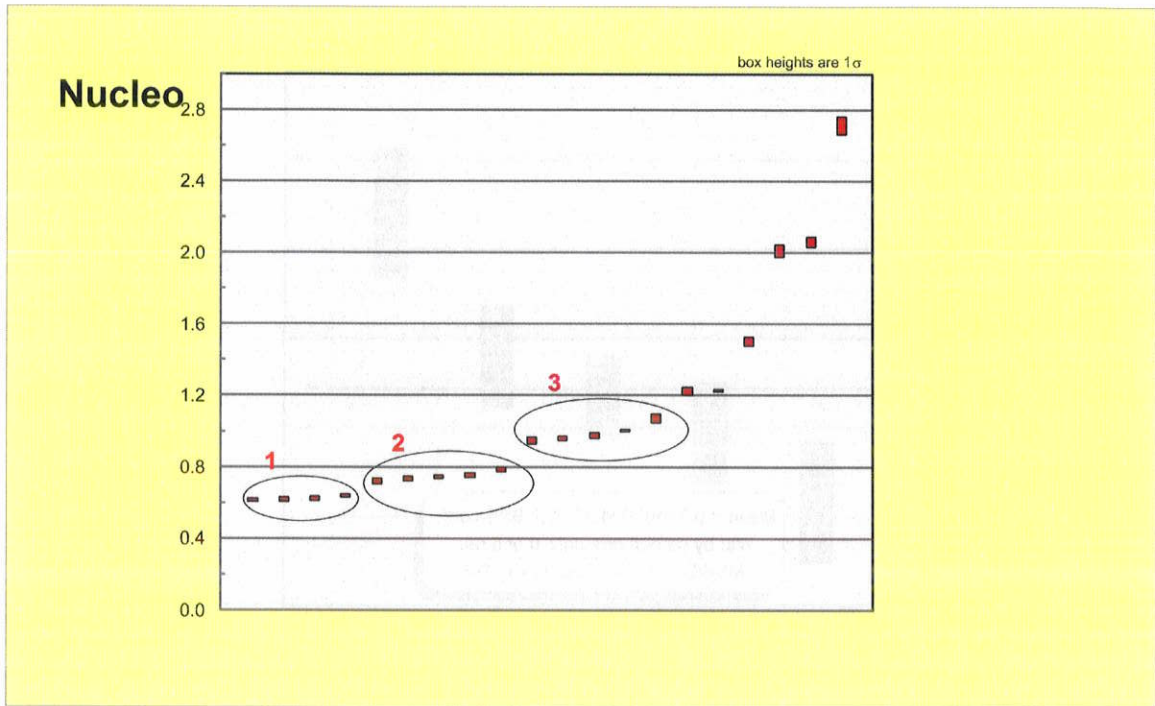


Figura 7.1.2.9: Distribuição das idades de núcleo da amostra NESG 1434.

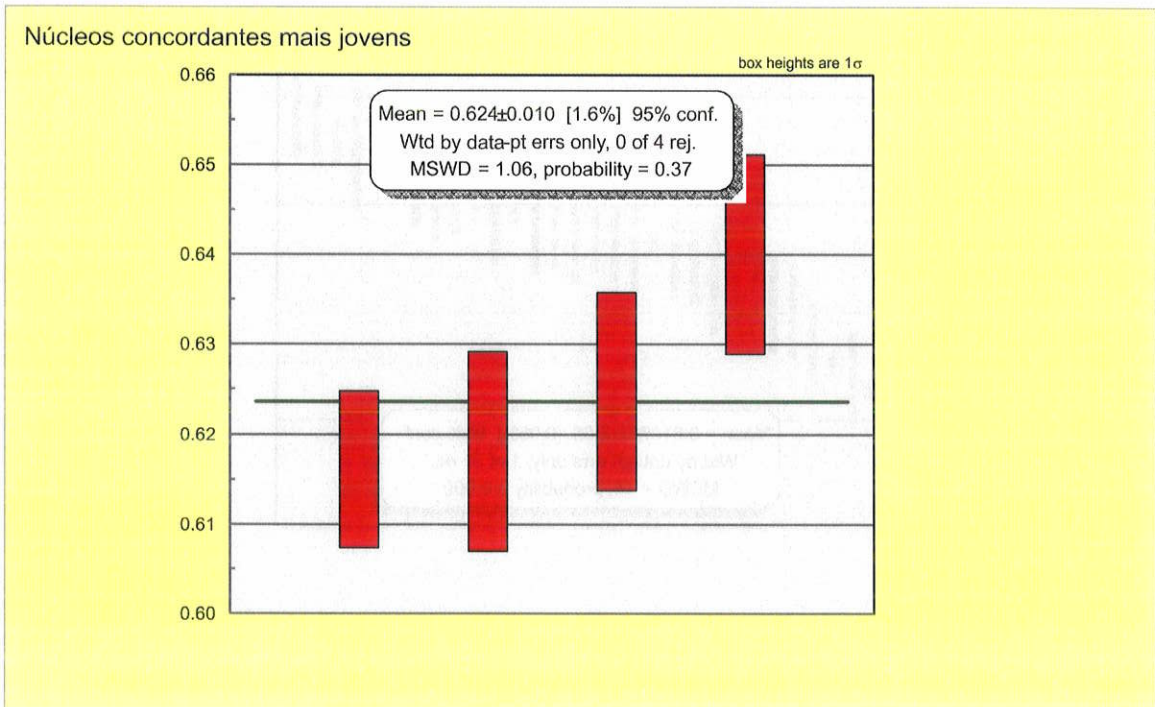


Figura 7.1.2.10: Distribuição das idades de núcleo mais jovens da amostra NESG 1434 e idade média ponderada calculada.

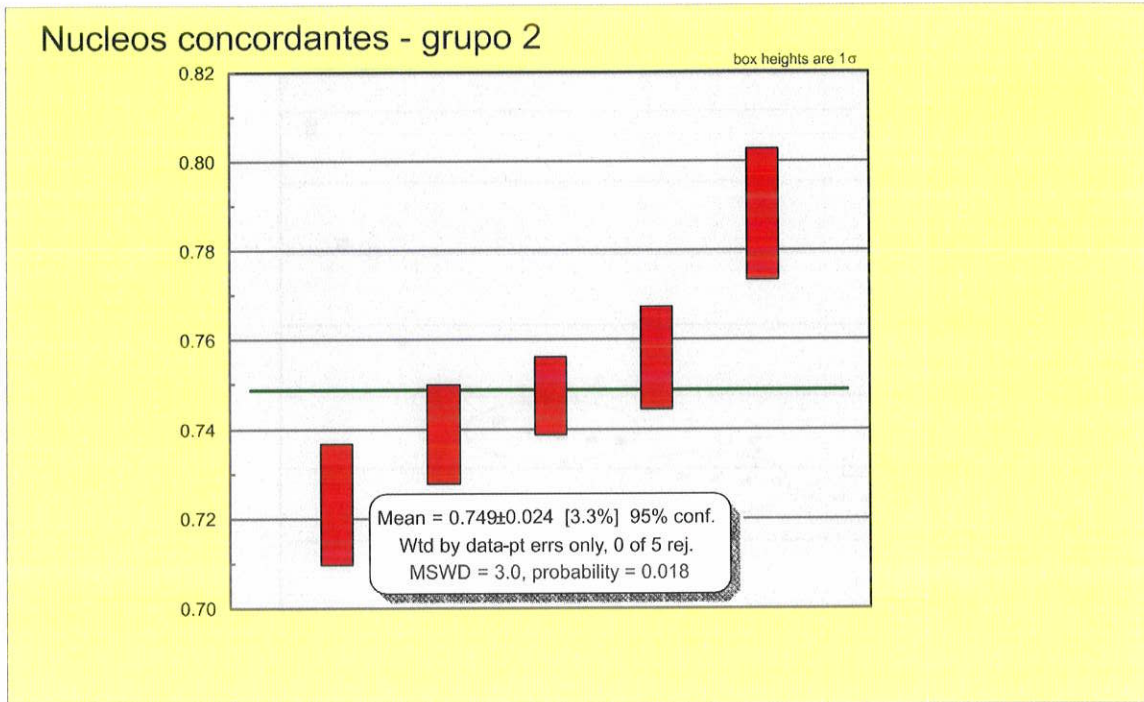


Figura 7.1.2.11: Distribuição das idades de núcleo do grupo 2 da amostra NESG 1434 e idade média ponderada calculada.

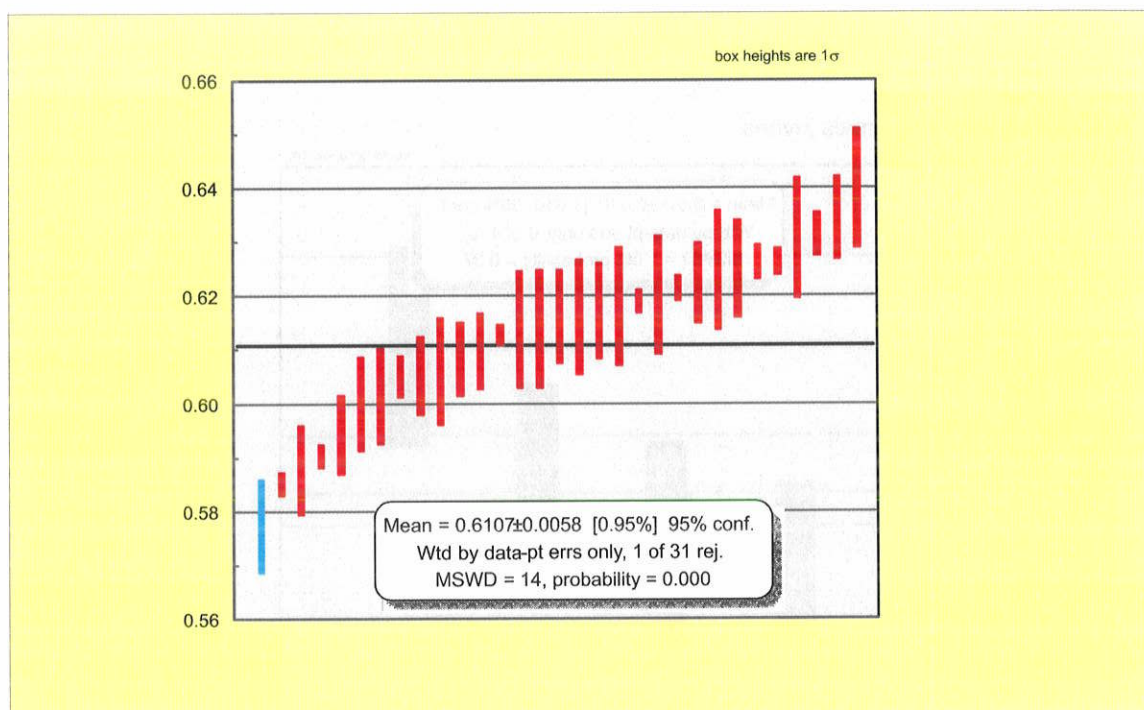


Figura 7.1.2.12: distribuição de idades de borda metamórfica da amostra NESG 1434 e idade média ponderada calculada.

As quatro idades mais jovens de núcleo possuem média ponderada de 624Ma (indicadas pelo numero 1 na figura Figura 7.1.2.9). Cinco idades possuem média ponderada de 749 Ma (indicadas pelo numero 2 na figura Figura 7.1.2.9). O

agrupamento 3 é mais espalhado, em torno de 1,0Ga. Ocorrem idades mais antigas no intervalo de 1,2Ga, 1,5Ga, 2,05Ga. A idade de núcleo mais antiga é de 2,713Ga.

As bordas bem desenvolvidas forneceram idades agrupadas variando de 521Ma a 657Ma, com idade média ponderada de 610,7Ma (figura 7.1.25).

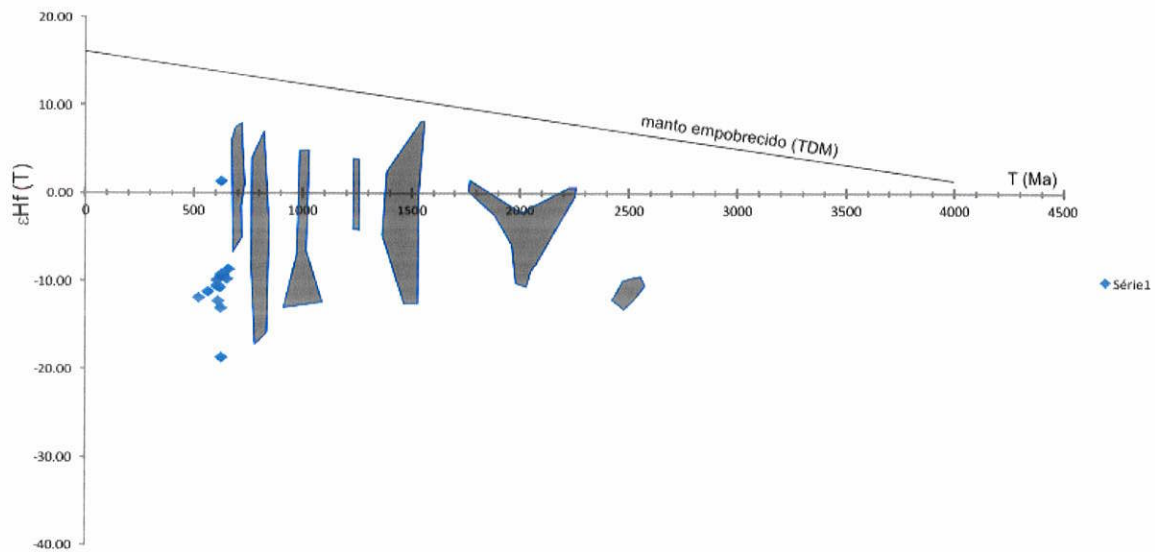


Figura 7.1.2.13: Dados Lu-Hf da amostra NESG 1434. Campos marcados correspondem aos zircões da amostra NESG 1010.

A população Criogeniana (626Ma) apresenta um zircão com eHf(T) fracamente positivo (+1,39), e a maioria dos valores são fortemente negativos, (em torno de -10, com mínimo de -18,59).

### 7.1.3 Amostra NESG-1552 (Anfibolito)

Foram datados 65 *spots* em 40 grãos de zircões. As formas dos zircões variam de subarredondados a, predominantemente, prismático, com bordas retas a subarredondadas. Nas imagens de catodoluminescência, nota-se em diversos grãos um núcleo composto, com centro escuro e manto com zonação oscilatória. As bordas são bastante evidentes, com anéis claros definido em quase todos os grãos (exceto em dois, prismáticos com borda escura), porém de tamanho reduzido, de difícil análise devido ao tamanho do *spot* do LA-ICPMS.

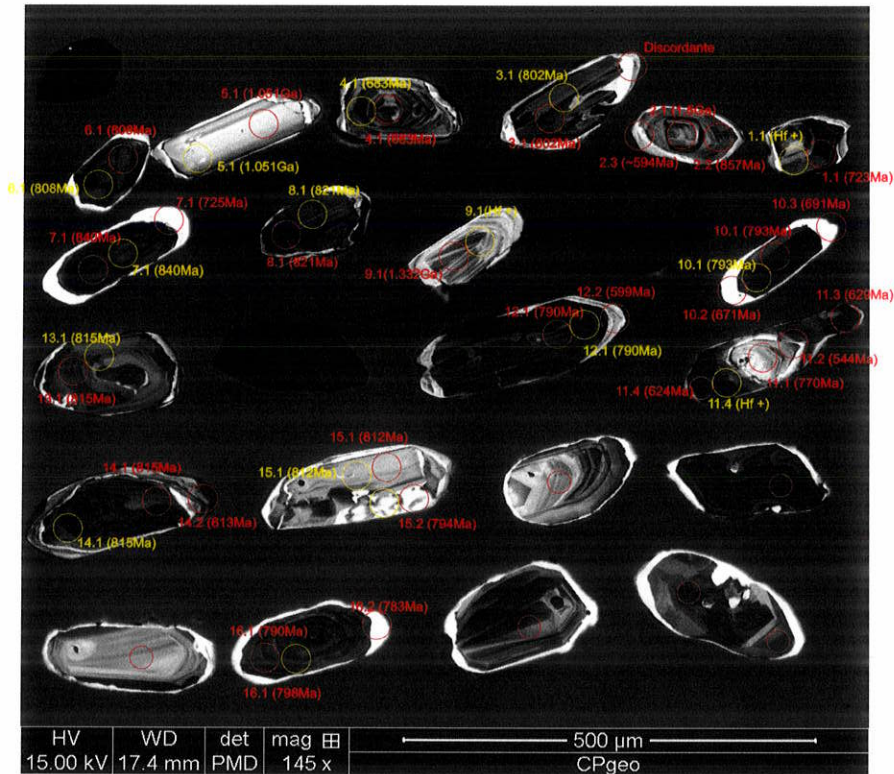


Figura 7.1.3.1: Imagem de catodo luminescência de raio X de zircões (e algumas apatitas) da amostra NESG 1552. Em vermelho, análises U-Pb, em amarelo, análises Lu-Hf.

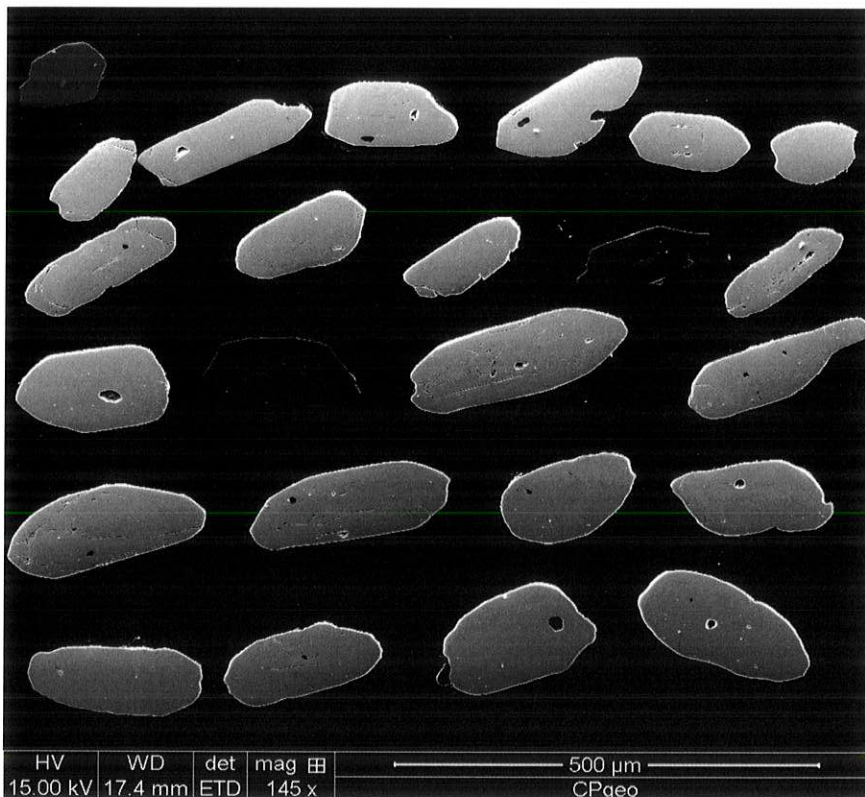


Figura 7.1.3.2: Imagem de elétrons secundários de zircões da amostra NESG 1434.



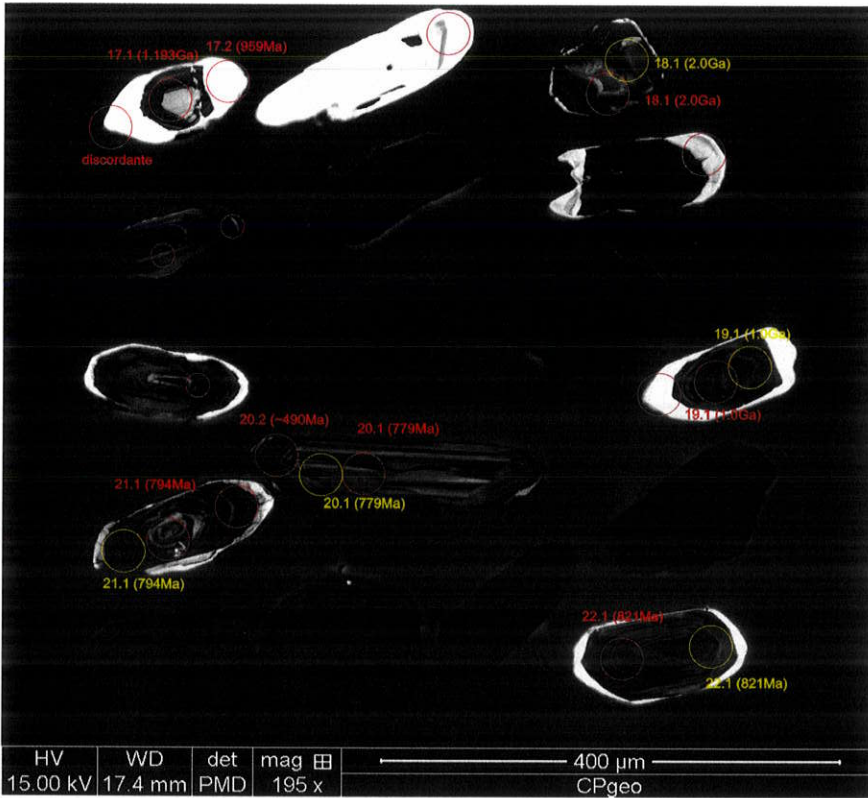


Figura 7.1.3.3: Imagem de catodo luminescência de raio X de zircões (e algumas apatitas) da amostra NESG 1552. Em vermelho, análises U-Pb, em amarelo, análises Lu-Hf.

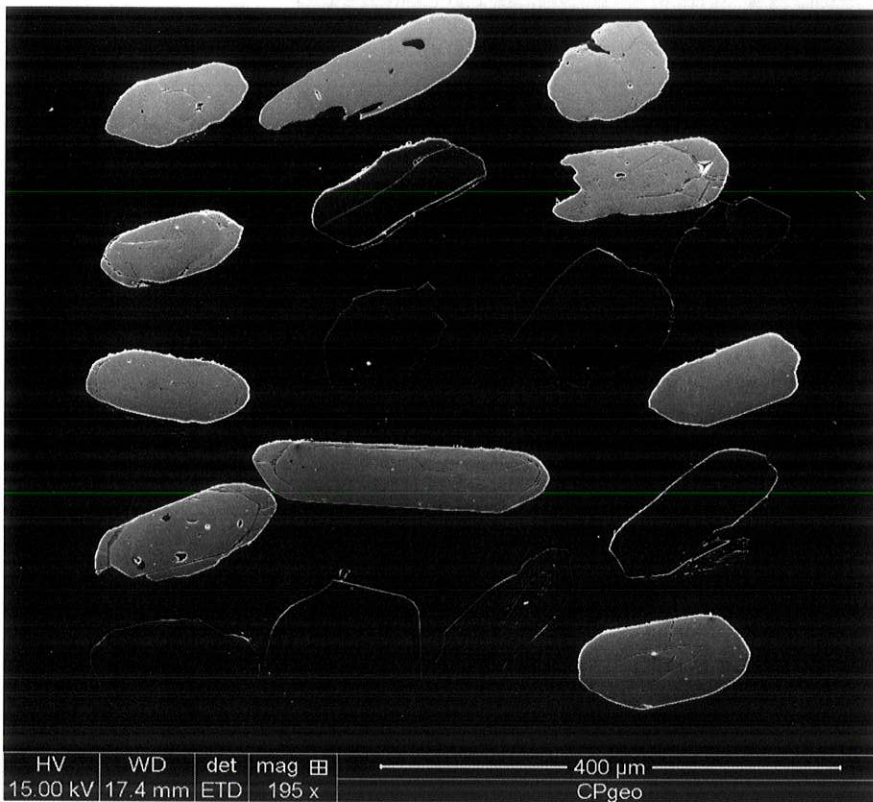


Figura 7.1. 3.4: Imagem de elétrons secundários de zircões da amostra NESG 1434.

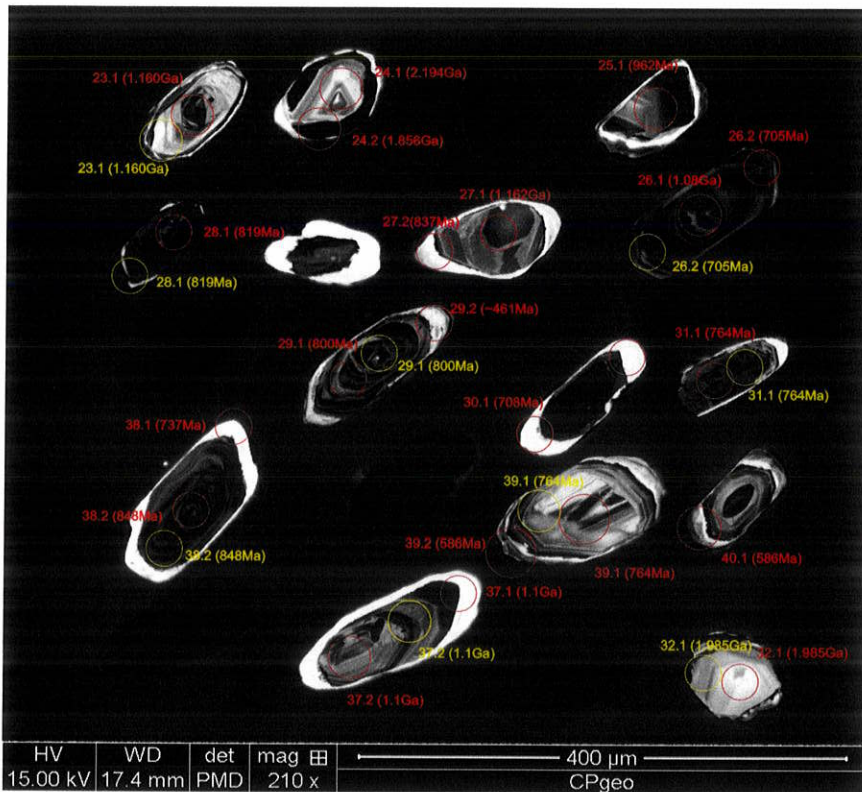


Figura 7.1. 3.5: Imagem de catodo luminescência de raio X de zircões (e algumas apatitas) da amostra NESG 1552. Em vermelho, análises U-Pb, em amarelo, análises Lu-Hf.

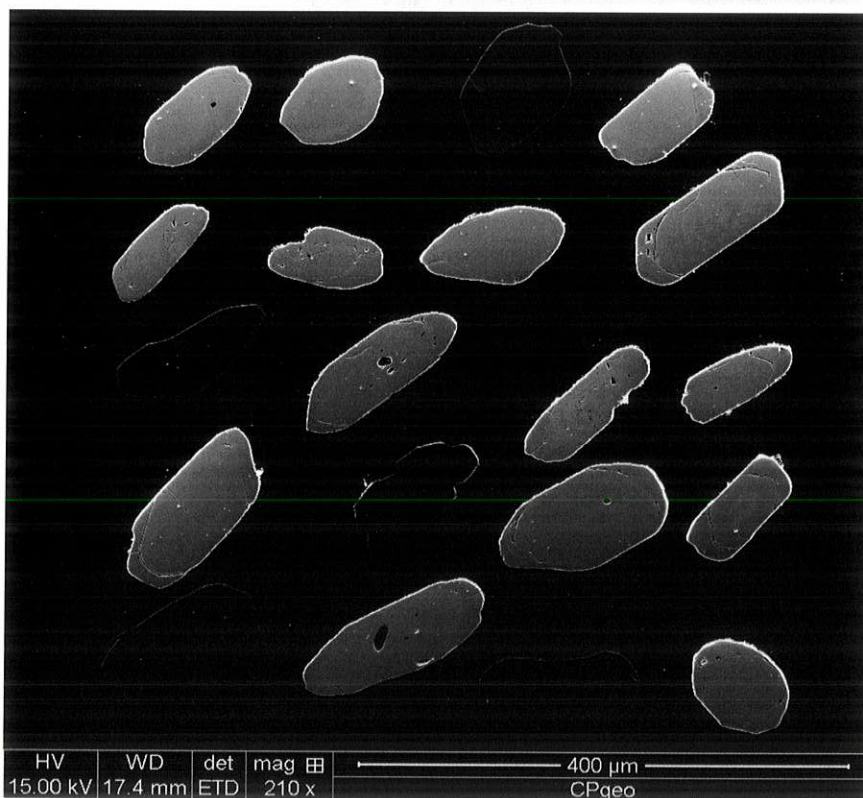


Figura 7.1. 3.6: Imagem de elétrons secundários de zircões da amostra NESG 1434.

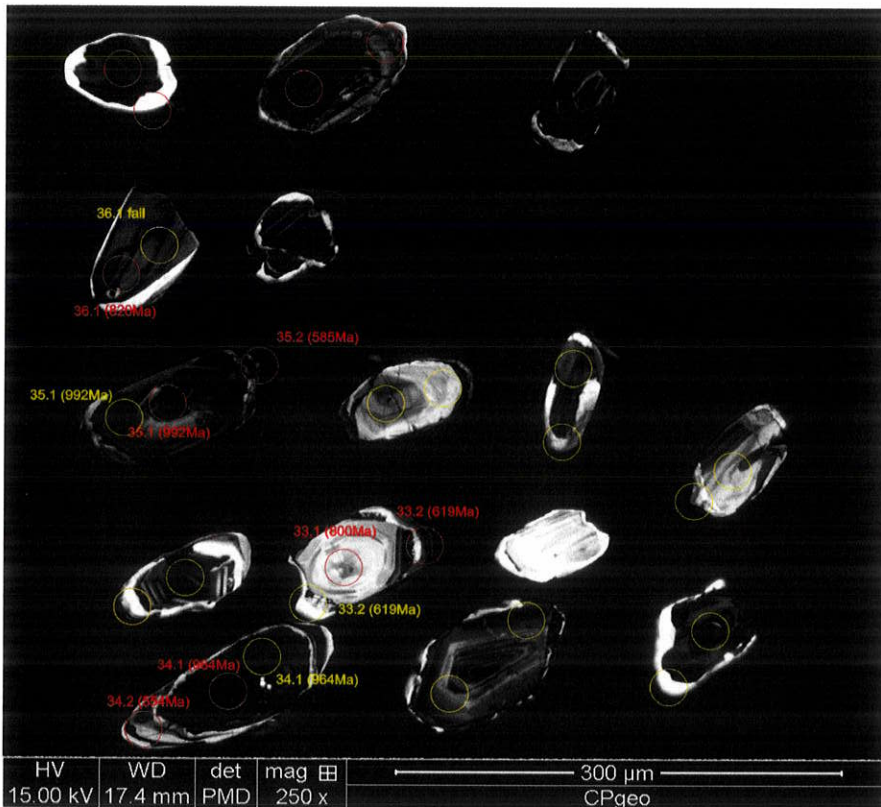


Figura 7.1. 3.7: Imagem de catodo luminescência de raio X de zircões (e algumas apatitas) da amostra NESG 1552. Em vermelho, análises U-Pb, em amarelo, análises Lu-Hf.

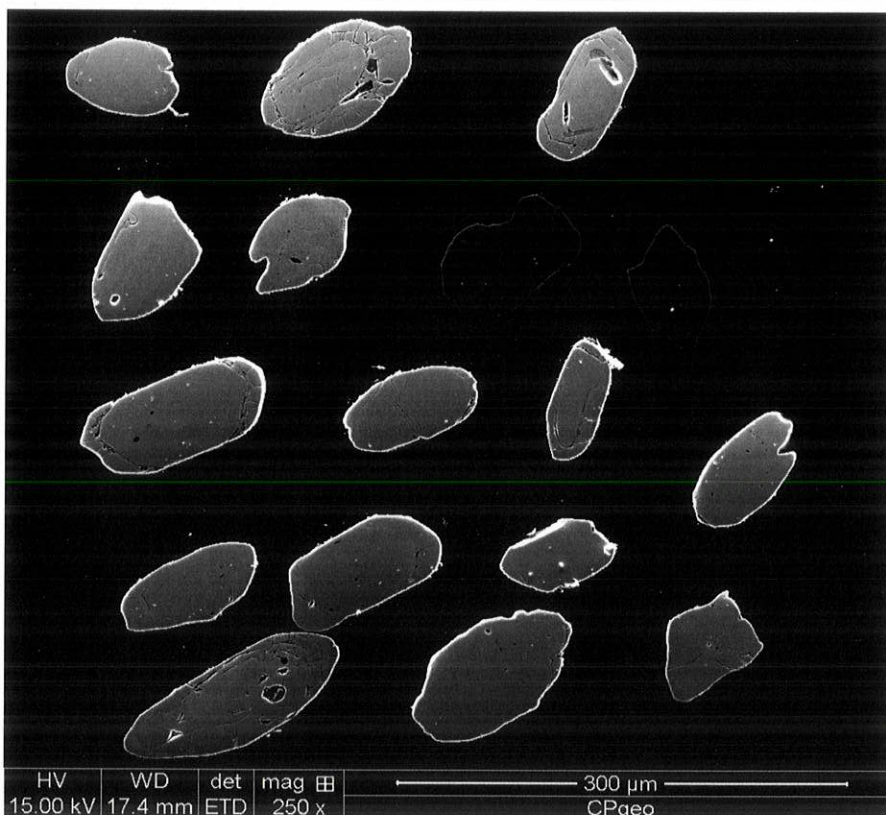


Figura 7.1. 3.8: Imagem de elétrons secundários de zircões da amostra NESG 1434.

As idades obtidas foram divididas em 3 grupos: idades de núcleos, idades de borda, e idades de borda mais núcleo, sem significado geológico.

Em diagrama concórdia utilizando todos os dados (figura 7.1.35), pode-se construir um intercepto inferior em  $752 \pm 45$  Ma. Os dados de núcleo estão em azul, os de borda estão em vermelho, e os de borda+núcleo estão na cor laranja. Nota-se que a idade construída é intermediária entre a maioria das idades de núcleo mais jovens (azul) e a maioria das idades de borda mais jovens (vermelho e laranja). Pode-se observar também 4 populações principais de idades de núcleo: a mais jovem com dados concordantes, próxima ao intercepto inferior, um segundo agrupamento de dados relativamente mais discordantes em torno de 1300 Ma, um dado isolado em 1500 Ma e dois dados mais antigos, em torno de 2,0 Ga.

Diagrama concórdia utilizando apenas os dados de núcleo mais concordantes (figura 7.1.36) produz intercepto superior em  $2059 \pm 83$  Ma, correspondente a zircões herdados. O intercepto inferior produziu idade de  $809 \pm 46$ .

A população intermediária, com  $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$  entre 2 e 3, se analisada isoladamente em diagrama concórdia ancorado em  $618 \pm 10$  Ma produz intercepto superior em  $1370 \pm 170$  Ma, correspondendo a população mesoproterozóica de zircões herdados.

O histograma de idades de núcleo (figura 7.1.37) exhibe como população mais representativa a de idade em torno de 800 Ma. Considerando as médias de idades ponderadas (figura x), as idades de núcleo mais jovens concentram-se em  $783 \pm 1,4$  Ma. Utilizando apenas as idades de núcleo mais jovens, chegou-se a diagrama concórdia ancorado em  $2059 \pm 83$  (figura 7.1.36), com intercepto inferior em  $784 \pm 14$  Ma, sendo esta a idade dos núcleos mais jovens.

Todos os dados

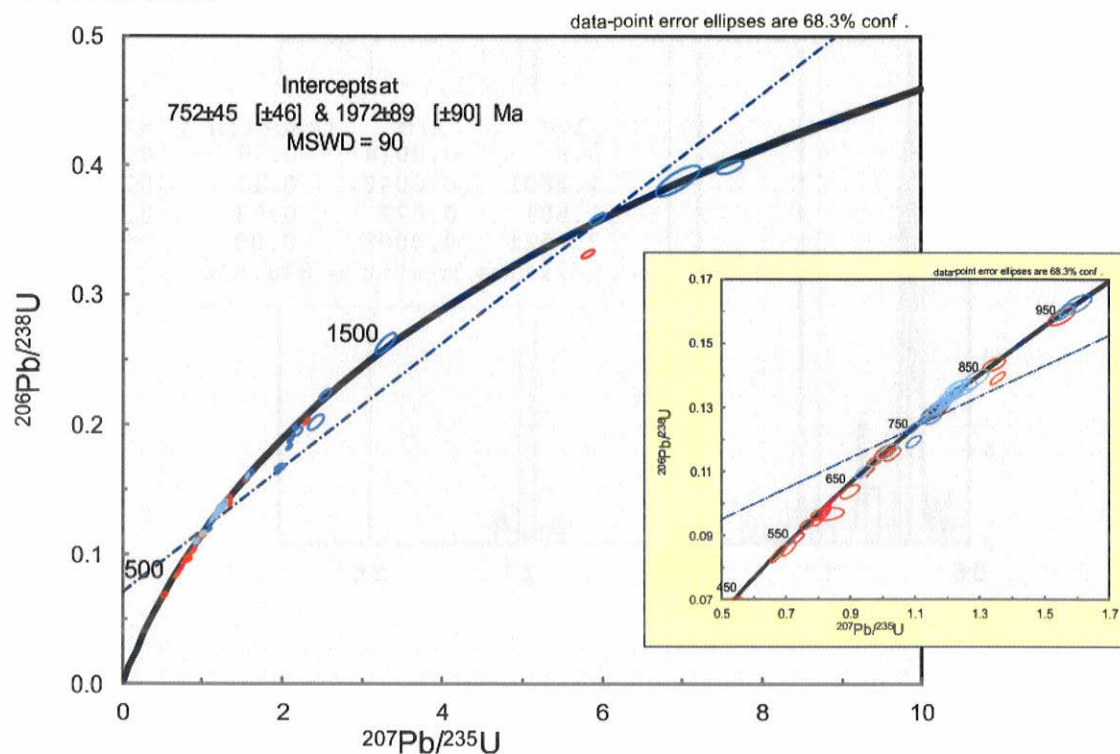


Figura 7.1.3.9: Diagrama concórdia de todos os zircões da amostra NESG 1552, com destaque para o intervalo de 450 a 1000Ma.

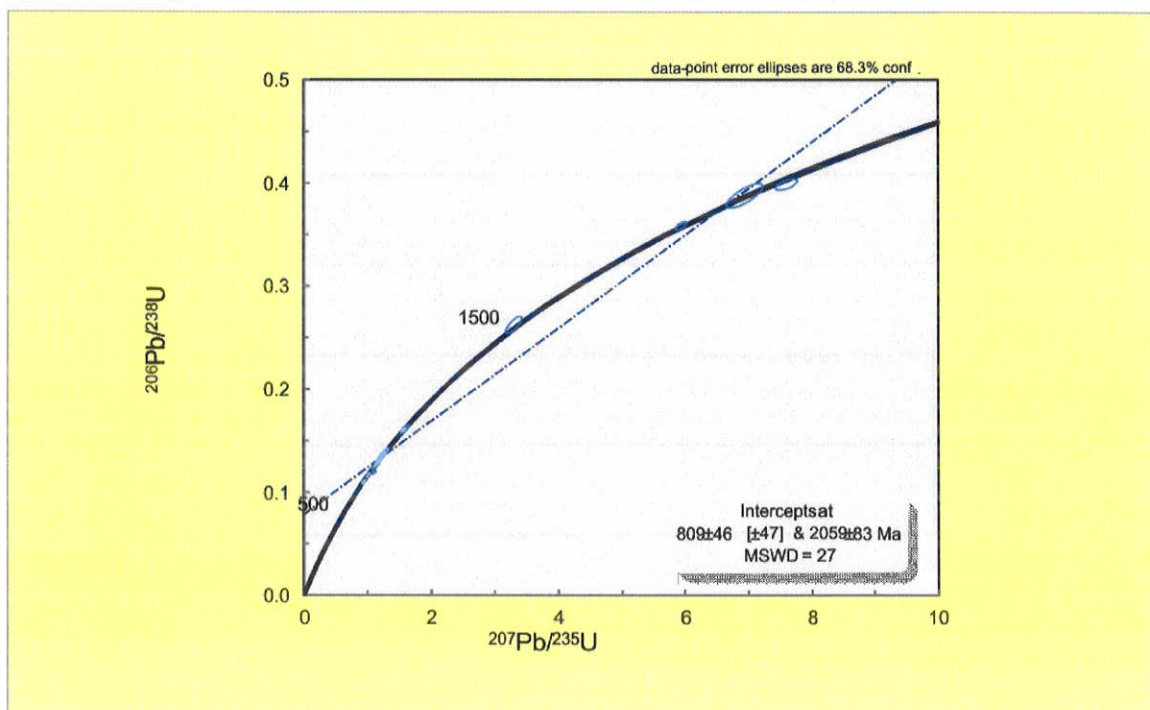


Figura 7.1.3.10: Diagrama concórdia dos zircões concordantes de núcleo da amostra NESG 1552.

