

DATAÇÕES U-PB EM CARBONATOS POR LA-ICP-MS DO GRUPO BAMBUÍ

Palavras-Chave: CALCITA, LA-ICP-MS, BAMBUÍ

Autores(as):

GABRIEL ROBERTO ANDRIOLI DE ALMEIDA, IG – UNICAMP

Dr. ROBERT DE LIMA MUNIZ (coorientador), IG - UNICAMP

Prof. Dr. TICIANO JOSÉ SARAIVA DOS SANTOS (orientador), IG - UNICAMP

INTRODUÇÃO:

A datação U-Pb em carbonatos por Ablação a Laser com Plasma Indutivamente Acoplada a um Espectômetro de Massas (LA-ICP-MS) é inovadora e emergente na última década, pois permite a análise isotópica in situ com controle textural dos minerais (Roberts et al., 2020; Drost et al., 2018). Essa metodologia demonstra aplicações úteis para entendimento dos processos deposicionais, petrolíferos e tectônicos (Montano et al., 2021, Holdsworth et al., 2019; Nuriel et al., 2017), além de permitir aprimorar a precisão das idades na escala do tempo geológico.

Durante os processos de formação dos materiais carbonáticos pode ocorrer incorporação de urânio dentro da estrutura cristalina, como no caso da calcita. Entretanto, essa incorporação ocorre de forma heterogênea e poucos minerais carbonáticos apresentam valores de U passíveis de serem analisados. Além da incorporação de urânio, também ocorre a entrada de chumbo comum na estrutura. Embora o chumbo comum seja considerado contaminante em análises de minerais como zircão e monazita, Chew et al. (2014) desenvolveram uma metodologia que permite utilizar esse chumbo comum para análises geocronológicas. Essas análises são demonstradas no diagrama de Tera-Wasserburg (Tera e Wasserburg, 1972) que tem como premissa a presença do chumbo comum.

Roberts et al. (2020) exemplificam alguns parâmetros que podem definir a qualidade dos resultados de análises geocronológicas U-Pb em carbonatos, tais como: (i) a existência de urânio; (ii) a preservação do material ao longo do tempo; e (iii) a incorporação de Pb comum. Para dados robustos, são necessárias altas taxas de contagem do urânio pelo equipamento e comportamento de sistema fechado da calcita. Conforme ressaltado por Roberts et al. (2020), o sistema de LA-ICP-MS é efetivo para esse tipo de análise, pois apresenta capacidade de medir quantidades muito baixas de isótopos de U e Pb, além de possuir alta resolução espacial. Isto permite selecionar os grãos que apresentem maiores quantidade de urânio, para determinação das idades de formação do mineral.

Uma das promissoras aplicações da datação U-Pb de carbonatos é a determinação da idade absoluta para processos diagenéticos (Smith et al., 1991). Tal idade pode auxiliar na determinação da

duração de processos como deposição de sedimentos, taxas de soterramento, processos de cimentação, fluxos de fluidos e, não menos importante, a deformação sin e pós sedimentação e diagênese (Drake et al., 2020; Drost et al., 2018; Godeau et al., 2018; Roberts et al., 2022). Nesse aspecto, a datação das rochas carbonáticas do Grupo Bambuí e a deformação destas, podem fornecer informações importantes da idade dos processos glaciais (Babinski et al., 2007), deposição induzidas por estromatólitos e idades das deformações.

Assim, o objetivo da pesquisa é a datação da deposição dos sedimentos neoproterozoicos da Formação Sete Lagoas, unidade Basal do Grupo Bambuí que compõe a Bacia do São Francisco, no Cráton São Francisco, bem como a deformação pós sedimentação e diagênese. Para tanto, foram selecionados os municípios de Sete Lagoas e Santana do Riacho, no Estado de Minas Gerais, para a coleta de amostras indeformadas de estromatólito e deformadas de mármore, respectivamente.

