



**DETERMINAÇÃO DE IDADES U-PB EM ZIRCÃO POR LA-ICP-MS NAS
ROCHAS METAVULCÂNICAS DA ANTIFORME CAPANÉ, COMPLEXO
METAMÓRFICO PORONGOS.**

Porto Alegre, 2013

CASSIANO BARZOTTI KOHLRAUSCH

**DETERMINAÇÃO DE IDADES U-PB EM ZIRCÃO POR LA-ICP-MS NAS
ROCHAS METAVULCÂNICAS DA ANTIFORME CAPANÉ, COMPLEXO
METAMÓRFICO PORONGOS.**

Trabalho de Conclusão de Curso de Geologia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Apresentado na forma de monografia, junto à disciplina Projeto Temático em Geologia III, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Geologia.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Juliana Charão Marques

Porto Alegre, 2013

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL**Reitor:** Carlos Alexandre Netto**Vice-Reitor:** Rui Vicente Oppermann**INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS****Diretor:** André Sampaio Mexias**Vice-Diretor:** Nelson Luiz Sambaqui Gruber

Kohlrausch, Cassiano Barzotti

Determinação de idades U-PB em zircão por LA-ICP-MS nas rochas metavulcânicas da Antiforme Capané, Complexo Metamórfico Porongos . / Cassiano Barzotti Kohlrausch. - Porto Alegre: IGEO/UFRGS, 2013.

[61 f.] il.

Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso).- Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Graduação em Geologia. Instituto de Geociências. Porto Alegre, RS - BR, 2013.

Orientador: Juliana Charão Marques

Coorientador:

1. Geocronologia. 2. U-Pb. 3. Metavulcânica. 4. Antiforme Capané. I. Título

CDU 55

Catálogo na Publicação

Biblioteca Instituto de Geociências - UFRGS

Veleida Ana Blank CRB 10/571

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova o Trabalho de Conclusão de Curso “**DETERMINAÇÃO DE IDADES U-PB EM ZIRCÃO POR LA-ICP-MS NAS ROCHAS METAVULCÂNICAS DA ANTIFORME CAPANÉ, COMPLEXO METAMÓRFICO PORONGOS**” elaborado por “**CASSIANO BARZOTTI KOHLRAUSCH**”, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Geologia.

Comissão Examinadora:

Prof (a). Dra. Carla Cristine Porcher

Prof. Dr. Carlos Augusto Sommer

Prof. Dr. Edinei Koester

AGRADECIMENTOS

Gostaria muito de agradecer em primeiro lugar meus pais, Carlos Pedro e Lidia, pelo apoio, carinho e pela cobrança de sempre fazer o meu melhor nas tarefas da graduação e da vida. E também agradecer as minhas cinco irmãs Dani, Adri, Carol, Fabi e Bibi por servirem como exemplo profissional e humano.

Agradeço também a Universidade Federal do Rio Grande do Sul e ao contribuinte, por me possibilitar cursar e, depois de seis anos, concluir esse curso de Geologia que muito me amadureceu, pelo apoio profissional do corpo docente, que me ensinou o que é geologia, e pelo apoio financeiro que possibilitou a produção desse trabalho.

Obrigado a minha orientadora, Juliana Charão Marques, pela oportunidade que me ofereceu, pela paciência e pelo tempo dispensado.

Agradecer aos professores José Carlos Frantz e Miguel Angelo Stipp Basei pelo privilégio da presença e do conhecimento passado no campo desse projeto. E ao colega Francisco Paulo Garcia, pela companhia e apoio no campo.

Ao CPGEO - Centro de Pesquisas Geocronológicas da USP, na pessoa do Prof. Miguel Basei, pelo acesso ao espectrômetro para determinação das idades. E ao Miguel também pelo auxílio na interpretação dos dados. E o apoio dos especialistas de laboratório Solange Lucena de Souza e Walter Maurício Sproesser.

Agradecer aos motoristas do Instituto de Geociências Armando, Adalto, Claudinho e Jarson, por nos carregar em suas caminhonetes campo afora possibilitando um aprendizado de campo, além de muitas risadas e experiência de vida.

Aos amigos/irmãos feitos ao longo dessa vida acadêmica, pela companhia em sala de aula, nos intervalos e nos momentos extracurso que possibilitaram muitas alegrias e histórias.

Um muito obrigado para minha então namorada (um dia esposa, quem sabe), Raphaela Menezes da Silveira, pelo apoio, carinho e conforto recebido desde o nosso início. Valeu Xu!

Muito obrigado a todos!

“Loucura? Sonho? Tudo é loucura ou sonho no começo. Nada do que o homem fez no mundo teve início de outra maneira, mas tantos sonhos se realizaram que não temos o direito de duvidar de nenhum.”

Monteiro Lobato

RESUMO

A área da Antiforme Capané, pertencente ao Complexo Metamórfico Porongos, possui uma grande variedade de litologias. É formada a partir de protólitos ígneos, que incluem rochas metavulcânicas félsicas, intermediárias a máficas, metagranitóides e gnaisses alcalinos, e por sequências metassedimentares. A Antiforme Capané hospeda ainda uma sequência metaultramáfica entendida como sendo lascas ofiolíticas. No projeto, busca-se a determinação das idades das rochas metavulcânicas destas sequências, onde dados geocronológicos ainda são escassos. Este projeto visa determinar as idades das rochas metavulcânicas utilizando a análise de isótopos de U-Pb em zircão, por LA-ICP-MS, para melhor compreender a evolução e posição estratigráfica dessa sequência metavulcânica na região da Antiforme Capané. Estas informações quando somadas as de outras unidades do Complexo Metamórfico Porongos serão fundamentais para o avanço do conhecimento da evolução tectônica e estratigráfica do complexo. Para o atendimento dos objetivos do projeto, foram realizadas atividades como trabalhos de campo, descrição de amostras, descrições petrográficas através de microscopia ótica, separação de zircões e determinação de idades U-Pb por LA-ICP-MS. As amostras para análise de isótopos de U-Pb seguiram um protocolo de preparação e separação mineral, seguida de uma investigação dos cristais de zircão por imagens em microscópio eletrônico de varredura, no qual foram obtidas imagens backscattering e catodoluminescência. As análises geocronológicas dos zircões das duas amostras da unidade metavulcânica foram obtidas através da determinação de isótopos de U e Pb por LA-ICP-MS (Laser Ablation Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry) no Centro de Pesquisas Geocronológicas da USP, seguido de redução dos dados. A partir dos resultados, espera-se contribuir para um melhor entendimento da evolução tectônica do Complexo Metamórfico Porongos na área da Antiforme Capané. Foram obtidas idades de cristalização das rochas metavulcânicas do flanco oeste da Antiforme Capané de 601 ± 2.6 Ma para as metavulcânicas ácidas a 578 ± 1.6 Ma para as metavulcânicas intermediárias. Indicando que estas foram formadas por um evento magmático mais recente e posteriormente acrescidas no Complexo.

Palavras-Chave: Rochas metavulcânicas, geocronologia U-Pb em zircão, Antiforme Capané, Complexo Metamórfico Porongos.

ABSTRACT

The area of Capané Antiform belonging to Porongos Metamorphic Complex, features a wide variety of lithologies. It is formed from igneous protoliths, including felsic, intermediate to mafic metavolcanic rocks, alkaline metagranitoids and gneisses, and metasedimentary sequences. The Capané Antiform still hosts a metaultramafic sequence understood as ophiolitic slivers. In the project, we seek to determine the ages of the metavolcanic rocks of these threads, where geochronological data are still scarce. This project aims to determine the ages of metavolcanic rocks using isotope analysis of U-Pb zircon by LA-ICP-MS, to better understand the evolution and stratigraphic position of this metavolcanic sequence in the Capané Antiform region. This information when added to other units of the Porongos Metamorphic Complex will be key to advancing knowledge of tectonic and stratigraphic evolution of the complex. To meet the goals of the project, activities such as field work, description of samples, petrographic descriptions by optical microscopy, separation and determination of zircon U-Pb ages by LA - ICP - MS were performed. Samples for isotope analysis of U-Pb followed a protocol preparation and mineral separation, followed by an investigation of zircons by images in the scanning electron microscope, which were obtained in backscattering and cathodoluminescence images. The geochronological analyzes of zircons from two samples of metavolcanic unit were obtained through the determination of U and Pb isotopes by LA - ICP - MS (Laser Ablation Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry) at the Center for Geochronological Research USP, followed by data reduction . From the results, we hope to contribute to a better understanding of the tectonic evolution of the Porongos Metamorphic Complex in the area of Capané Antiform. Crystallization ages of the metavolcanic rocks of the western flank of Capané Antiform of 601 ± 2.6 Ma for the acid to 578 ± 1.6 Ma for the intermediate metavolcanic were obtained. Indicating that they were formed by a later magmatic event and later added to the Complex.

Key words: Metavolcanic rocks, geochronology U-Pb zircon, Antiform Capané, Metamorphic Complex Porongos.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fluxograma projetual	14
Figura 2: Localização da área de estudo. A e B: Localização relativa à América do Sul e Rio Grande do Sul respectivamente. C: área de estudo em destaque com as principais vias de acesso. (Fonte: Google Earth).....	16
Figura 3: Esboço geológico do Complexo Metamórfico Porongos (Modificado de Gollmann, 2008)	19
Figura 4: Esboço geológico da Antiforme Capané. Extraído de Marques (1996)	22
Figura 5: Ilustração de cristal de zircão ($ZrSiO_4$) a esquerda e os átomos de Zr, U e Pb afim de comparar suas cargas e raios iônicos. Modificado de Kare Kullerud-webgeology	25
Figura 6: Série de decaimento radioativo do ^{238}U até o ^{206}Pb . Fonte: Revista eletrônica do Departamento de Química – UFSC, ano 2004.	26
Figura 7: Exemplo de um diagrama concórdia para a composição isotópica de um mineral hipotético. Fonte: Kare Kullerud – webgeology.....	27
Figura 8: Desenho esquemático de um espectrômetro de massa (Sato <i>et al.</i> , 2002)	28
Figura 9: (a) Afloramento de rocha metapelítica; (b) Metagranito com estiramento mineral.....	30
Figura 10: (a) Descrição de afloramento; (b) Coleta de amostra para separação de zircão para datação.	31
Figura 11: (a) Foto afloramento ponto CA-12; (b) Foto detalhe das rochas metavulcânicas ácida, apresentando coloração alaranjada em porção intemperizada.	31
Figura 12: (a) Britador; (b) Separação com peneira de 6mm.	32
Figura 13: (a) Cominuição em Moinho; (b) Separação de fração $<500 \mu m$	32
Figura 14: a) Separação por minerais pesados (bateia); b) Separador magnético isodinâmico Frantz; c) Concentração por densidade em meio líquido em Placa de Petri; d) Exemplo de concentrado de zircões.....	33
Figura 15: a) Foto de mount amostra CA-14 em resina epóxi, mostrando cápsula de plástico.	34
Figura 16: Foto de afloramento de rocha metavulcânica intermediária.	36
Figura 17: Foto em detalhe, níveis máficos e félsicos.....	37
Figura 18: Metatufos com intensa silicificação e superfície de acamamento marcado pelos níveis de diferente granulometria e chert.....	37
Figura 19: Foto detalhe da deformação marcada pelo dobramento das camadas de metapelitos.	38
Figura 20: Mapa de pontos realizados em campo.....	38
Figura 21: (a) e (b) Fotomicrografia lâmina CA-14, em LN e LP, mostrando porfiroclasto de plagioclásio com borda recristalizada; (c) e (d) hornblenda substituindo totalmente o piroxênio.....	39
Figura 22: (a) e (b) Fotomicrografia da lâmina CA-14, em LN e LP, mostrando contato entre porção fina e a porção grossa das rochas metavulcânicas intermediárias; (c) e (d) Fotomicrografia de detalhe da textura fina; (e) e (f) Fotomicrografia de detalhe da porção grossa.	40
Figura 23: (a e b) Amostra CA-13 metatufó ácido com fragmento de cristal de plagioclásio; (c e d) Amostra CA-11, com fratura preenchida por carbonato, e vidro com alteração argílica.	42

Figura 24: Imagens da amostra CA-11 em CL com indicação dos pontos analisados em LA-ICP-MS.	44
Figura 25: Imagens da amostra CA-14 em CL com indicação dos pontos analisados em LA-ICP-MS.	45
Figura 26: Imagens da amostra CA-14 em CL com indicação dos pontos analisados em LA-ICP-MS.	46
Figura 27: Diagrama Tera-Wasseburg mostrando concórdia para idades de zircões da amostra CA-11, com representação de zircões herdados.....	47
Figura 28: Diagrama Tera-Wasseburg concórdia para idades de cristalização de zircões da amostra CA-11.	48
Figura 29: Diagrama Tera-Wasseburg indicando concórdia para idades de zircões da amostra CA-14 e perda de chumbo recente.	49
Figura 30: Diagrama Tera-Wasseburg concórdia para idades de zircões da amostra CA-14, com redução de dados de perda de chumbo recente.....	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Idades obtidas no CMP	21
---------------------------------------	----

SUMÁRIO

RESUMO.....	VI
ABSTRACT	VII
LISTA DE FIGURAS.....	VIII
LISTA DE TABELAS.....	X
SUMÁRIO.....	XI
1. INTRODUÇÃO.....	12
1.2. OBJETIVOS.....	13
1.3. FLUXOGRAMA PROJETUAL	14
1.4. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA.....	15
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
2.1. GEOLOGIA REGIONAL.....	17
2.2. GEOLOGIA LOCAL.....	22
3. METODOLOGIA.....	24
3.1 MÉTODOS.....	24
3.2. TÉCNICAS.....	27
4. RESULTADOS	36
4.1. Análise de Campo.....	36
4.2. Análise Petrográfica	39
4.3. Análise petrográfica dos zircões.....	43
4.4. U-Pb EM ZIRCÃO	47
4.4.1 CA-11	47
4.4.2. CA-14	48
5. DISCUSSÕES	50
6. CONCLUSÕES.....	52
REFERÊNCIAS	53

1. INTRODUÇÃO

A Antiforme Capané, pertencente ao Complexo Metamórfico Porongos, é relativamente bem conhecida, formada por uma sequência de rochas supracrustais, metavulcânicas e metassedimentares, com intercalações de intrusões graníticas *sin-cinemáticas* e gnaisses alcalinos (Marques *et al.*, 1998), e metaultramáfias (Marques *et al.*, 2003). Essa sequência possui um posicionamento estratégico para o entendimento da evolução tectônica do Cinturão Dom Feliciano. No entanto, ainda não foram realizados estudos sistemáticos que indiquem as idades de cristalização e metamorfismo das sequências metavulcânicas, importantes para uma melhor compreensão da evolução do Complexo na área.

A região da Antiforme Capané é relativamente bem conhecida quanto a sua geologia, particularmente quanto a aspectos de campo, petrografia e geoquímica, tendo os protólitos das rochas supracrustais sido separadas em vulcânicas e sedimentares (Marques, 1998). As rochas metavulcânicas foram caracterizadas como sendo originalmente formadas em um arco magmático (Gollmann *et al.*, 2008). No entanto, não há informação sobre idades de cristalização e metamorfismo, que seriam importantes para o entendimento da evolução do Complexo Metamórfico Porongos e colagem do Cinturão Dom Feliciano. Há ainda, uma sequência metaultramáfica entendida por Marques *et al.*, (2003) como sendo lascas mantélicas de natureza ofiolítica hospedadas nessa sequência metavulcano-sedimentar.

O Complexo Metamórfico Porongos representa uma sequência com posicionamento estratégico para o entendimento da evolução do Cinturão Dom Feliciano. Conhecer as idades de cristalização da sequência metavulcânica, hospedeira das rochas metaultramáficas será interessante do ponto de vista

evolutivo da sequencia supracrustal, sendo significativo para a reconstrução da história da colagem tectônica do Cinturão Dom Feliciano.

Este projeto busca realizar esse estudo geocronológico a partir de concentrados de zircão de amostras das rochas da sequencia metavulcânica da Antiforme Capané. A técnica adotada para os estudos geocronológicos é o sistema isotópico U-Pb por LA-ICP-MS (Laser Ablation Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry), com determinações obtidas no Centro de Pesquisas Geocronológicas da USP.

1.2. OBJETIVOS

O trabalho objetiva expandir o número de estudos geocronológicos U-Pb em zircão por LA-ICP-MS (Laser Ablation Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry) para as associações metavulcânicas na área da Antiforme Capané, com o intuito de contribuir para o entendimento da evolução estratigráfica do Complexo Metamórfico Porongos. Como metas, espera-se obter, se possível, as idades de cristalização a partir de grãos e/ou núcleos magmáticos de zircão preservados em sequências metavulcânicas da área de trabalho.

Em uma perspectiva regional, as informações geradas a partir desta pesquisa em conjunto a outras já realizadas na região, serão importantes para o avanço do nível de conhecimento do Complexo Porongos e, mesmo, Cinturão Dom Feliciano.

