

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

ANÁLISE DE PROVENIÊNCIA E ARQUITETURA  
DEPOSIONAL DA FORMAÇÃO MARIZAL, APTIANO,  
BACIA DO TUCANO-CENTRAL, BA.

Simone Campos Carrera

Orientador: Prof. Dr. Renato Paes de Almeida

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA  
(TF-2012/43)

São Paulo  
2012

*A minha inestimável Vó Carmen “Yaya” (in memorian),  
que deixou muitas saudades e lições de vida.*

## AGRADECIMENTOS

Meus sinceros agradecimentos:

Ao professor Dr. Renato Paes de Almeida pela confiança, pela orientação durante o desenvolvimento do projeto, pelas críticas e sugestões. E ao meu grupo de trabalho (Aedes, Kodorna, Melado, Tigresa, Lili e Henrique) pelo apoio e pelas discussões sobre o projeto e pelos trabalhos de campo.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP pelo apoio financeiro na concessão da bolsa de estudos, bem como pelo suporte técnico para os trabalhos de campo e gabinete.

Aos meus colegas de curso pelo incentivo e amizade, em especial ao Gorgonzola, Perva, Kidal, Inuteo, Habiba e Contessoto pela carinho, disponibilidade, por estarem sempre presentes.

Aos meus amigos que incentivaram meu ingresso neste curso e aos que me apoiaram no decorrer deste (Bruna Oddo, Issac, Victor, Rodolfo, Rebeca, Giannini, Sertão, Fernanda Quaglio, Falcon, Prof. Juliana).

Aos meus amigos do IPT (Gerson, Aranha, Aline, Denise, Cibele, Zeno, Alê, Samuel, Felipe, Aluísio, Geraldo) pelo apoio, carinho e compreensão.

Aos meus familiares: meus pais, Bia, Tia Vi, Bidi, Seu Chico, Finha (desculpa pela bagunça) pelo apoio e compreensão, pelos diversos sacrifícios suportados e pelo constante encorajamento a fim de prosseguir à conclusão deste curso.

Agradeço também todas às pessoas que, de alguma forma, me ajudaram e me apoiaram a chegar aqui.

Por fim, mas não menos importante, um especial agradecimento ao meu melhor amigo e coorientador Felipe Torres Figueiredo, por todo o incentivo e apoio dado a mim em todos os momentos que precisei, e que em nenhum momento mediu esforços para me auxiliar na faculdade, nos trabalhos de campo, gabinete e na confecção desse trabalho. Agradeço também pelas críticas e sugestões, sem as quais a realização desse trabalho teria sido bem mais árdua.

## RESUMO

A reconstrução das características dos sistemas deposicionais a partir da análise de fácies e análise de elementos arquiteturais é hoje um método consagrado no estudo de sucessões sedimentares antigas. Estes métodos em conjunto com dados de proveniência e de paleocorrentes, permitem o reconhecimento dos padrões de transporte sedimentar e da variação espacial de áreas fonte para depósitos aluviais.

No estudo da Formação Marizal, a descrição de fácies sedimentares, elementos arquiteturais e superfícies limitantes permitiu identificar dois tipos de sistemas deposicionais, com predomínio de sistemas fluviais e subordinadamente sistemas de campo de dunas eólicas.

Nos depósitos fluviais foram interpretados três elementos característicos: um elemento predominante de barras compostas, um elemento menos frequente de canais pouco desenvolvidos, e de forma restrita na área de estudo, um elemento interpretado como planícies de inundação. As medições de paleocorrentes nestes depósitos revelam um paleofluxo médio para Sudoeste, com uma componente para Sul.

O sistema deposicional de campo de dunas eólicas foi interpretado como pouco desenvolvido e de pequenas dimensões, com distribuição de medidas de paleocorrente revelando uma tendência de paleovento para nordeste.

A análise de proveniência realizada indicou uma grande variedade de áreas-fonte, revelada por uma grande diversidade de litotipos. Esta análise, associada aos dados de paleocorrentes, permitiu identificar como principais fontes: rochas da Faixa Sergipana, rochas de Unidades paleozóicas depositadas sobre o Cráton do São Francisco, e rochas de unidades sedimentares, mais antigas que a Formação Marizal, retrabalhadas da própria Bacia do Tucano.

## ABSTRACT

Reconstructions of the characteristics of depositional systems based on facies and architectural element analysis have become the standard method in the study of ancient sedimentary successions. These techniques, when combined with provenance and paleocurrent data, allow the recognition of patterns of sedimentary transport and of spatial variation of source areas for alluvial deposits.

In the present study of the Marizal Formtion, the description of sedimentary facies, architectural elements and their bounding surfaces lead to the the identification of two different depositional systems, with a dominant fluvial system and a subordinate eolian dune field system.

Three characteristic elements were interpreted for the fluvial system: abundant compound bars, less frequent and poorly developed channels, and restricted successions interpreted as flood-plains. Paleocurrent measurements from those deposits reveal a mean flow towards the Southwest, with a southward component.

The eolian dune field system was interpreted is poorly developed and of small proportions, with a distribution of paleocurrent measurements that reveals a tendency of paleowinds towards the Northeast.

Provenance analysis indicates a great variability of source-areas, based on a great diversity of clast types. This analysis, integrated to the paleocurrent data, enabled the recognition of the following main sources: the Sergipana Fold Belt, rocks from Paleozoic Units deposited on the São Francisco Craton, and rocks from sedimentary units older then the Marizal Formation, reworked from the Tucano Basin.

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	1
1.1	Localização .....	2
2	OBJETIVOS.....	4
3	JUSTIFICATIVAS.....	5
4	CONTEXTO GEOLÓGICO .....	6
5	MÉTODOS.....	11
5.1	Análise de fácies sedimentares .....	11
5.2	Análise de proveniência .....	11
5.2.1	<i>Análise estatística qualitativa</i> .....	12
5.2.2	<i>Análise estatística multivariada</i> .....	12
5.2.3	Levantamento bibliográfico das rochas do embasamento.....	13
5.3	Análise de paleocorrente.....	14
5.4	Elaboração de fotomosaicos e seções colunares .....	14
6	RESULTADOS OBTIDOS .....	15
6.1	Caracterização das fácies .....	15
6.2	Análise de proveniência .....	22
6.3	Análise de paleocorrentes .....	29
6.4	Elementos arquiteturais e superfícies limitantes .....	31
6.5	Variação espacial dos conglomerados.....	41
7	DISCUSSÃO.....	41
8	CONCLUSÕES.....	47
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	48
	ANEXOS.....	53

Anexo 1 – Levantamento bibliográfico das rochas do embasamento.

Anexo 2 – Dados de Proveniência macroscópica expressos em área (cm<sup>2</sup>).

Anexo 3 – Dados de Proveniência macroscópica expressos em porcentagem.

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Mapa geológico com a distribuição das rochas sedimentares no Rift do Recôncavo-Tucano-Jatobá, com destaque para Formação Marizal depositada durante a fase pós-rift (Extraída de Magnavita <i>et al</i> 2003).....	1
<b>Figura 2:</b> Mapa de localização da área de estudo e dos afloramentos estudados. (Modificado de Magnavita (1996), Barbosa & Sabaté (2004) and Gava <i>et al</i> (1983)).....	3
<b>Figura 3:</b> Carta estratigráfica das unidades da Bacia Tucano central e do embasamento. (Extraído de Santos et al 2010).....	7
<b>Figura 4:</b> Coluna estratigráfica da Formação Marizal (Extraído de Santos et al. 2010).....	10
<b>Figura 5:</b> Prancha de fotografias das fácies da Fm. Marizal. (A) Aspecto geral da Fácie Cm; (B) Detalhe da Fácie Cm; (C) Detalhe da Fácie Ca; (D) Aspecto geral da Fácie Ca; (E) Detalhe da Fácie Ct e (F) Detalhe da Fácie Ct.....	16
<b>Figura 6:</b> Prancha de fotografias das fácies da Formação Marizal. A) Aspecto geral da fácie Aca; B) Detalhe da fácie Aca; C) Aspecto geral da fácie Act; D) Detalhe de intraclasto na fácie Ae; E) Aspecto geral da fácie Ae e F) Detalhe da intercalação de pelito com arenito e rizocreção na fácie Ae.....	18
<b>Figura 7:</b> Prancha de fotografias das fácies da Fm. Marizal : A) Detalhe de intraclasto na fácie Ae; B) ; C) Aspecto geral da fácie At; D) Detalhe de intercalação entre as fácies Pm e Aa de granulação fina a muito fina; E) Detalhe de intercalação das fácies AFaf e AFhf; e F) Detalhe de lente de pelito na fácie Plf.....	22
<b>Figura 8:</b> Prancha com os litotipos dos clastos da Formação Marizal. (A) Detalhe dos clastos de arenito, arenito arcoseano, quartzo de veio e carvão; (B) Filito; (C) Calcário preto; (D) Metabásica; (E) Granito milonítico; (F) Vulcânica ácida.....	23
<b>Figura 9:</b> Prancha dos litotipos dos clastos da Fm. Marizal. (A) Granito róseo grosso isótropo; (B) Granada xisto; (C) Biotita xisto; (J) Conglomerado de grânulos e seixos; (L) Granito róseo; (M) Leucogranito.....	24
<b>Figura 10:</b> Histograma de frequências (%) das classes dos clastos da Formação Marizal, da Formação São Sebastião e dos leques de borda.....	25
<b>Figura 11:</b> Mapa com distinção dos afloramentos com análise de proveniência. (Modificado de Magnavita (1996), Barbosa & Sabaté (2004) and Gava <i>et al</i> (1983)).....	26

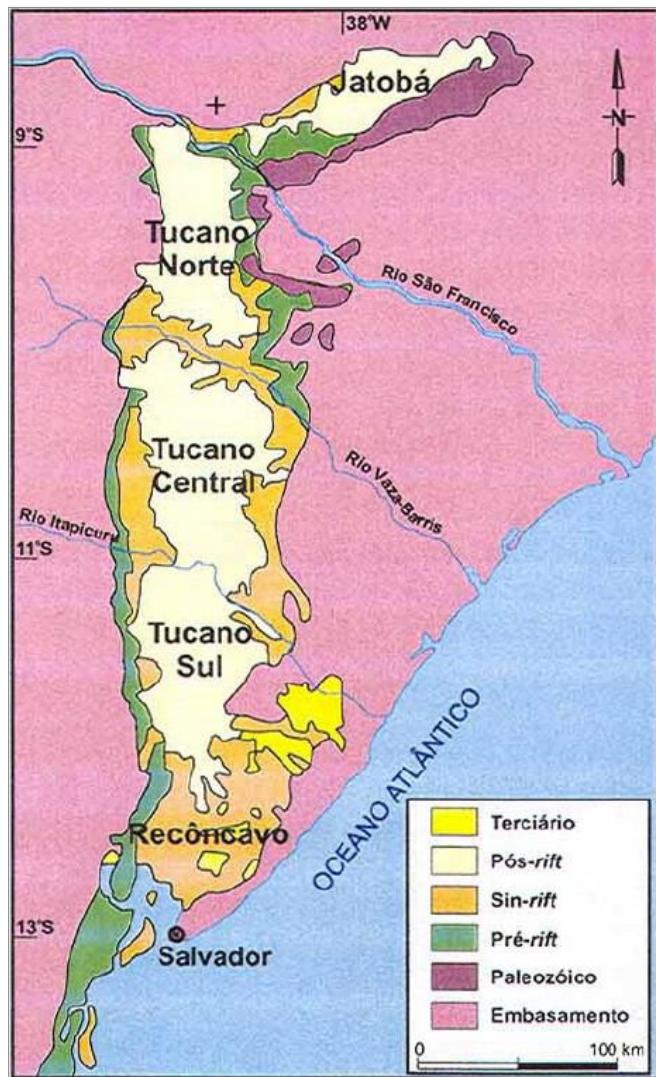
<b>Figura 12:</b> (A) Dengrograma ( <i>cluster</i> ) com os agrupamentos dos clastos da Fm. Marizal. (B) <i>Loadingplot</i> mostra os clastos pelo método de componentes principais. (C) <i>Scoreplot</i> mostra os sítios pelo método de componentes principais.....	27
<b>Figura 13:</b> Gráficos <i>Boxplot</i> comparando os índices dos conglomerados da Fm. Marizal, São Sebastião e do leque de borda.....	28
<b>Figura 14:</b> Diagramas de rosetas mostrando a distribuição de medidas de paleocorrentes da Formação Marizal.....	29
<b>Figura 15:</b> Elementos arquiteturais e superfícies limitantes dos afloramentos MR-03, 05 e 09.....	32
<b>Figura 16:</b> Fotomosaico do afloramento MR-09, com seção colunar, mostrando os principais elementos arquiteturais, superfícies erosivas e paleocorrentes.....	35
<b>Figura 17:</b> Fotomosaico do afloramento MR-05, com seção colunar, mostrando os principais elementos arquiteturais, superfícies erosivas e paleocorrentes.....	38
<b>Figura 18:</b> Fotomosaico do afloramento MR-03, com seção colunar, mostrando os principais elementos arquiteturais, superfícies erosivas e paleocorrentes.....	40
<b>Figura 19:</b> Mapa de localização da Bacia do Recôncavo-Tucano-Jatobá dentro do contexto tectônico do nordeste brasileiro. Em detalhe mapa geológico extraído do Gava <i>et al</i> (1983), com destaque para a distribuição de paleocorrentes nos MR-03, MR-05, MR-09 e de proveniência em cada estação de medida.....	45

## ÍNDICE DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Relação dos afloramentos utilizados para a aquisição de dados.....	4
<b>Tabela 2:</b> Resumo das Fácies identificadas na Fm. Marizal na Sub-bacia Tucano Central.....	15
<b>Tabela 3:</b> Resumo do tratamento estatístico de cada sítio de medidas.....	30
<b>Tabela 4:</b> Resumo do tratamento estatístico das medidas das fácies do afloramento MR-05.....	31

## 1 INTRODUÇÃO

A Formação Marizal, objeto de estudo neste trabalho, foi assim denominada por Brazil (1947) para descrever depósitos sedimentares, arenitos grossos e conglomerados na Serra do Marizal na porção leste da Bacia do Tucano. Esta unidade foi depositada durante a fase pós-rift das Bacias do Rift Recôncavo-Tucano-Jatobá (RTJ), entre o Albiano Inferior e o Aptiano (Rebelo Santos 1962) (Figura 1). As Bacias RTJ correspondem a porção abortada de um sistema de rift intracontinental que teve seu desenvolvimento relacionado a esforços distensivos durante um processo de estiramento crustal, gerando a fragmentação do Supercontinente Gondwana, durante o Jurocretáceo (Milani & Davison 1988).



**Figura 1.** Mapa geológico com a distribuição das rochas sedimentares no Rift do Recôncavo-Tucano-Jatobá, com destaque para Formação Marizal depositada durante a fase pós-rift (Extraída de Magnavita *et al* 2003).

A Formação Marizal recobre aproximadamente dois terços destas bacias e apresenta espessura máxima de 300 (**Figura 1**). Corresponde principalmente a depósitos fluviais e subordinadamente a depósitos de leques aluviais com deposição lacustre (Lima & Vilas Boas 2000) .

Os estudos detalhados sobre a Formação Marizal constituem uma pequena quantidade de trabalhos que abordam em sua maioria a descrição e caracterização da unidade, a fim de explicar os possíveis sistemas deposicionais e o paleoambiente responsáveis por sua gênese. Os principais modelos existentes propõem, para os ambientes proximais, o predomínio de elementos cascalhosos e, para os ambientes mais distais, elementos arenosos e lamosos. Estes modelos também identificam uma grande variação das direções das paleocorrentes e da composição desses sedimentos.