GEOLOGIA REGIONAL:

Segundo Almeida (1977), o Cráton São Francisco (CSF) (Figura 1) representa uma porção de continente paleoproterozóico que se manteve indeformado após os ciclos orogênicos Brasiliano-Pan Africano. As margens do CSF são marcadas por intensa deformação, indicado pelos orógenos Brasília e Araçuaí. Atuaram no CSF pelo menos dois eventos de tafrogênese, formando o Supergrupo Espinhaço de idade Estateriana, e as formações Jequitai e Bebedouro de idade Toniana. No interior do cráton, preserva-se sedimentos neoproterozóicos indeformados

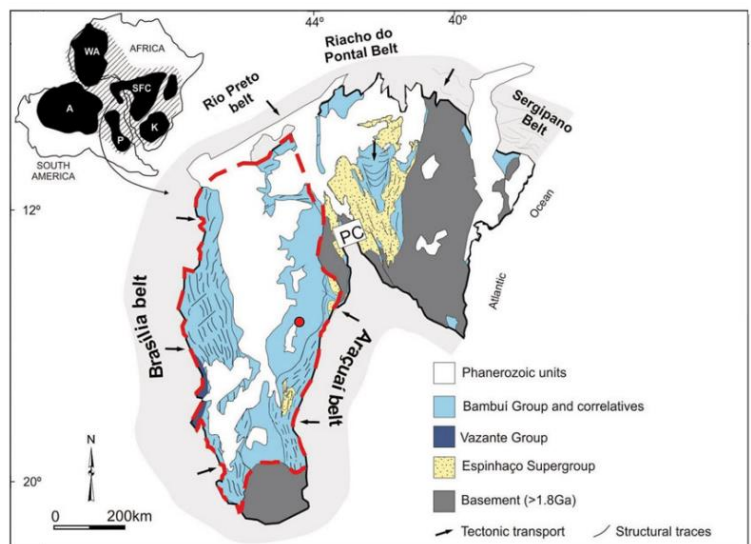


Figura 1 - Configuração neoproterozoica do Gondwana e o Cráton São Francisco. A Bacia do São Francisco está indicada com tracejado vermelho. Modificado de Reis & Alkmim (2015).

a pouco deformados do Grupo Bambuí, que compõem a Bacia do São Francisco (BSF). A BSF tem o Grupo Bambuí como unidade do topo, formado a partir da deposição de sedimentos em rampa carbonática dominada por tempestade, em um sistema de rampa que contempla dois ciclos retrogradacionais-progradacionais que assinala a interação entre taxa de subsidência, oscilação eustática e deposição carbonática (Vieira et al., 2007). A Formação Sete Lagoas compõe a base do Grupo Bambuí, sendo representada por dolomitos, calcários, siltitos e argilitos com estromatólitos, bem como uma "capa carbonática" esturtiana (Vieira, 2007). Esta Formação possui diversas proposições de idades de sedimentação: 740 ± 22 Ma (Babinski et al., 2007), 625 a 550 Ma (Vieira et al., 2007), 610 Ma (Rodrigues, 2008) e 560 Ma (Paula-Santos et al., 2015). A Formação Sete Lagoas pode ser dividida nos membros Pedro Leopoldo (basal) e Lagoa Santa, no topo (CPRM, 2003). Na borda sudeste do CSF, a formação possui pacotes de calcário com intensa deformação com a influência da orogênese que formou

o Orógeno Araçuaí durante o ciclo brasileiro. Essa deformação se deu com falhas de cavalgamento de direção N-S, sobrepondo o Supergrupo Espinhaço à Formação Sete Lagoas (Almeida Abreu, 1995) gerando intensa deformação, com dobras dispostas de maneira caótica (Silva et al., 2007).