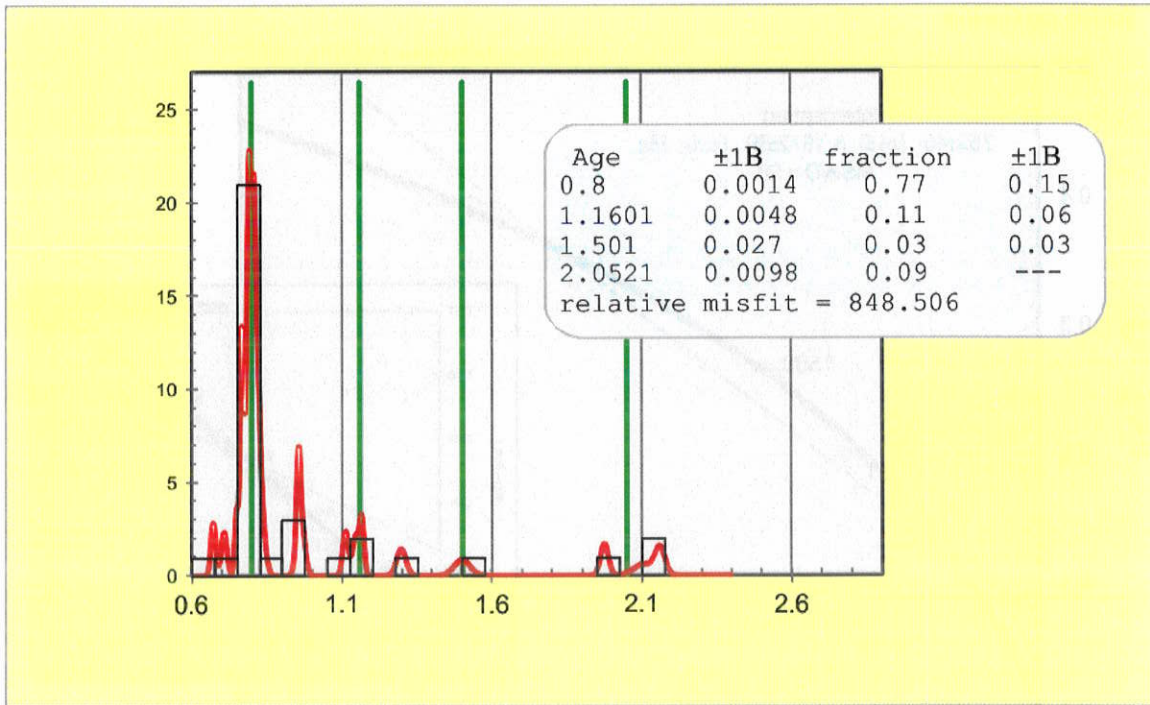


Figura 7.1.3.11: Histograma de idades concordantes de núcleo da amostra NESG 1552.

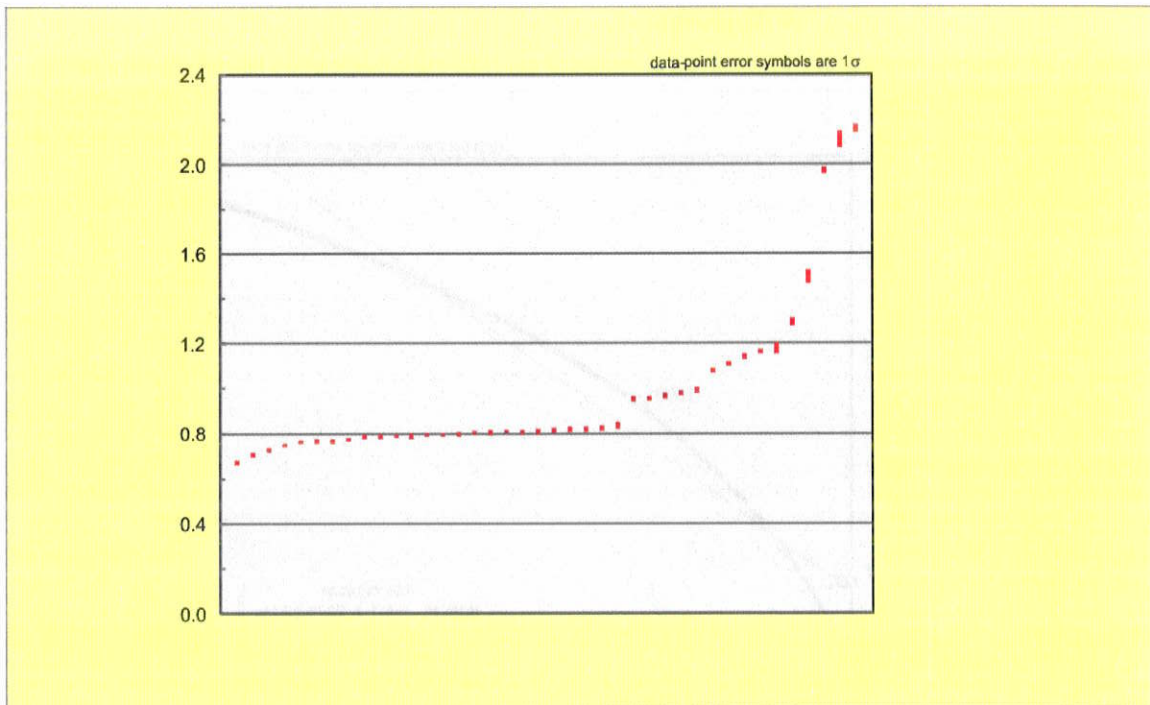


Figura 7.1.3.12: Distribuição de idades de núcleo da amostra NESG 1552.

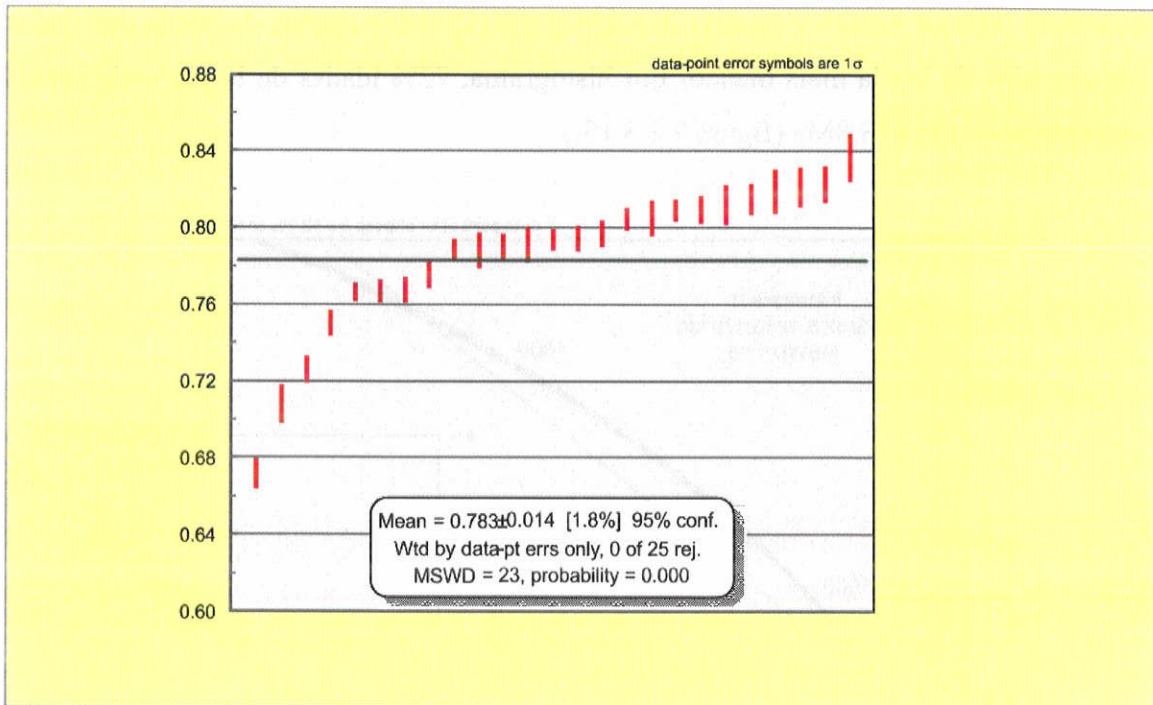


Figura 7.1.3.13: Distribuição de idades de núcleo mais jovens da amostra NESG 1552, e idade média ponderada calculada.

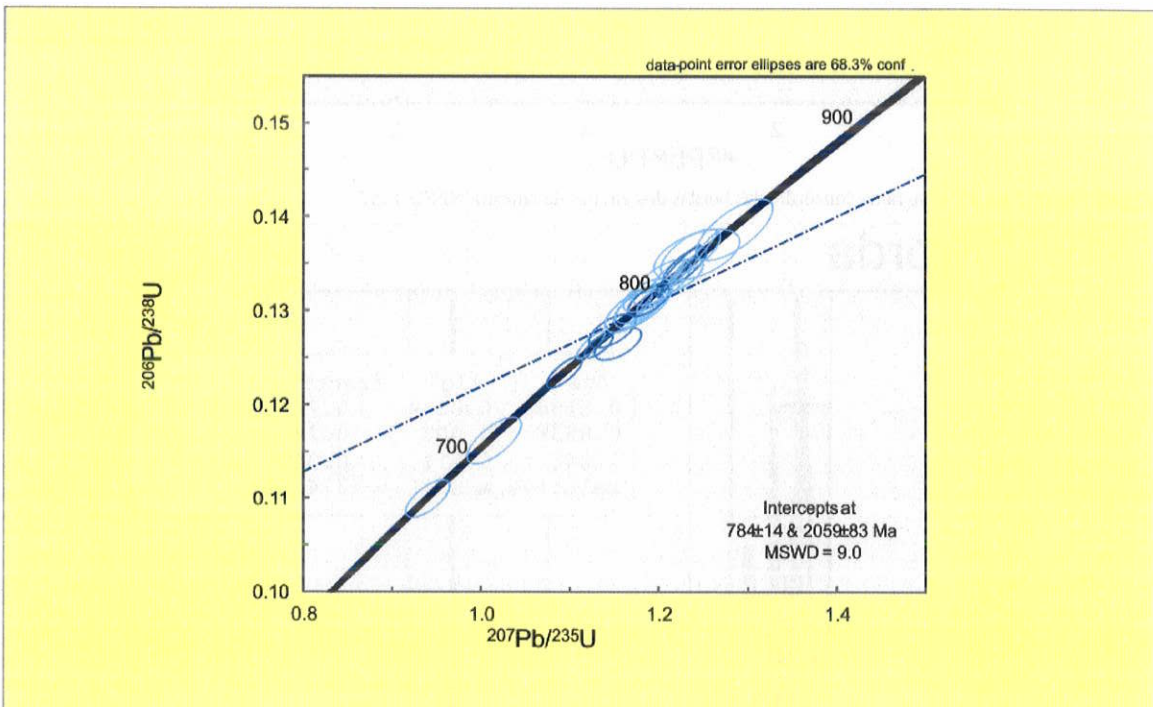


Figura 7.1.3.14: Diagrama concórdia dos núcleos mais jovens de zircões da amostra NESG 1552.

Os dados de borda em muitos casos foram obtidos com a ablação de fases diferentes (núcleo + borda) amostradas pelo *laser*. Nos dados obtidos, um espalhamento de idades jovens possivelmente reflete esta dificuldade. No diagrama concórdia construído com todos os dados de borda e de borda mais núcleo (figura 7.1.41.), o intercepto inferior fornece a idade de  $645 \pm 62$  Ma. Visualmente, nota-se que a o

intercepto inferior separa a maioria dos dados considerados apenas de borda dos dados considerados de borda mais núcleo. Em histograma, 72% idades de borda mais jovens concentram-se em 618,8Ma (figura 7.1.3.15.).

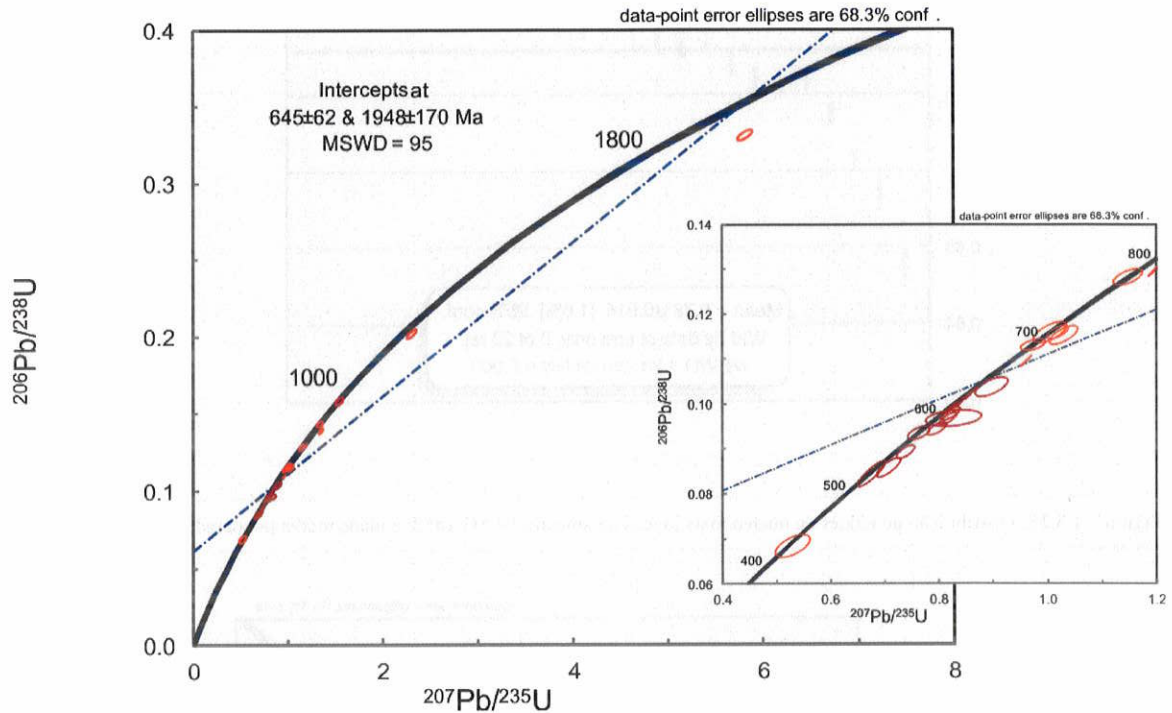


Figura 7.1.3.15: Diagrama concórdia das bordas dos zircões da amostra NESG 1552.

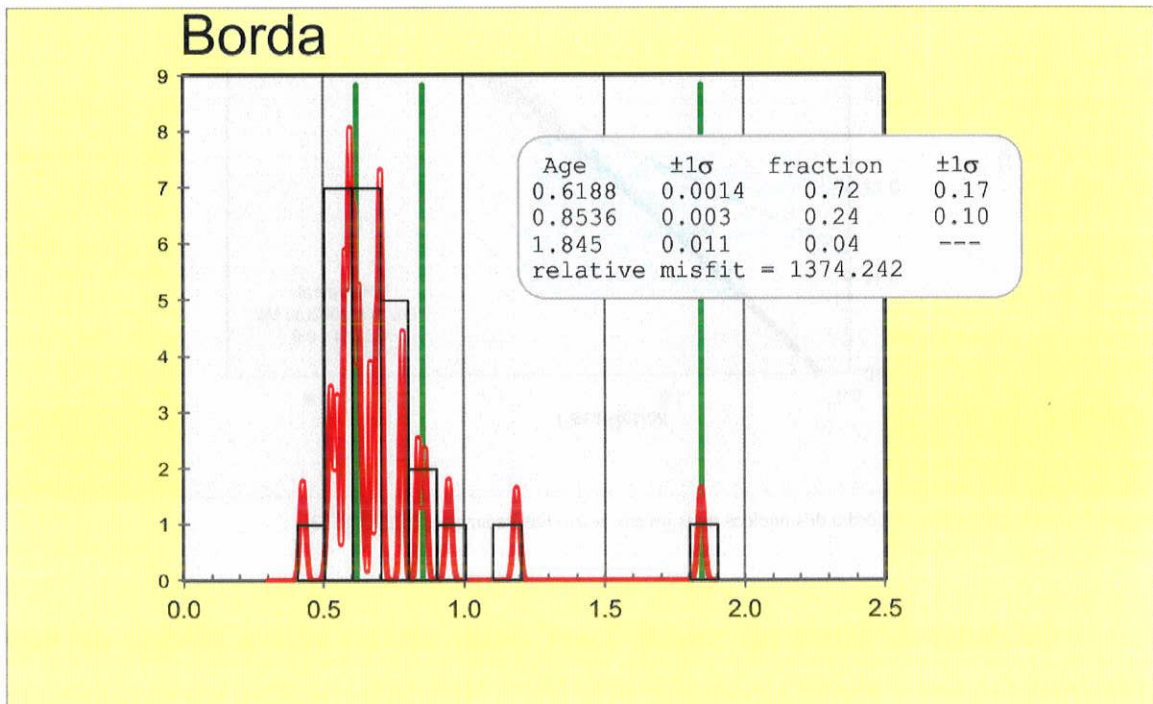


Figura 7.1.3.16: Histograma de idades das bordas dos zircões da amostra NESG 1552.



#### 7.1.4. Amostra NESG-1447 - Xisto Serra da Boa Vista

Foram datados 39 *spots* em 34 grãos detriticos de zircão, dentre os quais, após eliminadas as análises com alta discordância e/ou altos valores de Pb comum, restaram 28 análises com idades praticamente concordantes.

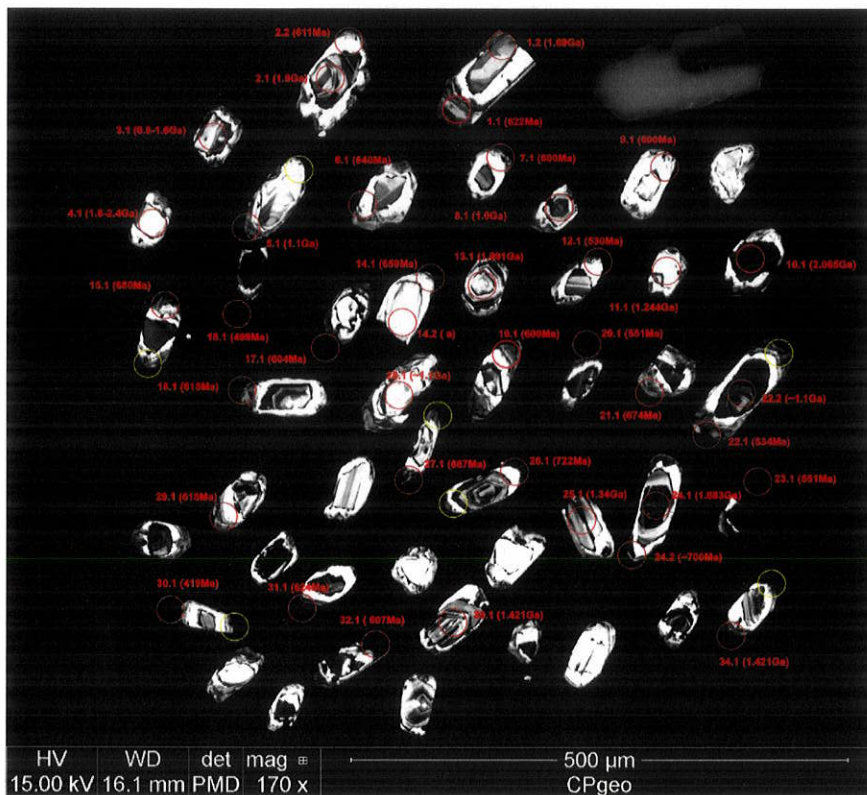


Figura 7.1.4.1: Imagem de catodo luminescência de raio X de zircões da amostra NESG 1447. Em vermelho, análises U-PB, em amarelo, spots de análises que não produziram bom resultado..

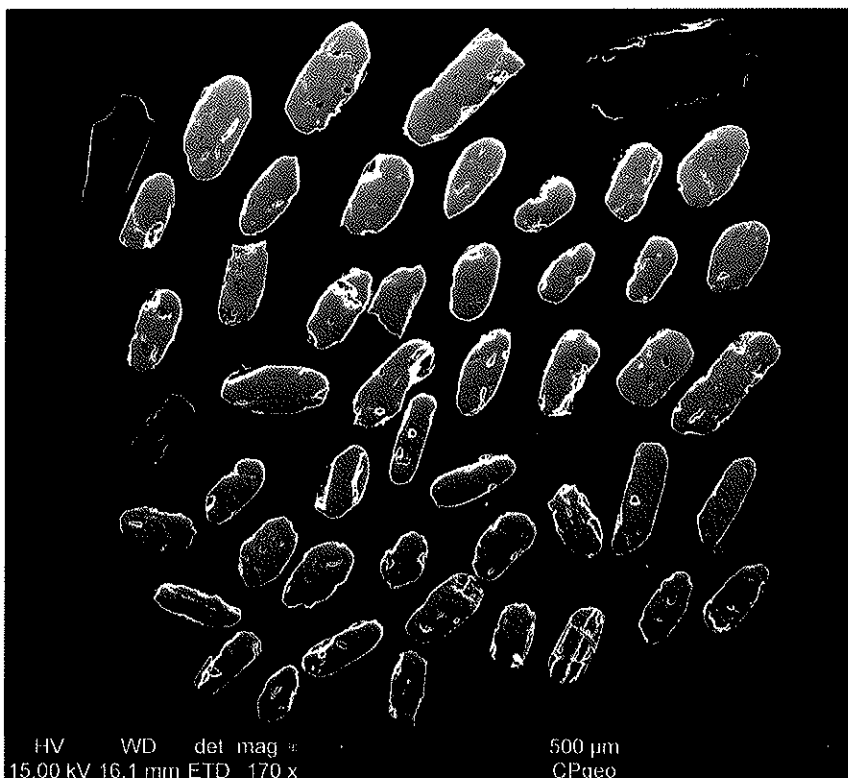


Figura 7.1.4.2: Imagem de elétrons secundários de zircões da amostra NESG 1447.

Os zircões datados variam de subarredondados a prismáticos com bordas arredondadas. Nas imagens de catodoluminescência, é visível o zoneamento interno dos grãos. A predominância é de grãos com núcleos mais escuros, com bordas bem desenvolvidas, de duas colorações. A borda mais exterior invariavelmente é escura, com uma borda branca mais interna em torno dos núcleos fragmentados dos grãos.

A presença de uma segunda borda escura que ocorre invariavelmente nos grãos imageados, o arredondamento de todos os grãos e os dados U/Th da amostra SNA 125 (na serra da Boa Vista, a sul da área de trabalho), que possui grãos semelhantes, cuja razão U/Th demonstrou tratar-se na maioria de grãos ígneos (ver tabela 7.1.4.1. – U/Th da amostra SNA 125), leva a dúvida sobre a origem metamórfica destas bordas.

O histograma de idades aponta para predominância de idades Criogenianas de 625 Ma (64% dos dados), com populações mais antigas pouco expressivas. (entre 0,9 e 1,2Ga, em torno de 1,95Ga e 2.82 Ga).

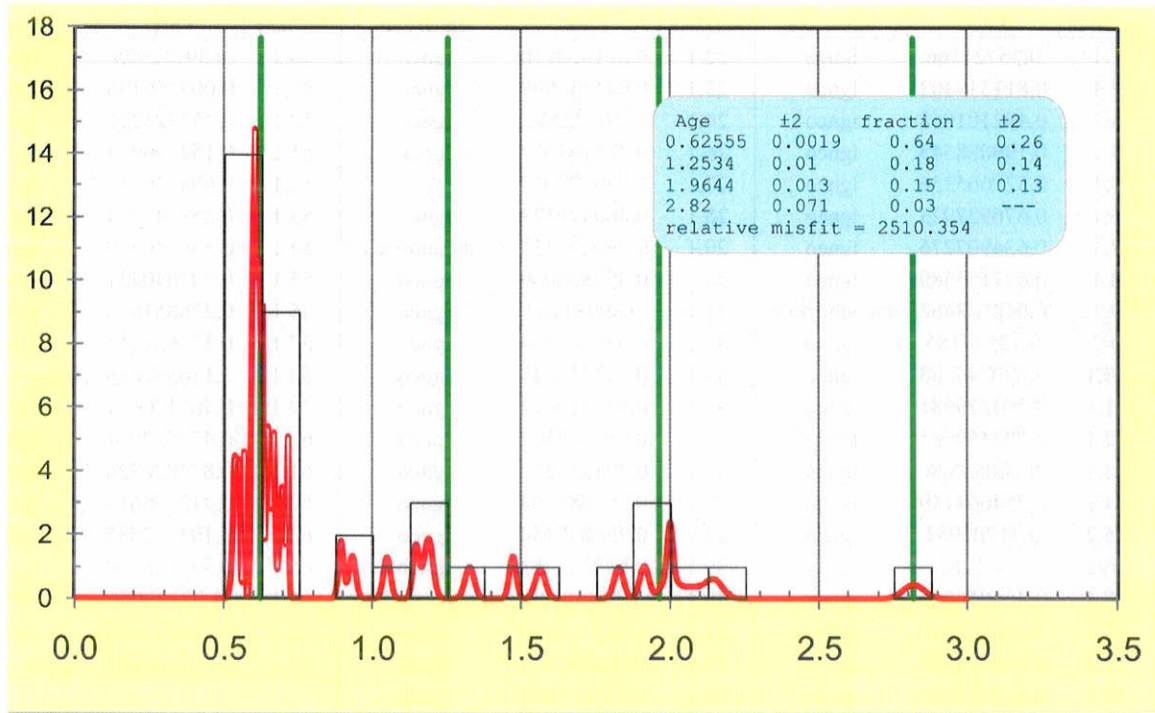


Figura 7.1.4.3: Histograma dos dados concordantes amostra NESG 1447.

#### **Amostra SNA-125 - Xisto Serra da Boa Vista**

Esta amostra datada por Frugis & Campos Neto, (inédito) corresponde ao Xisto Serra da Boa Vista em sua área tipo, na serra da Boa Vista, a sul da frente da *nappe* Andrelândia. Os dados são aqui apresentados como comparação.

Assim como na amostra NESG 1447, os zircões datados variam de subarredondados a prismáticos com bordas arredondadas. Nas imagens de catodoluminescência o zoneamento interno dos grãos é notável. A predominância é de grãos com núcleos mais claros, com borda escura bem desenvolvida. A grande maioria destas bordas possui razão Th/U típicas de zircões ígneos.

Análise	Th/U	natureza	Análise	Th/U	natureza	Análise	Th/U	natureza
1.1	0.35721566	ígneo	22.1	0.211828716	ígneo	46.1	0.59712955	ígneo
2.1	0.811319402	ígneo	23.1	0.441330898	ígneo	47.1	0.005756196	metamórfico
3.1	0.492101068	ígneo	24.1	0.56782534	ígneo	50.1	0.257325231	ígneo
4.1	0.199088545	ígneo	26.1	0.475164077	ígneo	51.1	0.152196917	ígneo
5.1	0.329665336	ígneo	27.1	0.746472943	ígneo	52.1	0.608730232	ígneo
6.1	0.676927923	ígneo	28.1	0.469379573	ígneo	53.1	0.253745774	ígneo
7.1	0.634907276	ígneo	29.1	0.069293433	metamórfico	54.1	0.330550429	ígneo
8.1	0.627155589	ígneo	30.1	0.327800069	ígneo	55.1	0.792040421	ígneo
9.1	0.048743468	metamórfico	31.1	0.39981282	ígneo	56.1	0.226851676	ígneo
9.2	0.12574185	ígneo	33.1	0.532346309	ígneo	57.1	0.355634811	ígneo
10.1	0.590240288	ígneo	34.1	0.392273643	ígneo	58.1	1.116552826	ígneo - máfico
11.1	0.704279681	ígneo	35.1	0.477730474	ígneo	59.1	0.467170071	ígneo
12.1	0.787450085	ígneo	36.1	0.754803502	ígneo	60.1	0.477937901	ígneo
13.3	0.88055526	ígneo	37.1	0.471215577	ígneo	61.1	0.873828724	ígneo
14.1	0.754604149	ígneo	38.1	0.561087363	ígneo	62.1	0.713460614	ígneo
15.2	0.41703984	ígneo	38.2	0.700017454	ígneo	63.1	0.193752835	ígneo
16.2	0.371282	ígneo	39.1	0.549043253	ígneo	66.1	0.393048758	ígneo
17.1	0.466056665	ígneo	40.1	1.36490318	ígneo - máfico	67.1	-1.32439056	?????
18.1	0.96705055	ígneo	41.1	0.632770696	ígneo	68.1	0.710241104	ígneo
19.1	0.395964607	ígneo	43.1	0.649290472	ígneo	69.1	1.082743019	ígneo - máfico
20.1	0.402703184	ígneo	44.1	0.243665495	ígneo			
21.1	0.771956455	ígneo	45.1	0.830415562	ígneo			

Tabela 7.1.4.1: Dados de Th/U da amostra SNA 125.

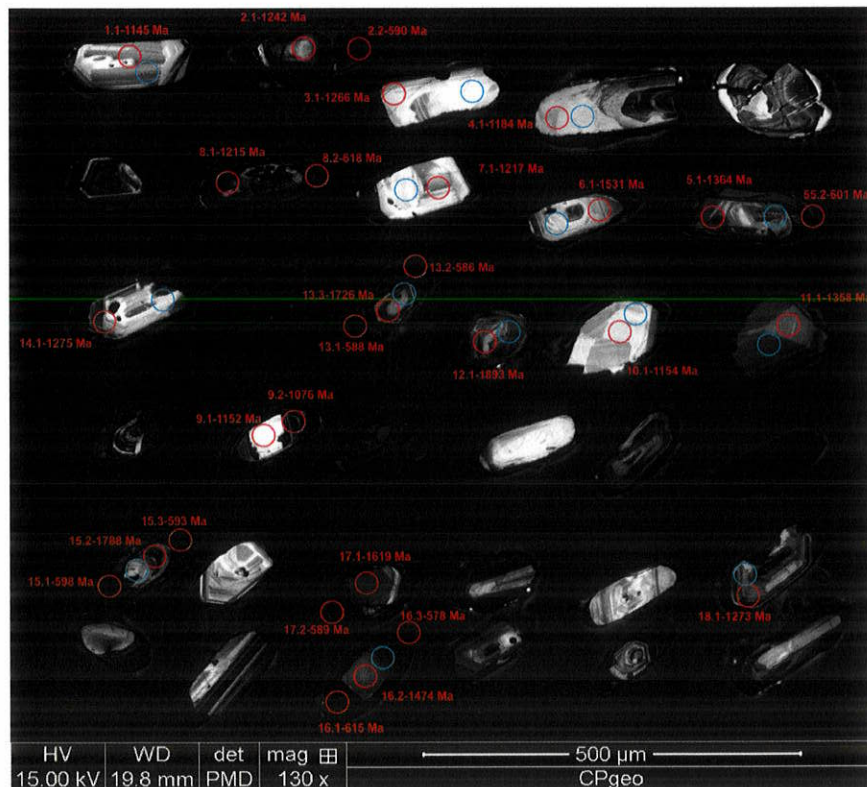
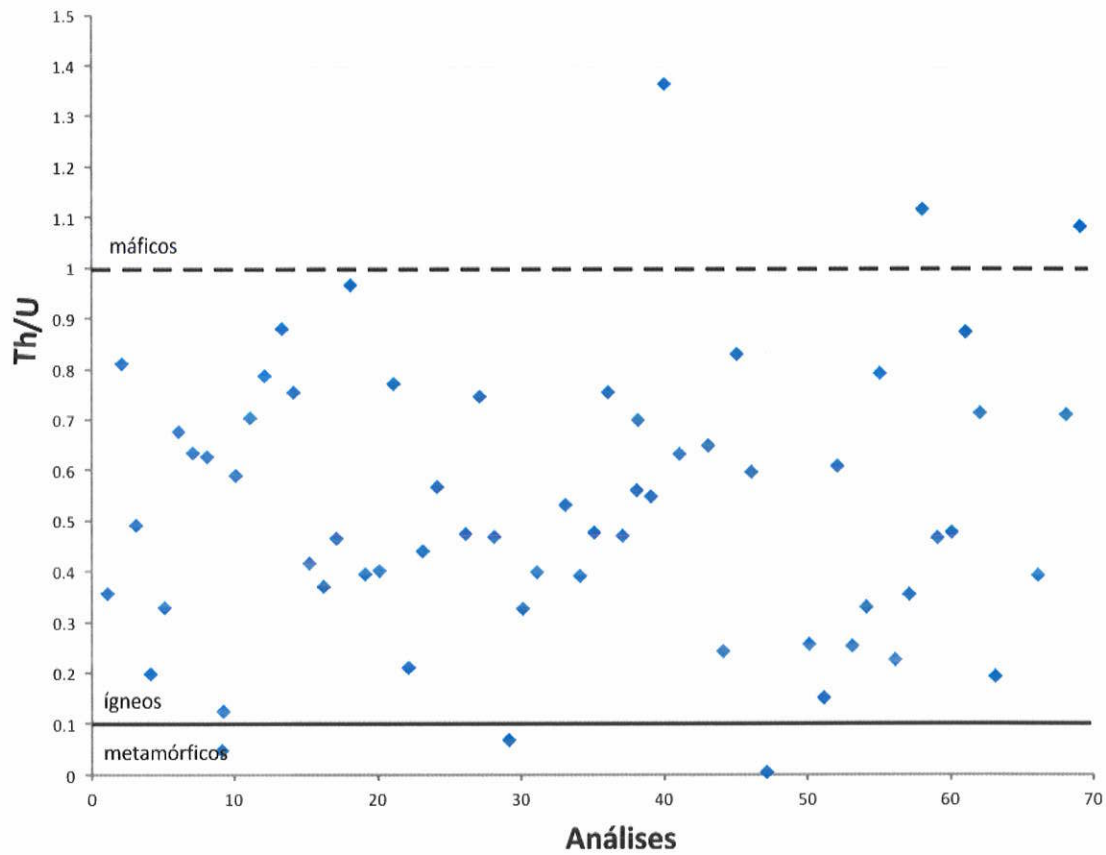


Figura 7.1.4.2: Imagem de catodo luminescência de raio X de zircões da amostra SNA 125. Em vermelho, análises U-Pb.

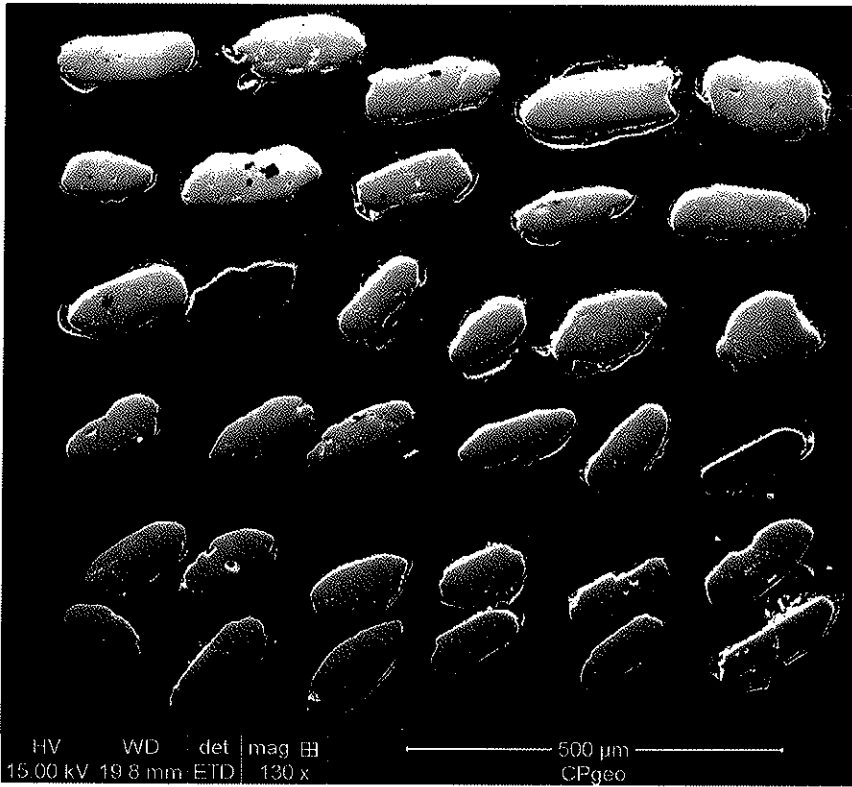


Figura 7.1.4.3:  
Imagem de  
elétrons  
secundários de  
zircões da amostra  
SNA 125.

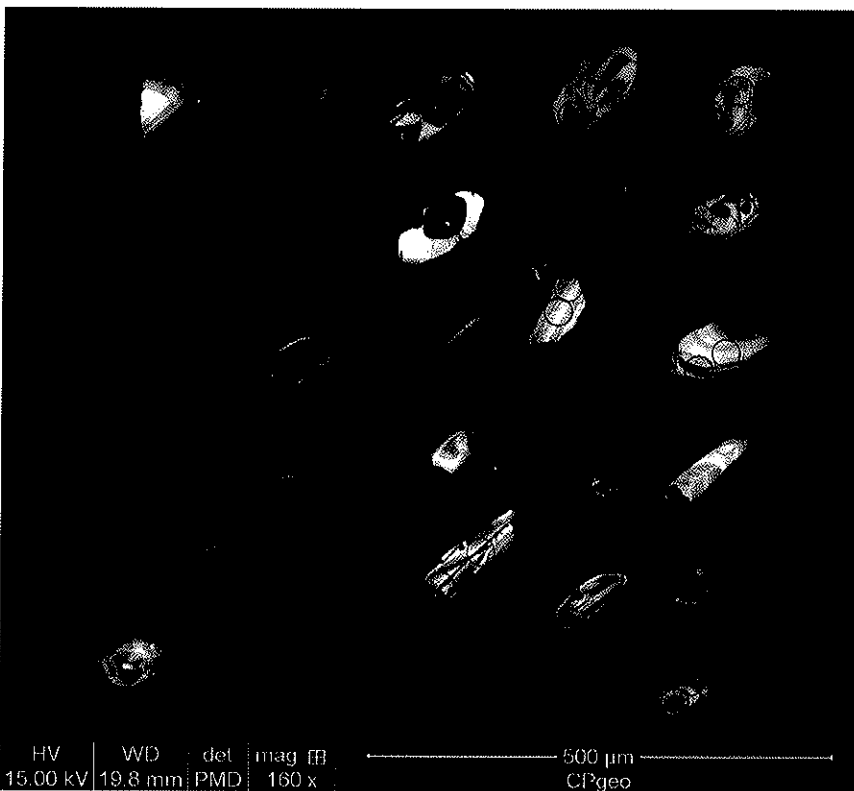


Figura 7.1.4.4:  
Imagem de catodo  
luminescência de  
raio X de zircões  
da amostra SNA  
125. Em  
vermelho, análises  
U-Pb.

