

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS



**^{40}Ar - ^{39}Ar em *overgrowths* de feldspatos potássicos e U-Pb em zircão
– aplicação conjunta para o entendimento da Formação Marizal - Bacia
do Recôncavo**

PATRICIA ZACCA

ORIENTADORA:

Prof^a. Dr^a. Ana Maria Pimentel Mizusaki

COMISSÃO EXAMINADORA:

Prof. Dr. Milton Luis Laquintinie Formoso - (UFRGS)

Dr. Anderson Maraschin- (PUC-RS)

Dr. Digo Rodrigues Andrade da Silva - (CPRM-RS)

Dissertação de Mestrado apresentada como requisito parcial para obtenção do título
de Mestre em Geociências

Porto Alegre, 2013

Zacca, Patricia
40Ar-39Ar em overgrowths de feldspatos potássicos e U-Pb em zircão – aplicação conjunta para o entendimento da Formação Marizal – Bacia do Recôncavo. / Patricia Zacca. - Porto Alegre : IGEO/UFRGS, 2013.
[69f.] il.

Dissertação (Mestrado). - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Geociências. Programa de Pós-Graduação em Geociências. Porto Alegre, RS - BR, 2013.
Orientador: Prof^a. Dr^a. Ana Maria Pimentel Misuzaki

1. Datação 40Ar-39Ar. 2. Overgrowth de K-feldspato. 3. Datação U-Pb. 4. Zircão. 5. Formação Marizal. Bacia do Recôncavo. Título.

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

*Dedico esta obra a todos aqueles que
acreditam no impossível.*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a minha família e amigos pelo incentivo e apoio durante a elaboração desse projeto.

Gostaria de agradecer a Universidade Federal do Rio Grande do Sul pelo privilégio de cursar e concluir este mestrado. Agradeço a financiadora de bolsa Capes pelo patrocínio desta atividade.

Também agradeço ao geólogo Dr. Anderson Maraschin pela inspiração sobre a elaboração do assunto dessa dissertação. Outras pessoas que foram importantes para a conclusão desse trabalho são o geólogo Dr. João Orestes Santos, responsável pela datação dos zircões e o geólogo Dr. Horst Zwingmann que datou os K-feldspatos e seus *overgrowths*.

E agradeço, principalmente, a minha orientadora, Prof^a. Dr^a Ana Maria Pimentel Mizusaki, por todos os ensinamentos e conhecimentos gentilmente repassados. Seus conhecimentos, capacidades de liderança e de expor ideias com clareza foram essenciais para a conclusão desta obra.

RESUMO

Unidades litológicas, em particular arenitos, muitas vezes, carecem de um posicionamento cronoestratigráfico preciso. Como os arenitos são importantes rochas-reservatório de hidrocarbonetos e aquíferos, a falta de exatidão nestas informações dificulta a exploração destes bens minerais. A datação relativa de rochas sedimentares pode ser obtida por análise do conteúdo fossilífero ou por correlação estratigráfica. Entretanto, em algumas rochas sedimentares, esta análise não é possível ou tem um caráter duvidoso. Este é o caso da Formação Marizal (Bacia do Recôncavo) que apresenta um histórico controverso sobre a real idade deposicional. A Formação Marizal é um arenito flúvio-eólico cuja idade é discutível e, por isso, sua posição na coluna estratigráfica (aproximadamente Albiniano/Aptiniano), ainda é questionável. Em algumas amostras são encontrados *overgrowths* de K-feldspatos e nos quais é possível aplicar a técnica de datação ⁴⁰Ar-³⁹Ar visando obter idades que possam ser relacionadas com processos ocorrentes nestes arenitos (em geral, deposição e/ou diagênese). Entre os minerais pesados existentes nas amostras da Formação Marizal, foram encontrados grãos de zircões. A datação U-Pb de zircões detríticos pode fornecer informações sobre a proveniência desta unidade. Assim, zircões da Formação Marizal foram analisados visando complementar as informações sobre esta unidade, permitindo uma melhor interpretação. Os *overgrowths* de K-feldspatos indicaram valor de 159.89 ± 23.96 Ma e, para o núcleo detrítico, 432.57 ± 11.89 Ma. O valor médio obtido em torno de 160 Ma, considerando-se que todos os cuidados analíticos e de seleção de amostra foram considerados, é mais antigo do que o esperado. Assim, este valor foi interpretado como indicativo de que o *overgrowth* teria sido desenvolvido numa rocha fonte sedimentar sendo posteriormente transportado. Esta idade pode ser relacionada a fase pré rifte da Bacia do Recôncavo. O valor confirma ideias existentes de remobilização do substrato da bacia durante a fase rifte. Como tem sido discutido, *overgrowths* de K-feldspato são estáveis e possíveis de serem transportados por pequenas distâncias, o que corrobora a interpretação acima. Já o valor obtido para o núcleo mostra a contribuição do Paleoproterozóico adjacente à bacia, retrabalhado no Brasiliano. Em relação ao zircão, a idade do núcleo detrítico de $432,53 \pm 6,54$ Ma pode ser associada com a cobertura sedimentar do Paleoproterozóico retrabalhada no ciclo Brasiliano, também observada nos valores U-Pb definidos para os zircões. Em relação ao zircão, os dados indicam ausência aparente de fontes arqueanas. Os resultados mostram duas fontes principais para a sedimentação: uma Rhyaciana (Paleoproterozóico onde ± 53 % dos grãos são “Transamazônicos”) e outra Neoproterozóica-Cambriana (30% dos zircões são “Brasilianos”).

Palavras-chaves: datação de ⁴⁰Ar-³⁹Ar, *overgrowth* de K-feldspato, datação U-Pb, zircão, Formação Marizal, Bacia do Recôncavo.

ABSTRACT

Sandstones represent the most important reservoir rocks and aquifers in many sedimentary basins. It is necessary to have a precise chronostratigraphic position in order to provide a better exploitation of water or hydrocarbons. Traditionally, the relative dating of sedimentary units is obtained with fossil content or stratigraphic correlation. But in many sedimentary rocks these analyses are not possible and sometimes have a dubious interpretation. This is the case of the Marizal Formation (Recôncavo Basin) where many questions arise when the age of the unit is questioned. The Marizal Formation is a fluvio-eolic sandstone which has been associated with an Albian/Aptian age in the stratigraphic column, although very discussible. Samples of sandstones of Marizal Formation present an important diagenetic overgrowths around K-feldspar detrital cores and they are suitable to ⁴⁰Ar-³⁹Ar dating concerning the identification of processes in the sandstones (as diagenesis or depositional ages). Among the heavy mineral suite in the Marizal Formation, zircon grains are identified. The U-Pb dating of detrital zircons can provide information about the provenance of the unit allowing better interpretation to the Marizal Formation. The overgrowths of K-feldspar indicated a value of 159.89 ± 23.96 Ma and to the detrital core, 432.57 ± 11.89 Ma. The mean value obtained around 160 Ma, considering that all care and analytical sample selection were considered, is older than expected. So, this was interpreted as indicating that the overgrowth, have been developed in a sedimentary source rock being transported latter to the depositional site. This age may be related to pre-rift stage of the Recôncavo Basin. The value confirms previous ideas of remobilization of the substrate during the rift basin stage. As has been extensively discussed, overgrowths of K-feldspars are stable and can be transported by small distances, which corroborates the above interpretation. The value obtained to the detrital core can be associated with a Paleoproterozoic sedimentary cover reworked in the Brazilian cycle. For zircon U-Pb dating, the data indicate no apparent Archean sources. The results show two main sources for sedimentation: a Rhyacian (Paleoproterozoic where $\pm 53\%$ of the grains are "Transamazonian") and another Neoproterozoic-Cambrian (30% of zircon are "Brazilian").

Key-words: ⁴⁰Ar-³⁹Ar dating, K-feldspar overgrowth, U-Pb dating, zircon, Marizal Formation, Reconcavo Basin

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fotomicrografia (LP, 30 X), exemplificando como o feixe de Ar é direcionado sobre a amostra, nos pontos selecionados do grão detrítico e do <i>overgrowth</i>	14
Figura 2: Diagrama Concórdia (modif. Faure, 1986).	15
Figura 3: A) <i>Overgrowth</i> epitaxial de K-feldspato em grão detrítico com pertita; B) <i>overgrowth</i> sintaxial de K-feldspato em grão detrítico.	22
Figura 4: Carta estratigráfica da Bacia do Recôncavo, em destaque a Formação Marizal, objeto deste estudo (modif. Magnavita <i>et al.</i> , 2005).	27
Figura 5: Fluxograma relativo a metodologia aplicada.	31
Figura 6 : Acima mostrando a localização da área geográfica (modif. <i>Goodle maps</i>).	32
Figura 7: A) Fotografia dos pontos de amostragem; B) detalhe do ponto de coleta C2, essa amostra foi a mais importante nesse estudo; C) detalhe mostrando o condicionamento das amostras.	33
Figura 8: Fotografia em lupa de um grão de k-feldspato com <i>overgrowth</i>	34
Figura 9: Grãos de zircão coletados a partir da amostra C2 da Formação Marizal. Nota-se a variabilidade das características petrográficas entre cada grão.	39
Figura 10: Fotomicrografias dos K-feldspatos detríticos e <i>overgrowths</i> em diferentes situações (LP); A) <i>overgrowth</i> euédrico e sua relação com o grão adjacente (fragmento herdado?); B) <i>overgrowth</i> envolvendo todo o grão detrítico; observar a cutícula de argila entre o grão detrítico e o <i>overgrowth</i> ; C) <i>overgrowths</i> onde as faces estão um pouco arredondadas; D) grão detrítico fraturado aparentemente após a formação do <i>overgrowth</i> ; E) <i>overgrowth</i> euédrico. F) <i>overgrowth</i> em grão com pertita.	43
Figura 11: Fotomicrografias dos K-feldspatos detríticos e <i>overgrowths</i> em diferentes situações; A) como visto em LN, possível litoclasto; B) perfeita forma romboédrica em um grão detrítico arredondado; C) cobrindo a face lateral do grão prismático (fragmento herdado); D) mostrando um mosaico de <i>overgrowths</i> que juntos recobrem o grão detrítico; E) recobrimo quase totalmente o grão detrítico; F) detalhe de um <i>overgrowth</i> epitaxial.	44
Figura 12: Classificação segundo o Diagrama de Folk (1968); o ponto vermelho indica a posição e classificação das amostras analisadas.	46
Figura 13: Fluxograma exemplificando a diagênese.	48
Figura 14: Resultados da análise ⁴⁰ Ar- ³⁹ Ar <i>step heating</i> destacando-se que os resultados foram obtidos com uma isócrona inversa.	49
Figura 15: Histograma de probabilidade estatística das idades U-Pb para os zircões detríticos separados da Formação Marizal.	51
Figura 16: a) Nesta imagem é possível observar a localização das áreas de proveniência dos cristais de zircão datados encontrados na Formação Marizal. b) mostra em detalhe os principais afloramentos da Formação Marizal com as respectivas paleocorrentes indicadas pela orientação das setas. (modif. Lima & Vilas Boas, 2000; Neves, 2011).	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Descrição de litofácies para a Formação Marizal proposta por Lima & Vilas Boas (2000).29

Tabela 2: Resultados obtidos com a datação de U-Pb. Nesta tabela é possível verificar as idades obtidas e o número de grãos que apresentaram essas idades.50

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. OBJETIVOS	12
3. MÉTODOS DE DATAÇÃO RADIOMÉTRICA.....	13
3.1 Método ⁴⁰ Ar- ³⁹ Ar	13
3.2 Método U-Pb.....	15
4. TRABALHOS ANTERIORES	17
5. FELDSPATO POTÁSSICO E SEUS <i>OVERGROWTHS</i>	21
6. ÁREA DE ESTUDO.....	24
6.1. Bacia do Recôncavo	24
6.2 Estratigrafia.....	25
6.3 Formação Marizal	26
7. METODOLOGIA.....	30
7.1 Seleção de área de estudo	32
7.2. Amostragem	33
7.3 Descrição Macroscópica	34
7.4 Descrição microscópica	34
7.5 Preparação dos <i>overgrowths</i> de K-feldspato	35
7.5.1 Microscopia eletrônica de varredura (MEV)	35
7.5.2 Concentração dos K-feldspatos com <i>overgrowths</i>	36
7.5.3 Limpeza do concentrado de K-feldspato	36
7.5.4 Aplicação da técnica de datação radiométrica ⁴⁰ Ar- ³⁹ Ar	36
7.6 Preparação dos grãos de zircão	38
7.6.1 Separação dos grãos de zircão	38
7.6.2 Montagem dos grãos de zircão	39
7.6.3 Microscopia eletrônica de varredura (MEV)	40
7.6.4 Análise pelo método U-Pb dos grãos de zircão.....	40
8. RESULTADOS OBTIDOS	41
9. DISCUSSÕES	52
10. CONCLUSÕES	56
11. REFERÊNCIAS	58
ANEXO I- IMAGENS MEV E GRÁFICOS EDS	62
ANEXO 2-DESCRIÇÃO DE LAMINAS PETROGRÁFICAS.	63
ANEXO 3- RESULTADOS ANALÍTICOS DA DATAÇÃO U-PB NOS CRISTAIS DE ZIRCÃO.....	63

1. INTRODUÇÃO

Unidades litológicas, em particular arenitos, muitas vezes, carecem de um posicionamento cronoestratigráfico com precisão. Como os arenitos são importantes rochas-reservatório de hidrocarbonetos e aquíferos, a falta de exatidão nestas informações dificulta a exploração destes bens minerais (Maraschin, 2008).

A datação relativa de rochas sedimentares pode ser obtida por análise do conteúdo fossilífero ou por correlação estratigráfica. Entretanto em algumas rochas sedimentares esta análise não é possível ou tem um caráter duvidoso. Este é o caso da Formação Marizal (Bacia do Recôncavo) que apresenta um histórico controverso sobre a real idade deposicional.

Tendo em vista essa problemática, trabalhos de pesquisa vêm sendo desenvolvidos propondo alternativas para sanar essa dificuldade (Maraschin, 2008).

Com o avanço de conhecimentos petrogenéticos foram reconhecidos minerais formados durante os períodos iniciais da deposição das rochas sedimentares. Verificou-se ainda que alguns destes minerais, denominados autigênicos, possuíam potencial para a aplicação de técnicas isotópicas de datação. Diversos autores (Girard & Onstott, 1991; Hagen *et al.*, 2001; Maraschin, 2008) têm mostrado ser possível a obtenção de idades absolutas próximas às da deposição dessas unidades, por meio de datação radiométrica de constituintes formados na eodiagenese desses arenitos. Feldspatos potássicos (K-feldspatos) diagenéticos são um dos minerais que apresentam as características adequadas para serem datados por meio de técnicas isotópicas.

Os K-feldspatos diagenéticos (*overgrowths*) são formados sob condições de pressões e temperaturas relativamente baixas. Possuem composição química bastante pura de AlKSiO_4 e devido à presença de potássio (K) na estrutura química deste mineral, tornou-se viável a datação radiométrica por meio das técnicas ⁴⁰K-⁴⁰Ar e/ou ⁴⁰Ar-³⁹Ar. A ocorrência de *overgrowths* de K-feldspato está muito bem documentada na literatura, contudo, a metodologia de datação radiométrica nestes minerais é relativamente recente (Ali & Turner, 1982; Girard, 1988; Maraschin, 2008).

Outra aplicação deste trabalho que corroborou com o conhecimento mais abrangente da história de deposição da formação Marizal, foi a datação pelo método U-Pb dos zircões detríticos. Com esse resultado foi possível determinar a proveniência dos fragmentos e grãos constituintes dessa rocha.

Com essas medidas objetivou-se a descrição e datação dos *overgrowths* de K-feldspato, bem como a compreensão sobre a proveniência dos minerais detríticos. Outros objetivos pretendidos foram o de colaborar com o desenvolvimento da metodologia de datação por ⁴⁰Ar-³⁹Ar e ainda o de contribuir com o avanço do conhecimento geológico da Formação Marizal da Bacia do Recôncavo.

Nesse estudo aborda-se ainda a temática sobre o comportamento dos *overgrowths* ao serem submetidos a transporte sedimentar relativamente curto e uma descrição preliminar da atuação do intemperismo sobre os *overgrowths*.

2. OBJETIVOS

O objetivo principal deste trabalho é a obtenção de informações (idades e proveniência) sobre a Formação Marizal, localizada estratigraficamente na porção mais superior da Bacia do Recôncavo. Espera-se, através da interpretação dos dados obtidos, ter resultados que permitam um melhor conhecimento geológico desta unidade, importante aquífero da região.

Secundariamente espera-se:

- a aplicação e avaliação da técnica radiométrica ⁴⁰Ar-³⁹Ar nos *overgrowths* de K-feldspato de amostras de arenitos da referida Formação;
- contribuir para o aprimoramento e desenvolvimento dessa importante metodologia de datação de rochas sedimentares, ainda pouco conhecida e utilizada;
- a datação radiométrica dos zircões detríticos desta rocha visando indicações da proveniência das rochas da Formação Marizal.

3. MÉTODOS DE DATAÇÃO RADIOMÉTRICA

Neste trabalho utilizou-se o método de datação radiométrica ⁴⁰Ar-³⁹Ar para a datação dos *overgrowths* de K-feldspato. O método U-Pb, por sua vez, foi aplicado para a datação de zircões com o objetivo de realizar um estudo de proveniência dos sedimentos constituintes da rocha.

3.1 Método ⁴⁰Ar-³⁹Ar

A técnica ⁴⁰Ar-³⁹Ar é derivada do método de datação radiométrica ⁴⁰K-⁴⁰Ar. Essa nova metodologia foi desenvolvida para sobrepujar limitações causadas pelas diferentes afinidades químicas entre o potássio e o argônio, por equipamentos e também por ser possível trabalhar minerais isolados (Faure, 1986).

Esse método tem algumas vantagens sobre o ⁴⁰K-⁴⁰Ar tradicional. Uma delas é que todo o processo de análise e determinação do potássio e do argônio pode ser realizado em um único ponto da amostra, enquanto que na técnica convencional ⁴⁰K-⁴⁰Ar esses dois elementos são analisados em porções diferentes da amostra (Fig. 1). O processo de medida é realizado em diferentes temperaturas de aquecimento, isso se torna extremamente útil, pois torna possível a determinação das idades da rocha, além de informações sobre a idade de cada evento de aquecimento ao qual o mineral foi submetido. Outra vantagem do método ⁴⁰Ar-³⁹Ar é a diminuição dos erros analíticos, já que não é necessária a determinação direta da quantidade total de potássio existente na época de formação da rocha em estudo.

Mais uma vantagem deste método é que após o tratamento a que o mineral é submetido, apenas são medidas as razões isotópicas do Ar, eliminando desse modo os possíveis erros nas determinações das concentrações individuais do Ar e do K. As determinações do ⁴⁰Ar-³⁹Ar são efetuadas dosando-se o ⁴⁰Ar (radiogênico) resultante da desintegração do ⁴⁰K e o ³⁹Ar (mv = 269 a). O ³⁹Ar é produzido artificialmente na amostra a partir do ³⁹K por irradiação com nêutrons num reator nuclear. O ³⁹Ar representa indiretamente o teor de K da amostra e tem meia vida em torno de 200 anos.

Após a fase de irradiação, a amostra fica radioativa e há necessidade de um período (de até 60 dias) para que haja perda desta atividade e o material possa ser

manuseado. Então, o Ar é extraído da amostra como no método convencional ⁴⁰K-⁴⁰Ar e é analisado por um espectrômetro de gases.

A extração do Ar da amostra pode ser obtida a partir da técnica de fusão total ou da fusão por etapas (*step heating*). A técnica de fusão total é semelhante a do ⁴⁰K-⁴⁰Ar convencional. A amostra é fundida em temperaturas entre 1.200^oC e 1.300^oC levando à liberação total dos gases. Estes gases são recolhidos e filtrados, ou seja, deve-se ter somente o Ar que será analisado no espectrômetro. No entanto, a técnica mais usualmente empregada é a de fusão por etapas (*step heating*) que consiste em vários estágios de extração do Ar através do contínuo aumento de temperatura. O Ar liberado em cada etapa é recolhido, purificado e analisado. Se o sistema químico permaneceu fechado, como seria o esperado, todas as idades obtidas nas diferentes temperaturas deverão ser as mesmas, ou seja, um espectro de idades deve ser contínuo e constante, mas se tiver ocorrido difusão de Ar, natural ou provocado por algum evento tectono-térmico, o resultado final será um espectro irregular de idades (Maraschin, 2008).

Este método tem sido aplicado aos *overgrowths* de K-feldspato especialmente quando estes são muito precoces, tendo se desenvolvido logo após a sedimentação da rocha. Neste caso, observa-se que é muito difícil realizar a separação dos *overgrowths* de K-feldspato do seu núcleo detrítico. A solução neste caso é tentar aplicar o feixe de laser inicialmente somente no *overgrowth* e depois no núcleo detrítico, procedendo-se duas extrações de Ar. Os resultados mostram a idade do núcleo detrítico, formados na rocha-fonte e dos *overgrowths*, que em geral registram a idade da sedimentação próxima a idade de diagênese.