1.3. FLUXOGRAMA PROJETUAL

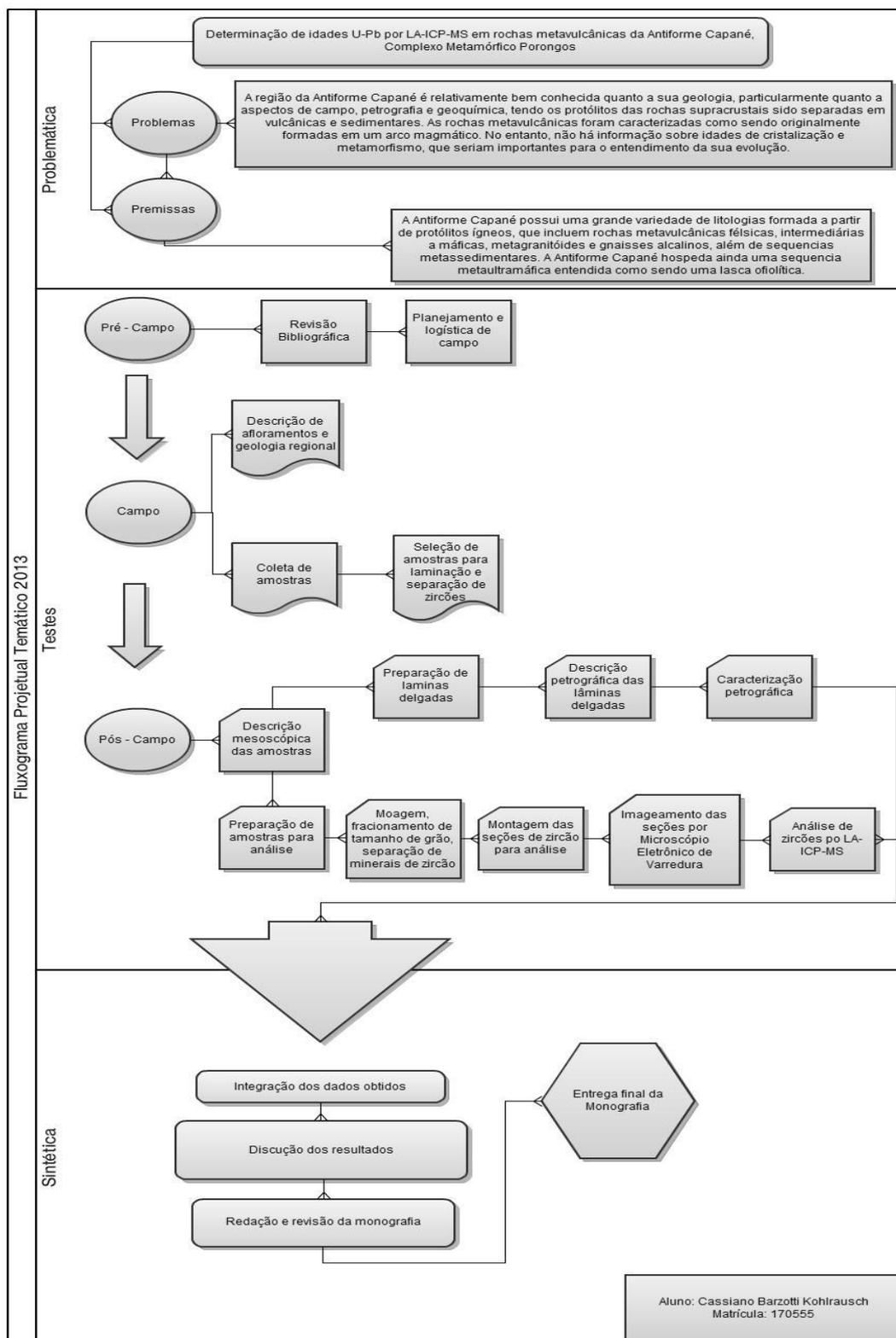


Figura 1: Fluxograma projetual

1.4. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA

A área em estudo está situada, aproximadamente 50 quilômetros a sul do município de Cachoeira do Sul, na porção central do Estado do Rio Grande do Sul. A região, que abrange a Antiforme Capané, está representada pelas folhas 1:50.000, do Serviço Geográfico do Exército, Capané (SH.22-Y-A-III-3 MI-2984/3), Cerro Manuel Prates (SH.22-Y-A-VI-1 MI-2997/1), Rodeio (SH.22-Y-A-V-2 MI-2997/2) e Cerro da Árvore (SH.22-Y-A-VI-1 MI-2997/1).

Está aproximadamente 190 quilômetros a oeste da capital Porto Alegre, com acesso, partindo da capital, pela rodovia federal BR-116 e BR-290, no sentido oeste. Após aproximadamente 500 metros da via de entrada para a cidade de Cachoeira do Sul, pegar estrada vicinal no sentido sul e percorrer aproximadamente 25 km.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. GEOLOGIA REGIONAL

Este trabalho tem sua área de pesquisa inserida no Complexo Metamórfico Porongos (Hartmann *et al.*, 2000) anteriormente definido como Suíte Metamórfica por Jost (1981), que compreende uma associação de rochas supracrustais metamorfizadas em condições de grau baixo a intermediário. O Complexo encontra-se disposto em uma faixa alongada de direção nordeste, com 170km de comprimento e 15 a 30km de largura, localizada na porção centro-leste do Cinturão Dom Feliciano (Fragoso-César, 1980), leste do Escudo Sul-riograndense. O Complexo tem a Zona de Cisalhamento Dorsal de Canguçu e a Zona de Falha Passo do Marinheiro como limite a leste, fazendo contato com os granitóides do Complexo Encruzilhada. O recobrimento sedimentar do Complexo apresenta sedimentos Neoproterozóicos-Eopaleozóicos da Bacia do Camaquã (sub-bacias Guaritas, a oeste e Piquiri-Boici na região central), e sedimentos Fanerozóicos da Bacia do Paraná (região norte), presentes ao longo de falhas normais (Chemale Jr., 2000). O Complexo é formado por quatro estruturas antiformais, sendo elas: a Antiforme Capané (A), localizada na região norte, o Domo de Santana da Boa Vista (C), na região central, a Antiforme Serra dos Pedrosas (B), a leste do Domo de Santana, e a Antiforme do Godinho (D), a sul do Domo de Santana e do Rio Camaquã (Fig. ?).

A Antiforme Capané localiza-se no extremo norte do complexo. Os litotipos estão orientados segundo a direção NE–SW e correspondem a rochas metavulcânicas félsicas, intermediárias e máficas caracterizados como um antigo arco magmático por Gollmann (2008), metagranitóides leucocráticos e gnaisses

alcalinos, e também metassedimentares do tipo metapelitos com intercalações de quartzito e lentes de mármore e de metaconglomerado oligomítico (Marques, 1996, Marques *et al.*, 1998a, 1998b, 2003). Segundo Marques *et al.* (1998b, 2003) os litotipos apresentam intensa deformação do tipo milonítica, ocasionando a geração de duas foliações de baixo ângulo (S1 e S2), paralelas entre si, constituindo foliação do tipo composta. Em S1, o metamorfismo atingiu a fácies anfíbolito e em S2, xistos verdes, caracterizando retrometamorfismo na sequência.

Localizado na parte central do Complexo, o Domo de Santana da Boa Vista corresponde a uma associação de rochas metassedimentares (metapelitos, quartzitos e mármore) do Grupo Cerro dos Madeira posicionada no topo da estrutura, e a base da estrutura é formada por rochas do embasamento ensialico, correspondendo aos Granitóides Milonitizados Santana da Boa Vista e Gnaiss Encantadas (Jost & Bitencourt, 1980; Jost, 1981; Machado *et al.*, 1987; Porcher & Fernandes, 1990).

O Complexo Cerro da Árvore (Jost, 1981), localiza-se a leste do Domo de Santana e está disposto ao longo da Antiforme Serra dos Pedrosas. Este complexo é formado por uma sequência de rochas metavulcânicas intermediárias a félsicas, xistos pelíticos, xistos grafitosos, xistos aluminosos, *metachert*, mármore e quartzitos (Jost & Bitencourt, 1980; Jost, 1981). Segundo estes autores, três eventos metamórficos crescentes são superimpostos num zoneamento metamórfico crescente de oeste para leste.

Na região do Passo da Cuia, a sul do Rio Camaquã, ocorre a Antiforme do Godinho. Esta estrutura corresponde a associações de rochas metavulcânicas de composição variando de afinidade andesítica a dacítica e são intercaladas com filitos, quartzitos, xistos, margas e metagranitóides (Wildner *et al.*, 1996). No extremo sul da região ocorre uma sequência de xistos pelíticos intercalados com quartzitos, margas, rochas metaultramáficas e subordinadamente, metatufos dacíticos a riolíticos e injeções sin-cinemáticas de metagranitóides afetados por zonas de *thrusts* (Remus *et al.*, 1987). A fácies metamórfica varia de xisto verde médio a anfíbolito médio. Gnaisses alcalinos foram reconhecidos na região (Camozzato *et al.*, 1994). Remus *et al.* (1987) definiram o Ortognaisse Aberto do Cerro que ocorre tectonicamente intercalado com as rochas supracrustais.

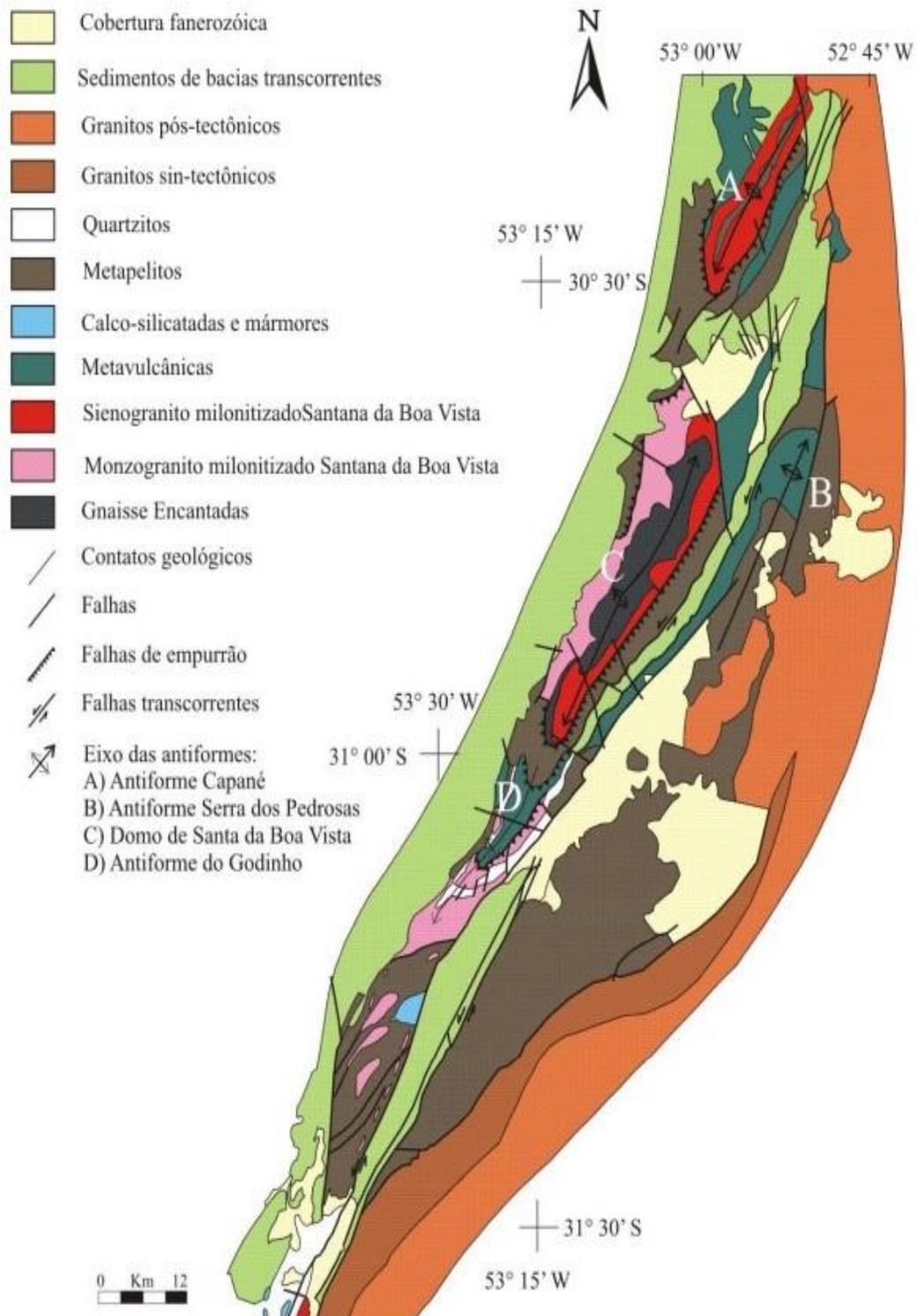


Figura 3: Esboço geológico do Complexo Metamórfico Porongos (Modificado de Gollmann, 2008).

A evolução tectônica observada no Complexo Metamórfico Porongos é complexa. Características importantes para a distinção do ambiente de formação das diferentes litologias foram apagadas pela intensa deformação e pelo metamorfismo. Os primeiros dados geocronológicos foram U-Pb em zircões (TIMS) de metavulcânicas da região meridional-ocidental que forneceram idade de 1350 ± 227 Ma, considerada na época como possível idade do vulcanismo (Wildner *et al.*, 1996). Trabalhos realizados posteriormente por Porcher *et al.* (1999), em metariolitos da porção norte do Domo de Santana por U-Pb em zircão (SHRIMP) forneceram uma idade de 783 ± 6 Ma, e por Chemale Jr. (2000), utilizando U-Pb em zircão (TIMS) de metandesitos situados ao sul de Santana da Boa Vista com idade de 773 ± 8 Ma, definem a idade Neoproterozóica para a cristalização das rochas metavulcânicas daquela região.

Granitos com deformação sin-tectônica do CMP, assim como o Gnaiss Capané, tem idades de 543 ± 6 Ma, datados por método convencional U-Pb (Chemale, 2000). Análises de U-Pb em zircão (SHRIMP) do Gnaiss Encantadas, na área de Santana da Boa Vista, de gnaisses tonalíticos e de um pegmatito, indicaram idades de cristalização magmática de 2263 ± 18 Ma e 2363 ± 8 Ma, respectivamente (Porcher *et al.* 2000). Idades de 2045 ± 10 Ma e 2021 ± 11 Ma foram obtidas de zircões metamórficos e representam a idade de metamorfismo destas rochas (Hartmann, Porcher & Remus, 2000).

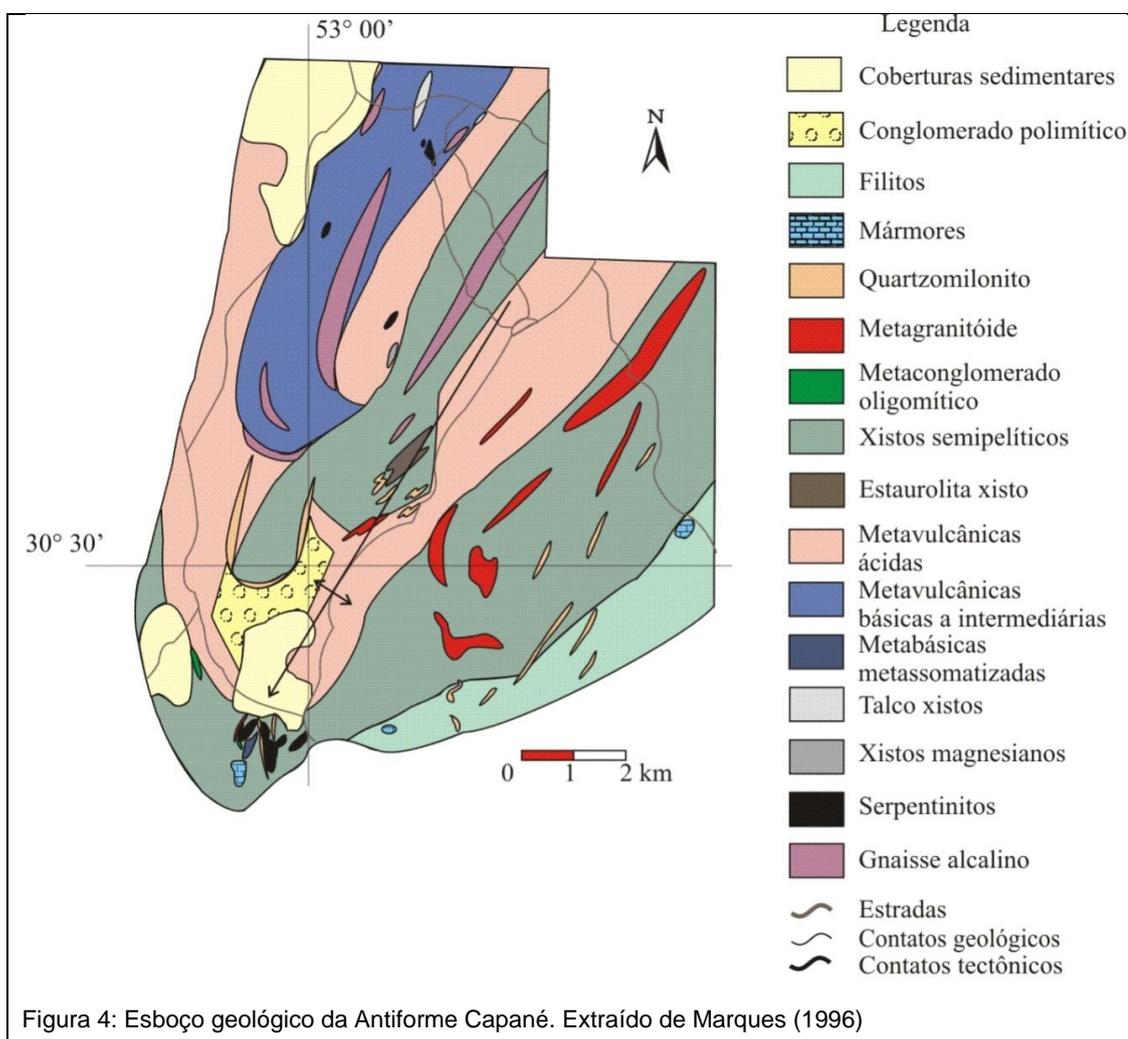
Tabela 1: Idades obtidas no CMP

Litologias	Método	Idade (Ma)	Interpretação Geológica	Autor
Metavulcânica	TIMS	$\pm 1327 \pm 227$	Idade do vulcanismo	Wildner et al., (1996)
Vulcânica	Rb-Sr	$\pm 1542 \pm 83$ a 789 ± 39	Magmatismo andesítico	Soliani Jr (1986)
Metariolito	SHRIMP	783 ± 6	Cristalização	Porcher et al., (1999)
Metandesito	TIMS	773 ± 8	Cristalização	Chemale Jr (2000)
Gnaise Capané	U-Pb Convencional	543 ± 6		Chemale Jr (2000)
Gnaise Capané (alcalino)	Rb-Sr (RT)	531	Idade mínima de evento tectono-metamórfico	Lafon et al (1990)
Gnaise Encantadas	SHRIMP	2263 ± 18		Porcher et al., (2000)
Zircões metamórficos		2045 ± 10 2021 ± 11	Metamorfismo	Hartmann, Porcher & Remus (2000)