METODOLOGIA:

Foram realizados levantamentos bibliográficos para entendimento e domínio do método e equipamento empregado na datação U-Pb em carbonatos por LA-ICP-MS, a fim de direcionar a coleta de amostras representativas. Posteriormente, foram realizados trabalhos de campo para as áreas de estudo: áreas adjacentes aos municípios de Sete Lagoas e Santana do Riacho (Figura 2). Nos entornos do município de Sete Lagoas, foi coletada uma amostra de estromatólito indeformado, enquanto em Santana do Riacho foram coletados mármores com indicativos de deformação (e.g. dobras e veios em calcita), bem como a descrição estrutural do afloramento na Serra do Cipó.

Em laboratório, as amostras foram serradas e montadas em moldes preenchidos com resina epóxi, que utiliza Araldite 251 e endurecedor Arardur 956 na proporção de 5 para 1, respectivamente. Em sequência, as amostras são polidas com o auxílio de lixas de granulação que varia de 400 a 2000 grãos por cm^2 e para o acabamento utiliza-se pasta diamantada. As análises de ablação a laser (LA) foram realizadas utilizando o sistema de laser Photon Machine Excimer 193-nm com uma célula de ablação HeIEx II. Juntamente, utiliza-se o espectômetro de massas com plasma indutivamente acoplado (ICP-MS) Element XR ThermoFisher. O protocolo de aquisição dos dados utilizado é uma adaptação ao apresentado por Roberts (2017), e envolve ablação a laser de 20s para o branco analítico, 40s para o analítico a uma frequência de 10Hz, fluência de 8 J.cm^{-2} e -spot de $150 \mu\text{m}$. Para a contagem das massas, foi utilizado o detector SEM no modo de contagem de íons. Para a normalização do $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ e $^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}$ utiliza-se os materiais de referência NIST SRM 614 e WC-01, respectivamente. Além disso, foi utilizado o material de referência ASH-15D (Nuriel et al., 2021), secundariamente, como certificação da qualidade dos resultados. Para a apresentação dos dados, foi utilizado o algoritmo de código aberto IsoplotR, que plota os resultados no diagrama de Tera-Wasserburg.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

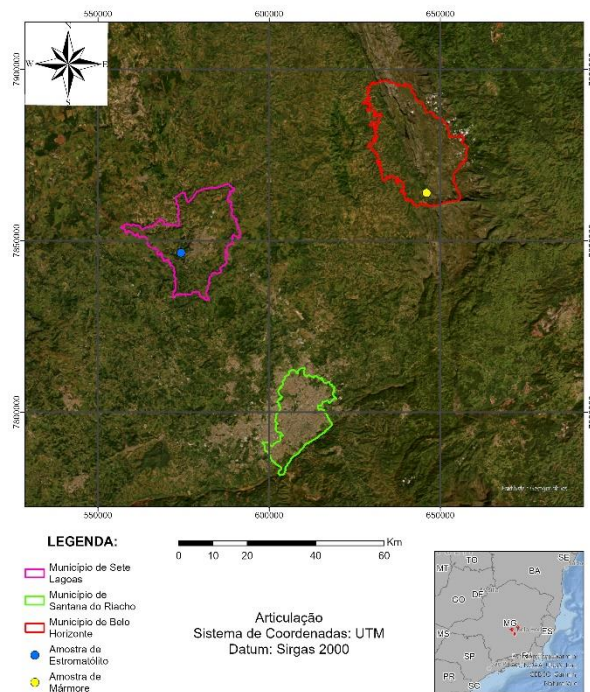


Figura 2: Localização das Áreas de Estudo

As amostras de mármore se encontravam intensamente deformadas, com dobras em bainha. Obteve-se para a foliação os valores de: 100/10, 86/14 e 95/30 e lineações down-dip que reforçam a intensa deformação plástica nessa rocha. Nas análises no LA-ICP-MS, estas amostras não obtiveram contagens de urânio e chumbo radiogênico, portanto, não foi possível a datação. Para a amostra do estromatólito indeformado, foi encontrado material radiogênico, abrindo a possibilidade de contabilizar as razões e U-Pb (Figura 3). Esse estromatólito apresentou calcita com sistema fechado, taxas de contagem adequadas e bom espalhamento dos dados, que apresentou regressão linear coerente no diagrama de Tera-Wasserburg. Isto permitiu a obtenção de idade em 635 ± 24 Ma.

