



QUIMIOESTRATIGRAFIA $^{87}\text{SR}/^{86}\text{SR}$ DAS ROCHAS CARBONÁTICAS DO GRUPO BAMBUÍ

Porto Alegre, 2012

ROSALIA BARILI DA CUNHA

**QUIMIOESTRATIGRAFIA $^{87}\text{SR}/^{86}\text{SR}$ DAS ROCHAS CARBONÁTICAS DO
GRUPO BAMBUÍ**

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 Projeto Temático em Geologia III, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Geologia.

Orientador: Prof. Dr. Márcio Martins Pimentel

Supervisor: M.Sc. Leonardo Gruber

Porto Alegre, 2012

Cunha, Rosalia Barili da

Quimioestratigrafia 87SR/86SR das rochas carbonáticas do grupo Bambuí. / Rosalia Barili da Cunha - Porto Alegre : IGEO/UFRGS, 2012.

[75 f]. il.

Trabalho de Conclusão do Curso de Geologia. - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Geociências. Porto Alegre, RS - BR, 2012.

Orientador: Prof. Dr. Márcio Martins Pimentel

1. Grupo Bambuí 2. Quimioestratigrafia. 3. 87SR/86SR.
I. Título.

Catálogo na Publicação
Biblioteca Geociências - UFRGS
Miriam Alves CRB 10/1947

**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 "**QUIMIOESTRATIGRAFIA DAS ROCHAS CARBONÁTICAS DO GRUPO BAMBUÍ**", elaborado por ROSALIA BARILI DA CUNHA, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Geologia.

Comissão Examinadora:

Prof. Dr. Edinei Koester

Prof. Dr. Marcus Vinicius Dorneles Remus

À minha mãe.

AGRADECIMENTOS

Agradecer... Um gesto tão simples, mas tem tantas pessoas que temo esquecer me alguém! Pois bem, agradeço:

Ao meu orientador, Professor Marcio Pimentel, que mesmo longe está perto, e apesar do ano cheio de turbulências sempre esteve presente, e de bom humor.

Ao Leonardo Gruber, meu supervisor, que sempre me puxa as orelhas por demorar a entregar o trabalho para revisão e pela aparente demora na montagem dos *mounts*, mas que sempre ajudou de boa vontade, mesmo durante a madrugada por e-mail.

Ao Sérgio, que sempre muito gentil e atencioso, ensinou a separar os preciosos zircões “infernamente pequenos”, e montar os mounts.

À equipe do laboratório de geologia isotópica, Mari, Luiza, Giselda, pelas preparações químicas e análises isotópicas, mesmo com “zircões que explodem” e equipamentos que “não querem funcionar”.

Aos Geólogos André Almeida Bastos e Oscar P. da Silva Neto que me acolheram na sua empresa como estagiaria técnica em hidrologia, e me inspiraram a estudar Geologia com visitas a perfurações de poços e explicações, olhando as lajotas das calçadas na frente da empresa (arenito e basalto), sobre o Botucatu e o Serra Geral. Agradeço a imensa oportunidade, que até hoje faz muita diferença na minha capacidade de gerenciamento e execução de projetos. Agradeço ao Volnei, funcionário da empresa, que foi estudante de geologia, e sempre acompanhou as viagens de campo com muito bom humor e conversa boa.

Aos colegas, amigos que fazemos no decorrer do curso, me aguentaram em momentos de crise: Adriano, Amanda, Cris, Eliel, Leo, Diego: obrigada pela paciência e amizade. Aos amigos da Geo de outros “éons”, Thisi, Julia, Fran, Isa: obrigada pela amizade, atenção, paciência e carinho.

À minha família. Minha vó Gemma, que sempre fez o que pode para nos ajudar, com carinho e ternura, segurando o tranco quando preciso, mas que infelizmente agora nos cuida lá do céu.

. E por ultimo, mas a mais importante, minha mãe, que sempre foi e sempre será um exemplo de garra, dedicação, e perseverança, que sempre me apoiou incondicionalmente nas escolhas profissionais e fez de tudo pra eu ser uma Geóloga. Mãe, obrigada por tudo, tu sabe que mesmo quando eu estiver longe eu vou fazer de tudo pra estar perto.

“... limitar-me-ei a dizer aqui que os documentos fornecidos pela geologia são infinitamente menos completos do que se crê ordinariamente.”

Charles Darwin (A Origem das Espécies)

RESUMO

O Grupo Bambuí cobre extensas áreas do Cráton São Francisco e da borda oriental da Faixa Brasília, e parte da Bacia do São Francisco, onde exsudações de gás são conhecidas e podem ter como rochas geradoras os folhelhos da Formação Sete Lagoas, na base do grupo. As idades do Grupo Bambuí, entretanto, permanecem controversas na literatura devido às dificuldades de datação diretas na sequência. Através de atividades como a localização de lentes de rochas carbonáticas presentes nas formações Sete Lagoas e Lagoa do Jacaré, no estado de Minas Gerais, e a amostragem destas rochas para análises, este trabalho propõe a determinação sistemática da composição isotópica de Sr ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) ao longo da maior parte da sequência Bambuí e sua comparação com a curva de variação isotópica mundial, com significado geocronológico. Os resultados mostraram razões de estrôncio que variam de 0,70714 a 0,70804 para a Formação Sete Lagoas, e de 0,70746 a 0,7082 para a Formação Lagoa do Jacaré. Sua assinatura isotópica com razões de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ascendentes da base para o topo do grupo concorda com o comportamento esperado para o período Ediacarano, sugerindo que a deposição tenha ocorrido entre 630 e 575 Ma. A comparação com a quimioestratigrafia do Grupo Una, correlato do Grupo Bambuí na porção norte-central do Cráton São Francisco, evidencia a diferente gênese entre estas bacias correlatas, com valores descendentes da base para o topo. Estas diferenças estariam relacionadas com os tipos de bacia em que cada grupo foi formado, aporte sedimentar e áreas fonte desses sedimentos.

Palavras-Chave: Grupo Bambuí, Quimioestratigrafia, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$.

ABSTRACT

The Bambuí Group covers extensive areas of São Francisco Craton and the eastern edge of the Brasília Belt. It is part of the São Francisco Basin, where natural gas exsudation are known and can have as rocks source the shales of the Sete Lagoas Formation, at the base of the group. The ages of the Bambuí Group, however, remains controversial in the literature due to the difficulties of direct dating the sedimentary rocks in the sequence. Through activities such as the location of lens of carbonate rocks present in Sete Lagoas and Lagoa do Jacaré formations, in the Minas Gerais state, and sampling of these rocks for analysis, this paper proposes a systematic determination of the isotopic composition of Sr ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) across the longest part of the Bambuí sequence and its comparison with the global isotopic variation curve, with a geochronological significance. The results showed strontium ratios ranging from 0.70714 to 0.70804 for the Sete Lagoas Formation, and from 0.70746 to 0.7082 for the Lagoa do Jacaré Formation. Its isotopic signature with $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ratios rising from bottom to top of the group agrees with the expected behavior for the Ediacaran period, suggesting that Bambuí deposition occurred between 630 and 575 Ma. The comparison with the chemical stratigraphy of Una Group, which is a correlate to Bambuí Group situated at northcentral São Francisco Craton, reveals the different genesis between these basins correlated, with values descending from base to top. These differences are related to the types of basin were each group was formed, as the source areas and the sediment input.

Key words: Bambuí Group, Chemical stratigraphy, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** Localização da área estudada. 19
- Figura 2** Cenário da porção oeste do Gondwana, mostrando o cráton São Francisco e sua contra parte, o Cráton do Congo. A área de estudos está indicada pelo polígono preto (Alkmin & Martins-Neto, 2012). 23
- Figura 3** Mapa geológico simplificado do Cráton São Francisco, a área de estudos deste trabalho é indicada pelo polígono preto (Alkmim *et al.*, 2004). 26
- Figura 4** Coluna estratigráfica simplificada da bacia intracratônica do São Francisco, mostrando as principais unidades de preenchimento (Alkmim & Martins-Neto 2001). 28
- Figura 5** Distribuição das unidades geológicas Espinhaço, Macaúbas e seqüências Bambuí no aulacógeno Paramirim e da Faixa Araçuaí. (a) Mapa geológico simplificado do Norte Serra do Espinhaço (NE) e Chapada Diamantina (CD) na porção sul da aulacógeno Paramirim (Modificado de Inda e Barbosa, 1978; Guimarães *et al.*, 2008;. Loureiro *et al.*, 2008). (b) Mapa geológico da Serra do Espinhaço Meridional (SE) na porção sudoeste da Faixa Araçuaí (modificado por Alkmin & Martins-Neto, 2012)..... 31
- Figura 6** Características de litológicas e interpretação sedimentológica das formações componentes do Grupo Una. (Pedreira *et al.*, 1994, modificada por Santos, 2011). 32
- Figura 7** Coluna estratigráfica e de ambientes de sedimentação dos Grupos Bambuí e Macaúbas (modificada por Santos, 2011). 35
- Figura 8** Quadro esquemático das porcentagens dos isótopos de Rb e Sr (Geraldés, 2010). 37
- Figura 9** Esquema de funcionamento do TIMS. Os círculos vazados e sólidos indicam isótopos leves e pesados respectivamente (Allégre, 2008).40
- Figura 10** Fotos de campo. (a) afloramento Fm. Sete Lagoas na Polícia Rodoviária Federal BR-040; (b) detalhe do afloramento; (c) afloramento da FM Lagoa do Jacaré; (d) detalheto com estratificação do afloramento; (e) estratificação cruzada em calcário da Fm Lagoa do Jacaré; (f) calcarenitos da FM Lagoa do Jacaré. 42
- Figura 11** Mapa de localização e amostragem..... 43

Figura 12 Amostras em <i>Savillex</i> secando em chapa elétrica.....	46
Figura 13 Colunas de trocas catiônicas para separação das aliquotas Rb-Sr.....	46
Figura 14 Diagrama síntese da metodologia	47
Figura 15 Gráfico da dispersão dos resultados de Sr de acordo com a formação.....	48
Figura 16 Curva de variação isotópica com os dados referentes ao Grupo Bambuí evidenciando o incremento radiogênio de estrôncio na água do mar e nos carbonatos, indicada pela seta vermelha, durante o período Ediacarano.....	51
Figura 17 Curva de variação isotópica mundial mostrando a evolução das razões de Sr durante a evolução do manto e dos oceanos. (Faure, 1986, modificado por Geraldès, 2010).....	53
Figura 18 Variação nas razões isotópicas entre os grupos Bambuí e Una. 54	
Figura 19 Recomposição paleogeográfica da Bacia do São Francisco, onde é visto que a bacia intracratônica não possui sedimentos provenientes das faixas brasileiras do norte do Cratón São Francisco (retirada de Mendes & Lemos, 2007 modificada por Santos, 2011).	55
Figura 20 Correlação entre as porções oeste e leste do Grupo Bambuí e o Grupo Una. (modificado de Sanches <i>et al.</i> ,2007).	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Resultados das análises de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	49
--	----

ANEXOS

Anexo 1 Dados de Sr publicados por Misi & Veizer para o Grupo Una. 71

Anexo 2 Dados utilizados para a construção da curva de variação isotópica mundial proposta por Halverson *et al*, 2005 72

LISTA DE ABREVIações

CSF – Cráton São Francisco;

LISTA DE SÍMBOLOS

Å – Ångstron;

β - – Partícula beta negativa;

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
1.1	CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA	18
1.2	OBJETIVOS	18
2	LOCALIZAÇÃO	19
3	ESTADO DA ARTE	20
4	CONTEXTO GEOLÓGICO	22
4.1	Cráton São Francisco	22
4.2	Faixa Araçuaí	24
4.3	Bacia do São Francisco	25
	Tectônica da Bacia do São Francisco	27
4.4	Grupo Una (Bacia do Irecê)	29
4.5	Grupo Bambuí	32
5	METODOLOGIA	36
5.1	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	36
	5.1.1 Sistema Rb-Sr	36
	5.1.2 Espectrometria de massas	39
5.2	AMOSTRAGEM	41
5.3	PROCESSAMENTO E ANÁLISE DAS AMOSTRAS	44
	5.3.1 Preparação física de amostras para análises de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	44
	5.3.2 Preparação química de amostras para análises de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	44
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	48
6.1	Resultados	48
6.2	Discussão	51
7	CONCLUSÕES	57
7.1	Considerações finais	58

8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59
9	ANEXOS	70

1 INTRODUÇÃO

A Bacia Sanfranciscana, em especial o Grupo Bambuí, que cobre extensas áreas no Cráton do São Francisco e da borda oriental da Faixa Brasília, representa uma importante bacia para exploração de gás. Exsudações de gás são conhecidas no leito do Rio São Francisco em Minas Gerais e demonstram potencial para exploração de gás. Muito embora dados concretos sobre a fonte do gás não estejam disponíveis, é possível que as rochas geradores sejam os folhelhos negros que constituem a base do Grupo Bambuí (e.g. Formação Sete Lagoas).

A idade e significado tectônico do Grupo Bambuí, entretanto, ainda permanecem como motivo de controvérsia na literatura geológica brasileira. A inexistência de rochas vulcânicas datáveis intercaladas em meio à sequência do Grupo Bambuí dificulta a determinação da idade de deposição dessas rochas. Dados usando o método Pb-Pb em rochas carbonáticas da base da Formação Sete Lagoas indicam uma idade isocrônica de ca. 740 Ma (Babinski *et al.*, 2007). Por outro lado, Rodrigues (2008) e Pimentel *et al* (2011) relataram a presença de zircões detríticos nesta formação com idade de ca. 610 Ma, o que representa, portanto, a idade máxima de sedimentação da sequência Bambuí. Ainda segundo Rodrigues (2008), os dados isotópicos mostrando idades de 740 Ma associados à interpretação geofísica, sugerem que a sequência inferior da Formação Sete Lagoas não pertence ao Grupo Bambuí.

1.1 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

A datação do Grupo Bambuí tem apresentado grandes incertezas, gerando controvérsias. A Formação Sete Lagoas, localizada na base do grupo, é a sequência que apresenta melhor definição, entretanto a datação desta unidade associada aos dados geofísicos parece excluir esta formação do Grupo Bambuí. Por esta razão, uma melhor definição quanto ao restante do grupo se faz necessária, bem como um estudo aprofundado a respeito da idade de deposição deste.

1.2 OBJETIVOS

Este trabalho propõe a determinação sistemática da composição isotópica de estrôncio ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) ao longo da maior parte da sequência de rochas do Grupo Bambuí. A comparação com a curva de variação isotópica mundial, com significado geocronológico, e a comparação com os dados de unidades geológicas correlacionáveis, como o Grupo Una.

2 LOCALIZAÇÃO

A área de estudos está localizada no estado de Minas Gerais e abrange o trecho desde o município de Belo Horizonte até município de Montes Claros, como indicado na figura 1.

Durante o campo, foram realizados perfis ao longo das estradas BR 040 e BR 135. As amostras foram coletadas ao longo destas vias em afloramentos das formações de interesse.

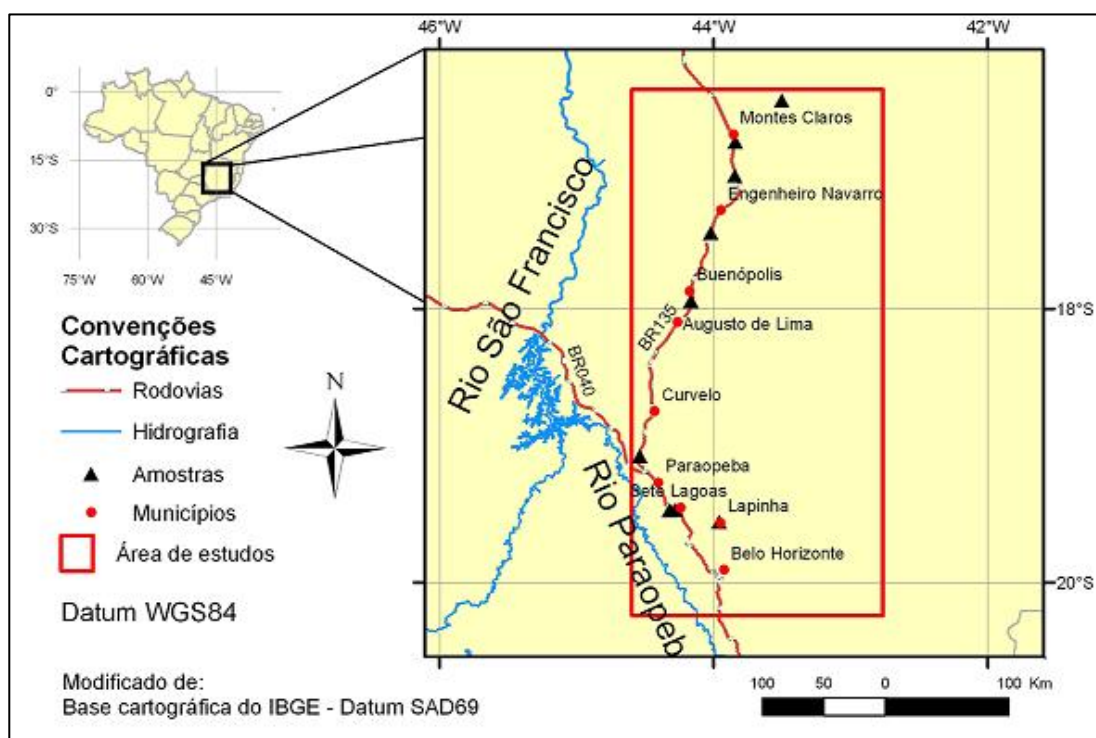


Figura 1 Localização da área estudada.

3 ESTADO DA ARTE

A denominação Bambuí foi proposta por Rimann (1917), sendo aplicada aos sedimentos argilosos e carbonáticos neoproterozoicos que recobrem o Cráton São Francisco, o lado oriental da Faixa Brasília, e se estende por áreas de Goiás, Minas Gerais e Bahia, apresentando variações nos tamanhos das camadas carbonáticas e da espessura das formações (Almeida, 2004).

Pela definição de Branco & Costa (1961), o Grupo foi individualizado em três mega-ciclos nos quais os sedimentos foram depositados em uma plataforma epicontinental, inicialmente em águas rasas, evoluindo para ambiente costeiro e, finalmente, ao ambiente aluvial (Marini *et al.*, 1984; Dardenne, 2000; D'Agrella-Filho *et al.*, 2000). Os processos deposicionais, então, são caracterizados como megaciclos regressivos, representados por períodos de transgressão, seguidos de subsidência da bacia e regressão marinha (Dardenne 1978, 1981, 2000).

Em relação à idade desta unidade litoestratigráfica, na literatura, é possível verificar grande número de estimativas. Um levantamento prévio, a partir da revisão realizada por Schobbenhaus *et al* (2004) a respeito dos mapas geológicos no Brasil para o livro Geologia do Continente Sul Americano (Almeida, 2004), mostra que o Grupo Bambuí passou do Permiano no “*Mappa Geologico do Brazil*” (Branner, 1919), para Siluriano no “*Mappa Geologico do Brasil e de Parte dos Paizes Visinhos*” (Oliveira, 1938) e no “*Mapa Geológico do Brasil*” (Bastos, 1942). Já com as primeiras análises do Centro de Pesquisas Geocronológicas da USP, o “Mapa

Geológico do Brasil” (Almeida *et al.*, 1971) teve alterações consideráveis em parte das unidades litoestratigráficas, como por exemplo o Grupo Bambuí que passou a ser considerado como do período Eocambriano (570 a 620 Ma).