2.2. GEOLOGIA LOCAL

SEQUENCIA SUPRACRUSTAL DA ANTIFORME CAPANÉ

A Antiforme Capané localiza-se no extremo norte do complexo. Os litotipos estão orientados segundo a direção NE–SW. A sequencia supracrustal da Antiforme Capané é formada por uma sequencia metavulcânica e outra metassedimentar, constituída por metapelitos com intercalações de quartzitos, lentes de mármore e lentes de metaconglomerados oligomíticos (Marques, 1996; Marques *et al.*, 1998 a, b, 2003). Segundo Marques *et al.* (1998b, 2003). Essas rochas hospedam rochas ultramáficas e granitos sin-cinemáticos.



As rochas metavulcânicas caracterizadas por Gollmann *et al.* (2008) como um antigo arco magmático formado por subducção durante a evolução do Complexo, ocorrem intercaladas com rochas metassedimentares e em alguns casos, o vulcanismo foi contemporâneo à sedimentação. Lentes de *metachert*

milimétricas a centimétricas podem ser encontradas em meio a estas intercalações, o que atesta que o vulcanismo foi, em parte, subaquoso (Marques, 1996; Marques *et al.* 1998a). A deformação é heterogênea, desde incipiente até intensa, capaz de gerar ultramilonitos. Feições metassomáticas são comuns e estão associadas a zonas de cisalhamento e também a intrusões *sin*-cinemáticas de rochas graníticas.

O grau metamórfico é variável, assim como as feições deformacionais. De maneira geral, verifica-se a fácies anfibolito inferior, com retrometamorfismo para a fácies xistos verdes médio, no flanco oeste da Antiforme Capané, e fácies xistos verdes no flanco leste (Marques *et al.* 1998a, b). Marques *et al.* (1998, 2003) caracterizaram a partir de metassedimentos e meta-ultramáficas condições de fácies anfibolito médio com média pressão no flanco oeste e condições de fácies xistos verdes inferior a médio no flanco leste da Antiforme Capané.

As rochas máficas a intermediárias são restritas ao flanco oeste da Antiforme Capané. Já a sequencia metavulcânica ácida é abundante e aflora tanto no flanco leste quanto no flanco oeste da Antiforme Capané.

3. METODOLOGIA

3.1 MÉTODOS

ZIRCÃO

O zircão é um silicato de zircônio com fórmula $ZrSiO_4$. É um mineral tetragonal pertencente ao grupo dos nesossilicatos, onde os tetraedros SiO_4 fazem ligação com dodecaedros de ZnO_8 , formando cadeias alternadas, deixando espaços não ocupados, que comumente são ocupados por impurezas com razões ppm a ppb (Hoskin *et al.*, 2000; Hanchar *et al.*, 2001).

A coloração natural do zircão varia desde incolor passando pelo amarelo dourado, vermelho, marrom ou verde.

É um mineral acessório presente em muitas rochas ígneas (como produto primário da cristalização), nas rochas metamórficas (como grãos recristalizados) e nas rochas sedimentares (como grãos detríticos). Apresenta elevada resistência ao intemperismo químico e físico devido à sua estrutura cristalina (Finch *et al.*, 2003).

Esse mineral pode incorporar em sua estrutura cristalina por substituição do elemento zircônio elementos como P, Sc, Nb, Hf, Ti, U, Th, e ETRs como elementos traços e menores.

O potencial do zircão como mineral geocronômetro foi reconhecido por Holmes (1911), a partir do reconhecimento do chumbo (Pb) como isótopo radioativo do urânio (U), tornando-se importante para a datação radiométrica por isso o zircão tem sido muito utilizado para a obtenção de idades de cristalização, metamorfismo e proveniência de rochas. Zircões contêm quantidades de urânio e tório e pode ser datado utilizando técnicas analíticas modernas. Uma vez que o zircão tem a

capacidade de sobreviver a processos geológicos como a erosão, o transporte, e mesmo a alto grau de metamorfismo, ele é usado como indicador de proveniência.

Um diagrama de linha concórdia pode ser utilizado para avaliar os isótopos de Urânio e seus produtos de decaimento como o Chumbo. Razões de U/Th são usadas para a distinção de zircões magmáticos, metamórficos e hidrotermais (Harley *et al.*, 2007).

No caso deste estudo, a idade de cristalização das rochas metavulcânicas será baseada em datações por meio da série de decaimento U-Pb, a qual é armazenada e retida dentro da estrutura cristalina dos zircões. Estes nos indicarão

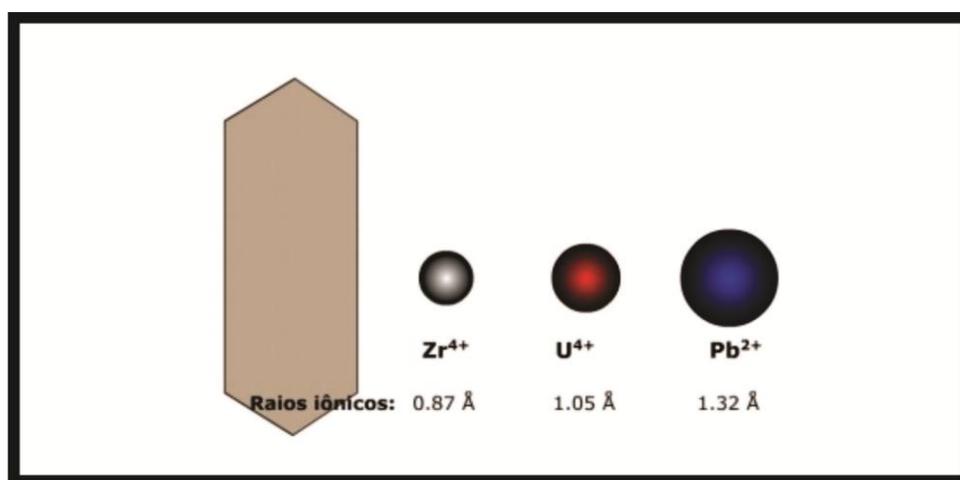


Figura 5: Ilustração de cristal de zircão (ZrSiO₄) à esquerda e os átomos de Zr, U e Pb afim de comparar suas cargas e raios iônicos. Modificado de Kare Kullerud-webgeology as idades de cristalização dos zircões.

SÉRIE DE DECAIMENTO U-PB

O Urânio (U) possui dois isótopos radioativos de interesse geocronológico: ²³⁸U e ²³⁵U. Suas séries de decaimento são ferramentas com resolução de tempo suficientes para estudar os processos da Terra (Bourdon *et al.*, 2003). Os decaimentos resultam em dois isótopos estáveis ²⁰⁶Pb e ²⁰⁷Pb, respectivamente, fruto de sucessivas emissões de diversas partículas alfa (4He) e beta (uma partícula com carga negativa semelhante a um elétron), e a liberação de energia (Q).



O U é facilmente incorporado ao zircão durante sua cristalização. Isto se deve às semelhanças entre os raios iônicos e as cargas dos átomos de Zr e U, o que não acontece com o Pb. Portanto, o zircão é um excelente mineral para utilizar com um geocronômetro pelo método U-Pb, pois praticamente todo Pb aprisionado na estrutura cristalina do mineral provém do decaimento radioativo (Finch *et al.*, 2003).

O método de datação de U-Pb baseia-se nas razões $^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}$ e $^{235}\text{U}/^{207}\text{Pb}$ presentes nos zircões e suas respectivas meias vidas ($t^{1/2}$).

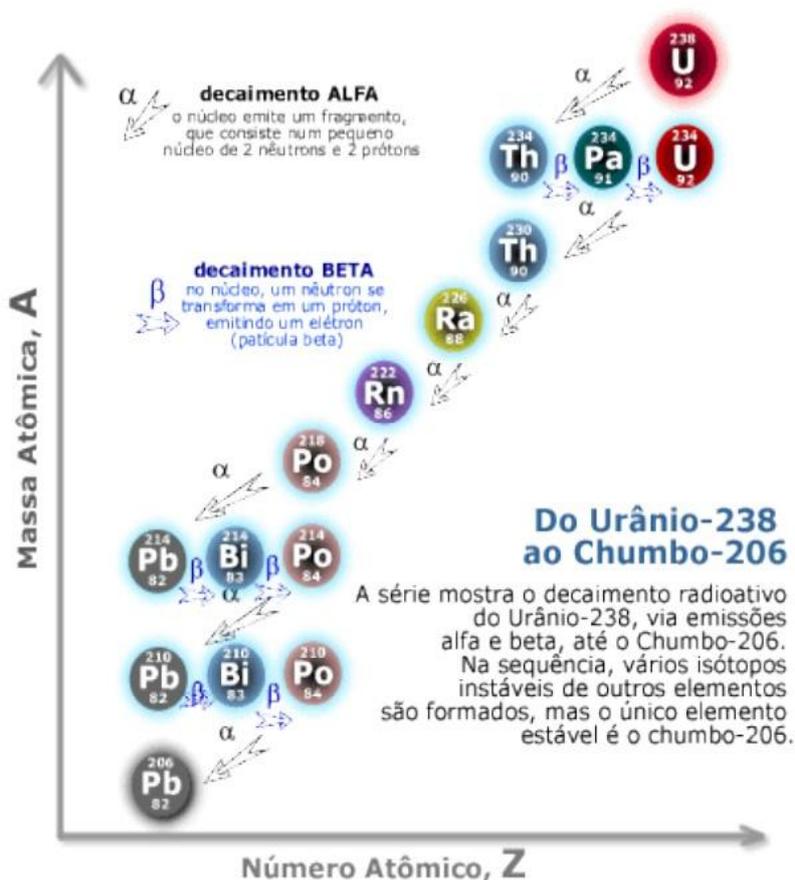


Figura 6: Série de decaimento radioativo do ^{238}U até o ^{206}Pb . Fonte: Revista eletrônica do Departamento de Química – UFSC, ano 2004.

Cada razão é um geocronômetro independente, porém são utilizados em conjunto no diagrama concórdia para verificar se houve ou não uma abertura do sistema para os elementos das duas séries. Se as duas séries tiverem idades absolutas cujas incertezas estejam dentro do desvio de cada idade, estarão dentro de uma curva de concordância, demonstrando que não houve perda ou fracionamento de Pb.

O diagrama concórdia representa a linha construída com base em pontos concordantes em razões isotópicas de $^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}$ e $^{235}\text{U}/^{207}\text{Pb}$ que resultam de uma mesma idade.

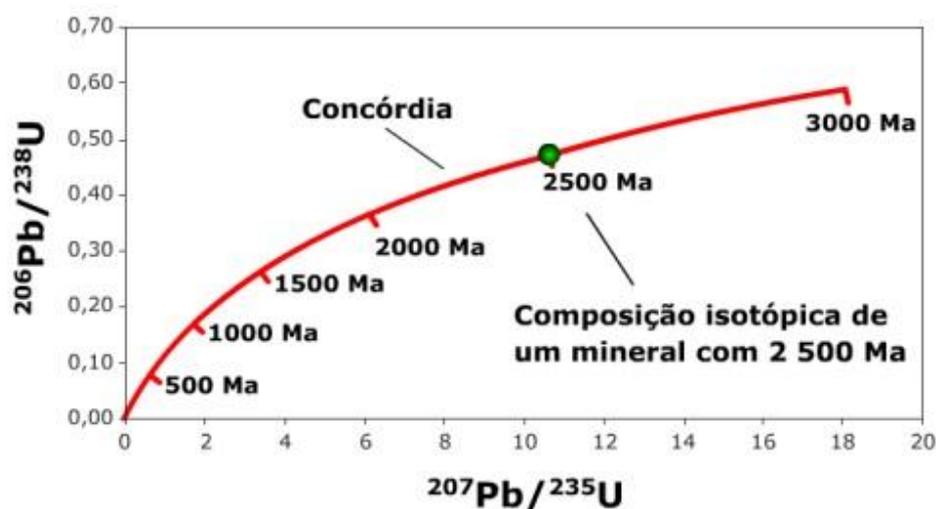


Figura 7: Exemplo de um diagrama concórdia para a composição isotópica de um mineral hipotético. Fonte: Kare Kullerud – webgeology.

3.2. TÉCNICAS

ESPECTRÔMETRO DE MASSA

De maneira geral, a função de um espectrômetro de massa é separar partículas (átomos e moléculas) com base em suas massas e cargas e em seus movimentos dentro dos campos magnéticos e elétricos.

Isto se dá em quatro diferentes etapas: excitação da amostra, aceleração e focalização do feixe de átomos, separação dos íons por campo magnético e por último a contagem de cada íon por um detector (coletor).

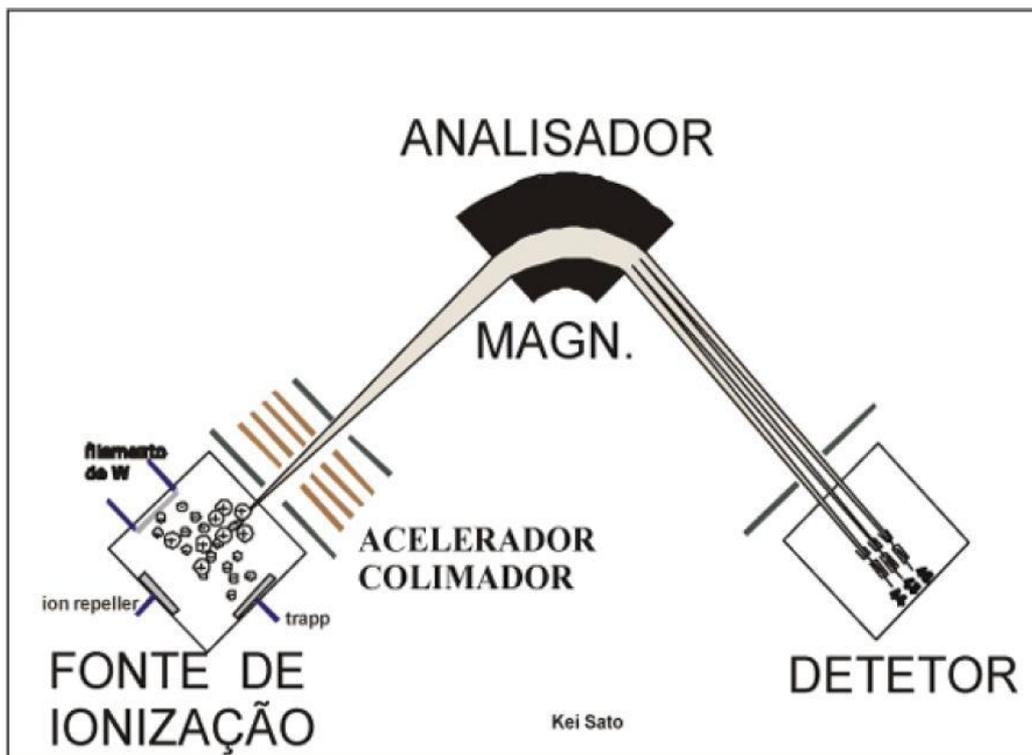


Figura 8: Desenho esquemático de um espectrômetro de massa (Sato *et al.*, 2002).