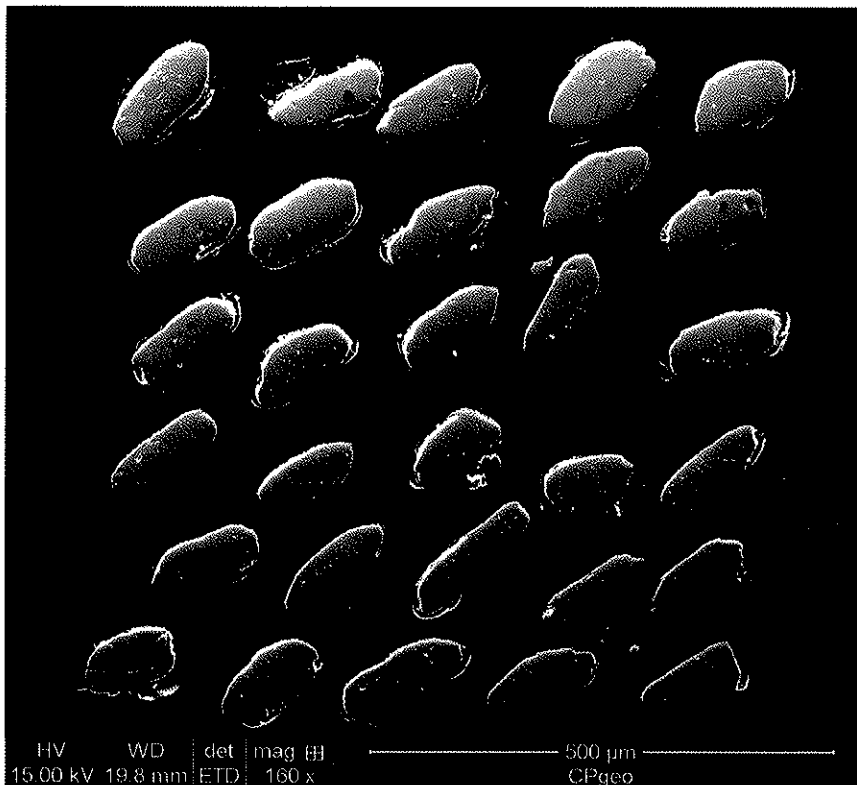


Figura 7.1.4.5:  
Imagem de  
elétrons  
secundários de  
zircões da amostra  
SNA 125.

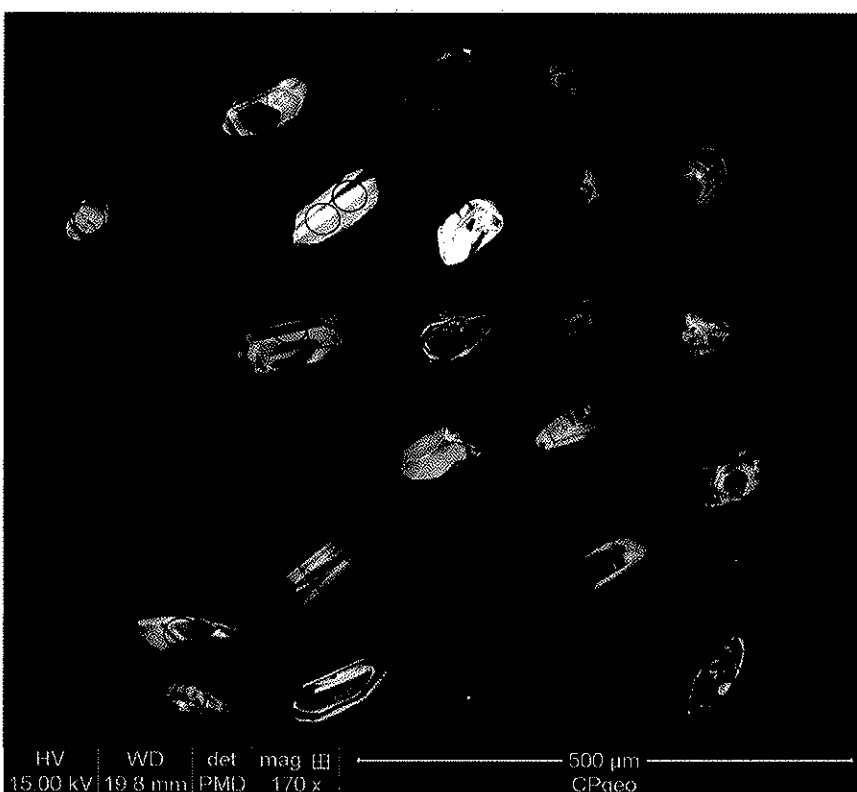


Figura 7.1.4.6:  
Imagem de catodo  
luminescência de  
raio X de zircões  
da amostra SNA  
125. Em  
vermelho, análises  
U-Pb.

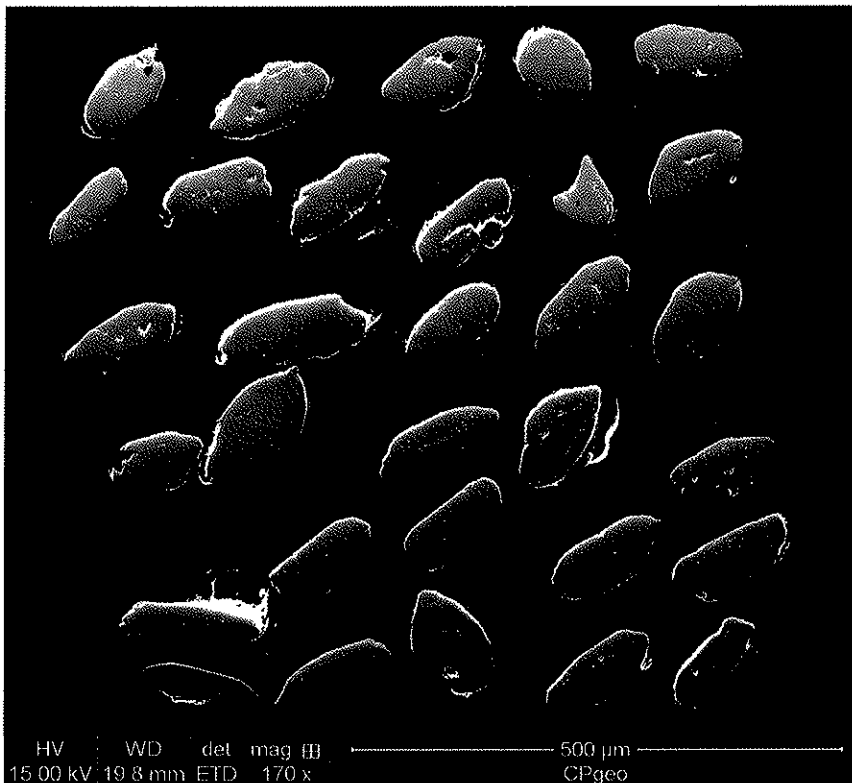


Figura 7.1.4.7:  
Imagem de  
elétrons  
secundários de  
zircões da amostra  
SNA 125.

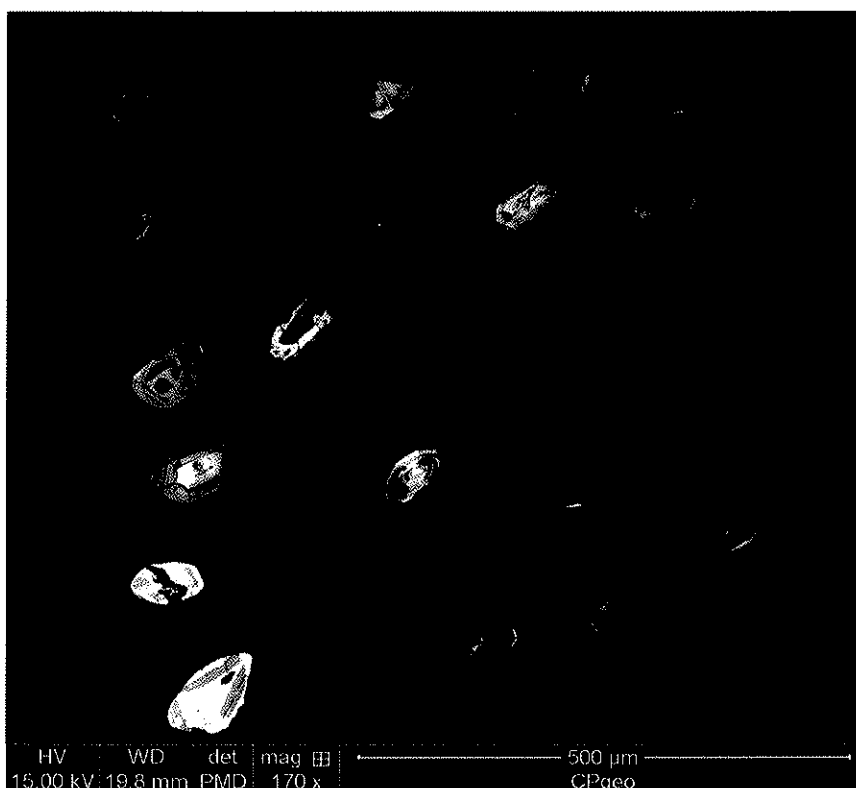


Figura 7.1.4.8:  
Imagem de catodo  
luminescência de  
raio X de zircões  
da amostra SNA  
125. Em  
vermelho, análises  
U-Pb.



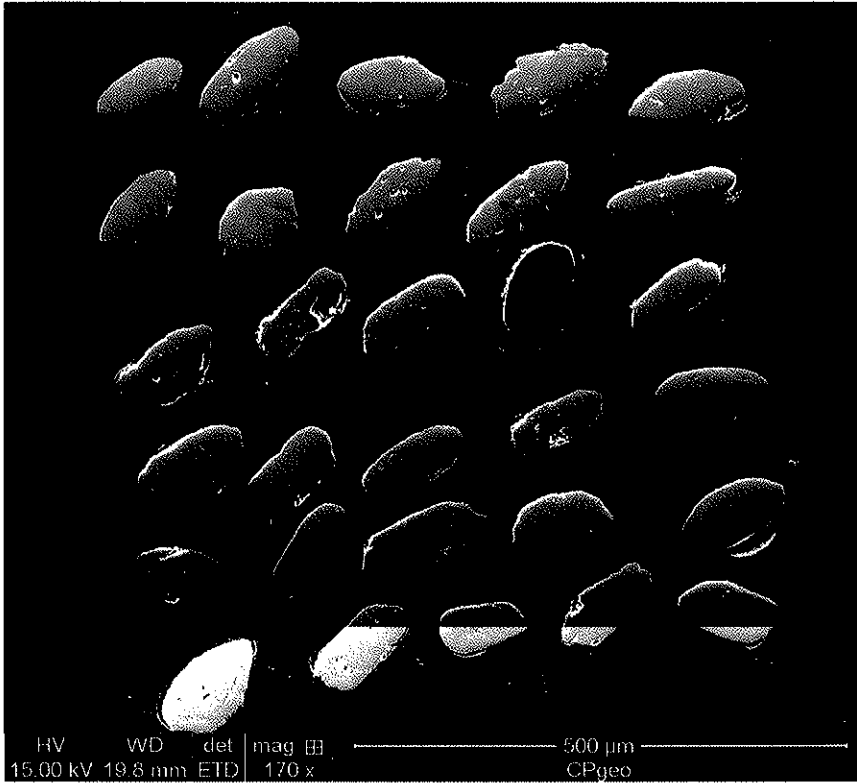


Figura 7.1.4.9:  
Imagem de  
elétrons  
secundários de  
zircões da amostra  
SNA 125.

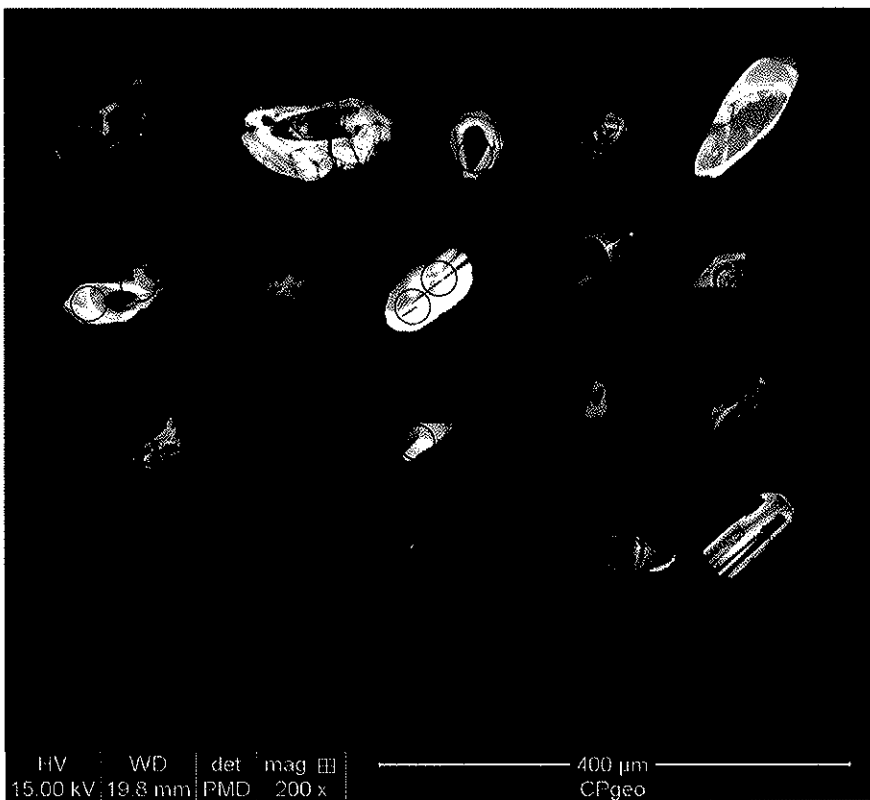


Figura 7.1.4.10:  
Imagem de catodo  
luminescência de  
raio X de zircões  
da amostra SNA  
125. Em  
vermelho, análises  
U-Pb.

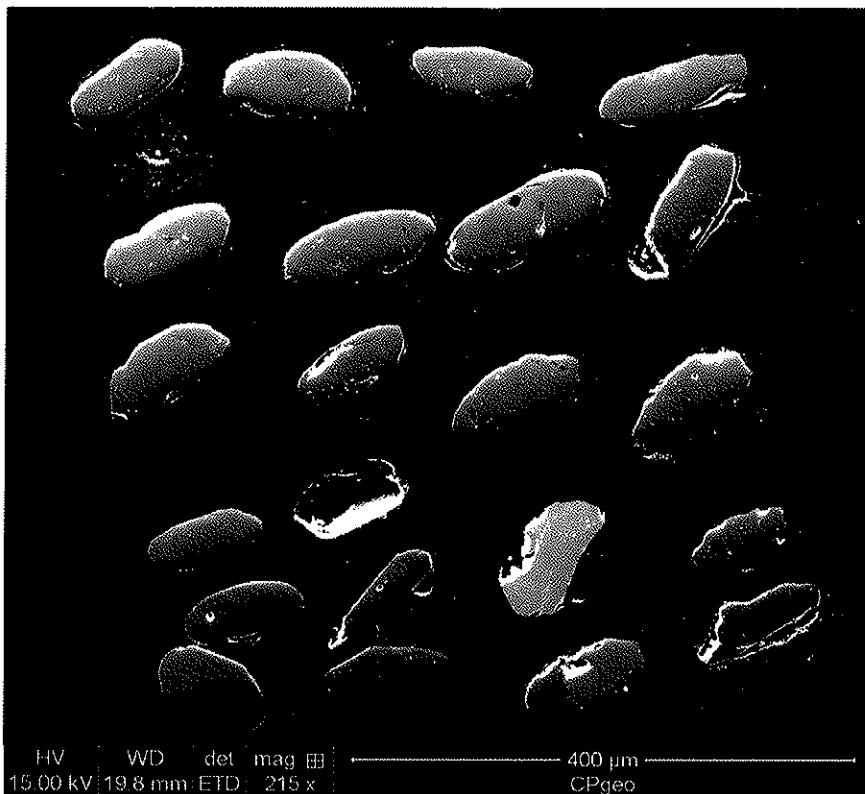


Figura 7.1.4.11:  
Imagem de  
elétrons  
secundários de  
zircões da amostra  
SNA 125.

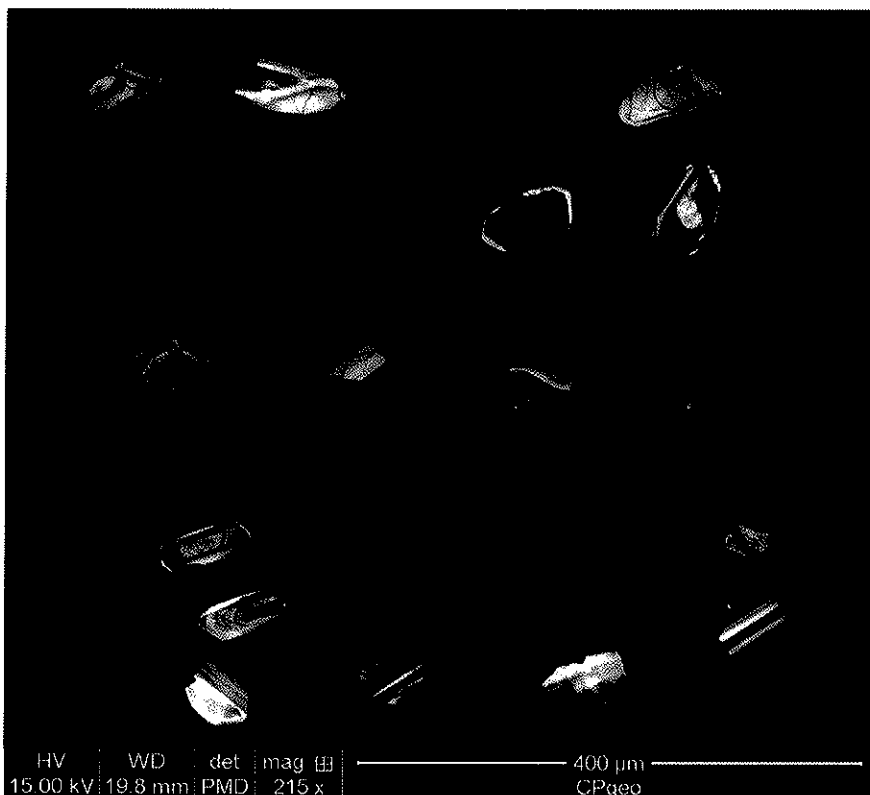


Figura 7.1.4.12:  
Imagem de catodo  
luminescência de  
raio X de zircões  
da amostra SNA  
125. Em  
vermelho, análises  
U-Pb.

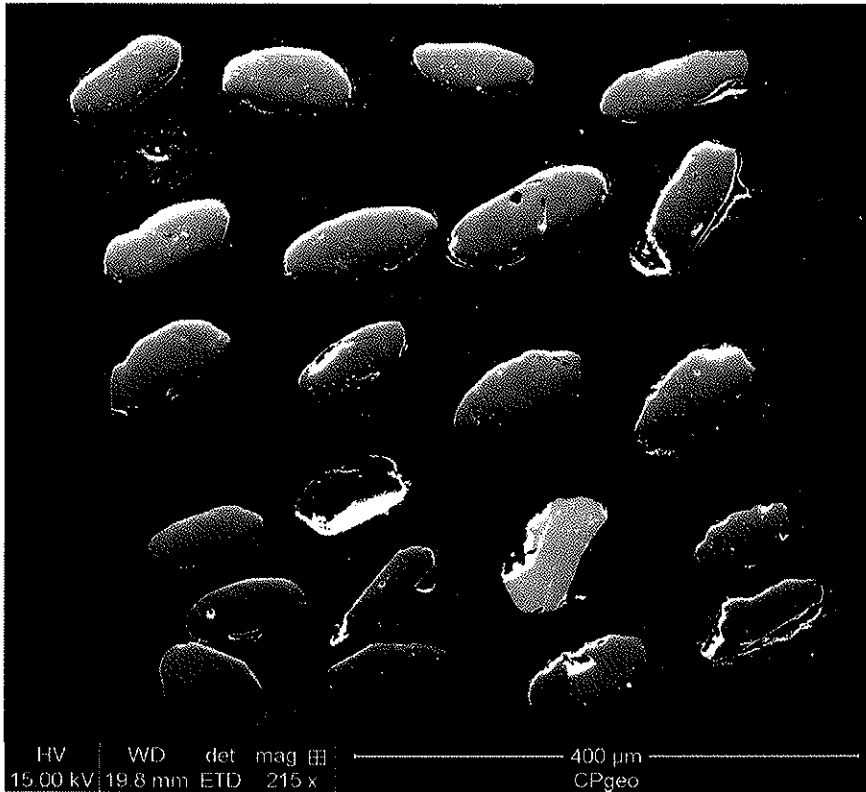


Figura 7.1.4.13:  
Imagem de  
elétrons  
secundários de  
zircões da amostra  
SNA 125.

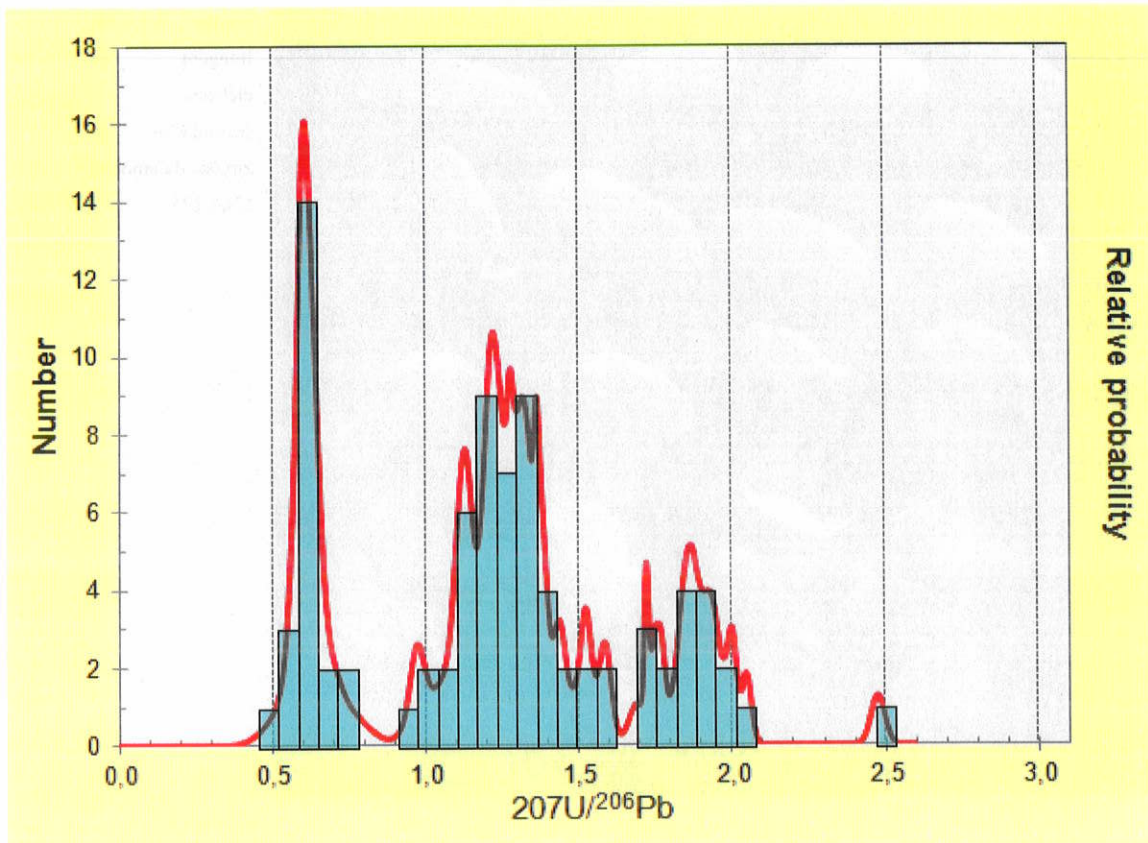


Figura 7.1.4.13: Histograma de idades concordantes da amostra SNA-125 (Frugis & Campos Neto, inédito)

O histograma de idades aponta para predominância de idades Criogenianas de 618 Ma (64% dos dados), com populações expressivas de 1,0Ga, 1,24Ga, 1,35Ga e 1,85Ga, com a idade mais antiga atingindo 2,4Ga.

## 7.2. Sistema Sm Nd

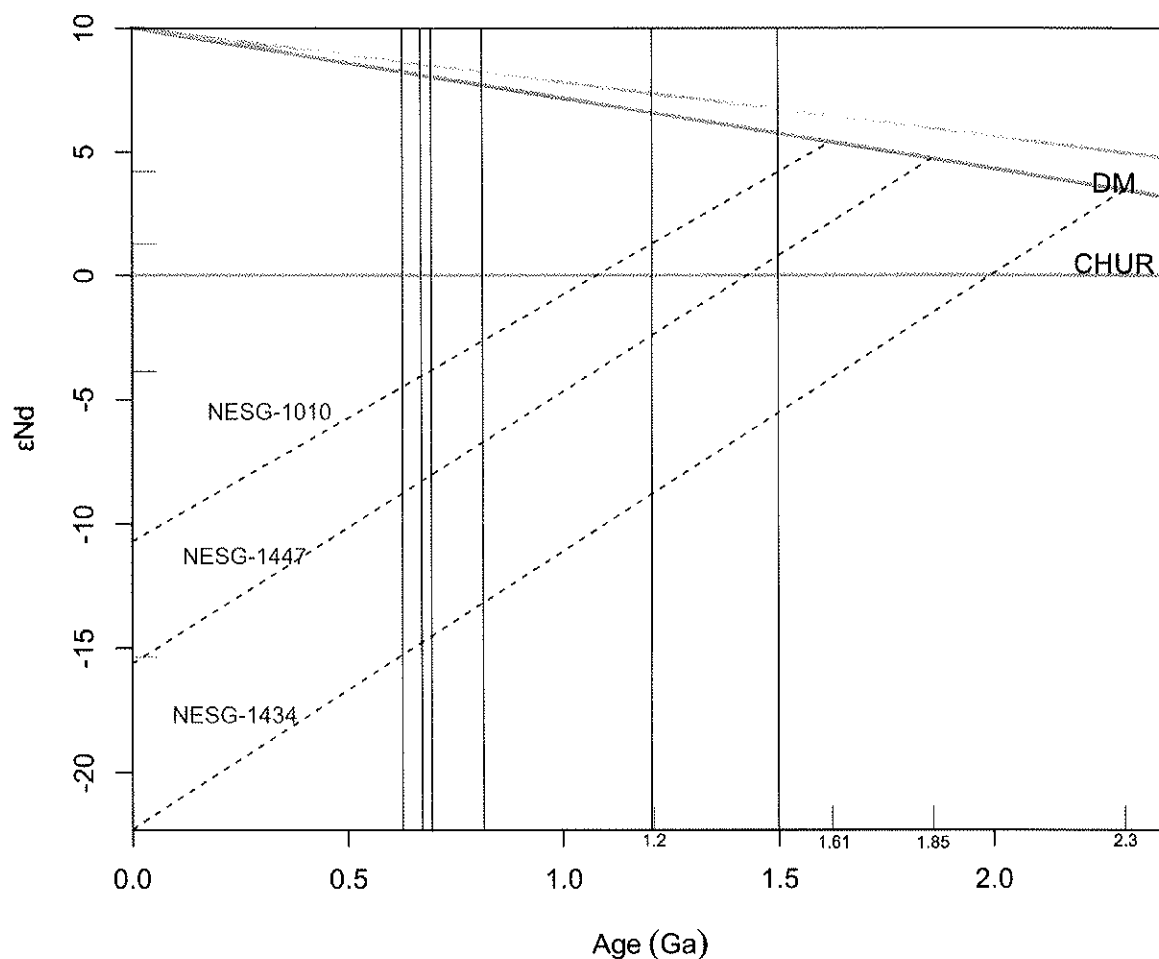


Figura 7.2.1: Gráfico Tempo VS  $\epsilon_{Nd}$  para amostras estudadas.

Considerando que idades-modelo de rochas sedimentares representam a mistura de diferentes rochas presentes na área-fonte (McCulloch e Wasseburg, 1978) e que o sistema Sm-Nd não sofre alterações significativas durante o metamorfismo, as idades TDM obtidas (figura 7.1.60) sugerem que as amostras da unidade Xisto Santo Antonio tiveram contribuição geral de rochas mais jovens do que as amostras das demais unidades, pois apresentou idade modelo no Mesoproterozóico e as demais no Paleoproterozóico. Se considerarmos as populações amostradas por U-Pb, vemos que para as populações mais antigas, o sistema Sm/Nd, mesmo representando uma mistura, indica grande predominância de materiais juvenis no Xisto Santo Antonio.

Estes valores são semelhantes aos obtidos por Westin e Campos Neto (submetido) para os metawakes tectonicamente superiores ao Sistema de Nappes Carrancas, na região da cidade de Carrancas, Minas Gerais.

### 7.3 - Discussão Geocronologia

A proveniência de zircão é, no conjunto, exótica ao Cráton do São Francisco. Se idades de cristais detríticos no Mesoproterozóico estão presentes na margem passiva Sanfranciscana (Grupo Carrancas, Westin e Campos Neto, submetido; Valladares *et al*, 2008) e no interior cratônico do paleocontinente (Chemalle *et al*, 2012), elas possuem uma baixa densidade comparadas ao valores no Paleoproterozóico Estateriano-Riaciano. Por outro lado um longo período de quiescência dominou o bloco cratônico até as colisões neoproterozóicas. Faixas orogênicas grenvilianas estão presentes no Bloco Central de Goiás (Moraes *et al*, 2006) e no embasamento da placa Paranapanema, esta a provável área-fonte do zircão.

Na unidade superior da Nappe Andrelândia, Xisto Serra da Boa Vista, duas amostras foram analisadas. Cristais detríticos de zircão, da amostra de Xisto Boa Vista em sua área-tipo, com sobrecrecimento metamórfico há 600 Ma, indicam idades de proveniência no Ediacarano, no Mesoproterozóico Ectasiano e no Paleoproterozóico Estateriano. Como para o Xisto Santo Antônio, indicam áreas fontes reconhecíveis no interior da Placa Paranapanema, oriunda de rochas, em parte, com assinatura de eHf juvenil. Destaca-se, no entanto, a classe modal dominante de idade no Ediacarano, há 620 Ma, idade do metamorfismo sin-colisão, relacionado ao processo de exumação do sistema de nappes. A amostra do xisto psamo-pelítico, NESG 1447, do topo da Serra de Cataguazes, indica uma única classe modal de zircão detrítico, há 625 Ma, concordante e com eHf predominantemente negativo. A ausência de assinaturas mais antigas sugere a erosão de um bloco vulcânico proximal e tectonicamente ativo.

A idade da deposição do pacote de metawackes da unidade Xisto Santo Antônio, se contemporâneo ao vulcanismo cálcio-alcálico na margem da Placa Paranapanema, deve ter ocorrido a partir de 680 Ma. Os cristais detríticos mais jovens fornecidos a bacia de sedimentação são de 648 Ma. O corpo de anfibolito, intercalado e paralelo à foliação regional S<sub>2</sub> e datado em 752 Ma, deve representar fragmentos tectônicos (olistolitos) lançados na bacia de deposição durante pulsos de exumação do prisma acrescionário subductado. Os sobrecrecimentos metamórficos de 620 Ma constroem o período de sedimentação. A unidade superior, Xisto Serra da Boa Vista, que exhibe um contato regionalmente discordante sobre as unidades Xisto Santo Antônio e Xisto Rio Capivari (Campos Neto *et al.*, 2007) representa uma etapa regressiva, de colmatação, da bacia sedimentar, em um período tectonicamente ativo. A presença dominante de zircão

de 620 Ma indica a erosão de frentes metamórficas do sistema de *nappes* e de injeções vulcânicas locais, além de altos do embasamento Mesoproterozóico e Estateriano do domínio de arco magmático. Essa sequência psamo-pelítica representa um *flysch* interno, sin-colisão. A idade da colisão está registrada tanto nas idades precoces do metamorfismo do sistema de *nappes*, quanto na idade mais antiga para a sedimentação do *flysch* interno, em 620 Ma.

Admite-se um longo período de evolução do prisma acrescionário, relacionado à deposição da sequência metapelítica das *nappes* Liberdade e Três Pontas-Varginha, associada a um vulcanismo toleítico e cálcio-alcálico juvenil. O magmatismo básico entre 790 Ma e 670 Ma, o metamorfismo de alta pressão dos segmentos subductados há ~645 Ma e a idade da colisão, situam a evolução do prisma acrescionário em 170 Ma, do Criogeniano médio ao Ediacarano inferior.

Os metawackes do Xisto Santo Antônio devem representar uma bacia de ante-arco, desenvolvida sobre segmentos do prisma acrescionário de longa duração, 60 Ma, a partir do Criogeniano superior. A idade do metamorfismo de alta pressão do prisma acrescionário, registrada em detritos de zircão na bacia de ante-arco, o vulcanismo cálcio-alcálico juvenil e proximal, a presença de prováveis olistolitos de rochas básicas, indicam, como a assinatura química dos sedimentos, a evolução da bacia de ante-arco durante um período tectonicamente ativo.

## **8 – Conclusões**

A frente da *nappe* Andrelândia está sotoposta à *nappe* Liberdade e cavalga as unidades metapsamíticas do Alóctone Serra da Bandeira, correlato ao Grupo Carrancas, na região de Santana do Garambéu-MG.

A litoestratigrafia da *nappe* Andrelândia, bem preservada na Serra de Cataguases e adjacências, compreende da base para o topo: rutilo-estauroлита-cianita-granada-muscovita-biotita xisto porfiroblástico (xisto Rio Capivari); granada-biotita-plagioclásio-quartzo xisto homogêneo (xisto Santo Antônio); rutilo-estauroлита-cianita-granada-biotita-muscovita-plagioclásio-quartzo xisto porfiroblástico com níveis granoblásticos, níveis ricos em muscovita e plagioclásio e lentes métricas de quartzitos (biotita xisto Cataguases), que grada para o topo para quartzito micáceo a muscovita-quartzo xisto (xisto Serra da Boa Vista). A foliação metamórfica principal  $S_2$  é desenvolvida essencialmente sob deformação não-coaxial, em fácies anfíbolito e com conspícua lineação mineral (cianita, muscovita, plagioclásio e rutilo) e de estiramento,

orientadas preferencialmente para SW ( $213^{\circ}/14^{\circ}$ ). Os indicadores cinemáticos, como sigmóides de quartzo, evidenciam transporte da placa superior para nordeste.

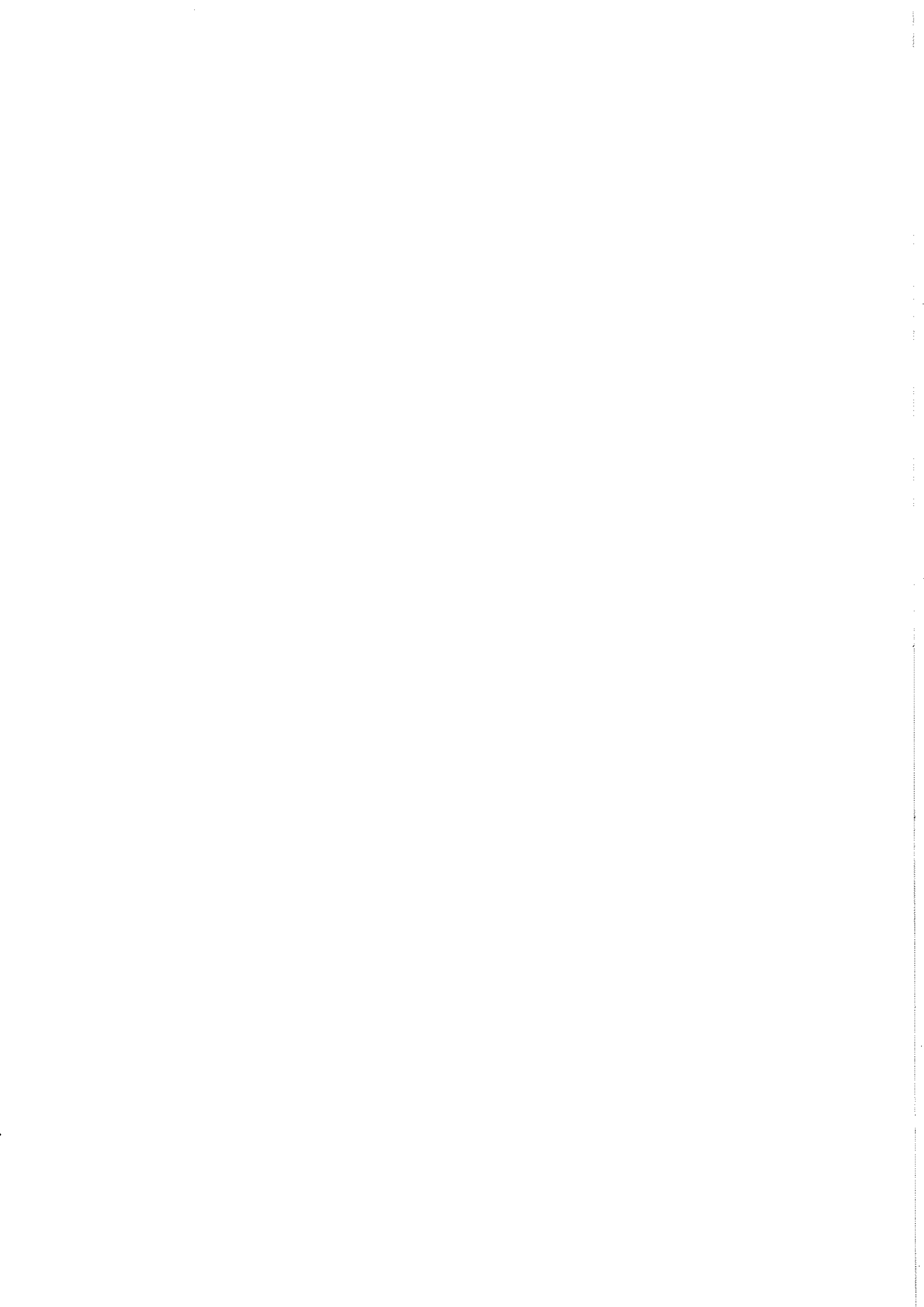
A frente da *nappe* Andrelândia estrutura-se em escama de topo que cavalga sobre megadobramento recumbente e anisopaco, com comprimento de onda ( $\lambda$ ) médio de 1000 m por 700 m de amplitude ( $a$ ), orientado NW-SE, configurando sinformes nas Serras de Cataguases e Santana, separadas por uma antiforme isoclinal. Falhas de cavalgamento para NE e falha normal dúctil de baixo ângulo para W rompem a sinforma recumbente da Serra de Cataguases. O conjunto  $D_2$  e  $D_3$  é regionalmente deformado por dobramento normal, orientado SW e com dimensões de 1250m de  $\lambda/2$  por 250m de  $a$ . Estas dobras apresentam geometria cilíndrica, que indica o caráter recumbente do dobramento anterior. A megaestrutura define uma figura de interferência do tipo-2.

O geotermômetro Zr in Rutilo sugere um padrão metamórfico invertido para a frente da *nappe* Andrelândia, com temperaturas de cerca de  $702^{\circ}\text{C}$  para o contato superior com a *nappe* Liberdade e cerca de  $615^{\circ}\text{C}$  para o contato inferior com o Alóctone Serra da Bandeira, quando comparadas em um horizonte de 10Kbar de pressão. O geotermobarômetro GASP indica condições de pico metamórfico pré-Sn em condições alta pressão, em torno de  $649\pm 48^{\circ}\text{C}$  e  $10\pm 0,9$  kbar na parte central da área.

A proveniência dos cristais detríticos de zircão, depositados no complexo de ante-arco da margem da Placa Paranapanema, tanto na bacia de ante-arco (Xisto Santo Antônio), quanto no *flysch* interno (Xisto Serra da Boa Vista), é predominantemente oriunda do arco vulcânico cálcio alcalino, juvenil e proximal, do Criogeniano médio-superior. Fragmentos de zircão com idades grenvilianas (1,0-1,25 Ga) e no Calimiano (1,4-1,55 Ga), ambas com assinatura positiva de eHf, indicando área-fonte magmática juvenil, também preencheram essas bacias de deposição. A proveniência destes grãos vem do soerguimento do embasamento continental do arco. Destaca uma correlação com o Orógeno Sunsás (Teixeira *et al*, 2010) e com o Terreno Jauru, assembléia de orógenos acrescionários Calimianos (Bettencourt *et al*, 2010), presentes no Bloco Amazonas. Uma moda Estateriana também ocorre em zircão depositado em ambas as bacias, cuja área-fonte mais provável estaria na *Large Igneous Province* de Uatumã (Klein *et al*, 2012).