Atualmente, conta-se com grande número de dados isotópicos para as rochas do grupo, mas a idade deposicional da unidade continua controversa. Babinski *et al.* (1999) obtiveram uma idade Pb-Pb de 686 ± 69 Ma para calcários da Formação Sete Lagoas, na base da unidade. Análises Rb-Sr de argilominerais indicam idades extremamente variadas, entre 560 e 900 Ma (Bonhomme *et al.*, 1982, Parenti Couto *et al.*, 1981, Thomaz Filho *et al.*, 1998, Chang, 1997).

A melhor estimativa para idade deposicional tem sido considerada a proposta por Babinski *et al.* (2007), cuja isocrona Pb-Pb possui boa qualidade, indicando a idade de 740 ± 20 Ma para a Formação Sete Lagoas. A utilização de Isótopos de carbono, nos carbonatos desta formação, mostrou comportamento muito semelhante com valores aos pós-glaciais, negativos na base da unidade tornando-se gradualmente positivos no topo. (Chang *et al.*, 1993, Martins, 1999, Santos *et al.*, 2000, 2004, Misi *et al.*, 2005, Babinski *et al.*, 2007). A composição isotópica Sr de carbonatos variam dentro do intervalo entre 0,70734 e 0,7081 (Kawashita *et al.*, 1987, Chang *et al.*, 1993, Misi *et al.*, 2007, Babinski *et al.*, 2007), que é comparável aos valores da água no oceano no intervalo entre ca. 650 e 610 Ma, de acordo com Halverson *et al.* (2007).

4 CONTEXTO GEOLÓGICO

A área de estudos está situada na porção leste, no compartimento Ocidental, do Cráton São Francisco (Figura 2).

A fim de melhor entender a complexidade atribuída ao Grupo Bambuí, será apresentada breve revisão sobre a geologia regional.

4.1 Cráton São Francisco

O Cráton São Francisco (CSF), bem como sua contraparte africana, o Cráton do Congo (Figura 2), e os demais crátons dos continentes sul-americano e africano, são interpretados como pedaços preservados do paleocontinente Gondwana, formados a partir do amalgamento de placas tectônicas ao final do Neoproterozoico em uma série de colisões diacratônicas (Brito Neves *et al.*, 1999; Campos Neto, 2000; Alkmim *et al.*, 2001 *apud* Almeida, 2004). A individualização do Cráton do São Francisco ocorreu no interior da paleoplaca continental durante a orogenia Brasiliana, quando as inversões causadas pelas colisões ou fechamentos das bacias geraram cinturões orogênicos marginais moldando o antepaís do São Francisco.

Almeida (1977) sugere que o CSF adquire estabilidade ao final do evento Transamazônico, assumindo, portanto, que rochas e feições tectônicas sejam mais antigas que 1,8 Ga. Os aspectos tectônicos permitem a discriminação de um orógeno paleoproterozoico e o seu antepaís, que estão presentes apenas de forma fragmentária no cráton (Orógeno Itabuna-

Salvador-Curaçá) e no extremo sul do cráton (Quadrilátero Ferrífero) (Alkmim, 1977).

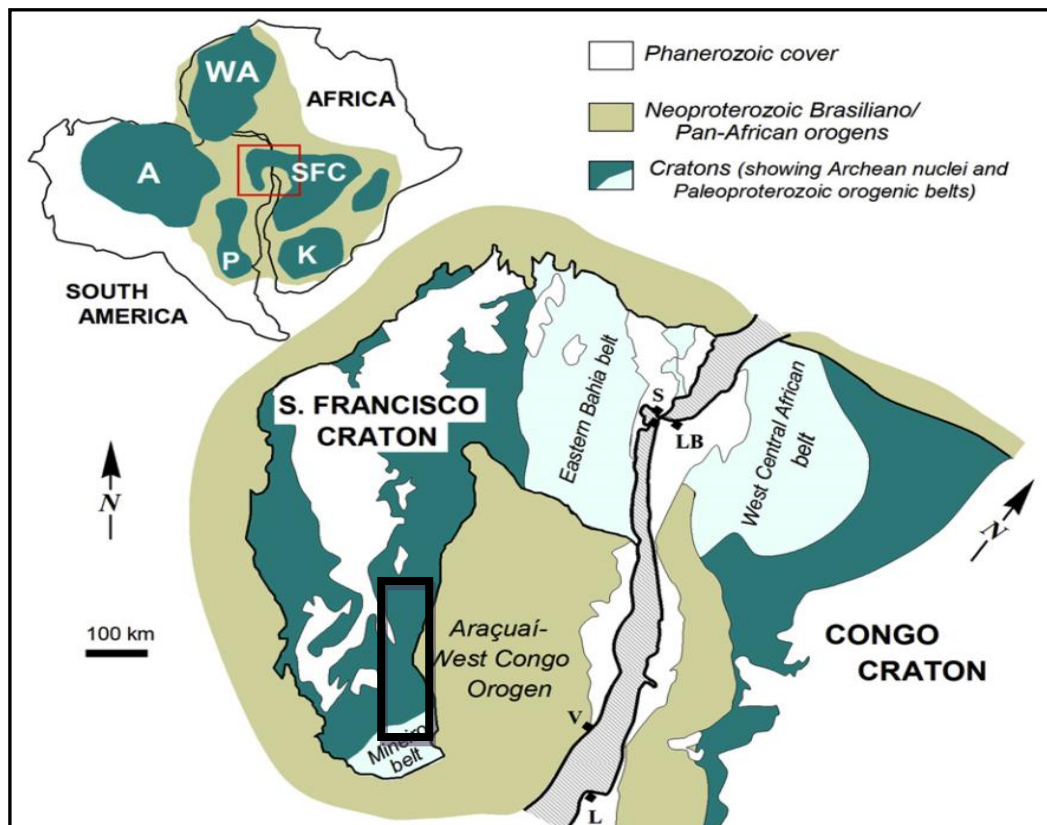


Figura 2 Cenário da porção oeste do Gondwana, mostrando o cráton São Francisco e sua contra parte, o Cráton do Congo. A área de estudos está indicada pelo polígono preto (Alkmim & Martins-Neto, 2012).

Os cinturões orogênicos Brasilianos-Panafricanos correspondem às margens das placas e às partes adicionadas a elas durante o evento, sendo possível identificar zonas de sutura nos limites do cráton (Alkmim *et al.*, 1993, *apud* Almeida 2004). O cráton possui como limites sul e oeste a Faixa Brasília, como limite noroeste a Faixa Rio Preto, como limite norte as Faixas Sergipana e Riacho do Pontal, e como limite sudeste a Faixa Araçuaí (Almeida, 1977; 1981). A leste, o cráton é limitado pela margem continental que hospeda as bacias do Jequitinhonha, Almada, Camamu e Jacuípe.

O CSF possui a maior parte de sua área interior recoberta por unidades pré-cambrianas e fanerozoicas sendo possível identificar três

grandes unidades morfotectônicas: a Bacia do São Francisco, o Aulacógeno do Paramirim e uma grande parte do Rifte Recôncavo-Tucano-Jatobá (Figura 3) (Almeida, 1977).

4.2 Faixa Araçuaí

A Faixa Araçuaí (Figura 3), segundo definição de Almeida (1977), é um cinturão de dobramentos e cavalgamentos neoproterozoico, de vergência para oeste, edificado paralelamente à margem sudeste do Cráton São Francisco. Este cinturão formado durante a Orogênese Brasileira que se estende por 1000 Km, na direção norte-sul, desde Ouro Preto (MG) até o sul da Bahia, chegando a medir até 400 Km de largura. Alkimin *et al.*, (1998), indica como o limite, entre a Faixa Araçuaí e o Cráton São Francisco, uma falha inversa que envolve o embasamento da deformação da cobertura.

Com base na correlação entre as faixas Araçuaí e Congo Ocidental e na relação crono-espacial dos conceitos de orógeno e cráton definiu-se o Orógeno Araçuaí-Congo Ocidental (*Araçuaí-West- Congo Orogen*) para referir o conjunto orogênico neoproterozoico/cambriano contido na grande reentrância delimitada pelos crátons São Francisco e Congo, cujo limite meridional no Brasil seria balizado pela extremidade sul do Cráton São Francisco na altura do paralelo 21° S (Pedrosa-Soares & Noce 1998, Pedrosa-Soares & Wiedemann-Leonardos, 2000, Pedrosa-Soares *et al.*, 2001 *apud* Pedrosa-Soares *et al.*, 2007).

No Mesozoico, antes da abertura do Atlântico, estas faixas constituíam um único orógeno brasileiro-panafricano. Após a abertura do Atlântico a Faixa Araçuaí herdou dois terços do Orógeno Araçuaí-Congo Ocidental (Pedrosa-Soares *et al.*, 2007).

4.3 Bacia do São Francisco

A Bacia Sanfranciscana (Figura 3) é uma depressão tectônica de orientação norte-sul, que se estende por cerca de 1100 km, desde seu limite sul na região do Arco do Alto Paranaíba no Triângulo Mineiro, para ligar-se a norte à Bacia do Parnaíba na região da Chapada das Mangabeiras. Os sedimentos neoproterozoicos da Bacia do São Francisco afloram em extensas áreas no norte do estado de Minas Gerais.

Essa bacia é limitada, na base, por uma discordância com os sedimentos da Bacia do Espinhaço (Pflug, 1965; 1968; Pflug & Renger, 1973). Para leste os sedimentos encontram-se sobre uma discordância com o complexo de rochas do embasamento. Litoestratigraficamente, as rochas da Bacia São Francisco correspondem aos grupos Macaúbas e Bambuí, Formação Salinas e a todas as unidades que foram depositadas recobrimo a discordância basal e/ou conformidade correlativa dessa bacia cujo desenvolvimento está relacionado à instalação de um ambiente glacial no CSF. Vestígios dessa glaciação foram reportados nos sedimentos do Grupo Macaúbas (Isotta *et al.*, 1969; Walde, 1976; Hettich, 1977; Karfunkel & Karfunkel, 1977; Karfunkel & Hoppe, 1988; *apud* Babinski, 2011) e da Formação Bebedouro, no Grupo Una (Söfner, 1973; Karfunkel & Hoppe, 1988; Guimarães, 1996).

De oeste para leste, recobrimo a discordância basal da Bacia do São Francisco, a deposição dos sedimentos ocorreu nos seguintes paleoambientes:

1. Zonas proximais das geleiras, em contato com os sedimentos previamente litificados da Bacia do Espinhaço, bem como do embasamento (Karfunkel & Hoppe, 1988). Pavimentos estriados nas rochas sedimentares de topo da Bacia Espinhaço foram descritos por Walde (1976) na borda leste da Serra do Cabral e apontam a direção de transporte das geleiras de oeste para leste. Recobrimo os pavimentos glaciais ocorrem tilitos que apresentam seixos angulosos de arenitos, rochas carbonáticas, gnaisses, granitos e quartzo de veio. A composição dos grãos detríticos da matriz dos

tilitos apresenta grande quantidade de fragmentos líticos estáveis de rochas plutônicas, bem como grãos detríticos de feldspatos e quartzo (Karfunkel & Hoppe, 1988);

2. Área continental, com deposição de tilitos e desenvolvimento de planícies de *out-wash*;

3. Zona transicional entre o continente e o mar, com aporte de detritos oriundos das geleiras (Karfunkel & Hoppe, 1988);

4. Para leste ocorre uma zona distal, na qual os sedimentos dessa bacia recobrem o complexo de rochas ígneas-migmatíticas do embasamento. A deposição de turbiditos em águas profundas caracteriza esse ambiente distal (Hettich, 1977; Karfunkel & Karfunkel, 1977; Pedrosa-Soares *et al.*, 1992a; 1992b). Nessas porções o limite de sequências é representado pela conformidade correlativa à discordância.

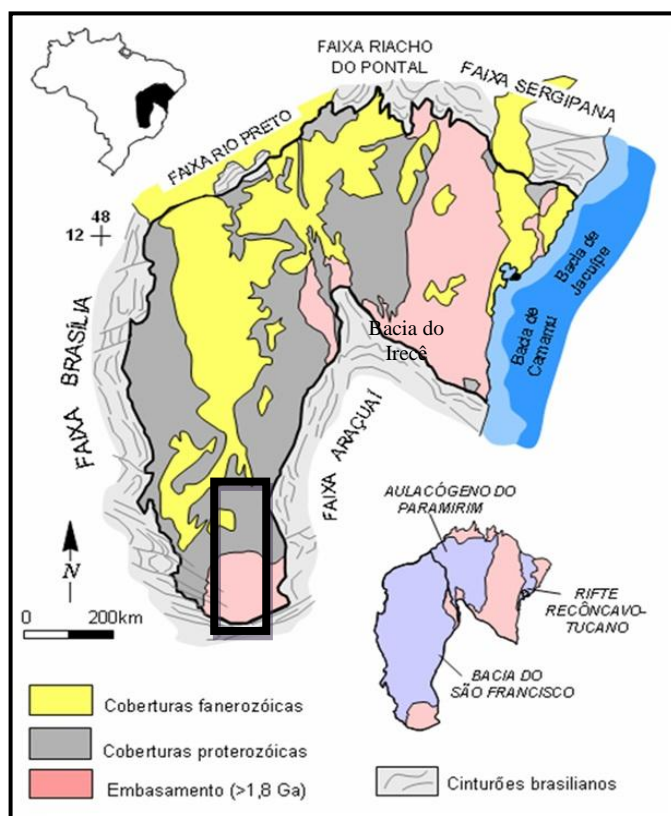


Figura 3 Mapa geológico simplificado do Cráton São Francisco, a área de estudos deste trabalho é indicada pelo polígono preto (Alkmim *et al.*, 2004).

Tectônica da Bacia do São Francisco

Em relação à evolução tectônica desta bacia, podem ser identificadas diferentes feições de eventos tectônicos, como mostra a Figura 4, nos quais a bacia foi submetida ao longo do tempo geológico, e que podem ser divididas em feições tectônicas de formação, e feições tectônicas de modificação e metamorfismo (Coelho *et al.*, 2008).

O início do ciclo divergente da bacia, relacionada à quebra do Supercontinente Rodínia, é caracterizado por uma primeira sequência deposicional (Coelho *et al.*, 2008). O desenvolvimento de bacias do tipo rifte/margem passiva em ambos os lados do Paleocontinente São Francisco ocorreu como um processo diacrônico. A oeste, há cerca de 1,3-1,2 Ga, implantou-se a bacia Canastra/ Paranoá e a leste, há cerca de 0,9 Ga, a bacia Macaúbas (Martins-Neto *et al.*, 1997, 2001, Dardenne 2000, Martins-Neto & Hercos 2002, Alkmim *et al.*, 2001, Pedrosa-Soares *et al.*, 2001).

As faixas móveis que limitam a Bacia do São Francisco contém o registro de um sistema de margem ativa associado à zona de subducção, explicada pela ação de um regime flexural por sobrecarga de uma bacia tipo *foreland* instalada nos domínios cratônicos (Martins-Neto *et al.*, 1997, 2001; Castro & Dardenne, 2000; Martins-Neto & Alkmim 2001) e separada por pontos mais centrais da bacia por uma discordância estimada em 150 Ma.

Na Faixa Brasília, essa fase é representada pela Sequência Araxá/Ibiá, cujos registros indicam idades de 950 a 650 Ma (Dardenne, 2000; Pimentel *et al.*, 1999, 2000; Martins-Neto & Alkmim 2001). Na Faixa Araçuaí a leste, Pedrosa-Soares *et al.* (2000, 2001) relatam uma idade de 630 a 585 Ma para os depósitos dessa fase tectônica.

Os depósitos correspondentes a sequência Bambuí, cuja idade estaria indicada entre 740 e 530 Ma (Martins-Neto *et al.* 1997, 2001, Castro & Dardenne 2000, Martins-Neto & Alkmim 2001, Babinski & Kaufman 2003), são constituídos, principalmente, por rochas carbonáticas e pelíticas. Arenitos, em parte turbidíticos, e conglomerados estão presentes nas

porções norte e sudoeste da bacia (Conglomerados Samburá, Castro & Dardenne, 2000).

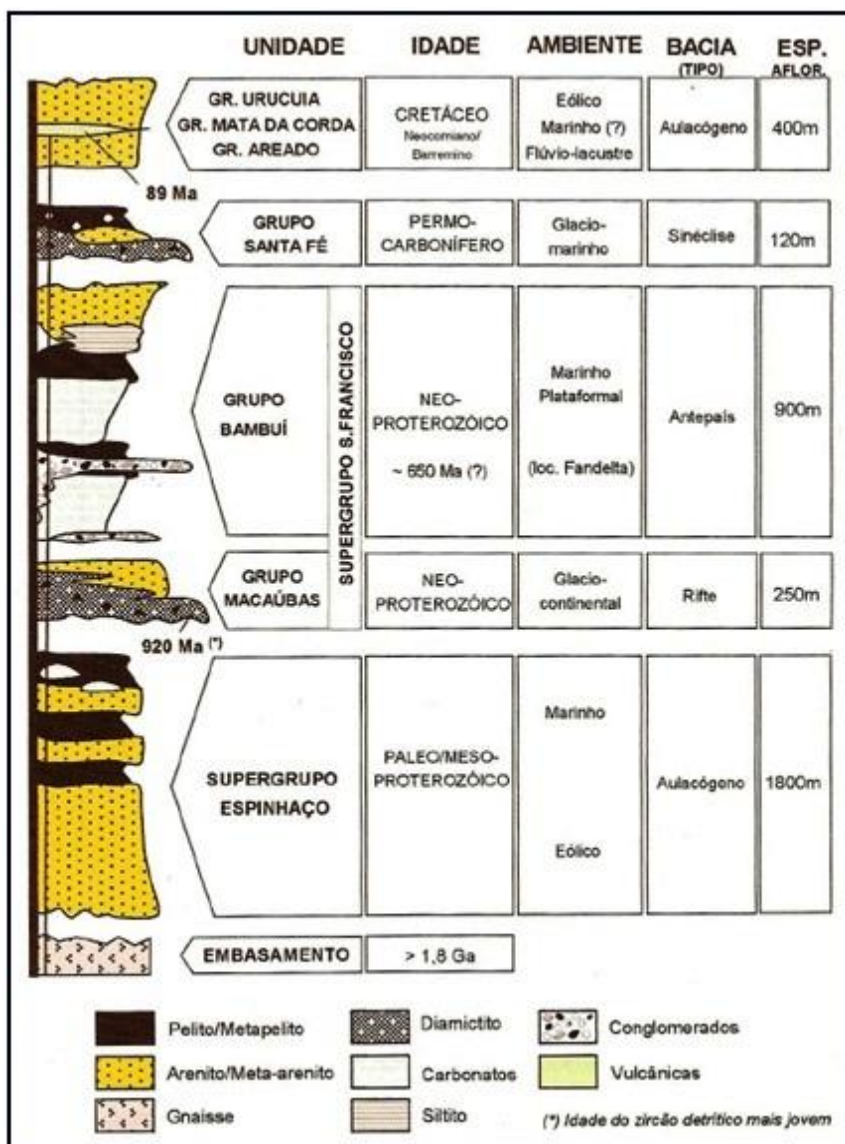


Figura 4 Coluna estratigráfica simplificada da bacia intracratônica do São Francisco, mostrando as principais unidades de preenchimento (Alkmim & Martins-Neto 2001).

Além das características e regimes tectônicos já citados, a Bacia do São Francisco apresenta uma compartimentação estrutural e metamórfica que espelha a sua evolução tectônica (Coelho *et al.*, 2008).

Algumas estruturas mais antigas são, por vezes, observadas sendo reativadas em eventos posteriores ou agindo como ponto de nucleação de

novas estruturas, que afetam determinadas sequências sedimentares, além do embasamento, passando pela Sequência Canastra/Paranoá, do Meso e Neoproterozoico, em suas diversas fases na borda oeste, e sequências Espinhaço e Macaúbas na borda leste, chegando a atingir a Sequência Bambuí, Neoproterozoico (Martins-Neto & Alkmim 2001, Martins-Neto 2005).

