



**DATAÇÃO U-Pb EM ZIRCÃO POR LA-MC-ICP-MS NA SEQUÊNCIA
METASSEDIMENTAR DA ANTIFORME CAPANÉ, COMPLEXO
METAMÓRFICO PORONGOS/RS**

PORTO ALEGRE, 2015

**DATAÇÃO U-Pb EM ZIRCÃO POR LA-MC-ICP-MS NA SEQUÊNCIA
METASSEDIMENTAR DA ANTIFORME CAPANÉ, COMPLEXO
METAMÓRFICO PORONGOS/RS**

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

Orientadoras: Dr^a Juliana Charão Marques

Dr^a Maria Luiza Correa da Camara Rosa

Porto Alegre, 2015

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Reitor: Carlos Alexandre Neto

Vice-Reitor: Rui Vicente Oppermann

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

Diretor: André Sampaio Mexias

Vice-Diretor: Nelson Luiz Sambaqui Gruber

Osório, Ronei Giusti

Datação U-Pb em zircão por LA-MC-ICP-MS na sequência metassedimentar da Antiforme Capané, Complexo Metamórfico Porongos/RS . / Ronei Giusti Osório. - Porto Alegre: IGEO/UFRGS, 2015.

[50 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, 2015.

Orientador(es):Juliana Charão Marques

Coorientador(es):Maria Luiza Correa da Camara Rosa

1. Sequência metassedimentar 2. Geocronologia U-Pb em zircão 3. Antiforme Capané 4. Complexo Metamórfico Porongos I. Título

CDU 55

Catlogação na Publicação

Biblioteca Instituto de Geociências - UFRGS

Sibila F. Tengaten Binotto

CRB 10/1743

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

A banca Examinadora, abaixo assinada, aprova o Trabalho de Conclusão de Curso
**“DATAÇÃO U-Pb EM ZIRCÃO POR LA-MC-ICP-MS NA SEQUÊNCIA
METASSEDIMENTAR DA ANTIFORME CAPANÉ, COMPLEXO
METAMÓRFICO PORONGOS/RS”** Elaborado por “RONEI GIUSTI OSÓRIO”,
como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Geologia.

Comissão Examinadora:

Prof. Dr. Edinei Koester

Prof. Dr. Leonardo Renner

Prof. Dr. Ruy Paulo Philipp

AGRADECIMENTOS

Cronologicamente gostaria de começar agradecendo à minha família por ter acreditado nos meus sonhos e ter me dado suporte e apoio desde sempre, passando pelo difícil período do curso pré-vestibular até chegar ao fim desta graduação. Pai, Mãe, Mano, Vó Beloni, Tia Ci e Tio Edison, vocês são as pessoas mais importantes da minha vida!

Agradeço às minhas lindas primas Lisiane, Denise, Simone e Rochele. O fato de vocês terem aberto as portas do ensino superior na família tanto me inspirou a entrar quanto a continuar firme durante essa jornada. Valew!

Gostaria também de agradecer aos meus amigos de infância que me acompanham desde a época da escola Preto, Dani, Cocota, Anderson, Alan, Fabio Cavitione e Evandro. A amizade de vocês tem uma enorme contribuição nessa conquista. Muito obrigado pelo carinho e parceria durante todos estes anos!

Agradeço também a alguns tão queridos amigos meus e da minha família que tanto me ajudaram durante todos esses anos: Tia Angela, Claudia, Tio Zé, Tia Nani e Jana. Obrigado pelo carinho!

Um agradecimento especial a pessoas que me ajudaram muito durante o cursinho pré-vestibular: Profs. Milton e Paulo Simões e Prof. Rossetti pelo essencial apoio durante o segundo ano do cursinho quando me acolheram e acreditaram no meu potencial. Também ao carinho da colega Karol Sortica que me apoiou muito durante esses dois anos preparatórios.

Dentro da UFRGS conheci algumas das pessoas mais incríveis do mundo e com certeza não conseguirei listar todas aqui. Mas vou tentar.

Agradeço a todos meus colegas da SuperBarra por terem sido como uma família durante todos estes anos de graduação. Cada momento com vocês ficará pra sempre em minha memória. Aos meus amigos Rafa, Chico, Fernandinho, Gui, Leco, Porquinho e Tiago por todas as parcerias e risadas desde 2009.

Agradeço também aos meus amigos de CME, Naira, Chris, Carlos, Moema, Leandro, Aline, Henrique e Karina pelo convívio desde o início do curso que durante dois anos ajudou diariamente no meu crescimento pessoal e profissional. Aos meus amigos de /Gravataí, Teteu, Alice e Felipe que são uns dos melhores presentes que a UFRGS me deu. Aos meus colegas de IC Marco, João Rodrigo, Isa, Carlos e Vicente pela parceria nesses últimos quatro anos. Um enorme agradecimento ao meu grupo de mapeamento: Matheus, Kamila e Dr^a. Anelise; vocês foram peças essenciais durante esta graduação e me levaram nas costas quando eu me arrastava. Obrigado por tudo! Aos meus colegas/amigos/sócios Jonatas, Pâmela, Elis, Orlando, Porquinho e Cris. Vamo Petra!!!!

Gostaria de agradecer os Profs. Dr. Clóvis Gonzatti e Dr. José Carlos Frantz por todos os ensinamentos e por toda amizade durante esses anos de graduação. O suporte que vocês dão aos alunos do curso de Geologia é essencial.

Agradeço também a Letícia Fernandes por todo carinho, paciência e amor que me deu forças para seguir em frente nos momentos mais difíceis do curso.

Agradeço enormemente também a minha colega de pesquisa Dai Francis que me ajudou em todas as etapas deste trabalho de conclusão, desde o trabalho de campo até as conclusões desta monografia. Certamente teria perdido algumas noites de sono a mais sem a sua ajuda.

E respeitando a cronologia dos fatos, agradeço às minhas orientadoras Dr^a. Juliana Charão Marques e Dr^a. Maria Luiza Correa da Camara Rosa por todo suporte e amizade durante todos os anos de convívio tanto no laboratório como em sala de aula e durante esse período de 18 meses dessa pesquisa.

“Controle o seu destino ou alguém controlará.”

Jack Welch

RESUMO

A área da Antiforme Capané, pertencente ao Complexo Metamórfico Porongos, possui uma grande variedade de litologias formadas a partir de protólitos ígneos que incluem rochas metavulcânicas félsicas, intermediárias a máficas, metagranitóides, gnaisses alcalinos e sequências metassedimentares. A Antiforme Capané hospeda ainda uma sequência metaultramáfica entendida como sendo uma lasca ofiolítica. Dados anteriores para a Antiforme Capané sugerem idades Edicarianas para a deposição e vulcanismo. Sendo assim, este projeto objetivou colaborar para a definição da idade de máxima deposição da paleobacia através de uma amostra da sequência metassedimentar na porção central da Antiforme. Para o atendimento dos objetivos, foram realizados trabalhos de campo, descrição de amostras, descrições petrográficas de zircões através de microscopia eletrônica de varredura e análise de isótopos de U-Pb por LA-MC-ICP-MS. Os resultados obtidos mostram apenas picos de proveniência de idades antigas. O pico principal está concentrado no Riáciano (ca. 2,1 Ga) e picos secundários no Sideriano e Mesoarqueano. A diferença deste padrão de proveniência comparado ao reportado anteriormente para o flanco oeste que posiciona a sedimentação no Edicariano, possibilita a construção de dois diferentes cenários: ou a bacia recebeu sedimentos de maneira heterogênea e o vulcanismo Edicariano não contribuiu com zircões, ou a sequência metassedimentar da porção central da Antiforme é mais antiga e pode ter sido posicionada tectonicamente. Considerando o padrão de imbricações anteriormente proposto para a Antiforme, parece razoável sugerir que, possivelmente, parte da porção central da Antiforme constitui um terreno mais antigo justaposto na sequência supracrustal Edicariana.

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

ABSTRACT

The Capané Antiform area, part of Porongos Metamorphic Complex, has a great variety of rock types, such as felsic and mafic metavolcanic rocks, metagranitoids, alkaline gneiss, all of them formed from igneous protolith, and metasedimentary sequences. The Capané Antiform hosts a metaultramafic sequence that it is known as an ophiolitic splinter. The previous data for the Capané Antiform suggests Ediacaran ages for the deposition and volcanism. The goal of this project is to collaborate with the maximum age of deposition of the paleobasin through a sample of metasedimentary sequence in the central portion of Antiform. To achieve this purpose, a field work was held, followed by the descriptions of samples, petrographic descriptions of zircons by scanning electron microscopy and analysis of U-Pb isotopes by LA-MC-ICP-MS on a sample from the metasedimentary sequence in the central portion of the Antiform. The results show only peaks with old age provenance. The main peak is concentrated in the Riacian (ca. 2,1 Ga) and the secondary peaks in the Siderian and Mesoarchean. The difference of this pattern of provenance compared to the previous data for the western flank positioning settling in Ediacaran, allows the construction of two different scenarios: or the basin received sediments heterogeneously and the Edicariano volcanism didn't contribute with zircons or the metasedimentary sequence of Antiform central portion is older and may have been positioned by tectonic activity. Considering the pattern of imbrications previously proposed for Antiform, it seems reasonable to suggest that possibly part of the central portion of Antiform is an older ground juxtaposed in supracrustal sequence Ediacaran.

Key Words: metasedimentary sequence, geochronology U-Pb zircon, Capané Antiform, Metamorphic Complex Porongos

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Relação de distância entre a cidade de Cachoeira do Sul e Porto Alegre.....	18
Figura 2: Esboço geológico do Complexo Metamórfico Porongos (Modificado de Gollmann, 2008). Sendo, (A) Antiforme Capané; (B) Antiforme Serro dos Pedrosas; (C) Domo Santana da Boa Vista e (D) Antiforme do Godinho.....	22
Figura 3: Esboço geológico da Antiforme Capané (dados compilados a partir de Marques, 1996) mostrando posição de pontos visitados, posição de datações realizadas por Kohlrausch (2013) (estrelas amarelas) e da datação realizada neste trabalho (estrela vermelha).....	24
Figura 4: (A) Descrição de afloramentos; (B) Exemplo de afloramento descrito em campo.....	25
Figura 5: Ilustração do equipamentos utilizados para a obtenção das frações. (A) Britador; (B) Moinho; (C) Peneira de 6mm.....	27
Figura 6: (A) Zircões em lâmina delgada; (B) Descrições dos zircões com auxílio de lupa binocular.....	28
Figura 7: Materiais usados para resinagem da amostra. Sendo, (A) Resina e endurecedor; (B) Lixa, feltro, pasta diamantada e lubrificante.....	29
Figura 8: Microscópio Eletrônico de Varredura do LGI/UFRGS.....	31
Figura 9: LA-MC-ICP-MS do LGI/UFRGS.....	32
Figura 10: Visão geral do afloramento CA - 02A.....	34
Figura 11: Foto de afloramento no ponto CA-2 mostrando dobras apertadas.....	35
Figura 12: Visão geral dos cristais descritos. Sendo A um exemplo da população 1 e B da população 2.....	36

Figura 13: Exemplo de diferença de resolução entre <i>backscattering</i> e catodoluminescência.....	36
Figura 14: Imagem em catodoluminescência mostrando as zonações truncadas....	37
Figura 15: Diagrama Concórdia mostrando boa concordância para os zircões da amostra CA-02A.....	38
Figura 16: Diagrama de probabilidade relativa mostrando os picos de idades de zircões da amostra CA-02A.....	39
Figura 17: Exemplares de imagens de MEV de alguns dos zircões datados da amostra CA-02A.....	40

APÊNCIDES

Tabela 1: Idades referentes aos zircões (de 03 a 44) da amostra CA-02A após o tratamento dos dados.....49

Tabela 2: Idades referentes aos zircões (de 47 a 86) da amostra CA-02A após o tratamento dos dados..... 50

LISTA DE ABREVIATURAS

CMP - Complejo Metamórfico Porongos

LA-MC-ICP-MS - *Laser Ablation Multi Collector Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry*

SHRIMP - *Sensitive High Resolution Ion Microprobe*

1. INTRODUÇÃO

A Antiforme Capané, pertencente ao Complexo Metamórfico Porongos (CMP), é relativamente bem conhecida (Hartmann *et al.*, 2000), 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 (Fragoso-Cesar, 1980). Dados de Kohlrausch (2013) e Pertille *et al.* (2015) sugerem uma idade de deposição/vulcanismo mais jovem do que antes era proposto para o Complexo Metamórfico Porongos.