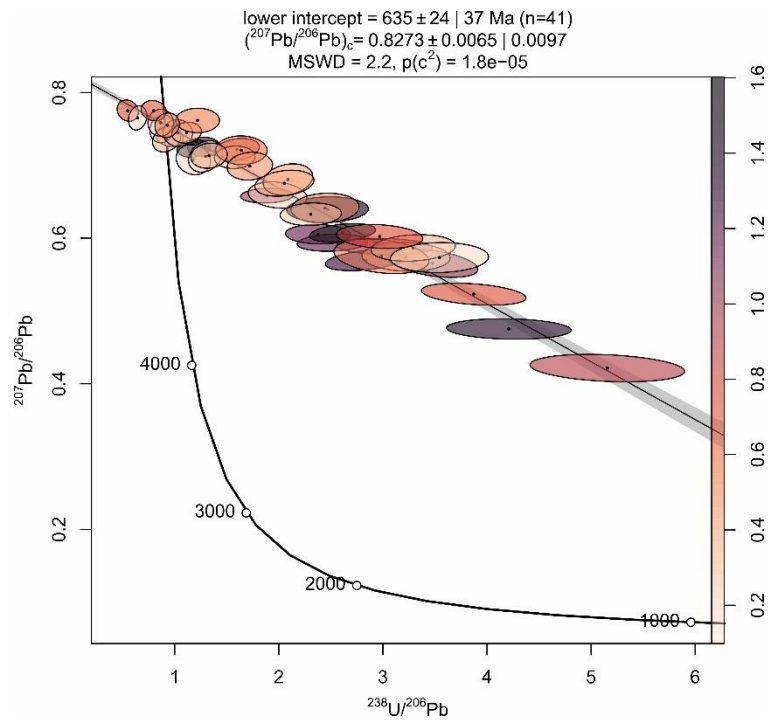


Figura 3: Diagrama de Tera-Wasserburg mostrando $^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}$ por $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ do estromatólito coletado no Município de Sete Lagoas. Intercepto inferior indicando a idade de 635 ± 24 .

Essa idade representa um valor muito representativo da época de sedimentação e diagênese da Formação Sete Lagoas, base do Grupo Bambuí, sendo Criogenianos à Edicarianos os sedimentos presentes nos entornos do município de Sete Lagoas. Como trata-se de um estromatólito indeformado, essa idade se torna mais confiável porque mantêm-se o sistema fechado ou próximo a isso desde a sua diagênese.

Segundo Vieira (2007), as idades acima de 600 Ma podem indicar as idades de deposição do Grupo Bambuí, atribuindo a idade 686 ± 69 Ma obtida por Babinski et al., (1999) como idade mínima de deposição dos carbonatos. Babinski et al., (2007) apresenta a idade mais antiga de 740 ± 22 Ma, sendo possível propor um intervalo de deposição do Grupo Bambuí. Portanto, a idade obtida pode representar uma nova idade mínima de deposição para o Grupo Bambuí.

BIBLIOGRAFIA

- BABINSKI, Marly; VIEIRA, Lucieth Cruz; TRINDADE, Ricardo IF. Direct dating of the Sete Lagoas cap carbonate (Bambuí Group, Brazil) and implications for the Neoproterozoic glacial events. **Terra Nova**, v. 19, n. 6, p. 401-406, 2007.
- CHEW, D. M.; PETRUS, J. A.; KAMBER, B. S. U–Pb LA–ICPMS dating using accessory mineral standards with variable common Pb. **Chemical Geology**, v. 363, p. 185-199, 2014.
- DRAKE, Henrik; DROST, Kerstin et al. An image mapping approach to U–Pb LA–ICP–MS carbonate dating and applications to direct dating of carbonate sedimentation. **Geochemistry, Geophysics, Geosystems**, v. 19, n. 12, p. 4631-4648, 2018.