Compartimentação tectônica

A bacia pode ser dividida em três compartimentos (Alkmim *et al.*, 1993, 1996, Alkmim & Martins-Neto 2001): (i) um compartimento oeste, que corresponde à porção externa da Faixa Brasília, com vergência estrutural para leste; (ii) uma porção central onde as unidades neoproterozoicas da Sequência Bambuí encontram-se praticamente indeformadas, e (iii) um compartimento leste, que corresponde à porção externa da Faixa Araçuai, com vergência estrutural para oeste. Observa-se ainda que o grau de metamorfismo seja decrescente das faixas móveis adjacentes para a bacia, sendo que nos seus compartimentos oeste e central esse metamorfismo é inexistente, se apresentando incipiente a baixo grau, passando a de maior intensidade para leste, onde pode chegar a atingir condições de fácies xisto verde (Alkmim & Martins-Neto 2001).

4.4 Grupo Una (Bacia do Irecê)

Segundo Misi *et al.* (2007), a Bacia do Irecê é uma bacia pequena e aparentemente isolada, na porção norte-central do Cráton São Francisco, que inclui carbonatos e sedimentos associados à Bacia Una-Utinga ao sul, e a Bacia do São Francisco a oeste. Na

Figura 5 é apresentada a localização da bacia em relação ao cráton.

O Grupo Una, é composto por um pacote carbonático e pelítico com menos de 1000 m de espessura, contendo unidades siliciclásticas descontínuas e pouco espessas de meta-arcósio na base (Formação Salitre). Essas unidades depositam-se sobre diamictitos glaciais (Formação

Bebedouro) ou sobre quartzitos e pelitos mesoproterozoicos do Grupo Chapada Diamantina, que formam o embasamento local da Bacia de Irecê. Torquato & Misi (1977) e Misi & Veizer (1998) realizaram estudos quimioestratigráficos em amostras bem preservadas e obtidas em seções estratigráficas bem controladas, que apresentaram valores entre 0,70745 a 0,70769 para unidade A, 0,70753 a 0,70789 para a unidade B1 e 0,70780 e 0,70847 para a unidade B (Sanches *et al.*, 2007)

O grupo representa, portanto, as coberturas plataformais neoproterozoicas que recobriram uma grande extensão, abrangendo os estados da Bahia e Minas Gerais, interpretadas como um mar de águas rasas e quentes decorrentes de um período de deglaciação que na base, é composto pela Formação Bebedouro, de possível correlação com as Formações Jequitaí (ou Carrancas) e Macaubas, na Bacia do São Francisco.

O Grupo Una pode ser dividido em cinco unidades litoestratigráficas distintas (Misi & Souto, 1975; Misi, 1979), relativas à Formação Salitre, que possuem correlação com as formações do Grupo Bambuí, sendo interpretada como produto de uma transgressão marinha generalizada (Leão & Dominguez, 1992) que vigorou no antepaís brasileiro e é dividido em quatro unidades: Nova América, Gabriel, Jussara e Irecê (Figura 6). Do topo para base, Misi (2007), define estas unidades como:

Unidade A1: Calcários negros ricos em matéria orgânica, com oólitos, e estratificação cruzada. Correlativos aos calcários da formação Lagoa do Jacaré

Unidade A: Calcário cinza, argiloso, intercalado com folhelho e siltito, depositados em um ambiente relacionado a águas profundas. Esta unidade seria equivalente a Formação Serra de Santa Helena.

Unidade B1: Dolomitos verdes a vermelhos, com estruturas do tipo *teepee* brechas intraformacionais, nódulos de sílica e de calcita, estratificação cruzada, e estromatólitos colunares e laminados, com deposição em águas rasas, e periódica exposição. As subfácies desta unidade contém calcário preto com oólitos e pisotilos. Esta unidade parece correlata ao topo da Formação Sete Lagoas na Bacia do São Francisco.

Unidade B: Calcário e calcário dolomítico com laminação plana paralela, equivalente a Formação Sete Lagoas.

Unidade C: Dolomito argiloso vermelho a verde, sobrejacente a Formação Bebedouro. Dardenne (1979) descreveu “dolomitos rosas” similares à porção mais baixa da Formação Sete Lagoas, sobrejacente aos diamictitos da Formação Macaúbas na Bacia do São Francisco.

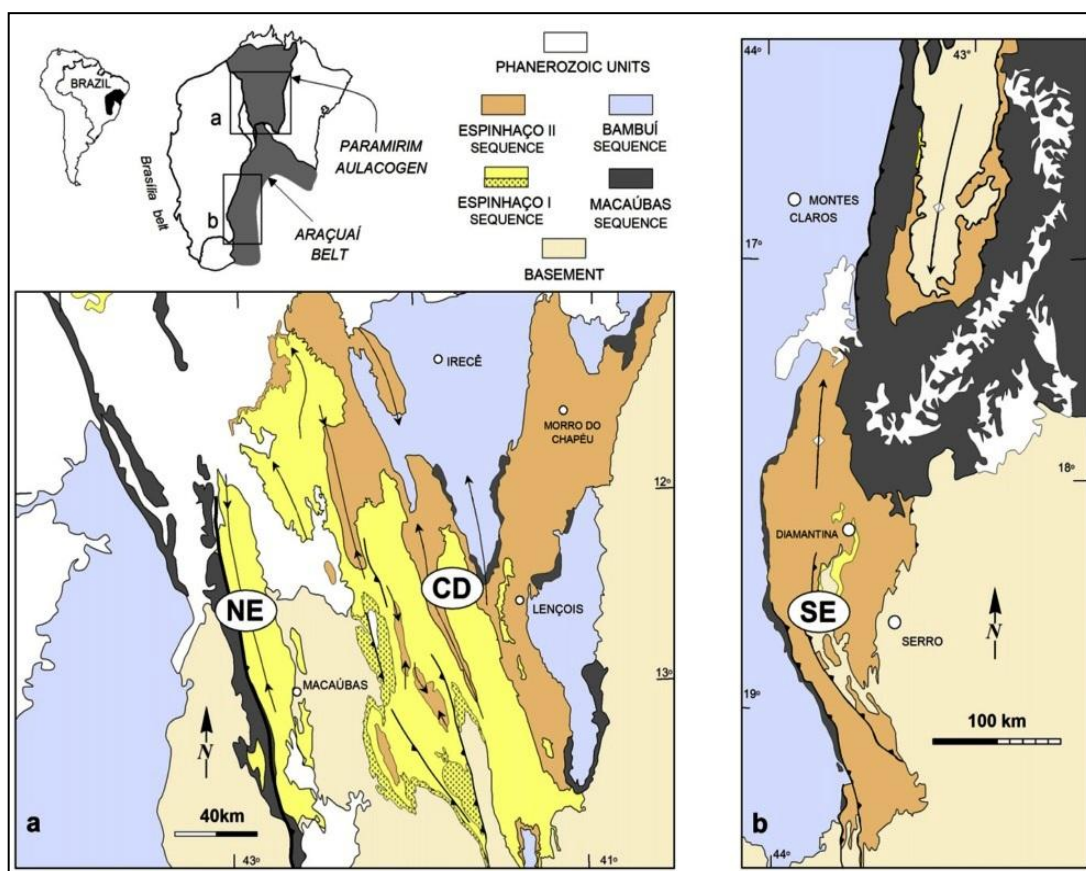


Figura 5 Distribuição das unidades geológicas Espinhaço, Macaúbas e seqüências Bambuí no aulacógeno Paramirim e da Faixa Araçuaí. (a) Mapa geológico simplificado do Norte Serra do Espinhaço (NE) e Chapada Diamantina (CD) na porção sul da aulacógeno Paramirim (Modificado de Inda e Barbosa, 1978; Guimarães et al, 2008; Loureiro et al., 2008). (b) Mapa geológico da Serra do Espinhaço Meridional (SE) na porção sudoeste da Faixa Araçuaí (modificado por Alkmin & Martins-Neto, 2012).

FORMAÇÃO	UNIDADE	LITOLOGIA	ESTRUTURAS SEDIMENTARES	INTERPRETAÇÃO
SALTRE (100-240m)	IRECÊ	Calcilutito	Laminação plano-paralela	Talude proximal e distal
		Marga		
		Calcarenito		Sedimentação em ponds
		Arenito		
		Siltito		
	Silex			
	JUSSARA	Calcirrudito	Oncólitos	Submaré e localmente intermaré
		Calcarenito intraclástico		
		Calcissiltito	Estratificação plano-paralela e <i>herring bone</i>	
		Calcilutito		
		Arenito		
	Siltito			
	GABRIEL	Calcarenito intraclástico	Laminação cruzada Bird' s eyes	Intermaré a submaré sujeito a tempestades
		Calcissiltito	Ondulações com intraclastos	
		Calcilutito	Lenticularidade	
	NOVA AMÉRICA	Laminito algais	Tapetes algais	Intermaré a submaré com exposição subaérea periódica (supramaré)
Dolomitos		Intraclastos		
Argilitos		Laminação cruzada		
Silex		Ondulações		
BEBEDOURO (200-350m)		Lenticularidade Bird' s eyeys	Disposição deltaica e marinha glaciogênicas	
		Tepees		
	<i>Boulder beds</i>	Gradação		
	Diamictitos	Ondulações		
	Arenitos	Estratificação cruzada		
Siltitos	Marcas onduladas			
Folhelhos	Clastos caídos			
	Ciclicidade			

Figura 6 Características de litológicas e interpretação sedimentológica das formações componentes do Grupo Una. (Pedreira *et al.*, 1994, modificada por Santos, 2011).

4.5 Grupo Bambuí

O Grupo Bambuí compreende uma sequência pelito-carbonática que recobre diversas unidades da Faixa Brasília e do Cráton São Francisco (Figura 3), sobreposta aos diamictitos da Formação Jequitaí. A organização estratigráfica adotada neste trabalho é a de Dardenne (2000) (Figura 7), segundo a qual o Grupo Bambuí é dividido em por cinco formações: Sete Lagoas, Serra de Santa Helena, Lagoa do Jacaré, Serra da Saudade e Três Marias, que se encontram mais ou menos constantes nos estados de Goiás, Minas Gerais e Bahia e são descritas a seguir:

- A) Formação Sete Lagoas: é dividida em dois membros: Pedro Leopoldo e Lagoa Santa (Tuller *et al.*, 2010). Segundo o autor, o Membro Pedro Leopoldo é constituído por calcilutitos e calcissiltitos em camadas tabulares delgadas e espessas, laminadas, contínuas e/ou lenticulares com presença frequente de siltito esverdeado e intercalado numa disposição rítmica. Ocorrem ainda calcário dolomítico, doloarenito, níveis de marga, intraclastos e esteiras microbianas. Já o Membro Lagoa Santa é constituído de calcarenito fino a médio, calcirrudito, calcilutito, calcissiltito fino a grosso, esteiras microbianas e estromatólitos (*gymnosolenides*).
- B) Formação Serra de Santa Helena: composta essencialmente de folhelho e siltitos laminados, com raras camadas pouco espessas de arenito fino. São encontradas estruturas sedimentares do tipo estratificação cruzada e plano-paralela.
- C) Formação Lagoa do Jacaré: composta predominantemente de calcários oolíticos e pisolíticos bem como por siltitos carbonáticos de coloração verde.
- D) Formação Serra da Saudade: representada por folhelhos, siltitos esverdeados e algumas lentes de calcário cinza.
- E) Formação Três Marias: compreende unidade siliciclástica constituída por arcósios e siltitos com presença comum de estruturas do tipo estratificação plano-paralela e marcas de onda.

Os sedimentos do Grupo Bambuí foram depositados em uma plataforma epicontinental, inicialmente em um ambiente de mar raso, evoluindo para recifal e finalmente foi instaurado um sistema aluvial (Marini *et al.*, 1984a, Dardenne, 2000, D'Agrella-Filho *et al.*, 2000). A transgressão pós-glacial inundou o cráton, período no qual sedimentos pelíticos e carbonáticos foram depositados na porção basal do grupo Bambuí em uma área maior que 300.000 km². Essa associação sedimentar, que sucede a glaciação Jequitiaí, é repetida em três megaciclos regressivos numa sequência *shallowing upward*, cada um deles começando em uma transgressão marinha regional

associada com a subsidência da bacia (Figura 7) (Dardenne, 2000). Cada megaciclo é evidenciado pela presença de fácies pelíticas marinhas profundas gradando para plataforma rasa e finalizando como sub-maré e supra-marés no topo da sequência.

Da base para o topo, esses mega ciclos estão arranjados como:

Megaciclo I: calcário pelítico correspondente à Formação Sete Lagoas, formando uma sequência granocrescente ascendente com calcilutitos na base, gradando para dolomitos e calcários no topo. Na base, calcilutitos dolomíticos rosados com filmes argilosos são observados frequentemente, podendo passar, progressivamente, a calcilutitos cinza escuro ou preto. Os calcários geralmente se apresentam microcristalinos, cinza escuro ou preto, bem estratificados e homogêneos apesar de serem observados como lentes em escala regional. No topo, as fácies carbonáticas são predominantemente dolomíticas, sendo observados intraclastos e oólitos. Este primeiro ciclo termina com extensa exposição subaérea sendo marcada por estruturas tipo *tepee*, moldes de nódulos de sulfetos, dissolução de brechas e estromatólitos colunares e laminares.

Megaciclo II: tem início na Formação Serra Santa Helena, com sedimentos pelíticos na base e sinais de subsidência repentina, mas contínua, da bacia. A deposição dos pelitos foi seguida por calcários cinza escuro plataformais da Formação Lagoa do Jacaré, depositados em ambiente dominado por tempestades e marés.

Mega ciclo III: composto pela Formação Serra da Saudade, com sedimentos pelíticos e arenosos depositados em ambiente plataformal profundo com ocorrência episódica de tempestades na base da sequência; e pela Formação Três Marias no topo dominada por sedimentos arcóseos, depositados em ambiente plataformal raso influenciado por tempestade e ocorrência de mares e supra-marés. Os pelitos são esverdeados e possuem mica detrítica em camadas planas, enquanto os grãos arcóseos são esverdeados a avermelhados e ricos em plagioclásio e micas. Alguns fragmentos líticos vulcânicos, provenientes de um arco magmático de idade

Brasileira, a leste são encontrados nesta sequência, sendo considerados sedimentos molássicos da bacia de *foreland*.

		Formação	Litologia	Sequência	Ambiente de sedimentação
Grupo Bambuí	Subgrupo Paraopeba	Três Marias (~100m)	Siltitos	Megaciclo I (argilo-arenosa)	Ambiente flúvio-continental. Ambiente marinho à sublitorâneo, alternante. Ambiente marinho agitado submetido à influência das ondas e correntes de maré: exposição subaérea temporária frequente na zona intermaré
			Arenitos		
			Arenitos arcósios		
		Serra da Saudade (25-200m)	Folhelhos		
			Argilitos		
	Lagoa do Jacaré (0-100m)	Siltitos	Megaciclo II (argilo-carbonata)	Ambiente marinho litorâneo, agitado submetido a influência das ondas e correntes de maré	
		Calcário (lentes)			
		Calcário oolítico			
	Serra de Santa Helena (150-220m)	Calcário psolítico	Megaciclo III (argilito-carbonatada)	Ambiente marinho sublitorâneo, abaixo do nível de base das ondas e correntes de maré, profundidade moderada	
		Margas			
Sete Lagoas (200-250m)	Folhelhos	Megaciclo III (argilito-carbonatada)	Ambiente marinho sublitorâneo, abaixo do nível de base das ondas e correntes de maré, profundidade moderada		
	Siltitos				
	Calário dolomítico				
Grupo Macaúbas	Jequitai (0-20m)	Calário micro-cristalino	Paraconglomerado com seixos de quartzito, calcário, dolomito, cherts, gnaiss, micaxisto, granito e rocha vulcânica	Ambiente Glacial	
		Dolomito com oólitos e estromatólitos			

Figura 7 Coluna estratigráfica e de ambientes de sedimentação dos Grupos Bambuí e Macaúbas (modificada por Santos, 2011).

5 METODOLOGIA

5.1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A seguir serão apresentadas as fundamentações teóricas dos métodos de análise empregados neste estudo.

5.1.1 Sistema Rb-Sr

Geraldes (2010) descreve os elementos Rubídio e Estrôncio da seguinte maneira:

- O rubídio (Rb) pertence ao grupo I (metais alcalinos) da tabela periódica, tratando-se de um elemento químico que não forma minerais próprios na natureza, e sendo sempre encontrado como impureza em minerais potássicos. Este comportamento está relacionado ao raio iônico deste elemento, 1,48 Å, que é muito semelhante ao raio iônico do potássio, sendo apenas 11% maior. O Rb apresenta dois isótopos de ocorrência natural: ^{85}Rb (estável) e ^{87}Rb (instável) (Figura 8).

- O estrôncio (Sr) pertence ao grupo II da tabela periódica, e possui raio iônico de 1,13 Å, sendo aproximadamente 13% maior em relação ao raio iônico do Ca o que torna possível a substituição deste último por Sr em minerais como a calcita. O Sr apresenta quatro isótopos de ocorrência natural: ^{84}Sr , ^{86}Sr , e ^{88}Sr como isótopos não radiogênicos, e ^{87}Sr como isótopo radiogênico (Figura 8).

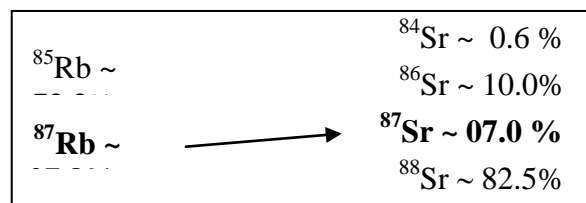
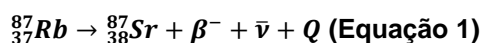


Figura 8 Quadro esquemático das porcentagens dos isótopos de Rb e Sr (Geraldés, 2010).

O método radiométrico Rb-Sr baseia-se na desintegração radioativa do isótopo pai, ou isótopo radioativo, ^{87}Rb , que por meio da liberação de uma partícula β^- , decai para seu isótopo filho, ou isótopo radiogênico, ^{87}Sr conforme mostra a equação 1 (Faure, 1986). Este processo ocorre segundo uma constante de decaimento (λ) de valor conhecido ($1,42 \times 10^{-11} \text{ano}^{-1}$) (Geraldés, 2010). A meia vida do Rb corresponde a de 48,8 Ga, aproximadamente (Neuman & Huster, 1974 *apud* Geraldés, 2010).



Onde:

β^- = Partícula beta negativa

$\bar{\nu}$ = Antineutrino

Q = Energia liberada no decaimento (0,275 MeV)

O crescimento da quantidade de isótopo ^{87}Sr pode ser descrito pela equação 2 equivalente à lei da radioatividade, onde o número total de Sr é função do Sr inicial somado ao número de isótopos de Rb que sofreram decaimento em um período de tempo t (Geraldés, 2010).

$$^{87}\text{Sr}_{(Total)} = ^{87}\text{Sr}_{(inicial)} + ^{87}\text{Rb}(e^{\lambda T} - 1) \text{ (Equação 2)}$$

Para fins de facilitar o processo de datação, a equação acima é dividida pelo valor de ^{86}Sr , visto que os espectrômetros de massa determinam facilmente razões do que números de átomos. A equação resultante (equação 3) é a equação utilizada para o cálculo de idade Rb-Sr (Geraldés, 2010).

$$\frac{{}^{87}\text{Sr}}{{}^{86}\text{Sr}}_{(Total)} = \frac{{}^{87}\text{Sr}}{{}^{86}\text{Sr}}_{(inicial)} + \frac{{}^{87}\text{Rb}}{{}^{86}\text{Sr}}(e^{\lambda T} - 1) \text{ (Equação 3)}$$

5.1.1.1 Razões ${}^{87}\text{Sr}/{}^{86}\text{Sr}$

Carbonatos biogênicos cumprem os requisitos para datação: são bastante resistentes a alteração diagenética e desde que secretados diretamente em água marinha não contém partículas detríticas (Faure, 1986).