LASER ABLATION MULTI COLLECTOR ION COUPLED PLASMA MASS SPECTROMETER – LA-MC-ICP-MS

Para realização da datação U-Pb das amostras será utilizado o espectrômetro de massa por plasma indutivamente acoplado multicoletor Neptune da Finnigan com femtolaser excimer 193nm acoplada no Centro de Pesquisas Geocronológicas da USP. Os dados foram reduzidos em planilha Excel pertencente ao CPGEO.

LA-ICP-MS (Laser Ablation Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry) é uma tecnologia analítica que permite uma análise elementar e isotópica extremamente sensível que pode ser realizada diretamente em amostras sólidas.

Num LA-ICP-MS, a amostra é analisada diretamente por ablação a laser (LA), onde um feixe de laser é emitido na superfície da amostra para a geração de partículas finas (aerossóis). Os aerossóis criados são então transportados para dentro do núcleo do ICP, onde o plasma é usado para dissolver e ionizar as partículas finas para então serem analisados por espectrometria de massa para análise elementar e isotópica. Estes íons são então separados e recolhidos de

acordo com a sua massa. Os constituintes de uma amostra desconhecida podem ser identificados e medidos. ICP-MS oferece uma sensibilidade extremamente alta para uma vasta gama de elementos (Skoog, 2006).

Para ablação por laser, de qualquer tipo, não há requisito de tamanho de amostra e dos procedimentos de preparação de amostra. A análise química utilizando a ablação a laser requer uma menor quantidade de amostra. Dependendo do sistema de medição analítica uma quantidade muito pequena de amostra pode ser suficiente para esta técnica (Skoog, 2006). No projeto será utilizado um aparelho que faz a ablação por laser de fonte gasosa, modelo ArF Excimer, 193 nm.

O espectrômetro de massa pode ter diversos tipos de analisadores: *Single Selector Sector*, *Multi Collector (MC) Sector*, *Quadrupole (quad) MS* e *Time of Flight (TOF) analyzers*. No Projeto será utilizado um aparelho que utiliza o *Multi Collector Sector*, que utiliza o mesmo princípio do *Single Collector*, exceto que os íons são separados espacialmente, o que requer que esses íons passem através de um filtro antes de serem separados espacialmente pelas suas massas no setor magnético e são analisados em diversos coletores dedicados um para cada massa (Skoog, 2006).

O laser incide nos grãos de zircão, aplicando a cada um deles um *spot* com geralmente 30 μm de diâmetro. Sua função é ablacionar e colocar o material em suspensão como partículas e gases. Estes por sua vez são carregados por He e Ar até a tocha de plasma ($\sim 5000^\circ\text{C}$) que produz os íons que são detectados no multicoletor.

A precisão e a acurácia das idades obtidas pelas análises deste método é função da estabilidade do sinal analítico, número de íons detectados e incertezas nas correções aplicadas.

As correções são aplicadas fazendo leituras de Branco, Padrão, quatro amostras e novamente Padrão, possibilitando o rastreamento e quantificação das oscilações de erros analíticos. Em cada leitura são determinadas as intensidades das massas ^{202}Hg , $^{204}(\text{Pb}+\text{Hg})$, ^{206}Pb , ^{207}Pb , ^{208}Pb e ^{238}U . O padrão para U-Pb utilizado o padrão internacional de zircões oriundos da amostra GJ-1, proveniente de um pegmatito da África apresentando idade de 608.5 ± 0.4 Ma, para a correção da deriva do equipamento, assim como para o fracionamento entre os isótopos de

U e Pb. Para a verificação da acurácia são realizadas análises no padrão Pleisovic. Os padrões de calibragem da máquina foram: SPL 962, 5mJ,6Hz, 32um.

TRABALHO DE CAMPO

O trabalho de campo foi realizado entre os dias 14 e 17 do mês de maio do presente ano no interior da cidade de Cachoeira do Sul.

Durante este campo foi realizado um reconhecimento da área de estudo para entendimento do contexto geológico da Antiforme Capané, onde foram reconhecidas e descritas as diferentes litologias e seus posicionamentos estratigráficos na formação.

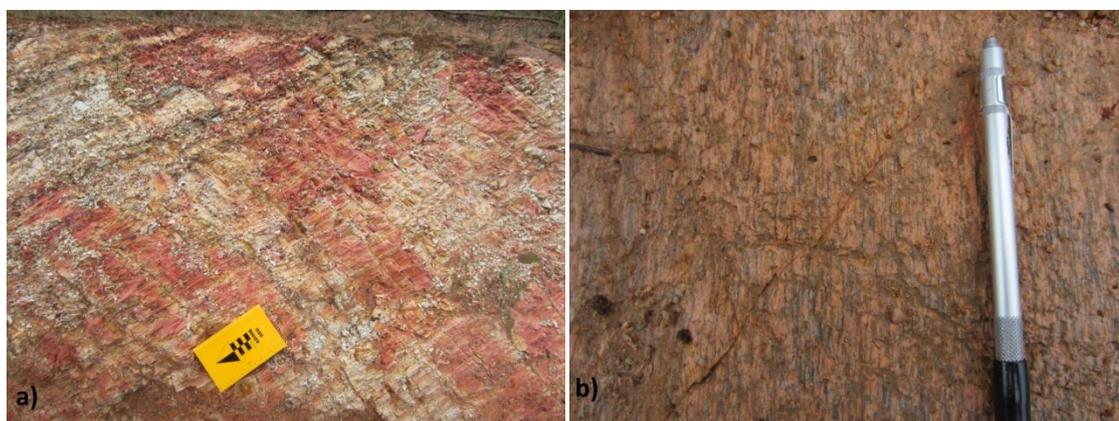


Figura 9: (a) Afloramento de rocha metapelítica; (b) Metagranito com estiramento mineral.

Neste período também foram realizadas as devidas coletas de amostras para confecção de lâminas delgadas e também coletadas amostras destas mesmas litologias para a separação de cristais de zircão para análise em ICPMS.



Figura 10: (a) Descrição de afloramento; (b) Coleta de amostra para separação de zircão para datação.

Devido à baixa porcentagem de cristais de zircão nas rochas, em torno de 0,01% da mineralogia total da rocha, as amostras para separação de zircões devem ter um maior volume para obter-se uma quantidade significativa de zircões.

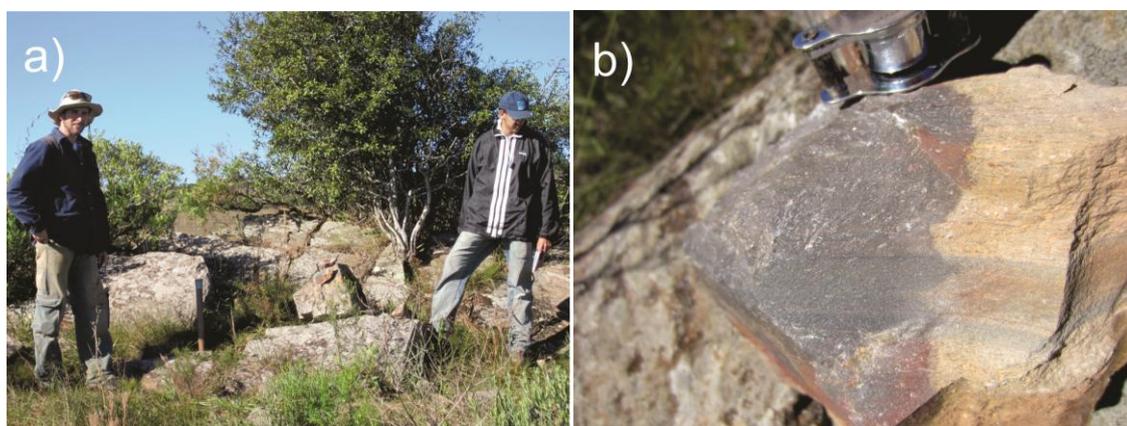


Figura 11: (a) Foto afloramento ponto CA-12; (b) Foto detalhe das rochas metavulcânicas ácida, apresentando coloração alaranjada em porção intemperizada.

PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS PARA ANÁLISE EM LA-ICP-MS.

A preparação das amostras tem como base a separação mineral, onde concentrados de zircões são extraídos de amostras de rocha. Estas amostras são britadas num britador, peneiradas numa fração menor que seis milímetros, essa

fração menor é colocada num moinho onde os fragmentos são diminuídos e peneirados em tamanho maior e menor que quinhentos micrometros.

A fração menor que 500 μm é lavada para retirar o excesso de argilas e colocada em um tanque onde é bateada para a separação de minerais pesados e descarte dos leves. O concentrado de bateia é seco e posto no separador magnético isodinâmico em diferentes amperagens (0.4, 0.8, 1.2 e 1.8 mA) para separação de minerais metálicos. Esta nova amostra é concentrada mais uma vez em placa de Petri por meio líquido, no caso acetona ou álcool, obtendo-se um concentrado de zircões.

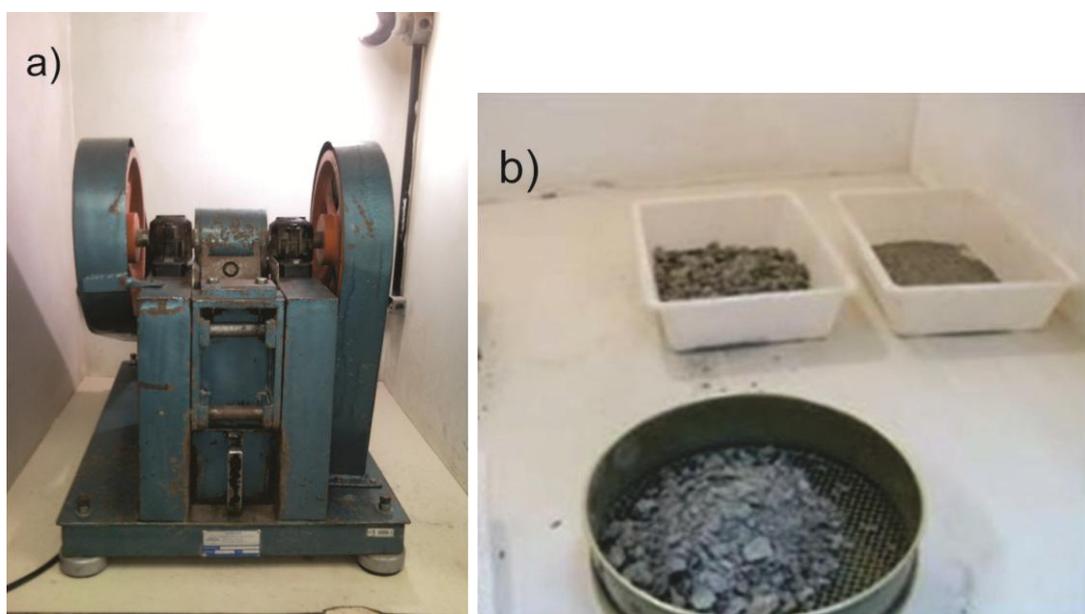


Figura 12: (a) Britador; (b) Separação com peneira de 6mm.

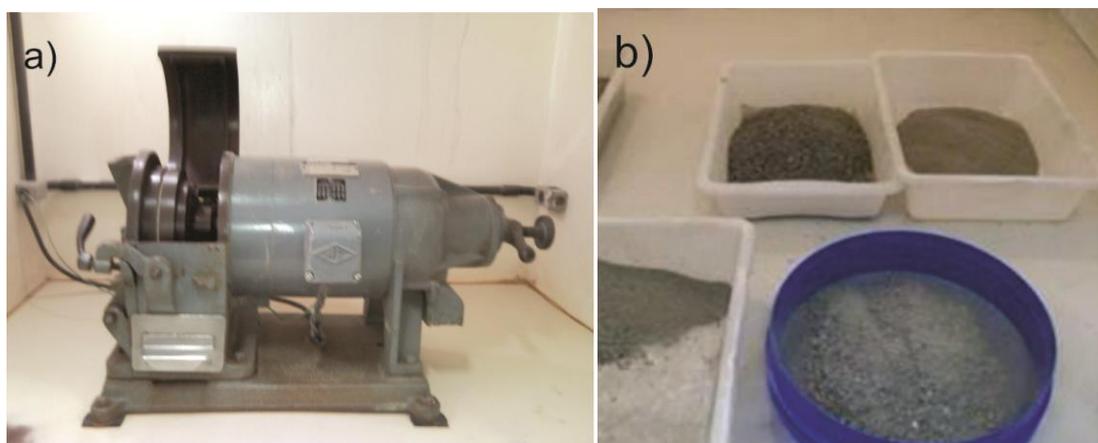


Figura 13: (a) Cominuição em Moinho; (b) Separação de fração <500 μm .

O concentrado de grão de zircões é então montado em pastilha, ou “mount”, a qual é uma capsula para a entrada das amostras no espectrômetro de massa. A montagem é realizada utilizando uma lupa binocular, dispendo um número aproximado de cem grãos de zircão com fita adesiva dupla face que adere os grãos.

A fita adesiva é disposta em uma lâmina de vidro onde os zircões são montados e aderidos dentro de uma cápsula de plástico (uma ponta de pipeta no tamanho de aproximadamente cinco milímetros). Depois de montados os *mounts*, estes são resinados, aprisionando e fixando os grãos de zircão.

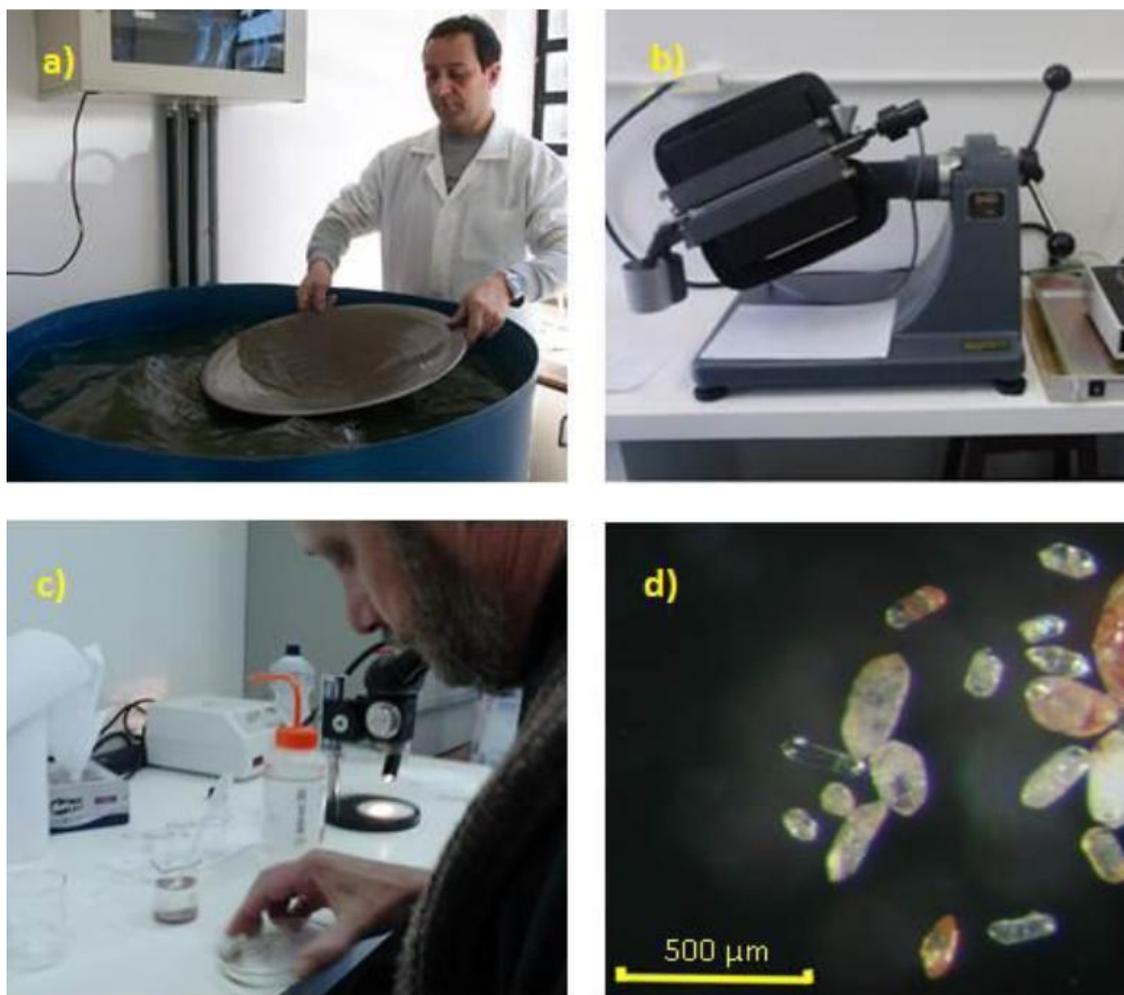


Figura 14: a) Separação por minerais pesados (bateia); b) Separador magnético isodinâmico Frantz; c) Concentração por densidade em meio líquido em Placa de Petri; d) Exemplo de concentrado de zircões.