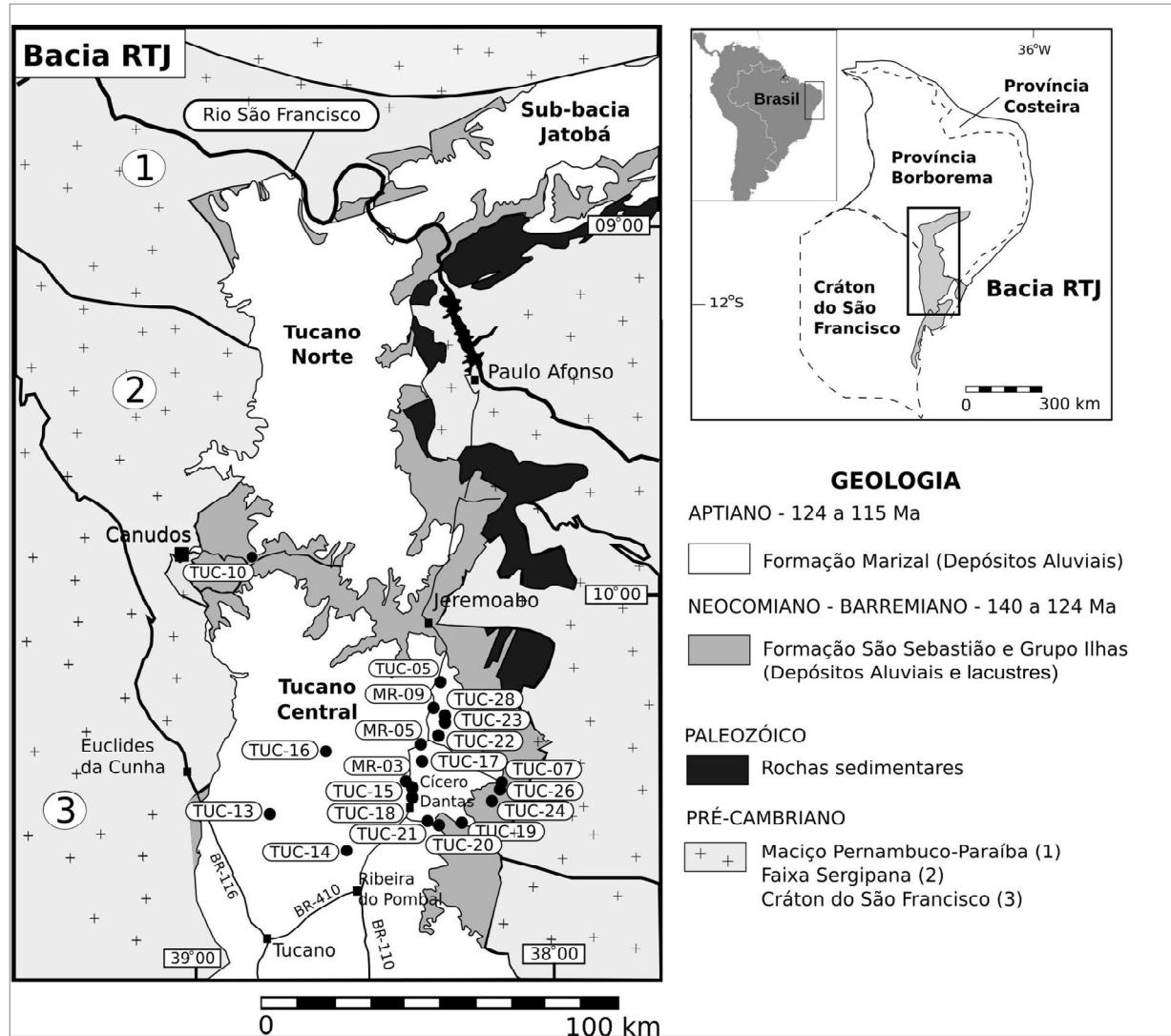
O presente trabalho pretende testar as hipóteses acima, através do estudo da proveniência e da arquitetura deposicional da Formação Marizal na Sub-Bacia Tucano Central, ao longo da BR-110. Neste estudo, foram realizadas análises de proveniência macroscópica, baseadas na contagem de clastos, na estatística multivariada (utilizando Tabelas de Cálculo e o Programa Minitab Statistical) e comparação com o levantamento bibliográfico das descrições das rochas do embasamento da Bacia do Tucano; análises de fácies sedimentares e elementos arquiteturais, utilizando método proposto por muitos autores consagrados (Reading 1986, Walker 1992, Miall 1990 e Miall 2000); e de paleocorrentes segundo Potter & Pettijohn (1977), Miall (1974, 1990), Graham (1988) e Tucker (1989).

Desta forma, a partir da reconstrução das características dos sistemas deposicionais, do reconhecimento dos padrões de transporte sedimentar e da variação espacial de áreas fonte para depósitos aluviais, apresenta-se um modelo possível do paleoambiente de deposição para a Formação Marizal.

### **1.1 Localização**

A área de estudo está localizada na região nordeste do estado da Bahia, na Sub-Bacia Tucano Central, situada entre os vales dos rios Vaza Barris e Itapicuru. Esta região apresenta uma grande quantidade de bons afloramentos, principalmente em taludes de corte de estrada. Assim os pontos de trabalho se concentraram principalmente ao longo da BR-110 e estradas vicinais que seguem em direção à borda leste da bacia do Tucano central.

Estes pontos perfazem um total de 20 afloramentos, sendo 16 da Formação Marizal, três dos depósitos do leque de borda da Formação Salvador e um da Fm. São Sebastião (**Figura 2**), distribuídos de forma a avaliar a variação espacial da contribuição de rochas-fonte para a bacia.



**Figura 2:** Mapa de localização da área de estudo e dos afloramentos estudados. (Modificado de Magnavita (1996), Barbosa & Sabaté (2004) and Gava *et al* (1983)).

A relação destes afloramentos, suas localizações e a forma de análise dos dados encontra-se na **Tabela 1**, abaixo.

**Tabela 1:** Relação dos afloramentos utilizados para a aquisição de dados.

Afloramento Nº	Zona UTM: 24 L		Unidade	Tipo de Análise
	Coord. S	Coord. E		
TUC-05	0578840	8875442	Fm. Marizal	Fácies e Proveniência
TUC-07	0600605	8832716	Leques de borda	Proveniência
TUC-10	0514448	8907203	Fm. São Sebastião	Proveniência
TUC-13	0519110	8834637	Fm. Marizal	Fácies, Proveniência e Paleocorrente
TUC-14	0544202	8817890	Fm. Marizal	Fácies e Paleocorrente
TUC-15	0567642	8839408	Fm. Marizal	Fácies e Proveniência
TUC-16	0541034	8844699	Fm. Marizal	Fácies, Proveniência e Paleocorrente
TUC-17	0569239	8848093	Fm. Marizal	Fácies e Proveniência
TUC-18	0567836	8836600	Fm. Marizal	Fácies e Proveniência
TUC-19	0586801	8817688	Fm. Marizal	Fácies e Proveniência
TUC-20	0572841	8822756	Fm. Marizal	Fácies e Proveniência
TUC-21	0570743	8823306	Fm. Marizal	Fácies, Proveniência e Paleocorrente
TUC-22	0572734	8854039	Fm. Marizal	Fácies e Proveniência
TUC-23	0575442	8859344	Fm. Marizal	Fácies, Proveniência e Paleocorrente
TUC-24	0601210	8830540	Leques de borda	Proveniência
TUC-25	0600644	8832729	Fm. Marizal	Fácies e Paleocorrente
TUC-26	0598366	8827241	Leques de borda	Proveniência
TUC-28	0575451	8860154	Fm. Marizal	Proveniência
MR-03	0575444	8859344	Fm. Marizal	Fácies, Arquitetura deposicional e Paleocorrente
MR-05	0570078	8849036	Fm. Marizal	Fácies, Arquitetura deposicional e Paleocorrente
MR-09	0572710	8854008	Fm. Marizal	Fácies, Arquitetura deposicional e Paleocorrente

## 2 OBJETIVOS

O projeto desse Trabalho de Formatura tem como objetivo o estudo da proveniência e arquitetura deposicional da Formação Marizal na Sub-Bacia Tucano Central, ao longo da BR-110 e áreas adjacentes. A análise de proveniência foi realizada nas fácies conglomeráticas, base dos depósitos aluviais da Formação Marizal, resultou em um conjunto de dados sobre a variação espacial de áreas fonte para os depósitos aluviais.

A análise de arquitetura deposicional compreendeu o reconhecimento e descrição de macroformas de depósitos sedimentares em escala de afloramento, o que permitiu a interpretação

de cada elemento que compõe os sistemas deposicionais reconhecidos (Miall 1985).

Para tanto, os objetivos parciais específicos seguem descritos abaixo:

Trabalhos de campo:

- Classificação e descrição das fácies sedimentares da Formação Marizal na Bacia do Tucano Central;
- Identificação de geometrias deposicionais de meso-escala (escala métrica), hierarquização de superfícies e classificação de elementos arquiteturais;
- Realização de análise de proveniência macroscópica, baseada na contagem de clastos;
- Descrição dos litotipos dos clastos que compõem as fácies conglomeráticas;
- Medição de estruturas indicativas de direção e rumo de paleofluxo;

Trabalhos de gabinete:

- Interpretação dos processos de transporte e deposição responsáveis por cada facies;
- Interpretação e classificação de elementos arquiteturais;
- Análise de paleocorrentes e tratamento estatístico dos dados;
- Tratamento estatístico e interpretação de dados de proveniência macroscópica;
- Reconstituição das características dos sistemas deposicionais e integração com dados de paleocorrentes e proveniência para a interpretação da paleogeografia ao tempo da deposição da unidade.

### **3 JUSTIFICATIVAS**

A presente proposta de Trabalho de Formatura é motivada principalmente pelas boas exposições da Formação Marizal, adequadas para a aplicação dos métodos de análise escolhidos.

O plano original do projeto previa aprofundamento no treinamento da aluna nas técnicas de interpretação de sistemas deposicionais, com ênfase na análise de fácies e elementos arquiteturais, envolvendo a compreensão dos processos de transporte e deposição e de seus produtos, além da consolidação de seus conhecimentos sobre análises de proveniência e paleocorrentes, adquiridos em iniciação científica prévia.

Do ponto de vista científico os estudos detalhados sobre a Formação Marizal constituem um tema de grande interesse, devido à pequena quantidade de trabalhos realizados sobre esta formação e à possibilidade de estudo de exposições de grandes dimensões. Desta forma, os resultados do presente projeto podem ter relevância para a evolução do conhecimento científico a respeito desta formação e de sistemas fluviais em contexto tectônico semelhante ao da unidade.

## 4 CONTEXTO GEOLÓGICO

### 4.1 *Contexto tectônico*

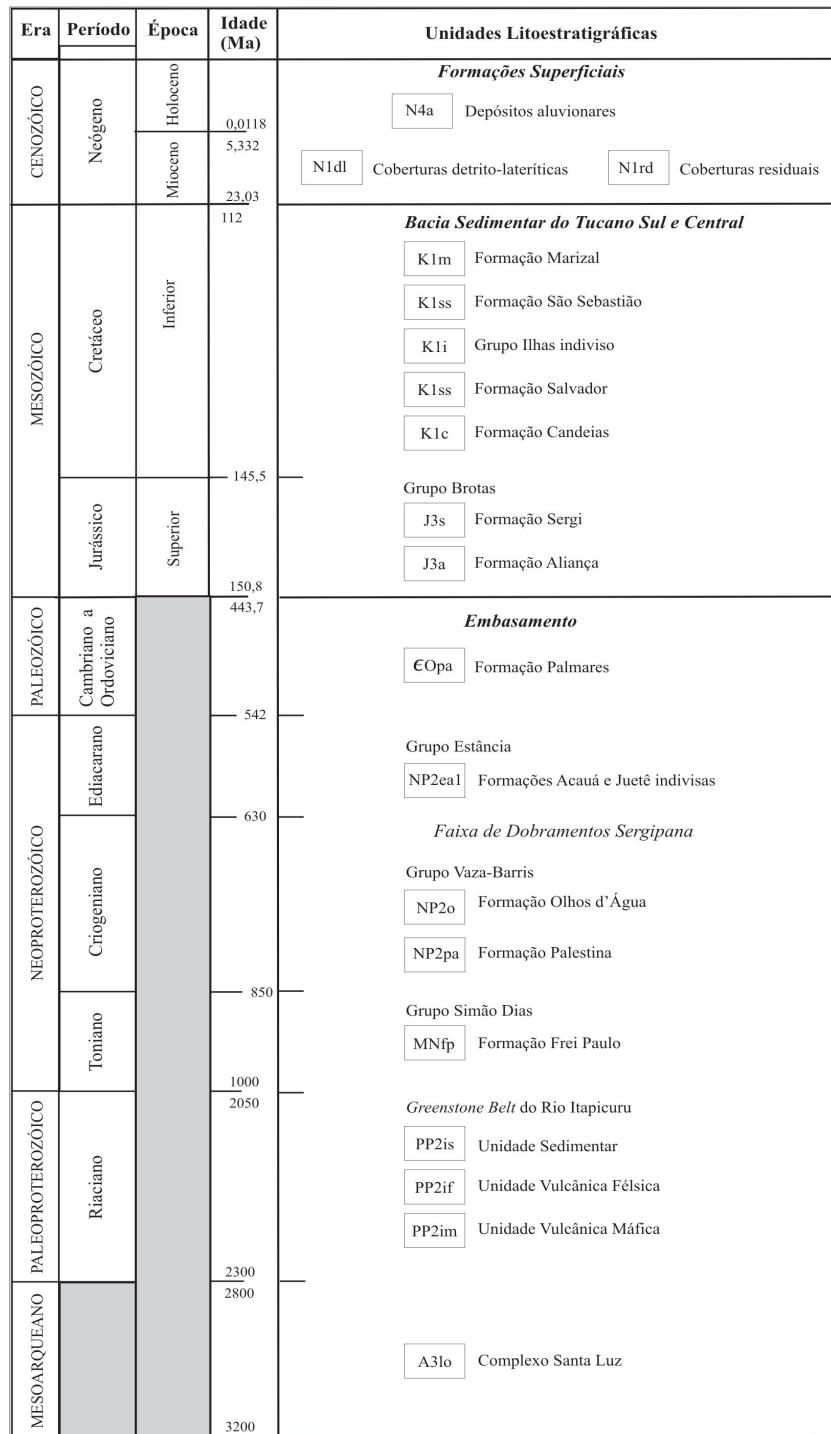
A Formação Marizal está inserida no contexto de Bacias do Rift Recôncavo-Tucano-Jatobá (RTJ) (**Figura 1**), com espessura máxima de 300 metros e grande área de exposição. As Bacias RTJ são consideradas um ramo abortado do sistema de rifts do fim do Jurássico e do Eocretáceo cuja evolução resultou na abertura do Atlântico Sul (Milani & Davison 1988).

A Bacia do Tucano tem forma de um grábem assimétrico basculado, com mergulho geral das camadas para sudeste, porém com trechos de reversão desse padrão. A bacia possui orientação NW- SE, limitada ao sul pelo Alto de Aporá, com contato discordante por falha de borda com o embasamento a leste, onde ocorrem falhas de pouco rejeto (Magnavita et al. 2003) e ao norte pela falha do rio São Francisco. A Bacia encontra-se dividida, segundo o modelo evolutivo atualmente aceito (Magnavita et al. 2003), em três sub-bacias: Tucano Norte, Tucano Central e Tucano Sul; limitadas entre si pela zona de acomodação do Rio Vaza Barris, de orientação leste-oeste, e pela zona de acomodação do rio Itapicuru.

O embasamento sobre o qual foram formadas estas bacias (**Figura 3**) é composto por complexos TTG de idades entre 3,2 e 2,9 Ga (Delgado et al. 2003), granitos e sienitos com idades de 2,1 a 1,9 Ga, rochas do Greenstone belt Rio Itapicuru de idades entre 2,2 e 2,6 Ga e granitóides mais jovens, aflorantes à oeste. Segundo estruturação NW-SE ocorrem metassedimentos da cobertura cratônica Estância de idade entre 750 e 650 Ma, enquanto que a leste afloram rochas da bacia Palmares de idade em torno de 500 Ma.

Segundo Magnavita et al. (2003) a sucessão estratigráfica dos segmentos central e norte da Bacia do Tucano é composta por três estágios evolutivos: (I) pré-rift, que compreende as formações Aliança e Sergi; (II) sin-rift, representado pelos grupos Santo Amaro e Ilhas e pela Formação São Sebastião; e (III) pós-rift, constituído pela Formação Marizal. A fase pós-rift assenta-se sub-horizontalmente sobre discordância angular com os depósitos da fase rift e compreende associações de fácies aluviais representadas por conglomerados e arenitos com espessuras entre 150 e 300 metros na Bacia do Tucano (Costa et al. 2007a e b) e de no máximo 50 metros na Bacia do Recôncavo (Lima 1991). Seus depósitos distribuem-se dentro dos limites

dos grábens. Na sub-bacia Tucano norte, mais especificamente na Serra do Tonã, são descritos ainda folhelhos esverdeados e calcários escuros albo-aptianos relacionados à Formação Marizal por Ghignone (1979) e, posteriormente, correlacionados com a Formação Santana da Bacia do Araripe (Magnavita *et al.* 1994).



**Figura 3:** Carta estratigráfica das unidades da Bacia Tucano central e do embasamento (Extraído de Santos *et al.* 2010).

Segundo Magnavita *et al.* (2003), a discordância que define o limite entre os estágios rift e pós-rift (base da Formação Marizal) constitui um evento regional devido à correlação desta com discordâncias encontradas em bacias da margem leste (Chang *et al.* 1988) e na costa oeste da África (Teisserenc e Villemin 1990, Magnavita *et al.* 2003). No entanto é importante salientar a ocorrência da Formação Marizal restrita aos limites do rift do R-T-J e a ausência de investigações das respostas sedimentares aos processos tectônicos promotores de subsidência e geradores de espaço de acomodação para a preservação dessa unidade. Os referidos autores (Magnavita *et al.* 2003) ainda correlacionam a seção conglomerática presente na base da Formação Marizal ao Membro Carmópolis da Formação Muribeca, depositado em contexto rift nas bacias marginais de Sergipe e Alagoas.