As idades de metamorfismo obtidas para a unidade Xisto Santo Antônio, entre 620 e 615 Ma, são associadas ao evento metamórfico diacrônico interpretado por Reno *et al.* (2011) na região da *Nappe* Três Pontas - Varginha como o estágio precoce da colisão, registrada em granulitos de alta pressão, com idades (U-Th)-Pb de 650 +/- 40 Ma, distribuídas entre monazitas de alto e baixo Y. Este evento, desenvolvido em fatia de crosta continental a 55-60 km de profundidade, deve representar o estágio de subducção do prisma acrescionário. O metamorfismo próximo a 600 Ma da unidade superior, Xisto Serra da Boa Vista, é mais jovem em relação às unidades sotopostas e contemporâneo ao metamorfismo das unidades de margem passiva.



## Referências Bibliográficas:

- Agard, P., Lemoine, M., 2005. Faces of the Alps, Structure and Geodynamic Evolution, C.C.G.M., 48.
- Almeida F.F.M de, Amaral G., Cordani H.G., Kawashita K. 1973. The Precambrian evolution of South American cratonic margin, South of Amazon River. In: A.E.M. Nairs & F.G. Stehli (eds.) The ocean basins and margins. vol. I, p. 411-446.
- Barbosa, O. 1954. Evolution du Geossinclinal Espinhaço. In: International Geological Congress, Argélia, Comptes Rendus, section xiii, 19 e session: 1-37.
- Bastin, G.F., van Loo, F.J.J., and Heijligers, H.J.M., 1984. An evaluation of the use of Gaussian prz curves in quantitative electron probe microanalysis. X-Ray Spectrometry, 13, 917-97.
- Beaumont, C., Jamieson, R., Nguyen, M.H., Medvedev, S., 2004. Crustal channel flows: 1. Numerical model with applications to the tectonics of the Himalayan-Tibetan orógeno. Journal of Geophysical Research, 9, 1-29.
- Beaumont, C., Jamieson, R.A., Nguyen, M.H., Lee, B., 2001, Himalayan tectonics explained by extrusion of a low-viscosity crustal channel coupled to focused surface denudation, Nature, 414, 738-742.
- Belousova, E.A., Griffin, W.L., O'Reilly, S.Y., Fisher, N.I., 2002. Igneous Zircon: trace element composition as na indicator of source rock type. Contrib. Mineral. Petrol. 143, 602-622.
- Bettencourt, J. S., Leite, W. B., Ruiz, A. S., Matos, R., Payolla, B. L., Tosdal, R. M., 2010. The Rondonian-San Ignacio Province in the SW Amazonian Craton: An overview. Journal of South American Earth Sciences, 29 (1), 28-46.
- Campos Neto M.C. & Caby R. 1999. Tectonic constrain on Neoproterozoic hig-pressure metamorphism and nappe system south of São Francisco craton, southeast Brazil. Precambrian Res., 97:3-26.
- Campos Neto M.C., Basei M.A.S., Vlach S.R.F., Caby R., Szabó G.A.J. & Vasconcelos P. 2004. Migração de orógenos e superposição de orogêneses: Um esboço da colagem Brasileira no sul do Cráton do São Francisco, SE - Brasil. Rev. Inst. Geoc. USP, Geologia USP, Série Científica, 4(1):13-40.
- Campos Neto, M. C., Basei, M. A. S., Janasi, V. A., Moraes, R., 2011. Orogen migration and tectonic setting of the Andrelândia Nappe system: an Ediacaran western Gondwana collage, south of São Francisco craton. Journal of South American Earth Sciences, 32, 393-406.
- Campos Neto, M. C., Janasi, V. A., Basei, M. A. S., Siga Jr, O. , 2007. Sistema de Nappes Andrelândia, setor oriental: litoestratigrafia e posição estratigráfica. Revista Brasileira de Geociências, 37, 47 - 60. Supl. 4.

- Chemale, F., Dussin, I. A., Alkmin, F. F., Martins, M. S., Queiroga, G., Armstrong, R., Santos, M. N., 2012. Unravelling a Proterozoic basin history through detrital zircon geochronology: the case of the Espinhaço Supergroup, Minas Gerais, Brazil. *Gondwana Research*, 22 (1), 200-206.
- Condie, K.C., *Earth as an Evolving Planetary System*. 2005. Elsevier Academic Press, 447.
- Dickinson, W.R., Seely, D.R., 1979. Structure and stratigraphy of forearc regions. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 63, 2-31.
- Ebert, H. 1958. Discordâncias pré-cambrianas em Carandaí, Minas Gerais. *Boletim* 183, DNPM-DGM, Rio de Janeiro, 48 p.
- Ebert, H. 1968. Ocorrências de fácies granulíticas no sul de Minas Gerais e em áreas adjacentes em dependência da estrutura orogênica: hipóteses sobre sua origem. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 40 (Supl.): 215-229.
- Ebert, H. 1971. Os Paraibídes entre São João del Rei, Minas Gerais e Itapira, São Paulo, e a bifurcação entre Paraibídes e Araxaídes. In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 25, São Paulo, Resumo das Comunicações, 1: 177-178.
- Ebert, H., 1955. Pesquisa na parte sudeste de Minas Gerais e Polígono das Secas. Relatório Anual do Diretor-DGM/DNPM, 79-89.
- Ebert, H., 1956a. Resumo dos resultados obtidos no ano de 1955 no sul do estado de Minas Gerais. Relatório Anual do Diretor-DGM/DNPM, 62-81.
- Ebert, H., 1956b. A tectônica do sul do Estado de Minas Gerais e regiões adjacentes. Relatório Anual do Diretor-DGM/DNPM, 97-107.
- Gaetani, GARzanti, 1991. Multicyclic history of the northern India continental margin (northwestern Himalaya). *AAPG Bulletin*, 75, 1427-1446.
- Gebauer, D., Schertl, H.P., Brix, M., Schreyer, W., 1997. 35 Ma old ultrahigh-pressure metamorphism and evidence for very rapid exhumation in the Dora Maira Massif, Western Alps. *Lithos*, 41, 5-24.
- Heilbron M. 1985. O metamorfismo da área de Itutinga-Madre de Deus de Minas - MG. In: Simpósio de Geologia de Minas Gerais, 3, Anais, p. 219-233.
- Holland, T. J. B., Powell, R., 1998. An internally consistent thermodynamic data set for phases of petrological interest. *Journal of Metamorphic Geology*, 16, 309-343.
- Isozaki, Y., Aoki, K., Nakama, T., Yanai, S., 2010. New insight into a subduction-related orogen: Reappraisal on geotectonic framework and evolution of the Japanese islands. *Gondwana Research*, 18, 82-105.
- "Klootwijk, C.T., Gee, J.S, Peirce, J.W., Smith, G.M., 1992: Neogene evolution of the Himalayan-Tibetan region: constraints from ODP Site 758, northern Ninetyeast Ridge; bearing on climatic change. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 95(1-2), 95-110."

- Law, R.D., Searle, M.P., Godin, L., (eds) 2006. Channel flow, Ductile Extrusion and Exhumation in Continental Collision Zones. Geological Society, London, Special Publications, 268.
- Maruyama 2010, A new perspective on metamorphism and metamorphic belts, *Gondwana Research*, 18, 106-137.
- McCulloch, M. T., Wasserburg, G.J., 1978. Sm-Nd and Rb-Sr Chronology of Continental Crust Formation. *Science* 200, 1003-1011.
- McLennan S.M. & Taylor S.R. 1991. Sedimentary rocks and crustal evolution: tectonic setting and secular trends. *J. Geol.*, 99:1-21.
- Moraes, R., Fuck, R. A., Pimentel, M.M., Gioia, S.M.C.L., Hollanda, M.H.B.M., Armstrong, R., 2006. The bimodal rift-related Juscelândia volcanosedimentary sequence in central Brazil: Mesoproterozoic extension and Neoproterozoic metamorphism. *Journal of South American Earth Sciences*, 20, 287-301.
- Motta, R.G., 2009. Evolução tectono-metamórfica do Domínio Serra da Natureza, Terreno Andrelândia, MG. 2009. Dissertação de Mestrado, IGc-USP.
- Myashiro, A., 1961. Evolution of Metamorphic Belts. *Journal of Petrology*, 2, 277-311.
- Pacciulo, F.V.P., Ribeiro, A., Andreis, R.R., Trouw, R.A.J., 2000. The Andrelândia basin, a Neoproterozoic intraplate continental margin, southern Brasília Belt, Brazil. *Revista Brasileira de Geociências* 30 (1): 200-202.
- Pacciulo F.V.P., Ribeiro A., Andreis, R. R., Trouw, R.A.J. 2000. The Andrelândia Basin, a Neoproterozoic intra-plate continental margin, southern Brasília belt. *Rev. Bras. Geoc.*, 30: 200-202.
- Pacciulo, F.V.P., Ribeiro, A., Andreis, R.R., 1993. Reconstrução de uma bacia fragmentada: o caso do Ciclo Depositional Andrelândia. *Simpósio do Cráton São Francisco*, 2, Salvador. *Anais...*, 224-226.
- Pacciulo, F.V.P., Trouw, R.A.J., Ribeiro, A., 2002. Geologia da Folha Andrelândia. In: A.C. Pedrosa- Soares, C.M. Noce, R.A.J. Trouw, M. Heilbron (orgs.). *Geologia e Recursos Minerais do Sudeste Mineiro, Projeto Sul de Minas*, 1: 84-120.
- Powell, R., Holland, T. J. B., 1988. An internally consistent thermodynamic dataset with uncertainties and correlations: 3. Application methods, worked examples and a computer program. *Journal of Metamorphic Geology*, 6, 173-204.
- Powell, R.; Holland, T.J.B., 2008. On Thermobarometry. *Journal of Metamorphic Geology*, 26, 155-179
- Pupin, J.P., 2000. Granite genesis related to geodynamics from Hf-Y in zircon. *Trans Royall Society of Edimburgh, Earth Sciences Research*, 91: 245-256.
- Reno, B.L., Piccoli, P.M., Brown, M. e Trouw, R.A.J., 2011. In situ monazite (U-Th)-Pb ages from the Southern Brasília Belt, Brazil: constraints on the the hgh-temperature

retrograde evolution of HP granulites. *Journal of Metamorphic Geology*, doi:10.1111/j.1525-1314.2011.00957.

- Ribeiro A., Trouw R.A.J, Andreis R.R., Paciullo F.V.P., Valença J.G. 1995. Evolução das bacias Proterozóicas e o termo-tectonismo Brasileiro na margem sul do Cráton do São Francisco. *Rev. Bras. Geoc.*, 25: 235-248.
- Ribeiro, A.; Paciullo, F. V. P.; Andreis, R.; Trouw R. A. J.; Heilbron, M. 1990. Evolução policíclica proterozóica no sul do Cráton do São Francisco: análise da região de São João Del Rey e Andrelândia (MG). In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 36, Natal, Anais... 6:2605-2614.
- Santos L.P., Campos Neto M.C. & Carvalho C.H.G. 2004. Metamorphic path constrained by metapelitic rocks from the inner Aiuruoca-Andrelândia Nappe, Southern of the São Francisco craton, SE Brazil. *J. South Am. Earth Sci.*, 16:725-741.
- Santos, L.P. 2004. Trajetórias metamórficas de ambientes colisionais: Domínios frontais das Nappe Aiuruoca-Andrelândia e Lima Duarte, borda sul do Cráton do São Francisco, Minas Gerais. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 90 p.
- Schmid, S.M., Pfiffner, O.A., Froitzheim, N., Schönborn, G., Kissling, E., 1996. Geophysical-geological transect and tectonic evolution of the Swiss-Italian Alps, *Tectonics*, 15, 1036-1064.
- Searle, M.P., Cottle, J.M., Streule, M.J., Waters, D.J., 2010. *Earth and Environmental Science Transactions of the Royal Society of Edinburgh*, 100, 219-233.
- Sengör, A.M.C., 1990. Plate tectonics and orogenic research after 25 years: A Tethyan perspective. *Earth Science Review*, 27 : 1-201.
- Sigoyer, J., Chavagnac, V., Blichert-Toft, J., 2000. Dating the Indian continental subduction and collisional thickening in the northwest Himalaya: multichronology of the Tso Moriri eclogites. *Geology*, 28, 487-490.
- Teixeira, W ; Cordani, U. G. . Proterozoic evolution of the Amazonian Craton reviewed. *Indian Journal of Geology*, v. 80, p. 115-137, 2010.
- Tischendorf, G., Forster, H.J., Gottesmann, B., Rieder, M. 2007. True and brittle micas: composition and solid-solution series. *Mineralogical Magazine*, 71(3), 285-320.
- Tomkins HS, Powell R, Ellis DJ (2007) The pressure dependence of the zirconium-in-rutile thermometer. *J Metamorph Geol* 25:703– 713
- Tonarini, S., Villa, I.M., Oberli, F., Meier, M., Spencer, Pognante, U., Ramsay, J.G., 1993 Eocene age of eclogite metamorphism in Pakistan Himalaya: implications for India-Eurasia collision, *Terranova*, 5.1, 13-20
- Trouw, R.A.J. & Pankhurst, R.J. 1993. Idades Radiométricas ao sul do Cráton do São Francisco: região da folha Barbacena, Minas Gerais. In: SBG, Simpósio do Cráton do São Francisco, 2, Salvador, Anais...: 260-261.

- Trouw, R.A.J; Ribeiro.A.; Paciullo, F.V.P. 1986. Contribuição à Geologia da Folha Barbacena-1:250000. In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 34, Goiânia, Anais...2: 974-986.
- Trouw, R.A.J; Ribeiro,A.; Paciullo, F.V.P. 1980. Evolução Estrutural e Metamórfica de uma área a SE de Lavras, Minas Gerais. In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 30, Camboriú, Anais... 5: 2273-2284
- Trouw, R.A.J; Ribeiro.A.; Paciullo, F.V.P. 1994. A Faixa Alto Rio Grande reinterpretada como zona de interferência entre a Faixa Brasília e a Faixa Ribeira. In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 38, Camboriú, Boletim de Resumos Expandidos, 1: 234-235
- Valladares, C. S., Machado, N., Heilbron, M., Duarte, B. P., Gauthier, G., 2008. Sedimentary provenance in the central Ribeira Belt based on laser-ablation ICPMS 207Pb/206Pb zircon ages. *Gondwana Research*, 13, 516 – 526.
- Westin, A., 2011. O grupo Carrancas e a frente na nappe Andrelandia na borda do cráton São Francisco: Proveniência sedimentar e implicações tectônicas. Dissertação de Mestrado. IGC-USP.
- Zack, T., Moraes, R., Kronz, A., 2004. Temperature dependence of Zr in rutile: empirical calibration of a rutile thermometer. *Contrib Mineral Petrol*, 148, 471–488

# **ANEXO I**

## **DADOS ANALÍTICOS**



QUÍMICA MINERAL

AMOSTRAS NESG-939BI, NESG-1002A, NESG-1288.1

**AMOSTRA NESG-939BI – PLAGIOCLÁSIO**

Analysis	Plg12 - 1	Plg12 - 2	Plg12 - 3	Plg12 - 4	Plg12 - 5	Plg12 - 6	Plg12 - 7	Plg12 - 8	Plg12 - 9	Plg12 - 10	Plg10 - 11	Plg10 - 12
SiO <sub>2</sub>	64.348	64.599	63.731	63.925	65.524	63.205	62.834	64.451	65.034	67.123	64.832	65.044
TiO <sub>2</sub>	0.045	0	0	0.052	0.032	0	0.013	0	0	0	0	0
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	21.79	21.552	21.772	21.732	22.161	23.375	23.349	22.352	22.716	20.723	21.436	21.636
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0	0	0.106	0.131	0.158	0.189	0.179	0	0.004	0.091	0.014	0
MnO	0.008	0.056	0.022	0.026	0	0	0.021	0	0	0	0	0.011
MgO	0	0.007	0.011	0.004	0	0	0	0	0.014	0	0.005	0.016
CaO	2.767	2.355	2.54	2.727	2.946	4.075	4.338	3.05	3.121	0.787	2.03	2.118
Na <sub>2</sub> O	10.254	10.486	10.377	9.988	9.866	8.979	8.927	9.236	9.663	11.247	10.318	10.285
K <sub>2</sub> O	0.077	0.111	0.106	0.114	0.071	0.153	0.187	0.089	0.118	0.09	0.049	0.072
SrO	0.055	0.07	0.082	0.045	0.126	0.158	0.062	0.14	0.049	0	0.104	0.106
BaO	0.027	0.026	0	0	0.109	0.06	0	0.032	0.039	0.036	0	0
Total %	99.371	99.262	98.747	98.744	100.993	100.194	99.91	99.35	100.758	100.097	98.788	99.288
Si-K+	11.4212	11.4736	11.3931	11.4134	11.4368	11.1601	11.1308	11.4079	11.3669	11.7501	11.5352	11.5174
Ti-K+	0.0061	0	0	0.0069	0.0043	0	0.0017	0	0	0	0	0
Al-K+	4.5583	4.5116	4.5873	4.5731	4.5589	4.8645	4.8748	4.6628	4.6795	4.2754	4.495	4.5153
Fe-K+	0	0	0.0142	0.0176	0.0207	0.0251	0.0239	0	0.0005	0.012	0.0018	0
Mn-K+	0.0013	0.0085	0.0034	0.004	0	0	0.0032	0	0	0	0	0.0017
Mg-K+	0	0.002	0.0028	0.0011	0	0	0	0.0001	0.0037	0	0.0013	0.0041
Ca-K+	0.5261	0.4481	0.4864	0.5216	0.551	0.7709	0.8233	0.5785	0.5845	0.1476	0.387	0.4019
Na-K+	3.5287	3.6109	3.5967	3.4577	3.3388	3.074	3.0662	3.1695	3.2746	3.8174	3.5595	3.5311
K-K+	0.0175	0.0251	0.0242	0.026	0.0158	0.0345	0.0422	0.0201	0.0264	0.0201	0.0111	0.0164
Sr-L+	0.0057	0.0072	0.0085	0.0046	0.0127	0.0162	0.0063	0.0144	0.005	0	0.0107	0.0109
Ba-L+	0.0019	0.0018	0	0	0.0074	0.0041	0	0.0022	0.0027	0.0025	0	0
O	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32
Ab	86.46	87.99	87.26	86.12	85.05	78.83	77.80	83.74	84.02	95.44	89.63	89.03
An	12.89	10.92	11.80	12.99	14.04	19.77	20.89	15.28	15.01	3.99	9.79	10.13
Or	0.43	0.61	0.59	0.65	0.40	0.88	1.07	0.53	0.68	0.50	0.28	0.41
Total mol	99.78	99.52	99.64	99.76	99.49	99.48	99.76	99.56	99.71	99.94	99.70	99.58
(Al-1)/(Al+Si-3)	0.2741	0.2704	0.2764	0.2751	0.2739	0.2967	0.2979	0.2802	0.2820	0.2515	0.2682	0.2697
Ca/(Ca+Na+K)	0.1292	0.1097	0.1184	0.1302	0.1411	0.1987	0.2094	0.1535	0.1504	0.0370	0.0978	0.1018

### AMOSTRA NESG-939BI – PLAGIOCLÁSIO

Analysis	Plg10 - 13	Plg10 - 14	Plg10 - 15	Plg15 - 16	Plg24 - 17
SiO2	65.381	66.021	65.347	64.847	66.355
TiO2	0.013	0.045	0	0.058	0
Al2O3	21.524	21.685	21.34	21.698	20.81
Fe2O3	0	0.087	0.033	0.07	0.05
MnO	0	0	0.008	0	0.014
MgO	0.003	0	0	0	0.004
CaO	1.917	2.028	1.933	2.368	1.186
Na2O	10.271	10.08	10.26	9.933	10.841
K2O	0.062	0.045	0.047	0.049	0.045
SrO	0.099	0.067	0.096	0.126	0.093
BaO	0	0.085	0	0	0.053
Total %	99.27	100.143	99.064	99.149	99.451
Si-K+	11.5626	11.5706	11.5807	11.4971	11.7017
Ti-K+	0.0017	0.006	0	0.0077	0
Al-K+	4.4862	4.4791	4.4572	4.5339	4.3253
Fe-K+	0	0.0115	0.0044	0.0093	0.0067
Mn-K+	0	0	0.0012	0	0.0021
Mg-K+	0.0009	0	0	0	0.001
Ca-K+	0.3631	0.3808	0.3671	0.4498	0.224
Na-K+	3.5217	3.4252	3.5255	3.4144	3.7067
K -K+	0.0141	0.01	0.0107	0.011	0.0102
Sr-L+	0.0101	0.0068	0.0099	0.013	0.0095
Ba-L+	0	0.0059	0	0	0.0036
O	44	45	46	47	48
Ab	90.07	89.19	89.96	87.60	93.51
An	9.29	10.22	9.48	11.78	5.82
Or	0.36	0.26	0.27	0.28	0.26
Total mol	99.72	99.67	99.72	99.67	99.59
(Al-1)/(Al+Si-3)	0.2672	0.2666	0.2652	0.2712	0.2553
Ca/(Ca+Na+K)	0.0931	0.0998	0.0940	0.1161	0.0568

**AMOSTRA NESG-1002A -- PLAGIOCLÁSIO**

Análise	Plg1 - 1	Plg1 - 2	Plg1 - 3	Plg1 - 4	Plg12 - 5	Plg12 - 6	Plg12 - 7	Plg12 - 8	Plg16 - 9	Plg16 - 10	Plg16 - 11	Plg7 - 12	Plg7 - 13
SiO2	61.563	64.535	62.713	60.815	62.058	62.599	62.094	62.571	62.713	63.759	63.793	63.475	63.248
TiO2	0	0	0.026	0	0.032	0.052	0	0.045	0	0.064	0.019	0	0.019
Al2O3	23.988	22.966	23.322	24.801	24.117	23.503	24.067	24.18	24.306	23.642	23.789	23.688	23.8
Fe2O3	0.055	0.226	0.078	0.224	0.157	0.06	0.06	0	0.088	0	0	0	0
MnO	0.001	0.05	0	0.015	0	0	0.008	0	0	0.015	0.055	0	0.005
MgO	0	0	0.016	0.006	0	0.021	0.018	0.004	0	0	0.005	0	0.005
CaO	4.699	3.56	3.627	5.952	5.098	4.564	5.03	5	4.825	4.194	4.373	4.328	4.49
Na2O	8.716	9.635	8.982	8.467	8.754	9.082	8.595	8.559	8.709	9.171	9.438	9.473	8.994
K2O	0.054	0.092	0.285	0.07	0.075	0.067	0.076	0.047	0.097	0.097	0.079	0.107	0.065
SrO	0.038	0.023	0.109	0.006	0.083	0.112	0.064	0.103	0.079	0.034	0.048	0.09	0.075
BaO	0.034	0	0.128	0.035	0	0	0	0.003	0	0.022	0.107	0.165	0
Total %	99.148	101.087	99.286	100.391	100.374	100.06	100.012	100.512	100.817	100.998	101.706	101.326	100.701
Si-K+	10.9964	11.2728	11.1679	10.7878	10.9703	11.0838	10.9995	11.0191	11.0135	11.1554	11.1137	11.1096	11.1067
Ti-K+	0	0	0.0035	0	0.0043	0.0069	0	0.006	0	0.0085	0.0025	0	0.0025
Al-K+	5.0499	4.728	4.8948	5.1849	5.0245	4.9047	5.0248	5.0188	5.0308	4.8751	4.8845	4.8864	4.9258
Fe-K+	0.0074	0.0297	0.0105	0.0299	0.0209	0.008	0.008	0	0.0116	0	0	0	0
Mn-K+	0.0002	0.0074	0	0.0022	0	0	0.0013	0	0	0.0022	0.0081	0	0.0007
Mg-K+	0	0	0.0042	0.0016	0	0.0057	0.0047	0.0009	0	0	0.0013	0	0.0012
Ca-K+	0.8992	0.6662	0.692	1.1313	0.9655	0.8658	0.9547	0.9434	0.9078	0.7861	0.8163	0.8116	0.8448
Na-K+	3.0187	3.2633	3.1012	2.9121	3.0005	3.1178	2.9521	2.9223	2.9654	3.111	3.188	3.2145	3.0622
K-K+	0.0123	0.0205	0.0647	0.0159	0.0169	0.0151	0.0172	0.0105	0.0216	0.0216	0.0177	0.0238	0.0146
Sr-L+	0.004	0.0024	0.0112	0.0006	0.0085	0.0115	0.0066	0.0106	0.008	0.0034	0.0048	0.0091	0.0076
Ba-L+	0.0024	0	0.0089	0.0025	0	0	0	0.0002	0	0.0015	0.0073	0.0113	0
O	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32
Ab	76.54	82.41	79.67	71.62	75.17	77.64	74.84	75.16	75.76	79.24	78.84	78.97	77.90
An	22.99	16.82	18.05	27.82	24.19	21.56	24.41	24.27	23.49	20.02	20.19	19.94	21.49
Or	0.31	0.52	1.66	0.39	0.42	0.38	0.44	0.27	0.55	0.55	0.44	0.58	0.37
Total mol	99.83	99.75	99.38	99.83	99.79	99.57	99.68	99.70	99.80	99.82	99.47	99.50	99.76
(Al-1)/(Al+Si-3)	0.3104	0.2868	0.2982	0.3226	0.3097	0.3006	0.3090	0.3082	0.3090	0.2974	0.2988	0.2990	0.3012
Ca/(Ca+Na+K)	0.2288	0.1687	0.1794	0.2787	0.2424	0.2165	0.2433	0.2434	0.2331	0.2006	0.2030	0.2004	0.2154

**AMOSTRA NESG-1288.1 – PLAGIOCLÁSIO**

Análise	Plg14 - 1	Plg14 - 2	Plg14 - 3	Plg13 - 4	Plg13 - 5	Plg13 - 6	Plg14 - 7	Plg14 - 8	Plg1 - 9	Plg1 - 10	Plg5 - 11	Plg5 - 12
SiO2	62.016	62.1	61.783	60.82	61.234	60.428	60.557	60.721	60.957	59.634	60.788	61.295
TiO2	0	0	0	0.084	0	0.039	0	0	0.046	0	0	0.039
Al2O3	24.712	24.569	24.776	23.961	24.008	24.099	24.061	24.118	24.131	24.082	24.298	24.076
Fe2O3	0.083	0.01	0.01	0	0.045	0.023	0.111	0.083	0.032	0	0	0.027
MnO	0.036	0	0.003	0.005	0	0.015	0	0.021	0	0.037	0.035	0
MgO	0	0.008	0.009	0.021	0	0.015	0	0.002	0.016	0.01	0	0.006
CaO	5.585	5.639	5.488	5.477	5.479	5.521	5.322	5.438	5.824	5.539	5.516	5.389
Na2O	8.521	8.767	8.687	8.656	8.638	8.25	8.409	8.446	8.707	8.413	8.575	8.671
K2O	0.101	0.075	0.056	0.076	0.083	0.067	0.061	0.097	0.054	0.065	0.062	0.059
SrO	0.116	0.138	0.155	0.088	0.086	0.092	0.08	0.055	0.118	0.057	0.056	0.108
BaO	0.085	0.094	0.068	0	0	0.076	0.076	0.05	0	0.04	0	0
Total %	101.255	101.4	101.035	99.188	99.573	98.625	98.677	99.031	99.885	97.877	99.33	99.67
Si-K+	10.8887	10.8969	10.872	10.902	10.9279	10.8868	10.9023	10.8964	10.8678	10.8382	10.8758	10.9253
Ti-K+	0	0	0	0.0113	0	0.0053	0	0	0.0061	0	0	0.0052
Al-K+	5.1138	5.0811	5.1385	5.0621	5.0497	5.1171	5.1053	5.101	5.0705	5.1583	5.1236	5.0577
Fe-K+	0.0109	0.0013	0.0013	0	0.0061	0.0032	0.0151	0.0112	0.0043	0	0	0.0036
Mn-K+	0.0054	0	0.0005	0.0008	0	0.0023	0	0.0032	0	0.0058	0.0053	0
Mg-K+	0	0.0022	0.0024	0.0057	0	0.004	0	0.0006	0.0043	0.0028	0	0.0015
Ca-K+	1.0507	1.0601	1.0347	1.0519	1.0476	1.0657	1.0266	1.0456	1.1124	1.0786	1.0574	1.0292
Na-K+	2.9009	2.9829	2.9638	3.0084	2.989	2.8817	2.9351	2.9385	3.01	2.9648	2.9747	2.9967
K-K+	0.0226	0.0167	0.0125	0.0173	0.0189	0.0154	0.014	0.0223	0.0122	0.0151	0.0141	0.0135
Sr-L+	0.0118	0.014	0.0158	0.0091	0.0089	0.0096	0.0083	0.0057	0.0122	0.006	0.0058	0.0112
Ba-L+	0.0058	0.0065	0.0047	0	0	0.0053	0.0054	0.0035	0	0.0028	0	0
O	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32
Ab	72.57	73.07	73.44	73.50	73.54	72.27	73.57	73.11	72.51	72.74	73.32	73.95
An	26.29	25.97	25.67	25.70	25.78	26.81	25.73	26.01	26.80	26.46	26.06	25.40
Or	0.57	0.41	0.31	0.42	0.47	0.39	0.35	0.55	0.29	0.37	0.35	0.33
Total mol	99.42	99.44	99.42	99.62	99.78	99.47	99.66	99.68	99.60	99.57	99.73	99.69
(Al-1)/(Al+Si-3)	0.3164	0.3145	0.3181	0.3133	0.3121	0.3166	0.3156	0.3155	0.3146	0.3200	0.3172	0.3125
Ca/(Ca+Na+K)	0.2644	0.2611	0.2580	0.2580	0.2583	0.2689	0.2582	0.2610	0.2690	0.2658	0.2613	0.2548

**AMOSTRA NESG-939BI – MUSCOVITA**

Análise	Ms13 - 1	Ms13 - 2	Ms13 - 3	Ms13 - 6	Ms1 - 13	Ms1 - 14	Ms1 - 15	Ms10 - 18	Ms10 - 19
SiO2	44.46	45.017	44.803	45.439	44.497	45.179	45.483	44.801	45.144
TiO2	1.153	0.909	0.999	0.252	1.177	1.069	1.133	0.756	1.253
Al2O3	35.203	35.175	34.958	36.393	33.772	34.184	34.352	33.788	34.324
FeO	1.557	1.287	1.594	1.047	0.998	0.883	1.032	1.032	0.904
MnO	0.025	0.035	0	0	0	0	0	0.008	0.03
MgO	0.471	0.492	0.461	0.362	0.846	0.836	0.814	0.945	0.921
CaO	0	0.075	0	0.015	0	0	0.018	0	0.027
BaO	0.079	0.108	0.17	0.108	0.202	0.154	0.143	0.163	0.31
Na2O	1.185	1.328	1.279	1.759	1.151	1.203	1.171	1.008	1.168
K2O	9.704	9.854	9.746	9.018	10.053	9.863	9.894	9.458	9.831
Cl	0	0	0	0	0	0.02	0	0	0.025
F	0	0	0	0.004	0.067	0.26	0	0.004	0.004
Total %	93.837	94.28	94.01	94.397	92.763	93.651	94.04	91.963	93.941
Si-K+	6.0273	6.0715	6.0674	6.0759	6.1118	6.1391	6.1388	6.1669	6.1095
Ti-K+	0.1175	0.0922	0.1017	0.0253	0.1216	0.1092	0.115	0.0783	0.1275
Al-K+	5.6246	5.5912	5.5796	5.7354	5.467	5.4747	5.4645	5.4815	5.4747
Fe-K+	0.1765	0.1452	0.1805	0.1171	0.1147	0.1003	0.1165	0.1188	0.1023
Mn-K+	0.0029	0.004	0	0	0	0	0	0.0009	0.0034
Mg-K+	0.0951	0.0989	0.0931	0.0723	0.1732	0.1694	0.1638	0.1939	0.1858
Ca-K+	0	0.0108	0	0.0021	0	0	0.0026	0	0.0039
Ba-L+	0.0042	0.0057	0.009	0.0057	0.0108	0.0082	0.0076	0.0088	0.0165
Na-K+	0.3115	0.3472	0.3359	0.4561	0.3064	0.3171	0.3065	0.269	0.3065
K-K+	1.6781	1.6954	1.6837	1.5384	1.7615	1.7097	1.7035	1.6608	1.6972
Cl-K+	0	0	0	0	0	0.0045	0	0	0.0058
F-K+	0	0	0	0.0017	0.0291	0.1115	0	0.0017	0.0017
O	22	22	22	22	22	22	22	22	22
Na	15.62	16.86	16.56	22.78	14.74	15.58	15.17	13.88	15.14
K	84.17	82.34	83.00	76.83	84.74	84.01	84.32	85.67	83.85
Total mol	99.79	99.20	99.56	99.61	99.48	99.60	99.50	99.55	98.99

**AMOSTRA NESG-939BI – MUSCOVITA**

Analysis	Ms10 - 20	Ms10 - 23	Ms14 - 26	Ms14 - 27	Ms2 - 28	Ms2 - 29	Ms2 - 30
SiO2	45.506	45.626	46.222	45.927	45.382	46.09	46.054
TiO2	1.067	1.085	0.621	0.932	0.652	0.627	0.582
Al2O3	33.851	34.566	34.264	34.819	35.41	35.707	35.835
FeO	1.068	1.165	1.219	1.094	1.165	1.023	0.834
MnO	0	0	0	0.001	0.021	0	0.004
MgO	0.964	0.862	0.962	0.812	0.721	0.714	0.588
CaO	0.008	0.021	0	0.033	0	0.008	0.022
BaO	0.118	0.251	0.173	0.131	0.361	0.157	0.311
Na2O	1.133	1.221	1.172	1.039	1.39	1.345	1.418
K2O	9.425	9.705	9.741	9.831	9.812	9.729	9.619
Cl	0	0	0	0.008	0.006	0.006	0
F	0	0	0.13	0	0	0.071	0
Total %	93.14	94.502	94.504	94.627	94.92	95.477	95.267
Si-K+	6.1815	6.13	6.2072	6.1495	6.0819	6.1176	6.1195
Ti-K+	0.109	0.1097	0.0627	0.0938	0.0658	0.0626	0.0582
Al-K+	5.4195	5.4734	5.4231	5.4949	5.5929	5.5858	5.6119
Fe-K+	0.1214	0.1309	0.1369	0.1225	0.1305	0.1135	0.0927
Mn-K+	0	0	0	0.0001	0.0024	0	0.0004
Mg-K+	0.1952	0.1726	0.1926	0.1621	0.144	0.1412	0.1165
Ca-K+	0.0011	0.003	0	0.0048	0	0.0011	0.0031
Ba-L+	0.0063	0.0132	0.0091	0.0069	0.019	0.0082	0.0162
Na-K+	0.2984	0.3181	0.3051	0.2698	0.3612	0.3461	0.3652
K -K+	1.6333	1.6635	1.6688	1.6794	1.6775	1.6473	1.6305
Cl-K+	0	0	0	0.0019	0.0013	0.0013	0
F -K+	0	0	0.0551	0	0	0.0298	0
O	22	22	22	22	22	22	22
Na	15.39	15.92	15.39	13.76	17.55	17.28	18.12
K	84.23	83.27	84.16	85.64	81.52	82.25	80.92
Total mol	99.62	99.19	99.54	99.40	99.08	99.54	99.04

**AMOSTRA NESG-939BI – BIOTITA**

Analysis	Bt in Grt13 - 5	Bt in Grt13 - 11	Bt in Grt13 - 12	Bt matriz1 - 16	Bt in Ky1 - 17	Bt com Ms10 - 21	Bt10 - 22	Bt peq2 - 31
SiO2	34.354	32.779	32.92	35.269	35.697	35.288	35.109	35.323
TiO2	1.679	1.807	1.332	1.812	2.171	1.883	1.547	2.337
Al2O3	18.594	19.549	18.819	18.725	18.531	18.608	18.582	18.617
FeO	22.914	28.603	27.334	18.511	18.215	17.929	18.558	18.067
MnO	0.007	0.09	0	0	0.035	0.013	0.013	0
MgO	6.384	4.258	4.731	11.105	10.545	11.08	11.764	11.058
CaO	0.03	0.059	0.017	0	0.039	0.006	0	0
BaO	0.096	0	0.119	0.103	0.081	0.148	0.009	0.025
Na2O	0.176	0.086	0.128	0.202	0.227	0.17	0.086	0.112
K2O	9.07	7.527	8.859	9.239	9.236	9.53	9.431	9.443
Cl	0.019	0.013	0.027	0	0	0.011	0.008	0
F	0	0.055	0.436	0.288	0.176	0.301	0.757	0.122
Total %	93.323	94.826	94.722	95.254	94.953	94.967	95.864	95.104
Si-K+	5.4445	5.2208	5.2915	5.3685	5.4316	5.3862	5.3429	5.3664
Ti-K+	0.2002	0.2165	0.161	0.2074	0.2484	0.2161	0.177	0.2669
Al-K+	3.4731	3.6696	3.5653	3.3593	3.3231	3.3475	3.3327	3.3335
Fe-K+	3.037	3.8099	3.6744	2.3563	2.3179	2.2886	2.3618	2.2955
Mn-K+	0.001	0.0121	0	0	0.0045	0.0016	0.0017	0
Mg-K+	1.5083	1.0111	1.1338	2.52	2.392	2.5212	2.6687	2.5045
Ca-K+	0.0051	0.0101	0.0029	0	0.0063	0.001	0	0
Ba-L+	0.006	0	0.0075	0.0062	0.0048	0.0088	0.0005	0.0015
Na-K+	0.0541	0.0267	0.04	0.0595	0.067	0.0503	0.0255	0.033
K-K+	1.8337	1.5293	1.8167	1.794	1.7927	1.8557	1.8309	1.8302
Cl-K+	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0
F-K+	0.00	0.03	0.22	0.14	0.08	0.15	0.36	0.0584
O	22	22	22	22	22	22	22	22
Fe:Mg	2.0135	3.7681	3.2408	0.9350	0.9690	0.9077	0.8850	0.9166



**AMOSTRA NESG-939BI – CLORITA**

Analysis	Chl in Grt13 - 7	Chl in Grt13 - 8	Chl in Grt13 - 9	Chl in Grt13 - 10	borda grt14 - 24	borda grt14 - 25
SiO2	23.495	22.629	21.524	21.055	24.431	24.113
TiO2	0.024	0	0.029	0.035	0.091	0.066
Al2O3	21.388	21.174	20.842	21.72	22.142	22.265
FeO	33.61	39.978	43.644	41.135	24.434	24.732
MnO	0.104	0.299	0.162	0.13	0.022	0.034
MgO	8.664	4.731	2.132	1.89	15.124	13.569
CaO	0.016	0.021	0.004	0.011	0.014	0.011
BaO	0.033	0.069	0	0.035	0.015	0
Na2O	0	0.03	0	0	0	0
K2O	0	0.017	0	0	0	0.022
Cl	0.005	0	0.013	0.016	0	0.022
F	0	0.139	0.1	0	0.101	0.21
Total	87.339	89.087	88.45	86.027	86.374	85.044
Si-K+	4.103	4.0305	3.9541	3.9283	4.0978	4.1234
Ti-K+	0.0031	0	0.004	0.0049	0.0114	0.0085
Al-K+	4.4021	4.4448	4.5126	4.7762	4.3771	4.4873
Fe-K+	4.9086	5.9547	6.7053	6.4184	3.4274	3.5369
Mn-K+	0.0154	0.0451	0.0252	0.0205	0.0032	0.0049
Mg-K+	2.26	1.26	0.58	0.53	3.78	3.46
Ca-K+	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ba-L+	0.0022	0.0048	0	0.0026	0.001	0
Na-K+	0	0.0105	0	0	0	0
K -K+	0.0000	0.0038	0.0000	0.0000	0.0000	0.0049
Cl-K+	0.0016	0	0.0041	0.0051	0	0.0064
F -K+	0	0.0782	0.0581	0	0.0534	0.1135
O	22	22	22	22	22	22