Depois de seca a resina, essas cápsulas são desbastadas, lixadas e polidas com pasta abrasiva de diamante. Esse polimento é realizado para que o spot do laser possa analisar a porção central do grão, diminuindo a tendência de fraturas superficiais e aumentar a eficiência da ablação do laser em uma superfície polida.

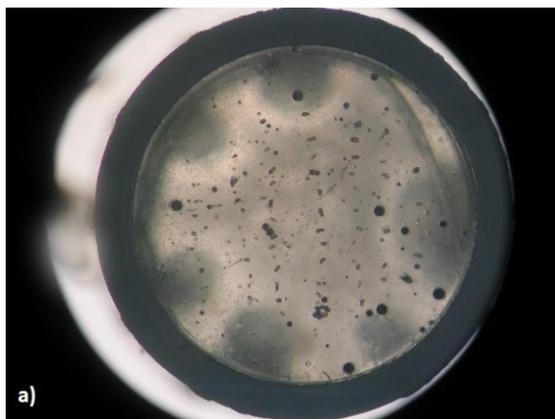


Figura 15: a) Foto de mount amostra CA-14 em resina epóxi, mostrando cápsula de plástico.

Após serem polidas, as amostras são metalizadas e levadas ao Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) para serem imageadas. Isso se deve, pois a resolução de imagem do MEV é melhor que a resolução do LA-ICP-MS, sendo assim são feitas imagens dos zircões para uma melhor resolução e assim saber onde serão feitos os *spots* com o laser.

PETROGRAFIA

Como ferramenta integradora da mineralogia, a petrografia objetiva uma descrição e classificação correspondente para cada amostra analisada. Foram confeccionadas três lâminas delgadas no laboratório de preparação de amostras do Instituto de Geociências da UFRGS.

A primeira etapa para a confecção de uma lâmina delgada é a demarcação da face escolhida para exposição. Esta escolha é feita com base nas estruturas da rocha, visando a melhor e maior obtenção de dados possível. Subsequentemente temos o corte das rochas no local demarcado para a redução da rocha ao tamanho da lâmina utilizando uma serra diamantada.

Numa segunda etapa a fatia de rocha é montada sobre uma lâmina de vidro, desbastada, lixada e polida com pó abrasivo progressivamente mais fino até que a espessura da amostra seja aproximadamente 0,03 milímetros.

Estas lâminas foram descritas, em microscópio ótico, e classificadas para caracterização das rochas analisadas.

4. RESULTADOS

4.1. Análise de Campo

Rochas metavulcânicas da Antiforme Capané

Na área da Antiforme Capané as rochas metavulcânicas intermediárias a máficas são restritas ao flanco oeste da Antiforme Capané. Apresentando coloração acinzentada a esverdeada, aparecendo na maioria dos casos muito intemperizadas. Apresentam uma estrutura bandada marcada por níveis máficos e félsicos alternados. A granulometria fina é predominante, apresentando raros pórfiros de plagioclásio e minerais metálicos.



Figura 16: Foto de afloramento de rocha metavulcânica intermediária.

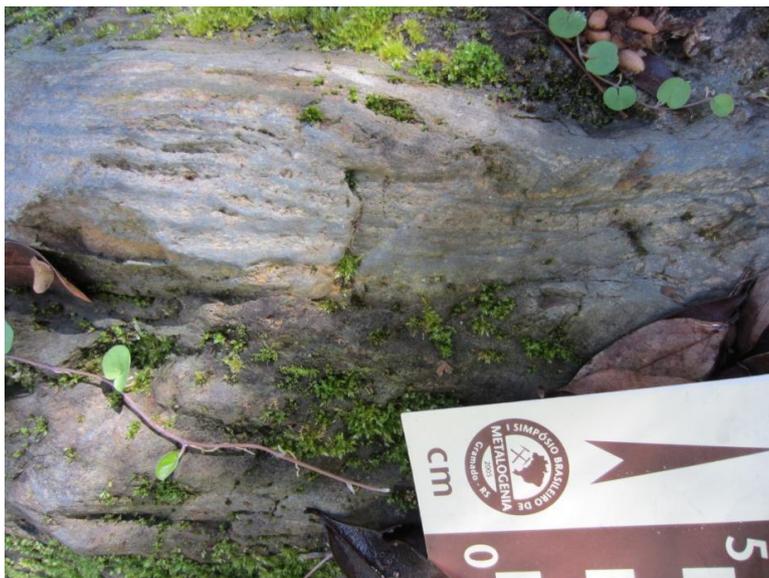


Figura 17: Foto em detalhe, níveis máficos e félsicos.

Metatufos ácidos ocorrem intercaladas com estas rochas. Estas rochas apresentam coloração acinzentada, a granulometria é predominantemente fina. O acamamento original é por vezes marcado por níveis milimétricos a centimétricos de diferente granulometria e *metachert*. Apresentam intensa silicificação, provavelmente hidrotermal.



Figura 18: Metatufos com intensa silicificação e superfície de acamamento marcado pelos níveis de diferente granulometria e *chert*.

Rochas metassedimentares também ocorrem intercaladas. Estas rochas apresentam coloração avermelhada, amarelada e também marrom, com camadas finas de coloração esbranquiçada. Apresenta vulcanismo contemporâneo à sedimentação, marcado por lentes milimétricas a centimétricas de *metachert*.

Nestas rochas pode se observar uma forte deformação, marcada pelo dobramento da S_0 da rocha.



Figura 19: Foto detalhe da deformação marcada pelo dobramento das camadas de metapelitos.

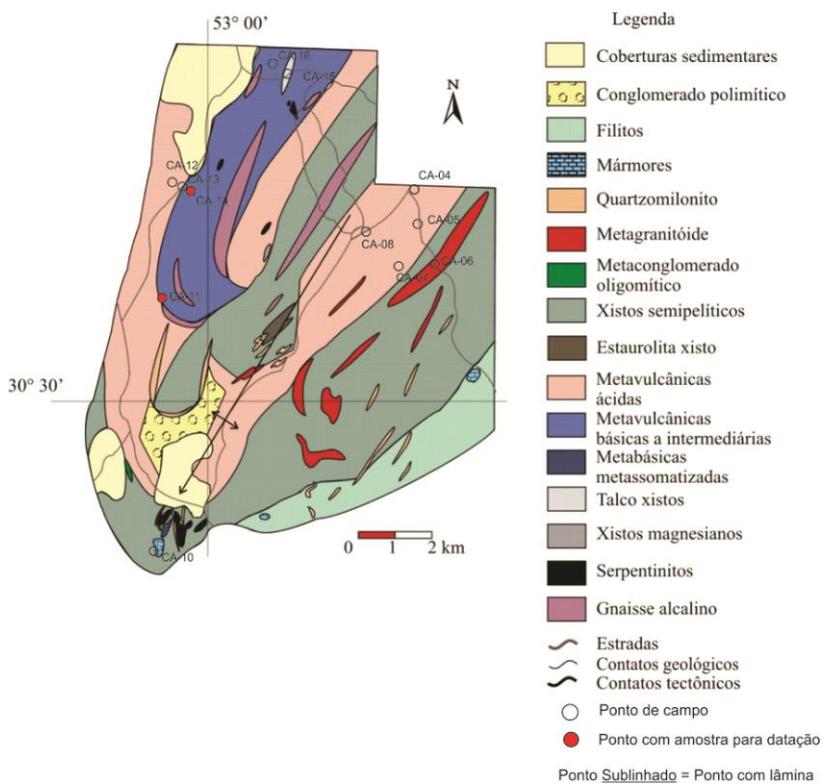


Figura 20: Mapa de pontos realizados em campo.

4.2. Análise Petrográfica

Foram escolhidas três amostras para laminação e posterior descrição petrográfica. Destas, duas foram escolhidas para serem analisadas em LA-ICP-MS.

Rochas metavulcânicas intermediárias

As rochas metavulcânicas desta sequência apresentam coloração cinza a esverdeada e encontram-se por vezes intensamente intemperizadas. Apresentam estrutura bandada e por vezes maciça, essa estrutura é marcada pela alternância de níveis com minerais máficos e níveis com minerais félsicos e também por variação granulométrica, sendo a fração fina composta por minerais máficos e a fração grossa minerais félsicos. A granulometria é predominantemente fina. Estas rochas apresentam textura porfiroclástica, com porfiroclastos de plagioclásio, hornblenda e de piroxênio em menor proporção. Porções de granulometria muito fina sem a ocorrência de porfiroclastos apresentam textura nematoblástica.

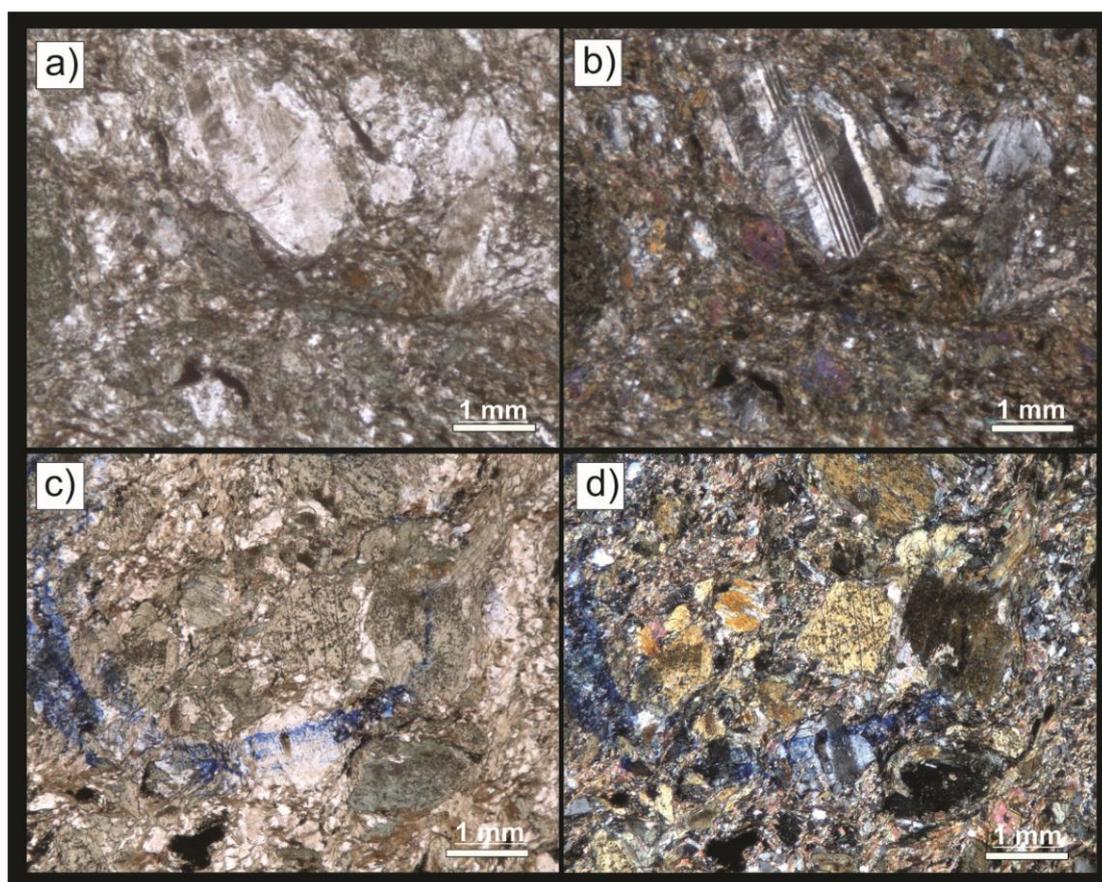


Figura 21: (a) e (b) Fotomicrografia lâmina CA-14, em LN e LP, mostrando porfiroclasto de plagioclásio com borda recristalizada; (c) e (d) hornblenda substituindo totalmente o piroxênio.

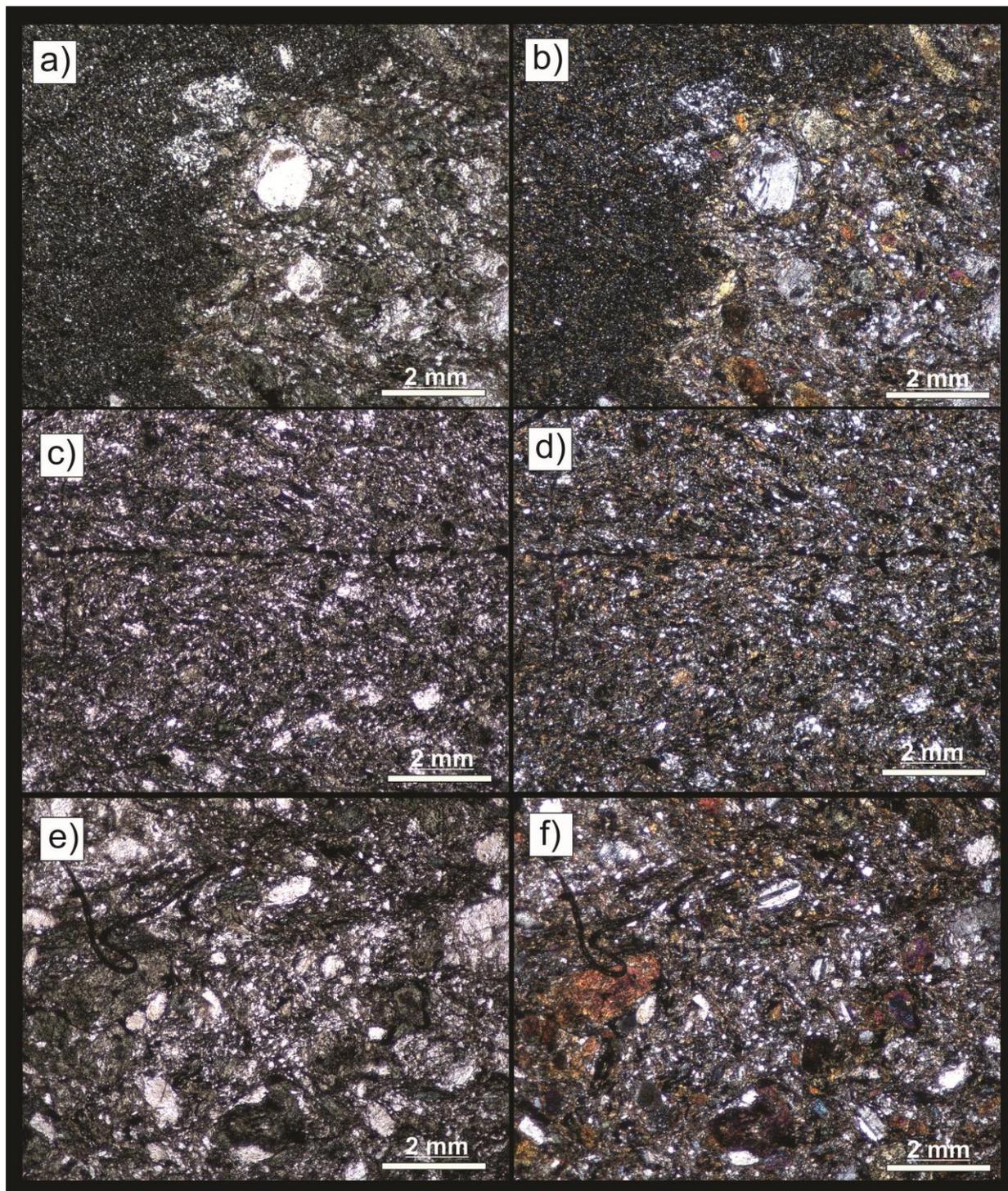


Figura 22: (a) e (b) Fotomicrografia da lâmina CA-14, em LN e LP, mostrando contato entre porção fina e a porção grossa das rochas metavulcânicas intermediárias; (c) e (d) Fotomicrografia de detalhe da textura fina; (e) e (f) Fotomicrografia de detalhe da porção grossa.

A mineralogia essencial destas rochas são constituídas por plagioclásio, anfibólio, piroxênio, clorita, actinolita, k-feldspato e quartzo; opacos, apatita, zircão, epidoto e mica branca como minerais acessórios.

Recristalização parcial dos plagioclásios e substituição do piroxênio por hornblenda definem condições de metamorfismo de fácies anfibolito inferior.

O plagioclásio ocorre como porfiroclasto e também está presente como cristais menores na matriz. Possui forma subédrica, com raros cristais euédricos em exemplares pouco deformados. As dimensões podem variar entre 0,1 e 0,7mm, com raros cristais com 1,0mm. Apresentam extinção ondulante nos cristais que sofreram uma deformação mais intensa, além de bordas recristalizadas em alguns cristais. Em amostras metassomatizadas, ocorre forte carbonatação e sericitização nestes minerais.

O piroxênio ocorre como relíquias de clinopiroxênio e ortopiroxênio. Frequentemente está totalmente substituído por anfibólio. Os anfibólios aparecem como hornblenda e actinolita. A hornblenda possui cor verde oliva, forma subédrica e bordas reativas que por vezes são substituídas por actinolita fibrosa. Os cristais de piroxênio e hornblenda possuem inclusões de quartzo e opacos.