Este projeto realiza um estudo geocronológico a partir de zircões da sequência metassedimentar da Antiforme Capané, analisados com o uso do método U-Pb por LA-MC-ICP-MS, para assim obter as idades de máxima deposição da paleobacia. Faz parte de uma pesquisa coletiva que envolveu o trabalho de Kohlrausch (2013) e tem continuidade neste projeto.

1.1 JUSTIFICATIVA

Conhecer melhor a idade de deposição máxima das sequências metassedimentares irá contribuir de forma significativa não apenas para o entendimento da evolução da sequência supracrustal, mas também para a reconstrução da história da colagem tectônica do Cinturão Dom Feliciano.

1.2 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

A região da Antiforme Capané é relativamente bem conhecida quanto a sua geologia, particularmente quanto a aspectos de campo e petrografia, tendo os protólitos das rochas supracrustais separados em vulcânicas e sedimentares (Marques, 1998). Há ainda, uma sequência metaultramáfica entendida por Marques *et al.* (2003) como correspondendo a lascas mantélicas de natureza ofiolítica hospedadas nessa sequência metavulcano-sedimentar. As rochas metavulcânicas foram caracterizadas como sendo originalmente formadas em um arco magmático (Gollmann *et al.* 2008) e idades de Kohlrausch (2013) e Pertille *et al.* (2015) sugerem uma idade de deposição/vulcanismo mais jovem do que as anteriormente conhecidas para o Complexo Porongos. No entanto, as idades reportadas por Kohlrausch (2013) e Pertille *et al.* (2015) são restritas ao flanco oeste onde há predomínio de rochas de origem vulcânica. Obter idades de outras áreas da Antiforme, onde há predomínio de rochas metassedimentares, contribui para o entendimento da idade de deposição da paleobacia na área da Antiforme Capané, o que é muito interessante do ponto de vista evolutivo.

1.2.1 DESCRIÇÃO DO PROBLEMA E HIPÓTESE

A datação de rochas metavulcânicas ácidas na região da Serra dos Pedrosas, na porção setentrional do CMP, atribui uma idade Criogeniana à bacia precursora do CMP (Porcher *et al.*, 1999). No entanto, dados isotópicos provenientes de rochas metavulcânicas intermediárias a básicas de Kohlrausch (2013) sugerem idades Edicarianas para o flanco oeste da Antiforme Capané, porção extremo norte do CMP.

A hipótese de trabalho considera que se houve vulcanismo ativo na paleobacia durante o Edicariano, zircões detríticos com estas idades poderiam estar presentes nas rochas metassedimentares que são abundantes em toda a Antiforme Capané. Isto já é parcialmente demonstrado por Pertille *et al.* (2015), mas com dados restritos ao flanco oeste, restando investigar as demais áreas da antiforme.

1.3 OBJETIVOS E METAS

Com o intuito de contribuir ao entendimento do ambiente relacionado à evolução estratigráfica do Complexo Metamórfico Porongos, foi realizado um estudo geocronológico U-Pb em zircão por LA-ICP-MS (*Laser Ablation Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry*) dirigido às associações metassedimentares na área da Antiforme Capané. Sendo assim, foi datada a proveniência da sequência metassedimentar da Antiforme Capané com o objetivo de verificar a contribuição de zircões do vulcanismo Edicariano.

2. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA E CONTEXTO GEOLÓGICO

2.1 LOCALIZAÇÃO

A área em estudo é situada na porção central do Estado do Rio Grande do Sul, aproximadamente 50 Km a sul do município de Cachoeira do Sul. A área que abrange a Antiforme Capané está representada nas folhas 1:50.000, do Serviço Geográfico do Exército, Capané (SH.22-Y-A-III-3 MI-2984/3), Cerro da Árvore (SH.22-Y-A-VI-1 MI-2997/1), Cerro Manuel Prates (SH.22-Y-A-II-4 NI-2983/4) e Rodeio (SH.22-Y-A-V-2 MI-2997/2).

Partindo de Porto Alegre pela rodovia federal BR-116 e BR-290 no sentido oeste, a área de estudo está aproximadamente 190 Km a oeste da capital (Fig. 1). Após passar aproximadamente 500 m da entrada principal da cidade de Cachoeira do Sul, deve-se efetuar conversão no sentido sul na estrada vicinal e percorrer aproximadamente 25 Km.



Figura 1: Relação de distância entre a cidade de Cachoeira do Sul e Porto Alegre.

2.2 CONTEXTO GEOLÓGICO

Contextualizado dentro do Cinturão Dom Feliciano, o CMP aflora na porção centro-leste do Escudo Sul-Rio-Grandense como uma faixa alongada de direção nordeste com 170 Km de comprimento e 15-30 Km de largura (Fig. 2). Os trabalhos precusores na região são iniciados por Carvalho (1932), detalhados em Jost & Bitencourt (1980) e Jost (1981) e durante 1985-1995 a atividade de mapeamento executada por alunos de geologia da Universidade do Vale do Rio do Sinos (Unisinos) e Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) trouxeram novas informações geológicas acerca da área.

O CMP é limitado pela Zona de Cisalhamento Dorsal de Canguçu a leste, e pela Zona de Falha Passo do Marinheiro, a qual estabelece contato da unidade com os granitóides do Complexo Encruzilhada. A unidade é parcialmente recoberta pela Bacia do Camaquã, cujos sedimentos Neoproterozóicos-Eopaleozóicos são agrupados nas sub-bacias Guaritas, a oeste, e Piquiri-Boici na região central, limitada por falhas normais (Chemale Jr., 2000). Em porções restritas, principalmente na porção norte, ocorre ainda o recobrimento por sedimentos Fanerozóicos da Bacia do Paraná.

A faixa do CMP apresenta quatro estruturas antiformais (Fig. 2): Antiforme Capané, na região norte; Domo de Santana da Boa Vista, região central; Antiforme Serra dos Pedrosas, a leste do Domo de Santana e Antiforme do Godinho, a sul.

- Localizada no extremo norte do CMP, a Antiforme Capané tem orientação NE-SW, corresponde a intercalação de rochas metavulcânicas interpretadas como um antigo arco magmático (Gollmann *et al.*, 2008) e sequências metassedimentares a qual é intrudida por metagranitóides leucocráticos. Ocorrem também gnaisses alcalinos cunhados como Capané (Hartmann & Jost, 1980), metaconglomerado oligomítico e rochas metaultramáficas, as quais são interpretadas como parte de um ofiolito desmembrado (Marques, 1996; Marques *et al.*, 2003). Os trabalhos de detalhe acerca da litologia,

estrutura e evolução da Antiforme Capané são dados por Marques (1996), Marques *et al.* (1998a, 1998b, 2003), Gollmann *et al.* (2008) e Zvirtes (2014).

- Localizado na parte central do CMP, o Domo de Santana da Boa Vista é uma antiforme de duplo caimento. A sequência supracrustal (metapelitos, quartzitos e mármores) é agrupada como Grupo Cerro dos Madeiras (Jost & Bitencourt, 1980). O embasamento ensiálico, corresponde aos Granitóides Milonitizados Santana da Boa Vista e Gnaisses Encantadas (Jost & Bitencourt, 1980; Jost, 1981; Machado *et al.*, 1987 e Porcher & Fernandes, 1990).
- Localizada na parte central do CMP e a leste do Domo de Santana, está a Antiforme Serra dos Pedrosas. Estratigraficamente é designada como Complexo Cerro da Árvore (Jost & Bitencourt, 1980; Jost, 1981), o qual é dividido em metapelitos Cerro do Facão, xistos Rincão do Maranhão, metaandesitos Cerro Cambará, xistos Arroio Areião e metariolitos Cerro do Alemão.
- Localizado na parte sul do CMP, na região do Passo da Cuia, ocorre a Antiforme do Godinho. Esta estrutura corresponde a associações de rochas metavulcânicas andesíticas a dacíticas intercaladas com filitos, quartzitos, xistos, margas e metagranitóides (Wildner *et al.*, 1996).

A sul do Rio Camaquã as informações sobre o CMP são mais restritas em relação aos outros setores descritos. Remus *et al.* (1987) descrevem sequências de xisto verde médio a anfibolito médio, 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 cavalgamento. Camozzato *et al.* (1994) descrevem gnaisses alcalinos similares aos encontrados na Antiforme Capané.

A evolução tectônica observada no CMP é complexa e modelos evolutivos permanecem especulativos, pois a intensa deformação e metamorfismo obliteraram as relações estratigráficas. No entanto, as informações geocronológicas auxiliam a compor um cenário mais assertivo.

Os primeiros trabalhos foram realizados com o uso de isócrona Rb/Sr por Teixeira (1982), Soliani Jr. (1986). Idades obtidas por U-Pb em zircão trouxeram informações acerca do posicionamento do CMP temporalmente, onde a idade de 1350 ± 227 Ma foi obtida para rochas metavulcânicas setentrionais por Wildner *et al.* (1996) pelo método TIMS. Posteriormente, idades mais precisas foram obtidas. A idade de 783 ± 6 Ma foi obtida pelo método SHRIMP para metariolitos do Complexo Cerro da Árvore por Porcher *et al.* (1999) e 773 ± 8 Ma, também por SHRIMP, para meta-andesitos da Antiforme do Godinho por Chemale Jr. (2000).

Em relação aos trabalhos de proveniência sedimentar os trabalhos de maior destaque são Hartmann *et al.* (2004), no qual reporta idades U-Pb em zircão por SHRIMP de metassedimentos variando de 2488 ± 12 Ma até 1950 ± 78 Ma em quartzito da Antiforme do Godinho, e Gruber *et al.* (2011) que reporta idades U-Pb em zircão por LA-ICP-MS de 2910 ± 24 Ma até 1010 ± 17 Ma em quartzito-milonitos ao sul do Domo de Santana.

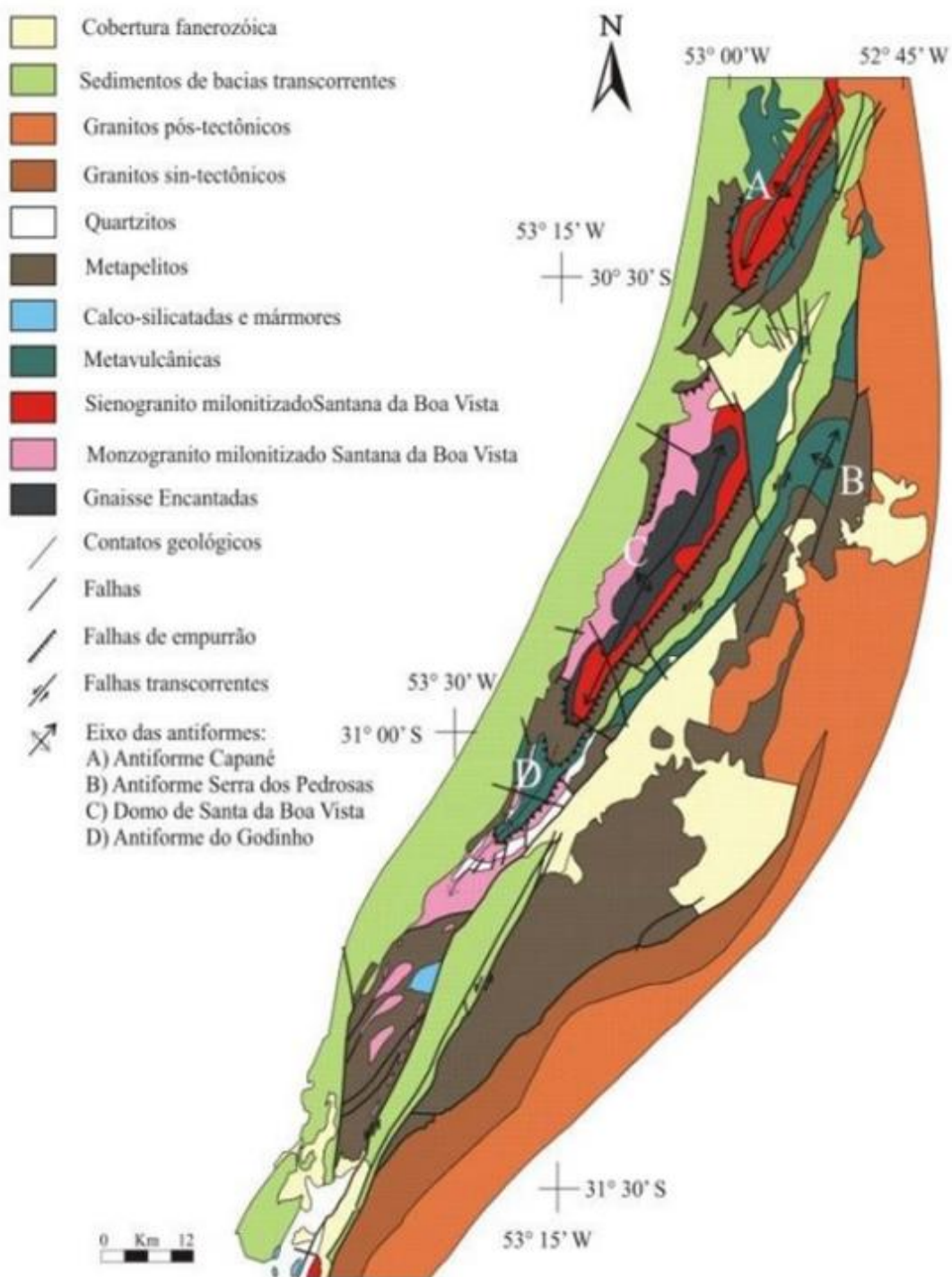


Figura 2: Esboço geológico do Complexo Metamórfico Porongos (Modificado de Gollmann, 2008). Sendo, (A) Antiforme Capané; (B) Antiforme Serro dos Pedrosas; (C) Domo Santana da Boa Vista e (D) Antiforme do Godinho.