Sendo então compostas predominantemente por minerais ricos em carbonato, as rochas carbonáticas puras possuem pouco ou nenhum mineral potássico, fazendo com que o conteúdo de rubídio seja insignificante (equação 4). Esta condição permite que a quantidade de ${}^{87}\text{Sr}$ não aumente pelo decaimento do ${}^{87}\text{Rb}$, ficando próxima ao valor no momento do fechamento do sistema, sendo possível identificar razões iniciais de ${}^{87}\text{Sr}/{}^{86}\text{Sr}$ nos carbonatos (equação 5), que pode ser utilizada então, como ferramenta de datação indireta (Faure, 1986), especialmente para rochas neoproterozoicas.

$$\frac{{}^{87}\text{Sr}}{{}^{86}\text{Sr}}_{(Total)} = \frac{{}^{87}\text{Sr}}{{}^{86}\text{Sr}}_{(inicial)} + \frac{{}^{87}\text{Rb}}{{}^{86}\text{Sr}}(e^{\lambda T} - 1) \text{ (Equação 4)}$$

↓
0

Logo:

$$\frac{{}^{87}\text{Sr}}{{}^{86}\text{Sr}}_{(Total)} = \frac{{}^{87}\text{Sr}}{{}^{86}\text{Sr}}_{(inicial)} \text{ (Equação 5)}$$

A utilização deste método na construção de curvas de evolução isotópica se baseia no princípio de que o tempo de residência do Sr seria suficientemente grande na água do mar (ca. 4 Ma) em relação ao tempo de homogeneização interoceânica (1500 anos) (Broecker & Peng, 1982 *apud* Babinski, 2011) permitindo que os carbonatos precipitados em ambiente marinho assumam a composição isotópica de Sr no momento de sua deposição, e que suas razões ${}^{87}\text{Sr}/{}^{86}\text{Sr}$ representem excelentes registros dos eventos ocorridos em oceanos conectados (Babinski, 2011). A utilização deste método é eficaz como traçador isotópico, pois as razões

$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ são diretamente relacionáveis com ambientes geológicos distintos, por exemplo, a média da crosta continental é de cerca de 0,730 enquanto a água do mar possui valores atuais em torno de 0,709, e rochas de fontes mantélicas 0,702 a 0,706 (Geraldes, 2010).

5.1.1.2 Confiabilidade dos dados

Algumas considerações a respeito da confiabilidade dos dados gerados são necessárias antes e depois da análise isotópica.

Sobre a alteração dos carbonatos, ela pode ocorrer inicialmente durante a diagênese ou como consequente resultado de deformação estrutural, com deposição de calcita secundária por salmouras contendo Sr cuja composição isotópica difere daquela do carbonato (Faure, 1986). O incremento sistemático das razões Sr/Sr, segundo o autor, pode ser resultado da liberação de Sr dos silicatos e óxidos durante a dissolução ácida das fases carbonáticas, podendo ser minimizado pela exclusão de amostras contendo >10% de resíduo não dissolvido em ácido e usando soluções de diluição de ácidos fracos.

A digestão das amostras em ácidos fracos como o ácido acético ou ácido hidrocloreídrico em baixas concentrações evitam a liberação do Sr associado às fases minerais siliciclásticas e aos óxidos, o que poderia alterar a razão de Sr analisada (Gorokhov *et al.*, 1995, 1996, 1998 *apud* Faure, 1986).

5.1.2 Espectrometria de massas

A espectrometria de massas se baseia na separação de partículas atômicas a partir de suas diferentes massas, cargas e movimentos em campos magnéticos e elétricos. São usados diversos tipos de equipamento, de acordo com a forma de ionização, modo de separação das massas e natureza do material analisado (Faure, 1986).

O equipamento utilizado neste trabalho foi do tipo TIMS (*Thermal Ionization Mass Spectrometer*) modelo TRITON da Thermo-Finnigan, o qual utiliza a ionização das amostras a partir do aquecimento de um filamento metálico inserido junto à fonte

iônica (fonte de ionização térmica). Sob alto vácuo no interior do espectrômetro de massa, o filamento é aquecido através de passagens de correntes elétricas. Este aquecimento provoca a vaporização do elemento depositado gerando partículas carregadas positivamente que são aceleradas para o interior do campo eletromagnético ao passarem pelas janelas de colimação. Os íons resultantes são acelerados e colimados em feixes (Figura 9).

A eficiência de ionização varia em função do tipo de filamento utilizado (Re, Ta, Pt ou W), da função de trabalho (energia necessária para que um elétron possa vencer a barreira potencial e ficar livre do filamento de metal no vácuo) e do potencial de ionização do elemento analisado (energia mínima necessária para arrancar um elétron de um átomo) (Sato & Kawashita, 2002) sendo de extrema importância a purificação das amostras a partir da separação química das mesmas. Para o elemento Sr, geralmente são utilizados filamentos de tântalo (Ta) (Dickin, 2005)

O campo magnético interfere na trajetória dos íons com intensidade proporcional a massa dessas partículas, desta forma as trajetórias são modificadas conforme a diferença de massa, e assim chegando ao final do tubo analisador, separadas em função de suas respectivas massas.

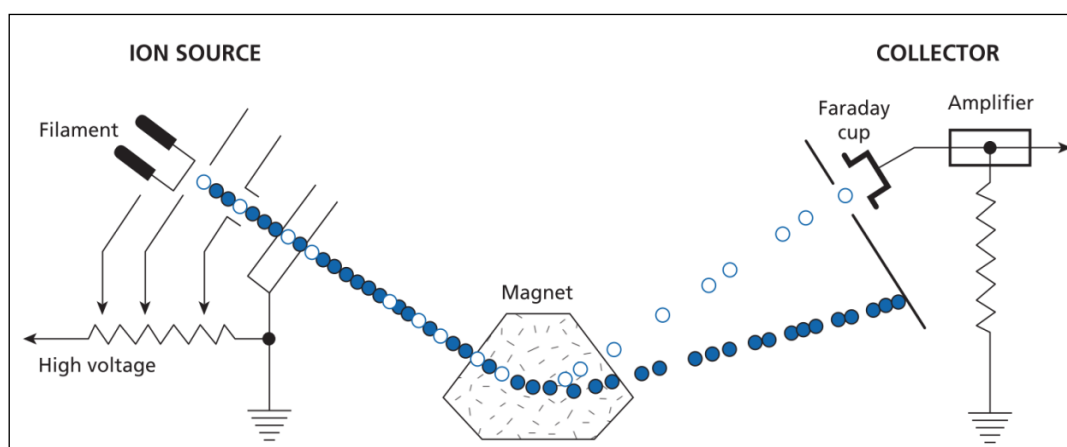


Figura 9 Esquema de funcionamento do TIMS. Os círculos vazados e sólidos indicam isótopos leves e pesados respectivamente (Allégre, 2008).

Depois de separadas, as partículas são captadas por sensores metálicos separados do tubo analisador por pequenas janelas. Um computador acoplado aos espectrômetros de massa através de interfaces adequadas controla as diversas

operações do equipamento. As correntes iônicas obtidas por um voltímetro digital são armazenadas e processadas posteriormente pelo computador, e desta forma as razões isotópicas assim são obtidas.

5.2 AMOSTRAGEM

A etapa de amostragem ocorreu durante viagem de campo realizada entre os dias 05 e 10 de março do corrente ano. Durante a campanha, as amostras das formações Sete Lagoas e Lagoa do Jacaré, compostas por rochas carbonáticas, foram verificadas em relação a sua composição, ainda em campo, com a utilização de ácido clorídrico (HCl). Foram coletadas 23 amostras para análise das razões isotópicas de Sr e sua localização é apresentada no mapa de localização e amostragem (Figura 11).

As análises isotópicas foram realizadas no Laboratório de Geologia Isotópica da Universidade do Rio Grande do Sul.



Figura 10 Fotos de campo. (a) afloramento Fm. Sete Lagoas na Polícia Rodoviária Federal BR-040; (b) detalhe do afloramento; (c) afloramento da FM Lagoa do Jacaré; (d) detalheto com estratificação do afloramento; (e) estratificação cruzada em calcário da Fm Lagoa do Jacaré; (f) calcarenitos da FM Lagoa do Jacaré.

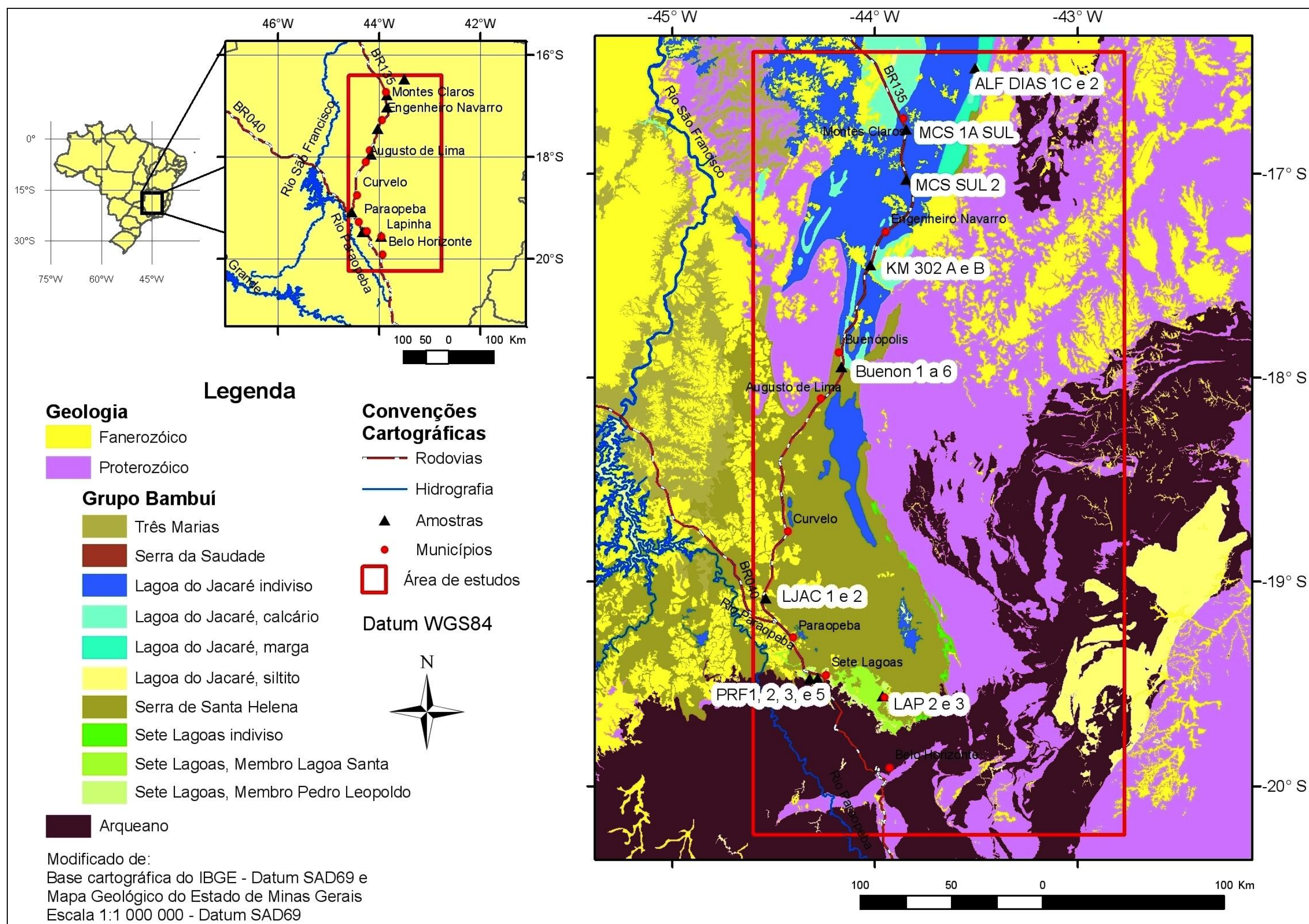


Figura 11 Mapa de localização e amostragem.

5.3 PROCESSAMENTO E ANÁLISE DAS AMOSTRAS

O processamento das amostras foi realizado em duas etapas: preparação física e preparação e abertura química das amostras. Estes procedimentos são descritos a seguir e um diagrama de todos os passos é apresentado na Figura 14.

5.3.1 Preparação física de amostras para análises de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$

A preparação das amostras foi realizada no Laboratório de Preparação de amostras da UFRGS, e teve início pelo controle e homogeneização das amostras, a fim de evitar a análise de material cujas concentrações de Sr tenham sido alteradas por alterações e/ou migração para estruturas mais favoráveis. Para controle de potencial contaminação, as amostras foram embaladas, individualmente, em sacos plásticos identificados antes de submetidas à britagem em prensa hidráulica.

Com a utilização de uma prensa hidráulica, foram esmagadas com cargas acima de 10 toneladas. O material recolhido é então separado para posterior pulverização feita em um moinho de bolas. No caso de eventual dificuldade para utilização da sala de preparação, utilizou-se também gral e pilão para pulverização, conseguindo chegar ao mesmo resultado do moinho de bolas.

As amostras pulverizadas são colocadas em frascos de *teflon* a fim de evitar contaminação externa antes da preparação química.

5.3.2 Preparação química de amostras para análises de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$

Para realização da análise em espectrômetro de massas, são necessários alguns estágios de preparação química das amostras: pesagem, abertura da amostra e separação química. Os procedimentos detalhados a seguir são realizados como padrão no Laboratório de Geologia Isotópica da UFRGS.

5.3.2.1 Abertura da Amostra

A abertura das amostras para separação e coleta da alíquota de estrôncio é feita através da digestão em ácido acético, como descrito a seguir.

Para abertura da amostra, são adicionados 5 mL do ácido a 20% a frio em 0,1 gramas de amostra em um tubo de ensaio de polipropileno, que é colocado no ultrassom por 45 minutos e em seguida é centrifugado durante 10 minutos. O sobrenadante (líquido) é coletado em um *Saville*x e posto para secar em chapa elétrica em capela (Figura 12) e após a completa evaporação da fase líquida adiciona-se ao recipiente 3 mL de HCl 2,5N fracionadamente (1 mL por vez) a fim de retirar toda amostra do *Saville*x, colocando esta em um tubo de ensaio de polipropileno para centrifugá-lo por 10 minutos. Após a centrifugação as amostras estão prontas para a fase de separação química.

5.3.2.2 Separação química

Este estágio da preparação das amostras é feito em colunas de separação catiônica (Figura 13), que se valem do uso de resinas para segregação dos elementos de interesse de acordo com o comportamento deles.

Para tanto, primeiro é feito um condicionamento da resina (Rb/Sr Ag 50w-x8 200-400 *mesh hydrogen form*) da coluna Rb-Sr através da adição de 20 mL de ácido clorídrico (HCl) 2,5N na coluna. Em seguida 1 mL da amostra, preparada na etapa de abertura, é adicionado à coluna. Visando a eluição da amostra (dissolução ácida), dá-se início a fase de lavagem por meio da adição de 1 mL HCl 2,5N, que é repetida por mais duas vezes, seguido de mais 20 mL HCl 2,5N; todos os eluidos devem ser desprezados.

A coleta das alíquotas de elementos tem início pela fase do Rb. São adicionados a coluna mais 6 ml de HCl 2,5N, entretanto, como este estudo baseia-se na análise das razões de Sr, esta fase será descartada. Antes da nova fase de separação, são adicionados 17 mL de HCL 2,5N na coluna, desprezando-se em seguida.

A coleta da alíquota de Sr tem início com a adição à coluna de 14 mL de HCl 2,5N, coletados em *Savillex* de 15 mL, aos quais se adiciona 2 gotas de HNO₃ 7,0N. O recipiente, com a alíquota de Sr + ácido, é colocado para secar, aberto, em chapa quente.

As soluções das amostras são então depositadas sobre os filamentos metálicos, para prosseguirem para análise no TIMS.



Figura 12 Amostras em *Savillex* secando em chapa elétrica.

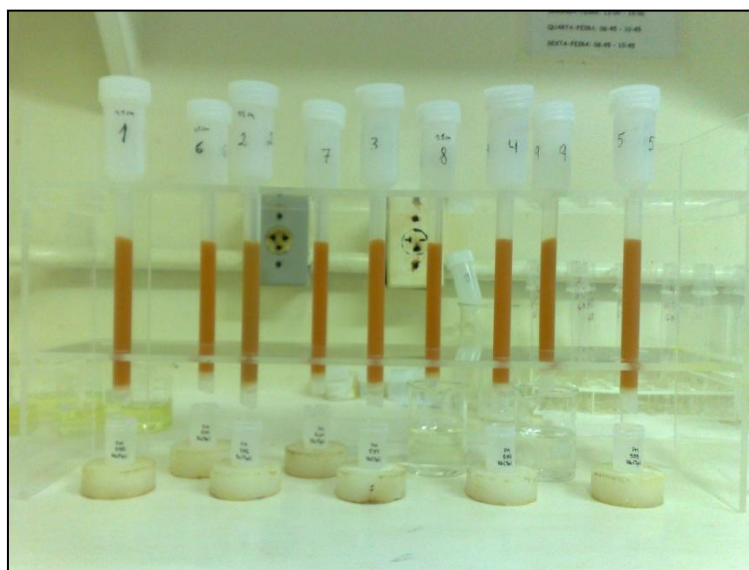


Figura 13 Colunas de trocas catiônicas para separação das alíquotas Rb-Sr..