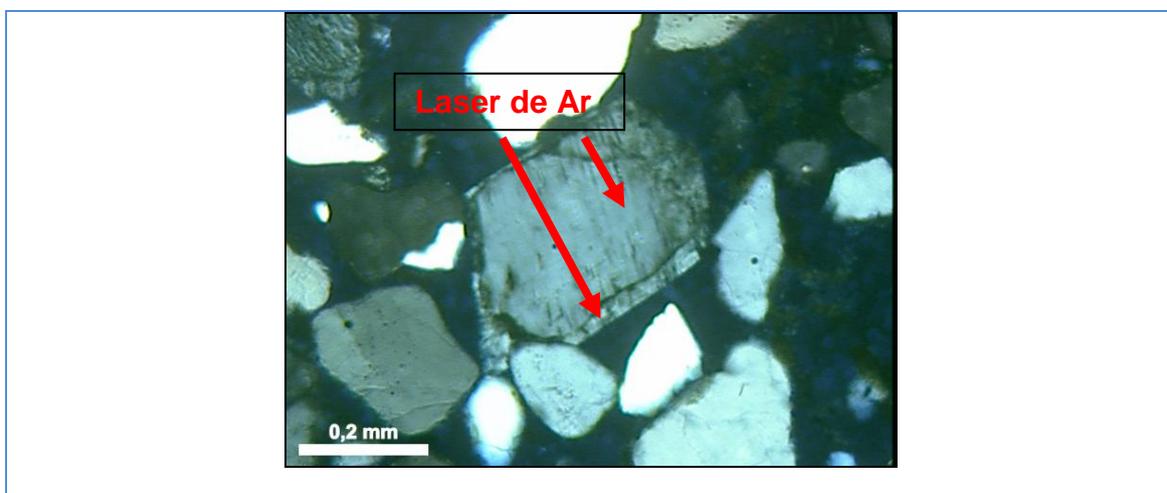


Figura 1: Fotomicrografia (LP, 30 X), exemplificando como o feixe de Ar é direcionado sobre a amostra, nos pontos selecionados do grão detrítico e do *overgrowth*.

3.2 Método U-Pb

Este método está baseado no decaimento dos isótopos de U²³⁸ e U²³⁵ para Pb²⁰⁶ e Pb²⁰⁷, respectivamente, e cujas meia-vidas e constantes de desintegração são:

$$U^{238} : T_{1/2} = 4.468 \times 10^9 \text{ anos}$$

$$\lambda_{(1)} = 1.55125 \times 10^{-10} \text{ ano}^{-1}$$

$$U^{235} : T_{1/2} = 0,7038 \times 10^9 \text{ anos}$$

$$\lambda_{(2)} = 9.8485 \times 10^{-10} \text{ ano}^{-1}$$

A utilização do mineral zircão para o método U-Pb é feita por se tratar de um mineral (sistema) relativamente rico em urânio e muito pobre em chumbo comum. Neste caso, o chumbo comum pode ser considerado negligenciável, em comparação com o chumbo radiogênico resultante da desintegração do urânio e a idade do sistema pode ser obtida de maneira semelhante ao método ⁴⁰K-⁴⁰Ar, por exemplo.

Ocorre, contudo, que as idades calculadas desta maneira são geralmente, muito diferentes, conforme se utilize o método U²³⁸-Pb²⁰⁶ ou U²³⁵-Pb²⁰⁷. Esta discordância é possivelmente devida a uma abertura do sistema U-Pb, ou seja, perda de Pb. Entretanto, os resultados podem ser reinterpretados usando-se um diagrama com a razão Pb²⁰⁷/U²³⁵ como abscissa e Pb²⁰⁶/U²³⁸ como ordenada. Este diagrama é chamado de diagrama concórdia (Fig. 2).

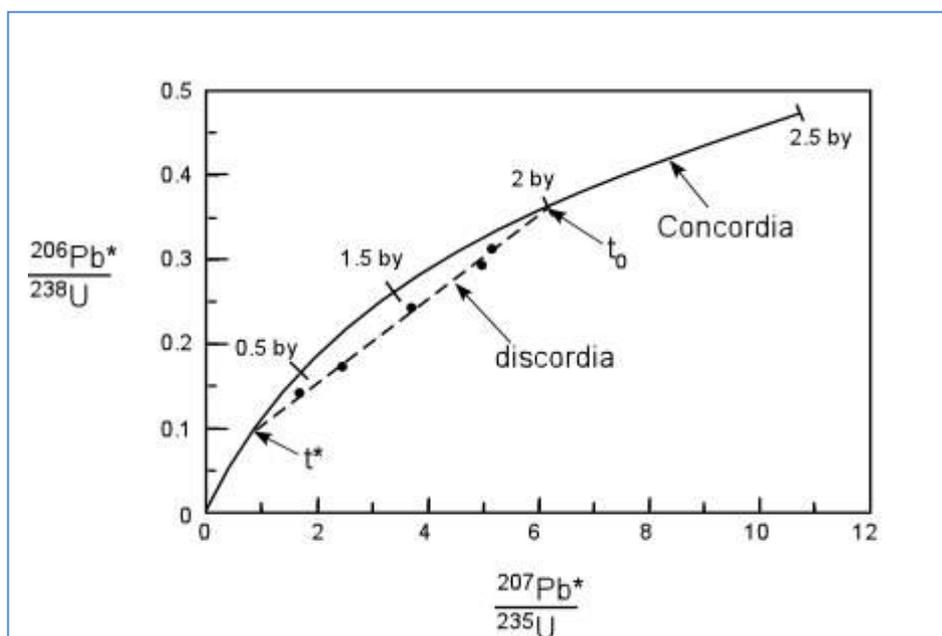


Figura 2: Diagrama Concórdia (modif. Faure, 1986).

Sobre este diagrama é colocada uma linha curva, calibrada em intervalos de 500 Ma, chamada de linha concórdia, sendo definida como o local onde plotam todos os pontos cujas idades $U^{238}\text{-Pb}^{206}$ e $U^{235}\text{-Pb}^{207}$ são iguais.

Os pontos lançados neste diagrama frequentemente estão alinhados segundo uma linha reta chamada discórdia, a qual intercepta a concórdia em dois pontos. No tempo de fechamento do sistema (t_0), nenhuma desintegração ocorreu ainda e, portanto, não há Pb radiogênico presente e a composição isotópica do sistema plota na sua origem. Posteriormente, em qualquer tempo, o sistema é representado por algum ponto ao longo da curva concórdia. Números ao longo da curva indicam o tempo decorrido em bilhões de anos desde a formação do sistema. Se o sistema experimentar uma perda de Pb no tempo t_1 , a composição do sistema desloca-se ao longo da curva conectando t_1 a sua origem. Uma perda completa de chumbo radiogênico deveria deslocar a composição isotópica de volta para a sua origem, porém isto raramente ocorre. Se alguma fração de Pb é perdida, situação mais comum, a composição isotópica é representada por pontos ao longo da curva. Uma série de amostras relatadas com idades discordantes, que experimentaram vários graus de perda de Pb irão definir a curva chamada discórdia. A discórdia retém sua forma linear, mas intercepta a curva concórdia em um conjunto de novos pontos. Se a discórdia for adequadamente definida, então o diagrama pode nos indicar duas idades geologicamente válidas: o tempo de formação da rocha e o tempo de um possível distúrbio (metamorfismo, intemperismo ou outros eventos com perda de Pb associada). A determinação das idades de grãos de zircão tem sido um método interessante para indicações de proveniência de rochas sedimentares (Borba *et al.*, 2008). No caso deste trabalho, entre as diversas formas de obtenção dos valores U-Pb e cálculo de idades, utilizou-se uma sonda SHRIMP, que fornece uma excelente precisão e permite evitar áreas com danos (por exemplo, inclusões) nos grãos de zircão.

4. TRABALHOS ANTERIORES

Os arenitos representam cerca de 20-25% do volume das rochas sedimentares do mundo (conforme Blatt, 1982), além de serem importantes reservatórios de hidrocarbonetos e água potável. No entanto, muitas vezes, essas litologias não possuem idades cronoestratigráficas bem definidas. Isso compromete o entendimento da história deposicional e de evolução desses tipos de rochas, tornando a exploração dos seus bens minerais mais trabalhosa e com um fornecimento menor de detalhes.

Uma característica que colabora para a localização cronoestratigráfica insuficiente das rochas sedimentares é que os arenitos são geralmente estéreis. Além disso, as correlações estratigráficas podem ser dificultadas pela complexidade geológica de certas áreas (Maraschin *et al.*, 2008). Para eliminar esse tipo de problemática novas técnicas de datação radiométrica, aplicáveis em rochas sedimentares, vêm sendo desenvolvidas no decorrer dos anos. A dificuldade principal nesse tipo de datação é conseguir obter a idade de minerais formados durante a deposição das rochas sedimentares, já que a idade dos minerais detríticos não produz essa informação com exatidão. Uma possibilidade que vem sendo explorada é a datação de minerais potássicos autigênicos destacando-se os *overgrowths* de K-feldspato, pois são frequentes em arenitos e possuem potássio, elemento químico que sofre decaimento. Além disso, por serem autigênicos, supõe-se que a sua idade de formação, corresponde a idade muito aproximada da deposição.

Essa possibilidade surgiu quando Kastner (1979) descreveu detalhadamente *overgrowths* de K-feldspatos em rochas sedimentares. A autora mostrou que esses *overgrowths* são muito abundantes e que ocorrem em arenitos de todos os períodos geológicos, desde o Pré-Cambriano até o Pleistoceno. Algumas características desses *overgrowths* são: composição química muito pura, ausência de luminescência, elevados valores positivos para o $\delta^{18}\text{O}$ e ângulo ótico de extinção diferente do apresentado pelo grão detrítico. A autora mostrou também que a água com alta salinidade é essencial para o desenvolvimento dos *overgrowths*, contudo não precisa ser necessariamente marinha. Afirma, também, que a porosidade é muito importante para a formação dos *overgrowths*, pois a percolação de fluidos é considerada uma condição fundamental para o desenvolvimento dos *overgrowths*. Além disso, demonstra que é necessário ter K e Na dissolvidos na água com alguma quantidade de H^+ e H_4SiO_4 para converter os alumino-silicatos sólidos em dissolvidos. Para que

ocorra a precipitação de K-feldspatos, é necessário a adição de alumínio dissolvido na forma Al(OH)₄.

Girard *et al.* (1988) realizou análises para determinação do δ¹⁸O e formulou uma técnica de datação absoluta por meio da análise ⁴⁰K-⁴⁰Ar utilizando os *overgrowths* de K-feldspatos nos arcóseos do Cretáceo Inferior da porção *offshore* da Bacia de Angola. Ele propôs que para a análise de ⁴⁰K-⁴⁰Ar, os K-feldspatos seriam previamente separados por líquido denso, separador magnético e posterior catação manual com pinça. Após sofreram ataque com ácidos, os grãos deveriam ser lavados, mas dessa vez usando aparelho de ultrassom e novamente passados em líquido denso para obter um concentrado de *overgrowths*, passível de aplicação da técnica ⁴⁰K-⁴⁰Ar.

Girard & Onstott (1991) comparam a diferença de aplicação com a técnica ⁴⁰Ar-³⁹Ar nos mesmos K-feldspatos diagenéticos do Cretáceo Inferior da Bacia de Angola (Girard *et al.*, 1988). Os autores afirmam que por conterem K na estrutura e características próprias, os *overgrowths* podem ser datados pelos métodos ⁴⁰K-⁴⁰Ar ou por ⁴⁰Ar-³⁹Ar. Os resultados foram a determinação das possíveis idades de deposição em torno de 130 Ma a 115 Ma onde os *overgrowths* seriam formados a aproximadamente 100 Ma com temperaturas médias de 150 °C.

Hagen *et al.* (2001) fizeram um breve resumo da história geológica do rifte Kilombero da Tanzânia e descreveram as características dos *overgrowths* de K-feldspatos dos arenitos existentes nesta área. Analisaram processos diagenéticos como a precipitação de calcita, albita e clorita além dos *overgrowths* de K-feldspato e demonstraram que a temperatura da diagênese foi de 80 a 100°C. Os K-feldspatos foram submetidos à técnica radiométrica ⁴⁰Ar-³⁹Ar (*step-heating*) onde foi determinado que as idades dos grãos detríticos eram 423 ± 14 Ma e dos *overgrowths* eram 138 ± 5 Ma.

Outra forma de ocorrência do K-feldspato diagenético passível de datação foi verificada por Sandler *et al.* (2004). Os autores dataram cristais discretos intergranulares de K-feldspato diagenético (e não *overgrowths* recobrimdo grãos detríticos) que ocorrem não apenas em arenitos, mas também em calcáreos marinhos, margas e folhelhos do Albiano/Turoniano de Israel. As idades ⁴⁰K-⁴⁰Ar de 93 ± 2, 123 ± 2 Ma e ⁴⁰Ar-³⁹Ar de 97 ± 2 Ma foram interpretadas como relacionadas à precipitação dos K-feldspatos diagenéticos nas litologias, refletindo idades deposicionais para essas rochas.

Mark (2007) apresentou a integração de análises de inclusões fluidas juntamente com o mapeamento de alta resolução espacial ⁴⁰Ar-³⁹Ar em *overgrowths* de K-feldspato obtido com laser UV (ultra violeta). A análise do cimento mostra variações químicas que permitem determinar a idade do fluido. Juntamente com a datação absoluta por ⁴⁰Ar-³⁹Ar permitiu o conhecimento da diagênese e a obtenção de uma idade absoluta. Com o laser UV (ideal devido a sua menor energia) pode ser realizada a datação em áreas muito específicas do cimento K-feldspático. Esse autor obteve idades sugerindo que a diagênese do K-feldspato iniciou-se em 83 Ma, cessando aproximadamente a 53 Ma.

Foi possível datar os *overgrowths* da Formação Açú (Bacia Potiguar), considerado como um dos mais significativos reservatórios terrestres de hidrocarbonetos, a partir da descrição de Maraschin *et al.* (2004). Os autores descreveram os *overgrowths* de K-feldspato como eo-diagenéticos, formados quase simultaneamente com a deposição dos sedimentos. Os *overgrowths* são euédricos, romboédricos, quimicamente puros, pouco ou quase nada dissolvidos, ou alterados. Descreveram, também, características petrológicas e diagenéticas das rochas dessa formação, fornecendo detalhes sobre a porosidade, compactação e como esses dois fatores foram afetados pelo desenvolvimento dos *overgrowths* eo-diagenéticos.

Maraschin (2008) aplica a técnica ⁴⁰Ar-³⁹Ar em *overgrowths* selecionados a partir de amostras desta unidade e fizeram uma nova proposição metodológica, necessária nos minerais dessa Formação, pois estes *overgrowths* não puderam ser separados conforme a sugestão de Girardi & Onstott. (1991) devido a sua formação extremamente precoce. Os resultados obtidos por ⁴⁰Ar-³⁹Ar (*step-heating*) mostram valores médios em torno de 120 Ma para os *overgrowths* e de 480 Ma para o grão detrítico. A idade de 120 Ma foi considerada como a idade deposicional e a idade de 480 Ma reflete a idade dos granitos da área-fonte afetados por um evento regional onde a temperatura facilitou o *resetting* com perda de Ar dos feldspatos.

Em relação ao uso de zircão para estudos de proveniência, dentre muitos trabalhos, pode-se destacar o de Kolodner *et al.* (2009). Este autor realizou um estudo de proveniência utilizando como parâmetro as idades de zircões detríticos encontrados em arenitos do Cretáceo inferior. Estes arenitos são do nordeste da África e Arábia e possuem sua gênese ligada a depósitos fluviais e ambientes marinhos rasos e, por vezes, com contribuição de sedimentos vulcanoclásticos. Um dos objetivos do estudo era apoiar a ideia de que esses arenitos teriam sua proveniência relacionada com a

reciclagem de rochas sedimentares do Paleozóico. Os arenitos são essencialmente quartzoso, maduros e apresentam colorações que variam de cinza a roxo. A maturidade tanto da mineralogia como da textura dos arenitos juntamente com os dados obtidos pela datação do zircão indicam que ele foi reciclado em uma série de eventos de deposição e erosão desde o Paleozóico até o Mesozóico. As idades obtidas para os zircões detríticos ficaram concentradas nos grupos de 0,95 a 1,10; de 1,7 a 2,0 e de 2,6 a 2,65 Ga e foram associadas a terrenos Pan-Africanos aflorantes na região.

Outro estudo onde foi utilizada a datação de zircão como uma ferramenta para auxiliar para a determinação de proveniência de sedimentos foi realizado por Zimmermann & Spalletti (2009) na Formação Balcarce, Argentina. Os autores fazem a petrografia desses arenitos acompanhada de análises de difração de raios X, estudo dos minerais pesados, análise química (incluindo elementos traço e terras raras) em rocha total além de descreverem os processos de alteração nas amostras coletadas. Todas essas ferramentas integradas com a datação de zircões detríticos realizadas, algumas vezes, previamente em outros artigos do autor foram necessárias devido a grande variedade de áreas fontes regionais encontradas na área. A conclusão mostra que os sedimentos da Formação Balcarce seriam provenientes principalmente de rochas do Craton Rio de La Plata caracterizando uma deposição intrabacia.

5.FELDSPATO POTÁSSICO E SEUS OVERGROWTHS

Os grãos de feldspatos são suscetíveis aos processos de alteração e intemperismo, mesmo assim esses são o segundo mineral mais abundante encontrado em rochas sedimentares, ultrapassado apenas pelo quartzo. Nos arenitos de origem fluvial e deltaica, como os da Formação Marizal, verifica-se que o quartzo, feldspato e clastos de rochas feldspáticas variam de 60 a 90% de ocorrência mineralógica da rocha, dependendo da fácies analisada (Lima & Villas Boas, 2000).

Os feldspatos podem tanto ser formados em temperaturas elevadas quanto em temperaturas baixas. Isso depende da profundidade onde ocorre a gênese do mineral. Os K-feldspatos formados em rochas ígneas apresentam uma temperatura de formação muito mais elevada do que os *overgrowths* de K-feldspatos que podem ser formados a temperaturas de 50°C, aproximadamente, e pressões de 1 atm (Sandler, et al. 2004; Maraschin *et al.* 2004).

O K-feldspato diagenético é uma feição comum em rochas sedimentares e amplamente documentada na literatura (Stablein & Dapples, 1977; Waugh, 1978; Ali & Turner, 1982; Milliken, 1989; Morad *et al.*, 1989; De Ros *et al.*, 1994; Hagen *et al.*, 2001; Lee & Parsons, 2003; Maraschin *et al.*, 2004; Sandler *et al.*, 2004), apresentando excelente potencial para datação absoluta pelos métodos ⁴⁰K-⁴⁰Ar e ⁴⁰Ar-³⁹Ar (Girard *et al.*, 1988, 1991; Hagen *et al.*, 2001; Sherlock *et al.*, 2005).

Overgrowths de K-feldspato geralmente mostram orientação ótica diferente dos grãos detríticos, ou seja, são epitaxiais (Fig. 3A). Entretanto foram encontrados nas amostras da Formação Marizal *overgrowths* com orientação sintaxial conforme pode ser observado na figura 3B. São mais estáveis e resistentes aos processos diagenéticos posteriores do que os feldspatos detríticos como apresentado por Maraschin *et al.* (2004). Devido à diferença de condições de formação, os minerais ígneos possuem variação na composição química, já que a estrutura cristalina permite que átomos de outros elementos sejam agregados em sua rede. No entanto, os *overgrowths* possuem uma estrutura atômica mais restritiva tornando a composição química mais pura. A pureza da composição química é um dos parâmetros utilizados para distinguir *overgrowths* de minerais primários de K-feldspato. Para a diagênese do K-feldspato é necessário que os poros do arenito estejam preenchidos por águas alcalinas e ricas em K⁺, Al⁺³ e Si⁺⁴. Esses íons são derivados da dissolução de minerais primários que possuam tais elementos na composição original, como feldspatos,

fragmentos de rochas vulcanoclásticas (De Ros *et al.*, 1994) e de rochas granito-gnaissicas (Maraschin *et al.*, 2004).

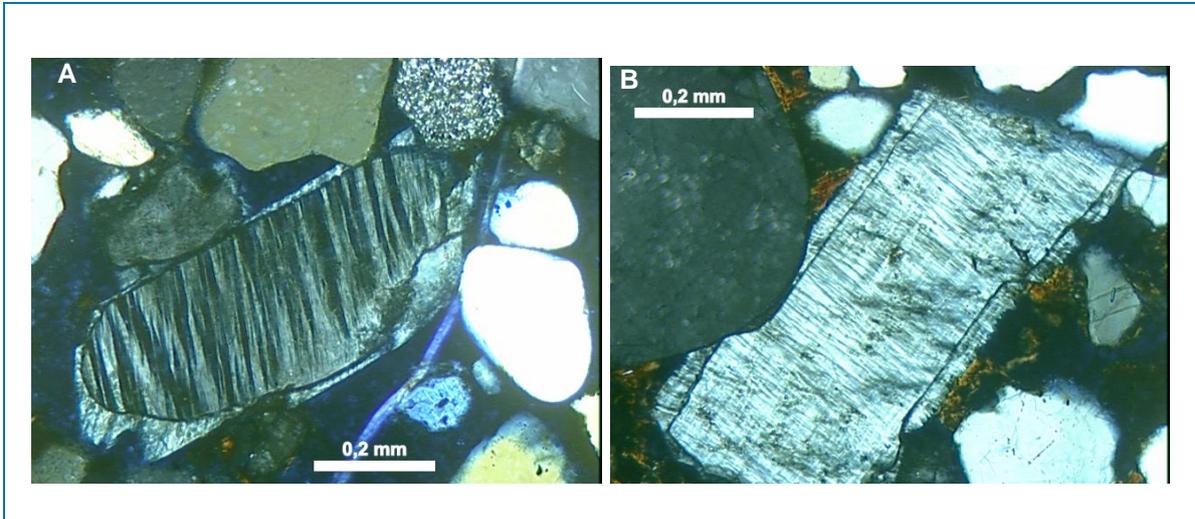


Figura 3: A) *Overgrowth* epitaxial de K-feldspato em grão detrítico com pertita; B) *overgrowth* sintaxial de K-feldspato em grão detrítico.

Por possuírem potássio em sua composição química, os *overgrowths* de K-feldspatos podem ser submetidos à análise radiométrica (métodos ^{40}K - ^{40}Ar ou ^{40}Ar - ^{39}Ar) e apresentam um ótimo potencial para isso. Quando esses *overgrowths* se formam, especialmente, logo após a deposição da rocha, em condições de eodiagênese, assume-se que as suas idades absolutas podem ser consideradas como muito próximas do evento deposicional (Girard *et al.*, 1988). Nesse caso, constituem-se em uma forma indireta de datação de arenitos geralmente afossilíferos.