**AMOSTRA NESG-939BI – GRANADA**

Análise	Grt12 - 1	Grt12 - 2	Grt12 - 3	Grt12 - 4	Grt12 - 5	Grt12 - 6	Grt12 - 7	Grt12 - 8	Grt12 - 9	Grt12 - 10	Grt12 - 11	Grt12 - 12	Grt12 - 13
SiO2	36.887	37.569	37.238	36.443	36.882	37.291	36.1	37.161	37.179	36.709	37.297	37.221	37.239
TiO2	0.03	0.03	0	0	0	0.047	0.035	0.076	0.053	0	0.012	0.012	0
Al2O3	21.543	21.849	21.866	21.605	21.582	21.33	22.151	21.675	21.868	21.799	21.814	21.997	21.722
FeO	36.433	37.813	34.901	36.918	38.764	38.402	37.902	39.006	38.203	37.962	36.928	36.502	35.138
MnO	0.237	0.084	0.178	0.294	0.388	0.308	0.38	0.29	0.204	0.177	0.131	0.115	0.279
MgO	4.117	3.896	3.503	2.979	2.694	2.451	2.446	2.695	3.031	3.189	3.39	3.748	3.826
CaO	0.782	0.878	0.591	0.818	0.881	1.02	1.146	0.917	0.703	0.69	1.337	1.368	0.901
Total	100.029	102.119	98.277	99.057	101.191	100.849	100.16	101.82	101.241	100.526	100.909	100.963	99.105
Si-K+	5.9197	5.9221	6.0254	5.9289	5.916	5.9871	5.8419	5.9212	5.9292	5.8991	5.9416	5.9151	5.9914
Ti-K+	0.0036	0.0035	0	0	0	0.0057	0.0043	0.0092	0.0064	0	0.0014	0.0014	0
Al-K+	4.0747	4.0592	4.1699	4.1426	4.0799	4.0362	4.2248	4.0705	4.1102	4.1287	4.0956	4.1199	4.1189
Fe-K+	4.8897	4.9849	4.7227	5.0229	5.1999	5.1561	5.1294	5.1977	5.0952	5.1017	4.9197	4.8511	4.7279
Mn-K+	0.0323	0.0113	0.0244	0.0405	0.0527	0.0419	0.0521	0.0392	0.0276	0.0241	0.0177	0.0155	0.0381
Mg-K+	0.9849	0.9156	0.8449	0.7225	0.6441	0.5866	0.5901	0.6402	0.7207	0.764	0.805	0.8878	0.9176
Ca-K+	0.1344	0.1483	0.1025	0.1425	0.1514	0.1755	0.1987	0.1565	0.1201	0.1188	0.2281	0.2328	0.1554
O	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Alm	80.93	82.21	82.93	84.73	85.97	86.51	85.92	86.15	85.44	84.91	82.40	81.02	80.97
And	0.05	0.38	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Grs	2.18	2.07	1.80	2.40	2.40	2.94	3.33	2.59	2.01	1.98	3.82	3.89	2.66
Prp	16.31	15.15	14.84	12.19	10.66	9.84	9.88	10.61	12.08	12.72	13.48	14.83	15.72
Sps	0.53	0.19	0.43	0.68	0.87	0.70	0.87	0.65	0.46	0.40	0.30	0.26	0.65
Fe2/Mg	4.96	5.43	5.59	6.95	8.07	8.79	8.69	8.12	7.07	6.68	6.11	5.46	5.15

**AMOSTRA NESG-939BI – GRANADA**

Análise	Grt12 - 14	Grt12 - 15	Grt12 - 16	Grt12 - 17	Grt12 - 18	Grt12 - 19	Grt12 - 20	Grt12 - 21	Grt12 - 22	Grt12 - 23	Grt12 - 24	Grt12 - 25	Grt12 - 26
SiO2	37.185	37.345	37.114	37.168	36.881	36.978	37.131	36.161	36.777	37.274	36.444	36.892	37.104
TiO2	0.041	0	0	0.023	0.048	0	0.042	0.82	0.012	0	1.292	0.047	0.053
Al2O3	21.703	21.825	21.947	21.874	21.738	21.902	21.602	21.185	21.482	21.738	21.527	21.762	21.822
FeO	38.022	36.956	37.082	38.303	36.43	37.438	35.511	34.208	38.613	36.647	36.409	37.59	36.499
MnO	0.229	0.229	0.109	0.152	0.2	0.227	0.447	0.438	0.397	0.405	0.386	0.293	0.243
MgO	2.928	3.885	3.807	3.287	3.313	3.005	2.211	2.076	2.243	2.294	2.487	2.72	2.971
CaO	0.689	0.769	0.886	0.604	0.568	0.699	2.254	2.225	1.464	1.22	0.913	0.715	0.664
Total	100.797	101.009	100.945	101.411	99.178	100.249	99.198	97.113	100.988	99.578	99.458	100.019	99.356
Si-K+	5.9539	5.9361	5.9084	5.9173	5.9627	5.94	6.0091	5.9661	5.9202	6.0162	5.8959	5.949	5.987
Ti-K+	0.0049	0	0	0.0028	0.0058	0	0.0051	0.1018	0.0014	0	0.1572	0.0057	0.0065
Al-K+	4.0955	4.0886	4.1179	4.1043	4.142	4.1465	4.1202	4.1195	4.0757	4.1352	4.1047	4.1359	4.1501
Fe-K+	5.0912	4.9125	4.937	5.0998	4.9257	5.0293	4.806	4.72	5.1982	4.9466	4.9261	5.0692	4.9253
Mn-K+	0.031	0.0308	0.0147	0.0205	0.0274	0.0309	0.0612	0.0612	0.0541	0.0553	0.0529	0.04	0.0332
Mg-K+	0.6989	0.9207	0.9036	0.78	0.7984	0.7195	0.5335	0.5105	0.5383	0.5519	0.5997	0.6539	0.7148
Ca-K+	0.1181	0.131	0.1511	0.103	0.0985	0.1204	0.3908	0.3933	0.2526	0.211	0.1582	0.1236	0.1148
O	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Alm	85.72	81.94	82.20	84.95	84.20	85.24	82.98	83.03	86.01	85.81	85.87	86.11	85.09
And	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00
Grs	1.99	2.19	2.52	1.72	1.68	2.04	6.75	6.92	4.11	3.66	2.76	2.10	1.98
Prp	11.77	15.36	15.04	12.99	13.65	12.19	9.21	8.98	8.91	9.57	10.45	11.11	12.35
Sps	0.52	0.51	0.24	0.34	0.47	0.52	1.06	1.08	0.90	0.96	0.92	0.68	0.57
Fe2/Mg	7.28	5.34	5.46	6.54	6.17	6.99	9.01	9.25	9.65	8.96	8.21	7.75	6.89

**AMOSTRA NESG-939BI – GRANADA**

Análise	Grt12 - 27	Grt12 - 28	Grt12 - 29	Grt12 - 30	Grt12 - 31	Grt12 - 32	Grt12 - 33	Grt12 - 34	Grt12 - 35	Grt12 - 36	Grt12 - 37	Grt12 - 38	Grt12 - 39
SiO2	37.554	37.127	37.04	37.251	37.278	37.664	37.672	37.166	37.584	37.332	37.294	37.096	37.348
TiO2	0.053	0.048	0	0	0.024	0.036	0.065	0.042	0.036	0.053	0.036	0.024	0.077
Al2O3	21.763	21.622	22.062	21.908	22.085	21.98	22.143	22.077	21.783	22.002	22.261	21.849	21.812
FeO	35.912	34.777	35.175	36.054	34.914	35.108	35.668	36.186	35.47	35.592	36.079	36.984	37.646
MnO	0.184	0.211	0.504	0.429	0.134	0.111	0.131	0.09	0.095	0.196	0.247	0.31	0.308
MgO	3.098	3.885	3.779	3.976	4.18	3.83	3.533	3.686	3.334	3.158	3.063	2.771	2.879
CaO	0.692	0.924	0.755	0.684	0.79	0.813	1.614	1.364	1.499	1.41	0.902	0.685	0.542
Total	99.256	98.594	99.315	100.302	99.405	99.542	100.826	100.611	99.801	99.743	99.882	99.719	100.612
Si-K+	6.0404	5.9966	5.9515	5.944	5.9635	6.0152	5.9669	5.9182	6.0114	5.9814	5.9707	5.9788	5.9761
Ti-K+	0.0065	0.0058	0	0	0.0029	0.0043	0.0078	0.005	0.0043	0.0064	0.0043	0.0029	0.0092
Al-K+	4.1256	4.1158	4.1779	4.12	4.1638	4.1373	4.1336	4.1433	4.1063	4.1547	4.2003	4.1503	4.1134
Fe-K+	4.8306	4.6975	4.7266	4.8112	4.671	4.6891	4.7246	4.8188	4.7446	4.7692	4.8305	4.9849	5.0376
Mn-K+	0.025	0.0289	0.0685	0.0579	0.0182	0.015	0.0176	0.0121	0.0129	0.0267	0.0335	0.0423	0.0418
Mg-K+	0.7428	0.9353	0.9051	0.9458	0.9969	0.9118	0.8342	0.8749	0.7949	0.7544	0.7309	0.6657	0.6868
Ca-K+	0.1193	0.1598	0.1299	0.1169	0.1355	0.139	0.2739	0.2327	0.2569	0.242	0.1547	0.1183	0.0929
O	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Alm	84.49	80.69	81.07	81.11	80.24	81.48	80.76	81.15	81.67	82.34	84.01	85.78	85.98
And	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Grs	2.09	2.74	2.23	1.97	2.33	2.42	4.68	3.92	4.42	4.18	2.69	2.04	1.59
Prp	12.99	16.07	15.52	15.94	17.12	15.84	14.26	14.73	13.68	13.02	12.71	11.46	11.72
Sps	0.44	0.50	1.17	0.98	0.31	0.26	0.30	0.20	0.22	0.46	0.58	0.73	0.71
Fe2/Mg	6.50	5.02	5.22	5.09	4.69	5.14	5.66	5.51	5.97	6.32	6.61	7.49	7.33

**AMOSTRA NESG-939BI – GRANADA**

Análise	Grt12 - 40	Grt12 - 41	Grt12 - 42	Grt12 - 43	Grt12 - 44	Grt12 - 45	Grt12 - 46	Grt12 - 47	Grt12 - 48	Grt12 - 49	Grt12 - 50	Grt12 - 51	Grt12 - 52
SiO2	37.105	37.545	36.884	37.344	37.322	37.373	37.847	37.151	37.43	37.141	36.969	36.978	37.399
TiO2	0.272	0.03	0	0.053	0.083	0.006	0.03	0.018	0.03	0.059	0.065	0	0.07
Al2O3	21.712	22.087	21.735	21.806	22.024	22.147	22.203	22.155	21.972	21.992	22.076	21.967	21.969
FeO	36.583	36.209	38.066	37.162	36.222	36.4	35.509	36.38	35.7	36.365	36.373	38.16	37.969
MnO	0.352	0.144	0.412	0.261	0.109	0.05	0.222	0.418	0.292	0.164	0.229	0.37	0.287
MgO	2.677	3.261	2.622	2.853	3.582	4.013	4.103	3.917	3.992	3.874	3.043	2.631	2.789
CaO	0.74	1.191	0.92	0.626	0.936	0.857	0.736	0.689	0.86	0.908	0.58	0.724	0.636
Total	99.441	100.467	100.639	100.105	100.278	100.846	100.65	100.728	100.276	100.503	99.335	100.83	101.119
Si-K+	5.9896	5.9785	5.9303	5.9934	5.9544	5.9287	5.9845	5.9106	5.9601	5.9209	5.9615	5.9278	5.9608
Ti-K+	0.033	0.0035	0	0.0064	0.0099	0.0007	0.0035	0.0021	0.0035	0.0071	0.0078	0	0.0084
Al-K+	4.1307	4.145	4.1186	4.1246	4.1412	4.1406	4.1378	4.1542	4.1234	4.132	4.1955	4.1502	4.1269
Fe-K+	4.9386	4.8218	5.1185	4.9878	4.8328	4.829	4.6957	4.8404	4.754	4.8482	4.9051	5.1158	5.061
Mn-K+	0.0481	0.0194	0.0561	0.0355	0.0148	0.0068	0.0297	0.0563	0.0394	0.0221	0.0313	0.0503	0.0388
Mg-K+	0.6441	0.7741	0.6284	0.6826	0.8519	0.949	0.9672	0.9291	0.9477	0.9207	0.7315	0.6287	0.6627
Ca-K+	0.1279	0.2032	0.1585	0.1076	0.16	0.1456	0.1247	0.1175	0.1467	0.1551	0.1002	0.1243	0.1086
O	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Alm	85.76	82.87	85.86	85.80	82.48	81.43	80.72	81.44	80.74	81.54	85.04	86.43	86.20
And	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Grs	2.22	3.49	2.66	1.85	2.73	2.46	2.14	1.98	2.49	2.61	1.74	2.10	1.85
Prp	11.18	13.30	10.54	11.74	14.54	16.00	16.63	15.63	16.10	15.48	12.68	10.62	11.29
Sps	0.84	0.33	0.94	0.61	0.25	0.11	0.51	0.95	0.67	0.37	0.54	0.85	0.66
Fe2/Mg	7.67	6.23	8.15	7.31	5.67	5.09	4.85	5.21	5.02	5.27	6.71	8.14	7.64

**AMOSTRA NESG-939BI – GRANADA**

Análise	Grt12 - 53	Grt12 - 54	Grt12 - 55	Grt12 - 56	Grt12 - 57	Grt18 - 58	Grt18 - 59	Grt18 - 60	Grt18 - 61	Grt18 - 62	Grt18 - 63	Grt18 - 64	Grt18 - 65
SiO2	36.549	37.21	36.96	36.783	37.537	37.044	37.132	37.298	37.412	36.874	37.178	36.668	37.226
TiO2	0.088	0	0.012	0.094	0	0.059	0.095	0.024	0	0.042	0	0	0
Al2O3	21.821	21.773	22.23	22.79	22.136	21.524	21.72	21.784	21.818	21.948	22.01	21.791	21.854
FeO	38.002	37.529	36.369	36.958	36.577	35.886	35.135	35.224	35.442	33.64	36.416	35.728	36.801
MnO	0.401	0.333	0.064	0.069	0.082	0.403	0.659	0.723	0.671	0.805	1.099	1.12	1.334
MgO	2.771	2.719	3.655	3.513	3.939	3.615	2.195	1.793	1.378	1.621	2.294	2.318	2.177
CaO	0.66	0.854	0.822	0.849	0.828	1.35	2.975	3.107	4.178	3.747	1.357	1.535	2.153
Total	100.292	100.418	100.112	101.056	101.099	99.881	99.911	99.953	100.899	98.677	100.354	99.16	101.545
Si-K+	5.8963	5.9717	5.9121	5.842	5.9414	5.9502	5.9727	5.9991	5.9806	5.9852	5.9673	5.9547	5.9346
Ti-K+	0.0107	0	0.0014	0.0112	0	0.0071	0.0115	0.0029	0	0.0051	0	0	0
Al-K+	4.149	4.1182	4.191	4.2661	4.1296	4.0747	4.1176	4.1295	4.1107	4.1988	4.1636	4.1707	4.1061
Fe-K+	5.1271	5.0368	4.8653	4.9089	4.8418	4.8206	4.7263	4.7381	4.7382	4.5665	4.8882	4.8523	4.9063
Mn-K+	0.0549	0.0453	0.0087	0.0092	0.011	0.0548	0.0898	0.0985	0.0908	0.1107	0.1494	0.1541	0.1801
Mg-K+	0.6665	0.6504	0.8716	0.8318	0.9296	0.8656	0.5263	0.43	0.3283	0.3923	0.549	0.5611	0.5173
Ca-K+	0.1142	0.1468	0.1409	0.1444	0.1405	0.2324	0.5127	0.5354	0.7156	0.6517	0.2334	0.2671	0.3678
O	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Alm	86.0	85.7	82.7	83.3	81.7	80.7	80.7	81.7	80.7	79.8	84.0	83.2	82.2
And	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Grs	1.9	2.5	2.4	2.4	2.4	3.9	8.8	9.2	12.2	11.4	4.0	4.6	6.2
Prp	11.2	11.1	14.8	14.1	15.7	14.5	9.0	7.4	5.6	6.9	9.4	9.6	8.7
Sps	0.9	0.8	0.1	0.2	0.2	0.9	1.5	1.7	1.5	1.9	2.6	2.6	3.0
Fe2/Mg	7.7	7.7	5.6	5.9	5.2	5.6	9.0	11.0	14.4	11.6	8.9	8.6	9.5

**AMOSTRA NESG-939BI – GRANADA**

Análise	Grt18 - 66	Grt18 - 67	Grt18 - 68	Grt18 - 69	Grt18 - 70	Grt18 - 71	Grt18 - 72	Grt18 - 73	Grt18 - 74	Grt18 - 75	Grt18 - 76	Grt18 - 77	Grt18 - 78
SiO2	37.288	37.37	37.37	36.994	37.198	37.276	37.336	37.364	36.974	36.765	37.283	37.311	37.237
TiO2	0.041	0	0.076	0.041	0.059	0.006	0	0	0.012	0.047	0	0	0
Al2O3	21.701	21.495	21.764	22.001	21.713	21.601	21.704	21.822	21.677	21.707	21.69	21.672	21.702
FeO	36.059	36.379	36.61	34.938	37.196	36.915	35.893	35.928	34.844	34.492	34.784	35.457	34.137
MnO	1.377	1.34	1.283	1.335	1.399	1.453	1.595	1.823	1.7	1.674	1.43	1.231	1.487
MgO	2.144	2.247	2.301	2.317	2.198	2.144	1.916	1.703	1.217	1.217	1.181	1.329	1.204
CaO	2.015	1.603	1.669	1.485	1.565	1.764	1.933	2.522	3.972	3.708	4.729	4.699	4.856
Total	100.625	100.434	101.073	99.111	101.328	101.159	100.377	101.162	100.396	99.61	101.097	101.699	100.623
Si-K+	5.9788	6.0046	5.9692	5.9853	5.9472	5.9667	6.0003	5.9728	5.958	5.9608	5.9637	5.9441	5.972
Ti-K+	0.005	0	0.0092	0.005	0.0071	0.0007	0	0	0.0014	0.0058	0	0	0
Al-K+	4.101	4.0706	4.0972	4.1952	4.0913	4.0751	4.111	4.1112	4.1169	4.1479	4.089	4.0693	4.1021
Fe-K+	4.8352	4.8883	4.8904	4.7273	4.9732	4.9415	4.8241	4.8031	4.6956	4.6768	4.6532	4.724	4.5786
Mn-K+	0.1871	0.1824	0.1735	0.183	0.1894	0.197	0.2171	0.2468	0.232	0.2298	0.1938	0.1661	0.2019
Mg-K+	0.5124	0.5383	0.5479	0.5589	0.5238	0.5117	0.459	0.4057	0.2923	0.2942	0.2817	0.3156	0.2879
Ca-K+	0.3462	0.2759	0.2857	0.2574	0.268	0.3025	0.3328	0.4319	0.6859	0.6441	0.8104	0.8021	0.8345
O	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Alm	82.2	83.1	82.92	82.55	83.52	83.01	82.70	81.58	79.51	80.02	78.35	78.63	77.57
And	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Grs	5.9	4.7	4.84	4.49	4.50	5.08	5.71	7.34	11.61	11.02	13.65	13.35	14.14
Prp	8.7	9.1	9.29	9.76	8.80	8.60	7.87	6.89	4.95	5.03	4.74	5.25	4.88
Sps	3.2	3.1	2.94	3.20	3.18	3.31	3.72	4.19	3.93	3.93	3.26	2.76	3.42
Fe2/Mg	9.4	9.1	8.93	8.46	9.49	9.66	10.51	11.84	16.06	15.90	16.52	14.97	15.90

**AMOSTRA NESG-939BI – GRANADA**

Análise	Grt18 - 79	Grt18 - 80	Grt18 - 81	Grt18 - 82	Grt18 - 83	Grt18 - 84	Grt18 - 85	Grt18 - 86	Grt18 - 87	Grt18 - 88	Grt18 - 89	Grt18 - 90	Grt18 - 91
SiO2	37.346	37.444	37.018	37.188	36.803	37.298	37.179	37.405	37.893	37.385	37.797	37.551	37.573
TiO2	0.047	0.112	0.047	0.041	0.053	0.047	0.071	0.106	0	0.047	0	0.059	0
Al2O3	21.63	21.757	21.396	21.607	21.639	21.725	21.913	21.619	21.992	22.079	22.415	22.449	22.192
FeO	34.674	33.313	32.92	35.37	34.588	33.835	34.463	34.574	33.95	34.54	34.022	35.175	34.947
MnO	1.038	1.598	1.76	1.647	1.613	1.426	1.217	0.948	0.745	0.599	0.539	0.515	0.55
MgO	1.679	1.019	1.09	1.183	1.249	1.08	1.327	2.031	2.829	3.378	3.634	3.768	3.987
CaO	4.201	5.579	5.428	4.391	3.835	5.279	4.285	3.219	2.323	1.839	1.799	0.902	0.828
Total	100.615	100.822	99.659	101.427	99.78	100.69	100.455	99.902	99.732	99.867	100.206	100.419	100.077
Si-K+	5.98	5.9819	5.9869	5.9469	5.9599	5.9739	5.9635	6.0095	6.047	5.9708	5.9887	5.956	5.9757
Ti-K+	0.0057	0.0135	0.0057	0.005	0.0065	0.0057	0.0086	0.0129	0	0.0057	0	0.007	0
Al-K+	4.082	4.0966	4.0784	4.0723	4.13	4.101	4.1426	4.0937	4.1363	4.1559	4.1857	4.1965	4.1598
Fe-K+	4.6433	4.4507	4.4526	4.7303	4.6841	4.5321	4.623	4.6454	4.5309	4.6133	4.5081	4.6657	4.6483
Mn-K+	0.1408	0.2162	0.2411	0.2231	0.2212	0.1935	0.1654	0.129	0.1007	0.081	0.0723	0.0692	0.0741
Mg-K+	0.4008	0.2426	0.2627	0.2821	0.3015	0.2578	0.3173	0.4864	0.6729	0.8042	0.8583	0.891	0.9454
Ca-K+	0.7208	0.9549	0.9406	0.7523	0.6654	0.9059	0.7363	0.5541	0.3971	0.3146	0.3053	0.1533	0.1411
O	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Alm	78.62	75.89	75.51	79.00	79.77	76.95	79.13	79.89	79.47	79.36	78.48	80.73	80.02
And	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Grs	12.21	16.28	15.95	12.56	11.33	15.38	12.60	9.53	6.96	5.41	5.32	2.65	2.43
Prp	6.79	4.14	4.45	4.71	5.13	4.38	5.43	8.36	11.80	13.83	14.94	15.42	16.28
Sps	2.38	3.69	4.09	3.73	3.77	3.29	2.83	2.22	1.77	1.39	1.26	1.20	1.28
Fe2/Mg	11.59	18.35	16.95	16.77	15.54	17.58	14.57	9.55	6.73	5.74	5.25	5.24	4.92



**AMOSTRA NESG-939BI – GRANADA**

Análise	Grt18 - 92	Grt18 - 93	Grt18 - 94	Grt18 - 95	Grt18 - 96	Grt18 - 97	Grt18 - 98	Grt18 - 99	Grt18 - 100	Grt18 - 101	Grt18 - 102	Grt18 - 103	Grt18 - 104
SiO2	37.59	37.356	37.836	37.534	37.378	37.094	37.081	37.108	36.803	37.393	37.324	37.158	37.714
TiO2	0.047	0	0.024	0	0.065	0.047	0.018	0.143	0.107	0.065	0.006	0.041	0.036
Al2O3	22.301	22.285	22.283	22.098	21.918	21.867	21.825	21.729	21.658	21.501	21.709	21.711	21.804
FeO	35.188	34.803	36.039	35.222	35.859	36.346	35.51	34.611	34.994	34.333	35.768	35.006	34.882
MnO	0.412	0.264	0.619	0.427	0.343	0.54	0.429	0.537	0.596	0.691	0.866	1.273	0.79
MgO	4.175	4.282	3.495	3.869	3.869	1.544	3.138	1.516	1.271	1.26	1.365	1.327	1.206
CaO	0.661	0.721	0.718	0.726	0.688	3.972	1.596	4.219	5.058	4.899	3.913	3.57	5.079
Total	100.374	99.711	101.014	99.876	100.12	101.41	99.597	99.863	100.487	100.142	100.951	100.086	101.511
Si-K+	5.9593	5.9534	5.9841	5.9856	5.9651	5.9221	5.9639	5.9761	5.9224	6.0101	5.9755	5.9884	5.99
Ti-K+	0.0056	0	0.0028	0	0.0078	0.0057	0.0021	0.0173	0.013	0.0079	0.0007	0.005	0.0043
Al-K+	4.167	4.1857	4.1536	4.1534	4.1225	4.1145	4.1371	4.1244	4.1077	4.073	4.0962	4.1239	4.0815
Fe-K+	4.6653	4.6385	4.7669	4.6974	4.7858	4.8527	4.7763	4.6615	4.7094	4.6149	4.7889	4.7181	4.6332
Mn-K+	0.0553	0.0357	0.083	0.0577	0.0464	0.073	0.0585	0.0732	0.0813	0.094	0.1175	0.1738	0.1062
Mg-K+	0.9866	1.0174	0.8242	0.9197	0.9206	0.3675	0.7523	0.364	0.305	0.3019	0.3257	0.3188	0.2855
Ca-K+	0.1123	0.123	0.1217	0.1241	0.1176	0.6795	0.2751	0.728	0.8721	0.8436	0.6712	0.6165	0.8643
O	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Alm	80.17	79.77	82.25	81.01	81.52	81.25	81.48	80.00	78.91	78.83	81.12	80.97	78.67
And	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Grs	1.93	2.12	2.10	2.14	2.00	11.38	4.69	12.49	14.61	14.41	11.37	10.58	14.68
Prp	16.95	17.50	14.22	15.86	15.68	6.15	12.83	6.25	5.11	5.16	5.52	5.47	4.85
Sps	0.95	0.61	1.43	1.00	0.79	1.22	1.00	1.26	1.36	1.61	1.99	2.98	1.80
Fe2/Mg	4.73	4.56	5.78	5.11	5.20	13.20	6.35	12.81	15.44	15.29	14.70	14.80	16.23

**AMOSTRA NESG-939BI – GRANADA**

	Grt18 -	Grt18 -	Grt18 -	Grt18 -
Análise	105	106	107	108
SiO2	37.178	37.022	36.898	37.297
TiO2	0.012	0	0	0
Al2O3	21.645	22.138	22.06	21.831
FeO	34.633	34.987	35.03	34.847
MnO	0.92	0.675	0.701	0.938
MgO	1.188	3.475	3.658	3.047
CaO	4.941	1.181	0.619	1.422
Total	100.517	99.478	98.966	99.382
Si-K+	5.9705	5.945	5.9512	5.9999
Ti-K+	0.0014	0	0	0
Al-K+	4.0968	4.1897	4.1934	4.1391
Fe-K+	4.6514	4.6985	4.725	4.688
Mn-K+	0.1252	0.0918	0.0958	0.1279
Mg-K+	0.2843	0.8319	0.8797	0.7307
Ca-K+	0.8501	0.2032	0.107	0.245
O	24	24	24	24
Alm	78.69	80.66	81.36	80.94
And	0.00	0.00	0.00	0.00
Grs	14.38	3.49	1.84	4.23
Prp	4.81	14.28	15.15	12.62
Sps	2.12	1.58	1.65	2.21
Fe2/Mg	16.36	5.65	5.37	6.42

## AMOSTRA NESG-1002A – GRANADA

Análise	Grt1 - 1	Grt1 - 2	Grt1 - 3	Grt1 - 4	Grt1 - 5	Grt1 - 6	Grt1 - 7	Grt1 - 8	Grt1 - 9	Grt1 - 10	Grt1 - 11	Grt1 - 12	Grt1 - 13
SiO <sub>2</sub>	38.126	36.838	37.855	38.003	37.443	37.577	37.703	37.319	37.392	37.329	37.059	37.241	37.966
TiO <sub>2</sub>	0.125	0.089	0.054	0	0.036	0.012	0.042	0.042	0.06	0.066	0.024	0.066	0.054
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	21.492	21.678	22.009	21.694	21.5	21.569	21.352	20.72	21.525	21.676	21.073	20.825	21.1
FeO	33.049	34.078	33.658	34.012	34.126	33.537	32.847	34.036	34.376	33.909	32.46	33.727	32.809
MnO	1.067	1.005	0.894	1.023	1.014	1.257	1.64	1.345	1.596	1.837	1.459	1.717	1.719
MgO	4.361	4.334	3.827	3.626	3.824	3.392	1.786	1.701	1.759	1.67	1.63	1.524	1.443
CaO	2.596	2.651	3.071	2.35	2.321	2.853	4.863	4.969	4.648	4.469	4.692	5.225	5.037
Total	100.816	100.673	101.368	100.708	100.264	100.197	100.233	100.132	101.356	100.956	98.397	100.325	100.128
Si-K+	6.0095	5.8634	5.9536	6.0167	5.9696	5.9912	6.0346	6.0195	5.9577	5.962	6.0403	6.0015	6.0844
Ti-K+	0.0148	0.0107	0.0063	0	0.0043	0.0014	0.005	0.0051	0.0071	0.0079	0.0029	0.008	0.0065
Al-K+	3.9927	4.0665	4.0796	4.048	4.0399	4.0531	4.0278	3.939	4.0421	4.0802	4.0481	3.9554	3.9853
Fe-K+	4.3565	4.5362	4.4269	4.5032	4.5501	4.4717	4.3968	4.5911	4.5805	4.5291	4.4246	4.5455	4.3973
Mn-K+	0.1425	0.1356	0.1191	0.1372	0.1369	0.1698	0.2223	0.1838	0.2155	0.2485	0.2014	0.2343	0.2334
Mg-K+	1.0247	1.0283	0.8973	0.8557	0.9088	0.8063	0.4261	0.4089	0.4179	0.3976	0.396	0.366	0.3448
Ca-K+	0.4385	0.4521	0.5175	0.3986	0.3965	0.4874	0.8339	0.8586	0.7935	0.7648	0.8195	0.9021	0.8649
O	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Alm	73.07	73.48	74.27	76.39	75.93	75.34	74.79	75.76	76.25	76.25	75.74	75.01	75.26
And	0.00	1.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.40	0.00	0.00	0.00	0.91	0.21
Grs	7.35	5.94	8.68	6.76	6.62	8.21	14.18	12.94	13.21	12.88	14.03	14.09	14.62
Prp	17.19	16.88	15.05	14.52	15.17	13.59	7.25	6.83	6.96	6.69	6.78	6.09	5.91
Sps	2.39	2.23	2.00	2.33	2.28	2.86	3.78	3.07	3.59	4.18	3.45	3.90	4.00
Fe <sub>2</sub> /Mg	4.25	4.35	4.93	5.26	5.01	5.55	10.32	11.09	10.96	11.39	11.17	12.32	12.73

**AMOSTRA NESG-1002A – GRANADA**

Análise	Grt1 - 14	Grt1 - 15	Grt1 - 16	Grt1 - 17	Grt1 - 18	Grt1 - 19	Grt1 - 20	Grt1 - 21	Grt1 - 22	Grt1 - 23	Grt1 - 24	Grt1 - 25	Grt1 - 26
SiO2	37.11	36.814	37.905	37.196	37.237	37.631	36.34	36.708	37.316	37.112	37.234	37.157	36.553
TiO2	0.018	0.048	0.078	0.132	0.054	0.054	0.077	0.048	0.042	0.072	0	0.006	0.089
Al2O3	21.105	21.836	21.665	21.245	21.081	21.256	21.22	21.214	21.019	20.792	21.482	20.945	21.021
FeO	32.272	31.516	31.675	32.246	33.007	32.905	32.784	32.071	33.668	31.041	31.618	32.228	33.771
MnO	2.464	2.612	2.362	1.978	2.53	2.151	2.191	1.908	1.61	1.406	1.145	1.801	2.528
MgO	1.228	1.286	1.379	1.262	1.29	1.275	1.339	1.537	1.59	2.96	3.404	1.708	1.309
CaO	5.751	5.74	5.61	5.701	5.356	5.61	5.404	4.723	4.707	3.911	3.23	4.597	5.208
Total	99.948	99.852	100.674	99.76	100.555	100.882	99.355	98.209	99.952	97.294	98.113	98.442	100.479
Si-K+	5.9925	5.9322	6.0332	6.0001	5.9886	6.014	5.9181	6.0021	6.0192	6.0655	6.022	6.054	5.9148
Ti-K+	0.0022	0.0058	0.0093	0.016	0.0065	0.0065	0.0095	0.0059	0.0051	0.0088	0	0.0007	0.0108
Al-K+	4.0166	4.147	4.0641	4.0391	3.9959	4.0037	4.073	4.0882	3.996	4.0051	4.0948	4.0221	4.009
Fe-K+	4.3582	4.2471	4.2163	4.3501	4.4393	4.3979	4.465	4.3854	4.5417	4.2427	4.2765	4.3914	4.57
Mn-K+	0.337	0.3565	0.3185	0.2703	0.3446	0.2911	0.3023	0.2642	0.22	0.1947	0.1569	0.2486	0.3465
Mg-K+	0.2956	0.3089	0.3273	0.3035	0.3092	0.3038	0.3252	0.3746	0.3823	0.7213	0.8207	0.4149	0.3157
Ca-K+	0.9949	0.991	0.9567	0.9853	0.923	0.9606	0.9429	0.8275	0.8135	0.6849	0.5597	0.8024	0.9029
O	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Alm	72.81	71.94	72.46	73.62	73.75	73.87	73.98	74.94	76.23	72.60	73.56	74.97	74.21
And	0.00	0.00	0.00	0.00	0.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.64
Grs	16.62	16.79	16.44	16.67	15.14	16.14	15.62	14.14	13.66	11.72	9.63	13.70	13.24
Prp	4.94	5.23	5.62	5.14	5.15	5.10	5.39	6.40	6.42	12.34	14.12	7.08	5.20
Sps	5.63	6.04	5.47	4.57	5.74	4.89	5.01	4.51	3.69	3.33	2.70	4.24	5.71
Fe2/Mg	14.74	13.75	12.88	14.33	14.33	14.48	13.73	11.71	11.88	5.88	5.21	10.58	14.27

**AMOSTRA NESG-1002A – GRANADA**

Análise	Grt1 - 27	Grt1 - 28	Grt1 - 29	Grt1 - 30	Grt1 - 31	Grt1 - 32	Grt1 - 33	Grt1 - 34	Grt1 - 35	Grt1 - 36	Grt1 - 37	Grt3 - 1	Grt3 - 2
SiO2	37.323	37.395	36.887	37.961	36.872	37.337	38.15	37.134	37.554	38.5	37.64	38.052	37.946
TiO2	0	0.036	0.006	0	0	0.06	0.012	0.239	0	0	0.048	0	0
Al2O3	21.407	22.004	21.022	21.956	21.8	21.822	21.03	21.348	21.774	21.851	22.16	21.6	21.629
FeO	32.171	30.91	30.784	32.136	31.693	30.421	30.871	30.425	32.641	33.952	34.975	33.877	32.871
MnO	3.467	4.171	3.739	2.271	1.933	2.654	2.222	2.11	1.458	1.353	1.135	1.283	0.452
MgO	2.1	2.237	2.661	3.755	3.823	3.672	3.042	3.121	4.329	4.459	4.42	4.093	3.921
CaO	4.062	3.757	3.859	2.283	2.325	2.612	3.937	3.622	2.125	2.071	2.173	2.233	3.892
Total	100.53	100.51	98.958	100.362	98.446	98.578	99.264	97.999	99.881	102.186	102.551	101.138	100.711
Si-K+	5.9791	5.9638	5.9832	6.0104	5.9545	6.0018	6.106	6.0164	5.9741	5.9986	5.8792	6.0002	5.9908
Ti-K+	0	0.0043	0.0007	0	0	0.0072	0.0014	0.0291	0	0	0.0056	0	0
Al-K+	4.0417	4.1359	4.0189	4.0972	4.1491	4.1343	3.9671	4.0763	4.0825	4.0126	4.0793	4.0143	4.0246
Fe-K+	4.31	4.1226	4.1759	4.2551	4.2803	4.0895	4.1322	4.1224	4.3426	4.424	4.5686	4.4674	4.34
Mn-K+	0.4704	0.5634	0.5137	0.3046	0.2645	0.3613	0.3013	0.2895	0.1964	0.1785	0.1501	0.1713	0.0605
Mg-K+	0.5015	0.5319	0.6435	0.8864	0.9203	0.88	0.7259	0.7538	1.0267	1.0356	1.0291	0.9623	0.9228
Ca-K+	0.6972	0.642	0.6707	0.3872	0.4024	0.4498	0.6752	0.6287	0.3623	0.3458	0.3636	0.3772	0.6583
O	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Alm	72.08	70.35	69.55	72.94	72.95	70.75	70.66	71.14	73.26	73.93	74.61	74.73	72.56
And	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.79	0.00	0.00	0.00	0.90	0.00	0.00
Grs	11.66	10.96	11.17	6.64	6.86	7.78	10.85	10.85	6.11	5.78	5.09	6.31	11.01
Prp	8.39	9.08	10.72	15.20	15.68	15.22	12.51	13.01	17.32	17.31	16.94	16.10	15.43
Sps	7.87	9.61	8.56	5.22	4.51	6.25	5.19	5.00	3.31	2.98	2.47	2.87	1.01
Fe2/Mg	8.59	7.75	6.49	4.80	4.65	4.65	5.65	5.47	4.23	4.27	4.40	4.64	4.70

**AMOSTRA NESG-1002A – GRANADA**

Análise	Grt3 - 3	Grt3 - 4	Grt3 - 5	Grt3 - 6	Grt3 - 7	Grt3 - 8	Grt3 - 9	Grt3 - 10	Grt3 - 11	Grt3 - 12	Grt3 - 13	Grt3 - 14	Grt3 - 15
SiO2	38.032	36.971	37.182	37.564	37.537	37.302	37.661	36.904	37.176	37.623	37.313	37.653	37.501
TiO2	0	0.095	0	0	0	0.024	0.012	0.053	0.041	0.077	0.006	0	0
Al2O3	21.81	21.508	21.581	21.902	21.775	21.656	22.193	22.293	22.24	21.939	21.931	21.903	21.848
FeO	31.685	33.854	33.641	31.78	32.276	31.671	31.479	31.301	32.955	30.721	31.749	31.877	31.655
MnO	0.522	0.638	1.12	1.683	1.414	1.398	1.235	1.243	1.25	1.434	1.243	1.355	0.993
MgO	3.766	2.892	2.816	3.091	3.325	3.669	4.389	4.393	4.244	4.515	4.04	3.534	3.468
CaO	3.669	4.439	4.379	3.279	3.309	3.134	2.281	2.773	1.904	2.487	2.888	3.384	3.78
Total	99.484	100.397	100.719	99.299	99.636	98.854	99.25	98.96	99.81	98.796	99.17	99.706	99.245
Si-K+	6.0406	5.9142	5.9297	6.0114	5.9955	5.9914	5.9885	5.9027	5.9199	6.0018	5.965	5.9954	5.9937
Ti-K+	0	0.0114	0	0	0	0.0029	0.0014	0.0064	0.005	0.0093	0.0007	0	0
Al-K+	4.0826	4.0551	4.0564	4.1309	4.099	4.0994	4.1592	4.2024	4.1739	4.1247	4.1321	4.1104	4.1155
Fe-K+	4.2087	4.5291	4.4868	4.2533	4.3113	4.2542	4.186	4.1869	4.3886	4.0984	4.2446	4.2447	4.2312
Mn-K+	0.0702	0.0864	0.1513	0.2281	0.1913	0.1902	0.1664	0.1685	0.1685	0.1938	0.1684	0.1827	0.1344
Mg-K+	0.8916	0.6897	0.6696	0.7373	0.7917	0.8785	1.0405	1.0476	1.0075	1.0737	0.9629	0.8389	0.8264
Ca-K+	0.6244	0.7608	0.7483	0.5621	0.5662	0.5394	0.3886	0.4752	0.3249	0.425	0.4946	0.5774	0.6474
O	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Alm	72.63	74.58	74.03	73.58	73.57	72.57	72.40	71.23	74.52	70.77	72.30	72.64	72.46
And	0.00	0.48	0.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Grs	10.77	12.10	12.04	9.72	9.66	9.20	6.72	8.08	5.52	7.34	8.43	9.88	11.09
Prp	15.39	11.41	11.08	12.75	13.51	14.99	18.00	17.82	17.11	18.54	16.40	14.36	14.15
Sps	1.21	1.43	2.50	3.95	3.26	3.24	2.88	2.87	2.86	3.35	2.87	3.13	2.30
Fe2/Mg	4.72	6.54	6.68	5.77	5.45	4.84	4.02	4.00	4.36	3.82	4.41	5.06	5.12