#### **4.2 Formação Marizal**

Os primeiros trabalhos na área de estudo foram realizados por Brazil (1947) próximos aos municípios de Tucano e Cícero Dantas, onde foram reconhecidos arenitos grossos e conglomerados denominados de Formação Marizal e Cícero Dantas, posteriormente englobadas como uma única formação. No trabalho de Viana *et al.* (1971) foram formalizadas as propostas apresentadas por Brazil (1947) e Rebelo Santos (1962). Este descreveu a unidade como sendo composta por arenitos, conglomerados, e folhelhos e calcários de forma subordinada.

Esta unidade ocupa dois terços da bacia do Tucano (Figura1), ausente nas bordas da bacia. Apresenta espessuras variando entre 150 e 300 m e encontra-se em discordância angular com as unidades mais antigas (Formação São Sebastião e Grupo Ilhas), cuja superfície limitante é composta por conglomerados médios a grossos.

Seções estratigráficas anteriores posicionam arenitos grossos, imaturos acima destes conglomerados inferiores, sobrepostos por folhelhos com intercalação de barita, calcilutitos ou calcários dolomíticos, dependendo da região de afloramento. Para o topo estão presentes arenitos maciços imaturos novamente.

De acordo com Viana *et al.* (1971) os arenitos apresentam em geral cor cinza a vermelha, granulação fina a grossa, são mal selecionados, sub-angulares a sub-arredondados e contém estratificações cruzadas. Segundo os autores, os conglomerados apresentam cor cinza a amarela, são em geral polimíticos, compostos por seixos a matações de arenitos vermelhos, calcários pretos, cinzas e róseos, quartzo e silexito. Os folhelhos apresentam cor cinza a amarela e podem estar intercalados com lâminas de gipsita e barita. Os calcários são raros, podem ser argilosos e apresentam cor cinza a amarela.

Os arenitos da Formação Marizal são divididos no trabalho de Lima & Vilas Boas (1994) na bacia do Recôncavo em dois grupos: Arenitos estratificados e Arenitos Laminados. De acordo com

os autores, o primeiro grupo é representado por três litofácies:

(Aa) Arenito fino a médio com estratificação cruzada acanalada;

(Ap) Arenitos finos a muito grossos, com estratificação cruzada planar;

(Ab) Arenitos finos a granulosos, com estratos cruzados planares e acanalados de baixo ângulo (<15°).

O segundo grupo seria representado por três litofácies:

(Ah) Arenitos laminados finos a grossos com grânulos e seixos imersos com estrutura laminada horizontal plano-paralela;

(Ahi) Arenitos laminados finos a médios, podem ser seixosos;

(Ao) Arenitos laminados muito finos a grossos, com estrutura laminação cruzada.

Os lamitos da Formação Marizal seriam representados por duas litofácies:

(Fm) Lamitos arenosos com estrutura maciça, dispõem-se em superfícies bastante irregulares;

(Fl) Lamitos laminados de siltito com estrutura laminada fina, com ondulações muito pequenas.

Os conglomerados basais da Formação Marizal são divididos no trabalho de Lima & Vilas Boas (1994) na bacia do Recôncavo em dois grupos: Conglomerados maciços e Conglomerados estratificados. Segundo os autores, o primeiro grupo é representado por três litofácies:

(Cmc) Cascalhos maciços suportados por clastos, que podem variar entre grânulos e matações;

(Cma) Cascalhos maciços suportados por matriz arenosa com seixos e cascalhos arredondados;

(Cmf) Cascalhos maciços suportados por matriz lamosa.

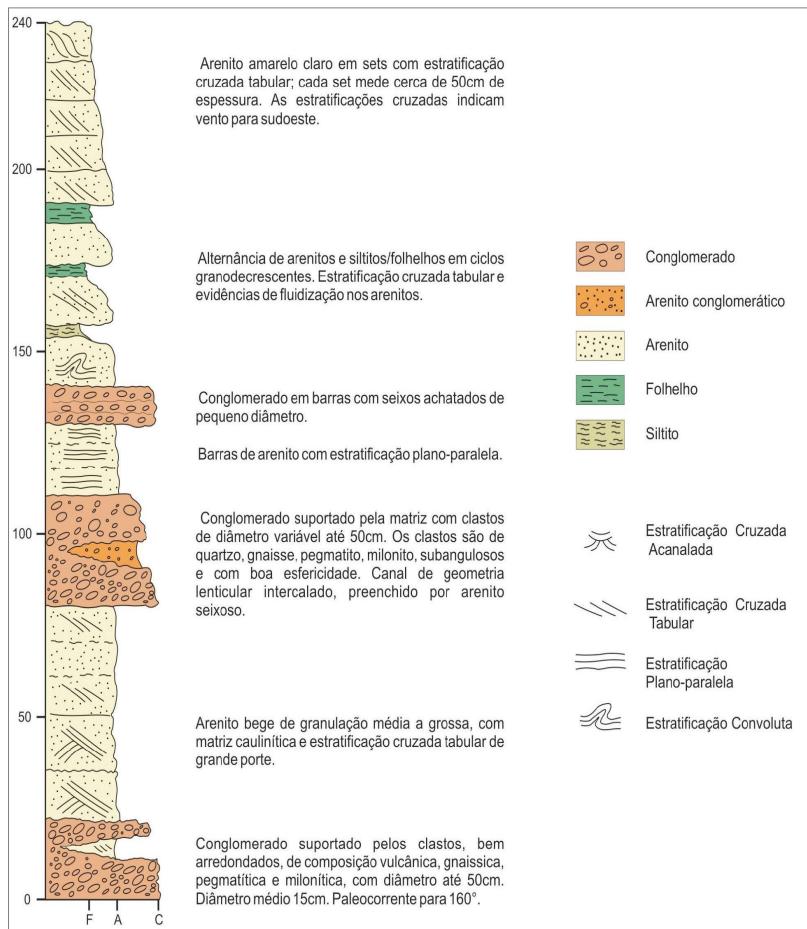
O segundo grupo seria representado por duas litofácies que ocorrem associadas e apresentam espessuras entre 8 a 70 cm com continuidade lateral da ordem de dezenas de metros. Estas são constituídas frequentemente por seixos e calhaus de composição quartzo-feldspática (10%) e de granitóides (90%) angulosos a bem arredondados, de esfericidade baixa a alta:

(Cec) Cascalhos estratificados, suportados por clastos bimodais;

(Cem) Cascalhos polimíticos, estratificados, suportados por matriz.

Santos *et al.* (2010) descrevem litofácies semelhantes as descritas acima e definem três

tipos sistemas deposicionais a partir da associação destas litofácies: fluvial, eólico e fluvio-eólico. A baixo segue coluna estratigráfica da Formação Marizal proposta pelos referidos autores (**Figura 4**).



**Figura 4:** Coluna estratigráfica da Formação Marizal (Extraído de Santos *et al.* 2010).

Trabalhos de proveniência anteriores (Sensora 1982) identificam clastos de gnaisses, filitos e quartzitos na borda oeste da bacia do Tucano, próximos a BR-116 e de clastos da Formação Juá à leste. Na localidade de Ilhas, o conglomerado apresenta matações e calhaus de carbonatos. Segundo Santos *et al* (2010) os clastos da porção leste da Bacia apresentam maior diversificação, sendo compostos predominantemente de quartzo, granitóides e milonitos do embasamento, metassedimentos da Faixa Sergipana e arenitos finos, folhelhos e siltitos provavelmente do Supergrupo Bahia. Na porção oeste da bacia, os clastos são compostos exclusivamente por gnaisses, milonitos e quartzo leitoso, do Bloco Serrinha.

A idade alboaptiana da unidade foi obtida por meio de estudos paleontológicos, por meio da análise palinológica de siltitos realizada por Santos *et al.* (1961 apud Gava *et al.* 1983).

## 5 MÉTODOS

Para atingir os objetivos deste estudo, foram realizadas três etapas de campo com sete dias cada, e foram utilizados os métodos de (I) análise de fácies sedimentares e elementos arquiteturais, (II) análise de proveniência e (III) análise de paleocorrentes integrada à proveniência e à arquitetura deposicional. Com o intuito de alcançar uma melhor compreensão e integração dos resultados obtidos com os métodos relacionados acima, foram elaborados (IV) fotomosaico e seções colunares em escala de afloramento. Estes métodos são baseados principalmente em dados adquiridos diretamente em trabalhos de campo e seguem descritos abaixo.

Os trabalhos de campo, por sua vez, consistiram de identificação e descrição das fácies sedimentares e elementos arquiteturais, levantamentos detalhados de seções colunares, documentação fotográfica e coleta de indicadores de paleocorrente em afloramentos.

### 5.1 *Análise de fácies sedimentares*

O principal procedimento adotado na interpretação dos sistemas deposicionais foi a análise de fácies, como forma de interpretar o registro sedimentar antigo em função dos modelos deposicionais baseados em sistemas deposicionais recentes descritos na literatura. No caso específico deste estudo os dados foram interpretados com base nos modelos deposicionais propostos por Miall (1978) e Reading (1996) para sistemas fluviais.

### 5.2 *Análise de proveniência*

O método de análise de proveniência no presente projeto compreende a integração de cinco etapas: aquisição de dados em campo, análise estatística qualitativa, análise estatística multivariada, levantamento bibliográfico das rochas do embasamento e comparação com os dados obtidos.

A primeira etapa deste método de análise envolveu a aquisição de dados, através da contagem macroscópica de 300 clastos nas fácies conglomeráticas por afloramento, onde foi realizado o reconhecimento de litotipos, medição dos eixos maior e menor de cada um, e classificação quanto a sua forma (anguloso, sub-anguloso, arredondado ou sub-arredondado), para obter a área destes e assim examinar se há alguma relação de dependência entre o tamanho do clasto e do litotipo (Dürr 1996), além de permitir comparações entre áreas e não apenas frequências, de forma a evitar que litotipos como clastos menores tenham sua contribuição superestimada enquanto litotipos com clastos maiores tenham sua contribuição subestimada. Os clastos utilizados possuem dimensões maiores ou iguais a 0,5 cm.

### 5.2.1 Análise estatística qualitativa

Nesta etapa, os dados de cada contagem foram tratados com base na estatística qualitativa e apresentados na forma de histogramas de frequência de clastos e gráficos *Box Plot*. Os histogramas de frequência de clastos permitiram representar a distribuição de proveniência macroscópica em área e viabilizar a análise estatística multivariada. Os gráficos *Box Plot* permitiram comparar os conglomerados da Formação Marizal com os dos leques borda e os da Formação São Sebastião, quanto a localização e a dispersão, independentemente da forma e da quantidade da distribuição do conjunto de dados. Esta análise utilizou três índices que avaliam as características dos clastos, grau de maturidade e a relação de profundidade dos litotipos (ver abaixo), e que condicionam sua proveniência.

### 5.2.2 Análise estatística multivariada

Por meio desta análise foi possível avaliar o grau de similaridade entre os afloramentos e posteriormente a contribuição das áreas fonte. Assim, inicialmente as áreas dos litotipos dos conglomerados foram transformadas em porcentagem. Porém a utilização dos valores absolutos é inadequada para avaliação de dados composicionais, deste modo as variações relativas entre componentes foram medidas em escala logarítmica conforme sugerido por Aitchison (1986) e os valores iguais a zero foram substituídos por outro valor definido, que não interfira no peso dos demais valores (Aitchison 1986, Martín-Fernandez et. al. 2003, Marconato 2010). Esse valor definido representará uma possível existência do componente, no entanto, abaixo do limite de detecção do método utilizado.

Para encontrar o valor definido foi adotado um método de imputação (Martín-Fernandez et. al. 2003), que consiste em substituição multiplicativa, que preserva melhor a estrutura de covariância entre os componentes do conjunto de dados quando comparado a outros métodos de substituição.

A equação utilizada (1) é

$$\varepsilon = z \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}} \quad (1)$$

onde  $\varepsilon$  é o erro amostral relacionado a população  $n$ ,  $p$  é a proporção real de determinado componente e  $z$  é o valor relacionado a probabilidade de que  $\varepsilon$  seja no máximo equivalente a  $p$ .

Posteriormente os dados foram normalizados para que a composição amostral volte a ser 100%, em cada componente que não teve seu valor substituído por  $\varepsilon$  é aplicado a expressão (2) abaixo:

$$C'_i = C_i \cdot \left( \frac{100 - E}{100} \right) \quad , \quad (2) \quad , \quad E = \left( \sum_{x \in C} x = \varepsilon \right)$$

onde  $C'_i$  é o valor normalizado da componente  $C_i$  e  $E$  representa a soma do erro  $\varepsilon$  de cada componente dentro do espaço amostral  $C$  que teve o valor 0 substituído pelo erro  $\varepsilon$ .

Em seguida foi realizado a transformação logarítmica através do método de razão logarítmica centrada (clr), que consiste na obtenção do valor logarítmico através da divisão de um componente pela média geométrica dos componentes de uma amostra, conforme demonstrado na seguinte expressão (3):

$$clr(x_1, x_2, \dots, x_n) = \left[ \ln \frac{x_1}{\left( x_1 * x_2 * \dots * x_n \right)^{\frac{1}{n}}}, \ln \frac{x_2}{\left( x_1 * x_2 * \dots * x_n \right)^{\frac{1}{n}}}, \dots, \ln \frac{x_n}{\left( x_1 * x_2 * \dots * x_n \right)^{\frac{1}{n}}} \right] \quad (3)$$

Conforme Pawlowsky-Glahn & Egozcue (2006) este método de transformação apresenta maior facilidade de interpretação geológica para os dados, por causa da sua funcionalidade na análise estatística multivariada.

Os dados de contagem tratados foram submetidos a análise estatística multivariada, pelo método de componentes principais e análise de agrupamento ou *cluster* (Davis 1986). O princípio utilizado nesta análise é a distância Euclidiana, ou seja, proximidade entre dois ou mais pontos no espaço, que envolve o cálculo das distâncias entre todas as variáveis (litotipos) identificadas em cada afloramento. Este agrupamento é baseado na *Euclidian square*, que é a média entre as distâncias dos afloramentos ao quadrado e segue o método proposto por Ward (1963), que define a análise de aproximação da variância como forma de avaliar as distâncias entre os grupos. Esta análise foi realizada no Programa *Minitab Statistical*.

O método de análise de proveniência das fácies conglomeráticas foi aplicado em 16 afloramentos, distribuídos com dispersão pela Sub-Bacia Tucano Central, sendo 12 amostras da Formação Marizal, três amostras de leques aluviais junto à borda leste da bacia, atribuídas à fase sin-rift, e uma amostra da Formação São Sebastião.

### 5.2.3 Levantamento bibliográfico das rochas do embasamento

Com o intuito de auxiliar a identificação das possíveis áreas fonte de material para a Formação Marizal, foi realizado o levantamento bibliográfico das rochas do embasamento da Sub-bacia em estudo. O levantamento é apresentado na forma de uma tabela contendo os compartimentos geológicos, unidades litoestratigráficas, idades e descrições dos litotipos

presentes (**Anexo 1**) e comparado com os resultados da análise de proveniência.

### **5.3 Análise de paleocorrente**

Esta análise permite a reconstrução da direção e sentido da corrente responsável pelo depósito, auxiliando na caracterização da paleogeografia da unidade de estudo na bacia sedimentar. O método utilizado segue o proposto Potter & Pettijohn (1977), Miall (1974, 1990), Graham (1988) e Tucker (1989), consistiu na medição sistemática de estruturas deposicionais, tendo como principais estruturas medidas as estratificações cruzadas acanaladas e tabulares, a partir do sentido do mergulho dos estratos, e em menor proporção, medidas de marcas onduladas assimétricas e laminações cruzadas.

Os dados coletados em campo consistem em medidas com direção e mergulho do plano da estrutura, localização e posição dentro do perfil Colunar (fácies correspondente) e o tipo de estrutura na qual foi efetuada.

Para o tratamento dos dados de paleocorrentes foram utilizados métodos de visualização das medidas, estatística quantitativa (média, variância circular, desvio padrão circular, intervalo de confiança) e diagramas de rosetas. Para tanto, foi utilizado o programa *ORIANA*. O diagrama de roseta é um histograma convertido a uma distribuição circular e sua circunferência foi aqui dividida em segmentos de 15°, e seus raios foram desenhados proporcionais ao número de medidas em relação ao percentual do total de medidas (Miall 1999).

### **5.4 Elaboração de fotomosaicos e seções colunares**

Os fotomosaicos foram elaborados a partir da combinação de conjuntos de fotos tiradas sequencialmente ao longo do afloramento. As fotografias utilizadas possuem um recobrimento de aproximadamente 30 % da imagem anterior para evitar distorção na imagem final formada. Além disso, estas fotografias são adquiridas alinhadas horizontalmente, sempre com o mesmo zoom e mesma distância do afloramento. Para juntar as fotos foi utilizado o programa *HUGIN*, onde são selecionados pontos em comum entre uma fotografia e outra, estas são sobrepostas sequencialmente (**Figura 17, 18 e 19**). Posteriormente, sobre o fotomosaico, foi realizada a identificação e descrição das principais estruturas, das principais características das litofácies e localização de medidas de paleocorrentes.