2.2.1 SEQUÊNCIA SUPRACRUSTAL DA ANTIFORME CAPANÉ

Trabalhos de Marques (1996) e Marques *et al.* (1998a, 1998b, 2003) descrevem a Antiforme Capané como sendo predominantemente composta por uma intercalação de rochas metavulcânicas e metapelíticas, intrudidas por injeções de leucogranito de granulação fina e também em meio a lentes de quartzito e quartzo milonito. No flanco oeste ocorrem lentes do Gnaiss Alcalino Capané e metaconglomerado oligomítico; no flanco leste ocorrem lentes cálcio silicáticas e na zona de charneira afloram rochas metaultramáficas (Fig. 3).

O grau metamórfico atingiu o fácies anfíbolito inferior localmente na zona central e fácies xisto verde médio a superior no restante da Antiforme, exceto em parte do flanco leste que registra apenas paragêneses xisto verde inferior. Superposto, há registro de retrometamorfismo. A deformação é bastante heterogênea e, muitas vezes, transforma os litotipos em ultramilonitos indiferenciados, dificultando a individualização e o reconhecimento dos protólitos.

Os primeiros dados isotópicos reportados para a Antiforme Capané foram de Chemale Jr. (2000) que relata ter obtido por U-Pb em zircão por TIMS uma idade de 543 ± 6 Ma para cristalização do Gnaiss Capané. Mais recentemente, Kohlrausch (2013) obteve idades U-Pb em zircão por LAM-MC-ICP-MS de 578 ± 1.6 Ma para a cristalização de rochas metavulcânicas intermediárias e 601.2 ± 2.6 Ma para rochas metavulcânicas ácidas, ambas do flanco oeste da Antiforme, interpretadas como sugestivas da idade de deposição da bacia (ver Fig. 3 para posição dos afloramentos datados por Kohlrausch, 2013). Dados de proveniência foram também recentemente produzidos por Pertille *et al.* (2015) que refere idades U-Pb em zircão (SHRIMP) de 2267 ± 14 Ma até 553 ± 6 Ma para clorita xistos do flanco oeste da antiforme.

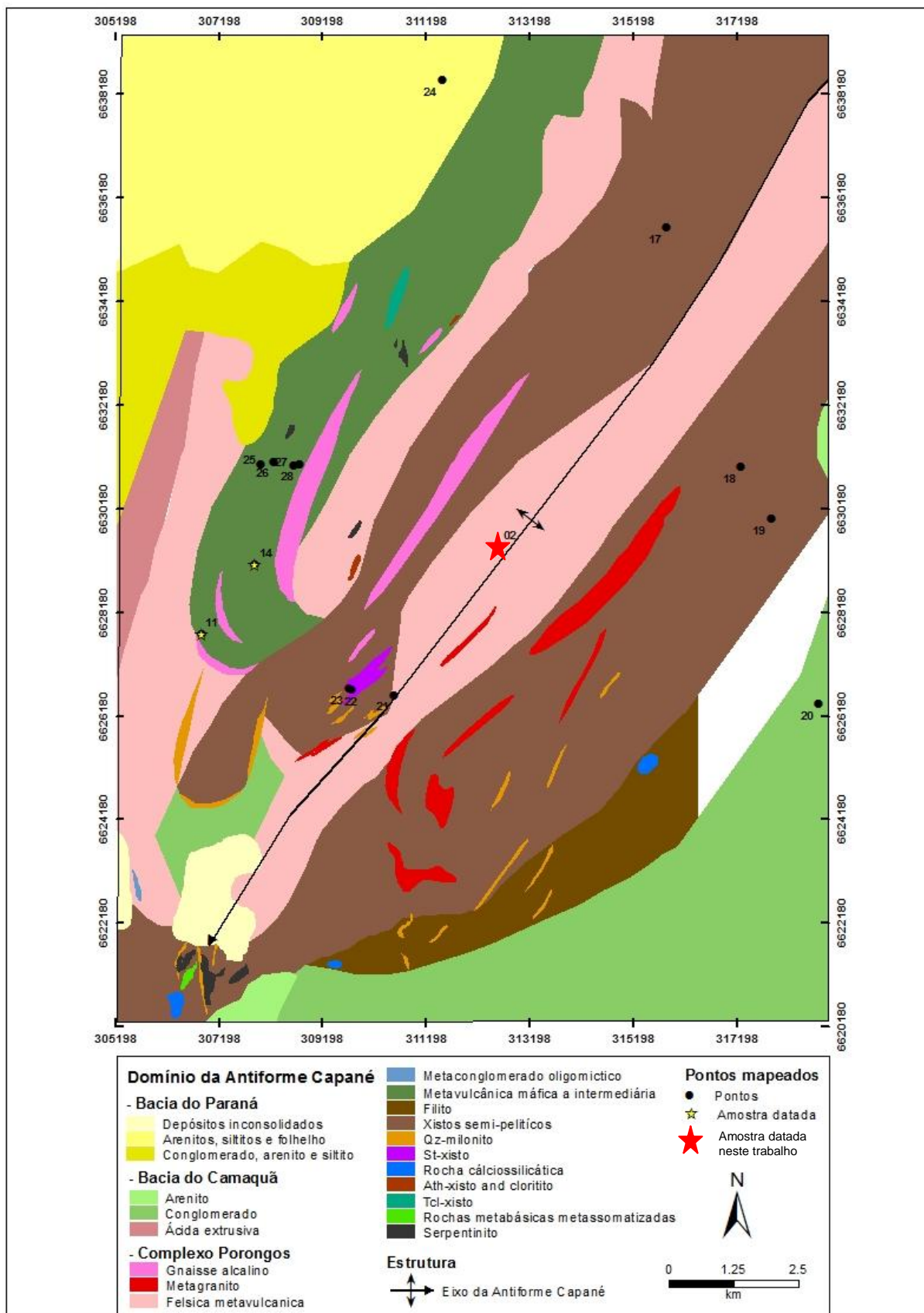


Figura 3: Esboço geológico da Antiforme Capané (dados compilados a partir de Marques, 1996) mostrando posição de pontos visitados, posição de datações realizadas por Kohlrausch (2013) (estrelas amarelas) e da datação realizada neste trabalho (estrela vermelha).

3. METODOLOGIA E ESTRATÉGIAS DE AÇÃO

O estudo efetuado neste projeto, para o atendimento dos objetivos propostos, seguiu uma metodologia composta de duas etapas principais: trabalho de campo e etapa de laboratório.

3.1 TRABALHO DE CAMPO

Inicialmente, em uma etapa de pré-campo, foi feita uma compilação de dados e uma revisão bibliográfica de trabalhos realizados na área geológica de interesse. O trabalho de campo foi realizado e visou realizar um reconhecimento da geologia do Complexo Metamórfico Porongos na região da Antiforme Capané e visitar afloramentos previamente descritos por Marques *et al.* (1998a,b), Gollmann *et al.* (2008) e amostrados por Kohlrausch (2013) (Fig. 4). Novos afloramentos também foram descritos para a coleta de amostras para posterior separação de zircões para a análise geocronológica e sequência dos trabalhos em realização pelo grupo de pesquisa. A posição do afloramento amostrado e datado neste trabalho pode ser observada na figura 3.

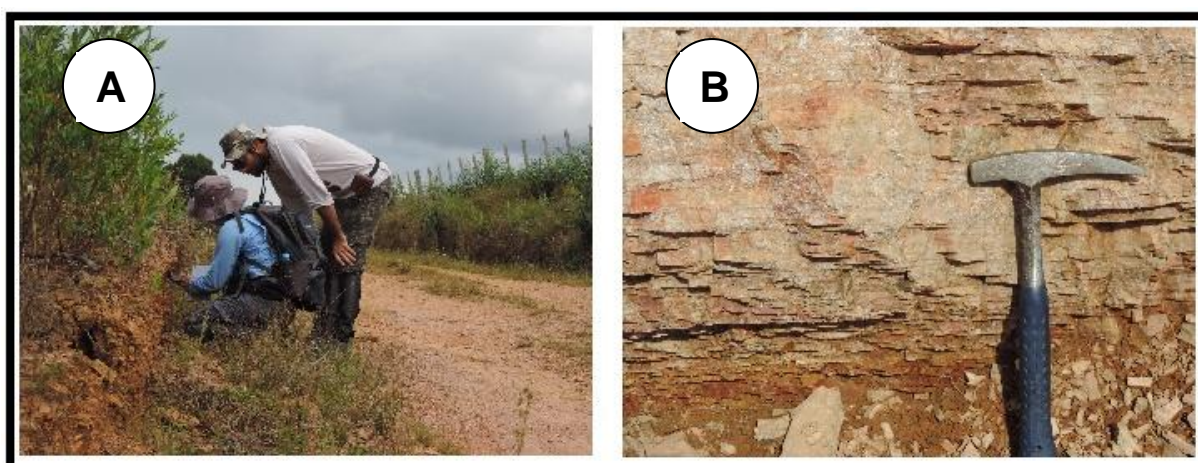


Figura 4: (A) Descrição de afloramentos; (B) Exemplo de afloramento descrito em campo.

3.2 ETAPA DE LABORATÓRIO

Na parte de revisão bibliográfica do projeto foi feito um levantamento de todas as técnicas laboratoriais que foram utilizadas no projeto. Toda a parte laboratorial inserida no projeto foi efetuada no Instituto de Geociências da UFRGS. Os procedimentos utilizados tiveram como finalidade a obtenção de idades através de datação U-Pb de zircões por LA-MC-ICP-MS.

O zircão ($ZrSiO_4$) é um silicato de zircônio, apresenta uma estrutura tetragonal pertencente ao grupo dos nesossilicatos e sua coloração natural varia desde incolor passando pelo amarelo dourado, vermelho, marrom ou verde. Aparece como mineral acessório em muitas rochas sedimentares (como grãos detríticos), rochas ígneas (como produto primário da cristalização) e nas rochas metamórficas (como grãos recristalizados). Uma das características que fazem do zircão um ótimo mineral para a geocronologia é sua elevada resistência ao intemperismo químico e físico devido à sua estrutura cristalina (Finch *et al.*, 2003). Uma vez que o zircão tem a capacidade de resistir a processos geológicos como a erosão, o transporte, e mesmo a alto grau de metamorfismo, ele é usado como indicador de proveniência. Ele pode substituir o zircônio de sua estrutura cristalina por elementos como P, Sc, Nb, Hf, Ti, U, Th, e ETRs como elementos traços e menores.

Holmes (1911) percebeu o potencial do zircão como mineral geocronômetro a partir do reconhecimento do chumbo (Pb) como isótopo radioativo do urânio (U), tornando-se importante para a datação radiométrica. Sendo assim, o zircão tem sido muito utilizado para a obtenção de idades de cristalização, metamorfismo e proveniência de rochas. Zircões contêm quantidades significativas de urânio e tório, o que lhe permite ser datado utilizando técnicas analíticas modernas como LA-ICP-MS e SHRIMP, por exemplo.

3.2.1 MOAGEM DAS AMOSTRAS E SEPARAÇÃO DOS ZIRCÕES

Usando como base para a concentração dos zircões, a separação mineral é o ponto principal da preparação das amostras. Neste processo que está o maior perigo de contaminação.

Sendo assim, depois de devidamente lavadas, um britador é usado para britar as amostras. Após o britamento, são peneiradas e separadas em duas frações: uma fração menor que 6 mm e outra fração menor que 500 μm . Essa fração menor que 6 mm é colocada em um moinho onde os fragmentos são diminuídos até ficarem todos em uma fração menor que 500 μm (Fig. 5).