**AMOSTRA NESG-1002A – GRANADA**

Análise	Grt3 - 16	Grt3 - 17	Grt3 - 18	Grt3 - 19	Grt3 - 20	Grt3 - 21	Grt3 - 22	Grt3 - 23	Grt3 - 24
SiO2	37.538	37.595	36.936	37.533	37.424	37.438	37.27	37.52	37.128
TiO2	0.041	0	0.03	0	0.006	0.054	0	0.012	0.012
Al2O3	21.813	21.437	22.028	22.474	21.773	21.741	22.094	21.638	22.008
FeO	31.95	31.644	32.292	31.022	31.475	33.091	31.657	31.658	32.231
MnO	1.319	1.26	1.146	1.097	0.783	0.747	0.609	0.992	0.861
MgO	3.718	4.601	4.35	4.641	4.178	3.965	3.793	4.275	4.464
CaO	2.965	2.685	2.235	2.158	3.292	3.412	3.876	3.311	3.014
Total	99.344	99.222	99.017	98.925	98.931	100.448	99.299	99.406	99.718
Si-K+	5.9958	6.001	5.9209	5.9694	5.9842	5.94	5.9474	5.9813	5.9109
Ti-K+	0.005	0	0.0036	0	0.0007	0.0064	0	0.0014	0.0014
Al-K+	4.1063	4.0329	4.1618	4.2127	4.1033	4.0655	4.1553	4.0655	4.1295
Fe-K+	4.2679	4.2242	4.3291	4.1263	4.209	4.3907	4.2248	4.2207	4.2913
Mn-K+	0.1785	0.1703	0.1557	0.1477	0.1061	0.1004	0.0824	0.134	0.1161
Mg-K+	0.8853	1.0949	1.0396	1.1004	0.996	0.9377	0.9024	1.016	1.0596
Ca-K+	0.5075	0.4592	0.3838	0.3678	0.5641	0.58	0.6626	0.5655	0.5141
O	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Alm	73.09	71.01	73.27	71.86	71.64	73.07	71.95	71.10	71.75
And	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Grs	8.69	7.72	6.50	6.41	9.60	9.65	11.28	9.53	8.60
Prp	15.16	18.41	17.60	19.16	16.95	15.61	15.37	17.12	17.72
Sps	3.06	2.86	2.64	2.57	1.81	1.67	1.40	2.26	1.94
Fe2/Mg	4.82	3.86	4.16	3.75	4.23	4.68	4.68	4.15	4.05

**AMOSTRA NESG-1288.1 – GRANADA**

Análise	Grt5 - 1	Grt5 - 2	Grt5 - 3	Grt5 - 4	Grt5 - 5	Grt5 - 6	Grt5 - 7	Grt5 - 8	Grt5 - 9	Grt5 - 10	Grt5 - 11	Grt5 - 12	Grt5 - 13
SiO <sub>2</sub>	37.763	38.072	37.749	37.572	37.435	37.929	38.468	38.034	37.668	37.641	37.65	37.353	37.387
TiO <sub>2</sub>	0	0.018	0.042	0.024	0.059	0	0.012	0.036	0	0.066	0	0.03	0.03
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	21.638	21.79	21.815	21.48	21.339	21.866	21.495	21.853	21.734	21.633	21.706	21.755	21.863
FeO	32.293	34.027	32.607	31.579	32.296	31.832	31.058	31.709	32.737	31.476	32.354	33.329	30.831
MnO	1.237	1.002	1.626	2.523	2.399	1.955	1.732	1.522	1.055	0.959	0.873	0.957	0.942
MgO	4.284	4.095	3.514	3.663	3.671	4.154	4.16	4.52	4.038	3.414	3.339	3.234	3.677
CaO	3.084	2.86	3.882	3.317	3.239	3.148	2.852	2.806	3.588	4.506	4.653	4.351	4.309
Total	100.299	101.864	101.235	100.158	100.438	100.884	99.777	100.48	100.82	99.695	100.575	101.009	99.039
Si-K+	5.9813	5.9656	5.9537	5.983	5.963	5.9748	6.0878	5.9933	5.9518	5.9954	5.967	5.9221	5.9759
Ti-K+	0	0.0021	0.0049	0.0028	0.0071	0	0.0014	0.0042	0	0.0078	0	0.0035	0.0036
Al-K+	4.0394	4.024	4.0551	4.0313	4.0062	4.0596	4.0092	4.0585	4.0473	4.0611	4.0544	4.0651	4.1187
Fe-K+	4.2776	4.4589	4.3008	4.2055	4.3022	4.1935	4.1106	4.1787	4.3258	4.1927	4.2882	4.4192	4.1213
Mn-K+	0.166	0.133	0.2172	0.3403	0.3237	0.2608	0.2321	0.2031	0.1411	0.1294	0.1172	0.1286	0.1276
Mg-K+	1.0115	0.9565	0.8262	0.8697	0.8718	0.9754	0.9814	1.0617	0.9511	0.8108	0.789	0.7643	0.8761
Ca-K+	0.5233	0.4801	0.6559	0.566	0.5528	0.5313	0.4836	0.4737	0.6073	0.769	0.7901	0.739	0.738
O	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Alm	71.55	73.93	71.68	70.31	70.99	70.35	70.78	70.62	71.79	71.04	71.66	72.99	70.29
And	0.00	0.21	0.00	0.00	0.59	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.23	0.00
Grs	8.75	7.77	10.93	9.46	8.58	8.91	8.33	8.01	10.06	13.03	13.20	12.00	12.59
Prp	16.92	15.89	13.77	14.54	14.47	16.36	16.90	17.94	15.79	13.74	13.18	12.65	14.94
Sps	2.78	2.21	3.62	5.69	5.37	4.38	4.00	3.43	2.34	2.19	1.96	2.13	2.18
Fe <sup>2+</sup> /Mg	4.23	4.65	5.21	4.84	4.91	4.30	4.19	3.94	4.55	5.17	5.43	5.77	4.70



**AMOSTRA NESG-1288.1 – GRANADA**

Análise	Grt5 - 14	Grt5 - 15	Grt5 - 16	Grt5 - 17	Grt5 - 18	Grt5 - 19	Grt5 - 20	Grt5 - 21	Grt5 - 22	Grt5 - 23	Grt5 - 24	Grt5 - 25	Grt5 - 26
SiO2	38.516	37.505	37.26	37.972	37.953	37.633	38.06	38.141	37.865	38.532	37.985	37.827	37.84
TiO2	0.036	0	0.006	0.047	0.018	0.124	0	0.035	0.018	0.053	0.018	0.018	0
Al2O3	21.517	21.667	21.467	21.868	21.703	22.121	21.266	21.54	21.587	21.937	21.354	21.136	21.688
FeO	33.374	32.802	31.794	31.245	32.564	32.017	31.762	31.651	32.608	31.686	31.949	32.039	32.081
MnO	1.241	1.206	1.016	0.843	0.67	0.635	0.686	0.515	1.096	1.071	1.044	1.394	1.172
MgO	4.268	4.455	4.502	3.957	4.082	3.752	3.86	3.904	4.024	4.076	4.225	4.213	3.506
CaO	2.976	2.984	2.915	3.722	3.562	3.82	3.649	3.87	3.122	2.612	2.735	3.135	3.649
Total	101.928	100.619	98.96	99.654	100.552	100.102	99.283	99.656	100.32	99.967	99.31	99.762	99.936
Si-K+	6.0167	5.9372	5.971	6.0191	5.9925	5.9593	6.0684	6.0506	5.9999	6.0757	6.0542	6.0257	6.0151
Ti-K+	0.0042	0	0.0007	0.0057	0.0021	0.0148	0	0.0042	0.0021	0.0063	0.0021	0.0021	0
Al-K+	3.9615	4.0426	4.0545	4.0854	4.0386	4.1284	3.9962	4.0273	4.0314	4.0768	4.0112	3.9683	4.0632
Fe-K+	4.3599	4.3426	4.261	4.1419	4.3	4.24	4.2352	4.1991	4.321	4.1783	4.2586	4.2682	4.2648
Mn-K+	0.1642	0.1617	0.1379	0.1132	0.0896	0.0852	0.0927	0.0692	0.1471	0.1431	0.141	0.1881	0.1578
Mg-K+	0.9938	1.0514	1.0755	0.9351	0.9608	0.8858	0.9175	0.9233	0.9506	0.9582	1.0039	1.0005	0.8309
Ca-K+	0.498	0.5061	0.5004	0.6321	0.6026	0.6481	0.6234	0.6577	0.5301	0.4412	0.4671	0.5351	0.6215
O	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Alm	72.32	71.54	71.32	71.14	72.23	72.37	72.15	71.79	72.64	73.04	72.54	71.09	72.59
And	0.86	0.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.74	0.00
Grs	7.47	7.87	8.38	10.86	10.12	11.06	10.53	11.24	8.91	7.71	7.96	8.23	10.58
Prp	16.61	17.40	18.00	16.06	16.14	15.12	15.64	15.78	15.98	16.75	17.10	16.78	14.14
Sps	2.75	2.68	2.31	1.94	1.51	1.45	1.58	1.18	2.47	2.50	2.40	3.15	2.69
Fe2/Mg	4.35	4.11	3.96	4.43	4.48	4.79	4.61	4.55	4.55	4.36	4.24	4.24	5.13

**AMOSTRA NESG-1288.1 – GRANADA**

Análise	Grt5 - 27	Grt5 - 28	Grt5 - 29	Grt5 - 30	Grt5 - 31	Grt5 - 32	Grt5 - 33	Grt5 - 34	Grt5 - 35	Grt5 - 36	Grt5 - 37	Grt5 - 38	Grt5 - 39
SiO2	37.752	37.54	38.364	38.196	38.151	37.299	37.248	37.717	37.415	37.915	37.893	37.43	38.027
TiO2	0.22	0.053	0.018	0.065	0.047	0.083	0.621	0.012	0.112	0.136	0.077	0.024	0.018
Al2O3	21.708	21.731	21.429	21.038	21.925	21.081	20.984	21.407	21.167	21.778	21.239	21.906	22.271
FeO	31.944	32.143	31.429	32.627	32.45	32.433	31.858	31.937	31.203	31.761	32.029	32.512	33.241
MnO	1.141	1.121	1.189	1.228	1.348	1.384	1.262	1.347	1.382	1.288	1.5	1.524	1.498
MgO	3.294	3.962	4.028	3.948	4.265	3.766	2.831	3.416	2.684	2.916	3.904	4.127	4.193
CaO	4.525	3.482	3.005	2.817	2.97	3.478	4.512	3.581	5.177	4.859	3.454	2.763	2.793
Total	100.584	100.032	99.462	99.919	101.156	99.524	99.316	99.417	99.14	100.653	100.096	100.286	102.041
Si-K+	5.9745	5.9649	6.0914	6.0744	5.9863	5.9828	5.9879	6.0317	6.0172	5.9969	6.0217	5.9406	5.9354
Ti-K+	0.0262	0.0064	0.0021	0.0078	0.0056	0.01	0.075	0.0014	0.0136	0.0162	0.0092	0.0028	0.0021
Al-K+	4.049	4.0695	4.01	3.9433	4.0546	3.9852	3.9757	4.0347	4.0121	4.0596	3.9778	4.0976	4.0969
Fe-K+	4.2277	4.2711	4.1733	4.3393	4.2582	4.3505	4.2831	4.2713	4.1966	4.2011	4.2566	4.3154	4.339
Mn-K+	0.1529	0.1509	0.1599	0.1655	0.1792	0.188	0.1718	0.1825	0.1883	0.1725	0.2019	0.2049	0.1981
Mg-K+	0.7772	0.9386	0.9535	0.936	0.9976	0.9005	0.6785	0.8144	0.6436	0.6875	0.9248	0.9766	0.9756
Ca-K+	0.7672	0.5927	0.5111	0.48	0.4994	0.5977	0.7772	0.6136	0.8921	0.8234	0.5882	0.4699	0.467
O	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Alm	71.35	71.74	71.98	73.07	71.75	71.97	72.46	72.62	70.88	71.39	71.22	72.32	72.56
And	0.00	0.00	0.00	1.22	0.00	0.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.00	0.00
Grs	12.95	9.96	8.82	6.95	8.42	9.39	13.15	10.43	15.07	13.99	9.55	7.88	7.81
Prp	13.12	15.77	16.45	15.94	16.81	14.97	11.48	13.85	10.87	11.68	15.52	16.37	16.32
Sps	2.58	2.53	2.76	2.82	3.02	3.13	2.91	3.10	3.18	2.93	3.39	3.43	3.31
Fe2/Mg	5.44	4.55	4.38	4.58	4.27	4.81	6.31	5.24	6.52	6.11	4.59	4.42	4.45

**AMOSTRA NESG-1288.1 – GRANADA**

Análise	Grt5 - 40	Grt5 - 41	Grt5 - 42	Grt5 - 43	Grt5 - 44	Grt5 - 45	Grt5 - 46	Grt5 - 47
SiO2	37.697	38.433	37.448	37.692	37.423	37.551	37.408	37.709
TiO2	0	0.024	0.018	0.094	0.029	0.012	0	0.024
Al2O3	21.221	21.269	21.474	21.078	21.341	21.916	20.825	21.437
FeO	32.829	31.537	32.153	33.026	32.444	31.326	32.682	32.845
MnO	1.395	1.459	1.771	1.83	1.754	1.473	1.597	1.268
MgO	4.218	4.358	3.765	3.773	3.543	3.988	4.023	4.208
CaO	2.814	2.862	3.057	3.501	3.758	2.977	2.963	3.066
Total	100.174	99.942	99.686	100.994	100.292	99.243	99.498	100.557
Si-K+	5.9975	6.0814	5.9851	5.9776	5.966	5.9904	6.0057	5.9756
Ti-K+	0	0.0028	0.0021	0.0112	0.0035	0.0014	0	0.0028
Al-K+	3.9792	3.9664	4.045	3.9397	4.0097	4.1205	3.9405	4.0036
Fe-K+	4.368	4.1733	4.2976	4.3802	4.3255	4.1793	4.3881	4.3527
Mn-K+	0.1881	0.1955	0.2398	0.2458	0.2369	0.199	0.2172	0.1702
Mg-K+	1.0005	1.0279	0.897	0.892	0.8421	0.9484	0.9628	0.9942
Ca-K+	0.4797	0.4853	0.5235	0.5949	0.6418	0.5088	0.5097	0.5206
O	24	24	24	24	24	24	24	24
Alm	72.26	70.80	72.13	71.32	71.44	71.62	71.92	72.01
And	0.58	0.77	0.00	1.79	0.52	0.00	1.49	0.45
Grs	7.40	7.52	8.79	8.06	10.13	8.72	6.98	8.20
Prp	16.64	17.57	15.06	14.76	13.98	16.25	16.00	16.52
Sps	3.13	3.34	4.02	4.07	3.93	3.41	3.61	2.83
Fe2/Mg	4.34	4.03	4.79	4.83	5.11	4.41	4.50	4.36

## Amostra NESG-939BI – RUTILO

Analise	Rt1 - Grt1	Rt2 - Grt1	Rt3 - Grt1	Rt 4 - Grt2	Rt 5 - Grt3	Rt 6 - Grt3	Rt 7- Grt7
TiO2	99.492	98.984	99.499	98.210	96.189	99.152	97.464
SiO2	0.050	0.074	0.059	0.066	0.055	0.058	0.074
Cr2O3	0.143	0.142	0.142	0.140	0.125	0.116	0.07
Al2O3	0.041	0.152	0.053	0.058	0.056	0.058	0.058
Nb2O5	0.265	0.271	0.253	0.584	0.664	0.673	0.202
FeO	0.656	0.844	0.800	0.952	0.968	1.006	0.947
V2O5	0.305	0.290	0.218	0.233	0.303	0.305	0.301
ZrO2	0.062	0.062	0.050	0.051	0.050	0.056	0.034
SnO2	0.005	0.008	0.013	0.006	0.007	0.009	0.007
Total	101.019	100.827	101.087	100.299	98.416	101.433	99.156

Analise	Rt 8 - Grt20	Rt 9 - Grt20	Rt 10 - Grt20	Rt 11 - matriz	Rt 12 - matriz	Rt 13 - matriz	Rt 14 - Grt14	Rt 15 - Grt14
TiO2	94.576	95.854	93.608	94.826	96.04	96.998	97.894	99.815
SiO2	0.044	0.043	0.129	0.048	0.061	0.09	0.076	0.048
Cr2O3	0.059	0.057	0.053	0.145	0.143	0.144	0.207	0.197
Al2O3	0.051	0.044	0.892	0.056	0.065	0.063	0.101	0.047
Nb2O5	0.27	0.288	0.293	0.469	0.499	0.446	0.272	0.276
FeO	0.482	0.393	0.53	0.305	0.312	0.278	0.483	0.557
V2O5	0.419	0.399	0.422	0.371	0.374	0.368	0.335	0.32
ZrO2	0.05	0.057	0.028	0.063	0.069	0.052	0.016	0.059
SnO2	0.015	0.013	0.017	0.004	0.014	0.024	0.01	0.007
Total	95.967	97.148	95.97	96.286	97.577	98.463	99.396	101.326

Analise	Rt 16 - Grt14	Rt 17 - Grt11	Rt 18 - Grt11
TiO2	98.666	94.966	96.428
SiO2	0.05	0.056	0.06
Cr2O3	0.205	0.101	0.086
Al2O3	0.086	0.203	0.069
Nb2O5	0.287	1.877	0.464
FeO	0.46	1.195	0.796
V2O5	0.329	0.402	0.32
ZrO2	0.019	0.052	0.064
SnO2	0.006	0.004	0.005
Total	100.107	98.857	98.292

## Amostra NESG-1002A – RUTILO

	Rt 1 -	Rt 2 -	Rt 3 -	Rt 4 -	Rt 5 -	Rt 6 -	Rt 7 -	Rt 8 -
Analise	Gr1	Gr1	Gr1	Gr2	Gr2	Gr2	Gr3	Gr3
TiO2	97.63	96.424	97.061	98.515	99.292	98.859	98.251	98.935
SiO2	0.033	0.031	0.041	0.033	0.032	0.067	0.055	0.055
Cr2O3	0.093	0.1	0.098	0.048	0.049	0.043	0.032	0.038
Al2O3	0.041	0.042	0.06	0.034	0.049	0.074	0.034	0.033
Nb2O5	1.014	1.115	1.034	0.254	0.323	0.249	0.161	0.169
FeO	0.723	0.758	0.721	0.491	0.554	0.651	0.689	0.676
V2O5	0.415	0.417	0.429	0.367	0.382	0.351	0.314	0.327
ZrO2	0.039	0.047	0.045	0.075	0.042	0.051	0.028	0.026
SnO2	0.016	0.019	0.016	0.017	0.018	0.019	0.014	0.014
Total	100.003	98.953	99.506	99.834	100.741	100.363	99.579	100.274

	Rt 9 -	Rt 10 -	Rt 11 -	Rt 12 -	Rt 13 -	Rt 14 -	Rt 15 -	Rt 16 -
Analise	Gr5	Gr5	Gr6	Gr6	Gr7	Gr7	Gr9	Gr20
TiO2	91.085	90.177	89.696	85.032	96.673	97.032	95.744	101.717
SiO2	0.082	0.041	0.033	0.062	0.031	0.072	0.041	0.038
Cr2O3	0.161	0.159	0.185	0.189	0.14	0.136	0.191	0.025
Al2O3	0.636	0.04	0.058	0.057	0.024	0.555	0.092	0.03
Nb2O5	0.873	0.863	0.37	0.358	0.203	0.22	0.413	0.156
FeO	1.091	0.671	0.497	0.529	0.443	0.537	0.433	0.629
V2O5	0.324	0.336	0.323	0.369	0.374	0.344	0.376	0.256
ZrO2	0.044	0.059	0.051	0.054	0.027	0.041	0.023	0.065
SnO2	0.019	0.019	0.015	0.014	0.016	0.018	0.015	0.02
Total	94.314	92.364	91.226	86.665	97.93	98.956	97.328	102.936

	Rt 17 -	Rt 18 -	Rt 19 -	Rt 20 -	Rt 21 -	Rt 22 -
Analise	Gr20	Gr20	Gr21	Gr21	Gr24	Gr22
TiO2	97.005	99.394	100.873	93.132	97.625	98.337
SiO2	0.037	0.04	0.037	0.041	0.06	0.051
Cr2O3	0.026	0.027	0.03	0.04	0.086	0.05
Al2O3	0.066	0.028	0.03	0.035	0.052	0.122
Nb2O5	0.162	0.148	0.122	0.238	0.713	0.233
FeO	0.626	0.726	0.516	0.618	0.69	0.67
V2O5	0.26	0.246	0.26	0.277	0.376	0.32
ZrO2	0.074	0.059	0.055	0.052	0.046	0.031
SnO2	0.022	0.021	0.025	0.033	0.018	0.036
Total	98.277	100.689	101.949	94.467	99.666	99.85

## Amostra NESG-1288-1 – RUTILO

	Rt 1 -	Rt 2 -	Rt 3 -	Rt 4 -	Rt 5 -	Rt 6 -	Rt 7 -	Rt 8 -
Analise	Grt11	Grt11	Grt11	Grt11	Grt13	Grt13	Grt13	Grt13
TiO2	98.650	98.979	86.864	99.016	98.099	100.847	93.921	99.382
SiO2	0.021	0.006	0.009	0.013	0.015	0.012	0.239	0.015
Cr2O3	0.046	0.049	0.052	0.045	0.080	0.084	0.086	0.077
Al2O3	0.035	0.037	0.034	0.035	0.052	0.050	4.263	0.050
Nb2O5	0.181	0.202	0.222	0.177	0.954	1.021	0.907	0.950
FeO	0.557	0.517	0.534	0.570	0.744	0.731	0.804	0.747
V2O5	0.240	0.209	0.211	0.218	0.189	0.185	0.182	0.254
ZrO2	0.050	0.057	0.053	0.060	0.065	0.060	0.054	0.048
SnO2	0.025	0.020	0.019	0.017	0.011	0.017	0.014	0.009
Total	99.806	100.075	87.998	100.151	100.210	103.007	100.471	101.532

	Rt 9 -	Rt 10 -	Rt 11 -	Rt 12 -	Rt 13 -	Rt 14 -	Rt 15 -
Analise	Grt13	Grt15	Grt16	Grt16	Grt16	Grt17	Grt17
TiO2	98.707	99.245	97.986	97.214	90.932	100.261	98.648
SiO2	0.011	0.011	0.022	0.016	0.018	0.039	0.057
Cr2O3	0.078	0.077	0.022	0.022	0.023	0.033	0.030
Al2O3	0.046	0.037	0.071	0.043	0.055	0.208	0.511
Nb2O5	0.962	0.236	0.162	0.160	0.156	0.344	0.362
FeO	0.735	0.604	0.433	0.546	0.433	0.811	0.791
V2O5	0.252	0.300	0.294	0.275	0.293	0.242	0.250
ZrO2	0.058	0.039	0.041	0.036	0.036	0.051	0.053
SnO2	0.013	0.020	0.014	0.014	0.015	0.053	0.052
Total	100.862	100.569	99.045	98.326	91.961	102.043	100.755

	Rt 16 -	Rt 17 -	Rt 18 -	Rt 19 -	Rt 20 -	Rt 21 -
Analise	Grt17	Grt18	Grt18	Grt12	Grt12	Grt12
TiO2	98.465	98.798	100.498	94.773	97.654	98.194
SiO2	0.027	0.015	0.014	0.026	0.027	0.019
Cr2O3	0.036	0.073	0.074	0.027	0.030	0.030
Al2O3	0.045	0.031	0.035	0.028	0.028	0.029
Nb2O5	0.511	0.226	0.237	0.165	0.173	0.183
FeO	0.717	0.740	0.787	0.807	0.765	0.749
V2O5	0.256	0.266	0.271	0.273	0.259	0.291
ZrO2	0.055	0.020	0.027	0.037	0.035	0.039
SnO2	0.054	0.001	0.006	0.014	0.012	0.010
Total	100.165	100.169	101.950	96.150	98.983	99.544

## Amostra NESG-1249 – RUTILO

Analise	Rt 1 - Grt3	Rt 2 - Grt3	Rt 3 - Grt2	Rt4 - Grt2	Rt5 - Grt2	Rt6 - Grt3	Rt 7 - Grt7	Rt 8 - Grt7
TiO2	92.964	94.283	94.228	98.050	99.522	97.171	101.051	99.646
SiO2	0.066	0.060	0.036	0.056	0.055	0.056	0.031	0.030
Cr2O3	0.191	0.196	0.173	0.181	0.183	0.211	0.084	0.080
Al2O3	0.513	0.053	0.039	0.087	0.036	0.056	0.042	0.046
Nb2O5	0.493	0.598	0.230	0.227	0.229	0.547	0.177	0.165
FeO	0.253	0.207	0.249	0.268	0.257	0.331	0.569	0.517
V2O5	0.549	0.590	0.480	0.402	0.407	0.520	0.256	0.274
ZrO2	0.029	0.034	0.034	0.024	0.033	0.031	0.033	0.022
SnO2	0.036	0.036	0.038	0.030	0.021	0.024	0.025	0.024
Total	95.095	96.056	95.507	99.325	100.744	98.945	102.268	100.804

**AMOSTRA NESG-939BI – ESTAUROLITA**

Análise	St10 - 1	St10 - 2
SiO2	27.31	27.48
TiO2	0.453	0.666
Al2O3	53.347	54.1
FeO	12.624	11.61
MnO	0.051	0.027
MgO	1.414	1.378
CaO	0	0
Na2O	0.118	0.098
K2O	0	0.024
ZnO	2.599	2.505
Total %	97.916	97.888
Si-K+	3.988	3.9886
Ti-K+	0.0497	0.0726
Al-K+	9.1813	9.2548
Fe-K+	1.5417	1.4093
Mn-K+	0.0063	0.0033
Mg-K+	0.3077	0.2982
Ca-K+	0	0
Na-K+	0.0334	0.0275
K-K+	0	0.0044
Zn-K+	0.2803	0.2684
O	24	24
Fe	71.07	70.08
Mg	14.18	14.83
Zn	12.92	13.35
Total mol	98.17	98.25
XMg	0.1996	0.2116

**AMOSTRA NESG-1288.1 – ESTAUROLITA**

Análise	St5 - 1	St5 - 2	St2 - 3	St2 - 4	St2 - 5	St1 - 6	St1 - 7
SiO2	27.639	28.019	27.679	27.167	27.257	28.131	27.513
TiO2	0.591	0.641	0.603	0.708	0.684	0.497	0.658
Al2O3	53.746	53.886	53.283	53.016	52.985	53.602	53.04
FeO	12.737	12.274	12.901	13.042	12.935	12.3	12.529
MnO	0.085	0.066	0.123	0.021	0.069	0.04	0.124
MgO	1.662	1.657	1.64	1.768	1.818	1.605	1.646
CaO	0	0.01	0.037	0	0	0	0.012
Na2O	0.077	0.063	0.062	0.068	0.07	0.046	0.036
K2O	0.004	0.003	0	0	0	0.007	0.013
ZnO	1.373	1.399	1.421	1.46	1.461	1.725	1.698
Total %	97.914	98.018	97.749	97.25	97.279	97.953	97.269
Si-K+	4.0086	4.0469	4.0273	3.9798	3.9902	4.0719	4.0231
Ti-K+	0.0645	0.0697	0.066	0.078	0.0753	0.0541	0.0724
Al-K+	9.1873	9.1731	9.1371	9.1535	9.1416	9.1442	9.1408
Fe-K+	1.5449	1.4826	1.5698	1.5978	1.5835	1.489	1.5321
Mn-K+	0.0105	0.008	0.0152	0.0026	0.0086	0.0049	0.0153
Mg-K+	0.3593	0.3567	0.3556	0.3862	0.3967	0.3464	0.3588
Ca-K+	0	0.0016	0.0058	0	0	0	0.0019
Na-K+	0.0216	0.0176	0.0175	0.0192	0.0199	0.013	0.0102
K-K+	0.0007	0.0005	0	0	0	0.0013	0.0024
Zn-K+	0.1471	0.1492	0.1527	0.1579	0.1579	0.1844	0.1833
O	24	24	24	24	24	24	24
Fe	74.13	73.53	74.17	73.85	73.09	73.03	72.82
Mg	17.24	17.69	16.80	17.85	18.31	16.99	17.05
Zn	7.06	7.40	7.21	7.30	7.29	9.04	8.71
Total mol	98.43	98.63	98.18	98.99	98.68	99.06	98.58
XMg	0.2326	0.2406	0.2265	0.2417	0.2505	0.2326	0.2342



## GEOCROLOGIA

AMOSTRAS NESG-1010, NESG-1434, NESG-1447, NESG-1552

**AMOSTRA NESG 1434 – LA-ICPMS - U-Pb em zircão**

spot	207/235	1sigma	206/238	1 sigma	erro corr.	238/206	1 sigma	207/206	1 sigma	208/206	1 sigma	T206/238	1 sigma	T207/235	1 sigma	T207/206	1 sigma	Concord. 206/238
1.1	0.8430	0.0167	0.1014	0.0013	0.63	9.8640	0.1239	0.0607	0.0006	0.0061	0.0019	0.622	0.007	0.621	0.009	0.623	0.021	100
2.1	1.9558	0.0484	0.1614	0.0025	0.61	6.1968	0.0942	0.0909	0.0012	1.0176	0.2630	0.964	0.014	1.100	0.017	1.450	0.024	67
2.2	0.8236	0.0163	0.0990	0.0012	0.61	10.1051	0.1211	0.0606	0.0006	0.0034	0.0013	0.608	0.007	0.610	0.009	0.618	0.021	98
3.1	0.8963	0.0179	0.1034	0.0013	0.64	9.6672	0.1229	0.0611	0.0006	0.0006	0.0004	0.635	0.008	0.650	0.010	0.637	0.021	100
4.1	3.3753	0.0728	0.2631	0.0044	0.77	3.8015	0.0632	0.1040	0.0016	0.2713	0.0683	1.505	0.022	1.499	0.017	1.701	0.028	89
4.2	0.8140	0.0202	0.0986	0.0017	0.70	10.1445	0.1753	0.0607	0.0006	0.0045	0.0038	0.606	0.010	0.605	0.011	0.622	0.022	97
5.1	6.6404	0.1543	0.3773	0.0064	0.72	2.6502	0.0446	0.1466	0.0016	0.2589	0.0640	2.064	0.030	2.065	0.020	2.303	0.019	90
5.2	0.8019	0.0155	0.0984	0.0012	0.65	10.1591	0.1277	0.0602	0.0006	-0.0017	0.0011	0.605	0.007	0.598	0.009	0.605	0.020	100
6.1	1.1476	0.0227	0.1229	0.0015	0.63	8.1339	0.1015	0.0682	0.0007	0.0495	0.0121	0.747	0.009	0.776	0.011	0.873	0.020	86
6.2	0.7977	0.0160	0.0966	0.0013	0.65	10.3544	0.1343	0.0600	0.0006	0.0023	0.0014	0.594	0.007	0.596	0.009	0.596	0.021	100
7.1	0.8214	0.0158	0.0992	0.0012	0.63	10.0794	0.1213	0.0604	0.0006	0.0016	0.0006	0.610	0.007	0.609	0.009	0.612	0.020	100
8.1	6.2430	0.1668	0.3667	0.0071	0.72	2.7267	0.0525	0.1398	0.0021	0.3994	0.0952	2.014	0.033	2.010	0.023	2.221	0.025	91
9.1	0.8870	0.0169	0.1068	0.0013	0.63	9.3658	0.1125	0.0603	0.0006	0.0014	0.0005	0.654	0.007	0.645	0.009	0.609	0.020	107
10.1	1.1674	0.0227	0.1187	0.0023	0.99	8.4227	0.1654	0.0710	0.0007	0.0404	0.0077	0.723	0.013	0.785	0.011	0.957	0.020	76
11.1	0.8887	0.0152	0.1018	0.0019	0.99	9.8253	0.1825	0.0622	0.0006	0.0055	0.0015	0.625	0.011	0.646	0.008	0.674	0.020	93
12.1	2.0471	0.0572	0.1814	0.0043	0.86	5.5137	0.1318	0.0817	0.0012	0.0874	0.0162	1.074	0.024	1.131	0.019	1.242	0.029	87
12.2	0.8310	0.0151	0.0999	0.0019	0.99	10.0093	0.1888	0.0605	0.0006	0.0004	0.0007	0.614	0.011	0.614	0.008	0.614	0.020	100
13.1	0.8261	0.0163	0.0999	0.0019	0.95	10.0115	0.1867	0.0610	0.0007	-0.0015	0.0010	0.614	0.011	0.611	0.009	0.632	0.024	97
14.1	0.8763	0.0139	0.1044	0.0019	0.99	9.5800	0.1750	0.0612	0.0005	0.0051	0.0010	0.640	0.011	0.639	0.007	0.639	0.019	100
14.2	0.8377	0.0133	0.1003	0.0018	0.99	9.9701	0.1821	0.0607	0.0005	0.0020	0.0008	0.616	0.011	0.618	0.007	0.622	0.019	99
15.1	0.8409	0.0141	0.1006	0.0019	0.99	9.9377	0.1871	0.0606	0.0006	0.0009	0.0006	0.618	0.011	0.620	0.008	0.620	0.020	100
16.1	0.8670	0.0141	0.1028	0.0019	0.99	9.7291	0.1818	0.0611	0.0005	0.0013	0.0009	0.631	0.011	0.634	0.008	0.636	0.019	99
17.1	1.8201	0.0340	0.1585	0.0031	0.99	6.3074	0.1225	0.0859	0.0009	0.1177	0.0191	0.949	0.017	1.053	0.012	1.341	0.021	71
17.2	0.8402	0.0134	0.1010	0.0019	0.99	9.9026	0.1834	0.0606	0.0005	0.0000	0.0005	0.620	0.011	0.619	0.007	0.620	0.019	100
18.1	1.2651	0.0236	0.1300	0.0026	0.99	7.6901	0.1530	0.0713	0.0007	0.0367	0.0059	0.788	0.015	0.830	0.011	0.965	0.020	82
19.1	3.2501	0.0680	0.2098	0.0045	0.99	4.7658	0.1017	0.1205	0.0014	0.0373	0.0058	1.228	0.024	1.469	0.016	1.963	0.020	63
20.1	0.7713	0.0197	0.0937	0.0015	0.62	10.6738	0.1701	0.0600	0.0006	-0.0026	0.0012	0.577	0.009	0.580	0.011	0.596	0.023	97
21.1	0.7537	0.0187	0.0915	0.0014	0.61	10.9280	0.1647	0.0602	0.0006	0.0012	0.0007	0.564	0.008	0.570	0.011	0.603	0.023	94
22.1	0.6845	0.0181	0.0841	0.0013	0.59	11.8865	0.1852	0.0585	0.0008	0.0005	0.0022	0.521	0.008	0.529	0.011	0.544	0.030	96
23.1	0.9146	0.0229	0.1073	0.0016	0.61	9.3230	0.1433	0.0614	0.0006	0.0003	0.0008	0.657	0.010	0.660	0.012	0.648	0.023	101
24.1	1.7696	0.0502	0.1638	0.0030	0.64	6.1063	0.1106	0.0799	0.0010	0.0519	0.0112	0.978	0.016	1.034	0.018	1.198	0.025	82
25.1	0.8085	0.0205	0.0978	0.0015	0.61	10.2264	0.1589	0.0600	0.0007	0.0027	0.0017	0.601	0.009	0.602	0.011	0.599	0.024	100

**AMOSTRA NESG 1434 – LA-ICPMS - U-Pb em zircão**

spot	207/235		206/238		erro corr.	238/206		207/206		208/206		T206/238		T207/235		T207/206		Concord.
	1 sigma	1 sigma	1 sigma	1 sigma		1 sigma	1 sigma	1 sigma	1 sigma	1 sigma	1 sigma	1 sigma	1 sigma	1 sigma	1 sigma	1 sigma	1 sigma	206/238
26.1	0.8498	0.0209	0.1018	0.0015	0.61	9.8215	0.1477	0.0608	0.0006	0.0010	0.0006	0.625	0.009	0.625	0.011	0.626	0.022	100
27.1	0.8112	0.0206	0.0975	0.0015	0.60	10.2531	0.1562	0.0603	0.0007	0.0008	0.0018	0.600	0.009	0.603	0.011	0.607	0.025	99
28.1	1.0863	0.0277	0.1215	0.0019	0.62	8.2333	0.1306	0.0659	0.0007	0.0518	0.0102	0.739	0.011	0.747	0.013	0.798	0.023	93
29.1	1.2638	0.0321	0.1244	0.0020	0.64	8.0374	0.1300	0.0739	0.0008	0.0547	0.0107	0.756	0.012	0.830	0.014	1.040	0.022	73
29.2	0.8604	0.0212	0.1005	0.0015	0.62	9.9507	0.1506	0.0621	0.0006	0.0064	0.0016	0.617	0.009	0.630	0.011	0.672	0.022	92
30.1	0.8344	0.0203	0.1003	0.0015	0.61	9.9703	0.1482	0.0608	0.0006	0.0017	0.0009	0.616	0.009	0.616	0.011	0.625	0.022	99
31.1	0.7889	0.0192	0.0955	0.0014	0.61	10.4750	0.1559	0.0603	0.0006	0.0013	0.0010	0.588	0.008	0.591	0.011	0.607	0.022	97
32.1	0.8392	0.0146	0.0997	0.0003	0.20	10.0271	0.0341	0.0612	0.0009	0.0015	0.0005	0.613	0.002	0.619	0.008	0.640	0.030	96
33.1	1.2992	0.0226	0.1409	0.0007	0.30	7.0950	0.0372	0.0675	0.0010	0.0797	0.0173	0.850	0.004	0.845	0.010	0.849	0.030	100
34.1	0.8540	0.0151	0.1021	0.0004	0.24	9.7981	0.0409	0.0609	0.0008	0.0031	0.0008	0.626	0.002	0.627	0.008	0.629	0.030	100
35.1	0.8653	0.0158	0.1020	0.0006	0.30	9.8012	0.0541	0.0607	0.0008	0.0056	0.0015	0.626	0.003	0.633	0.009	0.624	0.030	100
36.1	3.1340	0.0576	0.2106	0.0011	0.28	4.7476	0.0244	0.1082	0.0015	0.2043	0.0449	1.232	0.006	1.441	0.014	1.772	0.025	70
37.1	0.8472	0.0147	0.1012	0.0004	0.23	9.8798	0.0401	0.0609	0.0008	0.0021	0.0007	0.622	0.002	0.623	0.008	0.629	0.030	99
38.1	0.7840	0.0136	0.0950	0.0004	0.23	10.5238	0.0413	0.0599	0.0008	0.0003	0.0010	0.585	0.002	0.588	0.008	0.593	0.030	99
39.1	0.8161	0.0146	0.0984	0.0007	0.37	10.1600	0.0677	0.0603	0.0008	0.0005	0.0010	0.605	0.004	0.606	0.008	0.608	0.030	100
40.1	0.8447	0.0145	0.1008	0.0004	0.21	9.9211	0.0358	0.0606	0.0008	0.0026	0.0007	0.619	0.002	0.622	0.008	0.620	0.029	100
41.1	2.0952	0.0393	0.1685	0.0011	0.34	5.9333	0.0375	0.0927	0.0014	0.1830	0.0416	1.004	0.006	1.147	0.013	1.487	0.027	68
41.2	0.7962	0.0137	0.0959	0.0004	0.22	10.4269	0.0396	0.0602	0.0008	0.0012	0.0006	0.590	0.002	0.595	0.008	0.605	0.029	98
42.1	13.6605	0.5091	0.5233	0.0119	0.61	1.9109	0.0435	0.2193	0.0067	0.2252	0.0522	2.713	0.050	2.726	0.035	2.982	0.047	91
42.2	0.8628	0.0156	0.1029	0.0007	0.37	9.7169	0.0647	0.0609	0.0008	0.0021	0.0011	0.631	0.004	0.632	0.008	0.628	0.030	100