O artigo apresentado por Zhu (2006) descreveu o efeito do intemperismo nos K-feldspatos dos arenitos Jurássicos de Navajo localizados em Black Mesa, Arizona, Estados Unidos. Ele descreveu esse arenito como eólico com idade de deposição de aproximadamente 200 Ma e espessura de 670 m. Nesse estudo o autor simulou em laboratório as condições ambientais como composição química da água, temperatura e pressão a qual a rocha foi submetida e analisa os efeitos dessas condições nos grãos e *overgrowths* de K-feldspatos.

Com o auxílio do microscópio eletrônico de varredura (MEV) acoplado ao detector de energia dispersiva (EDS), ficou visível que todos os *overgrowths* de K-feldspato possuem uma finíssima camada amorfa de aproximadamente 10 μm , que dificulta a dissolução dos *overgrowths*. Também foi observado que a espessura dessa camada tem relação direta com a composição química do fluido durante o desenvolvimento do

overgrowth. Essas considerações foram muito interessantes para a aplicação de métodos de datação nos K-feldspatos e a interpretação dos resultados, especialmente na Formação Marizal.

6. ÁREA DE ESTUDO

Neste item são apresentadas informações sobre a área escolhida para o desenvolvimento do presente estudo.

6.1. Bacia do Recôncavo

A Bacia do Recôncavo localiza-se no estado da Bahia, juntamente com as bacias do Tucano e Jatobá ocupando uma faixa norte-sul, que se estende desde a cidade de Salvador até a fronteira com o estado de Sergipe (Caixeta, 1994). Essa bacia ocupa uma área de aproximadamente 11.500 km², delimitada pelo alto do Aporá na parte norte e nordeste, ao sul pelo sistema de falhas da Barra, a oeste pela falha de Maragogipe e ao leste pelo sistema de falhas de Salvador (Silva *et al.*, 2007).

Até meados dos anos 70, representava a principal reserva de petróleo do Brasil (Milani & Araujo, 2003), sendo que ainda hoje a Bacia do Recôncavo abriga reservas da ordem de 33 milhões de m³ de óleo e 19 bilhões de m³ de gás natural (ANP, 2001). Essa grande disponibilidade de recursos de hidrocarbonetos é decorrência do processo de formação dessas bacias.

A configuração estrutural da bacia relaciona-se aos esforços extensionais que resultaram na fragmentação do super-continente Gondwana durante o juro-cretáceo, com a abertura do Oceano Atlântico. A arquitetura básica é a de um meio-gráben, com falha de borda a leste e orientação geral NE-SW.

Os primeiros estágios de deposição dessa bacia correspondem às rochas da Formação Afogados, que datam a partir do Paleozóico. Os últimos estratos são representados pela Formações Sabiá e Barreiras depositados durante o Cenozóico (Fig. 4).

A espessura sedimentar total acumulada durante esta fase excede 6 km no depocentro principal da Bacia do Recôncavo, denominado Baixo de Camaçari-Miranga, e ultrapassa 10 km na Bacia do Tucano Central no Baixo de Cícero Dantas (Magnavita *et al.*, 2005).

6.2 Estratigrafia

O preenchimento sedimentar da Bacia do Recôncavo compreende os depósitos acumulados durante o processo extensional juro-cretáceo caracterizando cinco sequências deposicionais. As sequências são relacionadas aos estágios pré-rifte, rifte e pós-rifte e atingem espessura máxima de 6.500 m (Magnavita *et al.*, 2005).

Conforme pode ser observado na figura 4, a supersequência pré-rifte reúne todos os depósitos relacionados ao estágio inicial de flexura da crosta que originaram o sistema de riftes do Eocretáceo. A sedimentação é composta por ciclos flúvio-eólicos, representados da base para o topo, pelo Membro Boipeba, da Formação Aliança, e as formações Sergi e Água Grande. Regionalmente, esses ciclos são separados por transgressões lacustres que caracterizam o Membro Capianga (Formação Aliança) e a Formação Itaparica (Fig. 4).

A supersequência rifte abrange três sequências. Segundo Silva *et al.* (2007), as sequências K10 e K20 abrangem grande parte do Andar Rio da Serra, compreendendo as Formações Candeias (membros Tauá e Gomo) e Maracangalha. No início da fase rifte, predominava o contexto lacustre, quando também se definiu o arcabouço estrutural da bacia. No depocentro observa-se um incremento batimétrico inicial que resulta da umidificação climática associada ao incremento da atividade tectônica. Os folhelhos, calcilutitos e arenitos turbidíticos do Membro Gomo representam essa fase inicial durante o Eoberriasiano/Eovalangiano.

Durante o Eovalangiano/Eohauteroviano, ocorreu a diminuição da atividade tectônica e o incremento no aporte sedimentar com a redução dos gradientes deposicionais associados ao progressivo assoreamento dos depocentros.

Os folhelhos, calcilutitos e arenitos turbidíticos do Membro Gomo representam esta fase inicial durante o Eoberriasiano/Eovalangiano.

Durante a deposição da Formação Maracangalha, as elevadas batimetrias foram mantidas possibilitando acumular um considerável volume de depósitos relacionados a fluxos gravitacionais (Membros Caruaçu e Pitanga).

No Valagiano (Neo-Rio da Serra. Fig. 4), a transgressão das plataformas, com deposição de folhelhos relacionados à Formação Maracangalha marca a base da sequência K20. Para o topo, a tendência regressiva culmina com deposição deltaica do Membro Catu relacionado a base da sequência K30. Na porção inferior desta

sequência, há a expansão dos sistemas deltaico ao longo da bacia, com o progressivo recuo dos sítios deposicionais representados pela Formação Maracangalha.

A seção basal relaciona-se ao Membro Catu da Formação Marfim depositado em *onlap* sobre as áreas plataformais antes sujeitas a erosão ou *bypass*. Para o topo há predomínio de facies fluviais (Formação São Sebastião) que indica a fase final do assoreamento do rifte.

A supersequência pós-rifte engloba a sequência K50 representada pelos clastos grossos, folhelhos e calcários pertencentes à Formação Marizal, de idade Neo-Alagoas (Neo-aptiano).

As sequências do Neógeno N20 e N50, são representadas pela Formação Sabiá e pelo Grupo Barreiras. Não há evidências de depósitos neocretáceos na Bacia do Recôncavo.

6.3 Formação Marizal

A Formação Marizal corresponde a sequência K50 (Silva *et al.*, 2007) sendo considerada como os estágios finais de deposição das bacias do Recôncavo, Tucano e Jatobá. Na bacia do Recôncavo, os arenitos da Formação Marizal estão em contato discordante angular, sobre os sedimentos da Formação São Sebastião (Lima & Vilas Boas, 2000).

A Formação Marizal compreende clastos grossos (conglomerados e arenitos), folhelhos e calcários. A deposição é relacionada a sistemas aluviais desenvolvidos já no contexto de pós-rifte conforme indicado pela horizontalidade dos estratos, que se sobrepõem discordantemente a seções estruturadas, relacionadas à fase rifte (Da Silva, 1996).

Os arenitos, de origem fluvial e deltaica, apresentam estratificação cruzada tangencial e as medidas de paleocorrente indicam um fluxo unidirecional para o sul (Assine, 1994). Ainda segundo Vilas Boas (1994), são arenitos mal selecionados de tonalidade alaranjada, avermelhada ou ainda em vários tons de cinza e a mineralogia é composta por quartzo, feldspatos potássicos (K-feldspatos) e argilominerais. Localmente, são encontradas também fácies de solifluxão (torrente de lama) contendo matações de rochas arqueanas da Formação Tacaratu.

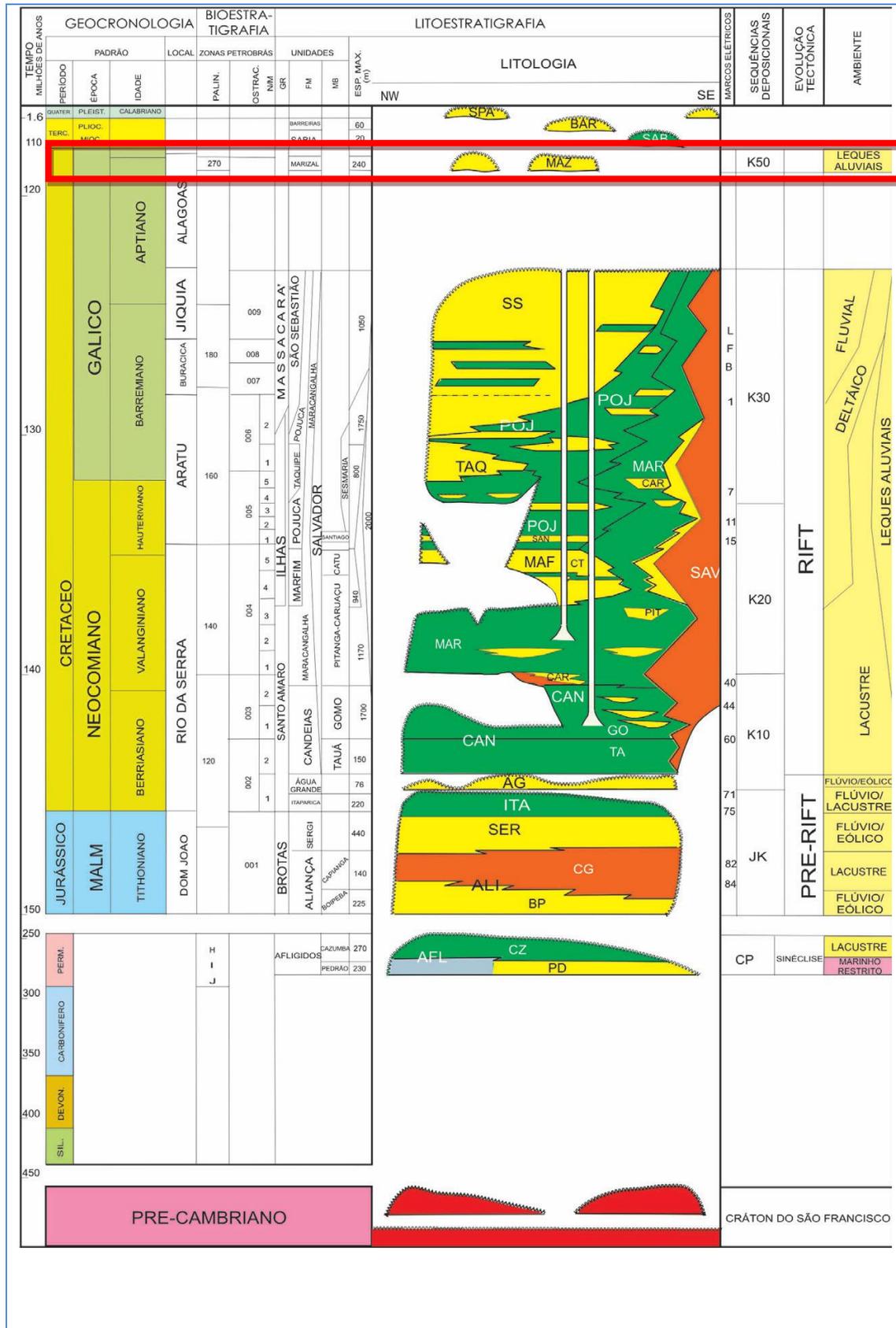


Figura 4: Carta estratigráfica da Bacia do Recôncavo, em destaque a Formação Marizal, objeto deste estudo (modif. Magnavita *et al.*, 2005).

Os conglomerados são policompostos, de cor cinzenta esbranquiçada e constituídos de matacões e seixos de arenito avermelhado que, por vezes, apresentam metamorfismo de baixo grau, de calcário, de quartzo e sílex em matriz arenosa ou rochas graníticas.

Os folhelhos são sílticos, de cor cinzenta, rosados ou amarelados, por vezes, apresentando lâminas de barita e gipsita. Em partes aflorantes na área da Formação Marizal, ocorrem mineralizações de barita. Esse mineral ocorre como cimento da rocha hospedeira, sendo, às vezes, substituído por óxido de ferro resultante de uma fase de cimentação posterior. Isso sugere que essas mineralizações formaram-se durante a diagênese dos arenitos (Souza, 1984).

A Formação Marizal também é um importante aquífero com vazão específica média de 1.000 e 1.4000 l/h/m (Albuquerque, 1973).

As litofácies observadas e suas associações evidenciam um estilo deposicional típico de rios efêmeros ou que sofrem inundações periódicas com canais largos e profundidade máxima de três metros, sugerindo paleoclima árido a semi-árido Lima & Vilas Boas (2000).

Em termos de idade deposicional, Silva *et al.* (2007) atribui uma idade Neoalagoas (Neoaptiano) para a formação. Outros autores, afirmam que a formação Marizal foi depositada durante o Albiano/ Aptiano. Santos *et al.* (1984) afirmam que “folhas e folíolos fósseis foram encontrados na Formação Marizal, permitiram uma análise paleontológica que posicionou sua sequência sedimentar no Cretáceo Inferior.” Reis *et al.* (2007) obteve dados palinológicos que inferem uma idade Aptiniana para a Formação Marizal.

Lima & Vilas Boas (2000) descrevem 13 litofácies para Formação Marizal, especialmente na área da Bacia do Recôncavo (Tab. 1):

Tabela 1: Descrição de litofácies para a Formação Marizal proposta por Lima & Vilas Boas (2000).

Litofácies	Características	Interpretação
1. areia fina a muito grossa, seixosa com estratificação cruzada acanalada;	arenitos de granulometria fina a média, bem selecionados podendo chegar até arenito conglomerático, mal selecionado. Camadas pouco espessas;	dunas lingóides com crista sinuosa
2. areia fina a muito grossa, seixosa	com estratificação cruzada planar solitária ou em grupo;	leito transversal e ondas de areia;
3. areia muito fina a grossa, com laminação cruzada;	ocorrência muito restrita;	regime de fluxo inferior
4 areia muito fina a grossa com estratos de baixo ângulo;	possivelmente representa a deposição em partes mais profundas dos canais durante fases em que o fluxo foi menos intenso.	Dunas e barras lavadas
5. areia muito fina a grossa com laminação horizontal e plano paralela;	apresenta matriz fina e seixos imersos;	leito plano em fluxo superior;
6. lama, silte e argila maciço;	cor variando do creme ao vermelho, por vezes ricos em caulinita, muito friável, pode chegar até 3 m de espessura na parte norte da área de ocorrência. Estão depositados sobre pacotes espessos de arenito;	depósitos de transbordamento típicos de rios entrelaçados;
7. areia, silte e lama, ondulações de pequeno porte;	ondulações de pequeno porte;	depósitos de transbordamento ou de descida de inundação
8. conglomerado maciço suportado por clasto;	composição predominante é de quartzo, feldspatos e fragmentos de rochas quartzo-feldspáticas, secundariamente clastos de siltitos e lamitos. Possuem uma variabilidade muito grande do tamanho de grão, desde grânulo até matações. Apresentam geometria em cunha, canal ou tabular;	depósitos de fluxo de detritos;
9. conglomerado maciço suportado por matriz arenosa;	seixos e calhaus arredondados com composição semelhante a fácies Cmc, Espessura máxima de 1m sem estratificação interna definida. A matriz constitui 20 a 50% da rocha, quartzosa mal selecionada, areia fina a grossa, por vezes com argila mas sempre em quantidades inferiores;	deposito de fluxo de detritos.
10. conglomerado maciço suportado por finos;	quartzo e feldspatos, em dimensões entre grânulos a calhaus, arredondados porém com esfericidade baixa a média. Possui geometria irregular, com menos frequência em lobo ou tabular. A matriz entre 20 a 70%. é argilo-arenosa, varia em quantidades;	deposito de fluxo de detritos
11. conglomerado estratificado suportado por clastos;	seixos e calhaus quartzo, feldspato, angulosos e fragmentos de rochas quartzo-feldspáticas, arredondados com baixa a alta esfericidade. Possuem acamamento horizontal, gradação e imbricação;	depósitos de tapetes de tração;
12. conglomerado estratificado suportado por clastos;	conglomerados compostos por seixos e calhaus angulosos, de quartzo, feldspatos e fragmentos de rochas quartzo-feldspáticas, arredondados, com baixa a alta esfericidade.	depósitos de tapetes de tração;
13. conglomerado estratificado suportado por matriz.	matriz mal selecionada, variando de areia fina a grossa, com grãos angulosos a sub-arredondados, de feldspato caulinzado e por quartzo em menor quantidade; geometria tabular ou lenticular e os contatos basais são erosivos ou transicionais.	depósitos de tapetes de tração;

7. METODOLOGIA

Neste capítulo, serão abordados os processos aos quais as amostras da Formação Marizal foram submetidas, desde a escolha da área a ser estudada até o estágio final da datação dos *overgrowths* de K-feldspatos e zircões.

O fluxograma da figura 5 exemplifica as etapas das análises aplicadas. Logo em seguida, os processos serão descritos em detalhe nos subitens.



Figura 5: Fluxograma relativo a metodologia aplicada.

7.1 Seleção de área de estudo

Os afloramentos da Formação Marizal são bastante restritos e, em sua maioria, alterados. Dentre os afloramentos conhecidos, foi selecionado um que possuía arenitos com maior probabilidade de apresentar expressivos *overgrowths* de K-feldspatos, previamente identificados em lâmina petrográfica. Esse afloramento é denominado de Morro do Cinzento e possui a litologia típica da Formação Marizal. Está localizado na estrada do Canal do Tráfego, entre a BR-324 e o Pólo Petroquímico de Camaçari (BA) e possui as seguintes coordenadas UTM 564030/8597178.

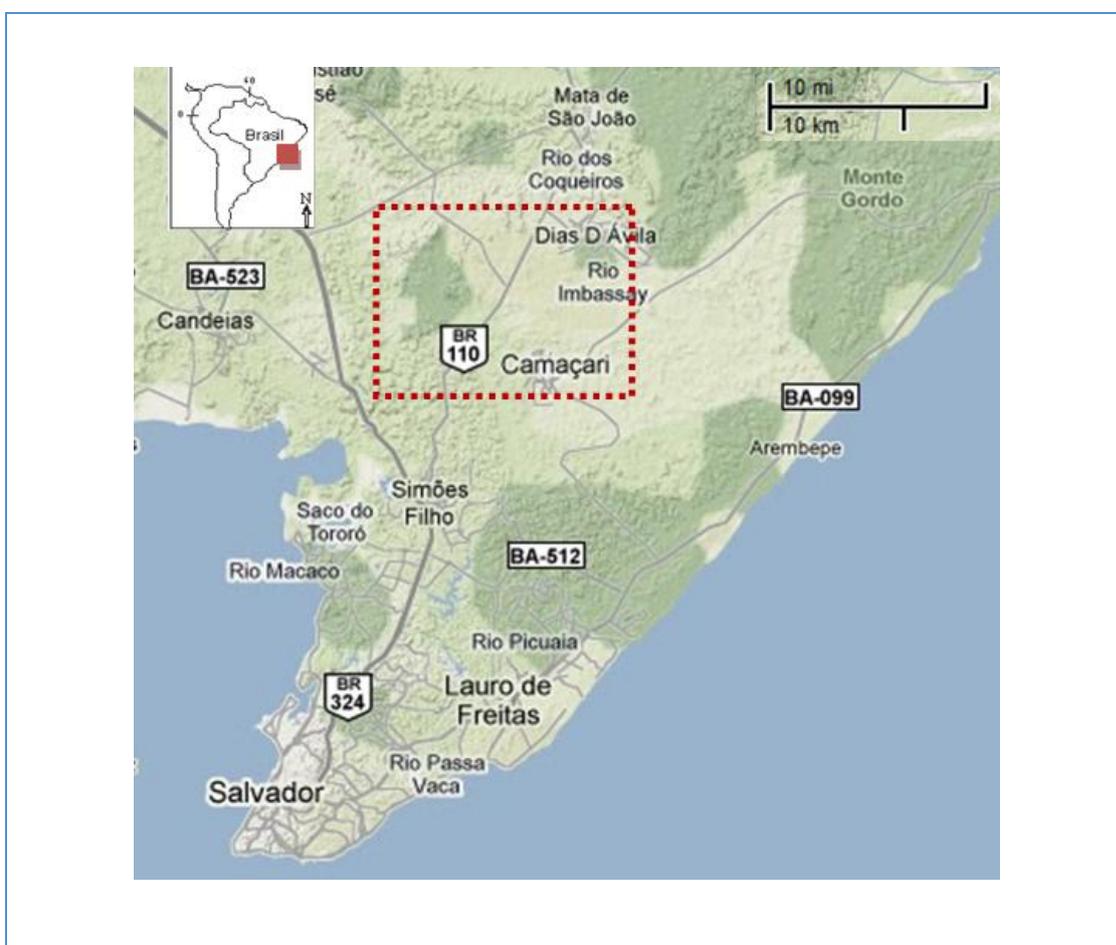


Figura 6 : Acima mostrando a localização da área geográfica (modif. *Goodle maps*).

7.2. Amostragem

A coleta de amostras foi realizada por geólogos da Petrobrás seguindo as instruções de coleta anteriormente acertadas. Nessa ocasião, foram coletadas amostras em cinco pontos distintos do afloramento, previamente definidos em função das características da litologia (porções com granulometria mais grossa) e facilidade de desagregação. Cada ponto de amostragem foi denominado por letras e números; letras iguais representam horizontes estratigráficos iguais e o número indica a amostra coletada (Figs. 7A, 7B).

Em cada ponto amostrado foram coletados aproximadamente 3,5 kg de amostra, imediatamente embalados, identificados e enviados para o Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). A parte superior de solo exposto foi descartada, sendo recolhida na amostragem blocos do arenito em profundidades inferiores a um metro. (Fig. 7B). As amostras foram duplamente acondicionadas em sacos plásticos individuais para evitar perda de material e contaminação das mesmas (Fig. 7C).