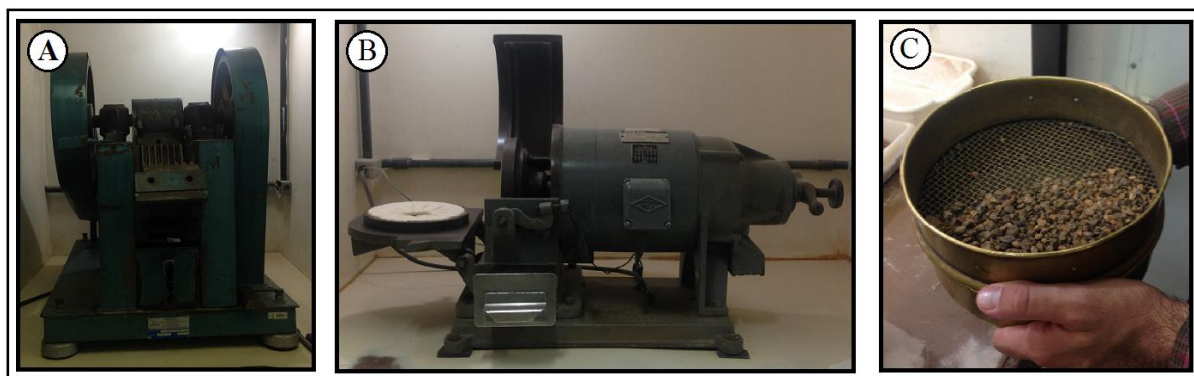


Figura 5: Ilustração dos equipamentos utilizados para a obtenção das frações (A) Britador; (B) Moinho; (C) Peneira de 6 mm

Após o processo de peneiramento, começa o processo de concentração mineral. Primeiramente, a amostra é lavada para a retirada do excesso de argilas e depois bateada em um tanque para a separação de minerais pesados e descarte dos leves. Para separação de minerais metálicos, o concentrado gerado após o processo de bateia é seco e posto no separador magnético isodinâmico em diferentes amperagens (respeitando a ordem, 0.4, 0.8, 1.2 e 1.8 mA). Finalizando o processo, uma Placa de Petri é usada para uma concentração em detalhe. Este processo é efetuado como uma "mini bateia" usando como líquido o álcool ou a acetona, obtendo-se o concentrado de zircões.

3.2.2 MONTAGEM DAS *MOUNTS*

Após o processo de separação dos zircões, começa a etapa de montagem das *mounts*. As *mounts* são pastilhas onde os zircões serão agrupados e fixados para sua posterior análise.

O processo de montagem começa preparando o local de fixação dos grãos de zircões. Em uma lâmina de vidro é colada uma fita dupla face de aproximadamente 1,5 cm x 1,5 cm que será onde os minerais serão colados (Fig. 6).

Já com o suporte para os zircões preparado, com o auxílio de uma lupa binocular, os zircões são fixados na fita dupla face e uma cápsula de plástico (uma ponta de pipeta no tamanho de aproximadamente cinco milímetros) também é colada na fita de forma que os todos os cristais fiquem fixados dentro desse cilindro.

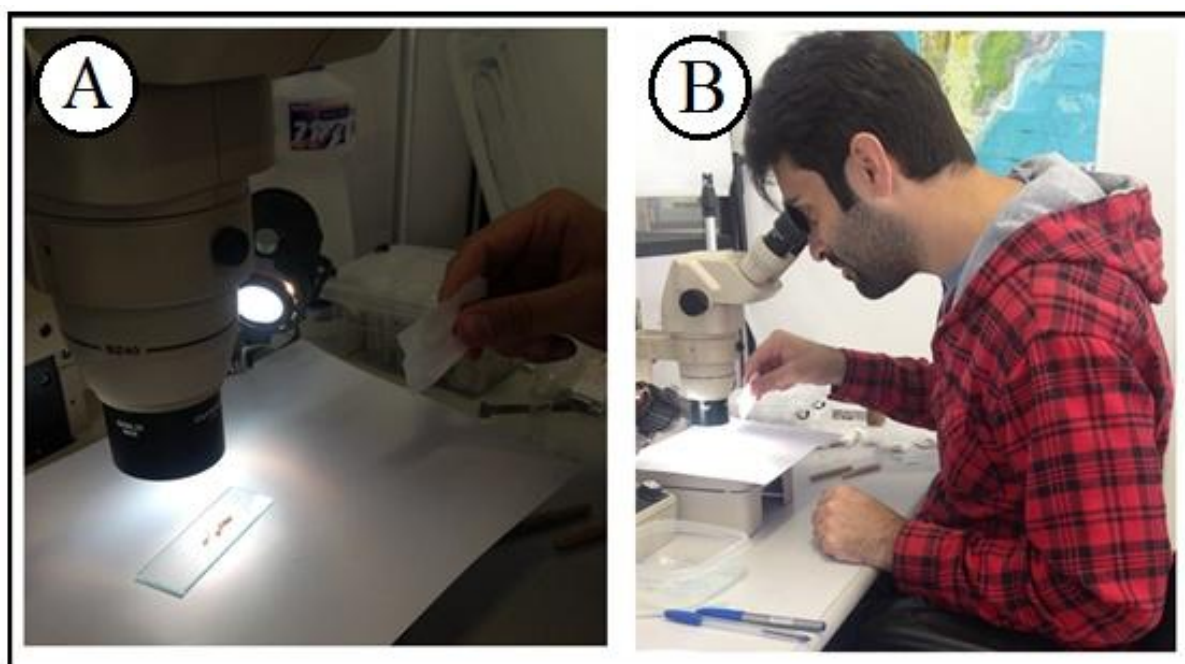


Figura 6: (A) Zircões em lâmina delgada; (B) Descrições dos zircões com auxílio de lupa binocular.

Após o processo de separação e fixação dos zircões, começa a fase de resinação da amostra (Fig. 7). Neste processo é utilizada uma resina epoxi específica para o procedimento e um endurecedor.

Para a resina endurecer de forma satisfatória é necessário usar uma proporção de 2 gotas de endurecedor para cada 10 gotas de resina utilizadas. Sendo assim, a quantidade necessária do composto é misturada em um recipiente e colocada em repouso por aproximadamente 5 minutos para evitar bolhas dentro do líquido. Após esta etapa a resina é colocada lentamente dentro do cilindro onde os zircões estão fixados. São necessárias, no mínimo, 24 horas de espera para que a resina endureça.

Finalizando o processo de montagem, a face da *mount* em que os zircões estão fixados é lixada e polida afim de oferecer uma superfície totalmente lisa dos zircões para posterior análise. Primeiramente esta face é desbastada com uma lixa e o acabamento final é dado com uma pasta de diamante.



Figura 7: Materiais usados para resinagem da amostra. Sendo, (A) Resina e endurecedor; (B) Lixa, feltro, pasta diamantada e lubrificante.

3.2.3 MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA

O Microscópio Eletrônico de Varredura é uma importante ferramenta de ampla utilização nos estudos em geologia. Ele possibilita captar imagens em alta resolução, além de fazer análises químicas. Esta técnica é utilizada para tentar reconhecer com maior detalhe as zonações internas dos zircões amostrados a fim de mapear os melhores lugares para análise nos grãos e otimizar o processo de datação.

Para seu uso é necessário a metalização das amostras não metálicas para auxiliar a condução de elétrons. A área da *mount* referente à análise é irradiada por um feixe de elétrons, assim emitindo elétrons secundários e elétrons retroespalhados, que são essenciais para o trabalho realizado.

Os elétrons secundários são os responsáveis pela geração da imagem. Já os elétrons retroespalhados fornecem imagens a partir da variação de composição. Partindo do princípio que os elementos de menor número atômico precisam de menos energia para a atração dos elétrons que os elementos mais pesados, esta técnica é usada para a identificação de zonações internas nos cristais de zircões imageados.

As análises foram realizadas no Laboratório de Geologia Isotópica na UFRGS. O modelo utilizado para as análises neste trabalho foi o Jeol 6610-LV, que possibilita imageamento com elétrons secundários (Fig. 8).

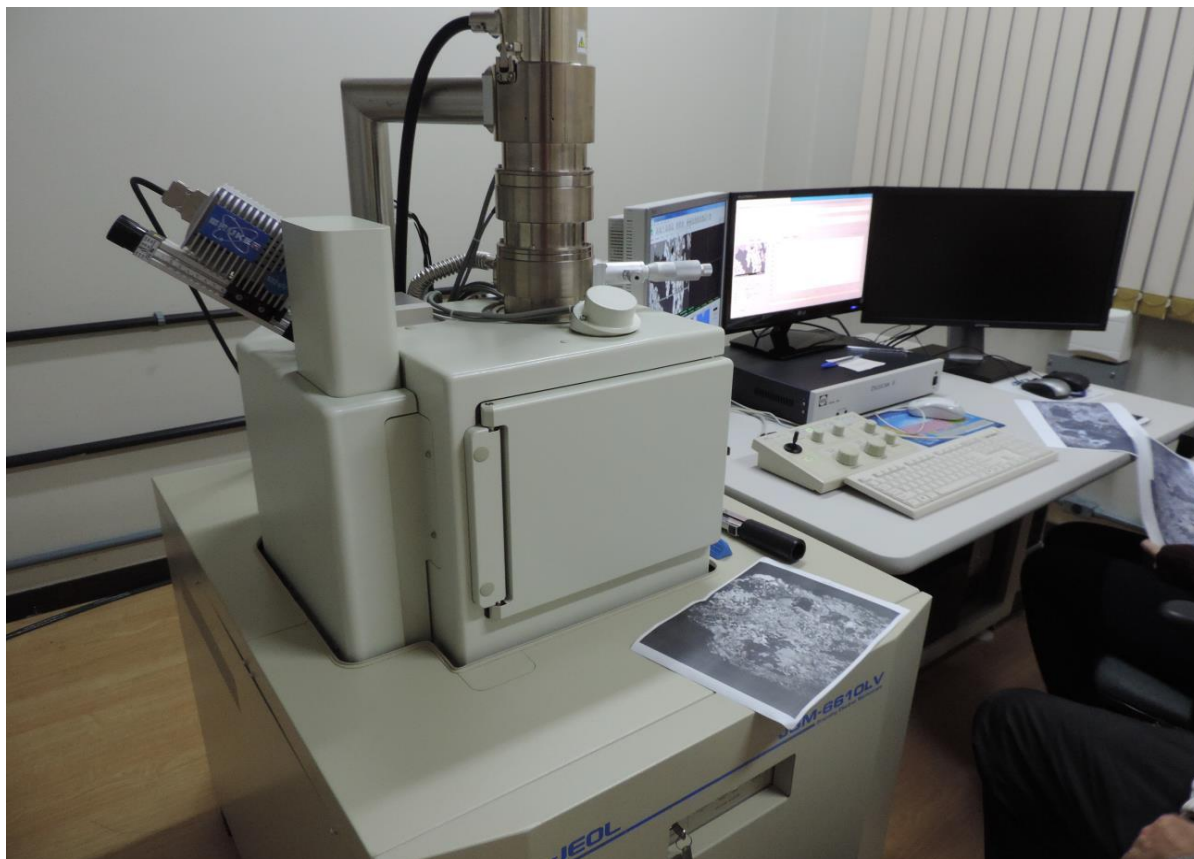


Figura 8: Microscópio Eletrônico de Varredura do LGI/UFRGS.

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

A partir do reconhecimento do chumbo (Pb) como isótopo radioativo do urânico (U), o potencial do zircão ($ZrSiO_4$) como mineral geocronômetro foi reconhecido por Holmes (1911). Assim, um dos métodos mais aprimorados para a datação radiométrica de rochas ígneas, metamórficas e sedimentares é a metodologia U-Pb em zircão ($ZrSiO_4$). O método consiste em obter as idades de metamorfismo e/ou cristalização dos minerais por meio de uma curva concórdia gerada pelas razões isotópicas de $^{235}U / ^{207}Pb$ e $^{238}U / ^{206}Pb$ tendo como base o decaimento radioativo de urânio para chumbo.

Um dos equipamentos utilizados para datação radiométrica pelo método U-Pb é o LA-MC-ICP-MS (Fig. 9). Ele foi utilizado primeiramente em 1985 e desde então tem sido muito importante para a evolução das geociências (Feng *et al.*, 1993).

Muitas das importantes renovações da técnica foram desenvolvidas dentro dos departamentos de geologia de universidades (Machado & Gauthier, 1996).



Figura 9: LA-MC-ICP-MS do LGI/UFRGS.