**AMOSTRA NESG 1434 – LA-ICPMS - Lu-Hf em zircão**

spot	176Hf/177Hf	± 2 se	176Lu/177Hf	± 2 se	U-Pb Age (T1)	e Hf(0)	176/177 am	eHf(t1)	176/177DM	T DM (2)	176/177DM	eHf(tdm)
1.1	0.282020	0.000024	0.000149	0.000005	622	-26.60929394	0.282018	-12.97	0.282775	2328	0.281515	7.73
4.2	0.282118	0.000027	0.000101	0.000003	606	-23.11205	0.282117	-9.81	0.282787	2117	0.281673	8.50
5.2	0.282101	0.000016	0.000098	0.000004	605	-23.74196927	0.282100	-10.46	0.282788	2157	0.281643	8.36
7.1	0.282048	0.000020	0.000072	0.000001	610	-25.58719541	0.282048	-12.18	0.282784	2269	0.281559	7.95
9.1	0.282095	0.000021	0.000152	0.000007	650	-23.93434316	0.282093	-9.68	0.282755	2143	0.281653	8.41

**AMOSTRA NESG 1434 – LA-ICPMS - Lu-Hf em zircão**

spot	176Hf/177Hf	± 2 se	176Lu/177Hf	± 2 se	U-Pb Age (T1)	e Hf(0)	176/177 am	eHf(t1)	176/177DM	T DM (2)	176/177DM	eHf(tdm)
11.1	0.281862	0.000024	0.000398	0.000026	625	-32.17813792	0.281857	-18.59	0.282773	2681	0.281249	6.44
21.1	0.282107	0.000021	0.000045	0.000001	564	-23.5188541	0.282106	-11.12	0.282817	2167	0.281636	8.32
22.1	0.282115	0.000021	0.000075	0.000001	521	-23.24659091	0.282114	-11.81	0.282849	2177	0.281628	8.29
23.1	0.282120	0.000018	0.000051	0.000004	657	-23.04468437	0.282120	-8.59	0.282750	2080	0.281701	8.64
26.1	0.282124	0.000040	0.000064	0.000003	625	-22.92197599	0.282123	-9.18	0.282773	2092	0.281691	8.59
34.1	0.282422	0.000114	0.000132	0.000006	626	-12.3620563	0.282421	1.39	0.282772	1424	0.282187	11.00
40.1	0.282086	0.000021	0.000053	0.000000	619	-24.2496343	0.282086	-10.64	0.282777	2179	0.281626	8.28

**AMOSTRA NESG 1010 – LA-ICPMS - U-Pb em zircão**

Análise																			Concord.	
	207/235	1sigma	206/238	1sigma	erro corr.	238/206	1sigma	207/206	1sigma	208/206	1sigma	T206/238	1sigma	T207/235	1sigma	T207/206	1sigma	207/235	207/206	
1.1	1.2532	0.0206	0.1364	0.0021	0.95	7.3338	0.1140	0.0663	0.0008	0.1599	0.0376	0.824	0.012	0.825	0.009	0.812	0.024	100	101	
1.2	0.7924	0.0138	0.0939	0.0015	0.92	10.6504	0.1712	0.0619	0.0007	0.0320	0.0077	0.579	0.009	0.593	0.008	0.667	0.025	98	87	
1.3	1.1766	0.0194	0.1296	0.0020	0.95	7.7139	0.1213	0.0661	0.0008	0.1511	0.0362	0.786	0.012	0.790	0.009	0.806	0.024	100	98	
2.1	1.4809	0.0269	0.1533	0.0026	0.94	6.5227	0.1114	0.0698	0.0010	0.2714	0.0659	0.919	0.015	0.923	0.011	0.921	0.030	100	100	
2.2	1.5111	0.0510	0.1600	0.0036	0.67	6.2500	0.1423	0.0709	0.0024	0.3234	0.0808	0.957	0.020	0.935	0.020	0.954	0.069	102	100	
2.3	1.5273	0.0257	0.1564	0.0025	0.94	6.3926	0.1011	0.0700	0.0009	0.2242	0.0555	0.937	0.014	0.941	0.010	0.925	0.026	100	101	
3.1	5.8379	0.0941	0.3448	0.0053	0.95	2.9004	0.0445	0.1243	0.0014	0.1605	0.0400	1.910	0.025	1.952	0.014	2.017	0.019	98	95	
3.2	6.8392	0.1100	0.3928	0.0061	0.96	2.5456	0.0392	0.1279	0.0014	0.4375	0.1103	2.136	0.028	2.091	0.014	2.066	0.019	102	103	
3.3	6.5455	0.1054	0.3801	0.0059	0.96	2.6306	0.0405	0.1250	0.0014	0.0592	0.0154	2.077	0.027	2.052	0.014	2.027	0.019	101	102	
4.1	3.7888	0.0610	0.2898	0.0045	0.96	3.4510	0.0532	0.0961	0.0011	0.1817	0.0469	1.640	0.022	1.590	0.013	1.555	0.021	103	105	
4.2	2.1119	0.0348	0.1797	0.0028	0.94	5.5663	0.0865	0.0872	0.0010	0.1591	0.0414	1.065	0.015	1.153	0.011	1.370	0.022	92	78	
5.1	2.2713	0.0361	0.2086	0.0032	0.96	4.7937	0.0729	0.0802	0.0009	0.1482	0.0391	1.221	0.017	1.203	0.011	1.207	0.022	101	101	
5.2	2.3080	0.0372	0.2130	0.0032	0.95	4.6942	0.0716	0.0794	0.0009	0.1267	0.0338	1.245	0.017	1.215	0.011	1.185	0.023	102	105	
5.3	2.2953	0.0199	0.2062	0.0017	0.97	4.8499	0.0406	0.0801	0.0006	0.1893	0.0832	1.208	0.009	1.211	0.006	1.204	0.016	100	100	
6.1	3.3036	0.0305	0.2707	0.0024	0.96	3.6946	0.0328	0.0897	0.0007	0.0718	0.0321	1.544	0.012	1.482	0.007	1.425	0.016	104	108	
7.1	3.5593	0.0317	0.2758	0.0024	0.97	3.6260	0.0314	0.0943	0.0008	0.1072	0.0488	1.570	0.012	1.540	0.007	1.521	0.015	102	103	
7.2	0.6855	0.0077	0.0854	0.0008	0.81	11.7081	0.1065	0.0586	0.0005	0.0095	0.0046	0.528	0.005	0.530	0.005	0.545	0.019	100	97	
8.1	2.5083	0.0230	0.2216	0.0020	0.98	4.5122	0.0405	0.0819	0.0006	0.5282	0.2490	1.290	0.011	1.274	0.007	1.248	0.015	101	103	
8.2	2.4613	0.0214	0.2186	0.0018	0.97	4.5746	0.0384	0.0813	0.0007	0.6080	0.2920	1.274	0.010	1.261	0.006	1.233	0.016	101	103	
9.1	1.2526	0.0121	0.1378	0.0012	0.90	7.2563	0.0633	0.0666	0.0006	0.1953	0.0954	0.832	0.007	0.825	0.005	0.820	0.018	101	101	
9.2	1.1629	0.0150	0.1288	0.0013	0.80	7.7657	0.0798	0.0654	0.0007	0.1364	0.0682	0.781	0.008	0.783	0.007	0.784	0.024	100	100	
9.3	4.2656	0.0476	0.2675	0.0027	0.90	3.7387	0.0375	0.1175	0.0009	0.2431	0.1237	1.528	0.014	1.687	0.009	1.919	0.013	91	80	
10.1	1.2002	0.0098	0.1322	0.0011	0.99	7.5646	0.0644	0.0660	0.0005	0.2383	0.1237	0.800	0.006	0.801	0.005	0.803	0.016	100	100	
10.2	1.2466	0.0107	0.1355	0.0012	1.00	7.3787	0.0634	0.0664	0.0005	0.2542	0.1348	0.819	0.007	0.822	0.005	0.817	0.016	100	100	
10.3	1.2320	0.0123	0.1352	0.0012	0.92	7.3955	0.0682	0.0668	0.0005	0.3057	0.1655	0.818	0.007	0.815	0.006	0.829	0.017	100	99	
11.1	4.4815	0.0412	0.2936	0.0028	0.99	3.4059	0.0324	0.1119	0.0008	0.3092	0.1710	1.660	0.014	1.728	0.008	1.833	0.013	96	91	
11.2	5.7683	0.1207	0.3631	0.0059	0.77	2.7541	0.0446	0.1159	0.0011	0.3051	0.0548	1.997	0.028	1.942	0.018	1.894	0.017	103	105	

AMOSTRA NESG 1010 – LA-ICPMS - U-Pb em zircão

Análise	207/235	1sigma	206/238	1sigma	erro corr.	238/206	1sigma	207/206	1sigma	208/206	1sigma	T206/238	1sigma	T207/235	1sigma	T207/206	1sigma	Concord.	
																		206/238	206/238
12.1	2.1319	0.0491	0.1965	0.0034	0.75	5.0895	0.0876	0.0782	0.0008	0.1515	0.0273	1.156	0.018	1.159	0.016	1.156	0.021	100	100
12.2	2.4070	0.0511	0.2156	0.0035	0.77	4.6383	0.0753	0.0816	0.0008	0.1925	0.0347	1.259	0.019	1.245	0.015	1.241	0.020	101	101
13.1	1.2622	0.0361	0.1377	0.0027	0.69	7.2643	0.1425	0.0676	0.0010	0.3402	0.0614	0.831	0.015	0.829	0.016	0.855	0.031	100	97
14.1	0.9476	0.0204	0.1121	0.0018	0.76	8.9170	0.1458	0.0613	0.0007	0.1629	0.0294	0.685	0.011	0.677	0.011	0.642	0.023	101	107
14.2	0.8862	0.0211	0.1037	0.0020	0.82	9.6439	0.1893	0.0612	0.0006	0.2297	0.0414	0.636	0.012	0.644	0.011	0.639	0.022	99	100
15.1	5.4143	0.1162	0.3390	0.0057	0.78	2.9499	0.0493	0.1154	0.0011	0.1439	0.0260	1.882	0.027	1.887	0.018	1.887	0.017	100	100
15.2	5.9167	0.1241	0.3598	0.0058	0.77	2.7794	0.0451	0.1185	0.0012	0.2593	0.0469	1.981	0.028	1.964	0.018	1.934	0.017	101	102
16.1	5.7614	0.1206	0.3530	0.0057	0.77	2.8328	0.0458	0.1177	0.0012	0.2853	0.0515	1.949	0.027	1.941	0.018	1.922	0.017	100	101
17.1	1.1714	0.0248	0.1316	0.0022	0.77	7.5973	0.1246	0.0644	0.0006	0.1133	0.0208	0.797	0.012	0.787	0.012	0.749	0.021	101	106
18.1	1.0269	0.0216	0.1198	0.0020	0.78	8.3442	0.1360	0.0627	0.0006	0.2361	0.0427	0.730	0.011	0.717	0.011	0.692	0.021	102	105
18.2	0.8733	0.0182	0.1049	0.0017	0.78	9.5323	0.1541	0.0606	0.0006	0.0016	0.0005	0.643	0.010	0.637	0.010	0.620	0.021	101	104
19.1	1.6720	0.0446	0.1690	0.0037	0.83	5.9158	0.1304	0.0728	0.0016	0.2405	0.0443	1.007	0.021	0.998	0.017	1.010	0.045	101	100
20.1	1.2730	0.0260	0.1397	0.0009	0.32	7.1605	0.0468	0.0667	0.0010	0.4610	0.3822	0.843	0.005	0.834	0.012	0.823	0.031	101	102
21.1	0.9957	0.0203	0.1134	0.0007	0.31	8.8152	0.0565	0.0632	0.0009	0.4214	0.3620	0.693	0.004	0.702	0.010	0.710	0.031	99	98
21.2	0.8229	0.0170	0.0996	0.0007	0.33	10.0379	0.0682	0.0603	0.0009	0.0110	0.0100	0.612	0.004	0.610	0.009	0.609	0.032	100	100
22.1	0.9521	0.0193	0.1114	0.0007	0.32	8.9746	0.0574	0.0623	0.0009	0.6176	0.5722	0.681	0.004	0.679	0.010	0.680	0.031	100	100
22.2	1.0340	0.0213	0.1157	0.0008	0.35	8.6442	0.0617	0.0630	0.0009	0.6528	0.6294	0.706	0.005	0.721	0.011	0.704	0.032	98	100
23.1	1.7602	0.0408	0.1799	0.0014	0.34	5.5577	0.0435	0.0739	0.0011	0.1667	0.1675	1.067	0.008	1.031	0.015	1.041	0.031	103	102
23.2	1.7521	0.0522	0.1760	0.0024	0.46	5.6809	0.0773	0.0741	0.0011	0.1517	0.1582	1.045	0.013	1.028	0.019	1.045	0.031	102	100
23.3	1.7281	0.0363	0.1706	0.0013	0.37	5.8610	0.0459	0.0739	0.0011	0.1808	0.1986	1.016	0.007	1.019	0.013	1.041	0.029	100	98
24.1	6.5208	0.1319	0.3747	0.0024	0.31	2.6689	0.0168	0.1259	0.0018	0.4377	0.5041	2.051	0.011	2.049	0.018	2.039	0.025	100	101
25.1	5.1904	0.1053	0.3401	0.0023	0.33	2.9407	0.0195	0.1106	0.0016	0.4502	0.5451	1.887	0.011	1.851	0.017	1.811	0.025	102	104
26.1	0.8398	0.0201	0.1009	0.0013	0.53	9.9090	0.1258	0.0604	0.0009	-0.0255	0.0328	0.620	0.008	0.619	0.011	0.611	0.032	100	101
26.2	0.8563	0.0218	0.1026	0.0013	0.50	9.7422	0.1234	0.0619	0.0009	0.0415	0.0561	0.630	0.008	0.628	0.012	0.664	0.032	100	95
26.3	1.1382	0.0257	0.1267	0.0014	0.48	7.8928	0.0852	0.0649	0.0009	0.7177	1.0266	0.769	0.008	0.772	0.012	0.766	0.031	100	100
27.1	1.1842	0.0119	0.1310	0.0010	0.77	7.6327	0.0591	0.0658	0.0006	0.2104	0.0526	0.794	0.006	0.793	0.006	0.798	0.018	100	100
28.1	0.9706	0.0088	0.1128	0.0008	0.77	8.8648	0.0618	0.0626	0.0004	0.2824	0.0689	0.689	0.005	0.689	0.005	0.689	0.013	100	100

**AMOSTRA NESG 1010 – LA-ICPMS - U-Pb em zircão**

Análise																			Concord.	
	207/235	1sigma	206/238	1sigma	erro	238/206	1sigma	207/206	1sigma	208/206	1sigma	T206/238	1sigma	T207/235	1sigma	T207/206	1sigma	207/235	207/206	
29.1	0.8546	0.0094	0.0965	0.0009	0.81	10.3595	0.0927	0.0643	0.0005	0.0925	0.0221	0.594	0.005	0.627	0.005	0.746	0.015	95	80	
29.2	1.2411	0.0120	0.1352	0.0010	0.74	7.3947	0.0532	0.0662	0.0004	0.1212	0.0283	0.818	0.006	0.819	0.005	0.808	0.014	100	101	
30.1	2.9820	0.0335	0.2393	0.0023	0.84	4.1781	0.0394	0.0907	0.0006	0.1914	0.0437	1.383	0.012	1.403	0.009	1.447	0.012	99	96	
31.1	6.0295	0.0527	0.3602	0.0026	0.81	2.7762	0.0197	0.1214	0.0007	0.1211	0.0272	1.983	0.012	1.980	0.008	1.976	0.010	100	100	
31.2	6.2350	0.0968	0.3705	0.0026	0.46	2.6988	0.0191	0.1220	0.0019	0.2554	0.0343	2.032	0.012	2.009	0.013	1.984	0.027	101	102	
32.1	7.8552	0.0640	0.4170	0.0029	0.84	2.3981	0.0164	0.1379	0.0008	0.2027	0.0444	2.247	0.013	2.215	0.007	2.198	0.010	101	102	
33.1	5.6687	0.0481	0.3535	0.0025	0.82	2.8287	0.0197	0.1178	0.0007	0.2904	0.0623	1.951	0.012	1.927	0.007	1.923	0.010	101	101	
34.1	0.8478	0.0104	0.1011	0.0009	0.69	9.8941	0.0836	0.0622	0.0004	0.2556	0.0542	0.621	0.005	0.623	0.006	0.675	0.014	100	92	
34.2	1.1128	0.0091	0.1279	0.0009	0.85	7.8197	0.0543	0.0638	0.0004	0.4182	0.0861	0.776	0.005	0.760	0.004	0.729	0.012	102	106	
35.1	1.8255	0.0219	0.1744	0.0017	0.81	5.7342	0.0556	0.0767	0.0006	0.1638	0.0332	1.036	0.009	1.055	0.008	1.115	0.015	98	93	
35.2	3.0516	0.0280	0.2527	0.0019	0.80	3.9567	0.0291	0.0887	0.0006	0.2178	0.0432	1.453	0.010	1.421	0.007	1.404	0.012	102	103	
36.1	1.0449	0.0115	0.1193	0.0009	0.70	8.3807	0.0646	0.0638	0.0005	0.1589	0.0310	0.727	0.005	0.726	0.006	0.730	0.015	100	100	
36.2	3.7858	0.0731	0.2610	0.0015	0.29	3.8312	0.0215	0.1056	0.0014	0.2566	0.0632	1.495	0.007	1.590	0.015	1.728	0.024	94	87	
37.1	1.0815	0.0223	0.1208	0.0009	0.35	8.2753	0.0592	0.0651	0.0009	0.0526	0.0134	0.735	0.005	0.744	0.011	0.773	0.030	99	95	
37.2	2.3550	0.0449	0.2125	0.0012	0.29	4.7052	0.0260	0.0810	0.0011	0.3951	0.1001	1.242	0.006	1.229	0.013	1.224	0.026	101	101	
38.1	0.9652	0.0184	0.1126	0.0006	0.27	8.8847	0.0456	0.0625	0.0008	0.2106	0.0542	0.688	0.003	0.686	0.009	0.685	0.029	100	100	
39.1	0.8589	0.0165	0.1031	0.0006	0.28	9.7004	0.0520	0.0607	0.0008	-0.0008	0.0014	0.632	0.003	0.630	0.009	0.621	0.029	100	102	
39.2	3.1358	0.0593	0.2515	0.0013	0.27	3.9754	0.0200	0.0898	0.0012	0.0962	0.0255	1.446	0.007	1.442	0.014	1.427	0.025	100	101	
40.1	1.7060	0.0345	0.1694	0.0011	0.33	5.9031	0.0397	0.0727	0.0011	0.1755	0.0475	1.009	0.006	1.011	0.013	1.005	0.031	100	100	
41.1	2.7746	0.0530	0.2332	0.0013	0.30	4.2889	0.0243	0.0849	0.0012	0.2038	0.0558	1.351	0.007	1.349	0.014	1.319	0.027	100	102	
42.1	4.6785	0.0954	0.3009	0.0023	0.38	3.3237	0.0256	0.1142	0.0015	0.3778	0.1049	1.696	0.011	1.763	0.017	1.868	0.024	96	91	
43.1	0.9005	0.0211	0.1057	0.0007	0.27	9.4603	0.0590	0.0616	0.0011	0.1236	0.0352	0.648	0.004	0.652	0.011	0.656	0.039	99	99	
43.2	0.9892	0.0205	0.1150	0.0008	0.32	8.6947	0.0579	0.0630	0.0009	0.3289	0.0945	0.702	0.004	0.698	0.010	0.702	0.031	100	100	
44.1	0.8636	0.0177	0.1035	0.0008	0.37	9.6580	0.0728	0.0611	0.0008	0.0016	0.0030	0.635	0.005	0.632	0.010	0.637	0.029	100	100	
45.1	1.2158	0.0227	0.1329	0.0006	0.26	7.5252	0.0363	0.0659	0.0009	0.2652	0.0786	0.804	0.004	0.808	0.010	0.801	0.028	100	100	
46.1	4.6075	0.0843	0.3158	0.0038	0.66	3.1664	0.0384	0.1045	0.0009	0.5250	0.1141	1.769	0.019	1.751	0.015	1.710	0.016	101	103	
47.1	1.7221	0.0302	0.1712	0.0019	0.64	5.8420	0.0656	0.0727	0.0006	0.1700	0.0374	1.019	0.011	1.017	0.011	1.007	0.018	100	101	

AMOSTRA NESG 1010 – LA-ICPMS - U-Pb em zircão

Análise					erro corr.													Concord.	
	207/235	1sigma	206/238	1sigma		238/206	1sigma	207/206	1sigma	208/206	1sigma	T206/238	1sigma	T207/235	1sigma	T207/206	1sigma	207/235	206/238
48.1	1.2105	0.0215	0.1325	0.0015	0.63	7.5478	0.0849	0.0654	0.0006	0.3333	0.0743	0.802	0.008	0.805	0.010	0.784	0.019	100	102
49.1	5.5935	0.0983	0.3362	0.0038	0.65	2.9742	0.0338	0.1200	0.0010	0.3980	0.0899	1.868	0.018	1.915	0.015	1.956	0.015	98	96
50.1	0.8565	0.0151	0.1022	0.0012	0.64	9.7860	0.1108	0.0609	0.0005	0.0026	0.0016	0.627	0.007	0.628	0.008	0.630	0.019	100	100
51.1	1.1200	0.0195	0.1262	0.0014	0.64	7.9229	0.0890	0.0648	0.0006	0.1860	0.0432	0.766	0.008	0.763	0.009	0.764	0.019	100	100
52.1	2.9383	0.0524	0.2399	0.0028	0.65	4.1683	0.0485	0.0901	0.0008	0.1064	0.0251	1.386	0.014	1.392	0.013	1.434	0.017	100	97
53.1	6.1585	0.1082	0.3627	0.0042	0.65	2.7572	0.0316	0.1241	0.0011	0.4530	0.1087	1.995	0.020	1.999	0.015	2.014	0.015	100	99
53.2	1.3370	0.0333	0.1302	0.0016	0.51	7.6795	0.0970	0.0772	0.0012	0.0113	0.0059	0.789	0.009	0.862	0.014	1.128	0.031	92	70
54.1	1.0284	0.0187	0.1181	0.0014	0.65	8.4647	0.0997	0.0637	0.0006	0.1965	0.0483	0.720	0.008	0.718	0.009	0.728	0.020	100	99
55.1	0.9836	0.0179	0.1128	0.0014	0.69	8.8620	0.1108	0.0625	0.0006	0.3832	0.0957	0.689	0.008	0.695	0.009	0.686	0.019	99	100
56.1	1.2454	0.0219	0.1361	0.0015	0.64	7.3471	0.0826	0.0659	0.0006	0.2608	0.0660	0.823	0.009	0.821	0.010	0.799	0.019	100	103
56.2	0.8139	0.0157	0.0976	0.0012	0.66	10.2478	0.1309	0.0606	0.0006	0.0074	0.0031	0.600	0.007	0.605	0.009	0.621	0.023	99	97
57.1	0.9923	0.0161	0.1142	0.0009	0.50	8.7558	0.0713	0.0629	0.0010	0.1151	0.0155	0.697	0.005	0.700	0.008	0.700	0.033	100	100
57.2	0.8063	0.0172	0.0978	0.0013	0.60	10.2227	0.1308	0.0612	0.0010	0.0528	0.0077	0.602	0.007	0.600	0.010	0.642	0.034	100	94
58.1	7.6885	0.1662	0.3927	0.0039	0.45	2.5465	0.0250	0.1410	0.0023	0.1663	0.0219	2.135	0.018	2.195	0.019	2.236	0.028	97	96
59.1	0.9185	0.0171	0.1076	0.0011	0.53	9.2977	0.0919	0.0616	0.0011	0.0385	0.0080	0.659	0.006	0.662	0.009	0.656	0.040	100	100
59.2	1.1931	0.0189	0.1323	0.0010	0.47	7.5575	0.0564	0.0652	0.0010	0.2007	0.0263	0.801	0.006	0.797	0.009	0.776	0.034	100	103
60.1	10.7582	0.1642	0.4610	0.0032	0.45	2.1693	0.0150	0.1698	0.0026	0.3248	0.0423	2.444	0.014	2.502	0.014	2.555	0.026	98	96
61.1	10.2531	0.1770	0.4638	0.0044	0.55	2.1563	0.0206	0.1610	0.0025	0.2953	0.0383	2.456	0.020	2.458	0.016	2.464	0.026	100	100
62.1	2.9386	0.0508	0.2374	0.0021	0.51	4.2132	0.0370	0.0902	0.0014	0.2237	0.0289	1.373	0.011	1.392	0.013	1.436	0.029	99	96
63.1	1.6998	0.0267	0.1690	0.0012	0.46	5.9182	0.0430	0.0729	0.0011	0.4468	0.0574	1.006	0.007	1.008	0.010	1.011	0.032	100	100
64.1	4.8013	0.0963	0.3188	0.0041	0.65	3.1366	0.0407	0.1090	0.0017	0.6491	0.0837	1.784	0.020	1.785	0.017	1.786	0.027	100	100
65.1	0.9781	0.0174	0.1123	0.0010	0.50	8.9030	0.0787	0.0637	0.0011	0.2157	0.0277	0.686	0.006	0.693	0.009	0.726	0.038	99	95
65.2	1.2695	0.0218	0.1356	0.0013	0.54	7.3750	0.0688	0.0666	0.0011	0.4072	0.0518	0.820	0.007	0.832	0.010	0.820	0.033	99	100
66.1	1.6236	0.0175	0.1646	0.0021	0.99	6.0739	0.0793	0.0720	0.0009	0.1079	0.0327	0.983	0.012	0.979	0.007	0.986	0.027	100	100
67.1	0.8342	0.0253	0.1027	0.0025	0.80	9.7353	0.2361	0.0611	0.0011	3.5832	1.8449	0.630	0.015	0.616	0.014	0.636	0.038	102	99
68.1	1.1992	0.0141	0.1324	0.0018	0.99	7.5512	0.1022	0.0661	0.0009	0.2462	0.0739	0.802	0.010	0.800	0.006	0.805	0.029	100	100
69.1	3.4990	0.0378	0.2661	0.0035	0.99	3.7582	0.0492	0.0954	0.0013	0.2273	0.0678	1.521	0.018	1.527	0.009	1.542	0.024	100	99



**AMOSTRA NESG 1010 – LA-ICPMS - U-Pb em zircão**

Análise																			Concord.	
	207/235	1sigma	206/238	1sigma	erro corr.	238/206	1sigma	207/206	1sigma	208/206	1sigma	T206/238	1sigma	T207/235	1sigma	T207/206	1sigma	207/235	207/206	
70.1	6.7418	0.0790	0.3783	0.0052	0.99	2.6432	0.0360	0.1297	0.0017	0.1967	0.0584	2.068	0.024	2.078	0.010	2.091	0.023	100	99	
71.1	2.2383	0.0256	0.2031	0.0028	0.99	4.9230	0.0673	0.0798	0.0011	0.4484	0.1325	1.192	0.015	1.193	0.008	1.196	0.027	100	100	
71.2	2.1480	0.0244	0.1936	0.0026	0.99	5.1665	0.0698	0.0807	0.0011	0.1404	0.0414	1.141	0.014	1.164	0.008	1.219	0.026	98	94	
72.1	2.2853	0.0252	0.2027	0.0027	0.99	4.9341	0.0658	0.0816	0.0011	0.1305	0.0382	1.190	0.014	1.208	0.008	1.241	0.026	99	96	
73.1	2.3843	0.0262	0.2117	0.0028	0.99	4.7234	0.0632	0.0817	0.0011	1.0502	0.3057	1.238	0.015	1.238	0.008	1.242	0.026	100	100	
74.1	4.8125	0.0543	0.3194	0.0044	0.99	3.1308	0.0432	0.1094	0.0015	0.5166	0.1497	1.787	0.022	1.787	0.009	1.793	0.024	100	100	
75.1	12.4908	0.1338	0.4852	0.0064	0.99	2.0609	0.0273	0.1872	0.0024	0.3453	0.0995	2.550	0.028	2.642	0.010	2.721	0.022	97	94	
76.1	3.5932	0.0390	0.2653	0.0035	0.99	3.7692	0.0501	0.0986	0.0013	0.1935	0.0555	1.517	0.018	1.548	0.009	1.604	0.024	98	95	
76.2	1.1283	0.0165	0.1144	0.0017	0.99	8.7380	0.1270	0.0721	0.0010	0.0338	0.0098	0.699	0.010	0.767	0.008	0.990	0.028	91	71	
77.1	2.4028	0.0240	0.2131	0.0011	0.53	4.6925	0.0248	0.0820	0.0005	0.1794	0.0512	1.245	0.006	1.243	0.007	1.250	0.012	100	100	
78.1	1.6442	0.0170	0.1658	0.0009	0.50	6.0300	0.0312	0.0723	0.0005	0.5554	0.1545	0.989	0.005	0.987	0.007	0.994	0.015	100	100	
79.1	0.9483	0.0140	0.1110	0.0006	0.39	9.0104	0.0516	0.0622	0.0007	0.3658	0.0994	0.678	0.004	0.677	0.007	0.677	0.026	100	100	
80.1	2.2311	0.0278	0.1604	0.0014	0.71	6.2354	0.0556	0.1017	0.0007	0.1096	0.0291	0.959	0.008	1.191	0.009	1.660	0.013	81	58	
81.1	2.3520	0.0296	0.2109	0.0015	0.58	4.7416	0.0348	0.0815	0.0006	0.5701	0.1477	1.234	0.008	1.228	0.009	1.238	0.014	100	100	
82.1	5.2365	0.0531	0.3286	0.0017	0.52	3.0430	0.0161	0.1160	0.0007	0.4546	0.1151	1.832	0.008	1.859	0.009	1.897	0.011	99	97	
83.1	1.6495	0.0180	0.1668	0.0010	0.52	5.9963	0.0343	0.0723	0.0005	0.2197	0.0548	0.994	0.005	0.989	0.007	0.995	0.015	100	100	
84.1	1.1709	0.0138	0.1144	0.0008	0.57	8.7450	0.0586	0.0747	0.0005	0.0547	0.0134	0.698	0.004	0.787	0.006	1.063	0.014	89	66	
85.1	0.8943	0.0107	0.1048	0.0009	0.68	9.5441	0.0783	0.0621	0.0005	0.2865	0.0681	0.642	0.005	0.649	0.006	0.672	0.016	99	96	
86.1	5.7904	0.0639	0.3516	0.0023	0.60	2.8438	0.0188	0.1197	0.0007	0.5608	0.1303	1.942	0.011	1.945	0.010	1.951	0.011	100	100	
87.1	5.2383	0.0527	0.3309	0.0018	0.55	3.0217	0.0166	0.1141	0.0007	0.4042	0.0919	1.843	0.009	1.859	0.009	1.868	0.011	99	99	
88.1	1.2150	0.0129	0.1331	0.0009	0.61	7.5157	0.0488	0.0660	0.0004	0.2028	0.0453	0.805	0.005	0.807	0.006	0.802	0.013	100	100	
89.1	0.8507	0.0108	0.1022	0.0009	0.68	9.7888	0.0848	0.0616	0.0005	0.0684	0.0155	0.627	0.005	0.625	0.006	0.653	0.016	100	96	

AMOSTRA NESG 1010 – LA-ICPMS – Lu-Hf em zircão

spot	176Hf/177Hf	± 2 se	176Lu/177Hf	± 2 se	U-Pb Age (T1)	e Hf(0)	176/177 am	eHf(t1)	176/177DM	T DM (2)	176/177DM	eHf(tdm)
1.1	0.281810	0.000023	0.000903	0.000019	824	-34.03739554	0.281796	-16.36	0.282628	2696	0.281237	6.38
2.1	0.281836	0.000028	0.000418	0.000001	919	-33.09560509	0.281829	-13.06	0.282559	2564	0.281338	6.87
6.1	0.282048	0.000028	0.000415	0.000007	1544	-25.60575893	0.282036	8.33	0.282099	1688	0.281993	10.06
9.2	0.281798	0.000018	0.000626	0.000003	781	-34.45267522	0.281789	-17.56	0.282659	2738	0.281206	6.23
10.1	0.282012	0.000016	0.000899	0.000005	800	-26.87844264	0.281998	-9.71	0.282645	2261	0.281565	7.98
13.1	0.282281	0.000036	0.000653	0.000014	831	-17.34710855	0.282271	0.65	0.282623	1630	0.282036	10.27
14.1	0.282501	0.000032	0.001522	0.000013	685	-9.58385034	0.282481	4.84	0.282729	1249	0.282316	11.63
17.1	0.282231	0.000023	0.001079	0.000012	797	-19.11881415	0.282215	-2.09	0.282648	1778	0.281926	9.73
18.1	0.282363	0.000021	0.000834	0.000007	730	-14.45026023	0.282352	1.26	0.282697	1513	0.282122	10.69
20.1	0.282147	0.000021	0.000617	0.000005	843	-22.1028113	0.282137	-3.83	0.282614	1924	0.281817	9.21
21.1	0.282304	0.000029	0.001885	0.000045	693	-16.56454196	0.282279	-2.15	0.282723	1701	0.281983	10.01
22.1	0.282219	0.000025	0.000670	0.000008	681	-19.55452329	0.282210	-4.84	0.282732	1862	0.281863	9.43
23.1	0.281805	0.000016	0.002429	0.000027	1067	-34.18925839	0.281756	-12.32	0.282450	2632	0.281286	6.62
24.1	0.281253	0.000025	0.000481	0.000007	2051	-53.73363584	0.281234	-8.61	0.281722	3156	0.280888	4.68
26.3	0.282058	0.000020	0.000609	0.000019	769	-25.25731868	0.282049	-8.61	0.282668	2168	0.281635	8.32
27.1	0.282458	0.000036	0.001059	0.000014	794	-11.11783763	0.282442	5.87	0.282650	1268	0.282303	11.56
28.1	0.282203	0.000016	0.000749	0.000014	689	-20.11941982	0.282193	-5.27	0.282726	1895	0.281838	9.31
29.2	0.282468	0.000023	0.000308	0.000008	818	-10.76598583	0.282463	7.15	0.282632	1205	0.282349	11.79
30.1	0.281791	0.000023	0.000510	0.000008	1383	-34.68798818	0.281778	-4.46	0.282218	2381	0.281475	7.54
31.1	0.281384	0.000021	0.000624	0.000011	1983	-49.09438546	0.281360	-5.67	0.281772	2918	0.281069	5.56
32.1	0.281377	0.000022	0.000512	0.000003	2247	-49.31847791	0.281355	0.21	0.281575	2747	0.281199	6.19
36.2	0.281510	0.000028	0.001232	0.000002	1495	-44.62590848	0.281475	-12.67	0.282135	2984	0.281019	5.32
37.2	0.281902	0.000022	0.000965	0.000036	1242	-30.78439103	0.281879	-4.05	0.282322	2246	0.281576	8.03
39.2	0.281979	0.000019	0.000736	0.000002	1446	-28.05943529	0.281958	3.37	0.282171	1931	0.281812	9.18
40.1	0.282301	0.000030	0.001536	0.000001	1009	-16.65575031	0.282272	4.65	0.282493	1512	0.282123	10.69
43.2	0.282572	0.000026	0.001296	0.000011	702	-7.067603589	0.282555	7.83	0.282717	1071	0.282447	12.26
45.1	0.281905	0.000022	0.001139	0.000009	804	-30.67655095	0.281887	-13.55	0.282643	2505	0.281381	7.08
47.1	0.282207	0.000034	0.000581	0.000002	1019	-19.98898808	0.282196	2.17	0.282485	1678	0.282000	10.09
48.1	0.282094	0.000022	0.000585	0.000013	802	-23.99193002	0.282085	-6.60	0.282644	2067	0.281710	8.69

AMOSTRA NESG 1010 – LA-ICPMS – Lu-Hf em zircão

spot	176Hf/177Hf	± 2 se	176Lu/177Hf	± 2 se	U-Pb Age (T1)	e Hf(0)	176/177 am	eHf(t1)	176/177DM	T DM (2)	176/177DM	eHf(tdm)
51.1	0.282436	0.000026	0.001349	0.000011	766	-11.89269467	0.282416	4.34	0.282670	1344	0.282247	11.29
52.1	0.281985	0.000021	0.000545	0.000012	1386	-27.83493324	0.281971	2.45	0.282215	1943	0.281802	9.13
53.1	0.281238	0.000025	0.000624	0.000002	1995	-54.24023557	0.281215	-10.57	0.281764	3237	0.280827	4.38
54.1	0.282479	0.000021	0.000312	0.000008	720	-10.34488449	0.282475	5.40	0.282704	1241	0.282323	11.66
55.1	0.282163	0.000024	0.000615	0.000009	689	-21.5354505	0.282155	-6.63	0.282726	1981	0.281774	9.00
56.1	0.282072	0.000016	0.000592	0.000008	823	-24.74648754	0.282063	-6.90	0.282629	2102	0.281684	8.56
60.1	0.280884	0.000017	0.000453	0.000004	2444	-66.75646157	0.280863	-12.76	0.281427	3719	0.280457	2.56
62.1	0.281794	0.000026	0.000644	0.000003	1373	-34.58531362	0.281777	-4.71	0.282225	2388	0.281470	7.51
63.1	0.282082	0.000019	0.000531	0.000003	1006	-24.38912558	0.282072	-2.49	0.282495	1965	0.281787	9.06
64.1	0.281665	0.000015	0.000237	0.000019	1784	-39.14209942	0.281657	0.34	0.281921	2384	0.281473	7.53
66.1	0.281971	0.000023	0.000910	0.000002	983	-28.30914236	0.281955	-7.17	0.282512	2243	0.281578	8.04
68.1	0.281945	0.000017	0.000738	0.000005	802	-29.23355474	0.281934	-11.94	0.282644	2403	0.281459	7.46
74.1	0.281703	0.000017	0.000776	0.000042	1787	-37.81562752	0.281676	1.09	0.281918	2338	0.281507	7.70
75.1	0.280883	0.000020	0.000402	0.000003	2550	-66.79851726	0.280864	-10.30	0.281347	3646	0.280513	2.84
76.1	0.281879	0.000025	0.002539	0.000109	1517	-31.57242921	0.281806	-0.42	0.282119	2227	0.281590	8.10
77.1	0.282106	0.000025	0.000584	0.000007	1245	-23.53750744	0.282093	3.60	0.282319	1761	0.281938	9.79
78.1	0.282086	0.000023	0.000646	0.000003	989	-24.27481058	0.282074	-2.83	0.282507	1973	0.281781	9.03
79.1	0.282547	0.000031	0.001395	0.000009	678	-7.942960829	0.282530	6.39	0.282734	1145	0.282393	12.00
86.1	0.281528	0.000024	0.001573	0.000017	1942	-43.98771872	0.281470	-2.70	0.281803	2699	0.281235	6.37