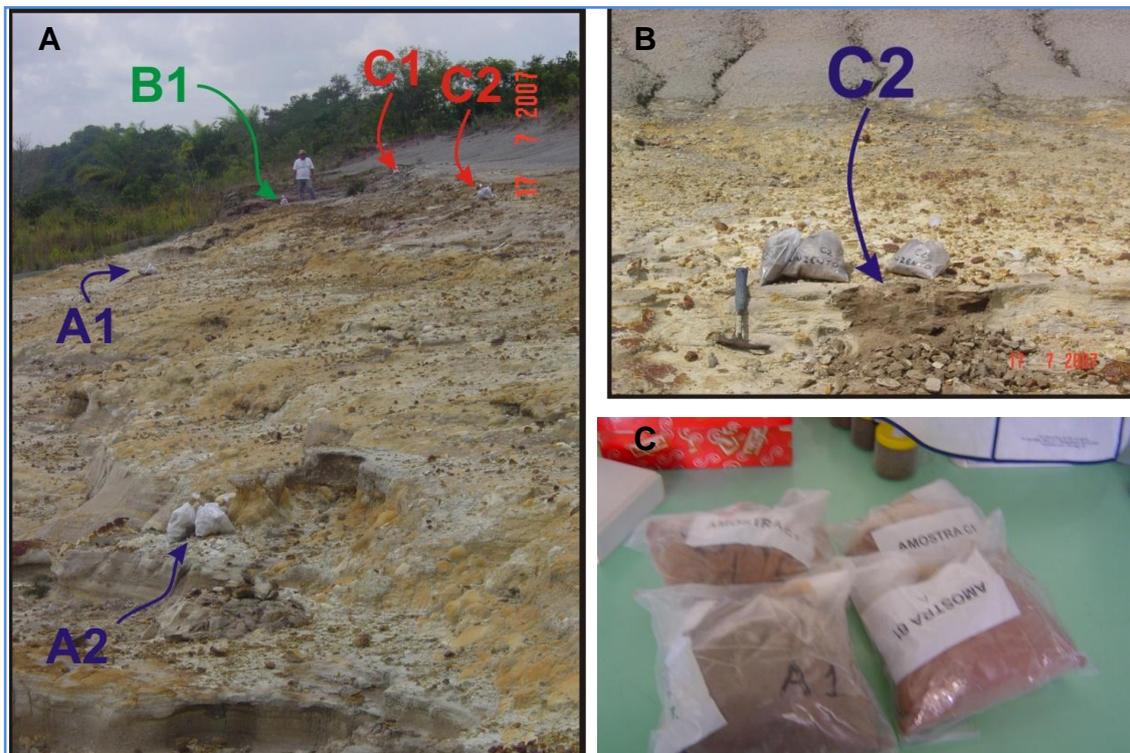


Figura 7: A) Fotografia dos pontos de amostragem; B) detalhe do ponto de coleta C2, essa amostra foi a mais importante nesse estudo; C) detalhe mostrando o condicionamento das amostras.

7.3 Descrição Macroscópica

Inicialmente procedeu-se uma descrição macroscópica em lupa *Wild Heerbrugg* das amostras visando à seleção daquelas que visualmente possuíam maior quantidade de K-feldspatos. Assim, foram selecionadas algumas amostras para laminação visando futura análise microscópica das mesmas. Os parâmetros descritos foram cor, tamanho de grão, coesão, grau de alteração entre outros. Durante a descrição macroscópica já foram identificados alguns grãos de K-feldspato com *overgrowth* (Fig. 8).

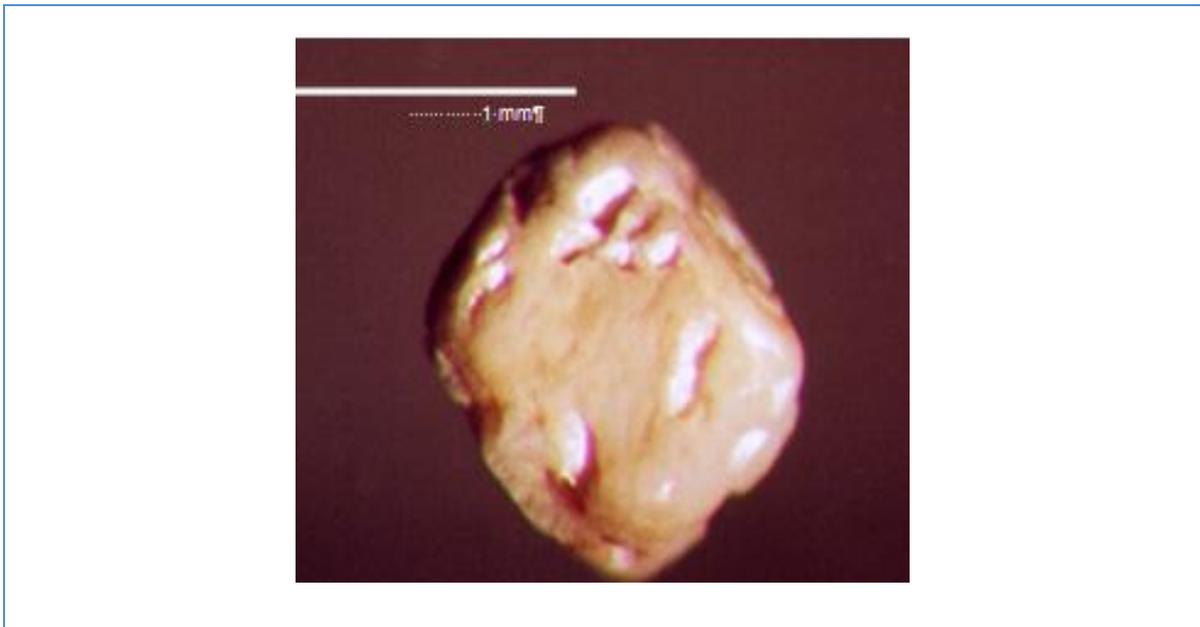


Figura 8: Fotografia em lupa de um grão de k-feldspato com *overgrowth*.

7.4 Descrição microscópica

A partir das amostras selecionadas foram confeccionadas oito lâminas petrográficas impregnadas por resina azul que permite melhor visualização da porosidade natural da rocha.

As lâminas petrográficas foram descritas usando-se técnicas de luz natural (LN) e luz polarizada (LP) em uma análise detalhada. Técnicas de quantificação também foram realizadas para identificação dos potenciais intervalos com presença de *overgrowth* de K-feldspato e zircões detríticos. Na descrição levou-se em consideração principalmente a granulometria, a ocorrência de K-feldspato com possíveis *overgrowths* e a presença de zircões detríticos.

Na amostra C2 (Fig. 7B) foram identificados *overgrowths* em quantidades e dimensões suficientes para serem separados e analisados individualmente. Os *overgrowths* foram micrografados e medidos no microscópio *Leica DMLP*, utilizando-se o processador de imagens *Scion Image*. As descrições das lâminas petrográficas podem ser verificadas no anexo 2.

7.5 Preparação dos *overgrowths* de K-feldspato

Por meio da análise macroscópica e microscópica foi feita a seleção da amostra com maior quantidade de grãos de K-feldspatos com *overgrowths*. Nessa amostra, foi realizado o processo de peneiramento para a separação da fração granulométrica onde os mesmos eram mais abundantes. Primeiramente foi necessário desagregar a amostra, o que pode ser obtido com cadinho e bastão de porcelana. Isso porque a Formação Marizal é friável e de fácil desagregação, aparentemente por não ter sofrido um soterramento intenso, e assim não possui uma compactação muito acentuada bem como o processo de intemperismo foi intenso.

Foram utilizadas peneiras de 0,59; 0,5; 0,35; 0,25 mm e 210 mesh e o material selecionado foi o que ficou retido nas peneiras 0,59 e 0,5 mm.

7.5.1 Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

Foram selecionados alguns grãos de K-feldspatos com prováveis *overgrowth* para serem submetidos à análise pelo MEV. O equipamento utilizado foi um MEV PHILIPS modelo XL30 da Pontifícia Universidade Católica de Porto Alegre (RS).

De uma forma simplificada, pode-se dizer que o MEV envia um feixe de elétrons de diâmetro nanométrico diretamente sobre a amostra previamente metalizada com carbono. Esse feixe é refletido e captado pelo detector gerando imagens tridimensionais de alta resolução da superfície da amostra.

Acoplado ao MEV há um EDS (*Energy Dispersive X-Ray Spectrometer*) que auxilia na verificação da composição química da amostra em análise. O EDS consegue obter essa informação de acordo com a quantidade de Raios X liberado pela amostra ao ser bombardeada pelo feixe de elétrons. Assim podemos ter informações sobre os elementos químicos que compõem a amostra analisada, bem como o percentual aproximado dos elementos químicos da amostra.

No caso dos *overgrowths* de K-feldspato, os elementos de interesse nas amostras são o K, Al e O já que não possuem outros elementos significativos na sua composição.

As fotografias e os diagramas EDS podem ser vistos no Anexo 1.

7.5.2 Concentração dos K-feldspatos com *overgrowths*

Para a realização de uma datação radiométrica é necessário que haja um concentrado dos grãos de interesse. Destaca-se que quanto maior for a pureza desse concentrado, maior será a qualidade dos resultados obtidos. Por essa razão, foram separados aproximadamente dois gramas de grãos de K-feldspatos com *overgrowths* para serem enviados ao laboratório para análise radiométrica. A concentração foi feita por separação manual com pinça utilizando lupa e atingiu o percentual de 100% grãos de feldspatos.

7.5.3 Limpeza do concentrado de K-feldspato

Os grãos de K-feldspato com *overgrowths* previamente selecionados foram submetidos à limpeza com o *Ultrason UNIQUE*. Os grãos foram acondicionados em copo de Becker de 50 ml com 10 a 12 ml de água e ficaram no aparelho de ultrassom durante três minutos com potência de 30% utilizando a microponta de 0,5 cm. Após esse tempo observa-se que os grãos começam a sofrer retrabalhamento ficando com arestas arredondadas e grãos quebrados, por exemplo, o que não é interessante para datação radiométrica.

O processo relacionado ao ultrassom também foi importante para retirar eventuais argilominerais aderidos aos grãos da amostra.

7.5.4 Aplicação da técnica de datação radiométrica ⁴⁰Ar-³⁹Ar

Como nas rochas da Formação Marizal ocorrem os *overgrowths* de K-feldspatos é possível aplicar o método radiométrico ⁴⁰Ar-³⁹Ar e obter uma idade absoluta para esta unidade (Hagen *et al.*, 2001). Esses minerais tem composição química propícia para datação, pois são muito puros e possuem K radiogênico na sua estrutura (Maraschin *et al.*, 2004).

O concentrado de K-feldspato com *overgrowths* obtido na fase anterior, foi enviado para análise radiométrica ⁴⁰Ar- ³⁹Ar, *step-heating* efetuada pelo Dr. Horst Zwingmann do CSIRO (*Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation - Earth Division, Ar-Ar Laboratory, Austrália*), que pertence a *Australia's National Science Agency*, colaborador neste trabalho.

Grãos de K-feldspato com *overgrowths* foram selecionados manualmente e limpos em metanol, seguido de enxague com água deionizada em banho de ultrassom. Os grãos foram embalados individualmente em papel alumínio e estes pacotes individuais foram agregados em um pacote maior também embalado em papel alumínio. A cada 5 mm foi adicionado um fragmento do padrão de datação de hornblenda Hb3gr com idade de $1.074,00 \pm 4,94$ Ma, para monitorar o gradiente do fluxo de nêutrons. O pacote foi blindado em Cd e submetido à irradiação por 30h na posição H5 do reator nuclear da universidade McMaster, em Hamilton, Canadá. A amostra irradiada permaneceu aproximadamente 60 dias no complexo do reator para perda de radiação e desaquecimento. Após o retorno da amostra para o laboratório, esta foi colocada na câmera do laser (que possui uma janela de Kovar) em ultra alto vácuo e foi submetida a um aquecimento de 120°C por uma noite para remover argônio atmosférico (Ar^{atm}) adsorvido nas amostras e nas paredes internas da câmera.

Um laser do tipo onda contínua de granada ítrio-neodímio-alumínio (CW Nd-YAG) de 110 W da Spectron Laser Systems com comprimento de onda de 1064 nm foi utilizado para aquecer gradualmente (*step by step*) e lentamente a amostra mineral, aumentando a corrente (*potência*) do laser de 53,3 para 65 A (W). O laser foi disparado através de um porta amostra xyz controlado por computador acoplado a um sistema de microscopia com uma câmera CCD de alta resolução, com zoom de 6x, lente objetiva de alta magnificação e duas fontes de luz para iluminação da amostra.

Os gases liberados pela amostra devido ao aquecimento pelo laser foram recolhidos (“gettered”) usando bombas de vácuo do tipo 3 SAES AP10 para remover todos os gases ativos (CO₂, H₂O, H₂, N₂, O₂, CH₄, etc.). Os gases nobres restantes foram introduzidos em um espectrômetro de massa de alta sensibilidade (MAP 215-50) operado com uma resolução de 600x, e acoplado a uma multiplicadora de elétrons Balzers SEV 217. O sistema automatizado de extração e aquisição de dados foi controlado pelo programa LabView. Os dados das amostras foram corrigidos dos erros de discriminação do espectrômetro de massa e das reações nucleares interferentes. Os erros mencionados nas idades obtidas correspondem a 1 sigma, e as idades ⁴⁰Ar-

³⁹Ar foram calculadas usando a constante de decaimento de Steiger & Jäger (1977). Valores “J” e erros estão anotados nas tabelas de dados ⁴⁰Ar-³⁹Ar das amostras.

7. 6 Preparação dos grãos de zircão

Por meio da análise macroscópica e microscópica foi feita a seleção das amostras com grande quantidade de grãos de zircão. Para a separação do zircão, foram realizados alguns procedimentos rotineiros. Após a separação dos grãos de zircão procedeu-se a datação deste mineral. O processo de separação e datação U-Pb do zircão foi realizado na University of Western Australia pelo Dr. João Orestes Schneider Santos, outro colaborador neste trabalho.

7. 6.1 Separação dos grãos de zircão

Inicialmente a amostra foi submetida à britagem quando foram obtidos fragmentos entre 1 a 2 cm que posteriormente foram moídos em moinho com anéis de tungstênio. Após o processo de desagregação e moagem, foi realizado o peneiramento para separar o material de granulometria mais grossa (> 60 mesh). Este material é moído novamente e procede-se a lavagem desta amostra para eliminar o material muito fino (silte + argila). O material resultante deste processo foi submetido à secagem em forno com temperatura de aproximadamente 120 °C.

Em sequência, foi utilizado um líquido com densidade 2.98 g/cm³ denominado TBE (Tetra-Bromo-Etano) onde a amostra foi separada em uma fração mais leve e outra mais pesada em relação a esta densidade. As duas frações foram lavadas várias vezes com acetona para remover o TBE. A fração pesada foi passada por ímã de mão para remoção de magnetita e depois a amostra foi tratada em separador magnético (Frantz-Barrier magnetic, model LB-1).

Durante esse processo a amostra passa duas vezes no equipamento. Na primeira passagem foi usada amperagem de 0.5 A e inclinação lateral de 10 graus que produziu uma fração magnética e uma fração não magnética. A fração não magnética foi então repassada no separador agora usando intensidade de corrente de 1 Å e inclinação lateral de 5 graus que também resultou em fração magnética e não magnética.

A fração não magnética nesta última etapa foi colocada em um pequeno prato de vidro com álcool onde os grãos de zircão foram separados um a um com auxílio de uma pinça de titânio (não magnética) (Fig. 9).

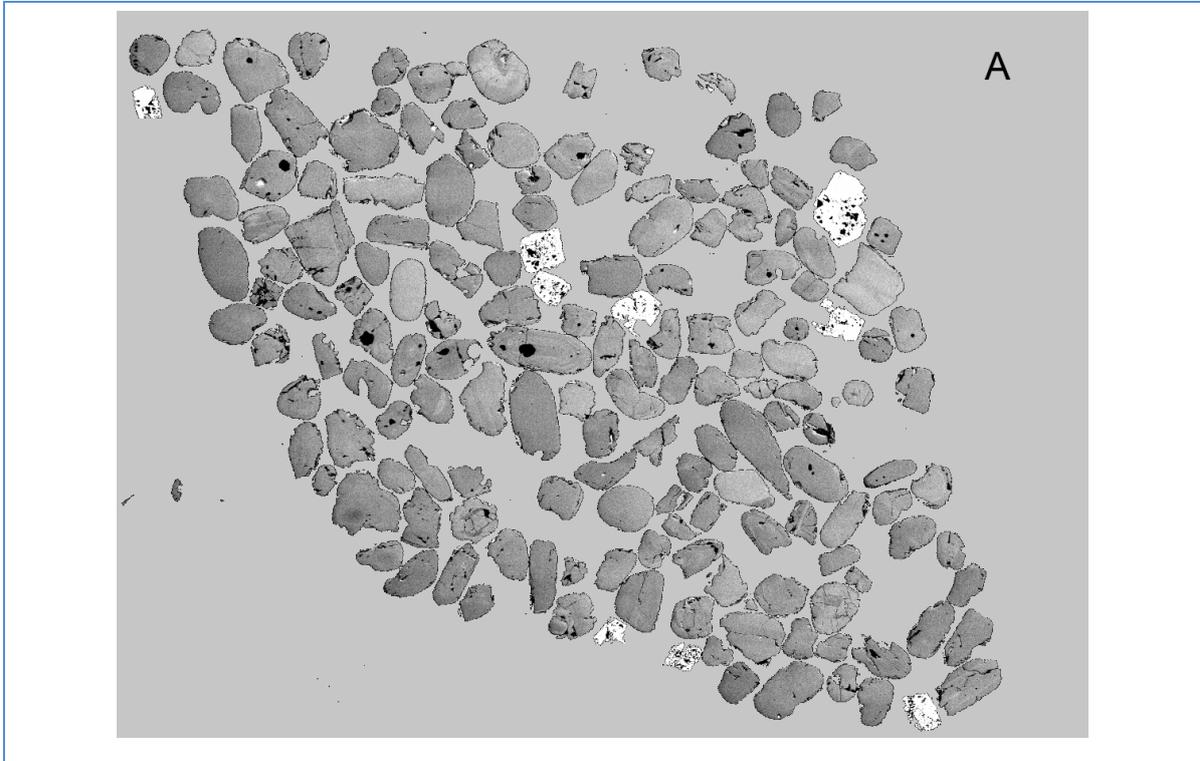


Figura 9: Grãos de zircão coletados a partir da amostra C2 da Formação Marizal. Nota-se a variabilidade das características petrográficas entre cada grão.

7. 6.2 Montagem dos grãos de zircão

Aproximadamente 160 grãos de zircão foram separados e colocados em uma fita adesiva de dupla face (notar que não houve nenhum tipo de seleção quanto aos zircões). Nessa mesma fita adesiva foram colocados fragmentos dos seguintes *standards*: CZ3 (standard principal para a calibração da relação Pb/U); OGC1 e SDA (para calibrar a relação ²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb se necessário); Temora2 (*standard* de háfnio, caso sejam feitas futuras análises de Lu-Hf); NBS611 e ainda um vidro sintético que foi usado para definir a posição do pico de ²⁰⁴Pb.

Um cilindro com 2,5 cm de diâmetro interno foi colocado sobre a fita adesiva com as amostras. Dois componentes de epoxy foram derramados dentro do cilindro. Após a secagem do epoxy (aproximadamente 24 horas depois) este foi retirado do cilindro para polimento.

O polimento usou progressivamente lixas #800, 1200, 2000, 4000 e 8000. Depois disso a montagem em epoxy foi polida usando pasta de diamante com granulação de 1 micrômetro.

7.6.3 Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

A montagem, de número UWA 12-02, foi então metalizada com carbono para obtenção de imagens dos zircões. As imagens coletadas foram tipo BSE (Back-Scattered-Electrons) usando um MEV JEOL6400 no Centre for Microscopy and Microanalyses at the University of Western Austrália. As imagens foram utilizadas para identificar feições internas e evitar áreas com um elevado conteúdo de chumbo (como inclusões, fraturas e regiões metamictizadas)

7.6.4 Análise pelo método U-Pb dos grãos de zircão

As análises SHRIMP foram conduzidas em equipamento SHRIMP II-B na Curtin University of Technology in Perth (Western Australia). Os métodos analíticos são descritos por Smith *et al.* (1998), e as constantes de desintegração utilizadas foram as recomendadas por Steiger & Jager (1977).

Foram analisadas nove massas na ordem crescente como segue: ¹⁹⁶Zr₂O, ²⁰⁴Pb, background, ²⁰⁶Pb, ²⁰⁷Pb, ²⁰⁸Pb, ²³⁸U, ²⁴⁸ThO, ²⁵⁴U. Em cada uma das análises foram usados quatro ou cinco *scans*, ou seja, a sequência de nove análises foi repetida 4 ou 5 vezes.

As análises tiveram a relação Pb/U calibrada através de 10 análises feitas no standard CZ3 usando o software SQUID 1.03. O erro (dois sigma) nas análises do *standard* (média ponderada) foi de 1.29%. As idades calculadas para cada análise tiveram os isótopos de Pb corrigidos de acordo com os resultados das análises em ²⁰⁴Pb. Os plots foram produzidos usando-se o *software* ISOPLOT (Ludwig, 2001).

8. RESULTADOS OBTIDOS

O resultado previamente esperado para os arenitos da Formação Marizal era o de que fossem encontrados grãos detríticos de K-feldspatos com *overgrowths* e grãos de zircão.

O afloramento onde foram coletadas as amostras da Formação Marizal é um morro-testemunho e, neste local, podem ser visualizadas algumas das fácies descritas por Lima & Vilas Boas (2000).

As amostras foram coletadas em horizontes estratigráficos específicos e distintos desprezando-se a porção mais superficial, conseqüentemente mais alterada. Assim pode-se dizer que as amostras foram coletadas em torno de 10 cm de profundidade de acordo com o esboço apresentado na figura 6.

A amostra C2, selecionada para o trabalho corresponde a Fácies 4 (Lima & Vilas Boas, 2000) segundo a tabela 1. Para os autores são dunas e barras lavadas, possivelmente representando a deposição em partes mais profundas de canais fluviais durante fases em que o fluxo foi menos intenso.

De acordo com as análises petrográficas, o arenito (amostra C2) tem granulometria de areia média a grossa (diâmetros de 0,3 até 0,5 mm) como a dominante, raramente clastos com 1 cm (areia muito grossa), grãos angulosos a arredondados, com baixa a alta esfericidade. O arenito tem cor variando do castanho escuro até cinza, localmente com indícios de oxidação, é sustentado pelo arcabouço, mal selecionado, bastante intemperizado, friável, e com excelente porosidade primária.