As seções foram elaboradas a partir da representação gráfica da sucessão vertical de fácies no afloramento. Estas são construídas com um eixo vertical representando o empilhamento das camadas, e outro horizontal representando a granulação dos sedimentos. As seções foram levantadas com a utilização de trenas para a medição das espessuras das camadas da base para o topo do afloramento, nelas são alocados os atributos descritos. Posteriormente foi realizada a distinção e interpretação das litofácies, a associação destas, o reconhecimento do padrão de empilhamento.

## 6 RESULTADOS OBTIDOS

### 6.1 Caracterização das fácies

As análises de caracterização das fácies foram realizadas com o objetivo de interpretar os sistemas deposicionais da Formação Marizal. Deste modo foi possível o reconhecimento de 13 fácies, que podem ser agrupados em três conjuntos de Fácies (**Tabela 2**).

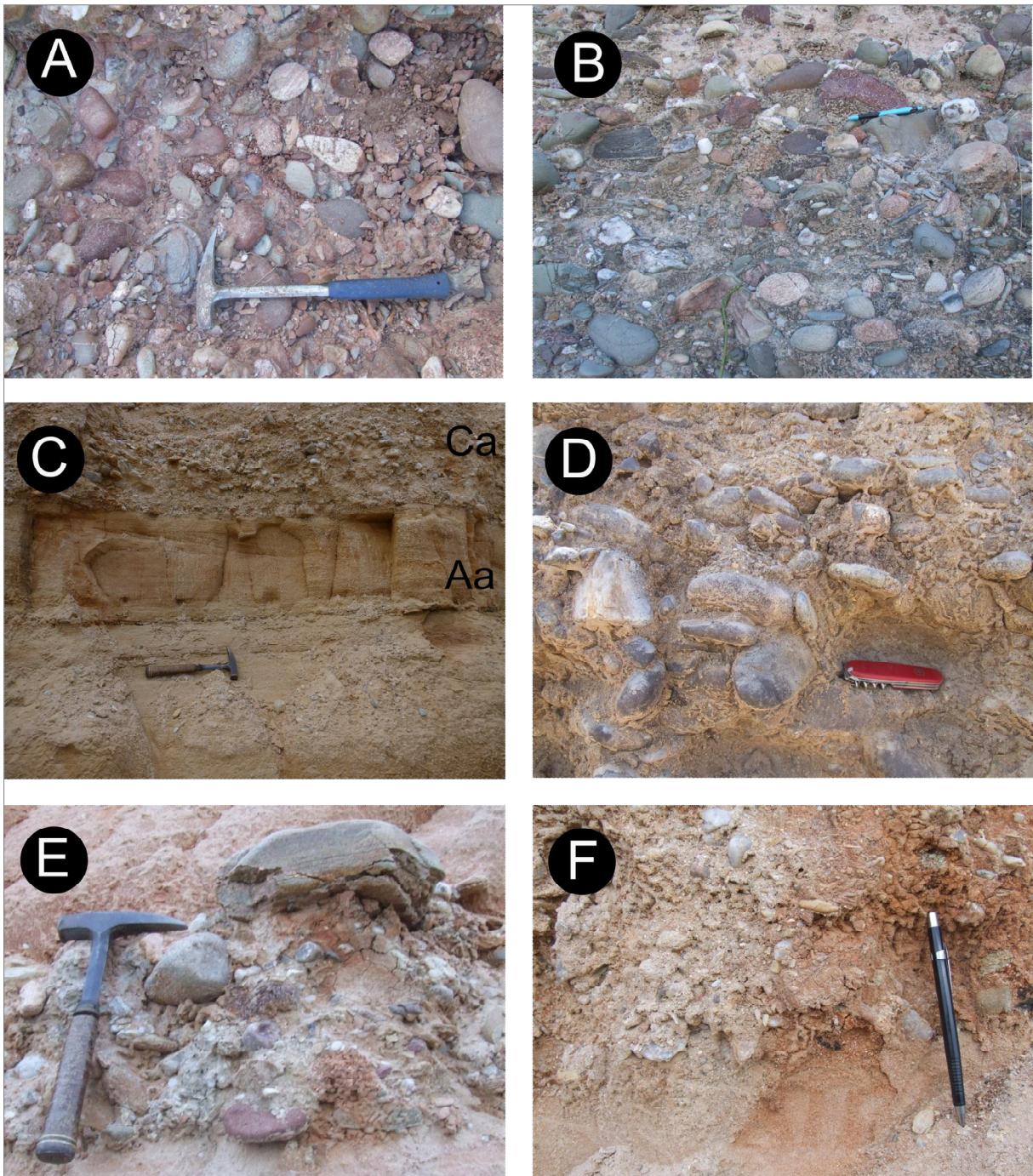
**Tabela 2:** Resumo das Fácies identificadas na Formação Marizal na Sub-bacia Tucano Central.

Conjunto de Fácies	Fácies	Características
C	Cm	<i>Conglomerado maciço suportado pelos clastos</i>
	Ca	<i>Conglomerado com estratificação cruzada acanalada</i>
	Ct	<i>Conglomerado com estratificação cruzada tabular</i>
A	Aca	<i>Arenito conglomerático com estratificação cruzada acanalada</i>
	Act	<i>Arenito conglomerático com estratificação cruzada tabular</i>
	Aa	<i>Arenito com estratificação cruzada acanalada</i>
	Ae	<i>Arenito eólico com estratificação cruzada</i>
	Ab	<i>Arenito com estratificação cruzada de baixo ângulo</i>
	At	<i>Arenito com estratificação cruzada tabular</i>
	Aaf	<i>Arenito fino a médio com estratificação cruzada acanalada e fósseis</i>
P	Ahf	<i>Arenito fino a muito fino laminado heterolítico com fósseis</i>
	Pm	<i>Pelito arenoso mosqueado</i>
	Plf	<i>Pelito laminado com fósseis</i>

Abaixo segue a descrição e interpretação de cada uma das fácies.

#### *Conglomerado maciço suportado pelos clastos (Cm)*

A fácie é representada por conglomerados maciços, com clastos que variam da fração seixo a calhau (1 – 18 cm de diâmetro) (**Figura 5A e 5B**). Os clastos são predominantemente sub-angulosos a sub-arredondados e os litotipos são compostos por: granitos, granitos miloníticos, arenitos finos, arenitos médios arcossianos, quartzitos, quartzo de veio, xistas e siltitos. Apresenta-se com espessura média de 1,7 m e continuidade lateral extensa de até 10 m. Por vezes apresenta orientação dos seixos sugerindo uma imbricação. Esta fácie pode ser interpretada como produto de transporte de carga de fundo por correntes sub-aquáticas, formando barras conglomeráticas.



**Figura 5:** Prancha de fotografias das fácies da Fm. Marizal. (A) Aspecto geral da Fácies Cm; (B) Detalhe da Fácies Cm com seixos imbricados; (C) Aspecto geral da Fácies Ca, com contato com a fácies Aa; (D) Detalhe da fácies Ca; (E) Detalhe da Fácies Ct e (F) Detalhe da Fácies Ct.

#### *Conglomerado com estratificação cruzada acanalada (Ca)*

A fácies composta por conglomerado polimítico sustentado por areia mal selecionada de granulação fina a grossa, de grãos angulosos a sub-arredondados (**Figura 5C e 5D**). Os clastos são arredondados a sub-angulosos, esparsos, que variam de tamanho podendo atingir até 30 cm

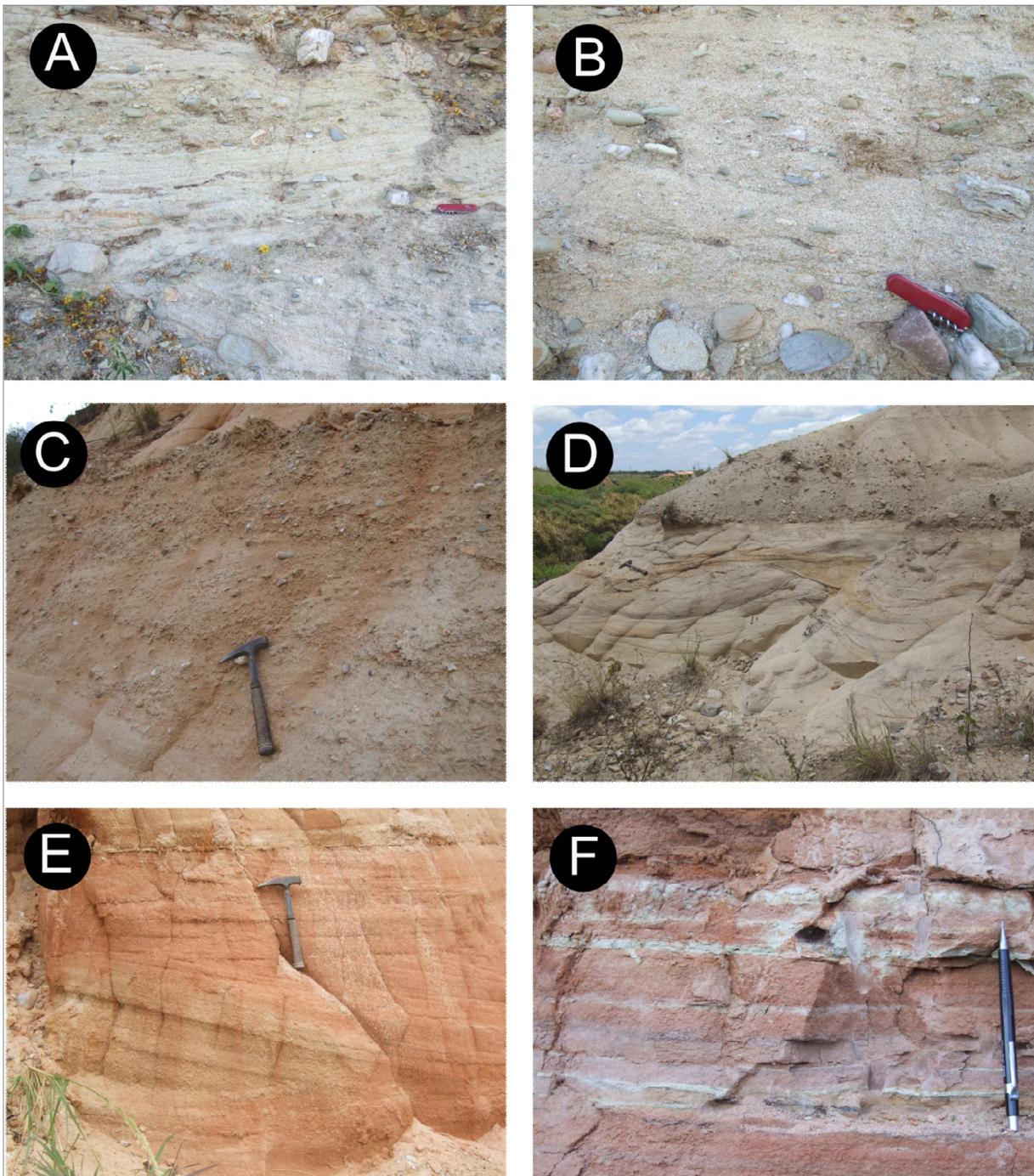
e os litotipos são compostos por: granitos, granitos miloníticos, arenitos finos, arenitos médios arcossianos, quartzitos, quartzo de veio, xistos e siltitos. Apresenta estratificação cruzada acanalada com série que variam de 30 cm a 1 m de espessura e extensão de até 10 m, com graduação normal e inversa, localmente passa para cruzada de baixo ângulo. Localmente gradam para arenitos conglomeráticos. A fácie é interpretada como depósitos de carga de fundo transportada sob regime de fluxo inferior. A organização interna em estruturas de grande porte sugere a constituição de barras unitárias cascalhosas por deposição de carga de fundo.

#### *Conglomerado com estratificação cruzada tabular (Ct)*

A fácie é composta por conglomerado polimítico, com clastos que variam da fração seixo a calhau (1 – 18 cm de diâmetro) (**Figura 5E e 5F**). Os clastos são predominantemente sub-angulosos a subarredondados e os litotipos são compostos por: granitos, granitos miloníticos, arenitos finos, arenitos médios arcossianos, quartzitos, quartzo de veio, xistos e siltitos. Apresenta estratificação cruzada tabular com espessura decimétrica (5 a 20 cm). Possui forma lenticular, associada sempre com arenito conglomerático com estratificação cruzada tabular (Act), constituindo uma superfície erosiva com significativa continuidade lateral. A fácie pode ser interpretada como produto de dunas sub-aquáticas em regime de fluxo inferior, representado a base destas.

#### *Arenito conglomerático com estratificação cruzada acanalada (Aca)*

A fácie é composta por arenito conglomerático, com estratificação cruzada acanalada com séries que variam de 10 a 40 cm de espessura (**Figura 6A e 6B**). O arcabouço da fácie apresenta granulometria média a grossa, com clastos de até 2 cm, orientados segundo a estratificação de cada série de cruzada, com predomínio de formas angulosas a sub-angulosas. A geometria da fácie pode ser lenticular ou canalizada, podendo atingir espessuras de até 1 m, com contato gradacional com a fácie de arenito muito fino argiloso, contato abruptos com a fácie arenito com estratificação cruzada acanalada e contato irregular com a fácie de conglomerado maciço. Lateralmente apresenta continuidade que varia de 15 a 40 m. A fácie pode ser interpretada como produto da migração de dunas de cristas sinuosas geradas por correntes sub-aquáticas em regime de fluxo inferior.



**Figura 6:** Prancha de fotografias das fácies da Formação Marizal. A) Aspecto geral da fácie Aca; B) Detalhe da fácie Aca; C) Aspecto geral da fácie Act; D) Detalhe de intraclasto na fácie Ae; E) Aspecto geral da fácie Ae e F) Detalhe da intercalação de pelito com arenito e rizocreção na fácie Ae.

#### *Arenito conglomerático com estratificação cruzada tabular (Act)*

A fácie é composta por arenito conglomerático polimítico, composto por quartzo de veio,

quartzitos, xistos, granitos, granitos miloníticos, siltitos, arenitos finos, arenitos médios arcosianos e vulcânicas, muito mal selecionado, de granulação grossa a média, com seixos e grânulos esparsos, com formas angulosas a arredondadas (**Figura 6C**). Ocorrem níveis com concentração de clastos, que podem se tornar lateralmente difusos, por vezes, com presença subordinada de calhaus e matações. A estrutura principal da fácie é a estratificação cruzada tabular de pequeno porte, que pode atingir séries com extensão métrica (2 a 8 m) e espessura decimétrica (30 a 80 cm). No topo das séries, aumenta de modo gradacional a presença de seixos e calhaus, onde esta transiciona para fácie de conglomerado. Esta fácie pode ser interpretada como produto de dunas sub-aquáticas em regime de fluxo inferior.

#### *Arenito com estratificação cruzada acanalada (Aa)*

Esta fácie ocorre com duas modas de granulação, arenitos grossos a muito grossos e arenitos finos a muito finos (**Figura 6D**). Quando a fácie é composta por arenitos de granulação grossa a muito grossa, possuem frequentemente grânulos localizados na base e por vezes esparsos. Apresenta estratificação cruzada acanalada de pequeno e médio porte. Ocorre normalmente em camadas lenticulares definidas por séries festonadas, com espessura entre 10 a 50 cm e comprimento decimétrico a métrico. E quando composta por arenitos de granulação fina é mal selecionada, com grãos sub-angulosos a sub-arredondados. Apresenta estratificação cruzada acanalada de pequeno porte com aproximadamente 5 a 10 cm (cruzadas suavizadas), eventualmente com grãos grossos esparsos. A fácie ocorre normalmente em camadas tabulares, com espessura entre 30 a 50 cm e de extensão métrica, geralmente apresenta contato gradacional com a fácie de pelito arenoso mosqueado e de pelito laminado com fósseis e contato erosivo com o arenito com estratificação cruzada tabular. Esta fácie é interpretada como produto da migração de dunas subaquáticas de cristas sinuosas em regime de fluxo inferior.

#### *Arenito com estratificação cruzada eólica (Ae)*

A fácie é composta por arenitos de granulação fina-média, com grãos de esfericidade moderada a alta e predomínio de grãos subarredondados a subangulosos (**Figuras 6E, 6f e 7A**). A principal estrutura é a estratificação cruzada de médio porte, que apresenta (1 a 4 m de extensão), e preserva o limite inferior da série de forma tangencial a base, ocorre em séries com espessura de 45 cm. Possui cor avermelhada e frequente presença de rizocreções. Localmente pode ocorrer o truncamento de *foreset*, bem marcado pela presença de intraclastos de pelito. Esta fácie pode ser interpretada como depósito de migração de dunas eólicas, com erosão local de depósitos pelíticos, possivelmente associados a planície de inundação submetidas a exposição sub-aérea.

#### *Arenito com estratificação cruzada de baixo ângulo (Ab)*

A fácie é composta por arenito de granulação fina a média, bem selecionado com estratificação cruzada de baixo ângulo, organizada em séries decimétricas podendo atingir até 25 m de extensão. Esta fácie pode ser interpretada como depósitos de formas de leito de pequena amplitude, formadas em condições críticas ou supercríticas de regime de fluxo.