O Espectrômetro de Massa Multicoletor com Plasma Acoplado Indutivamente e Microsonda de Ablação a Laser (LA-MC-ICP-MS) é composto por :

- Ablação a Laser ("*Laser Ablation*" - LA) é uma técnica de microsonda onde o um feixe de laser é emitido na superfície das amostras para a geração de partículas finas (aerossóis).
- Plasma Acoplado Indutivamente ("*Inductively Coupled Plasma*" - ICP) é um método de ionização de amostra que é usado para dissolver e ionizar as partículas finas.
- Espectrômetro de Massa ("*Mass Spectrometry*" - MS) é a parte do equipamento que efetua a análise elementar e isotópica das partículas finas.
- Multicoletor ("*Multi Collector*" - MC) é um dos diversos tipos de analisadores do espectrômetro de massa. No caso do multicoletor os íons são separados espacialmente e são analisados em diversos coletores dedicados um para cada massa (Skoog, 2006).

Durante toda a etapa de análise é utilizada uma amostra padrão para poder ter um controle do desempenho do equipamento durante o processo de datação. As amostras padrão são materiais naturais ou sintéticos em que sua idade é conhecida e possui um alto grau de confiabilidade dos valores que irá gerar. Sendo assim, foi utilizado o padrão internacional GJ-1. O GJ-1 é um padrão de zircão fornecido pela ARC (GEMOC), na Austrália. Proveniente de um pegmatito da África, com cerca de 0,7 cm de diâmetro este é um cristal de zircão gema de qualidade que foi quebrado e preparado para análise. A sua idade de referência é: idade $^{207}\text{Pb} / ^{206}\text{Pb} = 608,6 \pm 1,1$ Ma, idade $^{206}\text{Pb} / ^{238}\text{U} = 600,4 \pm 1,8$ Ma, $^{207}\text{Pb} / ^{235}\text{U}$ idade = $602,1 \pm 3,0$ Ma (Jackson *et al.*, 2004).

Na parte operacional, os zircões são analisados em blocos de quatro cristais. Antes e depois de cada bloco ser analisado, também é analisado o valor de branco e da amostra padrão. Esse procedimento é utilizado para fazer um acompanhamento do desempenho do equipamento, monitorar possíveis contaminações e diluir estatisticamente os erros de datação.

Após o processo de datação efetuado todos os dados são reduzidos em uma tabela Excel conforme Bühn *et al.* (2009). O intuito da redução é obter os dados finais. A redução inclui diversos cálculos matemáticos que excluem possíveis contaminantes e corrigem as variações diárias do equipamento e o fracionamento dos elementos, o que é natural no método. Posteriormente, estes dados são plotados em uma curva concórdia utilizando o software Isoplot 3.0 (Ludwig, 2003) que renderá a idade de cristalização caso seja uma rocha ígnea ou os dados são plotados em um diagrama de densidade de probabilidade quando os zircões provêm de uma amostra de origem sedimentar, situação deste projeto.

4 RESULTADOS

4.1 ANÁLISE DE CAMPO

O afloramento selecionado para execução de datação neste trabalho é do tipo corte de estrada e apresenta cerca de 1,5 m de altura por cerca de 25 m de comprimento. A rocha está alterada intempericamente e apresenta variação litológica lateral marcada por camadas que variam de avermelhada a creme clara, localmente cinza escuro. As porções mais claras são compostas por material mais fino, argiloso (Fig. 10). A foliação é bem marcada e as camadas estão truncadas pela foliação. Localmente, é possível observar dobras relativamente apertadas com plano axial paralelo à foliação principal (Fig 11).



Figura 10: Visão geral do afloramento CA - 02A.

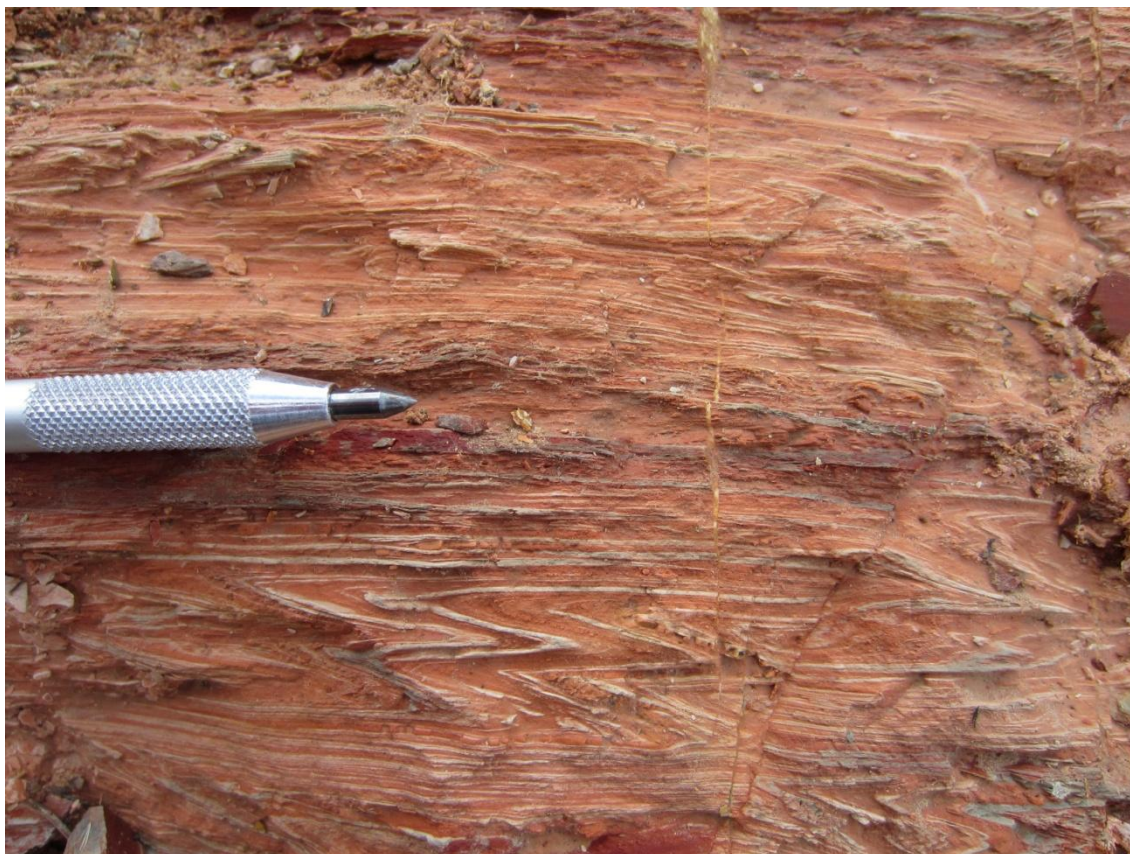


Figura 11: Foto de afloramento no ponto CA-2 mostrando dobras apertadas.

4.2 ANÁLISE PETROGRÁFICA DOS ZIRCÕES

O concentrado de minerais pesados da amostra CA-02A produziu aproximadamente 60 cristais de zircão que foram classificados em duas populações a partir de microscopia óptica (Fig. 12):

- População 1: Zircões amarelos/marrons com tamanho aproximado de 200 μm , com hábito prismático, proporção de tamanho 3x1. Os grãos apresentam arredondamento bem marcado e alguns cristais encontram-se quebrados.
- População 2: Zircões incolores com tamanho aproximado de 100 μm , proporção de tamanho 2x1. Essa segunda população também apresenta arredondamento, alguns cristais quebrados e destaca-se moderada a alta esfericidade.

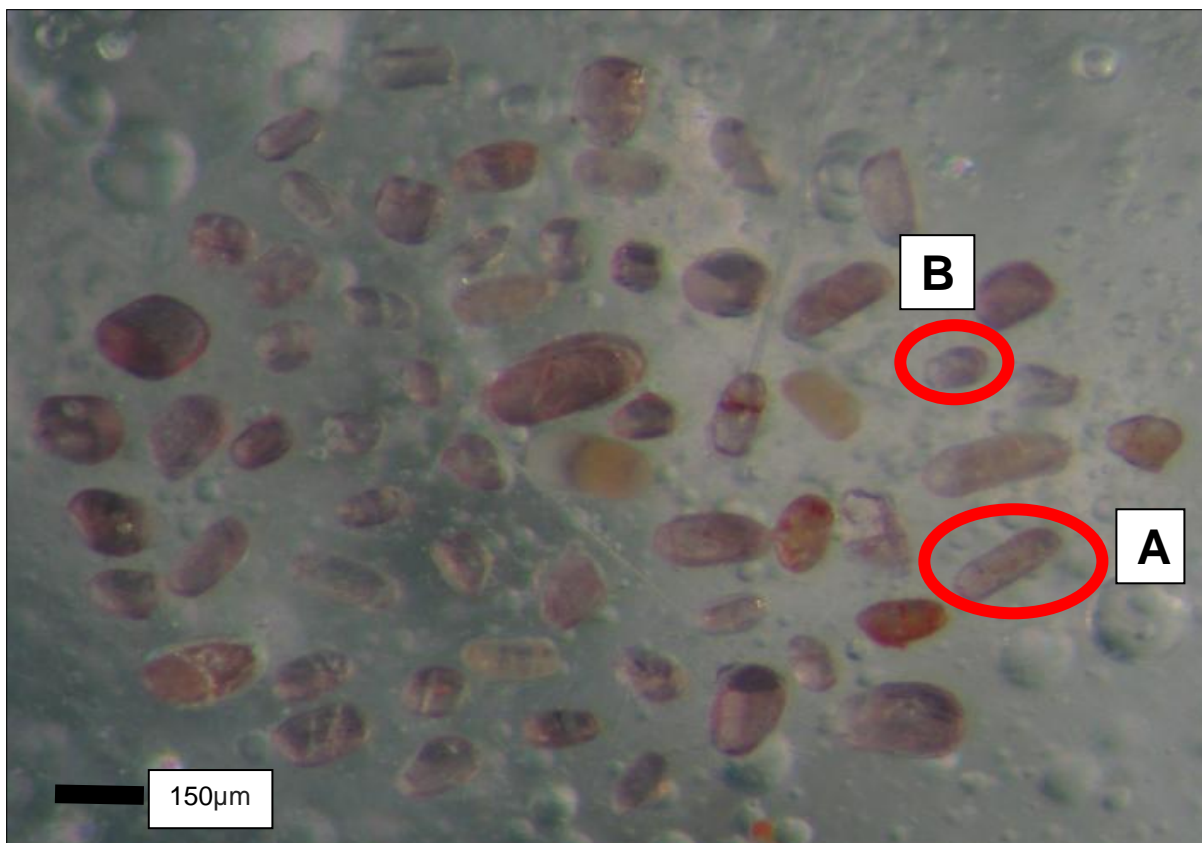


Figura 12: Visão geral dos cristais descritos. Sendo (A) um exemplo da população 1 e (B) da população 2.

Quando analisados em *backscattering*, as zonações não ficam tão evidentes em todos os cristais, porém nas imagens de catodoluminescência ambas as populações apresentam zonações (Figs. 13 e 14). Essas zonações aparecem truncadas pela morfologia dos cristais, que é marcada pelo seu arredondamento, o que demonstra claramente que os zircões sofreram transporte, o que é compatível com amostra de natureza original sedimentar (Fig. 14).

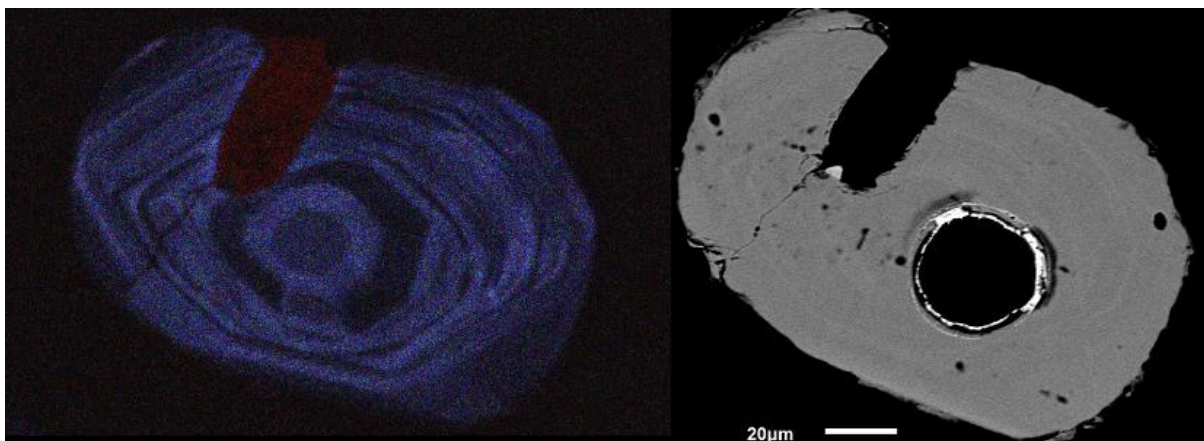


Figura 13: Exemplo de diferença de resolução entre *backscattering* e catodoluminescência.