Em lâminas petrográficas é possível distinguir com maior detalhe a composição mineralógica composta por grãos de quartzo, litoclastos de rochas metamórficas, ígneas e sedimentares, K-feldspatos com e sem a presença de *overgrowths*. Ainda, observa-se uma fração argilosa detrítica e argilominerais associados com a dissolução parcial de alguns dos grãos de feldspatos detríticos.

Uma análise dos minerais pesados indicou a presença de granadas, zircão, rutilo, ilmenita, turmalina, anatásio, hematita além de outros minerais opacos, porém sempre em pequena porcentagem.

Em relação ao K-feldspato, observa-se que o núcleo, em geral, encontra-se bem arredondado e pode apresentar macla do tipo microclínio. A esfericidade é baixa e, por vezes, apresenta dissoluções parciais originando porosidade intragranular. Outras

vezes, conserva uma forma euédrica, retangular, pouco alterada e com maclas (Figs. 10A a 10F).

Com relação aos *overgrowths* foi observado que os grãos detríticos nas frações de granulometria mais fina apresentam um predomínio de *overgrowths* euédricos em relação aos grãos detríticos das frações de granulometria mais grossa. A espessura média dos *overgrowths* variou entre 0,02 a 0,1 mm. Entre o núcleo detrítico e o *overgrowth* observa-se uma cutícula argilosa incipiente que foi associada a processos de infiltração no início da diagênese. O *overgrowth* se desenvolveu na forma de franjas e algumas vezes haviam indícios muito localizados de dissolução do *overgrowth* (Figs. 11A a 11F).

Ocorreu também a presença de *overgrowths* intensamente alterados para argilominerais e, por vezes, a dissolução total do núcleo do K-feldspato restando apenas o contorno do grão e o *overgrowth*. Destaca-se, no entanto, que para a datação radiométrica teve-se o máximo cuidado e controle no sentido de somente serem separados grãos de K-feldspato com *overgrowths* que não mostrassem sinais de processo de alteração/dissolução.

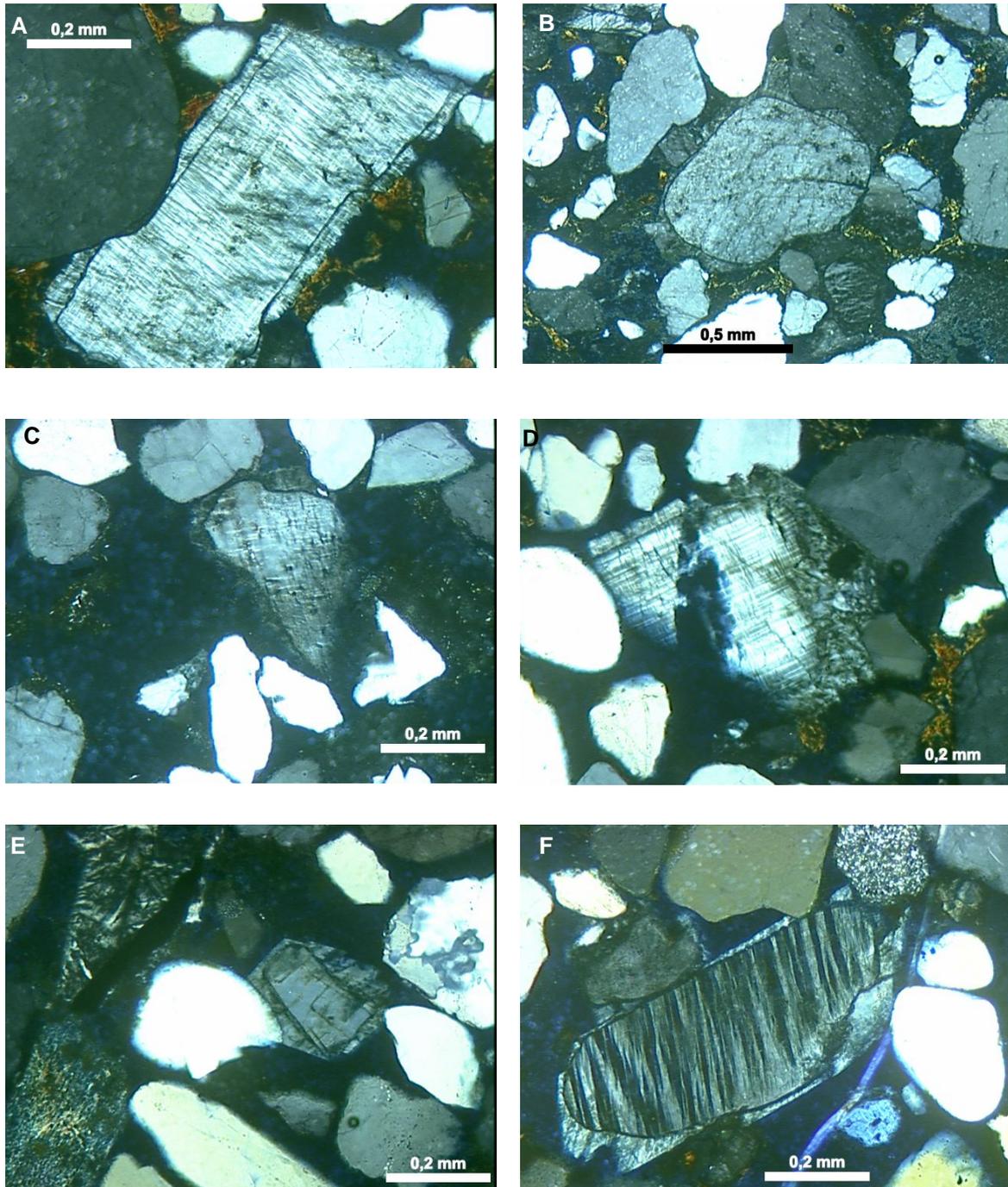


Figura 10: Fotomicrografias dos K-feldspatos detríticos e *overgrowths* em diferentes situações (LP); A) *overgrowth* euédrico e sua relação com o grão adjacente (fragmento herdado?); B) *overgrowth* envolvendo todo o grão detrítico; observar a cutícula de argila entre o grão detrítico e o *overgrowth*; C) *overgrowths* onde as faces estão um pouco arredondadas; D) grão detrítico fraturado aparentemente após a formação do *overgrowth*; E) *overgrowth* euédrico. F) *overgrowth* em grão com pertita.

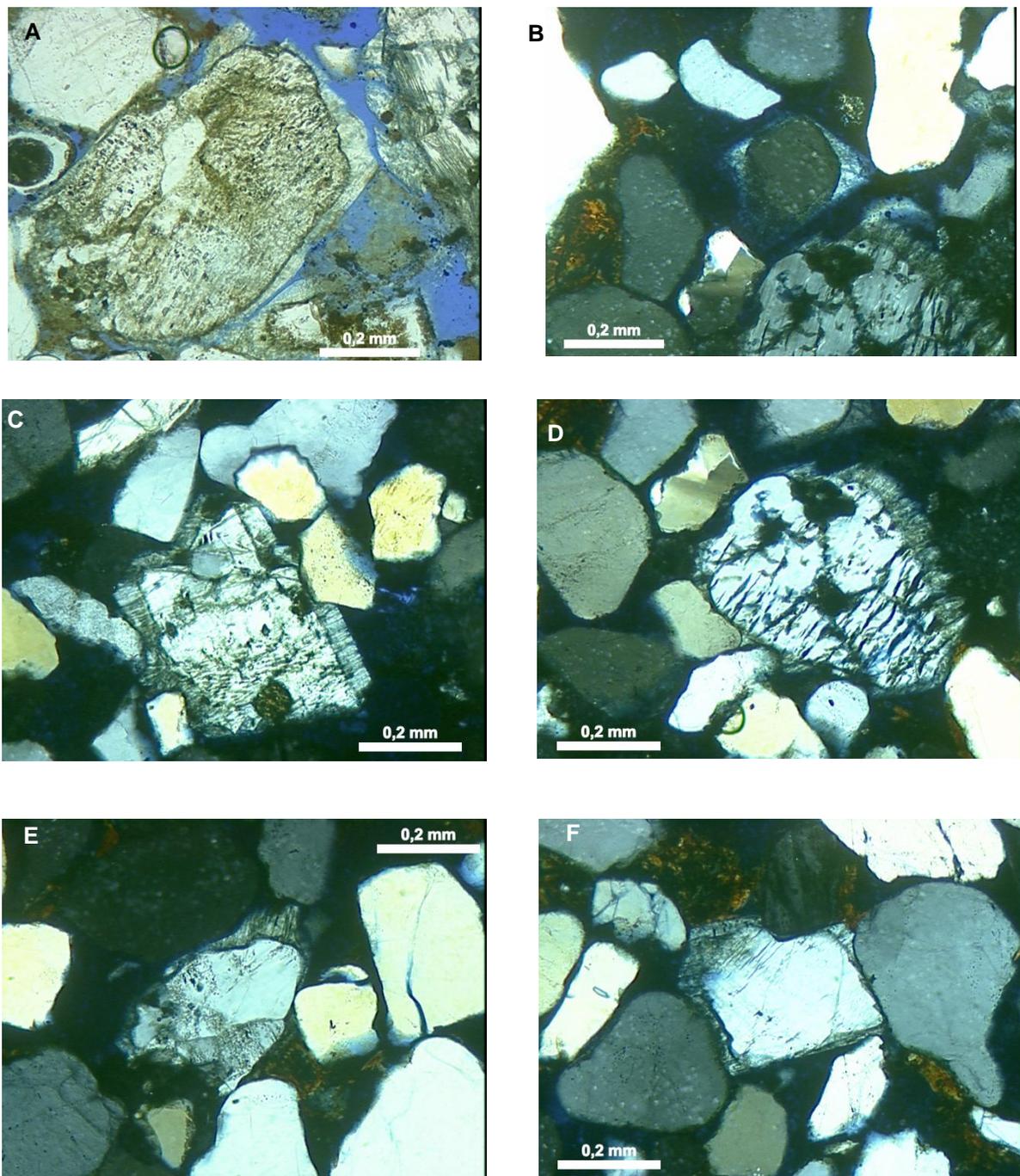


Figura 11: Fotomicrografias dos K-feldspatos detríticos e *overgrowths* em diferentes situações; A) como visto em LN, possível litoclasto; B) perfeita forma romboédrica em um grão detrítico arredondado; C) cobrindo a face lateral do grão prismático (fragmento herdado); D) mostrando um mosaico de *overgrowths* que juntos recobrem o grão detrítico; E) recobrendo quase totalmente o grão detrítico; F) detalhe de um *overgrowth* epitaxial.

Ao serem analisados ao MEV, é possível visualizar que se tratam de *overgrowths* romboédricos, bem formados, desenvolvendo-se integralmente ao redor dos grãos detríticos e com raras feições de possível dissolução. A análise com o EDS mostra uma composição predominantemente potássica, sem impurezas, o que é esperado de um *overgrowth* (Maraschin *et al.*, 2004). Observa-se num dos espectros de EDS, traços de ferro e enxofre que foram associados a processos intempéricos. Durante a análise ao MEV não foram observados eventuais inclusões de sulfetos (pirita?) nos feldspatos.

Em relação à quantificação, foram submetidas a essa análise três lâminas petrográficas. Duas lâminas originadas da amostra C2 (identificadas como C2C e C2B) devido a sua maior porcentagem visual em K-feldspato com *overgrowths*, e uma lâmina adicional referente à amostra B1 (lâmina B), para comparação. Os minerais foram previamente identificados por análise microscópica e foram então quantificados juntamente com os espaços porosos.

Na lâmina C2C observa-se: quartzo (monocristalino e policristalino, 53,33%), K-feldspato detrítico (4,66%), *overgrowths* de K-feldspato (1,66%), litoclastos parcialmente alterados (4,66%), argilas detríticas (8,33%), minerais opacos (3,66%), granada (0,33%), argilomineral autigênico não identificado (4,33%) e porosidade intergranular (19,33%).

Na amostra C2B, o quartzo (monocristalino e policristalino) corresponde a 51,66%, K-feldspato detrítico já incluído os *overgrowths* (7,33%), litoclastos não identificados (8%), argila detrítica (5,66%), opacos (1,66%), granada (0,33%), argilominerais autigênicos não identificados (5%) e porosidade intergranular (20,33%).

A lâmina C foi utilizada para comparação, pois não apresenta ocorrência de K-feldspatos com *overgrowth* e tem porosidade mais elevada.

A porcentagem dos minerais mais abundantes e porosidade são: quartzo (monocristalino e policristalino, 38,66%), K-feldspato detrítico (2%), opacos (9%), litoclastos não identificados (2%), argilas detríticas (3,66%), argilominerais autigênicos não identificados (15%) e porosidade intergranular (29,66%).

Com as porcentagens obtidas e utilizando-se o diagrama de Folk (1968), os arenitos classificam-se como subarcóseos (Fig. 12).



Figura 12: Classificação segundo o Diagrama de Folk (1968); o ponto vermelho indica a posição e classificação das amostras analisadas.

Em relação aos processos diagenéticos, através da análise das lâminas petrográficas, supõe-se que tenham ocorrido seguindo a sequência:

Primeiramente ocorre a deposição de grãos detríticos de fontes graníticas, sedimentares e metamórficas. São encontrados litoclastos destes diferentes tipos de rochas, e minerais individuais com variabilidade do grau de arredondamento e esfericidade. Observaram-se alguns litoclastos de uma rocha sedimentar (arenito??) com indicações da presença de *overgrowths* que aparentemente já estavam desenvolvidos nesta rocha fonte (Fig. 9A).

Quando o regime de fluxo diminuía a velocidade, acontecia a infiltração de argilas detriticas que recobriram os grãos com cutículas muito finas e, eventualmente, podem formar um incipiente cimento nesses sedimentos. A percolação de fluidos provavelmente alcalinos é responsável pela corrosão dos grãos detríticos de K-feldspato. Essa percolação libera os íons necessários para uma possível segunda geração de *overgrowths* de K-feldspatos formados durante a diagênese desses arenitos em estudo. E se o arenito chegou a ter algum tipo de cimento, foi nessa fase dissolvido, pois não se encontra nenhum resquício de cimentação nas lâminas preparadas para esse trabalho. Em sequência ocorre a seritização de alguns grãos

detríticos de K-feldspatos e a argilização de alguns fragmentos de rocha sedimentar (Fig. 13).

Por último, em consequência do intemperismo, acontecem processos de oxidação.

Após a descrição das amostras, procedeu-se a datação dos *overgrowths* de K-feldspato pelo método ⁴⁰Ar- ³⁹Ar *step heating* com os seguintes resultados (Fig. 14):

- *overgrowth* – 159,89 ± 23,96 Ma
- núcleo detrítico- 432,57 ± 11,89 Ma

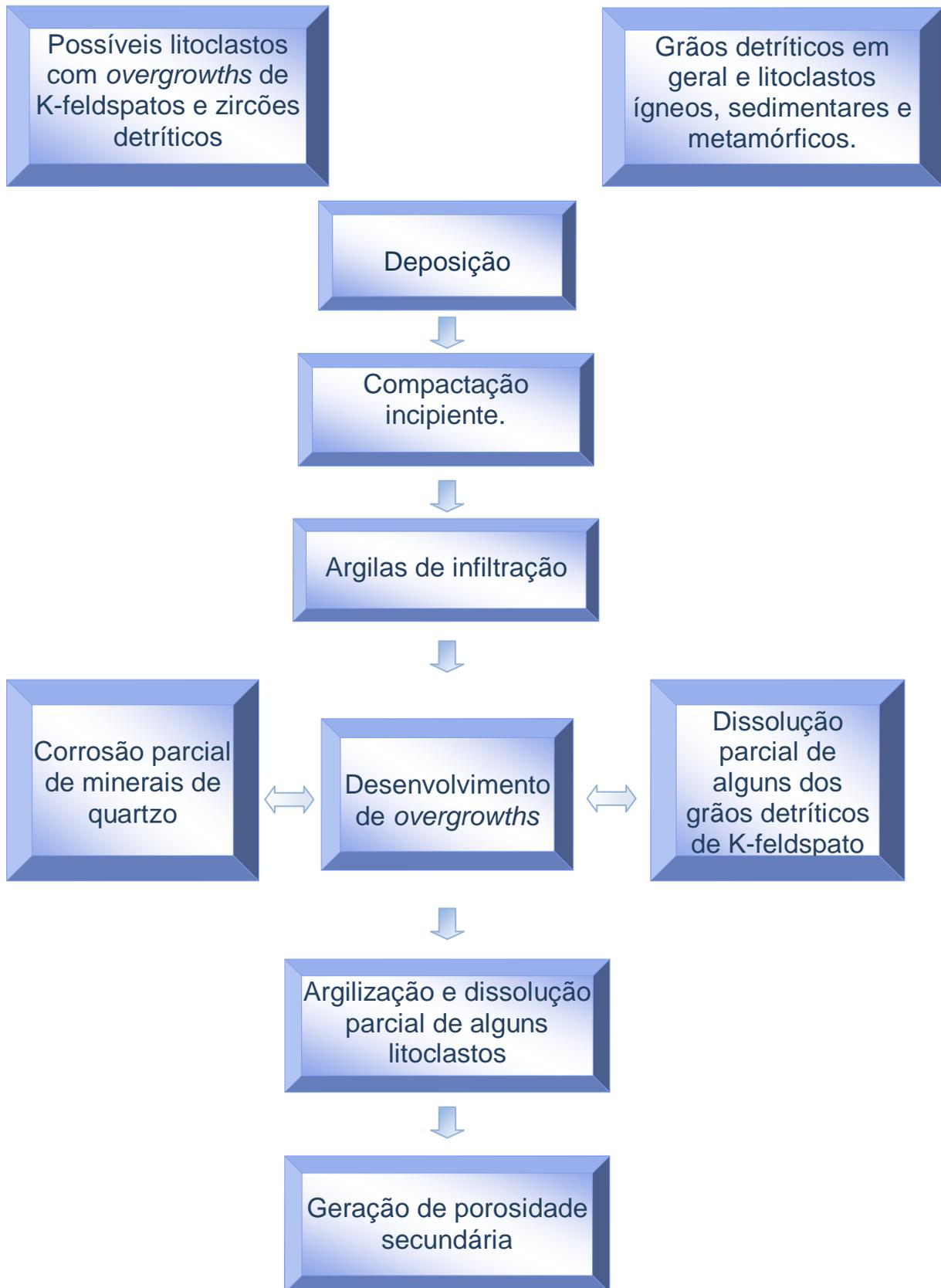


Figura 13: Fluxograma exemplificando a diagênese

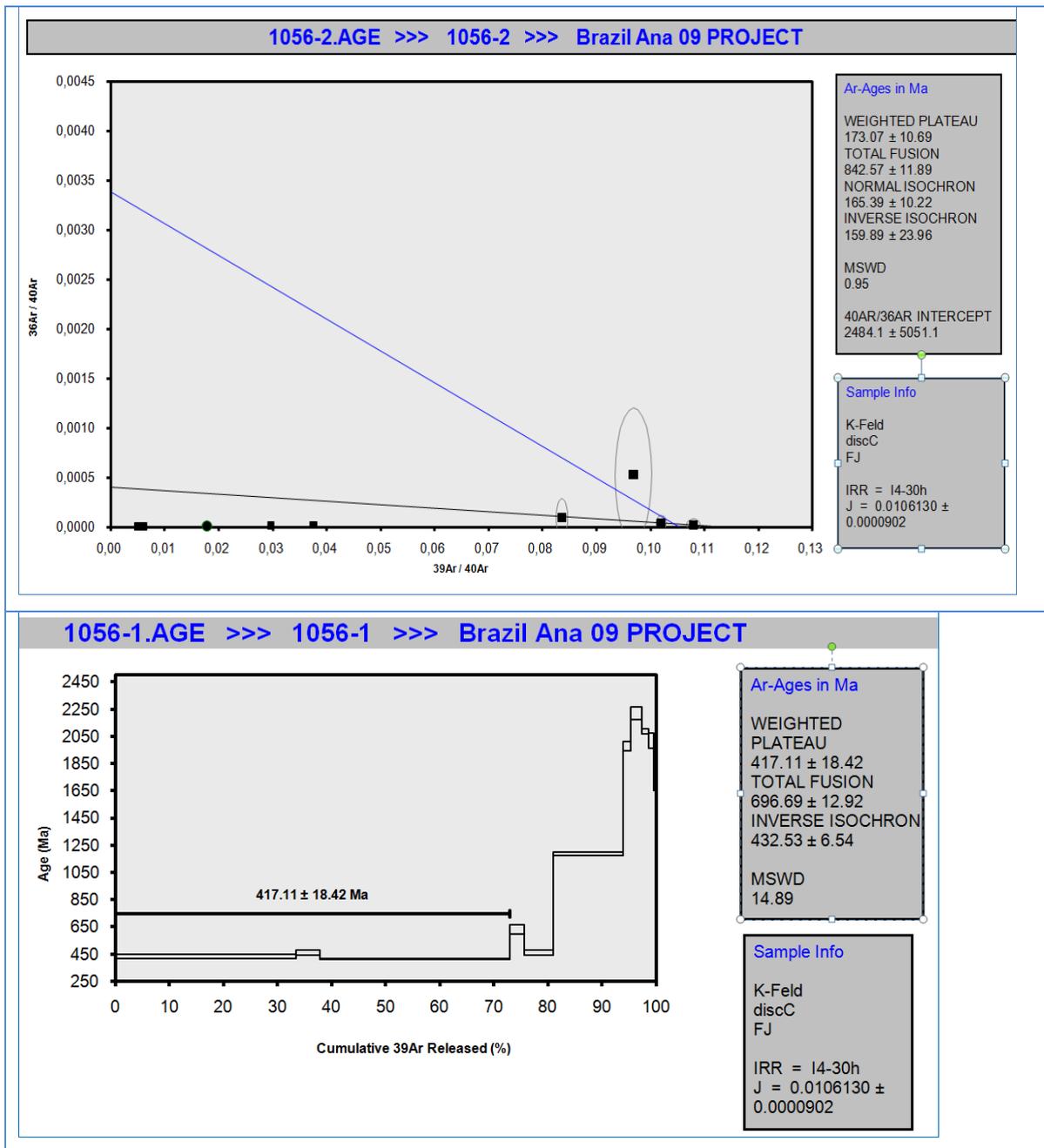


Figura 14: Resultados da análise ⁴⁰Ar-³⁹Ar *step heating* destacando-se que os resultados foram obtidos com uma isócrona inversa.