Quartzo e k-feldspato, este ultimo mais raro, aparecem como componentes da matriz na porção de textura fina e como pequenos cristais nas porções mais grossas.

Rochas metavulcânicas ácidas

As rochas metavulcânicas ácidas apresentam coloração acinzentada com cor de alaranjada quando intemperizadas. Sua estrutura predominante é um bandamento contendo níveis mais ou menos ricos em sílica. A granulometria varia de acordo com a quantidade de sílica. E estão em alguns casos sendo cortados por veios de carbonato.

A mineralogia básica destas rochas é composta de quartzo, k-feldspato, plagioclásio, biotita e mica branca e opacos; e, em menores proporções, clorita, zircão, epidoto, argila e óxido de ferro.

A textura destas rochas é porfiroclástica, podendo ser em algumas porções, lepidoblastica ou granoblástica serrilhada.

O quartzo é abundante e ocorre como porfiroclastos e como elemento da matriz. Possui extinção ondulante, forma anédrica e por vezes aparece como fita. Ocorre por vezes formando bandas. Por vezes aparece recristalizado preenchendo fraturas. Formação de subgrãos também é observada em cristais maiores. Recristalização destes cristais é frequente, formando textura granoblástica serrilhada na amostra de metatufo.

O K-feldspato e o plagioclásio aparecem geralmente associados ao quartzo formando bandas milimétricas ou como fragmentos de cristais imersos na matriz, se apresentando bastante sericitizados. A mica branca aparece substituindo o plagioclásio.

Na amostra CA-11, porções de vidro vulcânico estão fortemente alterados para argila.

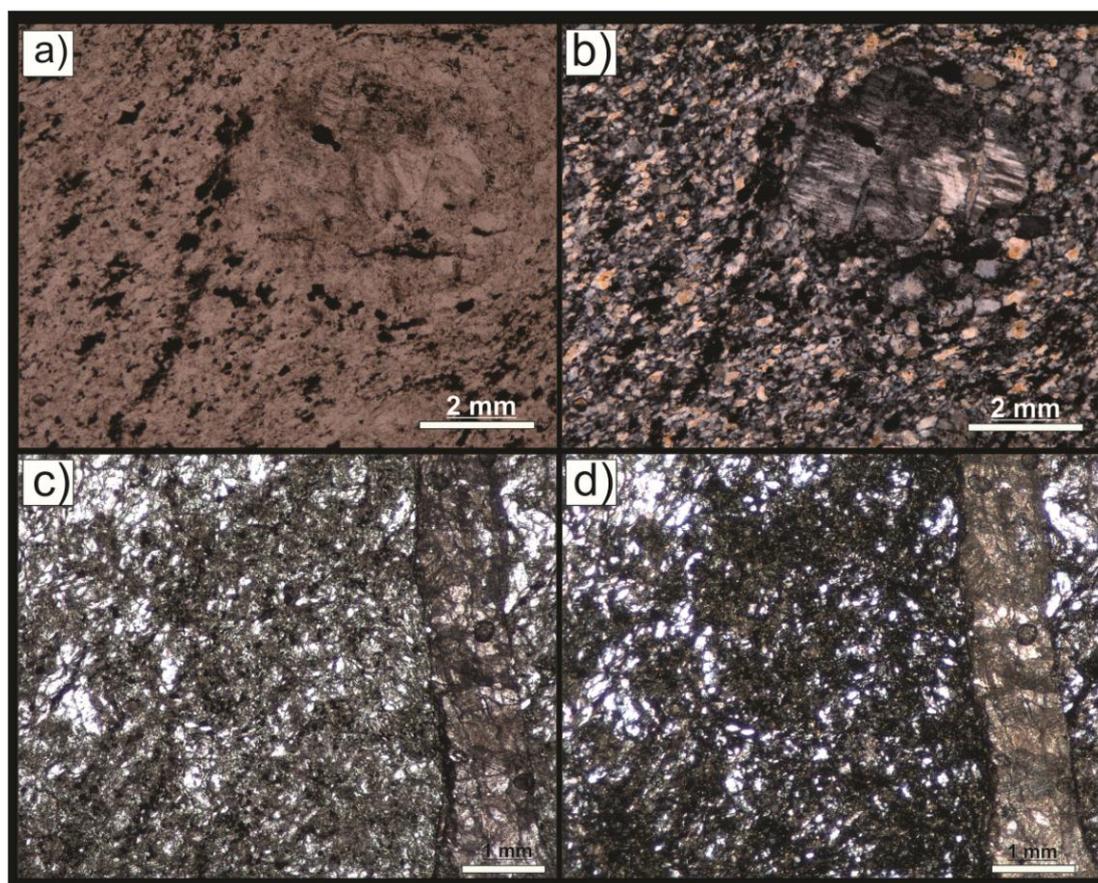


Figura 23: (a e b) Amostra CA-13 metatufo ácido com fragmento de cristal de plagioclásio; (c e d) Amostra CA-11, com fratura preenchida por carbonato, e vidro com alteração argílica.

4.3. Análise petrográfica dos zircões

Os zircões estudados neste trabalho foram descritos em lupa binocular, durante sua montagem nas seções e em microscópio eletrônico de varredura, onde se obteve imagens de catodoluminescência. Este último método foi bastante importante para a melhor análise dos zircões, já que este oferece uma melhor observação da heterogeneidade dos cristais no seu interior.

CA-11

Nessa amostra foram separados 20 zircões. Os zircões dessa amostra aparentam pertencer a três populações. Uma população com zircões incolores são alongados com características mais prismáticas, com proporção 3x1. Tem as arestas pouco marcadas, com cantos angulosos. E outra população com zircões também incolores e prismáticos com características menos alongadas de proporção 2x1. Apresenta aparência arredondada. Com tamanho maior que a outra população. E uma população com características arredondadas.

Os zircões desta amostra analisados em Catodoluminescência apresentam cristais de características variadas, com núcleo homogêneo e bordas de cristalização zonadas. Estes apresentam por vezes núcleo herdado com crescimento a partir destes, e bordas zonadas. Em alguns zircões ocorre bordas de crescimento metamórfico, porém estas são pouco espessas e não permitem uma análise pelo método. Os zircões são em sua maioria muito pequenos, não ultrapassando 100 μm , ficando entre 70 e 90 μm em sua maioria.

CA-14

Foram separados 80 zircões. Esta amostra de zircões apresenta pelo menos duas populações com zircões bastante quebrados. Uma população com zircões grandes, prismáticos, com proporção 2x1. Apresentam colorações amarela ou cinza. Tem seus vértices bem formados, piramidados. Outra população de zircões mais finos e alongados, prismáticos, com proporções 3x1. Em sua maioria são incolores. Não são tão bem formados.

Os zircões desta amostra analisados em CL apresentam cristais de zircão de tamanho entre 50 e 100 μm , sua forma predominante é prismática, com algumas exceções com formato losangular. Apresentam o núcleo dos cristais, em sua maioria, homogêneos com bordas de cristalização, ocorrendo cristais com crescimento bastante zonado. Alguns raros cristais de zircão apresentam o que parece ser núcleos herdados.

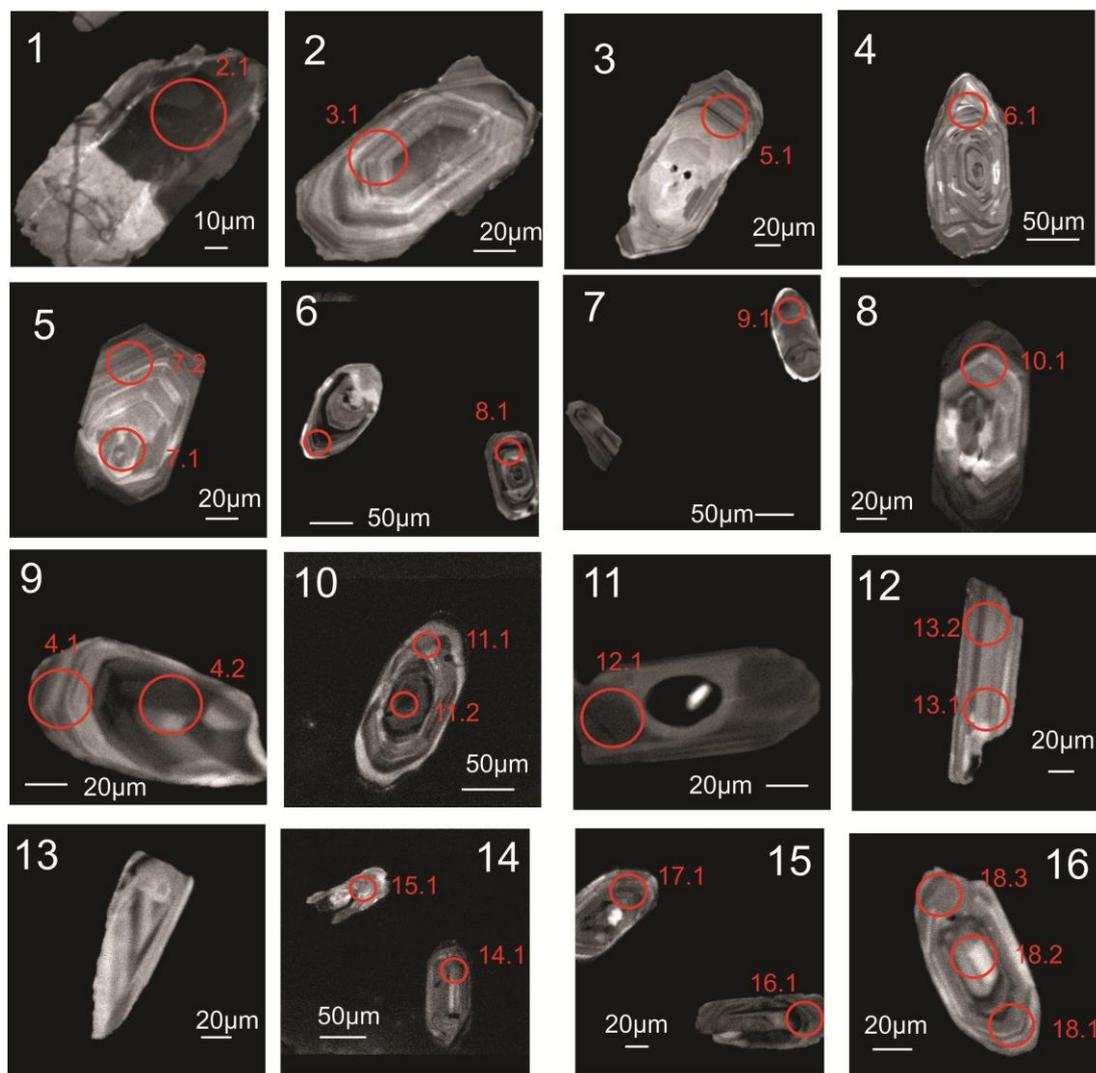


Figura 24: Imagens da amostra CA-11 em CL com indicação dos pontos analisados em LA-ICP-MS.

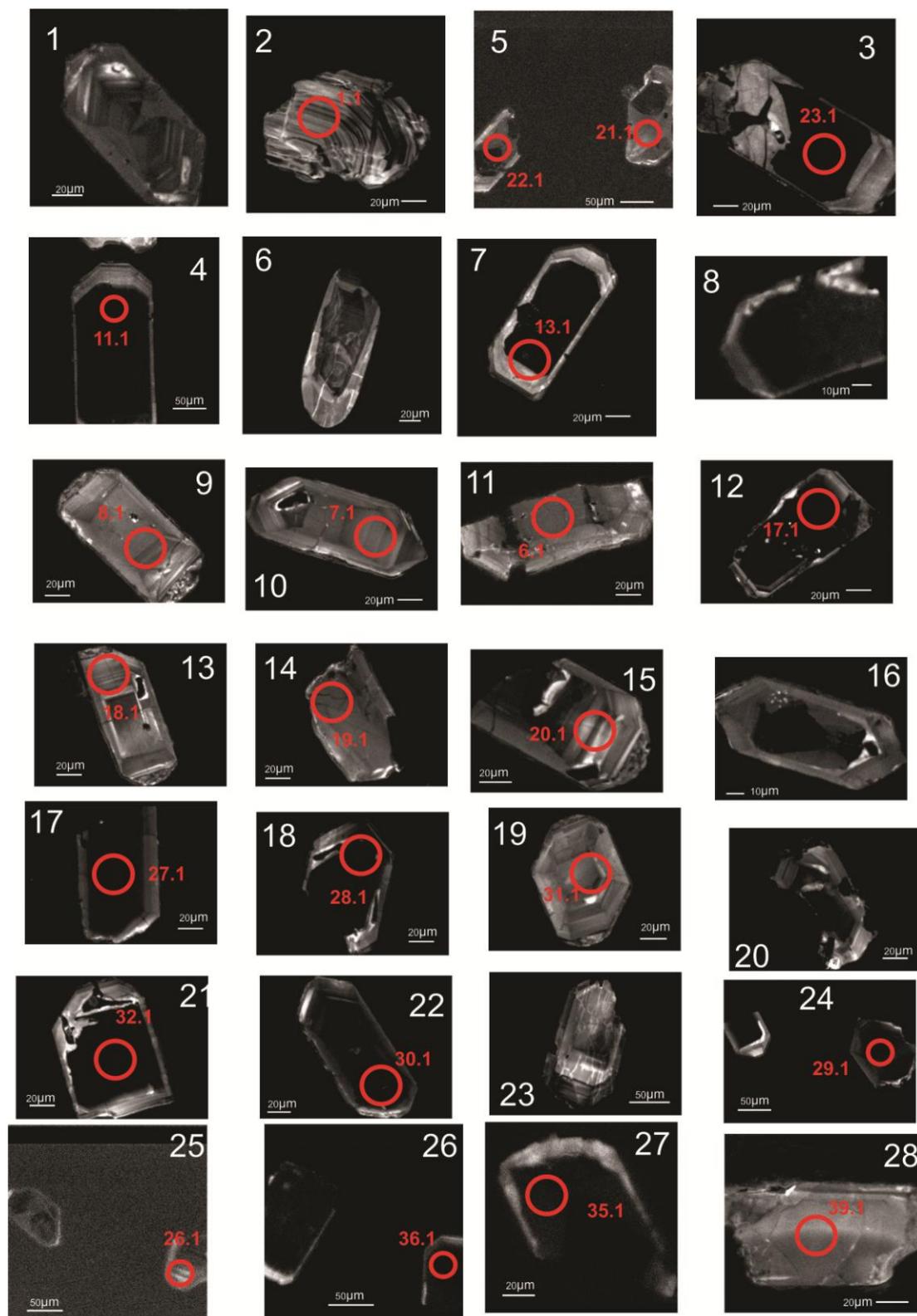


Figura 25: Imagens da amostra CA-14 em CL com indicação dos pontos analisados em LA-ICP-MS.

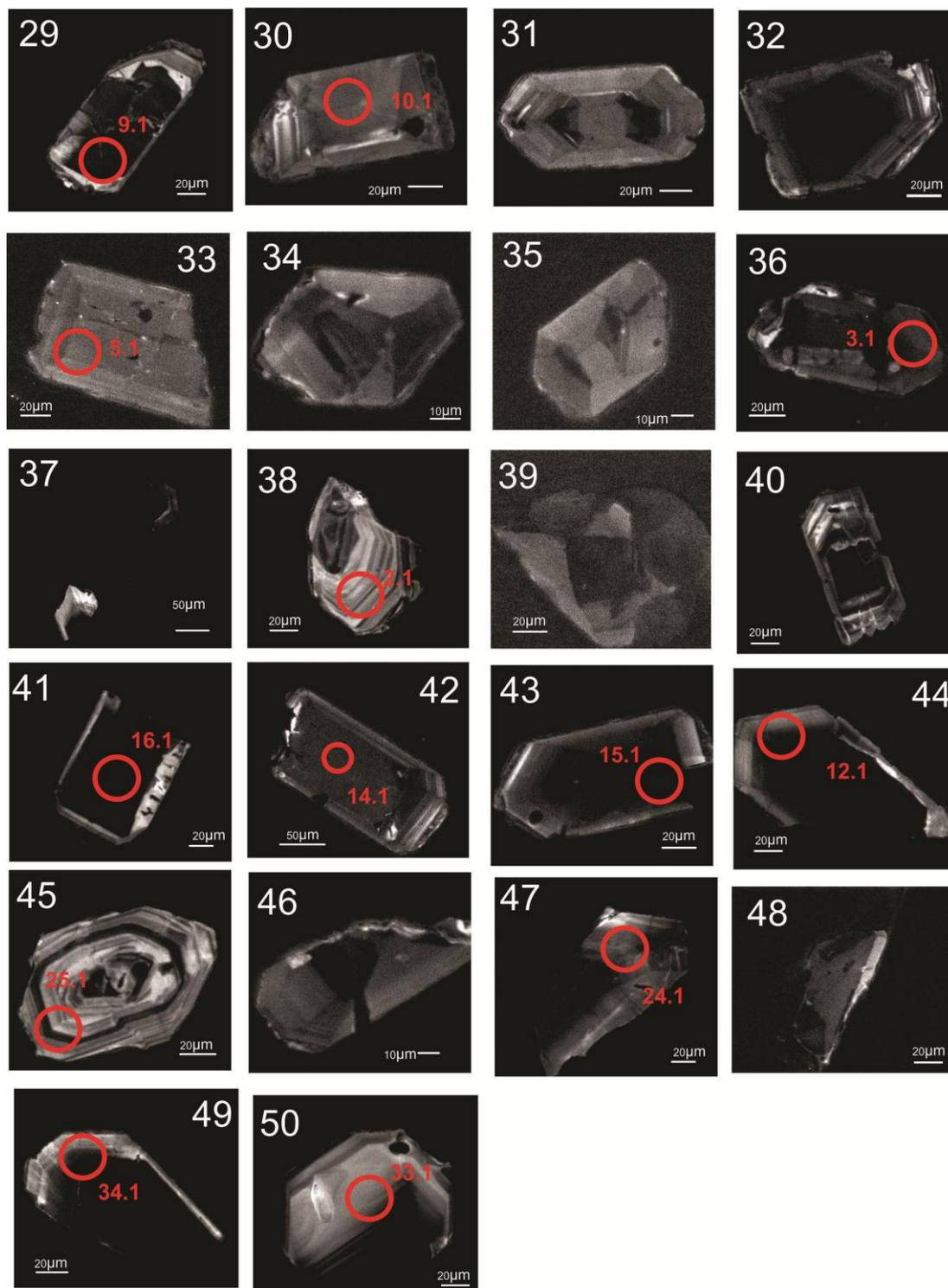


Figura 26: Imagens da amostra CA-14 em CL com indicação dos pontos analisados em LA-ICP-MS.