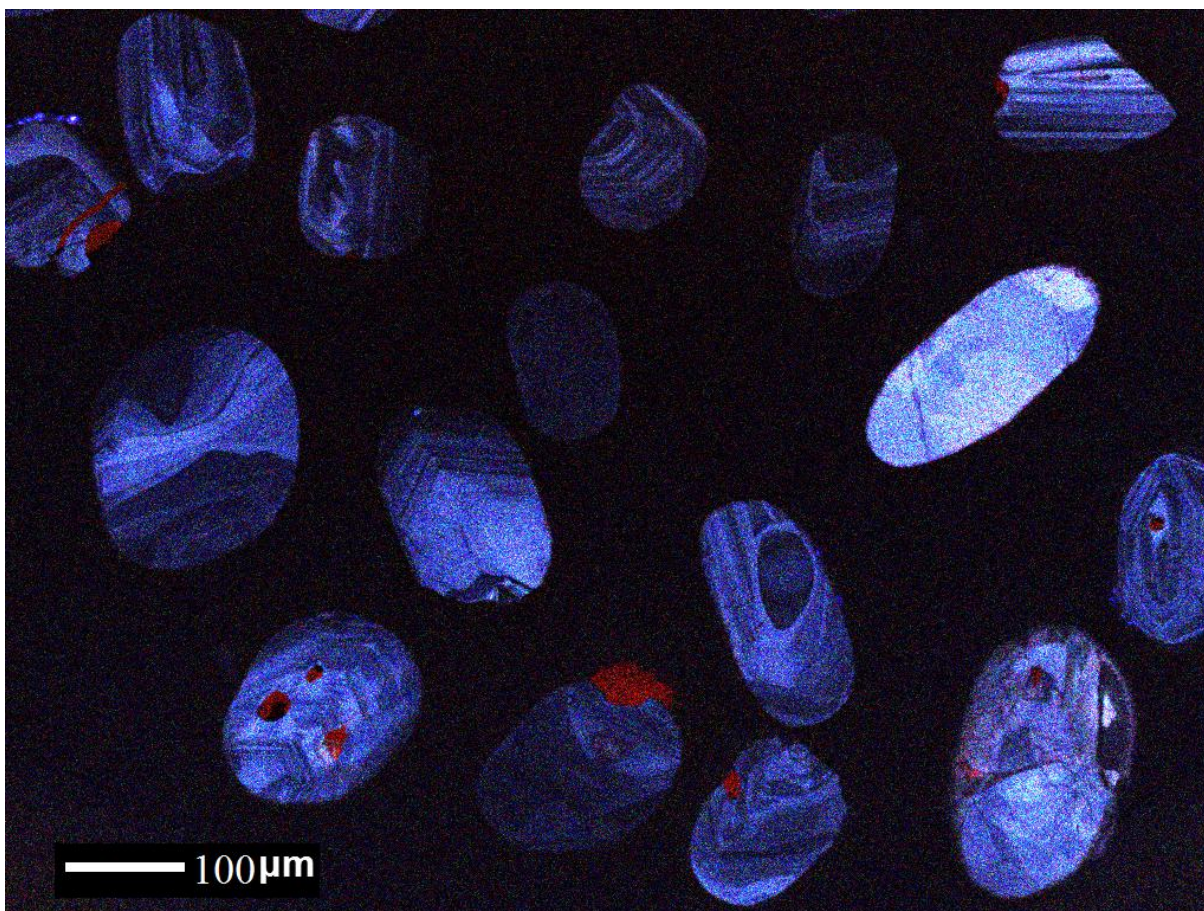


Figura 14: Imagem em catodoluminescência mostrando as zonações truncadas.

4.3 U-Pb EM ZIRCÃO

A tabela de resultados isotópicos U/Pb dos zircões analisados da amostra CA-02A está disponível no Apêndice 1. Os resultados foram obtidos no LA-MC-ICP-MS do Laboratório de Geologia Isotópica da UFRGS. Os dados foram obtidos e reduzidos em uma tabela Excel, conforme Bühn *et al.* (2009).

Como critério para utilização dos dados em diagrama de probabilidade relativa foram usadas apenas as análises com valor de concordância entre as idades $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ e $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ entre 90 e 105 %, com erros 1 sigma abaixo de 3% para as razões isotópicas. As idades utilizadas no diagrama foram $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$, pois de acordo com Gahrels (2014) essa idade é a mais adequada para zircões mais antigos que 1.2 Ga. Sendo assim, quatro análises da tabela de resultados foram excluídas.

Na amostra CA-02A todos os grãos foram tentativamente analisados. Uma pequena parte, grãos originalmente escuros e muito fraturados, não produziu idade por ter Pb comum elevado. Foram obtidas 56 análises a partir de 54 grãos de zircão. Após a redução dos dados, 50 análises foram consideradas satisfatórias por atender o critério para utilização no diagrama de probabilidade relativa. O diagrama Concórdia (Fig. 15) demonstra que as análises obtidas são satisfatórias e majoritariamente concordantes.

No diagrama de probabilidade relativa (Fig. 16) as análises de zircão da amostra CA-02A apresenta pico principal em torno de 2.1 Ga. Picos subordinados entre 1.9 e 2.0 e 2.2 Ga são observados. Outra contribuição importante pode ser observada no intervalo entre 2.3 e 2.5 Ga, embora não constitua um único pico. Ainda, é observada uma contribuição mais antiga, francamente arqueana com dois picos pequenos em torno de 3.0 e 3.2 Ga. A figura 16 mostra exemplos das análises realizadas nos zircões com respectivas idades individuais $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$.

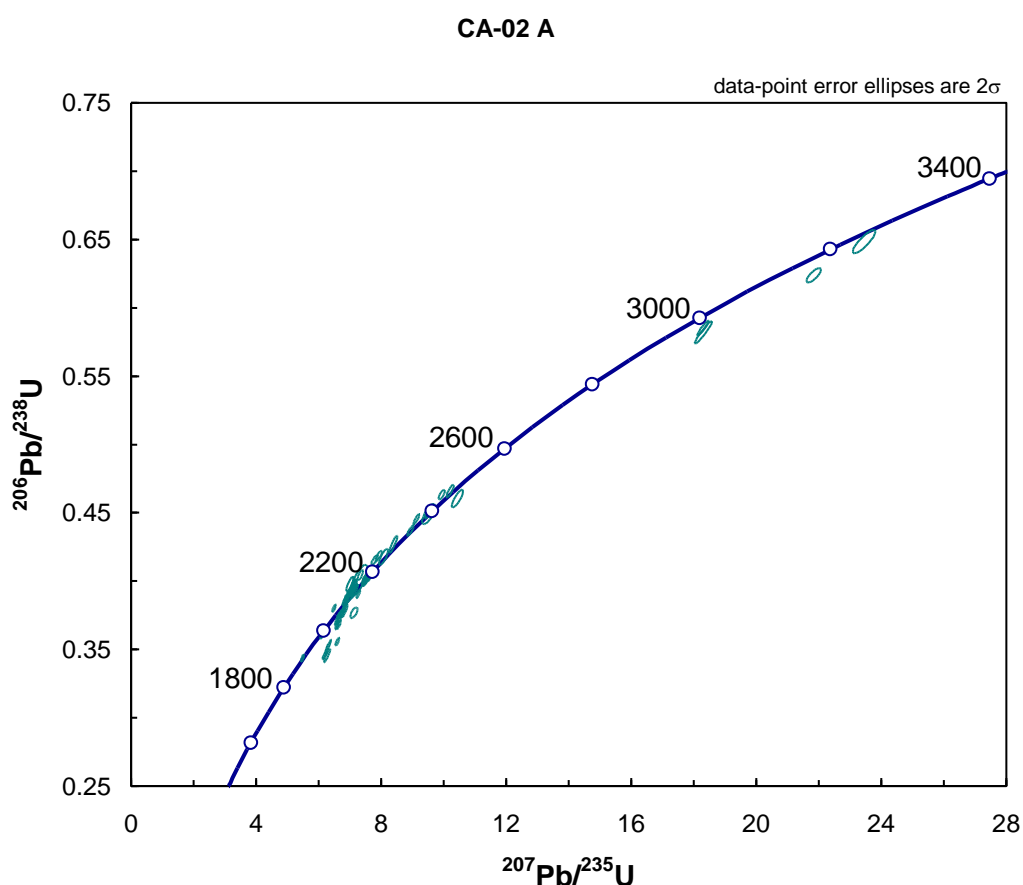


Figura 15: Diagrama Concórdia mostrando boa concordância para os zircões da amostra CA-02A.

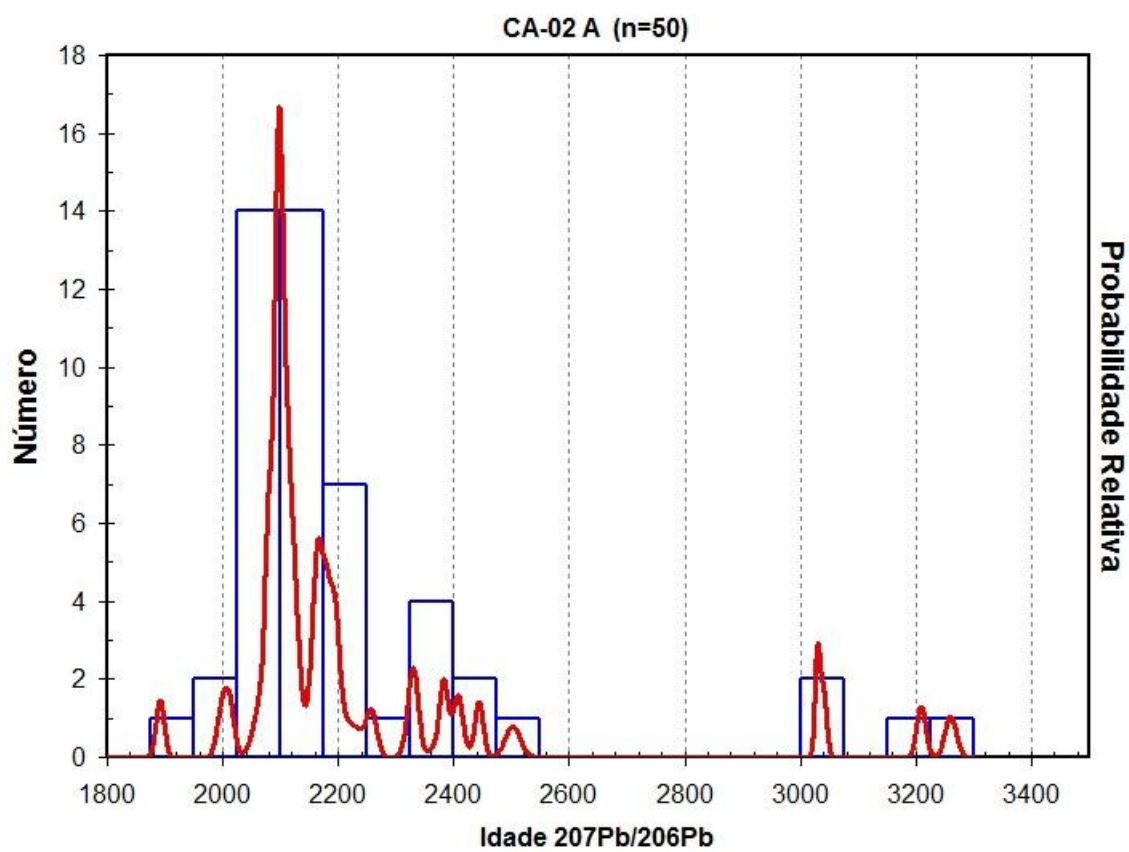


Figura 16: Diagrama de probabilidade relativa mostrando os picos de idades de zircões da amostra CA-02A.