Em relação ao zircão, os cristais apresentaram formas algumas vezes euédricas, porém, em sua maioria mostravam algumas faces arredondadas, microfraturas e inclusões localizadas conforme pode ser observado na figura 9. Para as análises U-Pb dos zircões detríticos (resultados analíticos são apresentados no Anexo 3) foram realizadas 36 análises pontuais representadas na tabela 2.

Tabela 2: Resultados obtidos com a datação de U-Pb. Nesta tabela é possível verificar as idades obtidas e o número de grãos que apresentaram essas idades.

Idade (Ma)	Quantia de zircões em relação a cada idade
571	8
598	13
613	9
620	11
628	10
1039	22
1740	22
1871	12
2058	6
2061	7
2066	6
2069	6
2076	8
2076	8
2079	9
2083	6
2093	9
2098	7
2102	10
2140	16
2172	8
2181	7
2460	5

A amostra analisada revela duas fontes principais, uma Rhyaciana (± 53 % dos grãos) e outra Neoproterozóica-Cambriana (30% dos zircões) conforme observado no

diagrama da figura 15. Ocorre um zircão Sideriano (época de pouca atividade magmática na Terra); 5 zircões do Neoproterozóico superior (Ediacarano), um zircão Mesoproterozóico, Stenian ("Sunsás" ou Grenville"), um Sthateriano e um Orosiriano (Fig. 15).

Observa-se ainda uma ausência de zircões mais novos como, por exemplo, do pós-Ordovicianos.

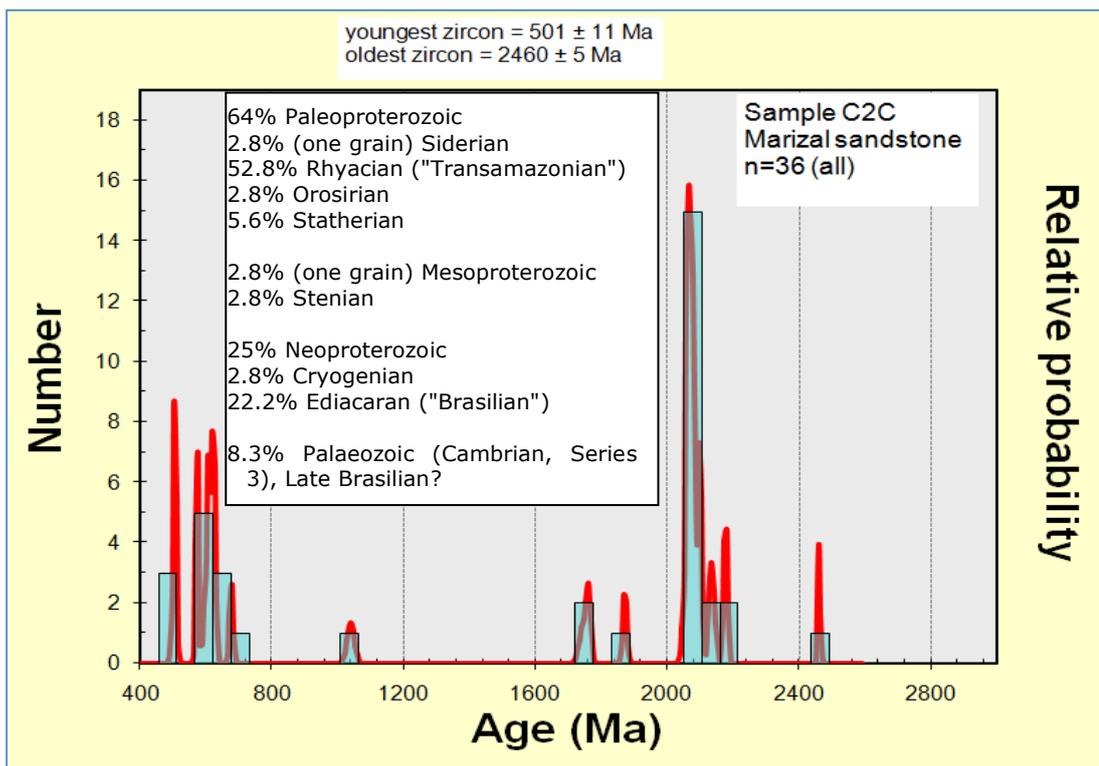


Figura 15: Histograma de probabilidade estatística das idades U-Pb para os zircões detríticos separados da Formação Marizal.

9. DISCUSSÕES

A Formação Marizal tem sido considerada por Silva *et al.* (2007), em termos de idade deposicional como Neo-alagoas (Neo-aptiano). Outros autores (Reis *et al.*, 2007; Magnavita, 2005) sugerem que a Formação Marizal foi depositada durante o Albiano/Aptiano. Já Santos *et al.* (1984), afirmam que “folhas e folíolos fósseis encontrados na Formação Marizal, permitiram uma análise paleontológica que posicionou sua sequência sedimentar no Cretáceo Inferior.”

No entanto, esses dados são discutíveis, pois o hiato existente entre essa unidade e as outras formações da Bacia do Recôncavo é expressivo. Além disso, a Formação Marizal possui afloramentos restritos, alterados, oxidados e cujos padrões de identificação também são questionáveis (Lima & Vilas Boas, 2000).

As amostras de arenitos da Formação Marizal apresentam excelentes *overgrowths* de K-feldspato. Assim, verificou-se a possibilidade de utilizar esta feição para datação desta unidade conforme vários trabalhos na literatura têm apresentado (Maraschin *et al.*, 2004). Os grãos de K-feldspato com *overgrowths* reconhecidos nos arenitos foram separados e datados pelo método ⁴⁰Ar-³⁹Ar. Optou-se por utilizar a datação *in situ* no *overgrowth* do K-feldspato e também no núcleo detrítico. Obtendo-se um resultado de $159,89 \pm 23,93$ e de $432,53 \pm 6,54$ respectivamente.

Apesar do afloramento da Formação Marizal indicar a atuação de processos intempéricos que ocasionaram, em parte, dissoluções e corrosões nos grãos minerais, ainda foi possível aplicar a técnica de datação radiométrica no feldspato detrítico e no *overgrowth*. Salienta-se o cuidado e controle no sentido de somente serem separados grãos de K-feldspato com *overgrowths* que não mostrassem sinais de processo de alteração/dissolução.

Ainda salienta-se que a dissolução afeta mais intensamente os núcleos detríticos do que os *overgrowths*, situação interessante para a datação radiométrica. Os *overgrowths* de K-feldspato selecionados estão preservados, com morfologia romboédrica típica e uma composição potássica extremamente pura, conforme Kastner (1979).

As amostras do arenito da Formação Marizal estão intemperizadas e parcialmente desagregadas. Uma análise mostra que o *overgrowth* do K-feldspato provavelmente desenvolveu-se após a infiltração de argilas. No entanto, não é possível ter uma informação mais detalhada devido à ausência de cimentos (muitas vezes, o *overgrowth*

do K-feldspato apresentou-se como o cimento dos litoclastos). Observam-se também muitos litoclastos de rochas ígneas, metamórficas e sedimentares. Alguns litoclastos de rochas sedimentares mostram feições que podem indicar que alguns dos *overgrowths*, poderiam ser herdados, ou seja, já teriam se formado em um processo anterior na rocha fonte. Isto pode hoje ser admitido com base no trabalho de Zhu (2006) e também nas evidências petrográficas mencionadas anteriormente. Contribuindo com essa idéia, verificou-se que o *overgrowth* caracteriza-se por uma estrutura cristalina perfeita (Maraschin, *et al.*, 2004) e que resiste a transporte.

Supõe-se que ao datar o *overgrowth* do K-feldspato, podemos ter duas situações:

- deposição ou diagênese (Maraschin, 2008)

O resultado obtido para o *overgrowth* de K-feldspato da Formação Marizal, a idade de $159,86 \pm 23,93$ Ma é muito elevada para ser considerada como idade deposicional ou idade associada aos processos diagenéticos.

No caso do K-feldspato, idades ⁴⁰Ar-³⁹Ar mais antigas do que o esperado poderiam ser explicadas pela incorporação de K ou excesso de Ar radiogênico provavelmente obtido durante a análise do núcleo detrítico. Porém nesse caso, houve um excelente controle e o feixe de laser utilizado tinha uma energia e diâmetro adequados para esse tipo de análise. O *overgrowth* analisado tinha uma espessura máxima de 0,1 mm e por isso, considera-se que este fato não ocorreu.

A idade de 160 Ma pode ser relacionada às fases iniciais do pré-rifte da Bacia do Recôncavo (Silva, 2012).

A interpretação para essa idade ($159,89 \pm 23,93$) foi a de que o *overgrowth* teria se desenvolvido antes da sedimentação da Formação Marizal, provavelmente durante a diagênese de uma rocha fonte (pré-rifte) e indica remobilização e tectônica posterior na Bacia do Recôncavo. Santos (1984) afirmou que "em discordância com a Formação Aliança (pré-rifte), subjacente, encontram-se os sedimentos da Formação Marizal".

Como foi exemplificado no trabalho publicado por Zhu (2006) os *overgrowths* de K-feldspato são estáveis e possíveis de serem transportados por pequenas distâncias, o que corrobora a interpretação acima.

A idade do núcleo detrítico de $432,53 \pm 6,54$ Ma pode ser associada com a cobertura sedimentar do Paleoproterozóico retrabalhada no ciclo Brasileiro (Sabaté, Barbosa & Marinho, 1995), também observada nos valores U-Pb definidos para os zircões.

Em relação ao zircão, os dados indicam ausência aparente de fontes arqueanas. Os resultados mostram duas fontes principais para a sedimentação:

- uma Rhyaciana (Paleoproterozóico onde ± 53 % dos grãos são “Transamazônicos”);
- outra Neoproterozóica-Cambriana (30% dos zircões são “Brasilianos”).

Há uma escassez de zircões mesoproterozóicos (tipo “Espinhaço”, Stenian, “Sunsás” ou Grenville”) que são comuns em outras amostras de rochas sedimentares precambrianas de áreas dos estados de Sergipe e de Minas Gerais. Há apenas uma determinação de Sideriano (tipo “Série Minas” e época de pouca atividade magmática na Terra), cinco zircões do Neoproterozóico superior (Ediacarano), um Sthateriano e um Orosiriano.

A ausência de zircões mais jovens (pós-Ordovicianos) resulta da conhecida ausência-escassez de atividade magmática mais jovem que $\pm 450-500$ Ma. Os magmatismos pós-Ordovicianos conhecidos são de três tipos gerais: a) pipes alcalinos com pequena distribuição em área e também geralmente com zircões muito ricos em U e que não resistem a muito transporte; b) pipes kimberlíticos extremamente pobres em Zr e em zircão; c) rochas basálticas, pobres em Zr e com zircões e/ou baddeleyitas/zirconolitas/tranquillitas escassas e muito pequenas (tendem a desaparecer com o transporte) (inform. verbal Santos, 2011).

As fontes principais seriam então Rhyacianas (“Transamazônico”) e Neoproterozóica/Cambriana (“Brasiliano”) conforme pode ser observado na figura 16, onde também são apresentadas as paleocorrentes observadas na Formação Marizal conforme proposição de Lima & Vilas Boas, 2000.

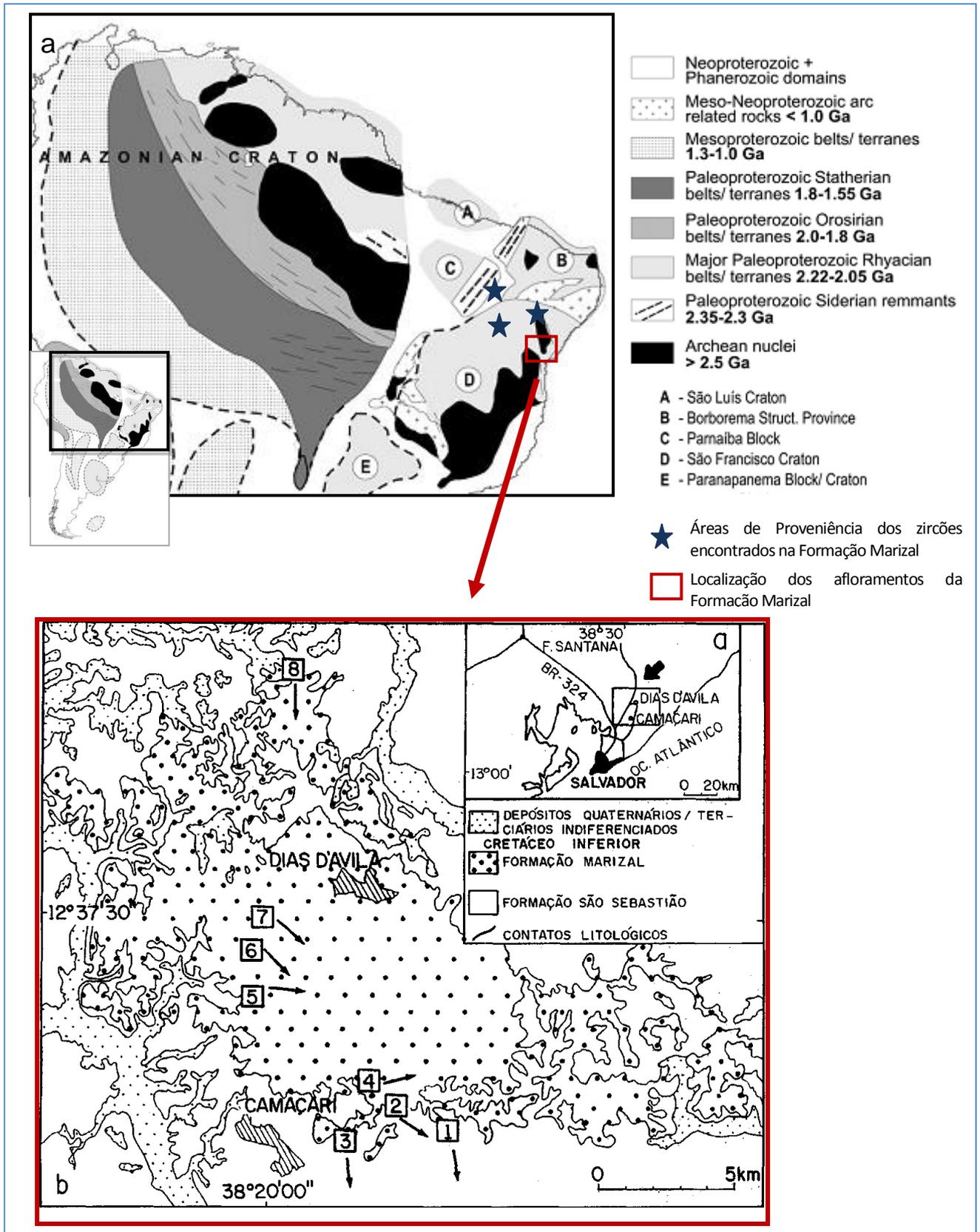


Figura 16: a) Nesta imagem é possível observar a localização das áreas de proveniência dos cristais de zircão datados encontrados na Formação Marizal. b) mostra em detalhe os principais afloramentos da Formação Marizal com as respectivas paleocorrentes indicadas pela orientação das setas. (modif. Lima & Vilas Boas, 2000; Neves, 2011).

10. CONCLUSÕES

A datação relativa de rochas sedimentares pode ser obtida por análise do conteúdo fossilífero ou por correlação estratigráfica. Entretanto em algumas rochas sedimentares esta análise não é possível ou tem um caráter duvidoso. Este é o caso da Formação Marizal (Bacia do Recôncavo) que apresenta um histórico controverso sobre a real idade deposicional.

Os arenitos da Formação Marizal (Bacia do Recôncavo) caracterizam-se pela presença de *overgrowths* de K-feldspatos. Assim foi possível aplicar a técnica radiométrica de ⁴⁰Ar-³⁹Ar nestes crescimentos visando a obtenção de idades absolutas que auxiliem na melhor determinação desta unidade.

Estes arenitos também apresentaram grãos de zircão onde foi aplicada a técnica de datação U-Pb para obtenção de idades que pudessem ser associadas a rochas fonte (proveniência) desta unidade.

O resultado obtido para o *overgrowth* de K-feldspato da Formação Marizal, a idade de $159,86 \pm 23,93$ Ma, é muito elevada para ser considerada como idade deposicional ou idade associada aos processos diagenéticos.

Embora a idade radiométrica obtida tenha apresentado valor mais antigo do que o estratigraficamente esperado, houve possibilidade de associação dessa idade com possíveis processos tectônicos na Bacia do Recôncavo. Assim, o dado pode confirmar ideias existentes de remobilização do substrato da bacia durante a fase rifte. A idade obtida indicaria que o *overgrowth* de K-feldspato começou o seu processo de diagênese antes da deposição da Formação Marizal. Assim, o que estamos datando representa a idade de uma diagênese na rocha fonte (pré-rifte) e indica remobilização e tectônica posterior na Bacia do Recôncavo.

A idade do núcleo detrítico do K-feldspato ($432,53 \pm 6,54$ Ma) pode ser associada com a cobertura sedimentar do Paleoproterozóico retrabalhada no ciclo Brasileiro, também observada nos valores U-Pb definidos para os zircões.

Em relação ao zircão, os dados indicam ausência aparente de fontes arqueanas. Os resultados mostram duas fontes principais para a sedimentação:

- uma Rhyaciana (Paleoproterozóico onde ± 53 % dos grãos são “Transamazônicos”);
- e outra Neoproterozóica-Cambriana (30% dos zircões são “Brasilianos”).

Os dados obtidos mostram que a história de sedimentação da Formação Marizal é complexa envolvendo contribuições de fontes Rhyacianas e Neoproterozóica/Cambriana. Observa-se também a presença de contribuição de fontes que podem ser associadas com o pré-rifte da bacia, conseqüentemente, indicando remobilização e tectônica posterior na Bacia do Recôncavo destacando-se Santos (1984) que afirma que "em discordância com a Formação Aliança (pré-rifte), subjacente, encontram-se os sedimentos da Formação Marizal".

11. REFERÊNCIAS

- Ali, A.D.; Turner, P., 1982, Autigenic K-feldspar in Bromsgrove sandstones Formation (Triassic) of central England. *Journal of Sedimentary Petrology*, v. 52, p. 187-197.
- Anp- Agência Nacional do Petróleo. 2001. Anuário estatístico brasileiro do petróleo e do gás natural.
- Albuquerque, J.P., 1973. Inventário hidrogeológico básico: resultados técnicos. Resumo das comunicações. . XXVII Congresso Brasileiro de Geologia, Aracaju. p. 73-76
- Assine, M.L. 1994. Paleocorrentes e paleogeografia na Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 24, n°4, p.223-232.
- Blatt, H. 1982. *Sedimentary Petrology*. W. H. Freeman & company. San Francisco. Pp. 564.
- Borba, A.W.; Mizusaki, A.M.P.; Santos, J.O.S.; McNaughton, N.J.; Onoe, A.T.; Hartmann, L.A. 2008 U-PB zircon and ⁴⁰Ar-³⁹Ar feldspar dating of syn-sedimentary volcanism of Neoproterozoic Maricá Formation: constraining the age of forland basin inception and inversion in the Camaquã Basin of southern Brasil. *Basin research*, v. 20, p. 359-375.
- Caixeta, J. M.; Bueno, G. V.; Magnavita, L. P.; Feijó, F. J. 1994. Bacias do Recôncavo, Tucano e Jatobá. *Boletim de Geociências da Petrobras*. Rio de Janeiro: Petrobras, v.8, n.1, jan/mar. p. 163-172.
- Da Silva, H.T.F. 1996. Caracterização do início da fase sin-rift na Bacia do Recôncavo, estado da Bahia- Discussão sobre a Formação Água Grande e o reconhecimento da erosão do início do rifteamento. 39° Congresso Brasileiro de Geologia. Sergipe, Alagoas. Anais: Sociedade Brasileira de Geologia, p. 325-328.
- De Ros, L.F.; Sgarbi, G.N.C.; Morad, S.1994. Multiple autigenesis of K-feldspar in sandstone: evidence from the Cretaceous Areado Formation, São Francisco Basin, Central Brazil. *Journal of Sedimentary Research*, v. 64, p. 778-787.
- Faure, G., 1986, *Principles of Isotope Geology*. New York, John Wiley & Sons, Inc., Second Edition, 589 p.
- Folk, R.L. 1968. *Petrology of sedimentary rocks*. Austin: Hemphill's,. 182p.
- Girard, J.P.; Onstott, T.C., 1991, Application of ⁴⁰Ar-³⁹Ar laser-probe and step-heating techniques to the dating of diagenetic K-feldspar *overgrowths*. *Geochemistry et Cosmochimica. Acta*, v. 55, p. 3777-3793.
- Girard, J.P.; Aronson, J. L.; Savin, S. M. 1988. Separation, K/Ar dating and ¹⁸O/¹⁶O ratio measurements of diagenetic K-feldspar *overgrowths*: An example from the Lower Cretaceous arkoses of the Angola Margin. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, Londres, v. 52, n. 21, p. 2207-2214.

Google maps. Disponível em < <https://maps.google.com.br/>> acessado em 4 janeiro de 2009.

Hagen, E.; Kelley, S.P.; Dypvik, H.; Nilsen, O.; Kjølhamar, B. 2001. Direct dating of authigenic K-feldspar *overgrowths* from the Kilombero Rift of Tanzania. *Journal of Geological Society*, v. 158, p. 801-807.

Kastner, M.; Siever, R. 1979. Low temperature feldspar in sedimentary rocks. *American Journal of Science*, New Heaven, V. 279. p. 435-479, Abril.