GODEAU, Nicolas et al. U-Pb dating of calcite cement and diagenetic history in microporous carbonate reservoirs: Case of the Urgonian Limestone, France. **Geology**, v. 46, n. 3, p. 247-250, 2018

HOLDSWORTH, R. E. et al. Natural fracture propping and earthquake-induced oil migration in fractured basement reservoirs. **Geology**, v. 47, n. 8, p. 700-704, 2019.

MONTANO, Damaris et al. In-situ U-Pb dating of Ries Crater lacustrine carbonates (Miocene, South-West Germany): Implications for continental carbonate chronostratigraphy. **Earth and Planetary Science Letters**, v. 568, p. 117011, 2021.

NURIEL, P. et al. The onset of the Dead Sea transform based on calcite age-strain analyses. **Geology**, v. 45, n. 7, p. 587-590, 2017.

NURIEL, Perach et al. The use of ASH-15 flowstone as a matrix-matched reference material for laser-ablation U-Pb geochronology of calcite. **Geochronology Discussions**, v. 2020, p. 1-26, 2020.

PAULA-SANTOS, Gustavo Macedo et al. New evidence of an Ediacaran age for the Bambuí Group in southern São Francisco craton (eastern Brazil) from zircon U-Pb data and isotope chemostratigraphy. **Gondwana Research**, v. 28, n. 2, p. 702-720, 2015.

REIS, Humberto LS; ALKMIM, Fernando F. Anatomy of a basin-controlled foreland fold-thrust belt curve: The Três Marias salient, São Francisco basin, Brazil. **Marine and Petroleum Geology**, v. 66, p. 711-731, 2015.

RODRIGUES, Joseneusa Brilhante. **Proveniência de sedimentos dos grupos Canastra, Ibiá, Vazante e Bambuí: um estudo de zircões detríticos e idades modelo Sm-Nd**. 2008. Tese de Doutorado.

ROBERTS, Nick MW et al. LA-ICP-MS U-Pb carbonate geochronology: strategies, progress, and application to fracture-fill calcite. **Geochronology Discussion**, 2020.

ROBERTS, Nick MW; WHITEHOUSE, Martin J. Geochronology and stable isotope analysis of fracture-fill and karst mineralization reveal sub-surface paleo-fluid Flow and microbial activity of the COSC-1 Borehole, Scandinavian Caledonides. **Geosciences**, v. 10, n. 2, p. 56, 2020.

ROBERTS, Nick MW; WALKER, Richard J. U-Pb geochronology of calcite-mineralized faults: Absolute timing of rift-related fault events on the northeast Atlantic margin. **Geology**, v. 44, n. 7, p. 531-534, 2016.

SMITH, P. E.; FARQUHAR, R. M.; HANCOCK, R. G. Direct radiometric age determination of carbonate diagenesis using U-Pb in secondary calcite. **Earth and Planetary Science Letters**, v. 105, n. 4, p. 474-491, 1991.

TERA, Fouad; WASSERBURG, G. J. U-Th-Pb systematics in three Apollo 14 basalts and the problem of initial Pb in lunar rocks. **Earth and Planetary Science Letters**, v. 14, n. 3, p. 281-304, 1972.

UHLEIN, Alexandre et al. Estratigrafia e tectônica das faixas neoproterozóicas da porção norte do Cráton do São Francisco. **Geonomos**, 2011.

VIEIRA, Lucieth Cruz et al. A Formação Sete Lagoas em sua área-tipo: fácies, estratigrafia e sistemas deposicionais. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 37, n. 4 supl, p. 168-181, 2007.