4.4. U-Pb EM ZIRCÃO

Os resultados isotópicos U/Pb para as amostras analisadas de rochas metavulcânicas estão disponíveis no Apêndice 1. Os resultados foram obtidos em equipamento de espectrometria de massa ICP-MS multicoletor Neptune da Finnigan com femtolaser excimer 193nm acoplada no Centro de Pesquisas Geocronológicas da USP. Os dados foram reduzidos em planilha Excel pertencente ao CPGEO. Abaixo seguem as descrições individualizadas dos resultados para cada amostra.

4.4.1 CA-11

Na amostra CA-11, foram analisados 19 zircões, obtendo 24 análises que, após redução dos dados, resultaram em 21 dados satisfatórios.

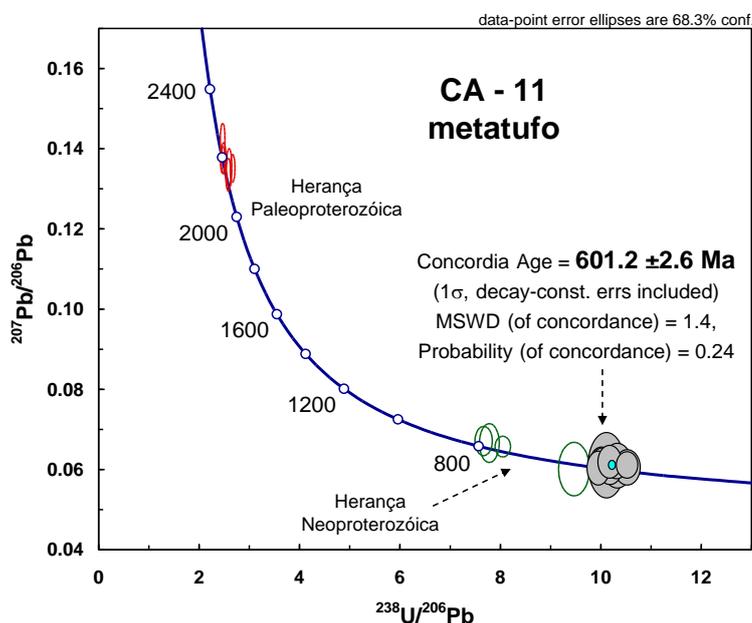


Figura 27: Diagrama Tera-Wassermann mostrando concordância para idades de zircões da amostra CA-11, com representação de zircões herdados.

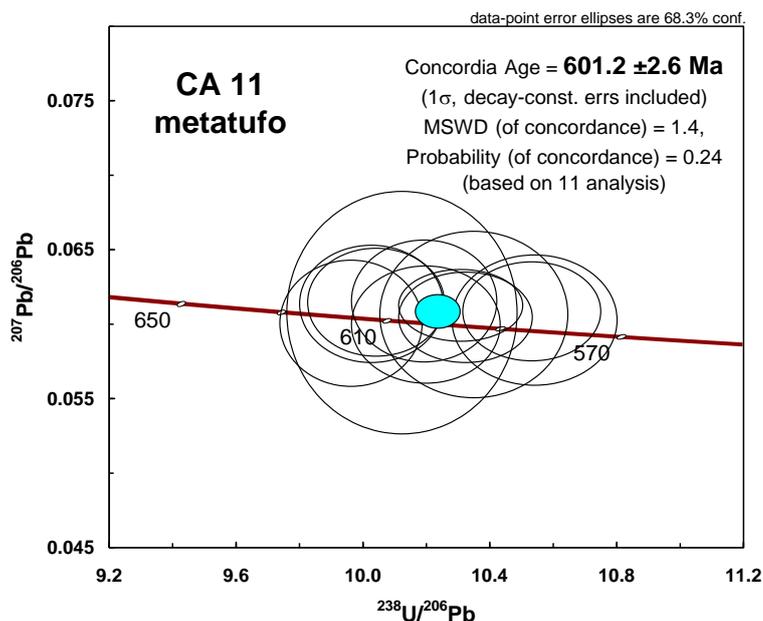


Figura 28: Diagrama Tera-Wasseburg concórdia para idades de cristalização de zircões da amostra CA-11.

Nesta amostra de metatufo, as análises resultaram em idade concórdia para cristalização de 601 ± 3 Ma, além de dois conjuntos de herança, um com 6 zircões apontando idades paleoproterozóicas de aproximadamente 2200 Ma, e outra população de zircões mais jovens com 4 grãos fornecendo aproximadamente 780-800 Ma.

4.4.2. CA-14

Na amostra CA-11, foram analisados 39 zircões por LA-ICP-MS, obtendo, após redução dos dados, resultados satisfatórios em 34 grãos.

Nesta amostra os resultados das análises permitiram estabelecer uma idade concórdia para a cristalização de 578 ± 1.6 Ma. Foram obtidas idades de 2 núcleos herdados com aproximadamente 759 Ma e 826 Ma. Algumas análises evidenciaram perda de chumbo que pode ser bem observada na Figura 28 no diagrama Tera-Wasseburg.

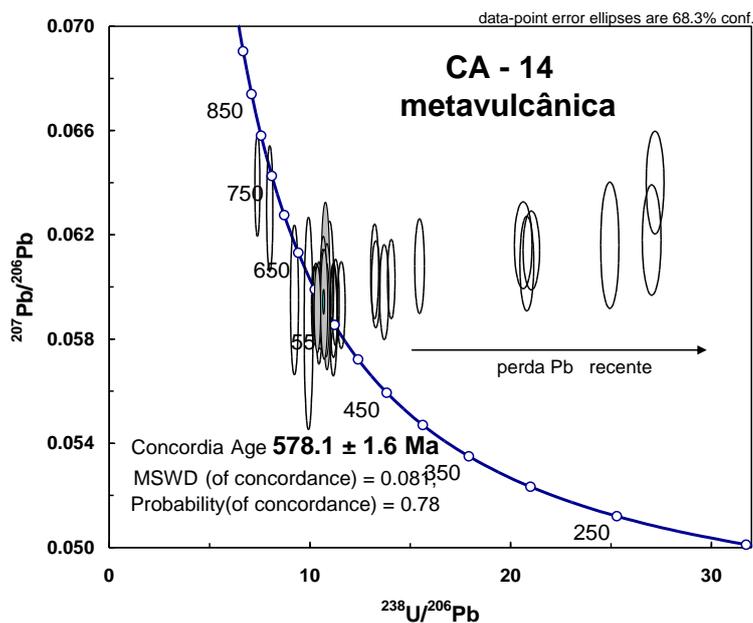


Figura 29: Diagrama Tera-Wasserburg indicando concórdia para idades de zircões da amostra CA-14 e perda de chumbo recente.

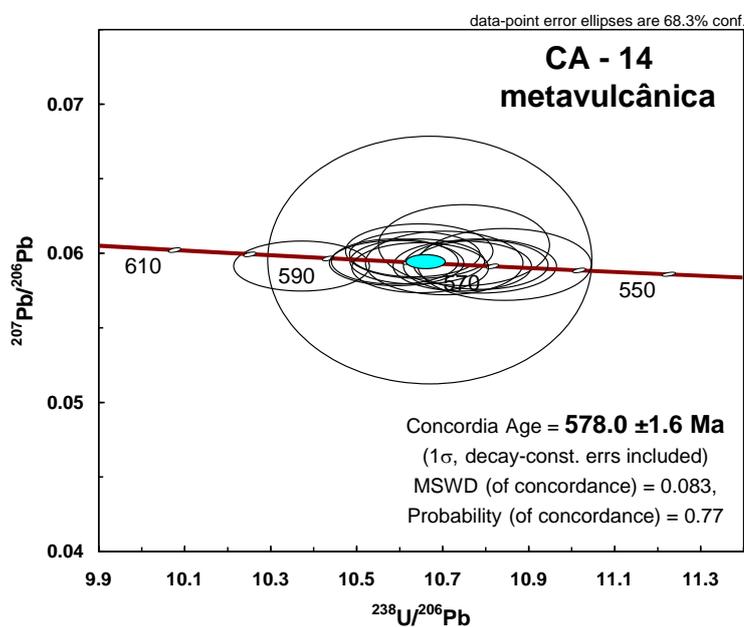


Figura 30: Diagrama Tera-Wasserburg concórdia para idades de zircões da amostra CA-14, com redução de dados de perda de chumbo recente.

5. DISCUSSÕES

O Complexo Metamórfico Porongos apresenta uma variada gama de litologias, mostrando-se bastante diferente em aspectos tanto petrográficos quanto petrológicos. Isto deve-se possivelmente a intensa fragmentação da bacia, a justaposição e o imbricamento de ambientes distintos (Marques 1996).

As rochas metavulcânicas do flanco oeste da Antiforme Capané apresentam deformação heterogênea, com rochas apresentando deformação milonítica intercaladas com locais onde foram preservadas as características originais das unidades, inclusive a S_0 de metatufos ácidos e metavulcânicas intermediárias. O metamorfismo nessa área varia de xisto verde superior a anfibolito inferior, definido por paragêneses em metapelitos e metaultramáficas que ocorrem intercaladas (Marques, 1996).

A análise de zircões da amostra CA-11, proveniente de uma camada de metatufos relativamente mais ácidos intercalados na sequência de predomínio intermediário, tem características petrográficas que remetem a vulcanismo explosivo. Esta amostra apresenta duas populações de zircões mais antigos, possivelmente assimilados de rochas encaixantes durante o evento vulcânico, com idades de aproximadamente 2100-2200 Ma e 700-800 Ma. Estes zircões podem ser correlacionados as idades reportadas para a região do Domo de Santana da Boa Vista onde ocorre o Gnaiss Encantadas Hartmann *et al.* (2000). A amostra CA-11 produziu idades de cristalização de $601 \pm 2,6$ Ma, obtida em zircões com zonamento claramente ígneos e bem formados.

A amostra CA-14, com características petrográficas de rocha metavulcânica intermediária, amostrada em ponto previamente estudado por Marques *et al.* (1998)

e classificadas como sendo formadas em ambiente de arco por Gollmann (2008), contém zircões claramente vulcânicos, bem preservados, bipiramidados e zonados. A partir da análise destes grãos, obteve-se idade concórdia de cristalização de 578 ± 1.6 Ma. Esta amostra continha raros núcleos herdados com idade em torno de 800-750Ma.

As idades obtidas para a cristalização das duas sequências metavulcânicas estudadas indica um vulcanismo mais jovem do que os eventos previamente definidos em outras áreas do Complexo Porongos mais a sul, na região de Santana da Boa Vista e Complexo Cerro da Árvore, como os reportados por Porcher et al. (1999) e Chemale (2000) que definiam idades entre 773 e 783 Ma.

Dessa maneira, as idades obtidas no Complexo Porongos na região da Antiforme Capané denotam que a sequência nesta área é mais jovem e deve ter sido colada em evento posterior. Neste sentido, cabe destacar as idades de metamorfismo obtidas por Gross *et al.*, (2006) por Sm/Nd em granadas indicando um intervalo de metamorfismo entre 604 e 626 Ma nos migmatitos metapelíticos da Suite Metamórfica Várzea do Capivarita, localizados à leste da Antiforme Capané. Esta evidência é um indicativo de diacronismo nesta região do Cinturão Dom Feliciano

6. CONCLUSÕES

A partir do resultado das análises de U-Pb em zircões das amostras de rochas metavulcânicas do flanco oeste da Antiforme Capané, é possível concluir que o evento de vulcanismo presente da região é mais jovem que outros eventos datados no Complexo Metamórfico Porongos.

As idades de cristalização das rochas metavulcânicas do flanco oeste da Antiforme Capané obtidas posicionam o vulcanismo entre 601 ± 2.6 Ma para as metavulcânicas ácidas a 578 ± 1.6 para as metavulcânicas intermediárias.

Desta maneira conclui-se que estas rochas metavulcânicas foram acrescidas no complexo posteriormente às rochas metavulcânicas da porção sudeste do Complexo Metamórfico Porongos, evidenciando uma sucessão de eventos na colagem tectônica, aparentemente mais jovem para oeste.

REFERÊNCIAS

BOURBON, B., TURNER, S., HENDERSON, G., M., LUNDSTROM, C.C., 2003. In: **U-series Geochemistry**. Vol. 52, cap. 1.

CHEMALE JR, F. 2000. Evolução geológica do Escudo Sul-riograndense. In: Holz, M & De Ros, L. F. (ed). **Geologia do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, CIGO/UFRGS, p. 13-52.

GOLLMANN, K. 2007. Litoquímica e geoquímica isotópica das rochas metavulcânicas da Antiforme Capané, Complexo Metamórfico Porongos, RS. Dissertação de mestrado. Porto Alegre: IGEO/UFRGS.

GOLLMANN, K., MARQUES, J. C., FRANTZ, J.C., CHEMALE JR, F. 2008. Geoquímica e Isótopos de Nd de Rochas Metavulcânicas da Antiforme Capané, Complexo Metamórfico Porongos, RS. **Revista de Pesquisa em Geociências**, 35 (2), 83-95.

GROSS, A.O.M.S., PORCHER, C.C., FERNANDES L.A.D., KOESTER, E. 2006. Neoproterozoic low-pressure/high-temperature collisional metamorphic evolution in the Varzea do Capivarita Metamorphic Suite, SE Brazil: Thermobarometric and Sm/Nd evidence. **Precambrian Research** 147. 41–64.

HARTMANN, L. A., PORCHER, C. C., REMUS, M. V. D. 2000. Evolução das rochas metamórficas do Rio Grande do Sul. In: Holz, M & De Ros, L. F. (ed). **Geologia do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, CIGO/UFRGS, p. 79-118.

FINCH, R. J., HANSHAR, J. M. 2003. Structure and Chemistry of Zircon and Zircon-Group Minerals. In Hanshar, John M. & Hoskin, Paul W.O.; **Zircon: Reviews in Mineralogy & Geochemistry**. V. 53; cap 1.

HARLEY, S. L., KELLY, N. M. 2007. Zircon. Tiny but Timely. **Elements**, VOL. 3: 13-18.

LAFON, J. M., HARTMANN, L. A., AZAMBUJA, J.C. 1990. Datação Rb-sr de gnaisses alcalinos do Arroio Capané, RS. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 36., 1990, Natal, **Anais...**, SBG, p. 431.

MARQUES, J. C. 1996. **Petrologia e metalogênese da Sequencia Metaultramáfica da Antiforme Capané, Suíte Metamórfica Porongos, Cachoeira do Sul, RS**. Porto Alegre, 196 p. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

MARQUES, J. C., JOST, H., ROISENBERG, A., FRANTZ, J. C. 1998 a. Eventos ígneos da Suíte Metamórfica Porongos na área da Antiforme Capané, Cachoeira do Sul - RS. **Revista Brasileira de Geociências**, 28: 419-430.

MARQUES, J. C., JOST, H., ROISENBERG, A., FRANTZ, J. C. 1998 b. Rochas metassedimentares, geologia estrutural e metamorfismo da Suíte Metamórfica Porongos na área da Antiforme Capané, Cachoeira do Sul - RS. **Revista Brasileira de Geociências**, 28: 467-472.

MARQUES, J. C., ROISENBERG, A., JOST, H., FRANTZ, J. C., TEIXEIRA, R. S. 2003. Geologia e geoquímica das rochas ultramáficas da Antiforme Capané, Suíte Metamórfica Porongos, RS. **Revista Brasileira de Geociências**, 33: 83-94.