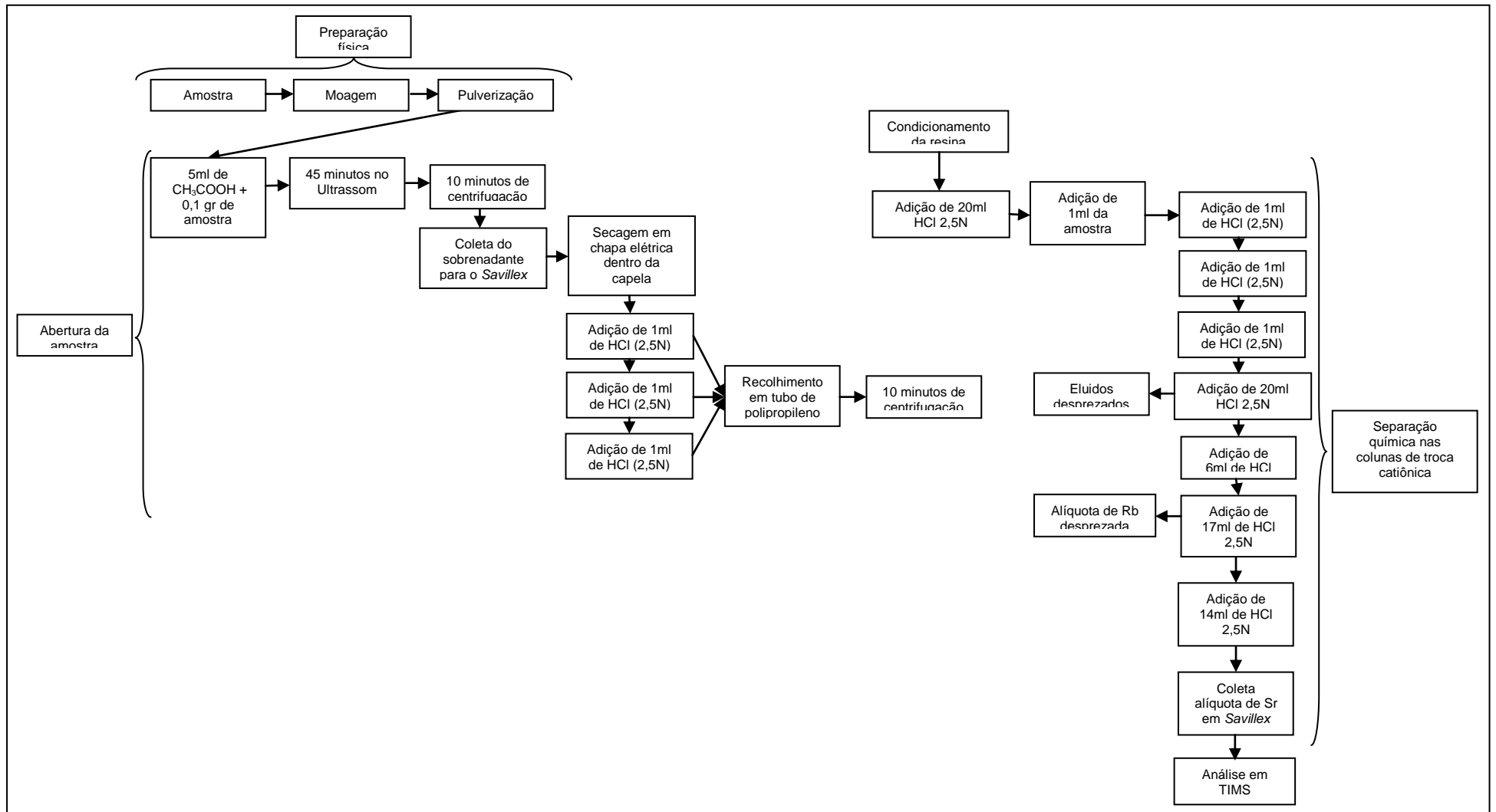


Figura 14 Diagrama síntese da metodologia

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Resultados

Na Estes dados também são apresentados na

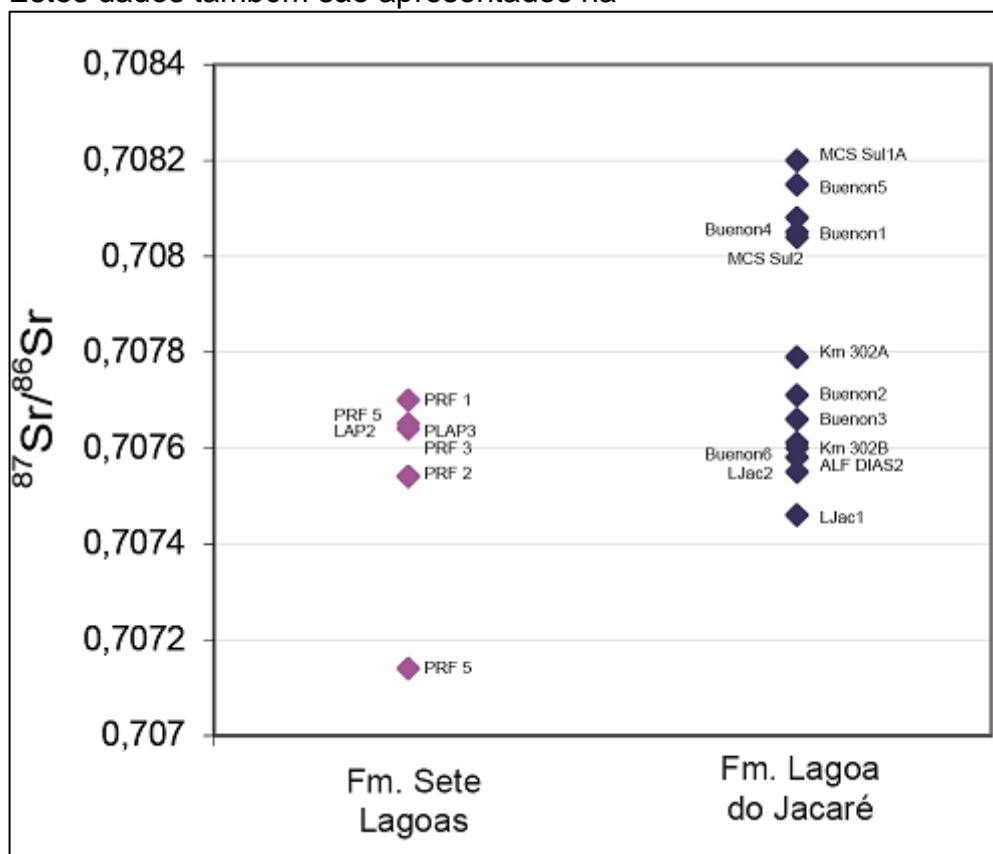


figura 15, como um gráfico de dispersão das amostras para facilitar a visualização e interpretação dos resultados.

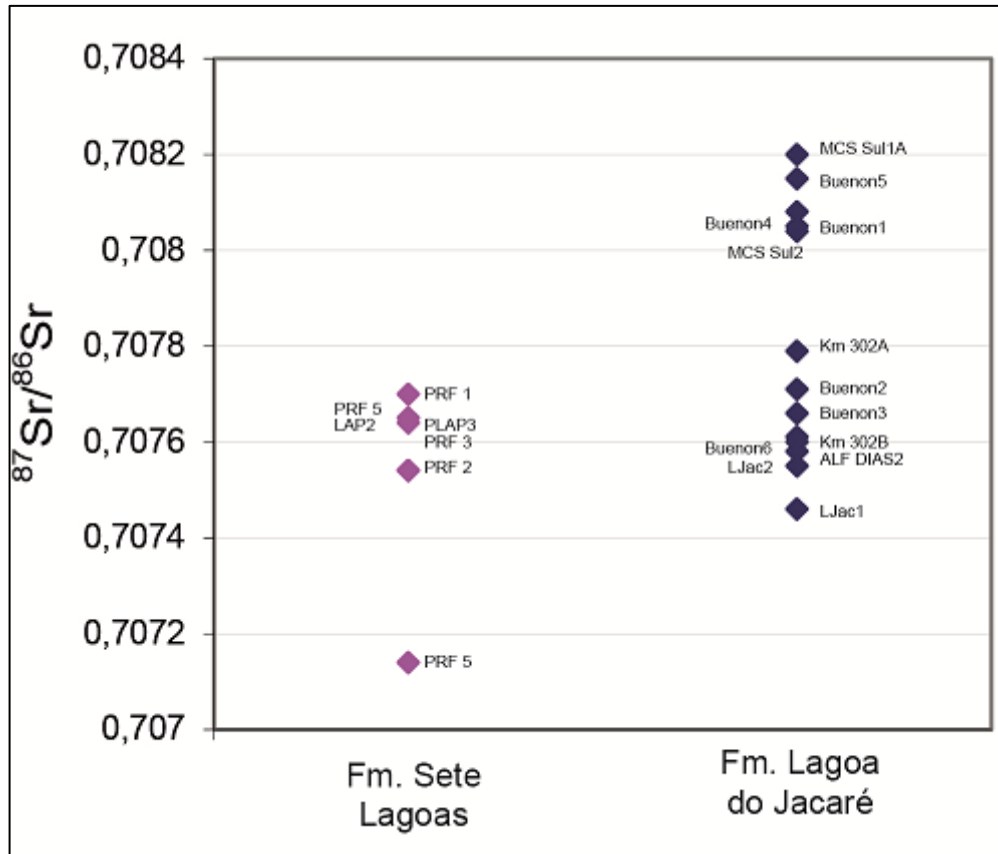


Figura 15 Gráfico da dispersão dos resultados de Sr de acordo com a formação.

Os resultados apresentados acima foram plotados na curva de variação isotópica de Sr proposta por Halverson et al (2007) (Figura 16)

Tabela 1 Resultados das análises de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$

Amostra	Descrição	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	Formação	% S.E	Coord. Leste	Coord. Norte
Bueno	Calcário pretos	0,71342	Lagoa do Jacaré	0,0022	588610	8015368
Buenon 1	Calcário preto	0,70804	Lagoa do Jacaré	0,0021	588610	8015368
Buenon 2	Calcário preto	0,70771	Lagoa do Jacaré	0,0021	588610	8015368
Buenon 3	Calcário preto	0,70766	Lagoa do Jacaré	0,0011	588610	8015368
Buenon 4	Calcário preto	0,70805	Lagoa do Jacaré	0,0016	588610	8015368
Buenon 5	Calcário preto	0,70815	Lagoa do Jacaré	0,0026	588610	8015368
Buenon *06	Calcário preto	0,7076	Lagoa do Jacaré	0,0016	588610	8015368
LJAC 1 TOPO	Calcário oolítico	0,70746	Lagoa do Jacaré	0,0019	548534	7890262
LJAC 2 BASE	Calcário oolítico	0,70758	Lagoa do Jacaré	0,0018	548534	7890262
ALF DIAS 1C	Carbonato preto	0,70808	Lagoa do Jacaré	0,0011	659823	8177051
ALF DIAS 2	Carbonato preto	0,70755	Lagoa do Jacaré	0,0022	659823	8177051

MCS 1A SUL	Carbonatos escuros com laminação fina	0,7082	Lagoa do Jacaré	0,0026	623315	8144060
MCS SUL2	Carbonatos escuros com laminação fina	0,70803	Lagoa do Jacaré	0,0034	623077	8116961
KM 302A	Calcário preto estromatolítico	0,70779	Lagoa do Jacaré	0,003	604011	8070653
KM 302B	Calcário preto estromatolítico	0,70761	Lagoa do Jacaré	0,0025	604011	8070653
PRF A	Calcário escuro, recristalizado com laminação muito fina	0,70804	Sete Lagoas	0,0024	575547	7846879
PRF 1	Calcário estromatolítico	0,7077	Sete Lagoas	0,0021	571385	7846493
PRF 2	Calcário estromatolítico	0,70754	Sete Lagoas	0,0019	571385	7846493
PRF 3	Calcário estromatolítico	0,70754	Sete Lagoas	0,0015	571385	7846493
PRF 5	Calcário estromatolítico	0,70714	Sete Lagoas	0,0033	571385	7846493
LAP 2	Calcário preto muito deformado com foliação transpondo S0	0,70765	Sete Lagoas	0,0016	609100	7836992
LAP 3	Calcário preto muito deformado com foliação transpondo S0	0,70764	Sete Lagoas	0,0008	609100	7836992
LAP 06	Calcário preto deformado com foliação transpondo S0	0,71134	Sete Lagoas	0,0017	609100	7836992

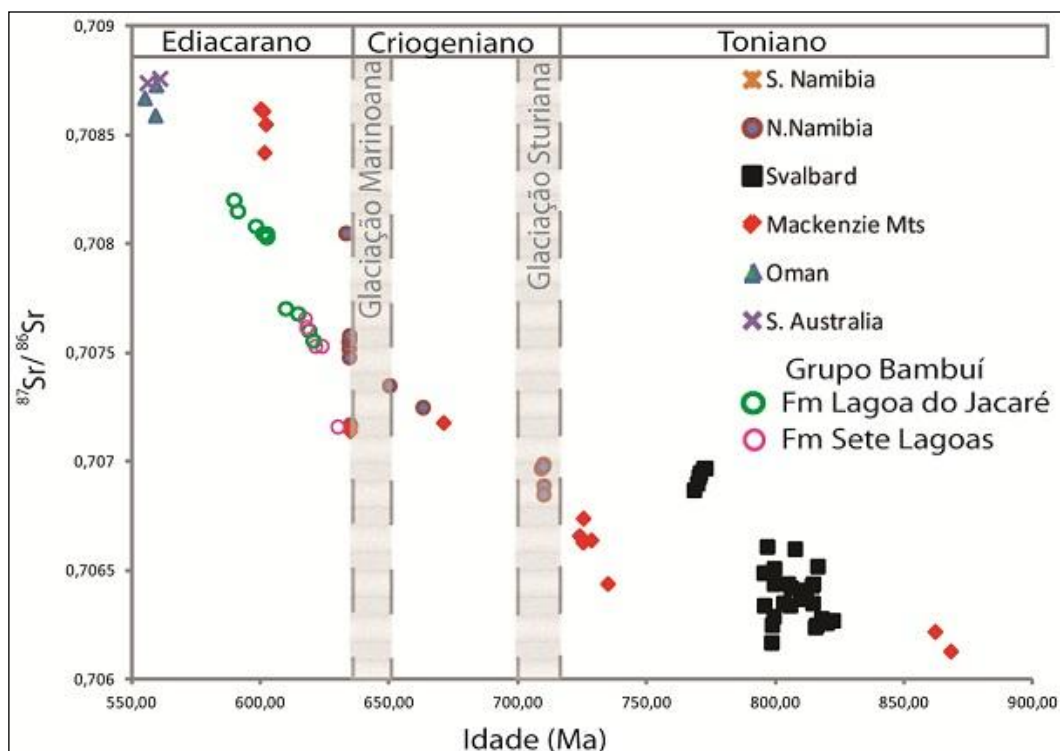


Figura 16 Curva de variação isotópica com os dados referentes ao Grupo Bambuí evidenciando o incremento radiogênico de estrôncio na água do mar e nos carbonatos, indicada pela seta vermelha, durante o período Ediacarano.

são apresentados os resultados referentes às análises das razões de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ das 23 amostras de carbonato coletadas nas formações Sete Lagoas e Lagoa do Jacaré. Estes dados também são apresentados na

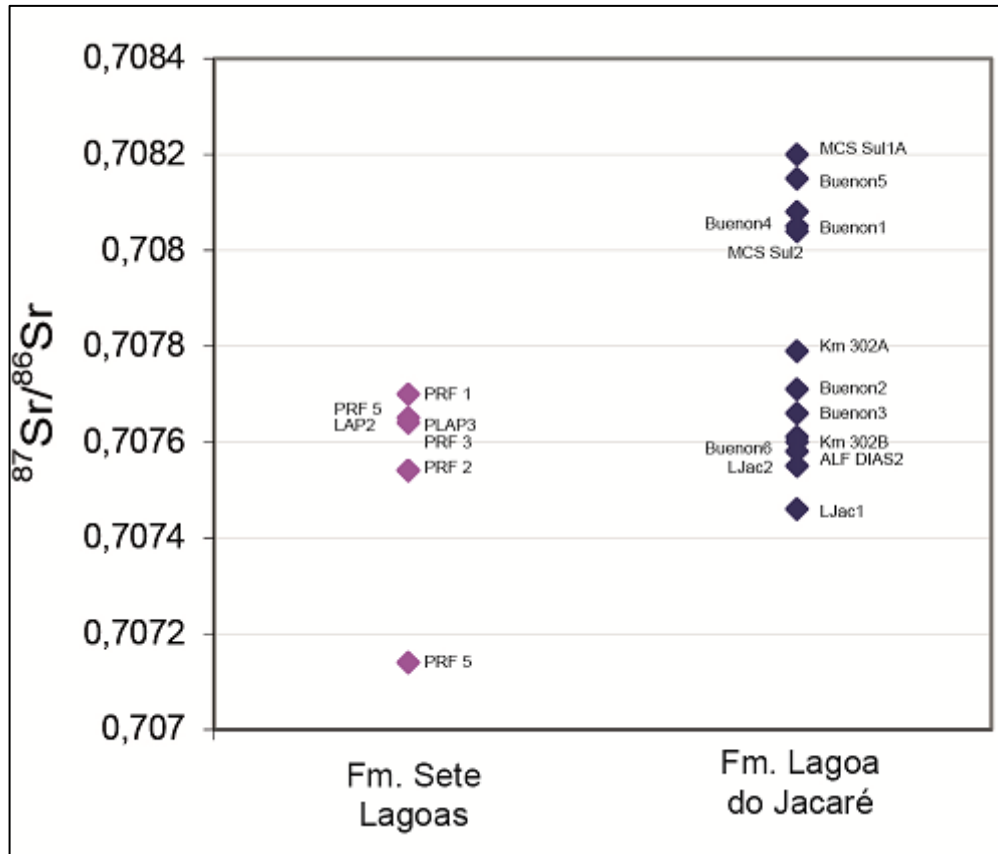


figura 15, como um gráfico de dispersão das amostras para facilitar a visualização e interpretação dos resultados.

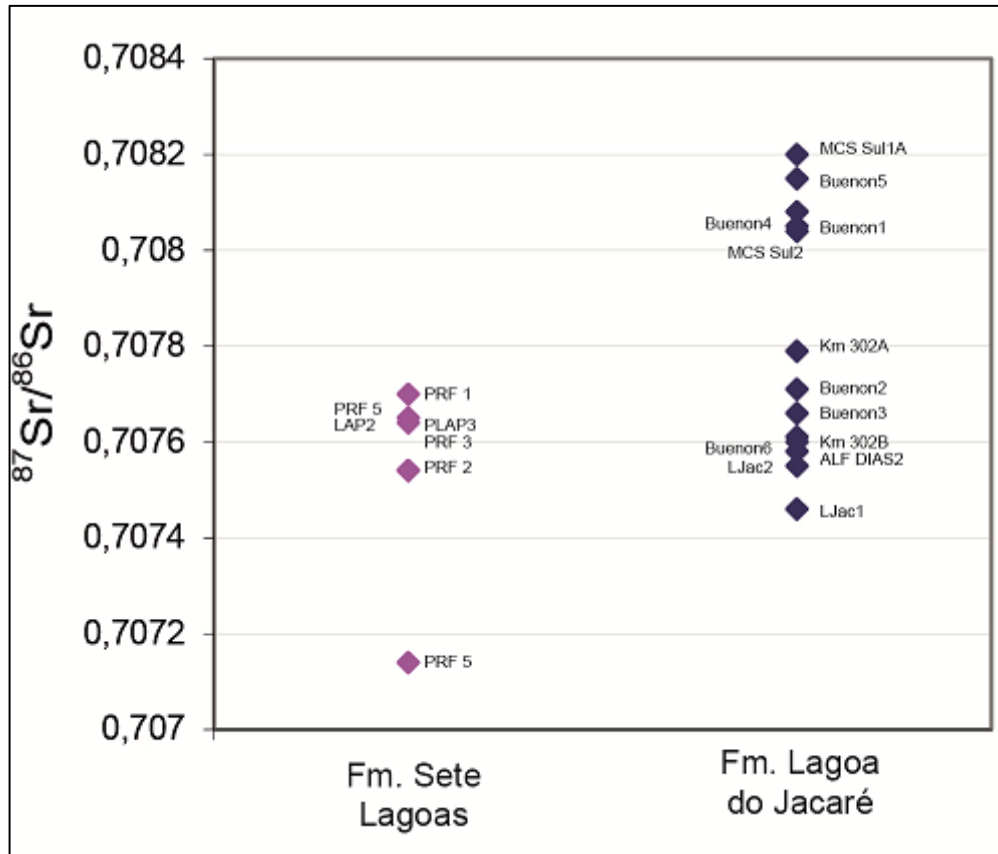


Figura 15 Gráfico da dispersão dos resultados de Sr de acordo com a formação.