Kolodner, K.; Avigad, D.; Ireland, T. R.; Garfunkel, Z. 2009. Origin of Lower Cretaceous ('Nubian') sandstones of North-east Africa and Arabia from detrital zircon U-Pb SHRIMP dating. *Sedimentology*. V.3

Lee, M.R.; Parsons, I. 2003. Microtextures of authigenic feldspar in the upper Jurassic Humber Group, UK North Sea. *Sedimentology*, v. 50, p. 597-608.

Lima, C.C.U.; Vilas Boas, G.S. 2000. A arquitetura deposicional da Formação Marizal (Cretáceo Inferior) na Bacia do Recôncavo, Bahia. *Revista Brasileira de Geociências*. V. 30(4). p. 729-736.

Ludwig, K.R. (2001) *Squid1.02: a user manual*. Berkeley Geochronol. Center Spec. Publ., 2, 19pp.

Magnavita, L.P.; Roberto, R.; Sanches, C. P. 2005. Roteiros Geológicos: guia de campo da Bacia do Recôncavo, NE do Brasil. *Boletim de Geociências da Petrobras*. Rio de Janeiro: Petrobras, v.13, n.2, maio/nov., p. 301-334.

Maraschin, A.J.; Misuzaki, A.M.P.; De Ros, L. F. 2004. Near- Surface K-Feldspar precipitation in Cretaceous sandstones from the Potiguar Basin, Northeastern Brazil. *The Journal of Geology*. Chicago, v. 12, p. 317-334.

Maraschin, A.J.; Misuzaki, A.M. P.; De Ros, L.F. 2008, Datação de Processos Diagenéticos em Arenitos-Reservatório de Hidrocarbonetos: Uma Revisão Conceitual. *Revista Pesquisas em Geociências*, Porto Alegre, v.35, n.1, p. 27-41.

Mark, D.; Parnell, J.; Kelley, S.p.; Sherlock, S.C. 2007. Resolution of Regional Fluid Flow Related with Successive Orogenic Events on the Laurentian Margin. *Geology*, 35 (6). p. 547-550.

Milani, E.J.; Araujo, L.M. 2003. Recursos minerais energéticos: petróleo. In: Bizzi, L.A.; Schobbenhaus, C.; Vidotti, R.M.; Gonçalves, J. *Geologia tectônica e recursos minerais do Brasil*. Brasília DF: CPRM,.

Milliken, K. L. 1989. Petrography and composition of authigenic feldspars, Oligocene Frio Formation, South Texas. *Journal of Sedimentary Petrology*, Tulsa, v. 59, n. 3, p. 361-374.

Morad, S.; Marfil, R.; La Peña, J.A. 1989. Diagenetic K-feldspar pseudomorphs in the Triassic Buntsandstein sandstones of the Iberian Range, Spain. *Sedimentology*, v.36, p. 635-350.

Neves, B.B.B. 2011. The Paleoproterozoic in the South-American continent: Diversity in the geologic time. *Journal of South American Earth Sciences*. V. 30, p. 1-17.

Reis, M.A.F.; Dino, R.; Pereira, E.; Antonioli, L. 2007. Dados Palinológicos da Formação Marizal da Bacia do Recôncavo, Nordeste do Brasil. *Paleontologia: Cenários de Vida*. Editora Interciência. p.559-573.

Sabaté, P.; Barbosa, J.; Marinho, M. 1995. Chapter 1: The São Francisco Craton: a short outline. *Boletim IG-USP, Public. Special, n^o 17*, pp 2-8

Sandler, A., Harvalan, Y. Steinnitz, G. 2004. Early Formation of K-feldspar in Shallow Marine sediments at near-surface temperatures (southern Israel): evidence from K-Ar dating. *Sedimentology*, v. 51, p. 323-338.

Santos, E.J.; Coutinho, M.G.N.; Costa, M.P.A.; Ramalho, R. 1984. A região de dobramentos Nordeste e Bacia do Parnaíba incluindo o Craton de São Luiz e as bacias marginais. In: Schobenhau, C.; Campos, D.A.; Derze, G. R.; Asmus, H.E. *Geologia do Brasil*. Brasília-DF: DNPM. p. 131-189.

Sherlock, S.C.; Lucks, T.; Kelley, S.P.; Barnicoat, A. 2005. A high resolution record of multiple diagenetic events: ultraviolet laser microprobe Ar/Ar Analysis of zoned K-feldspar *Overgrowths*. *Earth and Planetary Science Letters*, v. 238, p. 329-341.

Silva, D. R., Mizusaki, A. M. P., Milani, E. J., Pimentel, M. 2012. Depositional ages of Paleozoic and Mesozoic pré-rift supersequences of the Recôncavo Basin in northeastern Brazil: a Rb-Sr radiometric study of sedimentary rocks. *Journal of South America Earth Sciences*. V. 37 () 13 -24.

Silva, O.B.; Caixeta, J.M.; Milhomem, P.S.; Kosin, M.D. 2007. Bacia do recôncavo. *Boletim de Geociências da Petrobras*. Rio de Janeiro: Petrobras, v. 15, n. 2, p. 423-431.

Smith, J.B., Barley, M.E., Groves, D.I., Krapez, B., Bickle, M.J.&Chapmann, H.J. (1998) The Sholl shear zone, west Pilbara: evidence for a terrane boundary from integrated tectonic analysis, SHRIMP U-Pb age-dating and granitoid geochemistry. *Precamb. Res.*, 88,p. 143-171.

Souza, W.S.T. 1984. O estudo das unidades deposicionais na pesquisa de mineralizações de stratabound; um exemplo de aplicação na Formação Marizal, Bahia. 33^o Congresso Brasileiro de Geologia, Rio de Janeiro, RJ. *Anais: Sociedade Brasileira de Geologia*, p. 1106-1109.

Stanblein, N.K.; Dapples, E.C. 1977. Feldspar of the Tunnel City Group (Cambrian), western Wisconsin. *Journal of Sedimentary Petrology*. v. 47, p. 1512-1538.

Steiger, R.H.; Jager, E., 1977. Subcommission on geochronology: Convention on the use of decay constants in geo- and cosmochronology. *Earth and Planetary Science Letters*, 36(3): 359-362.

Vilas Boas, G.S.; Filho, V.C. 1994. Fácies sedimentares das formações São Sebastião e Marizal na região de Tucano, Bahia, Brasil. In: Congresso Brasileiro De

Geologia, 38., 1994, Balneário Camboriú. Resumos. Camboriú: Sociedade Brasileira de Geologia. P. 267-268.

Waugh, B. 1978. Authigenic feldspar in British Permo-Triassic sandstones. Journal of Geological Society. v. 135, p. 51-56.

Zhu, C.; Veblen, D.R.; Blum, A.E.; Chipera, S.J. 2006. Naturally weathered feldspar surface in the Navajo Sandstone Aquifer, Black Mesa, Arizona: Electron Microscopic Characterization. Geochemistry et Cosmochemistry Acta, London, v.70, p. 4600-4616.

Zimmermann, U.; Spalletti, L.A 2009. Provenance of the Lower Paleozoic Balcarce Formation (Tandilia System, Buenos Aires Province, Argentina): Implications for paleogeographic reconstructions of SW Gondwana.. Sedimentary Geology. V 219, p 7-23.

ANEXO I- IMAGENS MEV E GRÁFICOS EDS

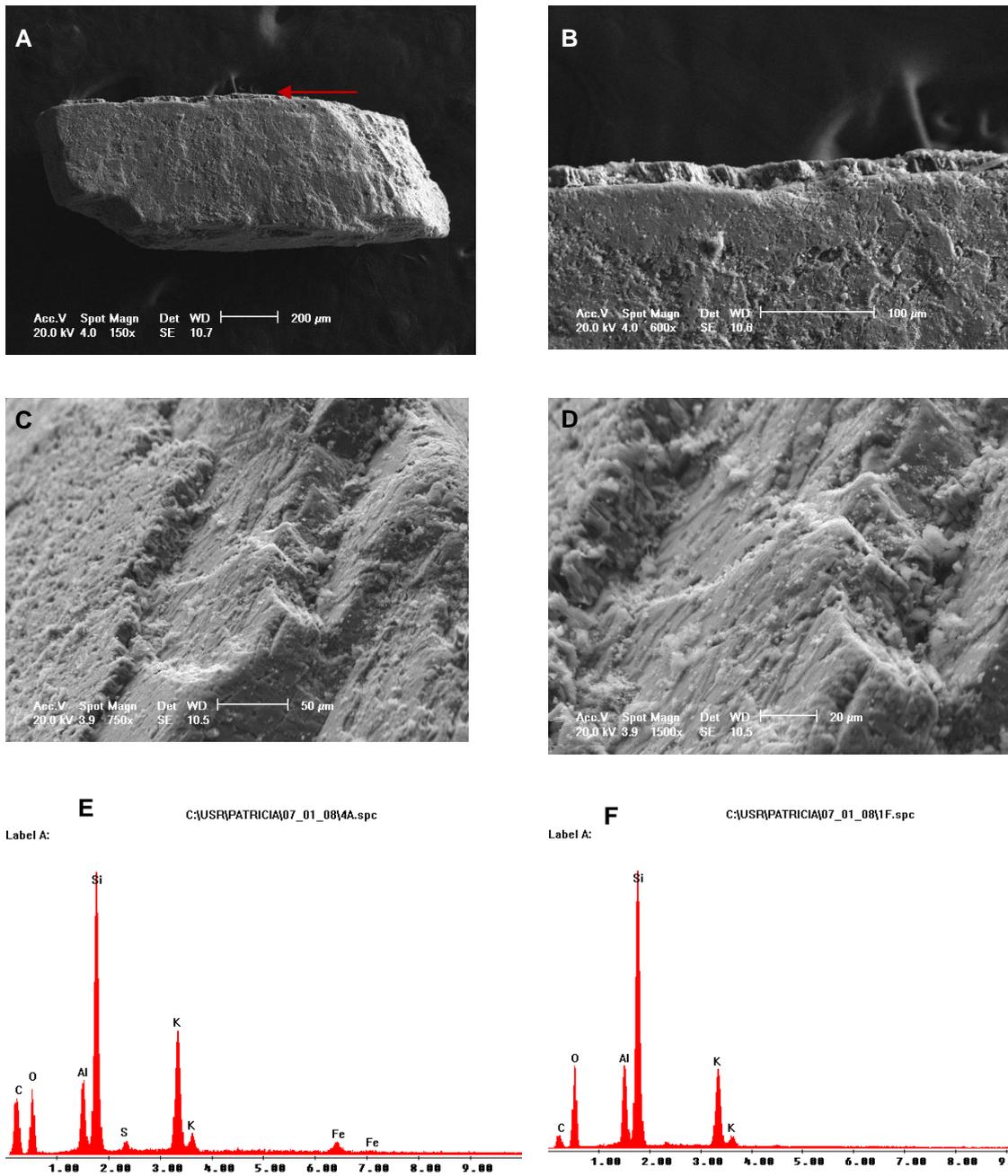


Figura A) detalhe ao microscópio eletrônico de varredura (MEV, ES, 150 X) mostrando grão de K-feldspato *overgrowths*. A seta vermelha indica a localização do *overgrowth*; B) (MEV, ES, 600 X) detalhando *overgrowths*; C) detalhe em grande aumento mostrando fases distintas de *overgrowths* (MEV, ES, 750 X); D) idem (MEV, ES, 1500 X); E) espectro de EDS mostrando a composição química do *overgrowth* e destacando traços de ferro e enxofre, provavelmente devido ao intemperismo; F) EDS mostrando a pureza da composição química do *overgrowth* de K-feldspato.

ANEXO 2-DESCRIÇÃO DE LAMINAS PETROGRÁFICAS.

A1C

Amostra com tamanho de grão predominante de 0,45. Composta principalmente por quartzo e K-feldspato, mas também foi verificada a presença de argila oxidada. A granulometria normalmente subangulosa e em alguns grãos arredondada. Esfericidade baixa a média. Os contatos entre os grãos tendem a ser pontuais ou por vezes flutuantes demonstrando a elevada porosidade primária da rocha.

Os quartzos estão arredondados, predominantemente esféricos, mas também ocorrem alguns grãos angulares.

Os grãos de K-feldspatos apresentam tamanho de 0,45 mm euédricos com macla albita e sem *overgrowths*.

A2A

O Tamanho de grão varia entre 0,03 a 0,31, os minerais estão subangulosos a arredondados com esfericidade baixa. Os Contatos são pontuais ou na maioria dos casos inexistentes.

Os K-feldspatos aparecem sem macla e sem *overgrowth*;

Essa amostra apresenta laminação gerada pela orientação dos grãos e por linhas de deposição de argila.

A mineralogia é formada por minerais de quartzo metamórfico (raros), quartzo sem deformação, mica muscovita, K- feldspatos, matriz argilosa de coloração verde por vezes oxidada e zircão;

Os quartzos estão arredondados e esféricos, monocristalino e policristalino com forte extinção ondulante.

B1A

A rocha possui Porosidade muito alta. Os grãos estão subangulares a sub arredondados com esfericidade variando de baixa a média; o contato entre os grãos são predominantemente flutuantes e por vezes são pontuais.

Todos os grãos estão envoltos por uma fina película de argila infiltrada que esta oxidada;

A mineralogia é formada por quartzo metamórfico e ígneo, K-feldspatos e zircão.

Os quartzos estão arredondados e às vezes angulosos variando de pouco esféricos a muito esféricos. Os K-feldspatos estão sem macla e sem *overgrowths*.

B1B

A rocha é mal selecionada e apresenta granulometria variando entre 0,3 a 1 mm; Os minerais estão sub angulares a sub arredondados com esfericidade baixa a média; A mineralogia é formada por quartzo, K-feldspatos e matriz argilosa;

Os quartzos estão arredondados e esféricos na maioria das vezes, porém alguns graos são angulosos e pouco esféricos. Foi verificada a presença de inclusão fluida nos cristais de quartzo. Os K-feldspatos estão sem *overgrowths* e sem macla subédricos a euédricos.

C1C

Laminação bem marcada pela orientação preferencial dos grãos e por lamina de argila oxidada; A mineralogia é composta por quartzo, K-feldspatos sem *overgrowths* e sem macla e matriz argilosa; os minerais estão sub angulares a sub arredondados com esfericidade variando de baixa a média

Todos os grãos envoltos por uma película de argila oxidada e o contato entre os grãos ocorre de forma pontual linear;

C2B

Os minerais estão tem angulosidade variando entre angular a bem arredondados com esfericidade variando de baixa a alta. Em sua composição mineralógica são encontrados grãos de quartzo, K-feldspatos, mica, zircão, matriz esporádica de argila;

Os contatos entre os grãos são de tipos diferentes. Estão ocorrendo como pontuais, porém nos *overgrowths* são contatos interpenetrados.

Os grãos de quartzo que estão na forma monominerálica quase na mesma proporção dos grãos policristalinos com extinção altamente ondulante, esses últimos, normalmente possuem baixa esfericidade enquanto os monominerálicos são altamente esféricos e arredondados.

Os K-feldspatos apresentam *overgrowths* de k-feldspatos. O grão detrítico de k-feldspato esta maclado bem arredondado e com esfericidade baixa por vezes com poros de dissolução na sua estrutura. Com relação aos *overgrowths* é possível observar que quanto menor o tamanho de grão mais euédricos são os *overgrowths*;

seretização de um dos grãos detríticos de K-feldspato; a espessura dos *overgrowths* varia de 0,02 a 0,1 mm. Os *overgrowths* apresentam uma cutícula de argila em contato com o detrítico muito fina, bem marcada em todo o grão e melhor desenvolvida na base do prisma; o *overgrowths* sempre está desenvolvido na forma de franja e apresenta uma incipiente dissolução na superfície externa. Os *overgrowths* ocorrem nos grãos com macla microclínio;

Argila ocorre infiltrada e também como resultado da alteração dos K-feldspatos. Quando esta na forma de argila infiltrada apresenta coloração castanha escura, e ocorre como película ao redor dos grãos detríticos. Quando ocorre na forma de alteração dos K-feldspatos, esta argila possui coloração esverdeada em luz natural e cor cinza em luz polarizada.

A rocha não apresenta orientação preferencial, nem estratificação.

C2C

O arenito é mal selecionado, com grãos subagulares a bem arredondados; a esfericidade dos grãos varia de média a alta. O tamanho de grão varia de 0,3 a 2 mm. Os contatos entre grãos são pontuais a lineares com exceção de quando estão em contato com os *overgrowths* onde os contatos são interpenetrados.

A Mineralogia é formada por quartzo, K-feldspatos, zircão, granada, rutilo, argila de coloração verde, por vezes oxidada, foi verificado que uma película de argila oxidada recobre a maioria dos grãos da lâmina;

Os K-feldspatos estão normalmente envoltos pela matriz de argila, por vezes apresentando dissolução incipientes intragrãos, sendo alterado para argila. Os grãos detríticos são arredondados com esfericidade média a baixa, porém em maioria absoluta estão com *overgrowths* que normalmente estão angulosos. Estão presentes na lâmina ortoclásio e k-feldspatos, a maior parte dos K-feldspatos com textura com maclas possuem *overgrowths*. Os *overgrowths* são euédricos, romboédricos, e por vezes apresentam alteração para argila com tamanho variando de 20 µm a 90 µm.

Rutilo apresenta cor castanha sem pleocroísmo.

O quartzo é do tipo metamórfico e ígneo. O quartzo metamórfico está policristalino com forte extinção ondulante, o quartzo ígneo está com várias inclusões fluídas nos estados gasoso e líquido. Por vezes apresentando textura mirmequitica, com bordas levemente dissolvidas.

Fragmentos de rochas ígneos e metamórfico e sedimentar foram encontrados, mas em uma porcentagem muito baixa.

Mica esta estirada, com 0,6 mm. Zircões aparecem esporadicamente.

ANEXO 3 - RESULTADOS ANALÍTICOS PARA A DATAÇÃO U-PB NOS CRISTAIS DE ZIRCÃO.