PORCHER, C. C., MCNAUGHTON, N. J., LEITE, J. A. D., HARTMANN, L. A., FERNANDES, L. A. D. 1999. Idade SHRIMP em zircão: vulcanismo ácido do Complexo Metamórfico Porongos. 1, 1999, Gramado. **Boletim de resumos...** p. 110.

SATO, K., KAWASHITA, K., 2002. Espectrometria de Massas em Geologia Isotópica. *Geol. USP Sér. Cient.*, São Paulo, v. 2, p. 57-77, dezembro.

SYLVESTER, P. 2008. Laser Ablation-Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (LA-ICP-MS); an introduction. **Laser Ablation ICP-MS in the Earth Sciences: Current Practives and Outstanding Issues, Mineralogical Association of Canada, VOL 40. 1-18.**

Meios Eletrônicos:

Kale Kullerud – webgeology. Universidade de Tromso, Noruega.
http://ig.uit.no/webgeology/webgeologyfiles/brazil/upb_bra.html.

Revista eletrônica de Departamento de Química – UFSC, ano 4
<http://www.qmc.ufsc.br/qmcweb/arquivo.html>

APÊNDICE 1: Resultados U/Pb LA-ICP-MS

CA - 11	RATIOS										
	207/235	1 sigma	206/238	1 sigma	coef. corr	238/206	1 sigma	207/206	1 sigma	208/206	1 sigma
SPOT											
1,1	0,8748	0,0606	0,1056	0,0023	0,01	9,4665	0,2033	0,0601	0,0044	0,1867	0,0455
2,1	7,1744	0,1766	0,3850	0,0053	0,99	2,5976	0,0358	0,1352	0,0032	0,1285	0,0287
3,1	1,1801	0,0535	0,1285	0,0022	0,42	7,7793	0,1312	0,0666	0,0032	0,1730	0,0153
4,1	0,8264	0,0666	0,0988	0,0023	0,18	10,1228	0,2402	0,0607	0,0054	0,3052	0,0168
4,2	0,8073	0,0462	0,0966	0,0018	0,52	10,3499	0,1963	0,0606	0,0037	0,3174	0,0161
5,1	1,2064	0,0432	0,1304	0,0019	0,25	7,6670	0,1142	0,0671	0,0024	0,2138	0,0086
6,1	7,9351	0,1761	0,4051	0,0052	0,96	2,4684	0,0315	0,1421	0,0028	0,2521	0,0102
7,1	0,7680	0,0500	0,0978	0,0020	0,26	10,2199	0,2039	0,0569	0,0039	0,1491	0,0253
7,2	0,7878	0,0362	0,0949	0,0016	0,45	10,5424	0,1725	0,0602	0,0029	0,1497	0,0143
8,1	0,8102	0,0332	0,0981	0,0015	0,82	10,1975	0,1555	0,0599	0,0026	0,4202	0,0186
9,1	6,9879	0,1394	0,3750	0,0043	0,97	2,6665	0,0308	0,1351	0,0023	0,0977	0,0134
10,1	0,8190	0,0225	0,0970	0,0012	0,85	10,3092	0,1292	0,0612	0,0016	0,0293	0,0035
11,1	7,6273	0,1648	0,4020	0,0050	0,84	2,4878	0,0310	0,1376	0,0026	0,1087	0,0026
11,2	7,6704	0,1535	0,4053	0,0048	1,00	2,4671	0,0293	0,1372	0,0022	0,1775	0,0121
12,1	0,8062	0,0283	0,0969	0,0013	0,58	10,3244	0,1393	0,0604	0,0020	0,1636	0,0160
13,1	0,8433	0,0371	0,0997	0,0015	0,54	10,0257	0,1505	0,0613	0,0026	0,3653	0,0693
13,2	0,8433	0,0330	0,0996	0,0014	0,70	10,0406	0,1428	0,0614	0,0024	0,3628	0,0684
14,1	0,8211	0,0330	0,0993	0,0014	0,89	10,0691	0,1418	0,0600	0,0025	0,6933	0,1135
15,1	7,1337	0,1643	0,3874	0,0050	0,31	2,5810	0,0336	0,1335	0,0027	0,0792	0,0321
16,1	0,6914	0,0184	0,0829	0,0010	0,99	12,0639	0,1411	0,0605	0,0016	0,0642	0,0112
17,1	1,1250	0,0316	0,1243	0,0016	0,96	8,0483	0,1026	0,0657	0,0017	0,0941	0,0031
18,1	0,8303	0,0385	0,1004	0,0015	0,83	9,9615	0,1493	0,0600	0,0028	0,2644	0,0891
18,2	0,8317	0,0377	0,0981	0,0015	0,64	10,1933	0,1519	0,0615	0,0027	0,4317	0,0653
18,3	0,7963	0,0299	0,0949	0,0013	0,97	10,5327	0,1444	0,0608	0,0022	0,1056	0,0147

CA - 11	Pb total	Pb rad	Th	U	Th/U	AGES				conc.
	comum	ppm	ppm	ppm		T206/238	1 sigma	T207/206	1 sigma	206/238 207/206
SPOT										
	%									
1,1	0,54	17,1	104,6	118,4	0,8840	0,647	0,013	0,606	0,159	106
2,1	0,66	112,0	181,3	214,6	0,845	2,099	0,025	2,166	0,041	96
3,1	0,52	35,8	110,0	223,6	0,492	0,780	0,012	0,825	0,097	94
4,1	0,50	23,9	176,6	170,1	1,038	0,607	0,014	0,628	0,193	96
4,2	0,86	31,8	253,1	229,4	1,103	0,595	0,011	0,625	0,133	95
5,1	0,17	74,0	340,3	415,1	0,820	0,790	0,011	0,840	0,076	94
6,1	0,08	181,4	314,8	310,6	1,013	2,193	0,024	2,252	0,034	97
7,1	0,75	32,1	143,9	253,1	0,569	0,602	0,011	0,489	0,151	123
7,2	0,52	42,2	194,2	347,6	0,559	0,584	0,009	0,612	0,104	95
8,1	5,94	75,4	987,0	536,0	1,841	0,603	0,009	0,601	0,091	100
9,1	0,09	363,3	339,0	752,6	0,450	2,053	0,020	2,166	0,030	94
10,1	1,34	117,1	127,4	1082,7	0,118	0,597	0,007	0,648	0,055	92
11,1	0,09	198,7	166,2	388,1	0,428	2,178	0,023	2,198	0,033	99
11,2	0,00	242,9	199,4	400,7	0,4970	2,194	0,022	2,193	0,029	100
12,1	0,26	86,5	436,8	691,4	0,632	0,596	0,008	0,617	0,072	96
13,1	0,27	80,1	808,7	504,6	1,603	0,613	0,009	0,650	0,089	94
13,2	0,16	74,4	736,7	485,2	1,518	0,612	0,008	0,654	0,089	93
14,1	30,69	82,5	1205,4	428,5	2,813	0,610	0,008	0,602	0,088	101
15,1	0,40	112,0	82,2	220,6	0,373	2,111	0,023	2,145	0,035	98
16,1	2,35	131,5	361,8	1309,4	0,276	0,513	0,006	0,621	0,054	82
17,1	3,17	120,9	361,8	908,7	0,398	0,755	0,009	0,796	0,053	94
18,1	3,33	65,5	779,2	509,3	1,530	0,617	0,009	0,603	0,100	102
18,2	0,48	33,7	256,9	233,5	1,100	0,603	0,009	0,656	0,096	91
18,3	0,43	45,1	150,2	385,8	0,389	0,585	0,008	0,633	0,079	92

CA - 14	RATIOS										
	207/235	1 sigma	206/238	1 sigma	coef. corr	238/206	1 sigma	207/206	1 sigma	208/206	1 sigma
SPOT											
1,1	1,0865	0,0255	0,1250	0,0016	0,40	7,9977	0,1028	0,0630	0,0016	0,1481	0,0057
2,1	0,8888	0,0243	0,1084	0,0016	0,95	9,2291	0,1334	0,0595	0,0019	0,2085	0,0084
3,1	0,3153	0,0066	0,0370	0,0004	0,95	27,0287	0,3092	0,0618	0,0014	0,3288	0,0387
4,1	0,7738	0,0129	0,0944	0,0009	0,90	10,5891	0,0975	0,0594	0,0010	0,3959	0,0190
5,1	0,7638	0,0137	0,0939	0,0009	0,71	10,6476	0,1052	0,0590	0,0011	0,2343	0,0083
6,1	0,4027	0,0093	0,0475	0,0006	0,99	21,0313	0,2741	0,0614	0,0010	0,2927	0,0241
7,1	0,7526	0,0175	0,0922	0,0011	0,01	10,8447	0,1340	0,0592	0,0016	0,3878	0,0319
8,1	0,7562	0,0132	0,0927	0,0009	0,97	10,7895	0,1037	0,0592	0,0011	0,3294	0,0462
9,1	0,4116	0,0103	0,0485	0,0007	0,99	20,6277	0,2916	0,0616	0,0011	0,3098	0,0633
10,1	0,7997	0,0133	0,0978	0,0009	0,97	10,2223	0,0936	0,0593	0,0010	0,2651	0,0086
11,1	0,5912	0,0094	0,0712	0,0006	0,99	14,0538	0,1238	0,0603	0,0010	0,3683	0,0608
12,1	0,5421	0,0102	0,0647	0,0007	0,96	15,4625	0,1599	0,0608	0,0012	0,3547	0,0076
13,1	0,3245	0,0063	0,0368	0,0004	0,93	27,1956	0,2930	0,0640	0,0013	0,4944	0,0139
14,1	0,6237	0,0120	0,0753	0,0008	0,92	13,2816	0,1399	0,0601	0,0011	0,3774	0,0098
15,1	0,7717	0,0137	0,0944	0,0009	0,67	10,5930	0,1037	0,0593	0,0010	0,2600	0,0063
16,1	0,7959	0,0137	0,0971	0,0009	0,93	10,2975	0,0980	0,0594	0,0010	0,2591	0,0064
17,1	0,4032	0,0082	0,0481	0,0005	0,99	20,8073	0,2299	0,0609	0,0012	0,5370	0,1044
18,1	0,7550	0,0176	0,0911	0,0011	0,64	10,9755	0,1376	0,0601	0,0016	0,3233	0,0349
19,1	0,7577	0,0136	0,0931	0,0009	0,73	10,7462	0,1069	0,0591	0,0011	0,3263	0,0179
20,1	0,7777	0,0151	0,0939	0,0010	0,71	10,6466	0,1135	0,0601	0,0012	0,3144	0,0223
21,1	0,7695	0,0136	0,0940	0,0009	0,71	10,6418	0,1036	0,0594	0,0010	0,2215	0,0063
22,1	0,2116	0,0048	0,0230	0,0003	0,97	43,4095	0,5418	0,0666	0,0018	0,8453	0,0556
23,1	0,7766	0,0133	0,0940	0,0009	0,98	10,6354	0,1006	0,0599	0,0010	0,2747	0,0301
24,1	0,7551	0,0153	0,0927	0,0010	0,84	10,7872	0,1178	0,0591	0,0012	0,2449	0,0061
25,1	1,1928	0,0236	0,1355	0,0015	0,89	7,3823	0,0817	0,0639	0,0013	0,3373	0,0147
26,1	0,7619	0,0145	0,0923	0,0010	0,49	10,8290	0,1131	0,0598	0,0012	0,4048	0,0306
27,1	0,6017	0,0123	0,0730	0,0008	0,99	13,7023	0,1507	0,0598	0,0012	0,3298	0,0390

28,1	0,7289	0,0153	0,0895	0,0010	0,87	11,1792	0,1192	0,0591	0,0012	0,3531	0,0315
29,1	0,7257	0,0139	0,0886	0,0009	0,93	11,2851	0,1161	0,0594	0,0011	0,3991	0,0053
30,1	0,7242	0,0164	0,0895	0,0010	0,93	11,1686	0,1212	0,0587	0,0014	0,2577	0,0097
31,1	0,7633	0,0184	0,0934	0,0011	0,67	10,7039	0,1214	0,0593	0,0014	0,4072	0,0119
32,1	0,6324	0,0118	0,0756	0,0007	0,99	13,2235	0,1299	0,0606	0,0012	0,3614	0,0262
33,1	0,7692	0,0657	0,0937	0,0022	0,01	10,6711	0,2495	0,0595	0,0055	0,2075	0,0351
34,1	0,3408	0,0091	0,0401	0,0005	0,98	24,9415	0,3028	0,0616	0,0016	0,4821	0,0256
35,1	0,7783	0,0151	0,0957	0,0009	0,97	10,4510	0,1031	0,0590	0,0013	0,2712	0,0117
36,1	0,7858	0,0151	0,0964	0,0010	0,97	10,3712	0,1045	0,0591	0,0011	0,2549	0,0072
37,1	0,7070	0,0144	0,0865	0,0009	0,99	11,5630	0,1254	0,0593	0,0011	0,2829	0,0191
38,1	0,8131	0,0345	0,1007	0,0015	0,45	9,9309	0,1451	0,0586	0,0027	0,2380	0,0181
39,1	0,7755	0,0229	0,0930	0,0011	0,82	10,7503	0,1318	0,0605	0,0018	0,2847	0,0272

CA - 14	Pb total	Pb rad	Th	U	Th/U	AGES				conc.	
	comum	ppm	ppm	ppm		T206/238	1 sigma	T207/206	1 sigma	206/238	
SPOT										207/206	
	%										%
1,1	0,00	54	174	348	0,5	0,759	0,009	0,709	0,056	107	
2,1	1,38	34	210	296	0,7	0,663	0,009	0,585	0,070	113	
3,1	3,77	142	3113	2202	1,4	0,234	0,003	0,668	0,049	35	
4,1	0,51	264	2510	1809	1,4	0,582	0,005	0,583	0,037	99	
5,1	0,05	256	1685	2034	0,8	0,579	0,005	0,567	0,039	102	
6,1	0,00	271	2049	2266	0,9	0,299	0,004	0,654	0,037	45	
7,1	0,42	55	424	413	1,0	0,569	0,007	0,574	0,057	98	
8,1	0,29	131	878	1049	0,8	0,571	0,005	0,573	0,039	99	
9,1	0,24	204	1433	1661	0,9	0,305	0,004	0,659	0,041	46	
10,1	0,03	227	1632	1839	0,9	0,602	0,005	0,578	0,037	104	
11,1	1,05	290	2511	2560	1,0	0,443	0,004	0,613	0,036	72	
12,1	2,46	168	2190	1718	1,3	0,404	0,004	0,632	0,041	63	
13,1	4,13	125	2974	2002	1,5	0,233	0,002	0,742	0,044	31	
14,1	1,95	183	2220	1576	1,4	0,468	0,005	0,606	0,041	77	
15,1	0,08	264	1813	2107	0,9	0,582	0,005	0,578	0,037	100	
16,1	0,08	233	1526	1866	0,8	0,597	0,005	0,583	0,036	102	
17,1	3,20	247	3680	2225	1,7	0,303	0,003	0,634	0,041	47	
18,1	2,72	66	467	530	0,9	0,562	0,007	0,607	0,055	92	
19,1	0,21	156	1259	1200	1,0	0,574	0,005	0,569	0,039	100	
20,1	0,78	89	643	704	0,9	0,579	0,006	0,605	0,043	95	
21,1	0,19	255	1608	2073	0,8	0,579	0,005	0,582	0,037	99	
22,1	6,63	113	7547	2125	3,6	0,147	0,002	0,826	0,053	17	
23,1	0,28	288	1955	2220	0,9	0,579	0,005	0,600	0,036	96	
24,1	0,12	183	1241	1476	0,8	0,572	0,006	0,570	0,045	100	
25,1	0,62	101	617	584	1,1	0,819	0,008	0,737	0,043	111	
26,1	0,35	96	830	744	1,1	0,569	0,006	0,598	0,042	95	
27,1	0,93	330	2526	2788	0,9	0,454	0,005	0,596	0,042	76	

28,1	0,62	194	2264	1495	1,5	0,552	0,006	0,571	0,044	96
29,1	1,21	259	2964	2030	1,5	0,547	0,005	0,582	0,040	94
30,1	0,11	209	1671	1575	1,1	0,553	0,006	0,555	0,051	99
31,1	0,58	139	1507	997	1,5	0,576	0,006	0,577	0,053	99
32,1	0,92	299	3403	2597	1,3	0,470	0,004	0,627	0,043	74
33,1	1,55	9	53	79	0,7	0,577	0,013	0,587	0,197	98
34,1	4,64	101	3165	1416	2,2	0,253	0,003	0,662	0,055	38
35,1	0,64	272	2163	2037	1,1	0,589	0,006	0,567	0,046	103
36,1	0,14	254	1921	2030	0,9	0,593	0,006	0,571	0,042	103
37,1	1,24	153	2241	1566	1,4	0,535	0,006	0,578	0,042	92
38,1	0,39	35	221	276	0,8	0,618	0,009	0,551	0,105	112
39,1	0,20	57	463	454	1,0	0,573	0,007	0,620	0,065	92