Os resultados apresentados acima foram plotados na curva de variação isotópica de Sr proposta por Halverson et al (2007) (Figura 16)

Tabela 1 Resultados das análises de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$

Amostra	Descrição	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	Formação	% S.E	Coord. Leste	Coord. Norte
Bueno	Calcário pretos	0,71342	Lagoa do Jacaré	0,0022	588610	8015368
Buenon 1	Calcário preto	0,70804	Lagoa do Jacaré	0,0021	588610	8015368
Buenon 2	Calcário preto	0,70771	Lagoa do Jacaré	0,0021	588610	8015368
Buenon 3	Calcário preto	0,70766	Lagoa do Jacaré	0,0011	588610	8015368
Buenon 4	Calcário preto	0,70805	Lagoa do Jacaré	0,0016	588610	8015368
Buenon 5	Calcário preto	0,70815	Lagoa do Jacaré	0,0026	588610	8015368
Buenon *06	Calcário preto	0,7076	Lagoa do Jacaré	0,0016	588610	8015368
LJAC 1 TOPO	Calcário oolítico	0,70746	Lagoa do Jacaré	0,0019	548534	7890262
LJAC 2 BASE	Calcário oolítico	0,70758	Lagoa do Jacaré	0,0018	548534	7890262
ALF DIAS 1C	Carbonato preto	0,70808	Lagoa do Jacaré	0,0011	659823	8177051
ALF DIAS 2	Carbonato preto	0,70755	Lagoa do Jacaré	0,0022	659823	8177051

MCS 1A SUL	Carbonatos escuros com laminação fina	0,7082	Lagoa do Jacaré	0,0026	623315	8144060
MCS SUL2	Carbonatos escuros com laminação fina	0,70803	Lagoa do Jacaré	0,0034	623077	8116961
KM 302A	Calcário preto estromatolítico	0,70779	Lagoa do Jacaré	0,003	604011	8070653
KM 302B	Calcário preto estromatolítico	0,70761	Lagoa do Jacaré	0,0025	604011	8070653
PRF A	Calcário escuro, recristalizado com laminação muito fina	0,70804	Sete Lagoas	0,0024	575547	7846879
PRF 1	Calcário estromatolítico	0,7077	Sete Lagoas	0,0021	571385	7846493
PRF 2	Calcário estromatolítico	0,70754	Sete Lagoas	0,0019	571385	7846493
PRF 3	Calcário estromatolítico	0,70754	Sete Lagoas	0,0015	571385	7846493
PRF 5	Calcário estromatolítico	0,70714	Sete Lagoas	0,0033	571385	7846493
LAP 2	Calcário preto muito deformado com foliação transpondo S0	0,70765	Sete Lagoas	0,0016	609100	7836992
LAP 3	Calcário preto muito deformado com foliação transpondo S0	0,70764	Sete Lagoas	0,0008	609100	7836992
LAP 06	Calcário preto deformado com foliação transpondo S0	0,71134	Sete Lagoas	0,0017	609100	7836992

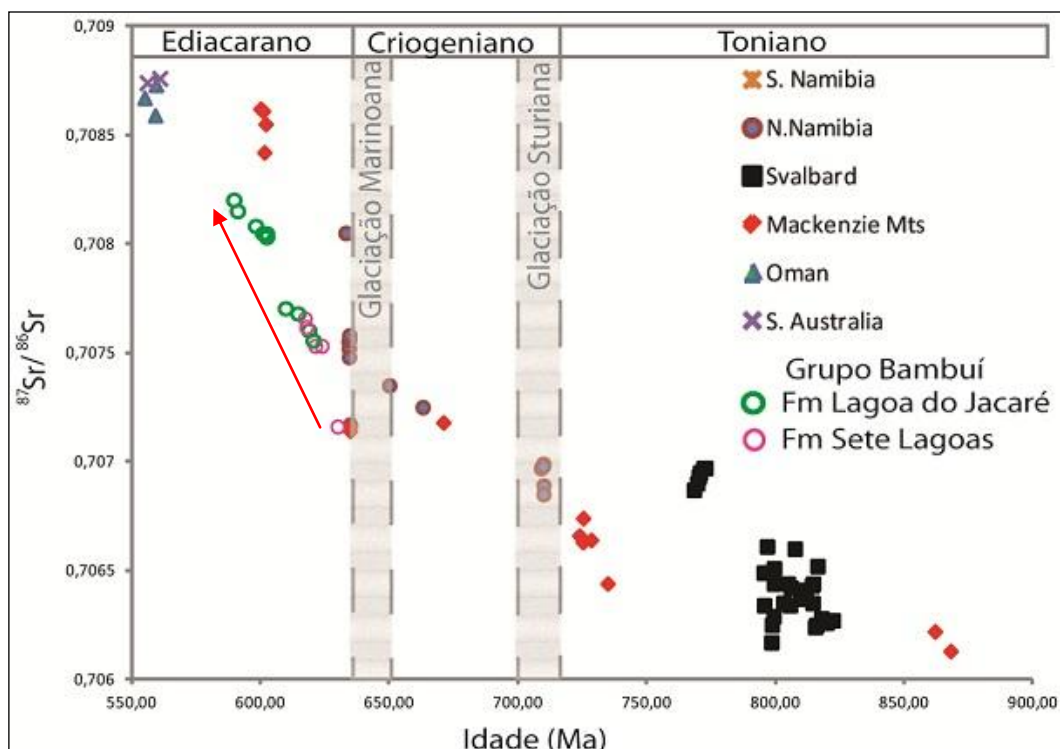


Figura 16 Curva de variação isotópica com os dados referentes ao Grupo Bambuí evidenciando o incremento radiogênio de estrôncio na água do mar e nos carbonatos, indicada pela seta vermelha, durante o período Ediacarano.

6.2 Discussão

Segundo Alvarenga *et al.* (2007), elevados valores das razões $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ têm sido interpretados como devidos a efeitos pós deposicionais, tais como diagênese. Desta forma os valores mais baixos de quaisquer intervalos são considerados os mais representativos, refletindo as condições de deposição (Misi *et al.*, 2007). Em relação aos valores encontrados para as razões de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ nas rochas carbonáticas do Grupo Bambuí, Misi *et al.* (2007) obtiveram valores entre 0,707436 e 0,707507 nas amostras menos alteradas. Valores encontrados, por Misi *et al.* (2007), para rochas na base da formação Sete Lagoas logo acima dos diamictitos glaciais da Formação Jequitai (0,70720 a 0,70748) são semelhantes aos encontrados pelo autor em rochas do topo desta formação (ca. 0,7074), e são coerentes com os

encontrados no presente trabalho, 0,70714 a 0,7077 para a Formação Sete Lagoas e 0,70746 a 0,7082 para a Formação Lagoa do Jacaré.

O Grupo Una, possível correlato do Grupo Bambuí, apresenta razões isotópicas de Sr entre 0,70745 a 0,70769 para unidade A1, 0,70753 a 0,70789 para a unidade B1 e 0,70780 e 0,70847 para a unidade B (anexo 1)(Misi & Veizer, 1998). Já Misi *et al.*, 2007 apresentam valores entre 0,7046 (Unidade A) e 0,70780 (Unidade B). Segundo Misi & Veizer (1998) e Misi (2001), as rochas do Grupo Bambuí e do Grupo Una possuem razões superiores a 0,70740, o que também é verificado nos resultados apresentados.

Na relação das amostras e suas razões de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ apresentadas na Tabela 1 é possível observar uma média de 0,70775, valor dentro do esperado para o grupo, entretanto os valores mais altos estariam acima dos valores indicados na literatura para amostras representativas, indicando que sofreram, possivelmente, algum processo de alteração pós-deposicional. Desta forma, as amostras Bueno (0,71342), PRFA (0,70804) e LAP 06 (0,71133) não foram consideradas na construção da curva (Figura 16) que foi montada com base nos dados apresentados por Halverson *et al.*, 2007 (anexo 2).

Segundo a curva utilizada neste trabalho, e a literatura, para o início da Era Proterozoica, as razões isotópicas de Sr aparecem muito baixas (< 0,7060) (Veizer *et al.*, 1983; Asmerom *et al.*, 1991.; Melezhik *et al.*, 2001; *apud* Halverson *et al.*, 2007) com um aumento gradual a partir do Mesoproterozoico (Derry *et al.*, 1989; Shields *et al.*, 1997; Jacobsen & Kaufman, 1999;. Walter *et al.*, 2000; Thomas *et al.*, 2004; *apud* Halverson *et al.*, 2007), e com incrementos ainda maiores (> 0,7085) no período Ediacarano (Burke *et al.*, 1982; Kaufman *et al.*, 1993; Burns *et al.*, 1994;. Jacobsen e Kaufman, 1999; Shields, 1999;. Brasier *et al.*, 2000; Calver, 2000; *apud* Halverson *et al.*, 2007). Este comportamento, também é observado por Faure (1986), que atribui o incremento das razões de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ de 0,7056 em 830 Ma até 0,709 em 513 Ma, ao aumento do fluxo

de Sr crustal causado pelo soerguimento e aumento de aporte sedimentar durante o ciclo Pan-Africano (Figura 17).

Em relação à idade do Grupo Bambuí, o aumento das razões isotópicas pode estar relacionado à evolução do estrôncio nas águas marinhas, esperado para o período, evidenciando assim, que sua deposição teria início logo após a glaciação Marinoana, cuja idade fica em torno de 635 Ma (Babinski, 2011) e onde se verifica razões de Sr abaixo de 0,7074, concordante às apresentadas na curva durante o Criogeniano, que, segundo Faure (1986) corresponde a assinatura isotópica da queda de influxo sedimentar causado pela glaciação, podendo chegar a 0,70732, e segue durante o período Ediacarano, no intervalo entre 630 e 575 Ma, onde as razões de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ podem ser maiores que 0,708 (Figura 17).

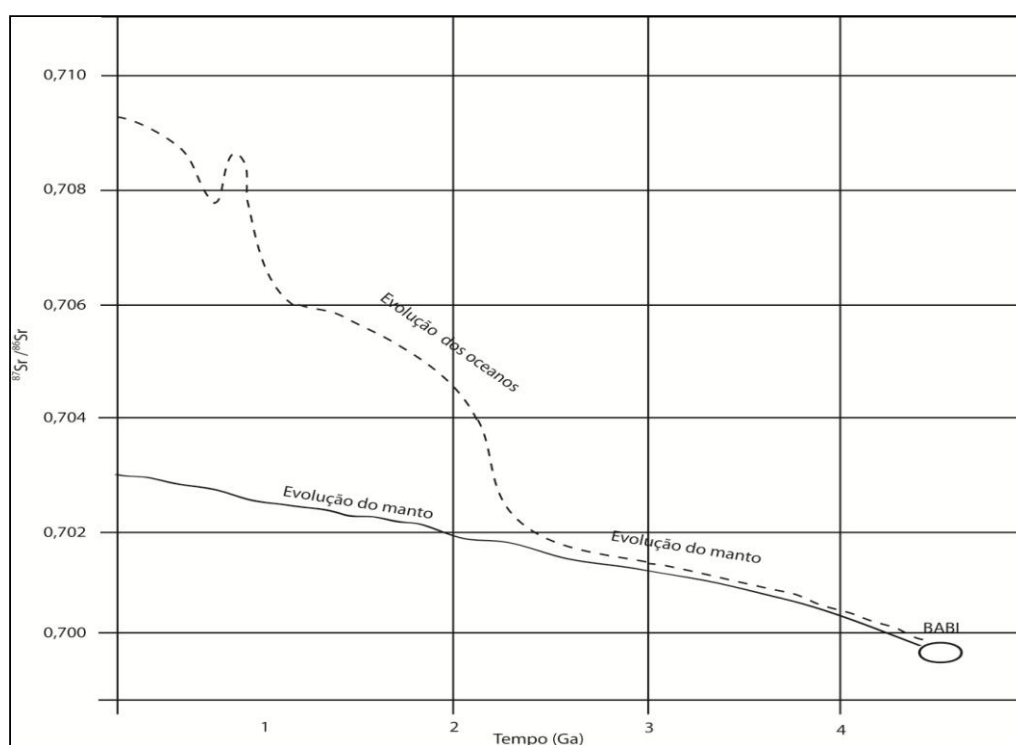


Figura 17 Curva de variação isotópica mundial mostrando a evolução das razões de Sr durante a evolução do manto e dos oceanos. (Faure, 1986, modificado por Geraldes, 2010).

Quanto ao enriquecimento das razões de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ observado nas curvas de variação isotópicas mundiais (Figura 17) e nos dois grupos correlatos, verifica-se que a tendência entre as formações da base e do topo

do Grupo Una parecem não estar de acordo com o *trend* esperado para o período Ediacarano, enquanto os dados de Sr do Grupo Bambuí (Figura 16) seguem esta tendência de elevação entre as razões da formação Sete Lagoas (base) e da Formação Lagoa do Jacaré (topo) (Figura 18). Este comportamento distinto pode estar relacionado às diferentes proveniências e ambientes deposicionais destes grupos.

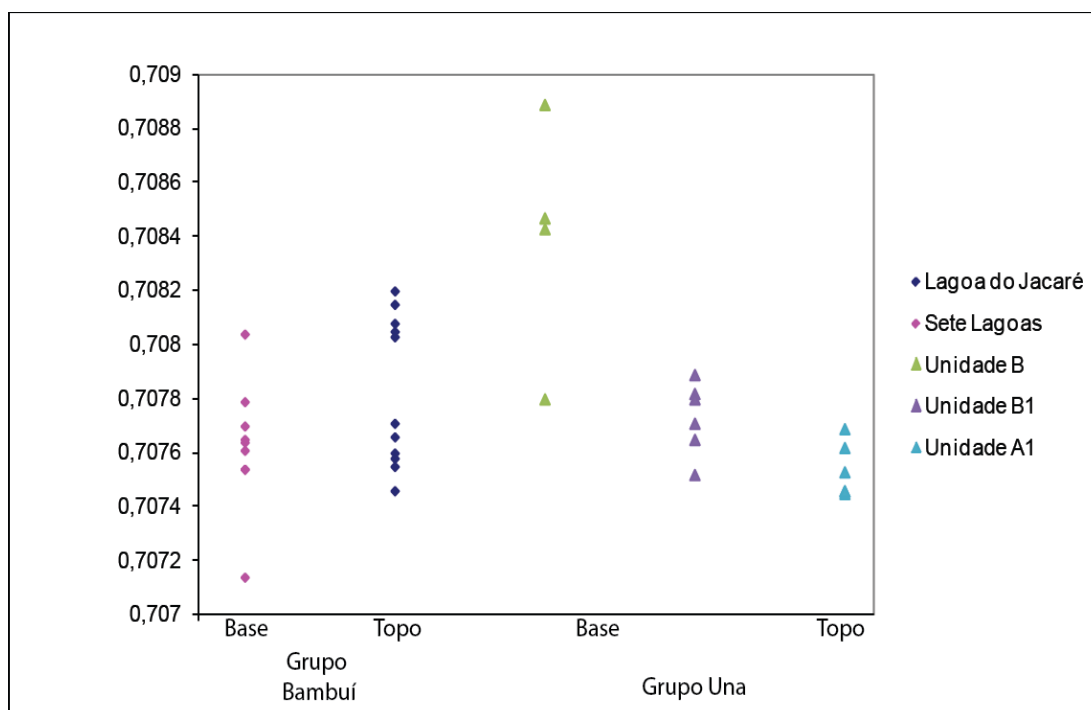


Figura 18 Variação nas razões isotópicas entre os grupos Bambuí e Una.

O Grupo Una, de acordo com Santos (2011), seria uma bacia do tipo intracratônica com evolução diacrônica, evidenciada pela diferença das áreas fontes, cujos sedimentos seriam produto da erosão do próprio cráton e não de faixas dobradas adjacentes como no caso do Grupo Bambuí, que em sua porção oeste apresenta o registro da erosão da faixa brasileira adjacente, corroborando a interpretação de uma bacia do tipo *foreland* da Faixa Brasília (Figura 19). Além disso, a possível restrição na mistura das águas entre a plataforma carbonática e a bacia intracratônica, favoreceriam a diferença entre razões isotópicas de Sr na base do Grupo Una, mais enriquecidas em ^{87}Sr associado ao maior aporte de sedimentos detríticos,

que seria homogeneizada durante os ciclos de transgressão marinha (Figura 20)



Figura 19 Reconstrução paleogeográfica da Bacia do São Francisco, onde é visto que a bacia intracratônica não possui sedimentos provenientes das faixas brasileiras do norte do Cratón São Francisco (retirada de Mendes & Lemos, 2007 modificada por Santos, 2011).

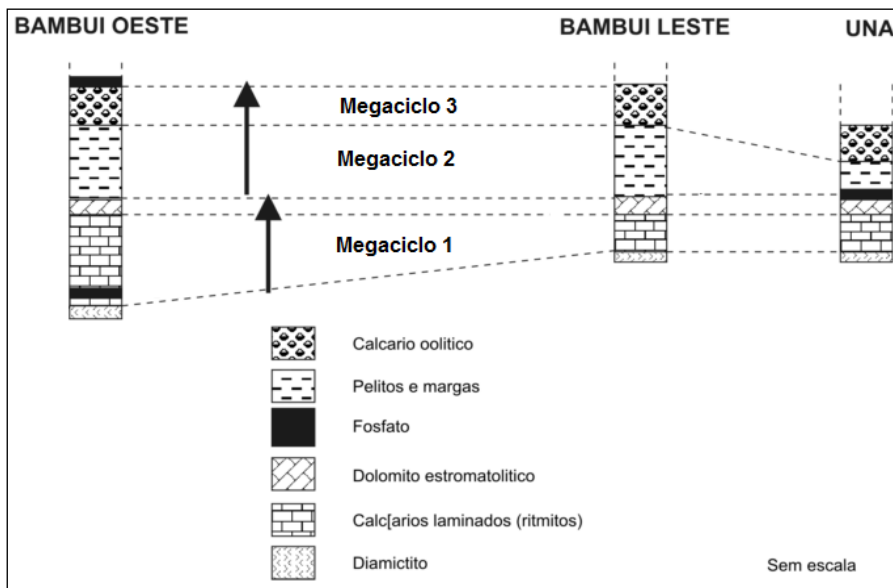


Figura 20 Correlação entre as porções oeste e leste do Grupo Bambuí e o Grupo Una. (modificado de Sanches *et al.*,2007).

7 CONCLUSÕES

Com base nos dados apresentados e discutidos nos capítulos anteriores, a seguir são expostas as conclusões deste trabalho:

- As razões isotópicas de Sr do Grupo Uma (0,70843 a 0,70889 para a unidade B, 0,70752 a 0,70789 para a unidade B1, e 0,70745 a 0,70769 para a unidade A1) e do Grupo Bambuí (0,70714 a 0,7077 para a Formação Sete Lagoas e 0,70746 a 0,7082 para a Formação Lagoa do Jacaré) parecem mostrar comportamento diferente entre os dois, pois no Grupo Uma os valores da base seriam mais altos em relação ao topo, estando relacionado ao ambiente e aporte sedimentar distintos do Grupo Bambuí, o que não invalida a correlação entre os dois.
- A tendência dos resultados do Grupo Bambuí segue o *trend* observado na literatura para o período Ediacarano, com aumento das razões $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ desde o limite com o Criogeniano (Glaciação Marinoana) até o limite com o Crambriano.
- A possível discordância entre a Formação Sete Lagoas e as demais formações do grupo não é confirmada pelas razões isotópicas visto que os valores variam de forma ascendente e se mesclam aos valores da Formação Lagoa do Jacaré;
- O Grupo Bambuí teve sua idade de deposição máxima próxima à Glaciação Marinoana, ca. 630 Ma, e sua idade de deposição mínima é de cerca de 575 Ma;
- O tipo de bacia que dá origem ao Grupo Bambuí está inserida em um contexto de plataforma carbonática em

margem passiva e a evolução estratigráfica desta sequência indica diferentes ciclos de transgressão, que associados às formas de vida do período Ediacarano, dão origem à reserva de hidrocarbonetos que já vem sendo explorada em outras regiões do mundo em bacias sedimentares semelhantes e correlatas.