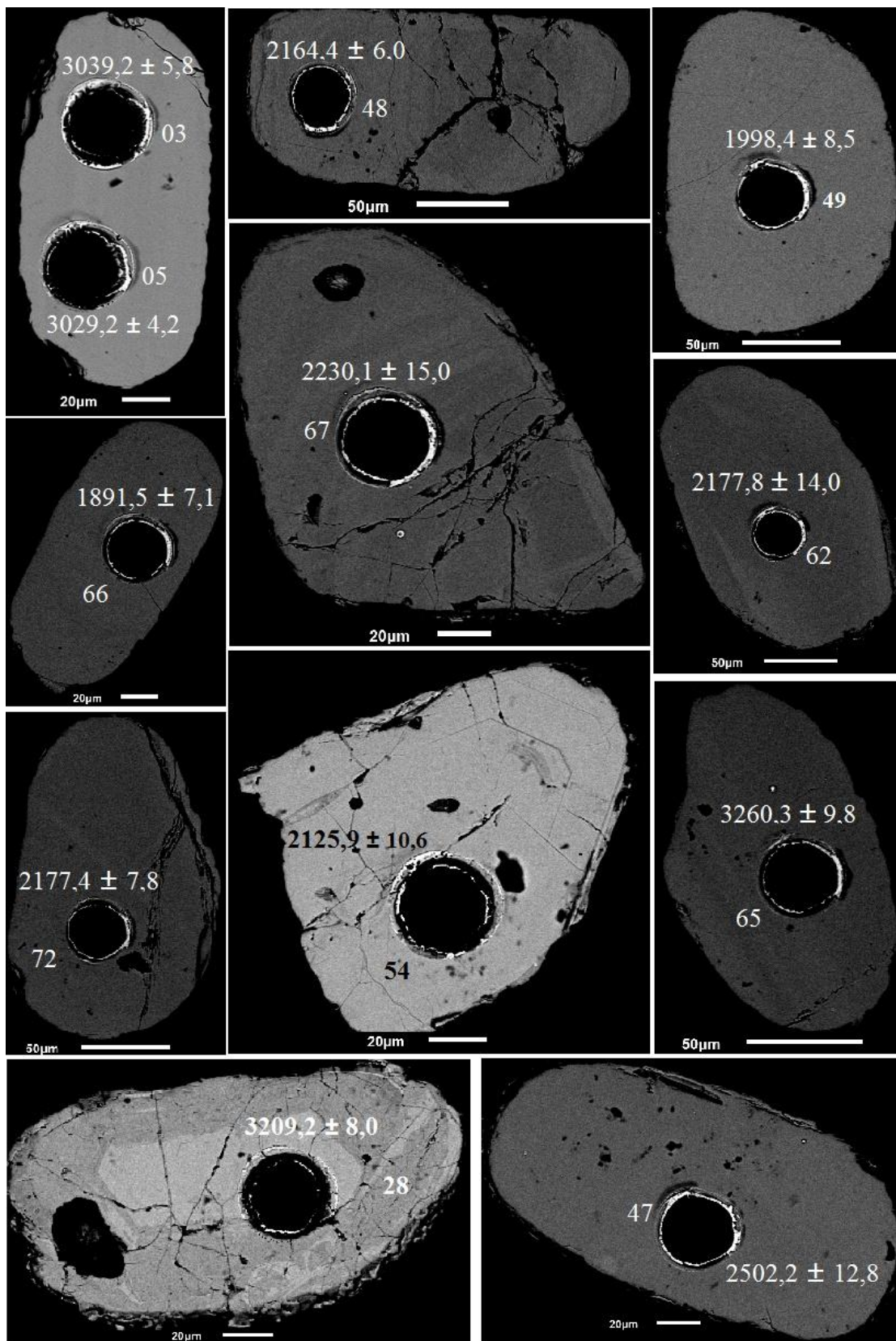


Figura 17: Exemplos de imagens de MEV de alguns dos zircões datados da amostra CA-02A.

5 DISCUSSÕES

A Antiforme Capané apresenta grande variação litológica, padrão estrutural e relações estratigráficas complexas. Sendo assim, dados geocronológicos são fundamentais para tentar compreender os eventos geológicos na região de estudo.

Kohlrausch (2013) reporta idade de 578 ± 1.6 Ma (U-Pb LA-MC-ICP-MS) para vulcanismo de natureza intermediária localizado no flanco oeste da Antiforme Capané e uma idade de 601.2 ± 2.6 Ma para um tufo ácido também no mesmo flanco. Portanto, posiciona a idade de deposição no Edicariano. Na amostra de tufo, ocorre a presença também de herança ou, mais provavelmente, contribuição sedimentar, de idades Criogeniana e Paleoproterozóica (Riaciano - ca. 2,2 Ga). Pertille *et al.* (2015) confirma estas idades para o mesmo flanco oeste da Antiforme Capané, relatando clorita xistos com proveniência entre 2267 ± 14 Ma até 553 ± 6 Ma (U-Pb SHRIMP). Desta forma, pode-se constatar que a deposição dos sedimentos e formação de rochas vulcânicas da Antiforme Capané ocorreu no Neoproterozóico, mais especificamente no Edicariano.

No entanto, os dados produzidos neste trabalho para a amostra CA - 02A, que consiste de uma rocha de natureza metassedimentar localizada na zona central da Antiforme, apresenta um pico de proveniência do Riacciano com contribuição menor de idade Sideriana e Mesoarqueana. Não há presença de zircões detríticos do Neoproterozóico. Este dado é distinto do reportado nos trabalhos anteriores para a Antiforme Capané.

Os dados geocronológicos anteriores (Kohlrausch, 2013 e Pertille *et al.*, 2015) mostram que a bacia recebeu aporte de sedimentos e teve episódio vulcânico durante o Neoproterozóico, especificamente no Edicariano. No entanto, a amostra analisada não apresenta esta assinatura Neoproterozóica. Duas possibilidades podem explicar a disparidade observada:

Uma hipótese seria que a bacia tem a mesma idade de deposição na porção central e flanco oeste, mas recebeu uma carga sedimentar distinta nestas diferentes porções, ou seja, recebeu sedimentos de diferentes fontes com idades diferentes,

definindo assinaturas geocronológicas distintas. Nesta situação, se assumiria que o vulcanismo que ocorreu concomitante à sedimentação, documentado nas sequências do flanco oeste da Antiforme, não contribuiu com zircões para a porção central.

Outra hipótese seria a de que as sequências sedimentares descritas na porção central da Antiforme tem idade de deposição mais antiga, constituindo, portanto um terreno diferente justaposto tectonicamente à sequência supracrustal mais jovem do flanco oeste.

A segunda hipótese é considerada mais favorável, considerando que Marques (1996) e Marques *et al.* (1998a,b, 2003) já destacaram que a Antiforme Capané consiste de um complexo heterogêneo com padrão de imbricações tectônicas, inclusive com presença de lascas ofiolíticas.

6 CONCLUSÕES

O trabalho realizado com datação de uma amostra de natureza metassedimentar posicionada na porção central da Antiforme Capané produziu idades de proveniência antigas com pico principal no Riaciano e picos secundários no Sideriano e Mesoarqueano.

A diferença deste padrão de proveniência observado na porção central na Antiforme Capané em relação ao reportado em trabalhos anteriores como o de Kohlrausch (2013) e Pertille *et al.* (2015), que posicionam a sedimentação no Edicariano, possibilita a construção de dois diferentes cenários: ou a bacia recebeu sedimentos de maneira heterogênea provindos de diferentes fontes e o vulcanismo de idade Edicariana não contribuiu com zircões para esta porção da bacia, ou a sequência metassedimentar da porção central da Antiforme é mais antiga e pode ter sido posicionada tectonicamente.

Considerando o padrão de imbricações anteriormente proposto por Marques (1996) e Marques *et al.* (1998a,b, 2003), parece mais razoável assumir de que se trata de um terreno mais antigo justaposto na sequência supracrustal Edicariana. Naturalmente, mais dados serão importantes futuramente para esclarecer melhor as hipóteses levantadas neste trabalho.

REFERÊNCIAS

- Bühn, B., Pimentel, M. M., Matteini, M., & Dantas, E. L. 2009. High spatial resolution analysis of Pb and U isotopes for geochronology by laser ablation multi-collector inductively coupled plasma mass spectrometry (LA-MC-ICP-MS). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 81(1), 99-114.
- Camozzato E., Sander A., Ramgrab G.E., Wildner W. 1994. Milonitos alcalinos-peralcalinos da região de Candiota, RS. In: Cong. Bras. Geol., 38, Balneário Camboriú, Boletim de Resumos Expandidos, 3:89-90.
- Carvalho, P.F. 1932. Reconhecimento geológico do estado do Rio Grande do Sul. Boletim do Serviço Geológico Mineral Brasileiro, Rio de Janeiro, 66: 72p.
- 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.
- Feng, R., Machado, N., & Ludden, J. 1993. Lead geochronology of zircon by LaserProbe-Inductively coupled plasma mass spectrometry (LP-ICPMS). *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 57(14), 3479-3486.
- Finch, R. J., Hanshar, J. M. 2003. Structure and Chemistry of Zircon and ZirconGroup Minerals. In Hanshar, John M. & Hoskin, Paul W.O.; Zircon: Reviews in Mineralogy & Geochemistry. V. 53; cap 1.
- Fragoso-Cesar, A. R. S. 1980. O Cráton Rio de La Plata e o Cinturão Dom Feliciano no Escudo Uruguaio-Sul-Riograndense. In: XXXI Congresso Brasileiro de Geologia, Anais, volume 5, SBG, Camboriú, SC, p. 2879-2892.
- Gahrels, G. 2014. Detrital Zircon U-Pb Geochronology Applied to Tectonics. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 42:127-149.
- 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.

Gruber, L., Porcher, C.C., Lenz, C. & Fernandes, L. D. 2011. Proveniência de metassedimentos das sequências Arroio Areião, Cerro Cambará e Quartzito Milonitos no Complexo Metamórfico Porongos, Santana da Boa Vista, RS. *Revista Pesquisa em Geociências*: 38(3): 205-233.

Hanchar, J. M., Finch, R. J., Hoskin, P. W. O., Watson, E. B., Cherniak, D. J., Mariano, A. N. 2001. Rare earth elements in synthetic zircon: Part 1. Synthesis, and rare earth and phosphorous doping. *Am Mineral* 86:667-680

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.

Hartmann, L.A., Philipp, R.P., Liu, D., Wan, Y., Wang, Y., Santos, J.O.S., Vasconcellos, M.A.Z. 2004. Paleoproterozoic magmatic provenance of detrital zircons, Porongos Complex quartzites, southern Brazilian shield. *International Geologic Review* 46: 127-157.

Hartmann, L.A. & Jost, H. 1980. Gnaisses alcalinos da Antiforme Capané. *Acta Geológica Leopoldensia*, 4(7): 13-25.

Holmes, A. 1911. The association of lead with uranium in rock-minerals and its application to the measurement of geological time. *Proceedings of the Royal Society of London* 85: 248–256.

Hoskin, P. W. O. 2000. Patterns of chaos: fractal statistics and the oscillatory chemistry of zircon. *Geochim Cosmochim Acta* 64:1905-1923.

Jackson, S., Pearson, N.J., Griffin, W.L., and Belousova, E.A., 2004. The application of laser ablation-inductively coupled plasma-mass spectrometry to in situ U–Pb zircon geochronology. *Chem Geol* 211: 47-69.

Jost, H. & Bitencourt, M. F. 1980. Estratigrafia e tectônica de uma fração da faixa de dobramentos de Tijucas no Rio Grande do Sul. *Acta Geol. Leopolden.*, 7:27-60.

Jost, H. 1981. Geology and Metallogeny of the Santana da Boa Vista Region, Southern Brazil. Unpublished PhD thesis, University of Georgia, Athens, GA, USA, 208 p.

Kohlrausch, C. B. 2013. 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; (Graduação em Geologia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Ludwig, K.R. 2003. Isoplot 3.00: A geochronological toolkit for Microsoft Excel. Berkeley Geochronological Center, Special Publication, number 4, 70pp.

Machado, N., & Gauthier, G. 1996. Determination of $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ ages on zircon and monazite by laser-ablation ICPMS and application to a study of sedimentary provenance and metamorphism in southeastern Brazil. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 60(24), 5063-5073.

Machado, R., César, A. R. S. F., Faccini, U. F. 1987. O Domo de Santana (RS): domo gnáissico manteado ou figura de interferência tipo domo e bacia? In: Simpósio Sul-Brasileiro de Geologia, 3., 1987, Curitiba. Anais..., Curitiba. SBG, v.1 p. 167-182.

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.

Pertille, J., Hartmann, L.A., Phillip, R.P., Petry, T.S., Lana, C.C. 2015. Origin of the Ediacaran Porongos Group, Dom Feliciano Belt, southern Brazilian Shield, with emphasis on whole rock and detrital zircon geochemistry and U–Pb, Lu–Hf isotopes. *Journal of South American Earth Sciences*, 64: 69-93.