#### *Arenito com estratificação cruzada tabular (At)*

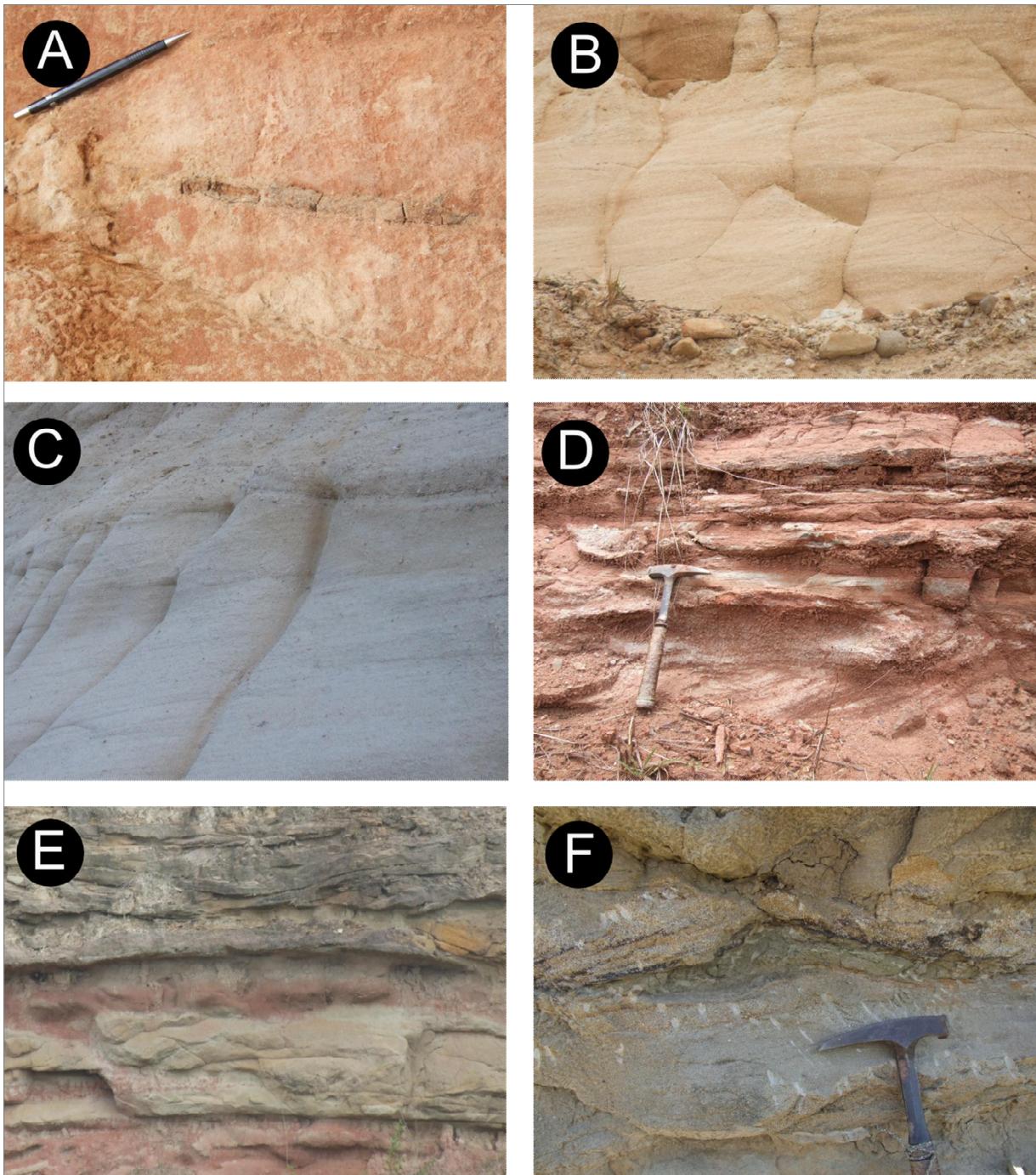
A fácie é composta por arenito de granulação média a grossa, moderadamente selecionado com poucos granulos e seixos esparsos, micáceo e arcoseano (**Figura 7B e 7C**). Possui estratificação cruzada tabular inclinada com base tangencial de médio e grande porte. As estratificações de médio porte possuem espessura decimétrica a métrica (20 cm a 1m), com extensão decamétrica (até 12 m). As estratificações de grande porte possuem espessura métrica (ate 2 m) e extensão decamétrica (ate 20 m). A base destas estratificações é composta por areia mais grossa, mal selecionada com maior concentração de granulos e seixos, que por vezes, gradam para fácie de arenito conglomerático – Aca ou Act. A fácie é interpretada como depósito de migração de dunas sub-aquáticas de cristas retas em regime de fluxo inferior.

#### *Arenito fino a médio com estratificação cruzada acanalada e fósseis (Aaf)*

A fácie é composta por arenitos de granulação fina a média com fragmentos fósseis de vegetais e icnofósseis indeterminados (**Figura 7E**). Apresenta como principal estrutura a estratificação cruzada acanalada de pequeno porte com aproximadamente 5 a 10 cm. Ocorrem normalmente em camadas lenticulares, com espessura máxima de 30 cm e de extensão métrica, geralmente apresenta contato abrupto com a fácie de arenito grosso a muito grosso estratificado. São interpretados como produto da migração de dunas subaquáticas de cristas sinuosas, que erodem a fácie de pelitos que sofreram exposição sub-aérea e colonização por plantas.

#### *Arenito fino a muito fino laminado heterolítico com fósseis (Ahf)*

A fácie é composta por arenitos finos a muito finos, finamente laminados, frequentemente micáceos, com laminação heterolítica, com fragmentos de fósseis de vegetais e icnofósseis indeterminados, repletos de marcas onduladas (*ripples*), principalmente no topo das camadas (**Figura 7E**). Ocorrem normalmente em camadas tabulares de grande continuidade lateral e podem estar associada a fácie de pelitos laminados com fósseis. São interpretadas como produto da alternância de processos de tração e decantação.



**Figura 7:** Prancha de fotografias das fácies da Fm. Marizal : A) Detalhe de intraclasto na fácie Ae; B) Arenito com estratificação cruzada tabular; C) Aspecto geral da fácie At; D) Detalhe de intercalação entre as fácies Pm e Aa de granulação fina a muito fina; E) Detalhe de intercalação das fácies Aaf e Ahf; e F) Detalhe de lente de pelito na fácie Plf.

#### *Pelito arenoso mosqueado (Pm)*

A fácie é composta por camadas pelíticas mosqueadas, intercaladas a camadas de arenitos finos. A estrutura sedimentar nesta fácie geralmente é ausente, devido ao aspecto

mosqueado, por vezes, apresentam-se com aspecto maciço. De modo restrito são micáceos (**Figura 7D**). Ocorrem em camadas de geometria tabular com espessura variável de 5 a 40 cm, com continuidade lateral e geralmente possuem contato gradacional com arenitos finos. São interpretados como produto de alteração pedogenética incipiente de depósitos de decantação e tração.

#### *Pelito laminado com fósseis (Plf)*

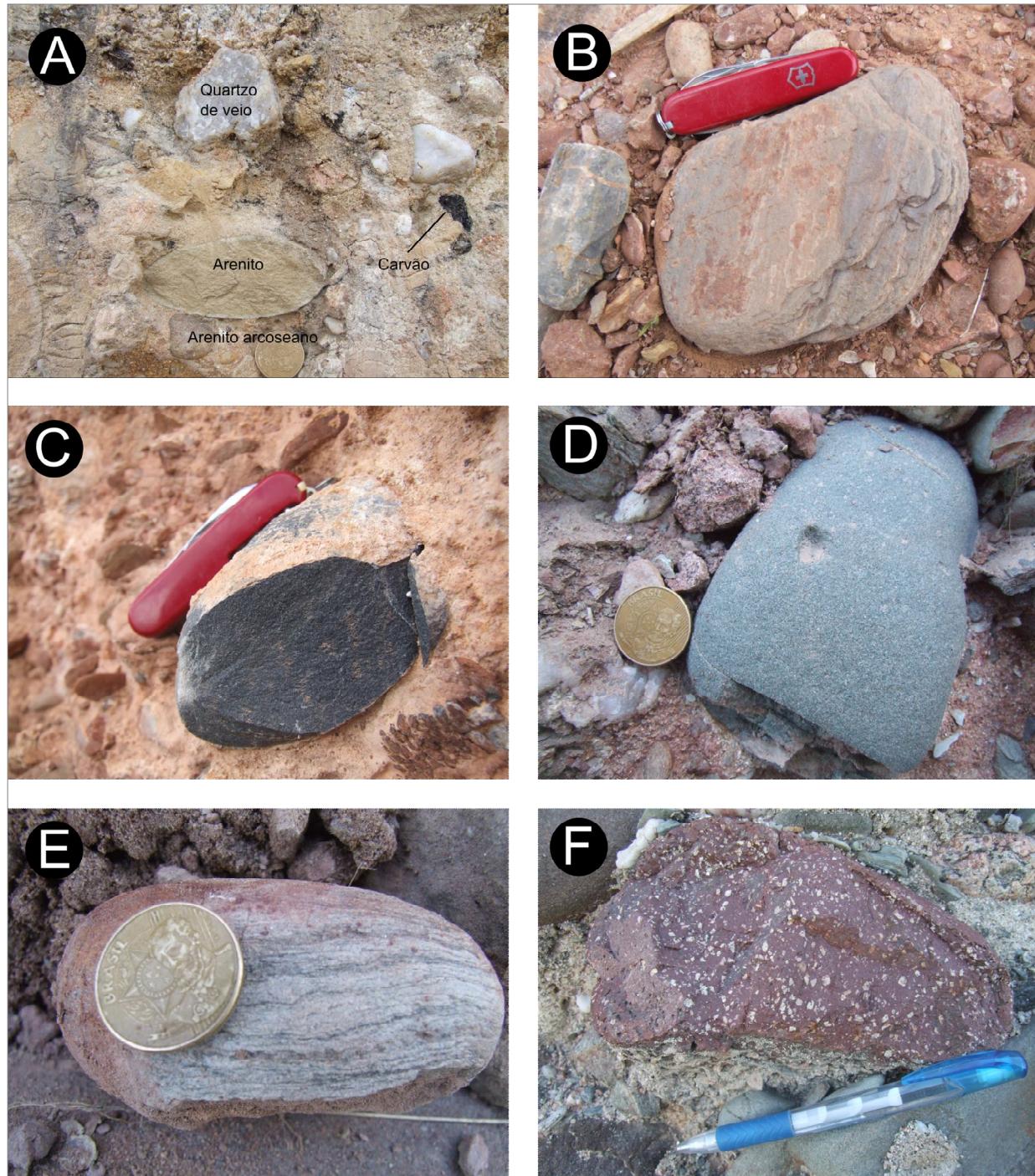
A fácie é composta por siltitos e argilitos, localmente arenosos. Possui estrutura laminada com fragmentos fósseis de vegetais e icnofósseis indeterminados (**Figura 7E e 7F**). Normalmente ocorrem em camadas lenticulares de continuidade lateral métrica. São interpretados como produto de decantação de partículas finas transportadas por suspensão.

## **6.2 Análise de proveniência**

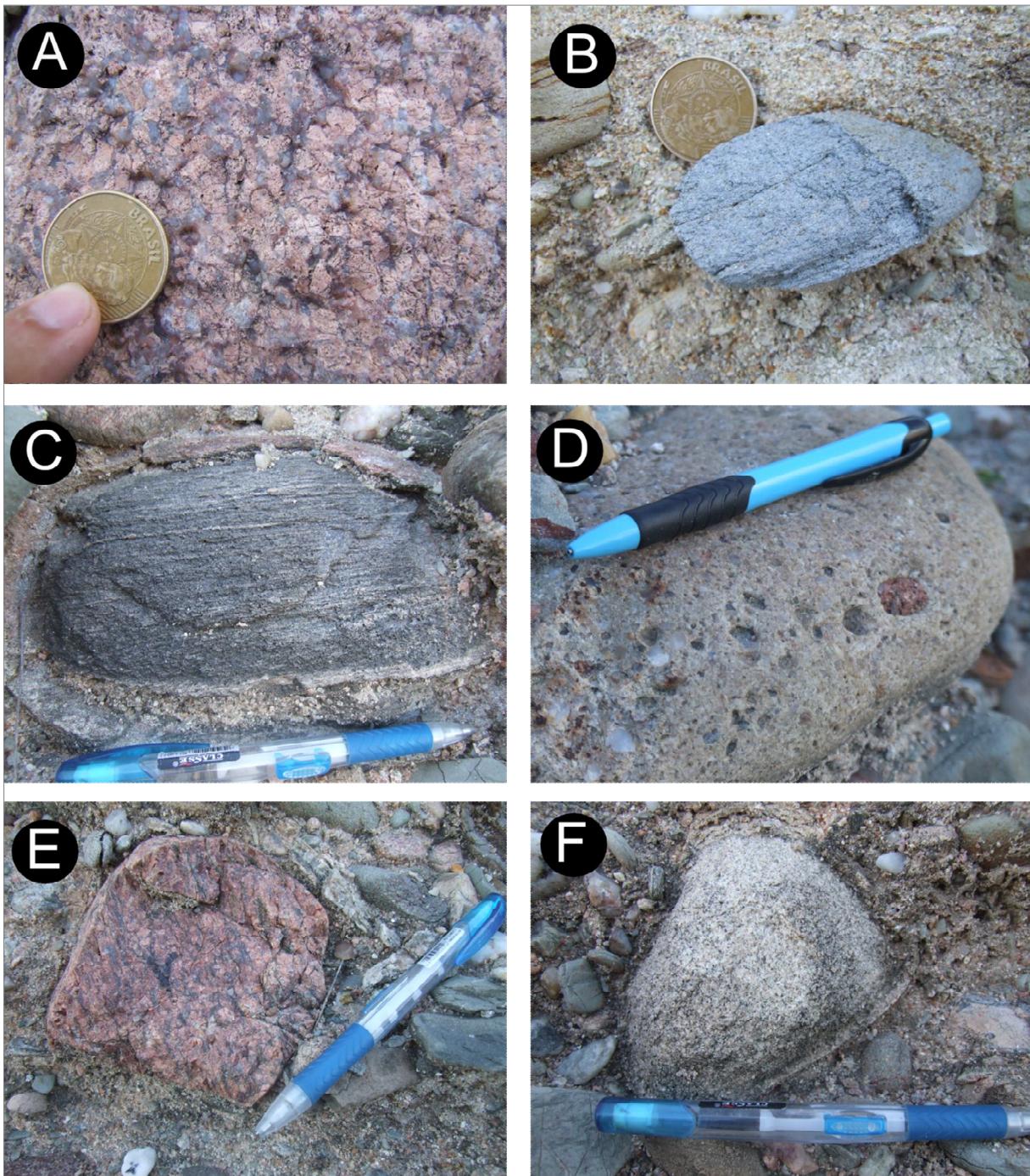
Os dados de proveniência coletados nos conglomerados da Fm. Marizal possuem grande diversidade de litotipos, em diferentes porcentagens em cada afloramento. Os litotipos foram agrupados em 18 classes, conferindo uma visualização melhor dos dados para a análise estatística e para a interpretação (**Anexo 2 e 3**).

As classes de litotipos agrupados são: arenito, basalto, brecha, conglomerado, calcário, calcarenito, carvão, filito, granito, leuco-granito, granito milonítico, metabásica, quartzo de veio, quartzito, vulcânica ácidas, silexíctio, siltito e xisto (**Figuras 8 e 9**).

A classe arenito é composta por arenito arcosiano fino a médio, arenito branco muito fino a fino maciço, arenito branco fino laminado. A classe brecha é composta por calcários fragmentados e preenchidos por sílica. Os conglomerados são constituídos de vários litotipos (semelhantes aos dos conglomerados da Formação Marizal), principalmente quartzo de veio, com tamanho de até 2 cm. Os granitos são róseos de granulação fina a grossa. A classe xisto é composta por granada mica-xisto, biotita xisto e clorita xisto de cor cinza-esverdeado afanítica e com xistosidade pronunciada. Os calcários são de maciços de cor cinza escuro. A metabásica possui granulometria fina a média de cor cinza escuro. As vulcânicas ácidas possuem cor rósea a avermelhada, com matriz afanítica e com fenocristais prismáticos de até 0,5 cm. Os filitos possuem cor verde amarelada, de granulaçãoquase afanítica, com foliação levemente marcada. Os siltitos possuem cor beje amarelada, com estatificação. Os quartzitos possuem granulometria fina a grossa, com estrutura maciça ou por vezes leve orientação.



**Figura 8:** Prancha com os litotipos dos clastos da Formação Marizal. (A) Detalhe dos clastos de arenito, arenito arcoseano, quartzo de veio e carvão; (B) Filito; (C) Calcário preto; (D) Metabásica; (E) Granito milonítico; (F) Vulcânica ácida.