7.1 Considerações finais

Análises complementares, como de isótopos estáveis (O, C), química total da rocha e traços de fissão, aliadas a uma caracterização petrográfica para identificação dos processos diagenéticos e de alteração presentes nos carbonatos do Grupo Bambuí, podem corroborar com as discussões e conclusões apresentadas neste trabalho.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU LIMA S.A. 1997. **Fácies, ambiente deposicional e aspectos diagenéticos das rochas carbonáticas da Formação Sete Lagoas na região norte de Minas Gerais, *Bacia do São Francisco***. 121p. Dissertação de Mestrado. Escola de Minas/UFOP, Ouro Preto.
- ALLÈGRE, C.J.; SUTCLIFF, C. 2008. **Isotope Geology**. Cambridge University Press. 512p
- ALMEIDA *et al*, 1971 *apud* ALMEIDA F.F.M. 2004, **Geologia do Continente Sul Americano: Evolução da Obra de Fernando Marques de Almeida**. Organizadores: Virginia Mantesso-Neto, Andre Bartoreli, Celso Dal Ré Carneiro, Benjamin Bley de Brito-Neves. São Paulo. 647p.
- ALMEIDA, F.F.M. 1977. O **Cráton do São Francisco**. *Rev. Bras. Geoc.*,7:349-364.
- ALMEIDA FFM, HASUI Y, BRITO NEVES BB and FUCK RA. 1981. **Brazilian structural provinces: an introduction**. *Earth Sci Rev* 17: 1–29.
- ALMEIDA F.F.M. 2004, **Geologia do Continente Sul Americano: Evolução da Obra de Fernando Marques de Almeida**. Organizadores: Virginia Mantesso-Neto, Andre Bartoreli, Celso Dal Ré Carneiro, Benjamin Bley de Brito-Neves. São Paulo. 647p.
- ALKMIM, F.F.; NEVES, B.B.B.; ALVES, J.A.C. 1993. **Arcabouço tectônico do Cráton do São Francisco- uma revisão**. In: DOMIGUEZ, J.M.L. & MISI, A. (eds.) *SIMPÓSIO SOBRE O CRÁTON DO SÃO FRANCISCO. Reunião Preparatória*. Salvador SBG/SGM/CNPq, p. 45-62.
- ALKMIM F.F., CHEMALE JR.F., ENDO I. 1996. **A deformação das coberturas proterozóicas do Cráton do São Francisco e o seu significado tectônico**. *Rev. Esc. Minas*, 49(1): 22-38.
- ALKMIM F.F., MARSHAK S. 1998. **The Transamazonian orogeny in the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil: Paleoproterozoic**

collision and collapse in the Southern São Francisco Craton region. *Precambrian Res.*, 90: 29-58.

- ALKMIM F.F. & MARTINS-NETO M.A. 2001. **A Bacia intracratônica do São Francisco: arcabouço estrutural e cenários evolutivos.** In: C.P. Pinto & M.A. Martins-Neto (eds.) *Bacia do São Francisco: Geologia e Recursos Naturais*, SBG/Núcleo MG, p.: 9-30.
- ALKMIM F.F., MARSHAK S. & FONSECA M.A. 2001. **Assembling West Gondwana in the Neoproterozoic: Clues from the the São Francisco cratonregion, Brazil.** *Geology*, 29: 319-322.
- ALVARENGA, C.J.S., GIUSTINA, M.E.S.D., SILVA, C.N.G., SANTOS, R.V., GIOLA, S.M.C.L., GUIMARÃES, E.M. DARDENNE, M.A., SIAL, A.N., FERREIRA, V.P. 2007 **Isótopos de C e Sr em carbonatos pré e pós-glaciação Jequitai (Esturtiano) na região de Bezerra-Formosa, Goiás.** *Rev. Bras. Geociências*, 37 (4 supl):147-155).
- ASMEROM, Y., JACOBSEN, S., KNOLL, A., BUTTERFIELD, N., SWETT, K. 1991. **Strontium isotopic variations of Neoproterozoic seawater :implications for crustal evolution.** *Geochimica et Cosmochimica Acta* 55, 2883–2894. Bailey, T., McArt
- BABINSKI, M.; VAN SCHMUS, W.R., CHEMALE, J.R.F. 1999. **Pb-Pb dating and Pb isotope geochemistry of Neoproterozoic carbonate rocks from the São Francisco basin, Brazil: implications for the mobility of Pb isotopes during tectonism and metamorphism.** *Chemical Geology*, 160:175-199.
- BABINSKI M. & KAUFMAN A.J. 2003. **First direct dating of a Neoproterozoic post-glacial cap carbonate.** In: *South American Symposium on Isotope Geology*, 4, Salvador, Short Papers, 1: 321-323.
- BABINSKI, M., VIEIRA, L.C., TRINDADE, R.I.F. 2007. **Direct dating of the Sete Lagoas cap carbonate (Bambuí Group, Brazil) and implications for the Neoproterozoic glacial events.** *Terra Nova*, 19: 401-406.
- BABINSKI, M. 2011 **Geocronologia das glaciações criogenianas do Brasil central.** 182p. Tese de Livre Docência, Universidade de São Paulo.
- BONHOMME, M.G.; CORDANI, U.G.; KAWASHITA, K., MACEDO, M.H.F.; THOMAZ FILHO, A. 1982. **Radiochronological age and correlation of Proterozoic sediments in Brazil.** *Precambrian Research*, 18: 103-118.
- BRANCO J.J.R. & COSTA DA M.T. 1961. **Roteiro da Excursão Belo Horizonte- Brasília.** In: UFMG, CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, Belo Horizonte, Inst. Pesq. Radioat, p. 9-25.

- BRANNER, J.C. 1919. **Resumo da Geologia do Brasil para acompanhar o Mapa Geológico do Brasil**. Geol.Soc.Am.Bull., 30(2): 189-338.
- BRASIER, M., MCCARRON, G., TUCKER, R., LEATHER, J., ALLEN, P., SHIELDS, G., 2000. **NewU–Pb zircon dates for the Neoproterozoic Ghubrah glaciations and for the top of the Huqf Supergroup, Oman**. Geology 28: 175–178.
- BRITO NEVES B.B., VAN SCHMUS W.R. & BABINSKI M, SABIN, T. 1993. **O evento de magmatismo de 1,0 Ga nas faixas móveis ao norte do Cráton do São Francisco**. In: SBG, SIMPÓSIO. DO CRÁTON DO SÃO FRANCISCO, Salvador, Anais..., p. 243-245.
- BRITO NEVES, B.B., CAMPOS NETO, M.C. & FUCK, R.A. 1999. **From Rodinia to Western Gondwana: an approach to the BrasilianoPan African Cycle and orogenic collage**. Episodes, 22 (3): 155-166.
- BURKE, W., DENISON, R., HETHERINGTON, E., KOEPNIK, R., NELSON, M., OMO, J., 1982. **Variations of seawater $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ throughout Phanerozoic shales**. Geology 10, 516–519.
- BURNS, S., HAUDENSCHILD, U., MATTER, A., 1994. **The strontium isotopic composition of carbonates from the Late Precambrian (560– 540Ma) Huqf Group of Oman**. Chemical Geology 111: 269–282.
- CALVER, C., 2000. **Isotope stratigraphy of the Ediacaran (Neoproterozoic III) of the Adelaide Rift Complex, Australia, and the overprint of water column stratification**. Precambrian Research 10:, 121–150.
- CAMPOS NETO MC. 2000. **Orogenic Systems from Southwestern Gondwana, an approach to Brasiliano-Pan-African cycle and orogenic collage in southeastern Brazil**. In: CORDANI UG ET AL. (Eds), Tectonic Evolution of South America, Rio de Janeiro, RJ, Brazil, p. 335–365.
- CASTRO P.T.A. & DARDENNE M.A. 2000. **The sedimentology, stratigraphy and tectonic context of the São Francisco Supergroup at the southern boundary of the São Francisco craton, Brazil**. Rev. Bras. Geoc., 30: 345-437.
- CHANG, H.K., KAWASHITA, K., ALKIMIN, F.F., MOREIRA, M.Z. 1993. **Considerações sobre a estratigrafia isotópica do Grupo Bambuí**. In II SIMPÓSIO DO CRÁTON SÃO FRANCISCO, Anais... 195-196.
- CHANG, H.K. 1997. **Isótopos Estáveis (C,H,O) e $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ – Implicações na Estratigrafia e na Paleocirculação de Fluidos na Bacia do São Francisco**. 129p Tese de Livre Docência, Universidade de São Paulo.

- CHIAVEGATTO J.R.S. 1992. **Análise estratigráfica das seqüências tempestíficas da Formação Três Marias (Protero-zóico Superior), na porção meridional da Bacia do São Francisco.** 216p. Dissertação de Mestrado, Departamento de Geologia, Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto.
- CHIAVEGATTO J.R.S., GOMES N.S., DARDENNE M.A., DELGADO C.E.R. 2003. **Estratigrafia do Grupo Bambuí nas regiões do Norte de Minas Gerais: Uma nova unidade estratigráfica em um contexto de inversão de bacia.** In: SBG, SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS, Ouro Preto, *Anais...*, v1.
- COELHO, J. C. C.; MARTINS-NETO, M. A., MARINHO, M. S., 2008 **Estilos estruturais e evolução tectônica da porção mineira da bacia proterozóica do São Francisco.** *Revista Brasileira de Geociências*, v.38(2 supl1): 149-165.
- DARDENNE, M.A. 1978. **Geologia do Grupo Bambuí no vale do Rio Paraná (Goiás).** In: XXX Congresso Brasileiro de Geologia (Recife). *Anais...* V 2:611-621.
- _____. 1979. **A estratigrafia dos Grupos Bambuí e Macaúbas no Brasil central.** *Boi. Núcleo de Minas Gerais/SBG*, 1:43-52
- _____. 1981. **Os grupos Paranoá e Bambuí na Faixa Dobrada Brasília.** In: *Simpósio sobre o Cráton São Francisco e suas faixas marginais*, 1, Salvador.. *Anais...* Salvador, SBG/SME, p. 140-157.
- _____. 2000. THE BRASÍLIA FOLD BELT. In: Cordani, U.G.; Milani, E.J.; Tomas Filho, A. and CAMPOS, D.A., Editors, 2000. **Tectonic Evolution of South America. Proceedings of the XXXI INTERNATIONAL GEOLOGICAL CONGRESS (Rio de Janeiro)**, pp.231-263 .
- D'AGRELLA-FILHO, M.S.; BABINSKI, M.; TRINDADE, R.I.F.; VAN SCHMUS, W.R.; ERNESTO, M. 2000. **Simultaneous remagnetization and U-Pb isotope resetting in Neoproterozoic carbonates of the São Francisco Craton, Brazil.** *Precambrian Research*, 99:179-196.
- DERRY, L., KETO, L., JACOBSEN, S., KNOLL, A., SWETT, K., 1989. **Sr isotopic variations in Upper Proterozoic carbonates from Svalbard and East Greenland.** *Geochimica et Cosmochimica Acta* 53: 2331–2339.
- DICKIN A.P. 2005. **Radiogenic isotope geology.** 2 ed. Cambridge, University Press, 492p.
- DUSSIN I.A. & DUSSIN T.M. 1995. **Supergrupo Espinhaço: modelo de evolução geodinâmica.** *Geonomos*, 3(1): 19-26.

- FAURE, G. 1986 **Faure G. 1986. Principles of Isotope Geology.** 2^a ed., John Wiley & Sons. pp 589.
- GERALDES, M.C. 2010. **Introdução à Geocronologia.** Sociedade Brasileira de Geologia, São Paulo. 146 pp.
- GOROKHOV, I.M., SEMIKHATOV, M.A., BASKAKOV, A.V., KUTYAVIN, E.P., MEL'NIKOV, N.N., SOCHAVA, A.V., TURCHENKO, T.L., 1995. **Sr isotopic composition in Riphean, Vendian, and Lower Cambrian carbonates from Siberia.** *Stratigr. Geol. Correl.* 3, 1–28
- GOROKHOV, I.M., SEMIKHATOV, M.A., KUZNETSOV, A.B., MEL'NIKOV, N.N., 1996. **Improved reference curve of late Proterozoic seawater $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$.** In: Bottrell, S.H., et al. (Eds.), *Proceedings of the Fourth International Symposium on the Geochemistry of the Earth's Surface*, Ilklen, Yorkshire. Leeds University Press, Uklen, Yorkshire, pp. 714–717.
- GOROKHOV, I.M., KUZNETSOV, A.B., MELEZHNIK, V.A., KONSTANTINOVA, G.V. AND MEL'NIKOV, N.N., 1998. **Sr isotopic composition in Upper Jatulian dolomites of the Tulomozero formation, South-Eastern Karelia.** *Doklady Akademii Nauk* 360(4): 533-536.
- GUIMARÃES, J. T. 1996. **A Formação Bebedouro no Estado da Bahia; faciologia, estratigrafia e ambientes de sedimentação.** Dissertação (Mestrado em Geologia), Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia (UFBA), Brasil.
- HALVERSON, G.P.; DUDÁS, F.Ö, MALOOF, A.C., BOWRING, S.A. 2007. **Evolution of the $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ composition of Neoproterozoic seawater.** *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 256 (2007): 103–129.
- HETTICH, M., 1977 **A glaciação Proterozóica no centro-norte de Minas Gerais** *Rev. Bras. Geociênc.*, 7 (1977): 87–101.
- IGLESIAS M. & UHLEIN A. 2008. **Estratigrafía do Grupo Bambuí na Serra do Jaíba, norte de Minas Gerais.** *Geonomos* 16(1): 21-27
- _____. 2009. **Estratigrafía do Grupo Bambuí na Serra do Jaíba, norte de Minas Gerais.** *Revista Brasileira de Geociências*, 39(2): 256-266
- ISOTTA, C.A.L., ROCHA-CAMPOS, A.C., YOSHIDA, R. 1969 **Striated pavement of the upper Precambrian glaciation in Brazil** *Nature*, 222 (1969): 466–468.
- JACOBSEN, S., KAUFMAN, A., 1999. **The Sr, C and O isotopic evolution of Neoproterozoic seawater.** *Chemical Geology* 161: 37–57.

- KAWASHITA, K. ; MIZUSAKI, A M ; KIANG, C H. 1987. **Razões $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ em sedimentos carbonáticos do Grupo Bambuí (MG)**. In: I BRASILIAN CONGRESS OF GEOCHEMISTRY, 1: 133-137.
- KARFUNKEL, B. & KARFUNKEL, J. 1977 **Fazielle Entwicklung der mittleren Espinhaço-Zone mit besonderer Berücksichtigung des Tillit-Probles (Minas Gerais, Brasilien)** Geol. Jahrb., 24 (1977): pp. 3–91.
- KARFUNKEL, J. & HOPPE, A. 1988. **Late Proterozoic glaciation in Central-Eastern Brazil: synthesis and model**. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 65: 1–21.
- KAUFMAN, A., JACOBSEN, S., KNOLL, A., 1993. **The Vendian record of Sr and C isotopic variations in seawater: implications for tectonics and paleoclimate**. Earth and Planetary Science Letters 120: 409–430.
- MARINI, J.O.; FUCK, R.A.; DANNI, J.C.M.; DARDENNE, M.A.; LOGUÉRCIO, S.O.C.; RAMALHO, R. 1984. **As Faixas de Dobramentos Brasília, Uruaçu e Paraguai-Araguaia e o Maciço Mediano de Goiás**. In: Schobbenhaus, C.; Diogenes, A.C.; Derge, G.R; Asmos, M.E. (coord.) Geologia do Brasil; Texto Explicativo do Mapa Geológico do Brasil e Área Oceânica Adjacente, Incluindo Depósitos Minerais, Escala 1:2.500.000. DNPM. 501p.
- MARSHAK S. & ALKMIM F.F. 1989. **Proterozoic contraction/ extension tectonics of the southern São Francisco region, Minas Gerais, Brazil**. Tectonics, 8(3): 555-571.
- MARTINS-NETO M.A., CASTRO P.T.A. & HERCOS C.M. 1997. **O Supergrupo São Francisco (Neoproterozoico) no Cráton do São Francisco em Minas Gerais**. Bol. SBG/MG, 14: 22-24.
- MARTINS, M. 1999. **Análise estratigráfica das seqüências Mesoproterozoicas (borda oeste) e Neoproterozoicas da Bacia do São Francisco**. Unpublished Master Dissertation, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, pp. 247.
- MARTINS-NETO M.A. & HERCOS C.M. 2002. **Sedimentation and tectonic setting of Early Neoproterozoic glacial deposits in southeastern Brazil**. In: W. Alterman & P.L. Corcoran (eds.) Precambrian Sedimentary Environments: a modern approach to ancient depositional system. (Special Publication of the International Association of Sedimentologists, IAS- Blackwell.).
- MARTINS-NETO M.A. & ALKMIM F.F. 2001. **Estratigrafia e evolução tectônica das bacias neoproterozóicas do paleocontinente São Francisco e suas margens: Registro da quebra de Rodínia e colagem de Gondwana**. In: C.P. Pinto & M.A. Martins-Neto (eds.)

Bacia do São Francisco: Geologia e Recursos Naturais, SBG/Núcleo MG, pp. 31-54.

- MARTINS-NETO M.A., PEDROSA-SOARES A.C. & LIMA S.A.A. 2001 **Tectono-sedimentary evolution of sedimentary basins from Late Paleoproterozoic to Late Neoproterozoic in the São Francisco craton and Araçuaí fold belt, eastern Brazil.** Sed. Geol., 141/142: 343-370.
- MARTINS-NETO M.A. 2005. **A Bacia do São Francisco: Arcabouços estratigráfico e estrutural com base na interpretação de dados de superfície e subsuperfície.** In: SBG, SIMPÓSIO DO CRATON SÃO FRANCISCO, 3, Salvador, Anais..., p. 283-286.
- MELEZHIK, V., GOROKHOV, I., KUZNETSOV, A., FALLICK, A., 2001. **Chemostratigraphy of Neoproterozoic carbonates: implications for 'blind dating'.** Terra Nova 13: 1–11.
- MISI A. & SOUTO P.G. 1975. **Controle estratigráfico das mineralizações de Pb-Zn-F-Ba do Grupo Bambuí, parte leste da Chapada de Irecê (Bahia).** Revista Brasileira de Geociências, 5:30-45
- MISI, A. 1979. **O Grupo Bambuí no Estado da Bahia.** In: Inda, H. A. V. (ed.) Geologia e Recursos Minerais do Estado da Bahia. Textos Básicos. Salvador, SME/COM, 1, 120–154.
- MISI, A. & VEIZER, J. 1998. **Neoproterozoic carbonate sequences of the Una Group, Irecê Basin, Brazil: Chemostratigraphy, age and correlations.** Precambrian Research, 89: 87–100.
- MISI, A., 2001. **Estratigrafia isotópica das sequências do Supergrupo São Francisco, coberturas neoproterozóicas do craton do São Francisco. Idade e correlações.** In: Pinto, C.P., Martins-Neto, M.A. (Eds.), Bacia do São Francisco. Geologia e Recursos Naturais. SBG, Núcleo de Minas Gerais, pp. 67–92.
- MISI, A.; SANCHES, A.L., KAUFMAN, A.J., VEIZER, J., AZMY, K., POWIS, K., TEIXEIRA, J.B.G. 2005. **Phosphorites and the chemostratigraphic correlation of the Neoproterozoic sequences of the São Francisco Craton and the Brasília Fold Belt.** In: III SIMP. SÃO FRANCISCO CRATON, Salvador, BA, Brazil., pp 291-294.
- MISI, A., KAUFMAN, A.J., VEIZER, J., POWIS, K., AZMY, K., BOGGIANI, P.C., GAUCHER, C., TEIXEIRA, J.B.G., SANCHES, A.L., IYER, S.S.S. 2007. **Chemostratigraphic correlation of Neoproterozoic successions in South América.** Chemical Geology 237 (2007): 143–167.