Spot Name	Date/Time	Hours	204 cts/se c	204/20 6	%err	207/20 6	%er r	208/20 6	%er r	Obs 206 /238	%er r	248/25 4	%er r	254/23 8	%er r	238/19 6	204-corr Pb/U: UO/U^2	%er r
1202A.1-1	14 Mar, 2012 23:42	10,09	0,15	1,4E-5	59	0,1279	0,3	0,1153	0,5	0,4913	2,1	0,3877	0,2	5,20	0,7	1,0551	,01801	0,3
1202A.1-2	14 Mar, 2012 23:54	10,30	-0,03	-7,4E-6	0	0,1295	0,5	0,2308	0,7	0,8086	1,2	0,7681	0,3	6,40	0,9	0,1972	,01958	0,6
1202A.1-3	15 Mar, 2012 00:07	10,51	-0,03	-2,1E-5	71	0,1329	0,9	0,1479	1,4	0,7856	0,8	0,4831	0,5	6,08	0,7	0,0654	,02119	1,1
1202A.2-1	15 Mar, 2012 00:20	10,73	0,19	2,4E-5	64	0,1366	0,4	0,1186	0,6	0,8816	1,5	0,3954	0,3	6,45	1,1	0,3498	,02118	0,6
1202A.2-2	15 Mar, 2012 00:33	10,94	0,00	3,4E-6	694	0,0612	1,3	0,3870	1,0	0,1802	1,0	1,1944	0,2	5,85	0,8	0,2561	,00524	0,7
1202A.2-3	15 Mar, 2012 00:49	11,21	0,04	3,8E-6	101	0,1271	0,3	0,0612	0,8	0,9721	0,3	0,1973	0,3	7,00	0,3	0,4513	,01991	0,4
1202A.3-1	15 Mar, 2012 01:05	11,47	0,13	1,3E-5	78	0,1276	0,4	0,0906	0,6	0,8320	0,6	0,2943	0,3	6,72	0,3	0,5004	,01832	0,5
1202A.7-1	10 May, 2012 19:21	9,09	0,15	3,8E-5	50	0,1276	0,6	0,3485	0,6	0,8078	2,2	1,1404	0,3	6,33	0,7	0,2512	,01992	0,6
1202A.8-1	10 May, 2012 18:31	8,25	0,12	6,0E-5	65	0,0600	1,0	0,1616	1,1	0,2156	3,4	0,4889	0,3	6,58	1,4	0,4343	,00484	0,6
1202A.8-2	10 May, 2012 18:46	8,49	0,03	3,0E-4	53	0,0623	4,4	0,2885	3,7	0,1841	4,1	0,8863	0,8	6,57	1,4	0,0279	,00422	2,1
1202A.8-3	10 May, 2012 18:59	8,71	0,02	8,2E-6	75	0,1078	0,8	0,1314	1,1	0,7078	2,5	0,4131	0,4	6,62	1,1	0,1587	,01592	0,7
1202A.9-1	14 Mar, 2012 19:48	6,20	0,06	1,9E-5	71	0,0604	0,8	0,2834	0,7	0,1893	1,1	0,8822	0,2	6,07	0,6	0,6254	,00511	0,5
1202A.9-2	14 Mar, 2012 20:02	6,43	0,05	4,2E-6	86	0,1605	0,3	0,3161	0,4	0,8463	1,0	1,0692	0,2	5,95	0,3	0,4665	,02365	0,4
1202A.9-3	14 Mar, 2012 20:15	6,65	-0,01	-1,2E-5	1	0,0609	1,8	0,1339	2,0	0,1977	0,9	0,4048	0,7	6,17	0,5	0,1325	,00517	1,0
1202A.10-1	14 Mar, 2012 18:54	5,30	0,16	2,3E-5	56	0,1287	0,4	0,1450	0,6	0,7751	1,9	0,4866	0,2	6,30	0,9	0,3473	,01933	0,5
1202A.10-2	14 Mar, 2012 19:07	5,51	0,06	1,1E-5	91	0,1358	0,4	0,1423	0,7	0,8481	1,8	0,4724	0,3	6,52	0,9	0,2853	,01972	0,5
1202A.10-3	14 Mar, 2012 19:20	5,73	0,08	9,8E-6	119	0,1301	0,4	0,1601	0,5	0,7074	1,5	0,5268	0,2	6,05	0,7	0,4507	,01917	0,4
1202A.10-4	14 Mar, 2012 19:35	5,97	0,02	4,3E-6	54	0,1287	0,5	0,1472	0,7	0,8537	1,3	0,4912	0,3	6,61	0,7	0,2244	,01942	0,6
1202A.11-1	10 May, 2012 16:22	6,10	0,00	-1,1E-6	1	0,1324	0,7	0,1331	1,1	0,8680	2,5	0,4434	0,5	6,47	1,3	0,1331	,02049	0,8
1202A.11-3	10 May, 2012 16:36	6,33	0,07	1,3E-4	54	0,0604	2,1	0,3550	1,6	0,1870	2,8	1,0755	0,4	6,51	1,0	0,1424	,00428	1,2
1202A.11-4	10 May, 2012 16:49	6,55	0,00	---	0	0,0630	2,8	0,2725	2,4	0,2290	2,4	0,8267	0,6	6,26	0,9	0,0553	,00576	1,4
1202A.11-5	10 May, 2012 17:03	6,78	0,18	2,0E-5	55	0,1276	0,4	0,0835	0,7	0,9362	1,4	0,2773	0,3	6,90	0,6	0,4812	,01930	0,5
1202A.11-6	10 May, 2012 17:16	7,00	-0,01	-2,9E-5	77	0,0622	2,6	0,1616	2,7	0,2210	1,2	0,4814	0,6	6,44	0,8	0,0684	,00526	1,3
1202A.11-7	10 May, 2012 17:31	7,24	0,21	9,9E-5	42	0,1279	0,8	0,2175	0,9	0,8718	1,3	0,7171	0,4	6,67	0,6	0,1149	,01947	0,8
1202A.11-8	10 May, 2012 17:47	7,51	0,00	---	0	0,0584	1,7	0,3308	1,3	0,1913	1,7	0,9835	0,4	6,76	0,5	0,2010	,00422	0,7
1202A.12-1	14 Mar, 2012 21:40	8,06	-0,13	-3,6E-5	61	0,0592	0,8	0,2295	0,7	0,1910	1,4	0,6934	0,2	6,33	0,4	0,7430	,00474	0,4
1202A.12-2	14 Mar, 2012 21:52	8,27	-0,01	-7,1E-6	203	0,0738	1,1	0,2101	1,1	0,3622	1,3	0,6650	0,3	6,35	0,5	0,1776	,00894	0,8
1202A.12-3	14 Mar, 2012 22:05	8,48	-0,02	-7,6E-6	48	0,1144	0,7	0,1717	0,9	0,6554	1,6	0,5612	0,3	6,17	0,8	0,1688	,01712	0,7
1202A.12-4	14 Mar, 2012 22:19	8,71	0,36	4,8E-5	40	0,1290	0,4	0,3228	0,4	0,8429	0,6	1,0853	0,2	6,58	0,3	0,3587	,01944	0,5
1202A.12-5	14 Mar, 2012 22:32	8,93	0,00	---	0	0,0604	3,1	0,1939	3,0	0,2053	3,7	0,5823	0,6	6,36	1,3	0,0423	,00498	1,7
1202A.12-6	14 Mar, 2012 22:46	9,15	-0,05	-4,9E-5	83	0,1060	1,2	0,2208	1,4	0,6100	1,0	0,7046	0,5	6,13	0,8	0,0607	,01614	1,2
1202A.13-1	14 Mar, 2012 23:00	9,39	0,07	1,8E-5	54	0,1306	0,6	0,1262	0,9	0,7229	2,0	0,4135	0,3	6,04	0,6	0,1988	,01965	0,7
1202A.13-2	14 Mar, 2012 23:13	9,61	0,00	---	0	0,1278	0,4	0,1915	0,7	0,7189	1,1	0,6375	0,2	6,14	0,4	0,4906	,01899	0,4
1202A.13-3	14 Mar, 2012 23:26	9,82	0,06	6,2E-6	183	0,1290	0,3	0,2859	0,4	0,7324	1,1	0,9378	0,2	6,17	0,6	0,5171	,01911	0,4
1202A.14-1	10 May, 2012 18:02	7,77	0,03	9,1E-6	179	0,0598	0,7	0,1592	0,8	0,2343	2,1	0,4825	0,2	6,74	0,8	0,7902	,00512	0,4
1202A.15-1	10 May, 2012 18:17	8,01	0,19	2,0E-5	50	0,1283	0,4	0,1799	0,5	0,8404	1,6	0,5887	0,3	6,50	0,5	0,5198	,01963	0,5

Spot Name	% comm 206	ppm U	ppm Th	232Th /238U	Ln UO/U	Ln Pb/U	Corr 206 /238	% err	ppm Rad 206Pb	Total 208Pb /232Th	% err	Age S-K comm Pb	C-Pb 206 /204	C-Pb 207 /206	C-Pb 208 /206	204corr 206Pb /238U Age	1s err	207corr 206Pb /238U Age	1s err	208corr 206Pb /238U Age	1s err	204corr 207Pb /206Pb Age	1s err
1202A.1-1	0,02	997	392	0,41	1,649	-0,711	,352	1,5	301,2	,0998	1,6	2066	15,02	1,009	2,307	1941,9	25,47	1923,3	28,8	1943,2	26,7	2066	6
1202A.1-2	-0,01	214	173	0,84	1,856	-0,212	,382	1,6	70,2	,1055	1,8	2093	14,97	1,012	2,312	2087,0	28,73	2086,1	33,8	2092,8	31,8	2093	9
1202A.1-3	-0,03	69	35	0,52	1,806	-0,241	,414	1,9	24,4	,1176	2,4	2140	14,87	1,017	2,321	2233,0	34,97	2252,1	43,0	2231,5	37,2	2140	16
1202A.2-1	0,03	381	159	0,43	1,865	-0,126	,413	1,6	135,4	,1137	1,7	2181	14,78	1,021	2,329	2230,1	30,03	2240,3	36,6	2233,4	31,5	2181	7
1202A.2-2	0,01	262	323	1,28	1,767	-1,714	,103	1,8	23,0	,0311	2,0	644	17,68	0,880	2,117	629,4	10,7	629,1	10,9	631,9	13,3	644	31
1202A.2-3	0,01	519	110	0,22	1,946	-0,028	,389	1,5	173,3	,1087	1,8	2058	15,04	1,008	2,306	2117,0	27,83	2127,5	33,1	2117,9	28,5	2058	6
1202A.3-1	0,02	560	175	0,32	1,904	-0,184	,365	2,1	175,4	,1022	2,2	2062	15,03	1,009	2,307	2005,2	35,6	1996,2	40,9	2007,1	37,0	2062	7
1202A.7-1	0,06	286	343	1,24	1,846	-0,214	,384	1,2	94,4	,1080	1,3	2058	15,04	1,008	2,306	2092,9	20,7	2099,0	24,5	2097,4	24,4	2058	10
1202A.8-1	0,11	508	263	0,54	1,884	-1,535	,093	1,2	40,6	,0281	1,6	571	17,80	0,875	2,111	573,9	6,5	573,9	6,6	575,6	7,1	570	31
1202A.8-2	0,54	33	31	0,97	1,883	-1,698	,081	2,3	2,3	,0242	4,4	529	17,87	0,872	2,107	501,1	11,3	500,7	11,5	507,1	13,5	525	137
1202A.8-3	0,01	186	82	0,45	1,890	-0,346	,307	1,2	49,0	,0890	1,7	1761	15,64	0,978	2,255	1724,1	18,6	1720,0	20,6	1724,4	19,7	1761	14
1202A.9-1	0,03	654	602	0,95	1,803	-1,665	,100	1,6	56,1	,0298	1,7	609	17,74	0,878	2,114	613,2	9,07	613,3	9,3	616,5	10,6	609	19
1202A.9-2	0,01	482	535	1,15	1,783	-0,167	,462	1,5	191,2	,1273	1,6	2460	14,18	1,051	2,388	2447,7	31,29	2444,3	39,8	2451,4	35,8	2460	5
1202A.9-3	-0,02	140	59	0,44	1,819	-1,621	,101	1,8	12,2	,0309	2,8	641	17,69	0,880	2,117	620,1	10,56	619,7	10,8	620,3	11,3	641	38
1202A.10-1	0,03	373	190	0,53	1,841	-0,255	,377	1,6	120,8	,1036	1,7	2076	15,00	1,010	2,309	2063,5	27,53	2061,4	32,2	2068,5	29,3	2076	8
1202A.10-2	0,02	313	156	0,52	1,876	-0,165	,385	1,6	103,6	,1062	1,7	2172	14,80	1,020	2,327	2099,6	28,21	2086,6	32,9	2103,5	30,0	2172	8
1202A.10-3	0,01	471	258	0,57	1,800	-0,346	,374	1,5	151,4	,1056	1,6	2098	14,96	1,012	2,313	2049,3	27,04	2041,2	31,4	2050,9	28,9	2098	7
1202A.10-4	0,01	248	129	0,54	1,889	-0,158	,379	1,6	80,9	,1037	1,8	2079	15,00	1,010	2,310	2072,6	28,34	2071,5	33,2	2077,6	30,2	2079	9
1202A.11-1	0,00	154	72	0,48	1,868	-0,142	,395	1,3	52,2	,1086	1,7	2130	14,89	1,016	2,319	2144,8	23,2	2147,6	27,7	2148,2	24,5	2130	12
1202A.11-3	0,23	165	188	1,17	1,873	-1,679	,082	1,5	11,7	,0249	2,2	552	17,83	0,874	2,109	509,2	7,5	508,6	7,6	513,0	9,2	551	60
1202A.11-4	0,00	63	54	0,90	1,834	-1,474	,111	1,7	6,0	,0338	3,0	708	17,57	0,885	2,123	678,7	11,3	678,0	11,6	679,7	13,2	708	59
1202A.11-5	0,03	580	172	0,31	1,931	-0,066	,372	1,1	185,3	,1013	1,3	2062	15,03	1,009	2,307	2037,4	19,0	2033,4	22,1	2041,0	19,7	2062	7
1202A.11-6	-0,05	79	40	0,52	1,863	-1,509	,101	1,6	6,9	,0312	3,2	694	17,60	0,884	2,122	622,2	9,7	620,7	9,9	622,0	10,6	694	55
1202A.11-7	0,15	135	103	0,79	1,897	-0,139	,375	1,3	43,6	,1036	1,7	2052	15,05	1,008	2,305	2050,5	22,8	2050,4	26,7	2059,0	25,2	2052	16
1202A.11-8	0,00	239	251	1,08	1,911	-1,654	,081	1,2	16,7	,0248	1,8	545	17,84	0,873	2,108	503,9	6,0	503,2	6,1	505,3	7,3	545	37
1202A.12-1	-0,06	799	583	0,75	1,845	-1,655	,093	1,7	63,8	,0283	1,8	593	17,76	0,877	2,113	572,8	9,2	572,4	9,3	573,5	10,3	593	20
1202A.12-2	-0,01	191	134	0,72	1,848	-1,015	,175	1,8	28,8	,0509	2,1	1039	17,00	0,912	2,158	1040,1	17,2	1040,1	18,0	1043,8	19,1	1039	22
1202A.12-3	-0,01	178	105	0,61	1,819	-0,422	,334	1,6	51,2	,0946	1,9	1871	15,42	0,989	2,273	1859,0	26,61	1857,4	30,1	1861,2	28,7	1871	12
1202A.12-4	0,07	396	455	1,19	1,883	-0,172	,380	1,6	129,0	,1031	1,6	2076	15,00	1,010	2,309	2072,7	27,58	2072,2	32,3	2087,6	32,1	2076	8
1202A.12-5	0,00	46	28	0,63	1,851	-1,583	,098	2,4	3,8	,0299	3,9	620	17,72	0,879	2,115	600,0	13,6	599,7	13,9	600,5	15,1	620	67
1202A.12-6	-0,08	64	47	0,76	1,814	-0,493	,315	1,9	17,3	,0915	2,4	1744	15,68	0,976	2,252	1767,1	29,47	1769,8	33,1	1765,6	32,6	1744	24
1202A.13-1	0,03	207	89	0,44	1,798	-0,325	,385	1,7	68,5	,1092	2,0	2103	14,95	1,013	2,314	2098,7	31,3	2098,1	36,9	2099,4	33,0	2102	10
1202A.13-2	0,00	517	344	0,69	1,814	-0,330	,372	1,7	165,2	,1035	1,8	2069	15,02	1,009	2,308	2038,5	29,2	2033,5	33,9	2042,5	31,8	2069	6
1202A.13-3	0,01	547	537	1,01	1,820	-0,311	,373	1,5	175,3	,1053	1,6	2083	14,99	1,011	2,311	2043,7	26,86	2037,2	31,2	2046,6	30,5	2083	6
1202A.14-1	0,02	938	482	0,53	1,908	-1,451	,099	1,1	79,4	,0296	1,4	590	17,77	0,876	2,112	605,9	6,2	606,2	6,3	607,4	6,7	590	18
1202A.15-1	0,03	603	375	0,64	1,872	-0,174	,378	1,1	195,7	,1058	1,2	2071	15,01	1,010	2,308	2067,1	19,2	2066,3	22,4	2070,3	20,7	2071	7

Spot Name	204corr 208Pb /232Th Age	1s err	% Dis- cordant	4corr 208r /232	% err	7corr 206Pbr /238U	1s err	8corr 206Pbr /238U	1s err	Total 238 /206	% err	Total 207 /206	% err	238/ 206r	% err	207r /206r	% err	207r /235	% err	206r /238	% err	err corr
1202A.1-1	1916	31	6,02	0,0994	1,63	,3476	,0060	,3518	,0056	2,8440	1,52	0,1279	0,33	2,8446	1,52	0,12769	0,34	6,1892	1,56	0,3515	1,52	0,976
1202A.1-2	2030	35	0,26	0,1056	1,74	,3821	,0072	,3835	,0068	2,6160	1,61	0,1295	0,53	2,6157	1,61	0,12960	0,53	6,8315	1,70	0,3823	1,61	0,950
1202A.1-3	2257	53	-4,34	0,1181	2,33	,4181	,0095	,4136	,0082	2,4165	1,85	0,1329	0,92	2,4158	1,85	0,13316	0,93	7,6000	2,07	0,4139	1,85	0,894
1202A.2-1	2163	38	-2,25	0,1129	1,77	,4156	,0080	,4141	,0069	2,4185	1,59	0,1366	0,38	2,4193	1,59	0,13633	0,41	7,7693	1,64	0,4133	1,59	0,969
1202A.2-2	618	13	2,29	0,0311	2,04	,1025	,0019	,1030	,0023	9,7493	1,78	0,0612	1,32	9,7499	1,78	0,06114	1,43	0,8646	2,28	0,1026	1,78	0,779
1202A.2-3	2080	37	-2,86	0,1084	1,77	,3910	,0072	,3889	,0061	2,5723	1,54	0,1271	0,35	2,5724	1,54	0,12709	0,35	6,8117	1,58	0,3887	1,54	0,975
1202A.3-1	1956	43	3	0,1017	2,20	,3630	,0087	,3653	,0078	2,7401	2,07	0,1276	0,38	2,7406	2,07	0,12740	0,39	6,4093	2,10	0,3649	2,07	0,983
1202A.7-1	2065	27	-1,70	0,1075	1,31	,3849	,0053	,3845	,0052	2,6057	1,16	0,1276	0,55	2,6072	1,16	0,12708	0,59	6,7207	1,30	0,3836	1,16	0,892
1202A.8-1	553	10	-0,61	0,0277	1,86	,0931	,0011	,0934	,0012	10,7290	1,18	0,0600	1,03	10,7405	1,18	0,05909	1,43	0,7586	1,85	0,0931	1,18	0,638
1202A.8-2	464	23	4,60	0,0232	4,87	,0808	,0019	,0818	,0023	12,3047	2,33	0,0623	4,37	12,3714	2,34	0,05788	6,24	0,6451	6,66	0,0808	2,34	0,352
1202A.8-3	1720	28	2,08	0,0888	1,66	,3058	,0042	,3067	,0040	3,2608	1,23	0,1078	0,76	3,2612	1,23	0,10769	0,76	4,5532	1,45	0,3066	1,23	0,849
1202A.9-1	592	10	-0,72	0,0297	1,71	,0998	,0016	,1004	,0018	10,0178	1,55	0,0604	0,84	10,0211	1,55	0,06014	0,90	0,8275	1,79	0,0998	1,55	0,865
1202A.9-2	2420	38	0,50	0,1272	1,58	,4611	,0090	,4627	,0081	2,1651	1,54	0,1605	0,31	2,1652	1,54	0,16041	0,31	10,2144	1,57	0,4618	1,54	0,980
1202A.9-3	617	17	3,22	0,0310	2,70	,1009	,0018	,1010	,0019	9,9053	1,79	0,0609	1,79	9,9033	1,79	0,06104	1,79	0,8499	2,53	0,1010	1,79	0,707
1202A.10-1	1983	34	0,59	0,1031	1,71	,3768	,0069	,3783	,0063	2,6498	1,56	0,1287	0,42	2,6507	1,56	0,12836	0,44	6,6770	1,62	0,3773	1,56	0,963
1202A.10-2	2034	35	3,33	0,1059	1,72	,3822	,0071	,3858	,0064	2,5971	1,57	0,1358	0,43	2,5975	1,57	0,13562	0,44	7,1989	1,64	0,3850	1,57	0,962
1202A.10-3	2026	33	2,30	0,1054	1,65	,3725	,0067	,3746	,0062	2,6717	1,54	0,1301	0,37	2,6721	1,54	0,12997	0,39	6,7066	1,59	0,3742	1,54	0,969
1202A.10-4	1992	35	0,31	0,1036	1,76	,3790	,0071	,3803	,0065	2,6369	1,60	0,1287	0,50	2,6371	1,60	0,12860	0,50	6,7237	1,68	0,3792	1,60	0,954
1202A.11-1	2084	35	-0,70	0,1086	1,68	,3954	,0060	,3955	,0053	2,5333	1,27	0,1324	0,71	2,5333	1,27	0,13239	0,71	7,2055	1,45	0,3947	1,27	0,874
1202A.11-3	490	11	7,53	0,0246	2,31	,0821	,0013	,0828	,0016	12,1380	1,52	0,0604	2,05	12,1659	1,53	0,05856	2,74	0,6636	3,13	0,0822	1,53	0,487
1202A.11-4	671	20	4,20	0,0338	2,96	,1109	,0020	,1112	,0023	9,0076	1,75	0,0630	2,80	9,0076	1,75	0,06301	2,80	0,9644	3,30	0,1110	1,75	0,530
1202A.11-5	1935	26	1,19	0,1005	1,37	,3708	,0047	,3725	,0042	2,6895	1,09	0,1276	0,37	2,6903	1,09	0,12736	0,39	6,5274	1,15	0,3717	1,09	0,942
1202A.11-6	625	20	10,38	0,0314	3,21	,1011	,0017	,1013	,0018	9,8739	1,64	0,0622	2,56	9,8689	1,64	0,06259	2,60	0,8744	3,07	0,1013	1,64	0,533
1202A.11-7	1963	34	0,05	0,1020	1,75	,3745	,0057	,3763	,0054	2,6663	1,30	0,1279	0,76	2,6702	1,30	0,12662	0,89	6,5383	1,57	0,3745	1,30	0,826
1202A.11-8	496	9	7,49	0,0248	1,77	,0812	,0010	,0815	,0012	12,2999	1,24	0,0584	1,68	12,2999	1,24	0,05840	1,68	0,6546	2,08	0,0813	1,24	0,593
1202A.12-1	567	11	3,48	0,0285	1,85	,0929	,0016	,0930	,0018	10,7682	1,67	0,0592	0,78	10,7612	1,68	0,05972	0,94	0,7652	1,92	0,0929	1,68	0,872
1202A.12-2	1004	21	-0,06	0,0509	2,11	,1751	,0033	,1758	,0035	5,7123	1,79	0,0738	1,06	5,7116	1,79	0,07393	1,10	1,7846	2,10	0,1751	1,79	0,853
1202A.12-3	1830	34	0,66	0,0948	1,88	,3339	,0062	,3347	,0059	2,9920	1,65	0,1144	0,68	2,9916	1,65	0,11445	0,68	5,2750	1,78	0,3343	1,65	0,924
1202A.12-4	1974	32	0,15	0,1026	1,63	,3791	,0069	,3824	,0069	2,6350	1,56	0,1290	0,40	2,6369	1,56	0,12837	0,45	6,7121	1,62	0,3792	1,56	0,961
1202A.12-5	595	23	3,16	0,0299	3,83	,0975	,0024	,0976	,0026	10,2509	2,37	0,0604	3,09	10,2509	2,37	0,06045	3,09	0,8131	3,89	0,0976	2,37	0,609
1202A.12-6	1782	43	-1,32	0,0922	2,44	,3159	,0068	,3151	,0066	3,1733	1,91	0,1060	1,19	3,1708	1,91	0,10671	1,29	4,6403	2,30	0,3154	1,91	0,829
1202A.13-1	2085	42	0,18	0,1087	2,00	,3847	,0079	,3850	,0071	2,5980	1,75	0,1306	0,56	2,5987	1,75	0,13033	0,57	6,9152	1,84	0,3848	1,75	0,951
1202A.13-2	1991	36	1,45	0,1035	1,81	,3709	,0072	,3728	,0068	2,6887	1,67	0,1278	0,36	2,6887	1,67	0,12784	0,36	6,5560	1,71	0,3719	1,67	0,978
1202A.13-3	2022	32	1,90	0,1052	1,59	,3716	,0066	,3737	,0065	2,6803	1,53	0,1290	0,35	2,6806	1,53	0,12892	0,37	6,6312	1,58	0,3731	1,53	0,973
1202A.14-1	587	8	-2,73	0,0295	1,39	,0986	,0011	,0988	,0011	10,1463	1,07	0,0598	0,74	10,1480	1,07	0,05962	0,85	0,8100	1,37	0,0985	1,07	0,785
1202A.15-1	2025	24	0,21	0,1054	1,21	,3779	,0048	,3787	,0044	2,6445	1,08	0,1283	0,36	2,6453	1,08	0,12805	0,38	6,6744	1,15	0,3780	1,08	0,944