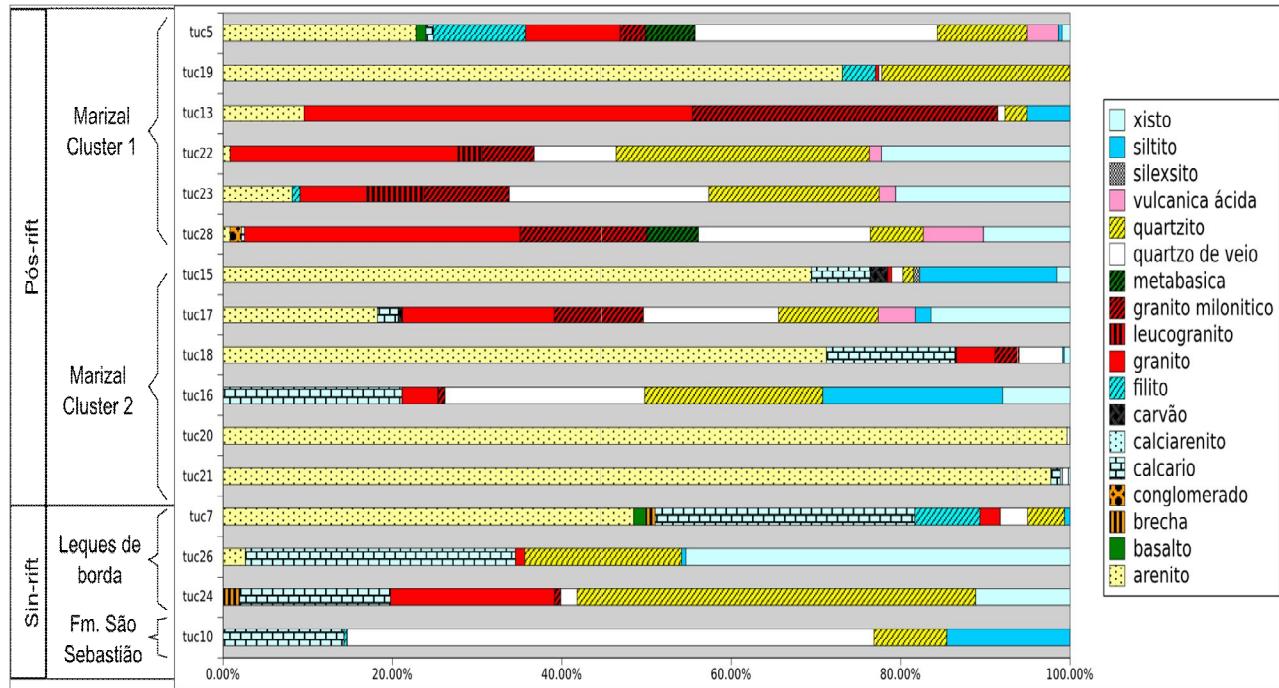


**Figura 9:** Prancha dos litotipos dos clastos da Fm. Marizal. (A) Granito róseo grosso isótropo; (B) Granada xisto; (C) Biotita xisto; (D) Conglomerado de grânulos e seixos; (E) Granito róseo; (F) Leucogranito.

Foram analisadas 12 amostras da Formação Marizal, distribuídas na Bacia do Tucano Central, além de três amostras de leques aluviais junto à borda leste da bacia, atribuídas à fase sin-rift, e uma amostra da Formação São Sebastião.

As amostras da Formação Marizal indicam uma grande variedade de áreas-fonte, revelada por uma grande diversidade de litotipos em seixos (litologias), encontrados em diferentes

proporções (**Figura 10**). Afloramentos dos leques de borda apresentam proveniência semelhante, enquanto que o afloramento da Formação São Sebastião contém apenas quatro litotipos (quartzo de veio, quartzito, calcáreo e siltito), com predomínio de quartzo de veio (**Figura 10**). Essa característica sugere que talvez os leques de borda correspondam ao nível estratigráfico da Formação Marizal, que de fato tem ocorrência restrita à área do gráben.



**Figura 10:** Histograma de frequências (%) das classes dos clastos da Formação Marizal, da Formação São Sebastião e dos leques de borda.

A análise multivariada de agrupamento das amostras da Formação Marizal indica a existência de dois grupos (*clusters*), um relacionado a amostras na porção central da bacia e outro a amostras do norte da bacia e amostras próximas às bordas leste e oeste (**Figura 11**), sendo cada grupo subdividido em outros dois *clusters* (1a, 1b, 2a e 2b, **Figura 12A**).

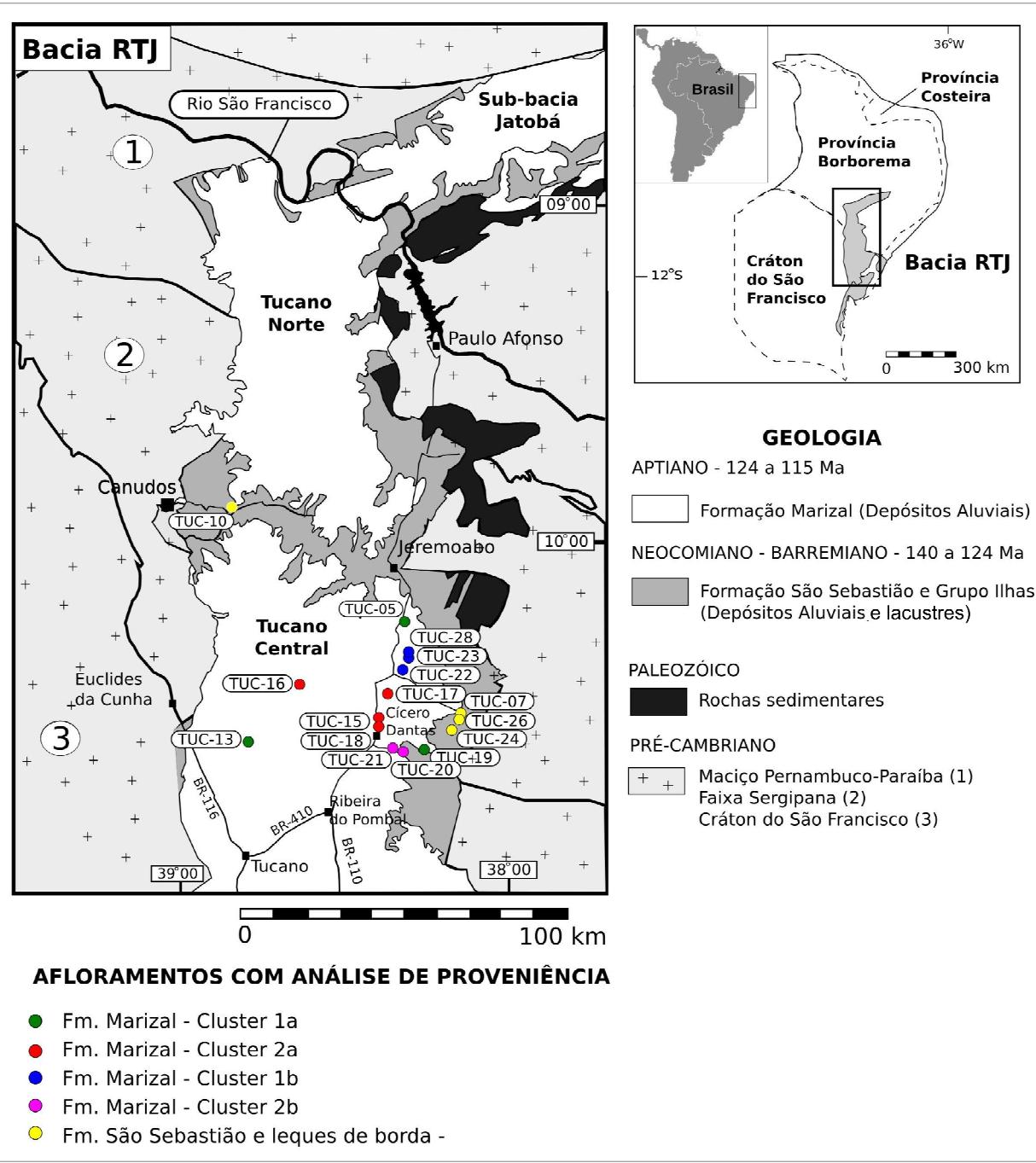
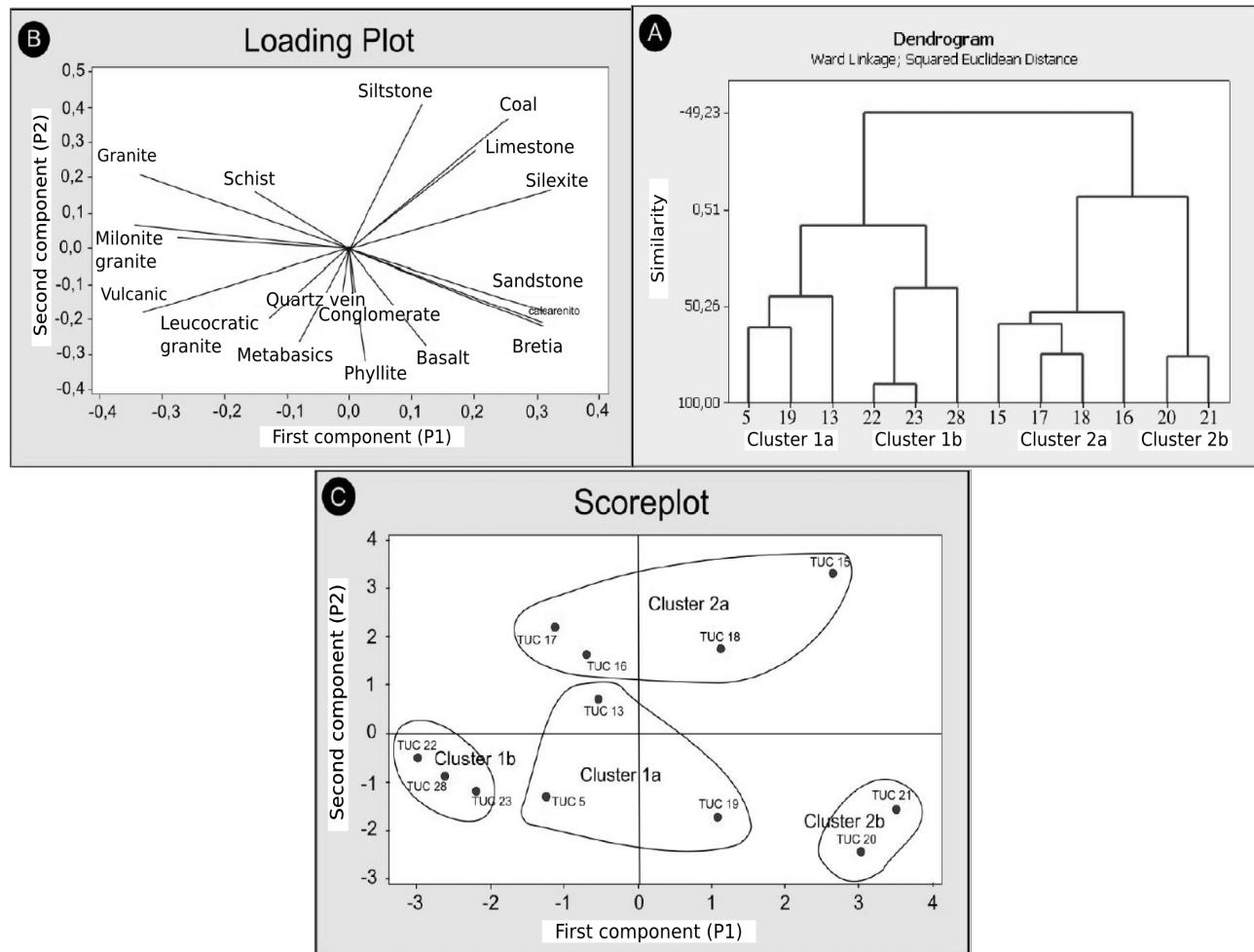


Figura 11: Mapa com distinção dos afloramentos com análise de proveniência.

Os fatores que distinguem esses grupos são difíceis de determinar, porém uma comparação com os resultados da análise de principais componentes permite algumas interpretações. Uma plotagem cruzada de PC1 e PC2 indica divisão das amostras nos mesmos quatro *clusters* resultantes da análise de agrupamento (Figura 12B), sendo que o *cluster* 1a apresenta valores moderados de PC1 e valores moderados a baixos de PC2, o *cluster* 1b valores moderados de PC2 e valores baixos de PC1, o *cluster* 2a valores altos de PC2 e moderados de PC1 e o *cluster* 2b valores altos de PC1 e baixos de PC2. A comparação desse resultado com os

litotipos que compõem cada PC (**Figura 12C**), revela que os *Clusters* 1a e 1b apresentam maior contribuição de vulcânicas e plutônicas, enquanto os *clusters* 2a e 2b apresentam maior contribuição de litotipos sedimentares, possivelmente resultantes de retrabalhamento de unidades anteriores da bacia.



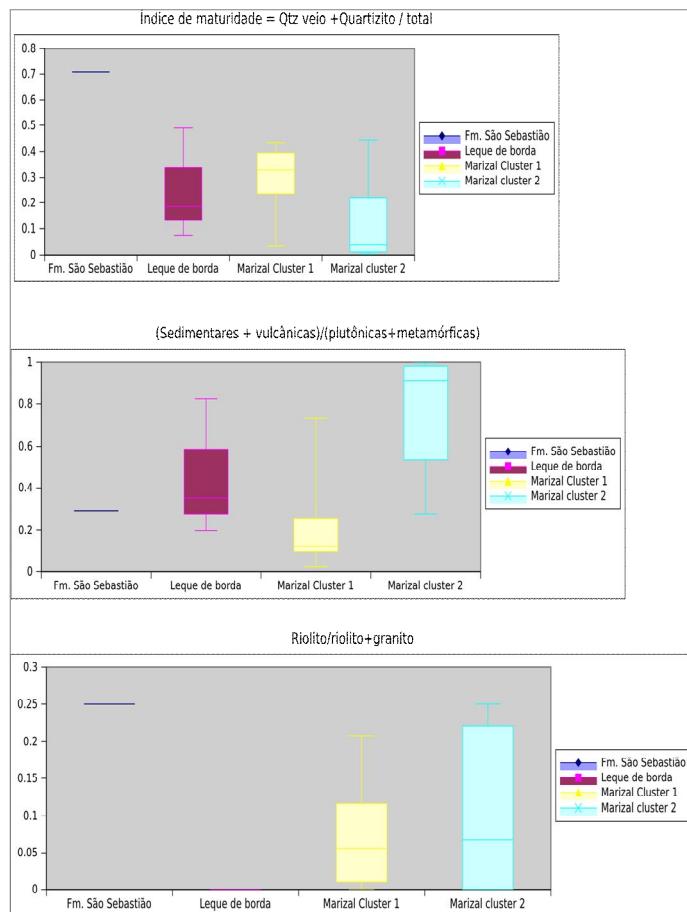
**Figura 12:** (A) Dendrograma (*cluster*) com os agrupamentos dos clastos da Fm. Marizal. (B) *Loadingplot* mostra os clastos pelo método de componentes principais. (C) *Scoreplot* mostra os sítios pelo método de componentes principais.

Em relação ao Índice de maturidade = (Quartzo de veio + Quartzito)/total (**Figura 13**), podemos visualizar uma dispersão e localização diferenciada da amostra da Fm. São Sebastião em relação às demais, indicando possuir maior maturidade, com aproximadamente 70 % de litotipos estáveis, enquanto que as amostras de leque de borda apresentam no máximo 50 %, e as amostras dos *Clusters* 1 e 2 no máximo 45 %. A partir destes resultados é possível inferir que os depósitos da Fm. São Sebastião, contemporânea à deposição dos leques de borda e anterior à deposição da unidade deste estudo (Fm. Marizal), pode representar um sistema fluvial que sofreu

transporte mais prolongado, trazendo os clastos de fontes mais distantes e com provável retrabalhamento policíclico de seixos. Por outro lado, a menor maturidade dos *clusters* 1 e 2 e do leque de borda indicam sistemas deposicionais independentes, com menor transporte sedimentar.

Em relação ao Índice de profundidade = (Sedimentares + Vulcânicas)/(Plutônicas + Metamórficas) (**Figura 13**), podemos visualizar que o *cluster* 1, que representa os pontos localizados nas bordas da bacia, apresenta os menores valores da razão, seguido pelos grupos da Fm. São Sebastião e do leque de borda. Por outro lado o *cluster* 2, que representa os pontos da Fm. Marizal que estão localizados mais ao centro da bacia, em nível estratigráfico inferior, revela valores maiores da razão. Com isto, interpreta-se que os clastos de origem plutônica e metamórfica, provenientes do embasamento, sofrem diminuição quantitativa ao longo do tempo, enquanto que os litotipos de origem sedimentar e vulcânica provenientes de unidades sedimentares anteriores da bacia sofrem aumento quantitativo.