Porcher C.C. & Fernandes L.A.D. 1990. Relações embasamento/ “cobertura” na porção ocidental do Cinturão Dom Feliciano: um esboço estrutural. *Pesquisas*, 17:72-96

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. In: SIMPÓSIO VULCANISMO E AMBIENTES ASSOCIADOS, 1, 1999, Gramado. Boletim de resumos... p. 110.

Remus M.V.D., Faccini U.P., Tedesco M.A., Philipp R.P. 1987. Evolução estrutural dos metamorfitos da unidade Porongos a sul do Rio Camaquã. In: SBG, Simp. Sul-bras. Geol., 3, Curitiba, Atas, 1:223-243.

Skoog, D. A. *et al.* 2006. Fundamentos de Química Analítica. Tradução de Marco Grassi. 8ª. ed. São Paulo: Cengage Learning.

Soliani JR., E. 1986. Os dados geocrónológicos do Escudo Sul-rio-grandense e suas implicações de ordem geotectônica. São Paulo, 239p. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo - USP.

Wildner W., Camozzato E., Orlandi Filho V., Basei M.A.S. 1996. Rochas vulcanogênicas do Cinturão Metamórfico Porongos na Antiforme do Godinho, região do Passo da Cuia-RS. In: SBG, Cong. Bras. Geol., 39, Salvador, Anais, 2:146-148.

Teixeira, W. 1982. Folhas SH.22- Porto Alegre, SI.22- Lagoa Mirim e SH.21 Uruguaia. Interpretação dos dados radiométricos e evolução geocronológica. In: Projeto RADAMBRASIL. Florianópolis.

Zvirtes, G. 2014. Análise estrutural do Metagranito Capané no Complexo Porongos, Cachoeira do Sul, RS. Porto Alegre, 55p. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS.

APÊNDICE

Amostra	f(206)%	Th/U	6/4 ratio	7/6 ratio	1s(%)	7/5 ratio	1s(%)	6/8 ratio	1s(%)	Rho	7/6 age	1s(Ma)	7/5 age	1s(Ma)	6/8 age	1s(Ma)	Conc (%)
03_CA_02A	0,01	0,25	250007	0,22816	0,4	18,3106	1,2	0,58204	1,2	0,95	3039,2	5,8	3006,2	11,8	2957,1	27,9	97,30
04_CA_02A	0,10	0,42	15861	0,12855	0,3	6,6055	1,0	0,37268	1,0	0,95	2078,2	5,2	2060,1	9,0	2042,0	17,2	98,26
05_CA_02A	0,04	0,32	35045	0,22675	0,3	18,2929	0,8	0,58512	0,8	0,94	3029,2	4,2	3005,3	7,9	2969,6	18,5	98,03
06_CA_02A	0,03	0,28	45880	0,12997	0,4	6,6616	0,8	0,37173	0,7	0,89	2097,6	7,1	2067,5	6,8	2037,5	11,4	97,14
09_CA_02A	0,09	0,36	17491	0,13089	0,4	6,6463	0,8	0,36827	0,7	0,86	2110,0	6,8	2065,5	7,1	2021,3	12,3	95,80
10_CA_02A	0,08	0,76	19731	0,13021	0,4	7,1377	0,8	0,39756	0,7	0,87	2100,8	6,7	2128,8	7,3	2157,8	13,4	102,71
11_CA_02A	0,18	0,13	7813	0,15555	0,5	9,9368	0,8	0,46331	0,6	0,75	2407,9	8,1	2428,9	7,3	2454,1	12,8	101,92
12_CA_02A	0,08	0,32	19262	0,12382	0,5	6,4890	0,7	0,38008	0,6	0,81	2012,0	8,1	2044,4	6,5	2076,7	10,2	103,21
15_CA_02A	0,02	0,49	64022	0,13063	0,6	7,0712	0,9	0,39261	0,8	0,78	2106,4	9,8	2120,4	8,4	2134,9	13,9	101,35
16_CA_02A	0,15	0,36	10370	0,13453	0,4	6,5980	0,8	0,35572	0,6	0,80	2157,9	7,2	2059,1	6,7	1961,8	10,8	90,92
18_CA_02A	0,11	0,35	12942	0,13733	0,8	7,9212	1,1	0,41835	0,7	0,81	2193,8	14,0	2222,1	9,8	2253,0	13,9	102,70
21_CA_02A	0,02	0,72	85670	0,15323	0,4	9,4941	0,8	0,44936	0,7	0,84	2382,3	6,7	2387,0	7,2	2392,4	13,6	100,42
22_CA_02A	0,24	0,31	6456	0,12976	0,4	6,2599	1,7	0,34990	1,7	0,98	2094,7	6,6	2012,9	15,2	1934,1	28,4	92,34
24_CA_02A	0,04	0,50	34292	0,14840	0,6	8,9404	0,9	0,43693	0,7	0,85	2327,6	10,1	2331,9	8,2	2336,9	13,1	100,40
28_CA_02A	0,00	0,39	611764	0,25391	0,5	21,8382	0,9	0,62380	0,7	0,77	3209,3	8,0	3176,6	8,3	3125,0	17,2	97,37
30_CA_02A	0,01	0,46	153649	0,12993	1,4	6,9464	1,7	0,38775	1,0	0,77	2097,0	24,6	2104,6	15,1	2112,4	17,5	100,73
35_CA_02A	0,02	0,29	78624	0,13742	0,4	7,6522	0,9	0,40387	0,8	0,89	2194,9	6,8	2191,0	8,1	2186,8	15,2	99,63
36_CA_02A	0,02	0,84	60179	0,14250	0,5	8,3872	1,3	0,42688	1,2	0,91	2257,8	9,2	2273,8	11,9	2291,6	23,1	101,50
37_CA_02A	0,02	0,51	61053	0,12875	0,4	6,9068	0,8	0,38908	0,7	0,87	2080,9	6,4	2099,5	7,1	2118,6	12,8	101,81
38_CA_02A	0,04	0,74	38606	0,12950	0,6	7,0524	1,4	0,39497	1,2	0,95	2091,2	11,4	2118,1	12,2	2145,8	22,0	102,61
41_CA_02A	0,02	0,59	85995	0,12991	0,5	7,0276	0,9	0,39234	0,8	0,83	2096,7	8,8	2114,9	8,4	2133,7	14,5	101,76
42_CA_02A	0,05	0,95	27840	0,13073	0,7	6,8154	1,2	0,37811	1,0	0,83	2107,8	11,5	2087,7	10,7	2067,4	17,8	98,09
43_CA_02A	0,26	13,77	5869	0,13725	0,9	7,1319	1,2	0,37686	0,8	0,63	2192,8	16,3	2128,0	11,1	2061,6	14,5	94,02
44_CA_02A	0,02	0,77	80934	0,13509	0,8	7,4825	1,2	0,40172	0,8	0,85	2165,2	14,2	2170,9	10,4	2176,9	15,3	100,54

Tabela 1: Idades referentes aos zircões (de 03 a 44) da amostra CA-02A após o tratamento dos dados.

Amostra	f(206)%	Th/U	6/4 ratio	7/6 ratio	1s(%)	7/5 ratio	1s(%)	6/8 ratio	1s(%)	Rho	7/6 age	1s(Ma)	7/5 age	1s(Ma)	6/8 age	1s(Ma)	Conc (%)
47_CA_02A	0,04	0,36	38009	0,16448	0,8	10,4422	1,4	0,46044	1,2	0,83	2502,3	12,8	2474,8	13,0	2441,5	23,8	97,57
48_CA_02A	0,03	0,69	56914	0,13503	0,3	7,2702	0,7	0,39048	0,6	0,84	2164,4	6,0	2145,2	6,3	2125,1	11,1	98,18
49_CA_02A	0,03	0,72	44561	0,12288	0,5	6,1172	0,8	0,36106	0,7	0,79	1998,4	8,5	1992,7	7,3	1987,2	11,7	99,44
50_CA_02A	0,06	0,38	24504	0,12865	0,7	6,8456	1,1	0,38591	0,8	0,87	2079,7	12,8	2091,6	9,9	2103,8	15,1	101,16
52_CA_02A	0,08	0,88	19590	0,13208	2,0	7,2950	3,0	0,40059	2,3	0,75	2125,8	34,8	2148,2	27,1	2171,7	42,3	102,16
53_CA_02A	0,13	0,55	11427	0,13163	0,5	6,2712	1,3	0,34553	1,2	0,92	2119,9	8,6	2014,4	11,1	1913,2	19,4	90,25
54_CA_02A	0,03	0,84	57538	0,13209	0,6	7,1585	1,2	0,39305	1,0	0,86	2125,9	10,6	2131,3	10,7	2137,0	19,0	100,52
55_CA_02A	0,17	0,37	8453	0,13600	1,1	7,6132	1,6	0,40601	1,1	0,87	2176,9	19,9	2186,4	14,5	2196,6	21,2	100,91
60_CA_02A	0,27	0,33	5463	0,12754	0,7	6,9946	1,3	0,39777	1,1	0,82	2064,3	13,2	2110,7	11,9	2158,8	20,3	104,58
61_CA_02A	0,04	0,31	41826	0,13028	0,5	7,1418	0,9	0,39760	0,7	0,77	2101,7	9,4	2129,3	7,9	2158,0	13,1	102,68
62_CA_02A	0,01	0,68	130676	0,13608	0,8	7,7953	1,1	0,41547	0,7	0,78	2177,9	14,0	2207,7	9,6	2239,9	13,3	102,85
65_CA_02A	0,01	0,33	126706	0,26227	0,6	23,4493	1,3	0,64845	1,1	0,86	3260,4	9,8	3245,8	12,2	3222,2	27,6	98,83
66_CA_02A	0,01	0,11	292352	0,11575	0,4	5,4842	0,7	0,34363	0,6	0,81	1891,6	7,1	1898,1	6,3	1904,1	10,3	100,66
67_CA_02A	0,05	0,71	27115	0,14024	0,9	8,0793	1,4	0,41784	1,1	0,79	2230,1	15,0	2239,9	12,9	2250,7	21,7	100,92
68_CA_02A	0,04	0,38	36013	0,13352	0,7	6,5548	1,0	0,35606	0,7	0,85	2144,7	11,5	2053,3	8,7	1963,5	12,4	91,55
71_CA_02A	0,01	0,97	220151	0,15376	1,2	9,5221	1,8	0,44914	1,3	0,74	2388,2	20,1	2389,7	16,4	2391,4	26,7	100,14
72_CA_02A	0,01	0,54	188479	0,13604	0,4	7,5200	0,8	0,40090	0,7	0,82	2177,4	7,8	2175,4	7,5	2173,2	13,1	99,81
73_CA_02A	0,01	0,64	126069	0,12992	0,3	6,5853	0,7	0,36763	0,7	0,88	2096,8	5,6	2057,4	6,5	2018,2	11,6	96,25
74_CA_02A	0,01	0,19	169691	0,14867	0,5	9,1297	0,8	0,44538	0,7	0,88	2330,7	7,9	2351,1	7,5	2374,7	13,4	101,89
77_CA_02A	0,02	0,20	68064	0,12996	0,5	6,7702	1,0	0,37782	0,9	0,86	2097,4	8,2	2081,8	8,6	2066,1	15,2	98,51
78_CA_02A	0,02	0,22	98342	0,13001	0,4	6,8280	0,9	0,38089	0,8	0,89	2098,2	6,4	2089,4	7,6	2080,4	13,9	99,16
79_CA_02A	0,01	0,60	235387	0,12974	0,3	6,9427	0,8	0,38811	0,8	0,90	2094,5	6,1	2104,1	7,5	2114,1	13,9	100,94
80_CA_02A	0,02	0,38	86882	0,12923	0,9	6,6936	1,2	0,37567	0,7	0,76	2087,5	16,2	2071,8	10,3	2056,0	12,4	98,49
83_CA_02A	0,00	0,38	456308	0,15889	0,4	10,2068	0,9	0,46590	0,8	0,86	2443,9	7,4	2453,7	8,4	2465,6	16,4	100,89
84_CA_02A	0,01	0,68	127193	0,13585	0,7	7,5127	1,1	0,40109	0,9	0,80	2174,9	11,5	2174,5	10,2	2174,1	17,2	99,96
85_CA_02A	0,01	0,72	121596	0,13154	0,6	7,3361	1,0	0,40450	0,8	0,75	2118,6	10,9	2153,2	8,9	2189,7	14,3	103,36
86_CA_02A	0,01	0,23	270375	0,13158	0,5	7,1301	0,8	0,39302	0,6	0,85	2119,1	9,4	2127,8	7,3	2136,8	11,4	100,84

Tabela 2: Idades referentes aos zircões (de 47 a 86) da amostra CA-02A após o tratamento dos dados.