**AMOSTRA NESG 1447 – LA-ICPMS - U-Pb em zircão**

Análise	207/235	1sigma	206/238	1 sigma	erro corr.	238/206	1 sigma	207/206	1 sigma	208/206	1 sigma	T206/238	1 sigma	T207/235	1 sigma	T207/206	1 sigma	Concord.	
																		206/238	206/238
27.1	0.9469	0.0086	0.1094	0.0008	0.77	9.1384	0.0638	0.0618	0.0005	0.0118	0.0019	0.669	0.004	0.676	0.004	0.661	0.016	99	101
28.1	3.0551	0.0867	0.2013	0.0038	0.66	4.9689	0.0936	0.1062	0.0013	0.1319	0.0149	1.182	0.020	1.422	0.021	1.740	0.021	83	68
29.1	0.8154	0.0088	0.0988	0.0005	0.46	10.1195	0.0503	0.0605	0.0007	-0.0012	0.0025	0.607	0.003	0.605	0.005	0.615	0.025	100	99
30.1	0.8371	0.0102	0.0996	0.0014	0.99	10.0397	0.1373	0.0607	0.0009	0.0104	0.0144	0.612	0.008	0.618	0.006	0.623	0.032	99	98
31.1	0.8357	0.0123	0.1015	0.0009	0.63	9.8503	0.0912	0.0608	0.0004	0.0638	0.0088	0.623	0.006	0.617	0.007	0.625	0.016	101	100
32.1	0.8254	0.0092	0.0993	0.0010	0.92	10.0680	0.1027	0.0604	0.0004	0.0014	0.0009	0.610	0.006	0.611	0.005	0.611	0.015	100	100
33.1	4.1004	0.0481	0.2568	0.0023	0.76	3.8945	0.0346	0.1229	0.0013	0.2526	0.0309	1.473	0.012	1.654	0.010	1.998	0.019	89	74
34.1	0.8873	0.0059	0.1030	0.0004	0.66	9.7067	0.0423	0.0626	0.0005	0.0125	0.0019	0.632	0.003	0.645	0.003	0.691	0.016	98	92





**AMOSTRA NESG 1552 – LA-ICPMS - U-Pb em zircão**

spot	207/235	1sigma	206/238	1		238/206	1		207/206	1		208/206	1		T206/238	1		T207/235	1		Concord.	
				sigma	erro corr.		sigma	erro corr.		sigma	erro corr.		sigma	erro corr.		sigma	erro corr.		206/238	206/238		
39.1	1.0935	0.0130	0.1234	0.0011	0.7599	8.1010	0.0734	0.0645	0.0004	0.2955	0.0836	0.750	0.006	0.750	0.006	0.752	0.015	100	100			
39.2	0.7972	0.0115	0.0944	0.0010	0.7021	10.5886	0.1068	0.0619	0.0005	0.1141	0.0333	0.582	0.006	0.595	0.006	0.664	0.017	98	88			
40.1	0.7629	0.0132	0.0935	0.0009	0.5883	10.6986	0.1087	0.0594	0.0008	0.0049	0.0044	0.576	0.006	0.576	0.008	0.575	0.028	100	100			

**AMOSTRA NESG 1552 – LA-ICPMS – Lu-Hf em zircão**

spot	176Hf/177Hf	± 2 se	176Lu/177Hf	± 2 se	U-Pb Age (T1)	e Hf(0)	176/177 am	eHf(t1)	176/177DM	T DM (2)	176/177DM	eHf(tdm)
1.1	0.282447	0.000022	0.001595	0.000018	708	-11.49972928	0.282426	3.38	0.282713	1361	0.282234	11.23
3.1	0.281944	0.000028	0.001640	0.000055	789	-29.28261997	0.281920	-12.74	0.282653	2443	0.281428	7.31
4.1	0.282496	0.000026	0.000632	0.000010	672	-9.771596242	0.282488	4.78	0.282739	1244	0.282321	11.65
5.1	0.282159	0.000025	0.002113	0.000015	969	-21.68807573	0.282120	-1.62	0.282522	1881	0.281849	9.36
6.1	0.282085	0.000018	0.001340	0.000007	791	-24.28750477	0.282065	-7.54	0.282652	2117	0.281672	8.50
7.1	0.281701	0.000022	0.001778	0.000013	823	-37.85894113	0.281674	-20.69	0.282629	2965	0.281034	5.39
8.1	0.282003	0.000024	0.001144	0.000008	805	-27.19404509	0.281986	-10.05	0.282642	2286	0.281546	7.89
9.1	0.282015	0.000020	0.001179	0.000008	1298	-26.76445417	0.281986	1.02	0.282280	1967	0.281785	9.05
10.1	0.281971	0.000027	0.001294	0.000025	822	-28.3410459	0.281951	-10.91	0.282629	2354	0.281495	7.64
11.4	0.282501	0.000023	0.000046	0.000007	616	-9.581316711	0.282501	3.99	0.282780	1251	0.282315	11.62
12.1	0.281892	0.000027	0.001062	0.000045	788	-31.12005911	0.281876	-14.30	0.282654	2540	0.281355	6.96
13.1	0.281799	0.000021	0.001582	0.000010	809	-34.42458559	0.281774	-17.44	0.282639	2752	0.281195	6.18
14.1	0.281892	0.000023	0.001138	0.000005	819	-31.1123695	0.281875	-13.67	0.282632	2524	0.281367	7.02
15.1	0.281907	0.000025	0.001471	0.000027	801	-30.58142039	0.281885	-13.70	0.282645	2512	0.281376	7.06
15.2	0.281977	0.000022	0.001584	0.000045	788	-28.13089974	0.281953	-11.58	0.282654	2369	0.281484	7.58
16.1	0.281900	0.000020	0.000478	0.000007	790	-30.85304127	0.281892	-13.68	0.282653	2503	0.281383	7.09
18.1	0.281385	0.000024	0.001404	0.000055	2111	-49.05498893	0.281328	-3.87	0.281677	2903	0.281081	5.62
19.1	0.281727	0.000020	0.001343	0.000031	995	-36.96367608	0.281702	-15.87	0.282503	2798	0.281160	6.00



AMOSTRA NESG 1552 – LA-ICPMS – Lu-Hf em zircão

spot	176Hf/177Hf	± 2 se	176Lu/177Hf	± 2 se	U-Pb Age (T1)	e Hf(0)	176/177 am	eHf(t1)	176/177DM	T DM (2)	176/177DM	eHf(tdm)
20.1	0.282010	0.000026	0.001125	0.000016	768	-26.94864018	0.281994	-10.59	0.282669	2291	0.281542	7.87
21.1	0.281966	0.000024	0.000865	0.000009	776	-28.48765372	0.281954	-11.82	0.282663	2375	0.281479	7.56
22.1	0.281993	0.000024	0.001215	0.000005	810	-27.53849613	0.281975	-10.32	0.282638	2307	0.281530	7.81
23.1	0.281990	0.000019	0.000688	0.000011	1146	-27.65869505	0.281975	-2.80	0.282392	2092	0.281691	8.59
26.2	0.282111	0.000026	0.000808	0.000018	707	-23.36085011	0.282101	-8.15	0.282713	2091	0.281692	8.60
29.1	0.281916	0.000023	0.001370	0.000031	794	-30.27945312	0.281895	-13.49	0.282650	2494	0.281390	7.13
31.1	0.282039	0.000017	0.001219	0.000010	767	-25.90758447	0.282022	-9.61	0.282670	2229	0.281589	8.09
32.1	0.281504	0.000020	0.001116	0.000039	1976	-44.85148311	0.281462	-2.22	0.281778	2694	0.281239	6.39
33.2	0.282487	0.000032	0.000681	0.000026	601	-10.0907347	0.282479	2.89	0.282790	1309	0.282272	11.42
34.1	0.282153	0.000022	0.001970	0.000069	956	-21.88179324	0.282118	-2.00	0.282531	1895	0.281839	9.31
35.1	0.281910	0.000023	0.001158	0.000004	983	-30.47187734	0.281889	-9.50	0.282512	2390	0.281468	7.51
37.2	0.281965	0.000026	0.000452	0.000001	1189	-28.54076805	0.281955	-2.55	0.282361	2110	0.281678	8.53
38.2	0.281853	0.000020	0.001408	0.000006	840	-32.49889333	0.281831	-14.75	0.282616	2608	0.281304	6.71
39.1	0.282308	0.000068	0.001172	0.000051	750	-16.42608034	0.282291	-0.46	0.282682	1637	0.282030	10.24

## AMOSTRA NESG-1288-1 – MUSCOVITA

Análise	C4 MS 1 _M	C4 MS 2 _M	C1 MS1 _M	C1 MS1.2 _M	C1 MS2 _M	C1 MS2.2 _M	C2 MS 1 _M	C2 MS 2 _M
SiO2	46.17	46.40	46.95	46.38	46.00	46.32	46.52	46.93
TiO2	1.00	1.10	0.72	0.81	1.05	1.09	0.92	0.67
Al2O3	34.23	33.73	34.35	33.95	33.88	33.73	33.67	34.19
FeO	1.91	2.06	2.02	2.00	2.09	2.09	2.05	2.23
MnO	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
MgO	0.80	0.94	0.87	0.90	0.92	0.98	0.98	0.92
CaO	0.04	0.00	0.05	0.02	0.00	0.00	0.05	0.01
Na2O	1.39	1.22	1.32	1.34	1.34	1.23	1.30	1.25
K2O	8.93	9.00	8.83	9.10	8.97	9.07	8.93	8.80
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
Cr2O3	0.05	0.01	0.05	0.03	0.03	0.00	0.03	0.00
H2O*	4.48	4.47	4.52	4.47	4.46	4.47	4.47	4.51
Subtotal	99.00	98.92	99.67	98.99	98.75	98.98	98.93	99.50
O=F,Cl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	99.00	98.92	99.67	98.99	98.75	98.98	98.93	99.50
Si	6.1824	6.2196	6.2327	6.2158	6.1836	6.2096	6.2339	6.2430
Al iv	1.8176	1.7804	1.7673	1.7842	1.8164	1.7904	1.7661	1.7570
Al vi	3.5850	3.5482	3.6084	3.5782	3.5519	3.5398	3.5523	3.6043
Ti	0.1003	0.1105	0.0714	0.0812	0.1064	0.1099	0.0929	0.0669
Cr	0.0053	0.0013	0.0051	0.0031	0.0032	0.0000	0.0029	0.0000
Fe	0.2138	0.2308	0.2247	0.2237	0.2351	0.2341	0.2300	0.2476
Mn	0.0000	0.0000	0.0008	0.0000	0.0000	0.0000	0.0011	0.0000
Mg	0.1601	0.1868	0.1714	0.1798	0.1839	0.1963	0.1952	0.1814
Ca	0.0057	0.0000	0.0067	0.0024	0.0000	0.0000	0.0072	0.0011
Na	0.3617	0.3168	0.3395	0.3482	0.3492	0.3203	0.3365	0.3232
K	1.5245	1.5380	1.4945	1.5553	1.5381	1.5503	1.5255	1.4928
OH*	4.0000	4.0000	4.0000	4.0000	4.0000	3.9998	3.9982	4.0000
F	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Cl	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0018	0.0000
TOTAL	17.9564	17.9324	17.9225	17.9720	17.9679	17.9507	17.9436	17.9174

## AMOSTRA NESG-1288-1 – MUSCOVITA

Análise	C3 MS 1 _M	C3 MS 2 _M	C5 MS1 4 _N	C5 MS1 2 _N
SiO2	46.37	46.57	45.19	45.65
TiO2	0.89	0.71	0.12	0.16
Al2O3	33.73	34.23	33.99	34.04
FeO	1.98	1.90	3.88	3.55
MnO	0.00	0.00	0.01	0.01
MgO	0.96	0.81	0.79	0.99
CaO	0.00	0.00	0.02	0.02
Na2O	1.30	1.31	0.56	0.53
K2O	9.05	9.18	10.17	10.36
F	0.00	0.00		
Cl	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr2O3	0.03	0.05	0.00	0.05
H2O*	4.47	4.49	4.42	4.45
<b>Subtotal</b>	<b>98.79</b>	<b>99.24</b>	<b>99.14</b>	<b>99.80</b>
O=F,Cl	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Total</b>	<b>98.79</b>	<b>99.24</b>	<b>99.14</b>	<b>99.80</b>
Si	6.2251	6.2202	6.1319	6.1474
Al iv	1.7749	1.7798	1.8681	1.8526
Al vi	3.5623	3.6100	3.5685	3.5506
Ti	0.0901	0.0715	0.0117	0.0157
Cr	0.0035	0.0055	0.0000	0.0056
Fe	0.2224	0.2125	0.4406	0.3994
Mn	0.0000	0.0000	0.0010	0.0007
Mg	0.1917	0.1603	0.1604	0.1981
Ca	0.0004	0.0000	0.0022	0.0033
Na	0.3392	0.3383	0.1476	0.1394
K	1.5491	1.5633	1.7596	1.7788
OH*	3.9998	4.0000	4.0000	4.0000
F	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Cl	0.0002	0.0000	0.0000	0.0000
<b>TOTAL</b>	<b>17.9587</b>	<b>17.9614</b>	<b>18.0917</b>	<b>18.0916</b>
Y total	4.0699	4.0598	4.1823	4.1701
X total	1.8887	1.9015	1.9094	1.9215
Al total	5.34	5.39	5.44	5.40
Fe/Fe+Mg	0.54	0.57	0.73	0.67
Al#	0.90	0.91	0.86	0.86

**AMOSTRA NESG-1002 – MUSCOVITAS**

Análise <sup>1</sup>	C5 MS 1 _M	C5 MS 3 _M	C5 MS 2 _M	C4 MS 2 _M	C4 MS 1 _M	C4 MS 3 _M	C3 MS 1 _M	C3 MS 2 _M
SiO2	46.37	47.07	46.89	45.68	46.76	46.22	46.71	46.91
TiO2	0.59	0.97	0.76	0.84	1.16	1.11	0.72	1.15
Al2O3	35.57	34.74	34.99	34.97	34.58	34.40	35.10	34.44
FeO	1.03	1.24	1.29	1.20	1.22	1.06	1.14	1.04
MnO	0.01	0.01	0.05	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00
MgO	0.66	0.91	0.88	0.76	0.91	0.87	0.80	0.82
CaO	0.01	0.00	0.00	0.02	0.01	0.03	0.00	0.02
Na2O	1.04	1.20	1.26	1.25	1.28	1.16	1.34	1.27
K2O	9.31	9.27	9.05	8.79	9.12	8.92	9.20	9.31
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
Cr2O3	0.01	0.08	0.01	0.03	0.01	0.01	0.10	0.01
H2O*	4.51	4.54	4.53	4.45	4.52	4.47	4.52	4.52
Subtotal	99.09	100.03	99.72	97.98	99.56	98.26	99.64	99.47
O=F,Cl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	99.09	100.03	99.72	97.98	99.56	98.26	99.64	99.47
Si	6.1701	6.2160	6.2059	6.1490	6.2030	6.2013	6.1903	6.2272
Al iv	1.8299	1.7840	1.7941	1.8510	1.7970	1.7987	1.8097	1.7728
Al vi	3.7491	3.6237	3.6636	3.6966	3.6094	3.6413	3.6740	3.6159
Ti	0.0594	0.0967	0.0758	0.0848	0.1154	0.1117	0.0722	0.1151
Cr	0.0015	0.0080	0.0006	0.0028	0.0013	0.0008	0.0103	0.0007
Fe	0.1141	0.1366	0.1431	0.1354	0.1354	0.1184	0.1265	0.1151
Mn	0.0008	0.0010	0.0056	0.0000	0.0000	0.0027	0.0000	0.0000
Mg	0.1309	0.1797	0.1740	0.1519	0.1794	0.1734	0.1581	0.1621
Ca	0.0009	0.0000	0.0004	0.0022	0.0009	0.0045	0.0000	0.0030
Na	0.2676	0.3062	0.3238	0.3255	0.3293	0.3010	0.3438	0.3262
K	1.5795	1.5611	1.5280	1.5090	1.5429	1.5267	1.5554	1.5759
OH*	4.0000	4.0000	4.0000	4.0000	3.9989	4.0000	3.9996	3.9991
F	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Cl	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0011	0.0000	0.0004	0.0009
TOTAL	17.9037	17.9131	17.9150	17.9082	17.9138	17.8805	17.9402	17.9140
Y total	4.0558	4.0458	4.0628	4.0716	4.0408	4.0483	4.0410	4.0089
X total	1.8479	1.8673	1.8523	1.8366	1.8730	1.8322	1.8992	1.9050
Al total	5.5790	5.4077	5.4577	5.5476	5.4063	5.4400	5.4837	5.3886
Fe/Fe+Mg	0.4656	0.4319	0.4513	0.4713	0.4301	0.4057	0.4445	0.4153
Mg#	0.5344	0.5681	0.5487	0.5287	0.5699	0.5943	0.5555	0.5847
Al#	0.9387	0.9197	0.9203	0.9279	0.9198	0.9258	0.9281	0.9288

## AMOSTRA NESG-1002 – MUSCOVITAS

Análise	C3 MS 3 _M	C3 MS 4 _M	C2 MS 1 _M	C2 MS 2 _M	C6 MS1 _M	C6 MS3 _M
SiO2	46.50	46.90	46.76	46.66	46.47	46.60
TiO2	1.21	1.12	0.93	1.13	1.18	1.11
Al2O3	34.48	34.58	35.17	34.67	34.57	34.89
FeO	1.41	1.12	1.09	1.23	1.10	1.13
MnO	0.02	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00
MgO	1.10	0.83	0.83	0.89	0.88	0.89
CaO	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01
Na2O	1.21	1.22	1.15	1.21	1.23	1.35
K2O	9.06	9.20	8.88	8.98	8.96	9.06
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cl	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00
Cr2O3	0.00	0.03	0.02	0.07	0.13	0.07
H2O*	4.51	4.52	4.52	4.51	4.50	4.53
Subtotal	99.51	99.52	99.40	99.36	99.02	99.64
O=F,Cl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	99.51	99.52	99.39	99.36	99.02	99.64
Si	6.1788	6.2195	6.1941	6.1968	6.1917	6.1754
Al iv	1.8212	1.7805	1.8059	1.8032	1.8083	1.8246
Al vi	3.5789	3.6248	3.6860	3.6239	3.6205	3.6257
Ti	0.1208	0.1115	0.0923	0.1131	0.1178	0.1106
Cr	0.0000	0.0033	0.0018	0.0072	0.0133	0.0070
Fe	0.1571	0.1239	0.1202	0.1365	0.1230	0.1255
Mn	0.0025	0.0000	0.0026	0.0000	0.0000	0.0000
Mg	0.2173	0.1647	0.1637	0.1754	0.1748	0.1754
Ca	0.0000	0.0014	0.0017	0.0011	0.0000	0.0013
Na	0.3112	0.3142	0.2962	0.3105	0.3180	0.3479
K	1.5361	1.5560	1.5011	1.5208	1.5222	1.5319
OH*	4.0000	4.0000	3.9971	3.9984	3.9991	4.0000
F	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Cl	0.0000	0.0000	0.0029	0.0016	0.0009	0.0000
TOTAL	17.9240	17.8998	17.8655	17.8886	17.8895	17.9252
Y total	4.0766	4.0282	4.0665	4.0561	4.0494	4.0442
X total	1.8474	1.8716	1.7990	1.8325	1.8402	1.8811
Al total	5.4001	5.4053	5.4919	5.4271	5.4287	5.4502
Fe/Fe+Mg	0.4197	0.4293	0.4234	0.4376	0.4131	0.4170
Mg#	0.5803	0.5707	0.5766	0.5624	0.5869	0.5830
Al#	0.9053	0.9263	0.9285	0.9208	0.9240	0.9234

AMOSTRA NESG-1002 - CLORITA				AMOSTRA NESG 1288 - CLORITA	
Analise	C5 CL 1 _M	C5 CL 2 _M	C1 VCL 3 _B	Analise	C5 CL1 3 _N
SiO2	25.152	25.912	24.479	SiO2	24.479
TiO2	0.048	0.04	0.016	TiO2	0.012
Al2O3	24.734	23.864	22.899	Al2O3	23.274
FeO	22.181	22.706	32.244	FeO	25.971
MnO	0.004	0.013	0.144	MnO	0.11
MgO	16.798	18.014	11.326	MgO	15.593
CaO	0.001	0	0	CaO	0.047
Na2O	0.064	0.006	0.026	Na2O	0.097
K2O	0.053	0	0.016	K2O	0.016
F	0.068	0.068	0	F	0.132
Cl	0.008	0.001	0.001	O	22
Cr2O3	0.026	0.013	0.052	Si	3.9731
No. of oxygens	22	22	22	Ti	0.0015
Si	4.0114	4.0701	4.0328	Al	4.4525
Ti	0.0058	0.0047	0.0020	Fe3+	0.0000
Al	4.6496	4.4183	4.4467	Fe2+	3.5253
Cr	0.0033	0.0016	0.0068	Mn	0.0151
Fe3+	0.0000	0.0000	0.0000	Mg	3.7727
Fe2+	2.9585	2.9828	4.4426	Ca	0.0082
Mn	0.0005	0.0017	0.0201	Na	0.0305
Mg	3.9936	4.2180	2.7815	K	0.0033
Ca	0.0002	0.0000	0.0000	F	0.0678
Na	0.0198	0.0018	0.0083	Cl	0.0000
K	0.0108	0.0000	0.0034	Total	15.8500
F	0.0343	0.0338	0.0000		
Cl	0.0022	0.0003	0.0003		
Total	15.6899	15.7331	15.7444		

## AMOSTRA NESG-1002 - BIOTITA

Analise	C5 BIO 1 _M	C5 BIO 2 _M	C1 BIO 1 _B	C1 BIO 2 _B	C1 BIO 5 _B	C1 BIO 7 _B	C1 BIO 8 _B	C1 BIO11 _B	C1 BIO12 _B
SiO2	36.892	37.278	36.312	36.403	36.583	36.853	36.087	37.369	37.433
TiO2	2.298	1.897	1.686	1.556	1.83	2.605	1.544	1.859	2.36
Al2O3	18.875	19.342	19.425	19.296	19.089	19.687	19.657	19.316	19.476
FeO	17.519	16.293	19.205	18.449	17.185	15.615	17.276	16.537	15.299
MnO	0.078	0.023	0.071	0	0.021	0.008	0	0	0.031
MgO	11.887	11.86	9.991	10.995	11.619	12.345	11.936	12.248	12.807
CaO	0.01	0	0.042	0.05	0.011	0.029	0.046	0.009	0
Na2O	0.264	0.22	0.191	0.152	0.317	0.347	0.219	0.338	0.329
K2O	8.733	8.764	8.739	8.668	8.671	8.541	8.269	8.789	8.467
F	0.301	0.404	0.279	0.385	0.331	0.227	0.354	0.339	0.249
Cl	0	0	0	0.001	0	0	0	0.002	0.008
Cr2O3	0.015	0.126	0.054	0.033	0.055	0.021	0.008	0.072	0.035
Li2O*	1.04	1.15	0.87	0.90	0.95	1.02	0.80	1.17	1.19
H2O*	3.97	3.93	3.91	3.87	3.91	4.03	3.88	3.99	4.05
Subtotal	101.88	101.28	100.77	100.75	100.57	101.33	100.08	102.04	101.73
O=F,Cl	0.13	0.17	0.12	0.16	0.14	0.10	0.15	0.14	0.11
Total	101.75	101.11	100.65	100.59	100.43	101.24	99.94	101.89	101.63
Si	5.3754	5.4244	5.3928	5.3875	5.3943	5.3410	5.3406	5.4030	5.3854
Al iv	2.6246	2.5756	2.6072	2.6125	2.6057	2.6590	2.6594	2.5970	2.6146
Al vi	0.6171	0.7418	0.7931	0.7536	0.7121	0.7040	0.7696	0.6948	0.6880
Ti	0.2518	0.2076	0.1883	0.1732	0.2029	0.2839	0.1718	0.2021	0.2553
Cr	0.0017	0.0145	0.0063	0.0039	0.0064	0.0024	0.0009	0.0082	0.0040
Fe	2.1348	1.9828	2.3854	2.2835	2.1193	1.8926	2.1383	1.9996	1.8408
Mn	0.0096	0.0028	0.0089	0.0000	0.0026	0.0010	0.0000	0.0000	0.0038
Mg	2.5819	2.5726	2.2119	2.4257	2.5540	2.6670	2.6332	2.6398	2.7466
Li*	0.6071	0.6712	0.5194	0.5331	0.5618	0.5974	0.4792	0.6821	0.6893
Ca	0.0016	0.0000	0.0067	0.0079	0.0017	0.0045	0.0073	0.0014	0.0000
Na	0.0746	0.0621	0.0550	0.0436	0.0906	0.0975	0.0628	0.0948	0.0918
K	1.6231	1.6266	1.6554	1.6363	1.6309	1.5789	1.5609	1.6209	1.5537
OH*	3.8613	3.8141	3.8690	3.8195	3.8456	3.8960	3.8343	3.8445	3.8848
F	0.1387	0.1859	0.1310	0.1802	0.1544	0.1040	0.1657	0.1550	0.1133
Cl	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0020
TOTAL	19.9034	19.8820	19.8305	19.8608	19.8823	19.8292	19.8241	19.9437	19.8734
Y total	6.2042	6.1933	6.1134	6.1730	6.1591	6.1484	6.1930	6.2267	6.2279
X total	1.6992	1.6887	1.7171	1.6878	1.7232	1.6809	1.6311	1.7170	1.6455
Al total	3.2417	3.3174	3.4004	3.3661	3.3177	3.3630	3.4289	3.2918	3.3027
Fe/Fe+Mg	0.4526	0.4353	0.5189	0.4849	0.4535	0.4151	0.4481	0.4310	0.4013

## AMOSTRA NESG-1002 - BIOTITA

Analise	C1 BIO13 _B	C4 BIO 1 _M	C4 BIO 2 _M	C4 BIO 3 _M	C4 BIO4 _M	C3 BIO 1 _M	C3 BIO 2 _M	C3 BIO 3 _M	C2 BIO 1 _N
SiO2	36.545	35.416	36.42	36.491	35.918	36.314	36.388	36.811	37.149
TiO2	1.794	1.767	1.919	1.946	1.958	2.017	1.938	1.952	2.086
Al2O3	19.549	19.144	19.324	19.04	19.053	19.113	19.385	19.222	19.394
FeO	17.341	16.423	16.809	17.286	17.111	17.211	16.837	16.992	15.239
MnO	0.077	0.009	0.029	0.001	0.015	0.025	0.017	0.047	0
MgO	12.308	11.734	12.066	12.139	11.883	11.779	12.036	11.988	12.887
CaO	0.03	0.013	0.034	0.028	0.026	0.026	0	0.053	0.017
Na2O	0.284	0.227	0.322	0.231	0.28	0.246	0.255	0.297	0.446
K2O	8.417	8.598	8.51	8.701	8.492	8.394	8.609	8.531	8.418
F	0.322	0.244	0.302	0.33	0.421	0.319	0.331	0.314	0.315
Cl	0	0.03	0.002	0	0.004	0.008	0	0	0
Cr2O3	0.002	0.069	0.042	0.066	0.069	0	0.048	0.062	0.139
Li2O*	0.94	0.61	0.90	0.92	0.76	0.87	0.89	1.01	1.11
H2O*	3.96	3.85	3.93	3.93	3.83	3.90	3.92	3.95	3.99
Subtotal	101.56	98.13	100.61	101.11	99.81	100.22	100.66	101.24	101.19
O=F,Cl	0.14	0.11	0.13	0.14	0.18	0.14	0.14	0.13	0.13
Total	101.43	98.02	100.49	100.97	99.64	100.09	100.52	101.10	101.06
Si	5.3305	5.3512	5.3560	5.3570	5.3456	5.3691	5.3516	5.3789	5.3805
Al iv	2.6695	2.6488	2.6440	2.6430	2.6544	2.6309	2.6484	2.6211	2.6195
Al vi	0.6915	0.7607	0.7056	0.6517	0.6879	0.6999	0.7119	0.6895	0.6914
Ti	0.1968	0.2008	0.2122	0.2149	0.2192	0.2243	0.2144	0.2145	0.2272
Cr	0.0002	0.0082	0.0049	0.0077	0.0081	0.0000	0.0056	0.0072	0.0159
Fe	2.1154	2.0753	2.0674	2.1223	2.1298	2.1282	2.0709	2.0765	1.8459
Mn	0.0095	0.0012	0.0036	0.0001	0.0019	0.0031	0.0021	0.0058	0.0000
Mg	2.6762	2.6430	2.6451	2.6565	2.6363	2.5961	2.6387	2.6112	2.7824
Li*	0.5494	0.3722	0.5327	0.5438	0.4528	0.5174	0.5273	0.5952	0.6465
Ca	0.0047	0.0021	0.0054	0.0044	0.0041	0.0041	0.0000	0.0083	0.0026
Na	0.0803	0.0665	0.0918	0.0658	0.0808	0.0705	0.0727	0.0841	0.1253
K	1.5660	1.6571	1.5963	1.6293	1.6121	1.5830	1.6150	1.5900	1.5552
OH*	3.8515	3.8757	3.8590	3.8468	3.8008	3.8488	3.8460	3.8549	3.8557
F	0.1485	0.1166	0.1405	0.1532	0.1982	0.1492	0.1540	0.1451	0.1443
Cl	0.0000	0.0077	0.0005	0.0000	0.0010	0.0020	0.0000	0.0000	0.0000
TOTAL	19.8899	19.7870	19.8649	19.8964	19.8329	19.8267	19.8586	19.8824	19.8923
Y total	6.2389	6.0613	6.1715	6.1969	6.1359	6.1691	6.1709	6.2000	6.2093
X total	1.6510	1.7257	1.6935	1.6994	1.6970	1.6577	1.6877	1.6825	1.6830
Al total	3.3610	3.4095	3.3496	3.2946	3.3423	3.3309	3.3604	3.3106	3.3109
Fe/Fe+Mg	0.4415	0.4398	0.4387	0.4441	0.4469	0.4505	0.4397	0.4430	0.3988



## AMOSTRA NESG-1002 - BIOTITA

Analise	C2 BIO 2 _N	C2 BIO 3 _M	C2 BIO 4 _M	C6 BIO2 _M	C6 BIO4 _M	C6 BIO5 _M
SiO2	36.925	36.6	34.86	36.328	36.44	44.88
TiO2	1.988	1.646	1.781	1.907	1.945	1.132
Al2O3	19.366	19.159	19.583	19.224	19.636	34.347
FeO	15.118	16.759	17.25	16.649	16.845	1.073
MnO	0.045	0.064	0.032	0.046	0.027	0.008
MgO	12.788	12.274	12.152	11.99	11.666	0.827
CaO	0.066	0.038	0.092	0.039	0.102	0
Na2O	0.434	0.153	0.373	0.407	0.241	1.228
K2O	8.347	8.566	8.066	8.28	8.59	8.746
F	0.336	0.4	0.218	0.234	0.367	0
Cl	0.006	0	0.008	0	0	0
Cr2O3	0.045	0.068	0.039	0.039	0	0.029
Li2O*	1.05	0.95	0.45	0.87	0.91	3.33
H2O*	3.95	3.89	3.88	3.95	3.91	4.57
Subtotal	100.46	100.57	98.78	99.96	100.67	100.17
O=F,Cl	0.14	0.17	0.09	0.10	0.15	0.00
Total	100.32	100.40	98.69	99.87	100.52	100.17
Si	5.3871	5.3836	5.2474	5.3685	5.3564	5.8833
Al iv	2.6129	2.6164	2.7526	2.6315	2.6436	2.1167
Al vi	0.7173	0.7054	0.7219	0.7171	0.7585	3.1905
Ti	0.2181	0.1821	0.2016	0.2119	0.2150	0.1116
Cr	0.0052	0.0079	0.0046	0.0046	0.0000	0.0030
Fe	1.8446	2.0617	2.1716	2.0577	2.0708	0.1176
Mn	0.0056	0.0080	0.0041	0.0058	0.0034	0.0009
Mg	2.7812	2.6913	2.7268	2.6413	2.5563	0.1616
Li*	0.6135	0.5633	0.2742	0.5196	0.5358	1.7550
Ca	0.0103	0.0060	0.0148	0.0062	0.0161	0.0000
Na	0.1228	0.0436	0.1089	0.1166	0.0687	0.3121
K	1.5533	1.6072	1.5487	1.5607	1.6106	1.4624
OH*	3.8435	3.8139	3.8942	3.8906	3.8294	4.0000
F	0.1550	0.1861	0.1038	0.1094	0.1706	0.0000
Cl	0.0015	0.0000	0.0020	0.0000	0.0000	0.0000
TOTAL	19.8718	19.8765	19.7772	19.8414	19.8351	19.1148
Y total	6.1855	6.2197	6.1048	6.1579	6.1398	5.3402
X total	1.6864	1.6568	1.6724	1.6835	1.6953	1.7745
Al total	3.3302	3.3218	3.4745	3.3486	3.4021	5.3071
Fe/Fe+Mg	0.3988	0.4338	0.4433	0.4379	0.4475	0.4213

**AMOSTRA NESG-1288 - BIOTITA**

Analise	C5 BIO 1 _N	C5 BIO2 1 _N	C1 BIO2 _M	C1 BIO2.2 _M	C4 BIO 2 _M	C3 BIO 1 _M	C3 BIO 2 _M	C5 BIO6 _N
SiO2	32.427	35.793	35.94	36.042	36.053	36.444	36.515	36.666
TiO2	0.431	0.69	1.416	1.422	1.339	1.446	1.39	1.74
Al2O3	20.343	20.411	19.057	18.989	18.559	18.892	18.898	19.123
FeO	23.191	20.587	17.543	17.441	18.378	17.175	16.575	16.762
MnO	0.107	0.077	0.054	0.019	0.004	0.035	0.054	0.035
MgO	11.124	10.433	12.441	12.188	12.473	13.077	12.969	12.386
CaO	0.079	0.06	0.039	0.081	0.073	0.029	0.003	0.001
Na2O	0.147	0.094	0.174	0.3	0.181	0.292	0.337	0.306
K2O	5.724	6.376	8.01	8.408	7.882	8.426	8.719	8.504
F	0.338	0.404	0.276	0.474	0.385	0.373	0.493	0.372
Cl	0.002	0.007	0	0.016	0.012	0	0.004	0
Cr2O3	0.028	0	0.03	0	0	0.003	0.064	0.084
Subtotal	93.94	94.93	94.98	95.38	95.34	96.19	96.02	95.98
O=F,Cl	0.14	0.17	0.12	0.20	0.16	0.16	0.21	0.16
Total	93.80	94.76	94.86	95.18	95.17	96.03	95.81	95.82
Si	5.0435	5.4020	5.4037	5.4196	5.4259	5.4157	5.4374	5.4470
Al iv	2.9565	2.5980	2.5963	2.5804	2.5741	2.5843	2.5626	2.5530
Al vi	0.7729	1.0330	0.7810	0.7852	0.7182	0.7249	0.7544	0.7954
Ti	0.0504	0.0783	0.1601	0.1608	0.1516	0.1616	0.1557	0.1944
Cr	0.0034	0.0000	0.0036	0.0000	0.0000	0.0004	0.0075	0.0099
Fe	3.0166	2.5985	2.2059	2.1933	2.3132	2.1345	2.0642	2.0825
Mn	0.0141	0.0098	0.0069	0.0024	0.0005	0.0044	0.0068	0.0044
Mg	2.5791	2.3472	2.7884	2.7320	2.7983	2.8969	2.8789	2.7429
Ca	0.0132	0.0097	0.0063	0.0131	0.0118	0.0046	0.0005	0.0002
Na	0.0443	0.0275	0.0507	0.0875	0.0528	0.0841	0.0973	0.0881
K	1.1356	1.2274	1.5362	1.6126	1.5131	1.5971	1.6561	1.6114
OH*	3.8332	3.8054	3.8688	3.7705	3.8137	3.8247	3.7668	3.8252
F	0.1663	0.1928	0.1312	0.2254	0.1832	0.1753	0.2322	0.1748
Cl	0.0005	0.0018	0.0000	0.0041	0.0031	0.0000	0.0010	0.0000
TOTAL	19.6296	19.3316	19.5392	19.5869	19.5593	19.6085	19.6213	19.5292
Y total	6.4366	6.0670	5.9460	5.8737	5.9817	5.9227	5.8675	5.8295
X total	1.1931	1.2646	1.5932	1.7132	1.5777	1.6859	1.7539	1.6997
Al total	3.7294	3.6310	3.3773	3.3656	3.2922	3.3091	3.3170	3.3485
Fe/Fe+Mg	0.5391	0.5254	0.4417	0.4453	0.4525	0.4242	0.4176	0.4316

# AMOSTRA NESG-1288 - BIOTITA

Analise	C1 BIO1	C2 BIO 1	C5 BIO3 1	C4 BIO 1	C5 BIO7	C5 BIO5	C5 BIO 1	C2 BIO 2
	_M	_M	_N	_M	_N	_N	_N	_M
SiO2	36.726	36.765	36.795	36.806	36.965	37.371	37.708	46.676
TiO2	1.466	1.495	1.228	1.693	1.77	1.735	0.088	0.886
Al2O3	19.276	18.988	19.417	18.921	18.887	19.215	20.527	33.682
FeO	16.939	17.383	17.384	17.539	17.056	16.51	14.5	1.997
MnO	0.001	0.03	0	0.029	0.028	0.056	0	0
MgO	12.153	12.13	12.446	11.943	12.418	12.451	14.109	0.928
CaO	0.001	0.02	0	0.007	0.017	0.01	0.035	0.044
Na2O	0.245	0.289	0.388	0.332	0.311	0.421	0.313	1.289
K2O	8.598	8.487	8.676	8.69	8.56	8.538	8.472	9.184
F	0.349	0.462	0.398	0.369	0.493	0.385	0.458	0
Cl	0	0	0.011	0.015	0.002	0	0.005	0
Cr2O3	0.082	0.003	0.069	0.004	0.035	0.049	0.02	0.038
Subtotal	95.84	96.05	96.81	96.35	96.54	96.74	96.24	94.72
O=F,Cl	0.15	0.19	0.17	0.16	0.21	0.16	0.19	0.00
Total	95.69	95.86	96.64	96.19	96.33	96.58	96.04	94.72
Si	5.4651	5.4757	5.4383	5.4717	5.4724	5.4934	5.5023	6.2428
Al iv	2.5349	2.5243	2.5617	2.5283	2.5276	2.5066	2.4977	1.7572
Al vi	0.8462	0.8090	0.8209	0.7873	0.7682	0.8227	1.0329	3.5527
Ti	0.1641	0.1675	0.1365	0.1893	0.1971	0.1918	0.0097	0.0891
Cr	0.0096	0.0004	0.0081	0.0005	0.0041	0.0057	0.0023	0.0040
Fe	2.1081	2.1652	2.1488	2.1807	2.1117	2.0297	1.7695	0.2234
Mn	0.0001	0.0038	0.0000	0.0037	0.0035	0.0070	0.0000	0.0000
Mg	2.6959	2.6931	2.7422	2.6467	2.7405	2.7284	3.0690	0.1850
Ca	0.0002	0.0032	0.0000	0.0011	0.0027	0.0016	0.0055	0.0063
Na	0.0707	0.0835	0.1112	0.0957	0.0893	0.1200	0.0886	0.3343
K	1.6320	1.6123	1.6356	1.6478	1.6164	1.6009	1.5768	1.5668
OH*	3.8358	3.7824	3.8112	3.8227	3.7687	3.8210	3.7874	4.0000
F	0.1642	0.2176	0.1860	0.1735	0.2308	0.1790	0.2114	0.0000
Cl	0.0000	0.0000	0.0028	0.0038	0.0005	0.0000	0.0012	0.0000
TOTAL	19.5268	19.5379	19.6033	19.5527	19.5334	19.5077	19.5543	17.9616
Y total	5.8240	5.8389	5.8565	5.8081	5.8251	5.7853	5.8834	4.0543
X total	1.7028	1.6990	1.7468	1.7447	1.7084	1.7224	1.6709	1.9074
Al total	3.3810	3.3334	3.3826	3.3155	3.2957	3.3293	3.5305	5.3099
Fe/Fe+Mg	0.4388	0.4457	0.4393	0.4517	0.4352	0.4266	0.3657	0.5470