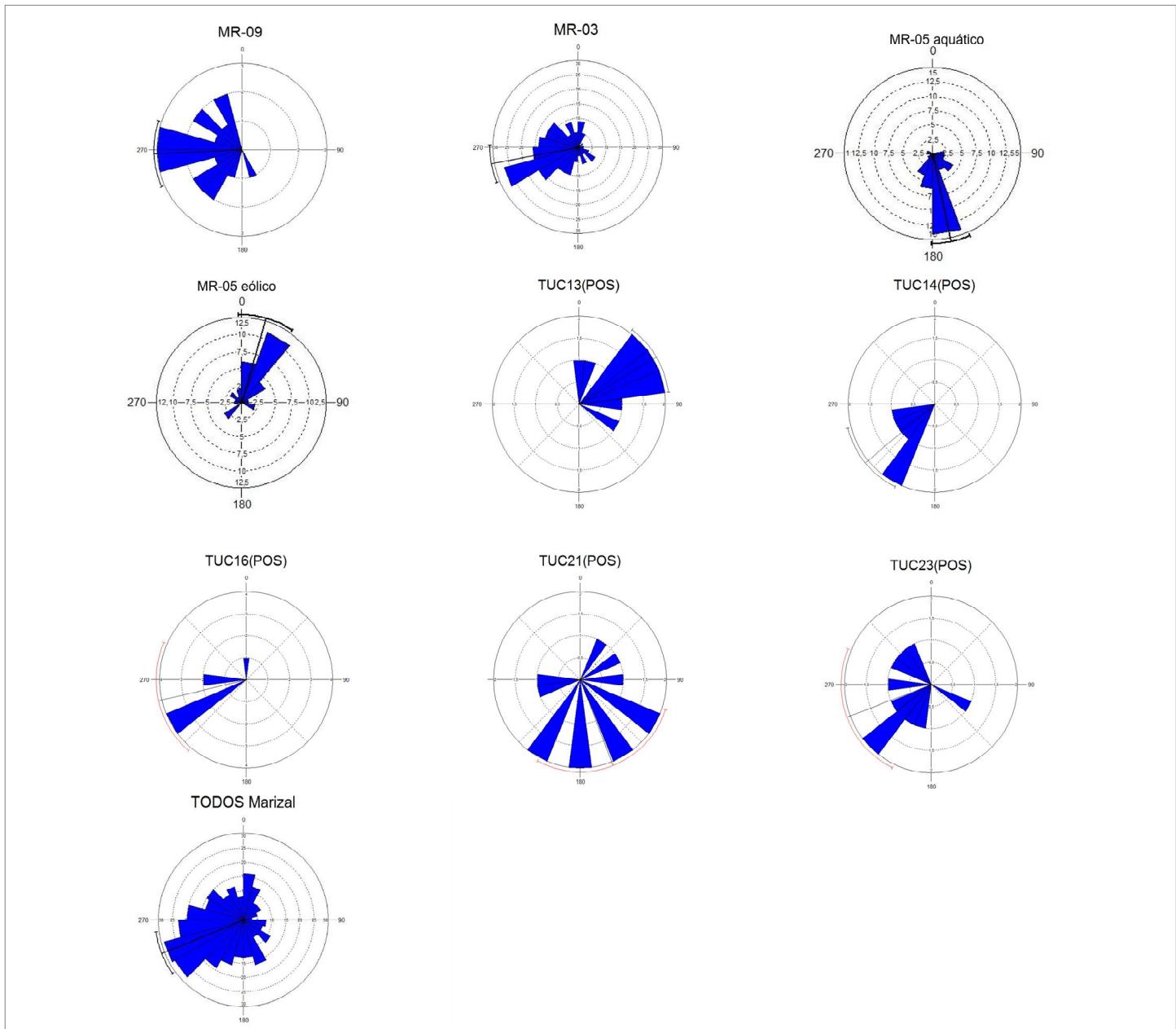
Em relação ao índice Riolito / Riolito + Granito (**Figura 13**) podemos visualizar que os *clusters* 1 e 2 são semelhantes entre si, enquanto que os valores da Fm. São Sebastião e do leque de borda não são representativos para a análise, uma vez que a quantidade de riolito presente é muito pequena.



**Figura 13:** Gráficos Boxplot comparando os índices dos conglomerados da Fm. Marizal, São Sebastião e do leque de borda.

### 6.3 Análise de paleocorrentes

A análise de paleocorrentes da Formação Marizal envolveu a medição de estratos cruzados e limites de séries em 8 afloramento, TUC13, TUC14, TUC16, TUC21, TUC23, MR-03, MR-05 e MR-09, sendo os três últimos estudados em maior detalhe, compondo um conjunto de dados consistentes para a reconstituição dos paleofluxos. A análise contou com um total de 367 medidas, sendo 330 medidas de estratos cruzados e 37 medidas de limites de séries (Figura 14, Tabela 3).



**Figura 14:** Diagramas de rosetas mostrando a distribuição de medidas de paleocorrentes da Formação Marizal.

O conjunto de medidas de paleocorrentes para a Formação Marizal apresenta vetores médios com grande dispersão e indica oscilação na direção dos fluxos. Nos afloramentos TUC14, TUC16, TUC21, TUC23 e MR-03 há concentração de medidas no quadrante SW (**Figura 14**), interpretada como o sentido médio da corrente atuante durante a deposição da fácie Aca da Formação Marizal. As variações de paleocorrentes entre os sítios TUC 14, 16, 21 e 23 é pequena, dentro destes sítios foram observadas variações nas direções de até 90°, o que poderia representar a variação natural das correntes sobre as barras e da orientação de estratos cruzados com relação às correntes, pela presença frequente da fácie de arenito com estratificação cruzada acanalada. No afloramento TUC21 foi revelada dispersão maior, com medidas nos quadrantes SE e SW, enquanto que os demais são mais consistentes, com vetores médios para SW.

**Tabela 3:** Resumo do tratamento estatístico de cada sítio de medidas.

Tratamento estatístico das medidas de paleocorrentes									
Afloramento	TUC 13	TUC 14	TUC 16	TUC 21	TUC 23	MR-03	MR-05	MR-09	TODOS Marizal
Tipo de dado	Ângulos								
Número de observações	19	5	7	4	10	186	69	19	319
Vetor Médio ( $\mu$ )	109,509°	230,494°	256,913°	196,302°	249,168°	259,43°	122,466°	267,359°	248,008°
Comprimento do Vetor Médio (r)	0,553	0,944	0,786	0,627	0,556	0,45	0,207	0,705	0,3
Mediana	114°	228°	235°	197,5°	229,5°	254°	145°	268°	246°
Concentração	1,33	4,493	1,668	1,315	1,193	1,006	0,423	2,039	0,628
Variância Circular	0,447	0,056	0,214	0,373	0,444	0,55	0,793	0,295	0,7
Desvio Padrão Circular	62,377°	19,535°	39,758°	55,383°	62,049°	72,409°	101,669°	47,884°	88,965°
Erro Padrão da Média	15,327°	12,445°	18,914°	31,551°	22,236°	6,243°	23,289°	10,961°	7,396°
Intervalo de Confiança 95% (-/+ para $\mu$ )	79,461°	206,097°	219,833°	134,449°	205,578°	247,191°	76,812°	245,87°	233,508°
	139,557°	254,89°	293,993°	258,155°	292,759°	271,668°	168,121°	288,848°	262,508°
Intervalo de Confiança 99% (-/+ para $\mu$ )	70,022°	198,434°	208,186°	115,019°	191,885°	243,347°	62,47°	239,12°	228,953°
	148,995°	262,554°	305,641°	277,585°	306,452°	275,512°	182,462°	295,598°	267,063°

O afloramento MR-03 também apresenta um conjunto de paleocorrentes com ampla dispersão (medidas em todos os quadrantes), com maior tendência para SW (**Figura 14**). Uma possível interpretação para esta variação é o fato da medição ter sido realizada em depósitos de barras compostas de diferentes direções, além da maioria das medidas serem obtidas em estruturas com geometria festonada que fornecem planos que variam de 180°.

O afloramento MR-09 apresenta um conjunto de medidas de paleocorrentes com ampla dispersão (medidas nos quadrantes NW e SW, **Figura 14**), com maior tendência para NW. Uma possível interpretação para esta direção de paleocorrentes transversais à tendência da unidade é o fato da medição neste sítio ter sido realizada na fácie de arenito com cruzada acanalada associada a depósitos de planície de inundação (fácie pelito laminado). Assim, o fluxo poderia ser produto de possível de rompimento de canal de crevasse.

Ressalta-se que estas fácies apresentam uma distribuição de medidas de paleocorrentes

semelhantes entre si, porém divergem da tendência geral dos sítios medidos no primeiro ano do projeto (TUC 14, 16, 21 e 23) que indicam uma paleocorrente que varia de SW para SE.

O afloramento TUC 13 revelou um conjunto de paleocorrentes distinto da maioria, sendo este para NE (**Figura 14**). Uma possível interpretação para esta divergência é o fato da medição neste sítio ter sido realizada na fácie Ab, que pode ser produzidas por processos fluviais ou eólicos, enquanto que as demais foram medidas na fácie Aca, interpretadas neste trabalho como decorrentes de processos sub-aquáticos. Assim, no caso de transporte eólico, esses dados confirmariam a tendência de paleoeventos para NE.

O afloramento MR-05 apresenta depósitos fluviais e eólicos, sendo a distribuição de medidas de paleocorrentes destas fácies separadas (**Figura 14, Tabela 4**). Assim, as fácies de processos sub-aquáticos do MR-05 revelam uma tendência de transporte para S-SE, enquanto as medidas de paleocorrentes das fácies de processos eólicos do MR-05 uma tendência para NE.

Os resultados obtidos para a fácie de processo eólicos do MR-05 são semelhante aos da fácie eólica do TUC-13. Já os resultados para a fácie de processos sub-aquáticos do MR-05 tem comportamento inverso a fácie de processo eólicos, ou seja semelhante ao dados dos afloramentos TUC 14, 16, 21 e 23.

**Tabela 4:** Resumo do tratamento estatístico das medidas das fácies do afloramento MR-05.

Tratamento estatístico das medidas de paleocorrentes MR-05		
Afloramento	MR-05 Sub-aquatico	MR-05 Eolico
Tipo de dado	Ângulos	Ângulos
Número de observações	38	35
vetor Médio ( $\mu$ )	168,447°	16,223°
Comprimento do vetor Médio (r)	0,792	0,633
Mediana	172°	20°
Concentração	2,763	1,652
Variância Circular	0,208	0,367
Desvio Padrão Circular	39,173°	54,79°
Erro Padrão da Média	6,284°	9,471°
Intervalo de Confiança 95% (-/+ para $\mu$ )	156,127° 180,766°	357,655° 34,79°
Intervalo de Confiança 99% (-/+ para $\mu$ )	152,257° 184,636°	351,823° 40,623°

#### 6.4 Elementos arquiteturais e superfícies limitantes

Para a análise dos elementos arquiteturais e macroformas são necessários afloramentos com dezenas a centenas de metros de largura, revelando o corte de sua geometria. O método proposto por Miall (1985) tem como base as formas geométricas das fácies, sendo que a qualidade do afloramento é fundamental para a visualização das variações laterais. Assim, a análise de elementos arquiteturais e superfícies limitantes foi realizada em detalhe em três afloramentos de excelente exposição (MR-03, 05 e 09) e bons representantes dos depósitos observados na área de estudo. Esta análise permitiu o reconhecimento de cinco tipos de

superfícies limitantes associadas a três elementos arquiteturais (1. *Barras de acréscimo para jusante / lateral*, 2. *Preenchimento de canal*, 3. *Planície de inundação*) (Figura 15).

Ordem Hierárquica	Geometria	Características	Interpretação	Elemento associado
Superfície A Limites de séries		Corresponde ao limite superior e inferior dos foreatos de cruzadas tabulares que apresentam em sua maioria espessura variável entre 15 cm e 50 cm e continuidade lateral de até 8m.	São interpretados como superfícies de deprescional resistentes da sobreposição de sucessivas frentes sub-aquáticas de dunas. Denominada de 1a ordem por Mill (1983) ou de superfície de reativação (Mill 1996).	Barra de acréscimo - frontal e lateral
Superfície B Superfície de reativação		Corresponde a superfícies que podem atravessar sucessivos limites de séries, normalmente dispostas de forma tangencial na base. Ocorrem principalmente associadas as facies Aa e Aa.	São interpretadas como superfícies hierárquicamente superiores ao limite de série, e podem representar a alteração de energia fluo sub-aquático. Em decorrência de variação do nível do rio. Equivalente à superfície de 3a ordem de Mill (1996).	Barra de acréscimo - frontal / canal
Superfície C Superfície erosiva menor		Corresponde a superfícies concavas para o topo, representativas da base de geomatrizes suaves. Estas geomatrizes podem atingir 2 m de espessura da facies Aa e C1 com grande continuidade lateral. Em geral é sobreposta pelas facies Aa.	Podem ser interpretadas como superfícies de rebaixo da barra e / ou canais rasos onde predomina deposição sub-regime de inferior. Podem ser interpretadas como superfícies do topo da barra.	Barra de acréscimo / canal
Superfície D Superfície erosiva maior		Tratam-se de superfícies com aspecto irregular, e em geral concavas para o topo, com extensão de poucas dezenas de metros e espessura que varia de 0,5 a 4 m. Normalmente sobrepor as facies Aa e Aca e é composta pelas facies Ca.	Podem ser interpretadas como superfícies erosivas de escala hierárquica maior que a superfície C, devido a extensão, maior potencial de escavação da base e predominio de deposição conglomerática, o que pode representar paleocanais em meio a barras arenosas. Equivalente às superfícies de 4a e 5a ordem de Mill (1996).	Preenchimento de canal
Superfície E Superfície de inundação		Estas superfícies normalmente limitam as facies Aca e Aa na base e apresentam geometria tabular, com continuidade lateral, com continuidade lateral de algumas dezenas de metros.	Podem ser interpretadas como limites entre intervalos de deposição de interdunas / sub-aquáticas e depósitos predominante lateral gerados por decantação.	Planície de inundação / interdunas

Figura 15: Elementos arquiteturais e superfícies limitantes dos afloramentos MR-03, 05 e 09.

No afloramento **MR-09** foram levantadas três seções, localizadas na parte esquerda, central e direita do afloramento (**Figura 16**), e denominadas respectivamente de MR-09-A, MR-09-B e MR-09-C, com o intuito de interpretar as fácies presentes e as suas relações espaciais.

A seção MR-09-A, localizada na parte esquerda do afloramento, possui 10,6 m de altura e compreende a associação das fácies Cm, Ac, Aa, Pm e Aaf. A seção MR-09-B localizada na parte central do afloramento possui 9,62 m de altura, compreende a associação das fácies Cm, Ac, Pm, Plf e Aa. A seção MR-09-C localizada na parte direita do afloramento possui 10,61 m de altura, compreende a associação das fácies Cm, Ac, Pm, Aa, Plf e Ahf.

Com a elaboração dos fotomosaicos e as seções levantadas foi possível avaliar a arquitetura deposicional e as relações de contato entre as fácies descritas. Deste modo as macroformas reconhecidas no afloramento MR-09 apresentam geometria aparentemente lenticular e tabular, com contatos gradacionais e abruptos entre conjuntos de camadas (**Figura 16**).

O afloramento MR-09 é composto na base por um conglomerado maciço polimítico (Cm) de espessura métrica (1,5 a 2 m), com continuidade lateral. Devido às limitações do afloramento não foi possível determinar o elemento formado por esta fácie, já que não foi possível reconhecer o a geometria da macroforma, que está em contato superior com a fácie arenito conglomerático de estratificação cruzada acanalada (Aca) gradando para arenito grosso com seixos esparsos.

Neste afloramento foi possível o reconhecimento de 3 elementos:

#### *1. Camadas horizontais a lenticularizadas de planície de inundação*

A macroforma formada pela fácie arenito conglomerático com estratificação cruzada acanalada (Aca) possui geometria lenticular, com séries centimétricas a métricas e contato abrupto com a macroforma superior composta pela fácie pelito arenoso mosqueado (Pm). O contato pode ser interpretado como uma Superfície E (Figura 5) entre fácies predominantemente de migração de dunas sub-aquáticas dentro de um cinturão de canais que migra com o tempo.

#### *2. Barras de acréscimo frontal e lateral*

As barras são formadas pela fácie arenito de granulação fina a muito fina, com estratificação cruzada acanalada (Aa), com camadas tabulares formadas por séries centimétricas a métricas que representam depósitos de barras de acréscimo lateral e/ou a jusante, que

constituem uma grande macroforma de geometria tabular de espessura métrica (de 1,5 a 3m) e com grande continuidade lateral.

Em contato gradacional com esta macroforma, ocorre a fácie de arenito com granulação fina a muito fina com estratificação cruzada acanalada (Aa) intercalados com lentes de pelito laminado. Esta associação compõem uma macroforma tabular, formada por séries métricas a centimétricas acanaladas também interpretadas como barras compostas.