- NOBRE-LOPES J. 2002. **Diagenesis of the dolomites hosting Zn/Ag mineral deposits in the Bambuí Group at Januária region-MG.** 183p. Tese de Doutorado, Unicamp, Campinas.
- OLIVEIRA, A.I.; LEONARDOS, O.H. **Geologia do Brasil.** Rio de Janeiro: Comissão Brasileira do Centenário de Portugal, 1940. 472 p.
- OLIVEIRA F.V. 1994. **Estilo estrutural e curvatura da zona limítrofe do Cráton do São Francisco, nas regiões de Presidente Juscelino e Cardeal Mota, MG.** 128 p Dissertação de Mestrado, Departamento de Geologia da Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto.
- PARENTI COUTO, J.G.; CORDANI, U.G.; KAWASHITA, K. IYER, S.S.; MORAES, N.M.P. 1981. **Considerações sobre a idade do Grupo Bambuí com base em análises isotópicas de Sr e Pb.** Revista Brasileira de Geociências, 11: 5-16.
- PEDREIRA, A.J.1994. **O Supergrupo Espinhaço na Chapada Diamantina Centro-oriental, Bahia: Sedimentologia, Estratigrafia e Tectônica.** 126p. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências. Universidade de São Paulo.
- PEDROSA-SOARES, A.C., NOCE, C.M., ALKMIM, F.F., SILVA, L.C., BABINSKI, M., CORDANI, U., CASTAÑEDA, C. 2007. **Orógeno Araçuaí: síntese do conhecimento 30 anos após Almeida 1977.** Geonomos, 15.
- PEDROSA-SOARES A.C.; NOCE, C.M.; VIDAL, P. & MONTEIRO, R.B.P. 1992a. **Discussão sobre novo modelo tectônico para a Faixa Aracuaí-Oeste Congolesa.** Rev. Esc. Minas, 45: 38-40.
- PEDROSA-SOARES, A.C.; NOCE, C.M.; VIDAL, P.; MONTEIRO, R.B.P. & LEONARDOS, O.H. 1992b. **Toward a new tectonic model for the Late Proterozoic Araçuaí (SE Brazil)-West Congolian (SW Africa) Belt.** Journal of South American Earth Sciences, 2(1/2): 33-47.
- PEDROSA SOARES A.C. & WIEDEMAN-LEONARDOS C. 2000. **Evolution of the Araçuaí belt and the connection to the Ribeira belt, eastern Brazil.** In: U.G. Cordani, E.J. Milani, A. Thomaz Filho & D.A. Campos (eds.) Tectonic Evolution of South America. Rio de Janeiro, Brazil, pp.: 265-285.
- PEDROSA SOARES A.C., NOCE C.M., WIEDEMAN C.M. & PINTO C.P. 2001. **The Araçuaí-West-Congo Orogen in Brazil: an overview of a confined orogen formed during Gondwanaland assembly.** Precambrian Res., 110(1-4): 307-323.
- PFLUG, R. 1965. **A geologia da parte meridional da Serra do Espinhaço e zonas adjacentes.** Bol. Dep. Nac. Prod. Min., Div. Geol. Min., 226, 51 pp.

- PFLUG, R. 1968. **Observações sobre a estratigrafia da Série Minas na região de Diamantina, Minas Gerais.** Dep. Nac. Prod. Min., Div. Geol. Min., 142, 20 pp.
- PFLUG, R. & RENGER, F.E. 1973. **Estratigrafia e evolução geológica da Margem SE do Craton Sanfranciscano.** Anais do 27 Cong. Bras. Geol., Vol. 2: 5-19
- PIMENTEL M.M., FUCK R.A. & BOTELHO N.F. 1999. **Granites and the Geodynamic of the Neoproterozoic Brasília belt, central Brazil: a review.** Lithos, 46: 463-483.
- PIMENTEL M.M., FUCK R.A., JOST H., FERREIRA FILHO C.F. & ARAÚJO S.M. 2000. **The basement of the Brasília fold belt and the Goiás Magmatic Arc.** In: U.G. Cordani, E.J. Milani, A. Thomaz Fo & D.A. Campos (eds.) Tectonic Evolution of South America. Rio de Janeiro, pp.: 195-230.
- PIMENTEL, M. M. ; RODRIGUES, J. B. ; DELLAGIUSTINA, M. E. S. ; JUNGES, S. ; MATTEINI, M. ; ARMSTRONG, R. 2011 **The tectonic evolution of the Neoproterozoic Brasília Belt, central Brazil, based on SHRIMP and LA-ICPMS U Pb sedimentary provenance data: A review.** Journal of South American Earth Sciences, 31: 345-357.
- RIMANN, E.T. 1917. **A kimberlita no Brasil.** In: Anais da Escola de Minas, Ouro Preto (15):27-32.
- RODRIGUES, J.B. 2008. **Proveniência de sedimentos dos grupos Canastra, Ibiá, Vazante e Bambuí – Um estudo de zircões detríticos e Idades Modelo Sm-Nd.** 2008. 128fls. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília.
- SANCHES, A.L., MISI, A., KAUFMAN, A.J., AZMY, K.. 2007. **As sucessões carbonáticas neoproterozóicas do Cráton do São Francisco e os depósitos de fosfato: correlações e fosfogênese.** Revista Brasileira de Geociências 37(4 - suplemento): 182-194.
- SANTOS, R.V.; ALVARENGA, C.J.S.; DARDENNE, M.A.; SIAL, A.N.; FERREIRA, V.P. 2000. **Carbon and oxygen isotope profiles across Meso-Neoproterozoic limestones from central Brazil: Bambuí and Paranoá groups.** Precambrian Research, 104:107-122.
- SANTOS, R.V.; ALVARENGA, C.J.S.; BABINSKI, M.; RAMOS, M.L.S.; CUKROV, A.N.; FONSECA, M.A.; SIAL, A.N.; DARDENNE, M.A.; NOCE, C.M. 2004. **Carbon isotopes of Mesoproterozoic–Neoproterozoic sequences from Southern São Francisco Craton and Araçuaí Belt, Brazil: Paleographic implications.** Journal of South American Earth Sciences 18: 27–39.

- SANTOS, T.C., 2011 **Proveniência de sedimentos detríticos dos grupos Bambuí / Una, Bacia de Irecê – BA: Dados U-Pb por LA-ICPMS e SHRIMP**. Trabalho de conclusão em geologia. Instituto de Geociências. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.
- SATO, K.; KAWASHITA, L. **Espectrometria de massa em geologia isotópica**. *Geologia USP: Série Científica*, São Paulo, v. 2, p. 57-77, 2002.
- SCHOBENHAUS C. 1996. **As tafrogêneses superpostas Espinhaço e Santo Onofre, estado da Bahia: Revisão e novas propostas**. *Rev. Bras. Geoc.*, 4:265-276.
- SCHOBENHAUS, C. MANTESCO-NETO, V. **Mapas murais e a memória geológica: 150 anos no Brasil e na América do Sul**. In: ALMEIDA F.F.M. 2004, *Geologia do Continente Sul Americano: Evolução da Obra de Fernando Marques de Almeida*. Organizadores: Virginia Mantesso-Neto, Andre Bartoreli, Celso Dal Ré Carneiro, Benjamin Bley de Brito-Neves. 647p.
- SHIELDS, G., STILLE, P., BRASIER, M., ATUDOREI, N.V., 1997. **Stratified oceans and oxygenation of the late Precambrian environments: a post-glacial geochemical record from the Neoproterozoic**. *Terra Nova* 9, 218–222.
- SHIELDS, G., 1999. **Working towards a new stratigraphic calibration scheme for the Neoproterozoic–Cambrian**. *Eclogae Geologicae Helvetiae* 92, 221–233.
- SÖFNER, B. 1973. **Observações sobre a estratigrafia do Pré-Cambriano da Chapada Diamantina Sudeste e da área contígua**. In: SOCIEDADE BRASILEIRA DE GEOLOGIA, CONGRESSO BRASILEIRO, 27, Aracajuú, Anais, v1, p 23–33.
- THOMAS FILHO, A., KAWASHITA, K., CORDANI, U.G., 1998. **A Origem do Grupo Bambuí no Contexto da Evolução Geotectônica e de Idades Radiométricas**. *Anais Academia Brasileira Ciências*, v70(3), p 527-548.
- THOMAS, C., GRAHAM, C., ELLAM, R., FALLICK, A., 2004. **$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ chemostratigraphy of Neoproterozoic Dalradian limestones of Scotland and Ireland: constraints on depositional ages and time scales**. *Journal of the Geological Society (London)* 161, 229–242.
- TORQUATO, J. R. F. & MISI, A. 1977. **Medidas isotópicas de carbono e oxigênio em carbonatos do Grupo Bambuí na região centro-norte do Estado da Bahia**. *Revista Brasileira de Geociências*, 7: 14–24.
- TULLER M. P., RIBEIRO J. H., SIGNORELLI N., FÉBOLI W. L., PINHO J. M. M. 2010. **Projeto Sete Lagoas-Abate: Folha Contagem**

- (1:100.000). Serviço Geológico do Brasil–CPRM, Belo Horizonte, 160p.
- UHLEIN A. 1991. **Transição cráton-faixa dobrada: um exemplo do Cráton do São Francisco e da Faixa Araçuaí (ciclo Brasileiro) no estado de Minas Gerais.** Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 295 p.
- UHLEIN A., LIMA O.N.B., FANTINEL L.M., BAPTISTA M.C. 2004. **Estratigrafia e evolução geológica do Grupo Bambuí, Minas Gerais (Roteiro Geológico).** In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 42, Araxá, *Anais*, v1.
- VEIZER, J., COMPSTON, W., CLAUER, N. SCHOLIDOWSKI, M., 1993 **$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ in Late Proterozoic carbonates: evidence for a “mantle” event at ~900Ma ago.** *Geochimica et Cosmochimica Acta.* 47, 295-302
- WALDE, D.H.G. 1976. **Neue Hinweise für eine proterozoische Vereisung in stbrasilien** Münster. *Forsch. Geol. Paleontol.*, 38–39 (1976): 47–59
- WALTER, M., VEEVERS, J., CALVER, C., GORJAN, P., HILL, A., 2000. **Dating the 840–544 Ma Neoproterozoic interval by isotopes of strontium, carbon, and sulfur in seawater and some interpretive models.** *Precambrian Research* 100: 371–433.

9 ANEXOS

Anexo 1: Dados de Sr publicados por Misi & Veizer para o Grupo Una.

Anexo 2: Dados utilizados para a construção da curva de variação isotópica mundial proposta por Halverson *et al*, 2007.

Anexo 1 Dados de Sr publicados por Misi & Veizer para o Grupo Una.

Amostra	Descrição	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	Unidade	Fonte
VML-8	Calcário micrítico preto	0,70769	A1	Misi & Veizer, 1998
VML-8cc1	Calcário branco	0,70762	A1	Misi & Veizer, 1998
VML-8cc2	Veios de calcário branco	0,70753	A1	Misi & Veizer, 1998
VML-8bc	Calcita cristalina preta	0,70746	A1	Misi & Veizer, 1998
JC-54	Calcário micrítico preto	0,70745	A1	Misi & Veizer, 1998
8-M-03g	Calcário oolítico	0,70746	A1	Misi & Veizer, 1998
IR-AM-11	Calcário micrítico preto	0,70752	B1	Misi & Veizer, 1998
VML6a	Calcário micrítico	0,70782	B1	Misi & Veizer, 1998
VML6b	Dolomito	0,70780	B1	Misi & Veizer, 1998
VML6c	Dolomito	0,70789	B1	Misi & Veizer, 1998
VML7a	Dolomito	0,70771	B1	Misi & Veizer, 1998
VML7b	Calcário micrítico preto	0,70765	B1	Misi & Veizer, 1998
VML-2	Calcário micrítico preto	0,70847	B	Misi & Veizer, 1998
VML-3	Calcário micrítico preto	0,70780	B	Misi & Veizer, 1998
VML-4a	Calcário micrítico preto	0,70889	B	Misi & Veizer, 1998
VML-1	Calcário micrítico preto	0,70843	B	Misi & Veizer, 1998

Anexo 2 Dados utilizados para a construção da curva de variação isotópica mundial proposta por Halverson *et al*, 2007

Amostra	Região	Formação	87Sr/86Sr	Idade	Fonte
C46. 84.2 .	N.Namibia	Maeiberg Fm.	0,70805	633	Halverson <i>et al</i> , 2005
C46. 74.4 .	N.Namibia	Maeiberg Fm.	0,70805	633,3	Halverson <i>et al</i> , 2005
P1012. 186.7X	N.Namibia	Maeiberg Fm.	0,70755	634,2	Halverson <i>et al</i> , 2005
P1012. 158.5X	N.Namibia	Maeiberg Fm.	0,70752	634,3	Halverson <i>et al</i> , 2005
P1012. 151.2X	N.Namibia	Maeiberg Fm.	0,70756	634,3	Halverson <i>et al</i> , 2005
P1012. 150.2X	N.Namibia	Maeiberg Fm.	0,70756	634,3	Halverson <i>et al</i> , 2005
P1012. 105.2X	N.Namibia	Maeiberg Fm.	0,70756	634,4	Halverson <i>et al</i> , 2005
P1012. 96.2X	N.Namibia	Maeiberg Fm.	0,70748	634,4	Halverson <i>et al</i> , 2005
P1012. 87.9X	N.Namibia	Maeiberg Fm.	0,70758	634,5	Halverson <i>et al</i> , 2005
C46. 20.2 .	N.Namibia	Maeiberg Fm.	0,70717	634,8	Halverson <i>et al</i> , 2005
M14. 1.72	Mackenzie Mts	Hayhook Fm	0,70714	634,8	Halverson <i>et al</i> , 2005
M14. 1.7	Mackenzie Mts	Hayhook Fm	0,70716	634,8	Halverson <i>et al</i> , 2005
G11. 1.53	Mackenzie Mts	Hayhook Fm	0,70716	634,8	Halverson <i>et al</i> , 2005
G11. 0.14	Mackenzie Mts	Hayhook Fm	0,70714	634,8	Halverson <i>et al</i> , 2005
P4006. 346.6	N.Namibia	Ombaatjie Fm	0,70735	650	Halverson <i>et al</i> , 2005
P1012. 292 .	N.Namibia	Ombaatjie Fm	0,70725	663	Halverson <i>et al</i> , 2005
P10H. 3	Mackenzie Mts	Keele Fm.	0,70718	671	Halverson <i>et al</i> , 2005
H119. 303.8	Mackenzie Mts	Coates Lake Gp.	0,70666	723,8	Halverson <i>et al</i> , 2005
H119. 291.2	Mackenzie Mts	Coates Lake Gp.	0,70663	725,2	Halverson <i>et al</i> , 2005
H119. 280.6	Mackenzie Mts	Coates Lake Gp.	0,70674	725,3	Halverson <i>et al</i> , 2005
H119. 262.5	Mackenzie Mts	Coates Lake Gp.	0,70664	728,4	Halverson <i>et al</i> , 2005
H119. 204.2	Mackenzie Mts	Coates Lake Gp.	0,70644	734,8	Halverson <i>et al</i> , 2005
M6. 131.8	Svalbard	d Backlund. F	0,70687	768,3	Halverson <i>et al</i> , 2005
M6. 102.9	Svalbard	d Backlund. F	0,7069	769,6	Halverson <i>et al</i> , 2005
G15. 90.1	Svalbard	d Backlund. F	0,70693	770,2	Halverson <i>et al</i> , 2005
G15. 78.6	Svalbard	d Backlund. F	0,70695	770,7	Halverson <i>et al</i> , 2005
G15. 45.6	Svalbard	d Backlund. F	0,70697	772,1	Halverson <i>et al</i> , 2005
G15. 29.8	Svalbard	d Backlund. F	0,70697	772,8	Halverson <i>et al</i> , 2005
G35. 25.8	Svalbard	Svanberg. Fm.	0,70649	795,4	Halverson <i>et al</i> , 2005
G35. 0.3	Svalbard	Svanberg. Fm.	0,70634	795,6	Halverson <i>et al</i> , 2005
G341. 445.3	Svalbard	Svanberg. Fm.	0,70661	796,7	Halverson <i>et al</i> , 2005

G37. 53.0	Svalbard	Svanberg. Fm.	0,70617	798,4	Halverson <i>et al</i> , 2005
G19. 71.8	Svalbard	Svanberg. Fm.	0,70625	798,6	Halverson <i>et al</i> , 2005
G19. 57.2	Svalbard	Svanberg. Fm.	0,70629	799,3	Halverson <i>et al</i> , 2005
G37. 28.8	Svalbard	Svanberg. Fm.	0,70651	799,4	Halverson <i>et al</i> , 2005
G37. 27.8	Svalbard	Svanberg. Fm.	0,70644	799,4	Halverson <i>et al</i> , 2005
G341. 282.5	Svalbard	Svanberg. Fm.	0,70635	803	Halverson <i>et al</i> , 2005
G341. 205.1	Svalbard	Grusdiev. Fm.	0,70644	804,8	Halverson <i>et al</i> , 2005
G341. 215.6	Svalbard	Svanberg. Fm.	0,70634	805,6	Halverson <i>et al</i> , 2005
G341. 178	Svalbard	Grusdiev. Fm.	0,70642	806	Halverson <i>et al</i> , 2005
M9. 125.6	Svalbard	Grusdiev. Fm.	0,7066	807,5	Halverson <i>et al</i> , 2005
G341. 146.6	Svalbard	Grusdiev. Fm.	0,70637	809,4	Halverson <i>et al</i> , 2005
M9. 83.4	Svalbard	Grusdiev. Fm.	0,70641	810,5	Halverson <i>et al</i> , 2005
M9. 55	Svalbard	Grusdiev. Fm.	0,7064	811,7	Halverson <i>et al</i> , 2005
G33. 145.9	Svalbard	Grusdiev. Fm.	0,70643	814,1	Halverson <i>et al</i> , 2005
G148. 158.7	Svalbard	Grusdiev. Fm.	0,70635	814,4	Halverson <i>et al</i> , 2005
G33. 131.7	Svalbard	Grusdiev. Fm.	0,70644	814,6	Halverson <i>et al</i> , 2005
G148. 136.3	Svalbard	Grusdiev. Fm.	0,70624	815,4	Halverson <i>et al</i> , 2005
G148. 126	Svalbard	Grusdiev. Fm.	0,70625	815,9	Halverson <i>et al</i> , 2005
G33. 91	Svalbard	Grusdiev. Fm.	0,70652	816,3	Halverson <i>et al</i> , 2005
G33. 62.2	Svalbard	Grusdiev. Fm.	0,70628	817,8	Halverson <i>et al</i> , 2005
G33. 14.5	Svalbard	Grusdiev. Fm.	0,70626	819,8	Halverson <i>et al</i> , 2005
G336. 281.7	Svalbard	Grusdiev. Fm.	0,70627	822,3	Halverson <i>et al</i> , 2005
G12. 467.7	Mackenzie Mts	Little Dal Gp.	0,70622	861,9	Halverson <i>et al</i> , 2005
G12. 417.6	Mackenzie Mts	Little Dal Gp.	0,7055	865,5	Halverson <i>et al</i> , 2005
G12. 377.7	Mackenzie Mts	Little Dal Gp.	0,70613	868	Halverson <i>et al</i> , 2005
G12. 354.1	Mackenzie Mts	Little Dal Gp.	0,70583	870	Halverson <i>et al</i> , 2005
G12. 333.3	Mackenzie Mts	Little Dal Gp.	0,70577	871,4	Halverson <i>et al</i> , 2005
G12. 281.8	Mackenzie Mts	Little Dal Gp.	0,70553	875,1	Halverson <i>et al</i> , 2005
G12. 222.6	Mackenzie Mts	Little Dal Gp.	0,70593	879,3	Halverson <i>et al</i> , 2005
G12. 215.8	Mackenzie Mts	Little Dal Gp.	0,70588	879,8	Halverson <i>et al</i> , 2005
G12. 123.3	Mackenzie Mts	Little Dal Gp.	0,70558	886,3	Halverson <i>et al</i> , 2005
G12. 100.0	Mackenzie Mts	Little Dal Gp.	0,70561	888	Halverson <i>et al</i> , 2005