### *3. Elemento de Canal*

Sobrepostas às barras compostas, em contato abrupto, ocorrem camadas lenticulares de arenito com estratificação cruzada acanalada (Aa) de granulação grossa a muito grossa intercaladas com lentes de arenito de granulação fina a muito fina. A macroforma composta por esta associação de fácie possui forma lenticular com base regular e topo irregular gerado por feições erosivas que são interpretadas como produto de escavações de canal.

A macroforma superior deste afloramento tem geometria lenticular de espessura métrica (1 a 4 m), formada por séries centimétricas a métricas compostas por arenito laminado heterolíticos com fósseis (Ahf), fino a muito fino intercalado com pelito laminado com fósseis (Plf) e com lentes de arenito de granulação grossa. No topo deste conjunto ocorre uma granocrescência para arenitos médios a grossos com mesma estrutura. Esta macroforma foi interpretada como um depósito de um canal, de pequena escala, possivelmente de rompimento de canal de crevasse.

Mosaico MR-09

No afloramento **MR-05** foram levantadas 2 seções colunares, localizadas na parte esquerda, e direita do afloramento (**Figura 17**) e denominadas, respectivamente, de MR-05-A e MR-05-B.

A seção MR-05-A, localizada na parte esquerda do afloramento, possui 5,6 m de altura. A seção MR-05-B, localizada na parte central do afloramento, possui 7,6 m de altura, ambas compreendem as fácies Ae, Act, Ab, At e Ct.

No afloramento MR-05 são reconhecidas duas grandes superfícies limitantes, uma que separa o arenito eólico com estratificação cruzada (Ae), localizado na base do afloramento, do arenito estratificado de cruzada tabular (At) e do arenito conglomerático estratificado de cruzada tabular (Act). Esta superfície pode ser tanto plana na parte norte do afloramento como erosiva na parte sul, sendo interpretada como o hiato temporal entre um ambiente dominado por campo de dunas eólicas e outro dominado por migração de dunas sub-aquáticas. E a outra superfície, denominada Superfície C (superfície erosiva menor) (**Figura 15**) representa escavações de menor escala dentro da barra composta, normalmente na base da fácie arenito conglomerático com estratificação cruzada tabular (Act), que separa arenito com estratificação cruzada tabular (At) com abundantes seixos esparsos de arenito com estratificação cruzada tabular com poucos seixos esparsos. Neste afloramento foi possível o reconhecimento de 3 elementos:

### *1. Dunas eólicas*

Na base do afloramento foi identificada uma macroforma (I) de grande continuidade lateral, composta pela fácie de arenito eólico com estratificação cruzada (Ae). Na porção Sul do afloramento ocorre de modo associado outra macroforma (II) sobre a anterior, esta composta predominantemente por arenito com estratificação cruzada de baixo ângulo (Ab). Na base ocorrem intercalações com pelitos laminados esverdeados. A geometria da macroforma inferior (I) não foi identificada devido a sua exposição incompleta. Já a macroforma superior (II) é formada por camadas de geometria lenticular de base erosiva com acréscimo a jusante. Estas macroformas (I e II) juntas estão em contato erosivo com outras macroformas lenticulares superiores. Este contato apresenta-se com feições de escavação de maior escala na porção norte, responsável pela não continuidade da macroforma II nesta porção do afloramento. Este elemento foi interpretado como depósitos de dunas e interdunas em sistema eólico.

## 2. Barras de acréscimo frontal e lateral

O elemento de barras compostas ocorre sobreposto ao elemento descrito anteriormente, como camadas de geometrias lenticulares e tabulares formando duas grandes macroformas. Uma das macroformas (I), de espessura métrica (0,5 a 3m), é formada pela associação das fácies: arenito com estratificação cruzada tabular (At), arenito conglomerático com estratificação cruzada tabular (Act) e conglomerado com estratificação cruzada tabular (Ct). O arenito com estratificação cruzada tabular (At) ocorre como três corpos lenticulares de extensão decamétrica (10 a 35 m) e espessura centimétrica a métrica (30 cm a 1 m), limitados por superfícies côncavas erosivas compostas pela fácies Act e Ct. A outra macroforma (II) dispõe-se de forma tabular de espessura métrica (1,5 a 4 m), com grande continuidade lateral e é composta pela fácies de arenito com estratificação cruzada tabular (At), com camadas tabulares de séries métricas a decamétricas, formando barras de acréscimo lateral na porção nordeste e de acréscimo a jusante na porção central do afloramento. Este conjunto foi interpretado como depósitos de barras compostas em sistema sub-aquático.

## 3. Elemento de Canal

Este elemento é constituído pela associação de duas fácies, arenito conglomerático com estratificação cruzada tabular (Act) e o conglomerado com estratificação cruzada tabular (Ct), e ocorre como feições erosivas de corte e preenchimento e formas de leito conglomeráticas, ambas formas erodindo lentes da fácie At. Este elemento apresenta forma canalizada, composta por dois canais principais que se cortam, de espessura métrica (2 m) com séries de acréscimo a jusante, e em forma de cunha com gradação interna nos *foresets*. A base apresenta geometria côncava e topo retilíneo limitado por uma superfície erosiva composta pela fácie Ct. Sobre a superfície erosiva descrita acima, ocorre depósito do arenito com estratificação cruzada tabular (At), com séries métricas de geometria tabular de acréscimo. Este elemento foi interpretado como depósitos de canais secundários sobre depósitos de barras compostas.

MOSAICO MR-05

No afloramento **MR-03** foi levantada uma seção (**Figura 18**), localizada na parte central do afloramento (**Figura 18**), e denominada de MR-03, com o intuito de interpretar as fácies presentes e as suas relações espaciais. A seção MR-03 possui 7,4 m de altura, compreende as fácies Aa, Aca e Ca. Com a elaboração do fotomosaico e da seção levantada foi possível avaliar a arquitetura deposicional e as relações de contato entre as fácies descritas.

Deste modo, no afloramento MR-03 é possível reconhecer uma superfície limitante classificada como Superfície C (superfície erosiva maior) (**Figura 15**), localizada próximo ao topo do afloramento, que separa a fácie de conglomerado com estratificação cruzada acanalada (Ca) das fácies de arenito conglomerático com estratificação cruzada acanalada (Aa) e de arenito com estratificação cruzada acanalada. Esta superfície marca o intervalo entre a deposição de barras compostas e elementos de canal fluvial que as erodem de forma irregular e lateralmente contínua. Neste afloramento foi possível o reconhecimento de 2 elementos;

### *1. Barras compostas*

O elemento barras compostas apresenta grande continuidade lateral e ocorre da base do afloramento quase até o topo, onde é limitado no topo por uma Superfície D (superfície erosiva maior) (Figura 5). Este elemento é composto pela associação da fácie de arenito conglomerático com estratificação cruzada acanalada (Aca) com a fácie de arenito com estratificação cruzada acanalada (Aa), formando um conjunto de camadas de geometria lenticular de base erosiva e subordinadamente tabular, com extensão métrica a decamétrica (1 a 10) e espessura métrica (30cm a 2m). Estas camadas são na maior parte formadas por estruturas festonadas que variam de escala, mas no geral têm quase 1m de amplitude e mais de 1m de comprimento. Este elemento foi interpretado como depósitos de barras compostas em sistema sub-aquático.

### *2. Elemento de canal*

Este elemento é composto pela fácie conglomerado com estratificação cruzada acanalada (Ca), e ocorre no topo do afloramento compondo uma macroforma de grande continuidade lateral, que forma a superfície erosiva maior, de geometrias com aspecto irregular, e em geral côncavas para o topo. Normalmente sobrepõe a fácie de arenito com estratificação cruzada acanalada (Aa)

do elemento barras compostas, em contato abrupto. Esta macroforma é formada aparentemente por três canais de diferentes tamanhos que se interceptam, formados por camadas lenticulares de espessura métrica (1 a 4m) e extensão métrica a decamétrica (8 a 16m). Este elemento é interpretado como depósito de canais secundários sobre uma sucessão de barras.

**Figura 10:** Seção MR-03.

Mosaico MR-03

## **6.5 Variação espacial dos conglomerados**

Os conglomerados aqui estudados estão localizados em grande parte próximo à borda leste da Bacia, com diminuição de ocorrência para o centro desta. Geralmente ocorrem na base dos afloramentos dos depósitos da Formação Marizal e apresentam variações consideráveis quanto suas estruturas e geometrias (estas quando possuem exposição adequada para serem reconhecidas), além de variações de composição em escala regional. Estes foram classificados e divididos em três fácies sedimentares (item 6.1 Caracterização das fácies): Conglomerado maciço suportado pelos clastos (Cm), Conglomerado com estratificação cruzada acanalada (Ca) e Conglomerado com estratificação cruzada tabular (Ct).

Com base na análise da distribuição em área dos tipos de fácies dos conglomerados e na análise destas fácies foi possível definir três grupos distintos: (I) na porção sudoeste da Bacia, próximo a borda oeste (TUC-13), que corresponde ao Cm com intercalação de camadas de arenitos grossos a conglomeráticos com laminação plano-paralela; (II) na porção sudeste da Bacia, próximo a borda leste (TUC-20 e 21), que corresponde ao Cm em camadas espessas, com proporção maior de calhaus em relação aos demais conglomerados, sobreposto a uma sucessão composta da base para o topo por: arenito conglomerático estratificado e convoluto, siltito laminado e arenito estratificado; e (III) nas porções nordeste e centro-leste da Bacia, correspondem a Ca e por vezes a Ct, em geometrias côncavas e/ou associados a lentes de arenitos conglomeráticos estratificados. Nos conglomerados estudados foram reconhecidos dois tipos de elementos arquiteturais: preenchimento de canal em III geralmente associados a barras e formas de leito cascalhentas; e sedimentos de fluxos gravitacionais em I e II.

## **7 DISCUSSÃO**

Os estudos realizados com base no reconhecimento das fácies sedimentares, das associações destas fácies e dos elementos arquiteturais que compõe a Formação Marizal na Bacia do Tucano-Central revelam dois tipos de sistemas deposicionais, com predomínio de

sistemas fluviais, e subordinadamente sistemas eólicos.

A descrição das fácies sedimentares que constituem o Sistema fluvial revelou predomínio de fácies de tração em regime de fluxo inferior, principalmente arenitos com estratificação cruzada acanalada, resultantes da migração de dunas subaquáticas de cristas sinuosas. Além destas, foram identificadas, com menor frequência, fácies pelíticas resultantes da alternância de tração e decantação.

Através da análise de elementos arquiteturais e superfícies limitantes nos três afloramentos estudados em detalhe (MR-03, 05 e 09), foram interpretados três elementos característicos de depósitos fluviais identificados conforme Miall (1996). Na Formação Marizal estes depósitos são representados por um ambiente marcado pela predominância de barras compostas (lateral / para jusante) com geometrias bem desenvolvidas de até 4 m de espessura e algumas dezenas de metros de largura, semelhante aos descritos por Lima & Vilas Boas (2000) na Bacia do Recôncavo. Em menor proporção ocorrem ambientes de canais pouco desenvolvidos, limitados na base por superfícies erosivas de menor e maior escala, nunca superiores a algumas dezenas de metros de extensão. Estas são interpretadas como incisões de dimensões menores que não representam a escala do canal fluvial. Também de forma restrita na área de estudo, ocorre um elemento característico de ambientes de planície de inundação, no qual é marcante a influência de alteração pedogenética incipiente e abundantes fragmentos vegetais, também identificados por Lima & Vilas Boas (2000) região do Recôncavo.

A relação estratigráfica de alternância vertical entre os dois primeiros ambientes deposicionais pode ser interpretada como períodos de maior aporte sedimentar com deposição de barras compostas com recorrência de migração lateral de canais, logo sobrepostos por planícies de inundação. A frequente presença de elementos como canais pequenos e rasos com retrabalhamento de planícies de inundação sugere a preservação de depósitos de rompimento de canal de crevasse, inclusive sobre áreas vegetadas.

A medição de paleocorrentes realizada nos estratos cruzados das barras do afloramento MR-05 favorece a existência de uma componente de paleofluxo médio da porção Leste para Oeste da bacia, contrapondo aos modelos expostos por Lima e Vilas Boas (2000) que sugerem predomínio de fluxo para SE, com algumas medições para sul e nordeste da bacia e por Assine (1994) que revela predomínio de fluxo para Sul-Sudeste.

A medição de paleocorrentes nos estratos cruzados das barras e do elemento de canal dos afloramentos MR-09 (com tendência para S-SE) e MR-03 (com tendência para SW) também favorecem a existência de um canal bem desenvolvido com paleofluxo médio para Sudoeste-Sudeste, ajustando-se aos paleofluxos obtidos nos demais sítios medidos (TUC 14, 16, 21 e 23), parcialmente condizentes com os dados constatados por Rolim & Mabesoone (1982), Assine (1994), Lima & Vilas Boas (2000) e Santos *et al* (2010).

O sistema deposicional de campo de dunas eólicas foi aqui caracterizado como possivelmente restrito e pouco desenvolvido, representado nos afloramentos MR-05 e TUC13, respectivamente, à leste e na região central da sub-bacia Tucano central. A presença do elemento de planície de inundação sobre as fácies eólicas pode ser interpretada de duas formas: (1) retrabalhamento e deposição do sistema fluvial, ou como (2) áreas onde predominava a deposição de pelito em interdunas úmidas conectadas a um sistema fluvial. A distribuição de medidas de paleocorrente deste sistema revela uma tendência de paleovento para nordeste.

No contexto paleogeográfico regional, os dados de paleofluxo obtidos se ajustam parcialmente com os dados dos sedimentos fluviais da Formação Barbalha na Bacia do Araripe (Assine, 1994), de mesma idade da Formação Marizal (Aptiano-Albiano). Enquanto o paleofluxo médio da Fm. Marizal é para sul o da Fm. Barbalha é para sudeste, indicando uma paleo-rede hidrográfica semelhante, como interpretado por Assine (1994).

A análise de proveniência realizada nas amostras da Formação Marizal, indicou uma grande variedade de áreas-fonte, revelada por uma grande diversidade de litotipos através da contagem de clastos em diferentes áreas (**Figura 10; Anexo 2 e 3**). Os principais clastos correspondem a litotipos de: arenito, basalto, brecha, conglomerado, calcário, calcarenito, carvão, filito, granito, leuco-granito, granito milonítico, metabásica, quartzo de veio, quartzito, vulcânica ácidas, silexíctico, siltito e xisto. Segundo a análise multivariada de agrupamento, as amostras da Formação Marizal foram divididas em dois grupos (*clusters*), um relacionado a amostras na porção central da sub-bacia Tucano Central (*cluster 2*) e outro a amostras mais ao norte e à leste (*cluster 1*).

As fontes de clastos mais prováveis para o *cluster 1* são as rochas identificadas na Faixa Sergipana, onde segundo Santos *et al.* (1997) afloram metarenitos, metasiltitos, metagrauvacas, quartizitos, carbonatos dos Grupo Estância e Grupo Vaza Barris; além de xistos da Formação Traipu-Tamataia do Grupo Macururé. As rochas sedimentares, como arenitos finos e siltitos a argilosos, ocorrem dentro da Formação Lagarto (Grupo Estância). A presença de rochas vulcânicas ácidas neste *cluster* é significativa nos pontos de contagem logo à sul de Jeremoabo, não ocorrendo nas demais contagens que compõem o *cluster*. Isto pode indicar uma provável fonte localizada no Domínio Macururé aproximadamente 50 km à leste. Os clastos de granitóides identificados no *Cluster 1* apontam para duas possíveis fontes de acordo com sua composição mineralógica. A primeira, com maior contribuição de granitóides do tipo Glória, está situada pelo menos a 30 km de distância dos sítios de contagem (**Figura 19**), e a segunda, com pouca contribuição de granitóides, está localizada na porção mais ao norte da Faixa Sergipana (ex. Complexo Entrecortes, Complexo Presidente Juscelino, Suíte Granítóide Tipo Pedra-Mata Grande), onde é frequente a presença de biotita granitos porfiróides, biotita gnaisse e migmatitos (Gava *et al* 1983).

O *Cluster 2* apresenta como possíveis fontes para as rochas sedimentares unidades paleozóicas depositadas sobre o Cráton do São Francisco (Formações Tacaratu, Inajá, Curituba e Santa Brígida), que são formadas predominantemente por conglomerados, arenitos e arcóseos finos e grossos, localizados à nordeste, a cerca de 50 km. Estas fontes, de acordo com a análise estatística, ocorrem em todos os sítios de contagem, com destaque no *cluster 2*. Além disso, este *cluster* revela a possibilidade de uma outra fonte importante, pois possui dois sítios de contagem (TUC 20 e TUC 21) com percentual de clastos de arenitos superior a 90 %, localizados a maior distância das unidades paleozóicas, o que contradiz os dados dos índices de baixa maturidade (**Figura 13**), também evidenciado no posicionamento dos *clusters* em área (**Figura 19**). Deste modo, sugere-se para estes sítios uma fonte mais local com retrabalhamento de arenitos mais antigos da própria bacia durante a deposição da Formação Marizal.

Uma possível fonte para as rochas metavulcânicas e riolitos identificados em grande parte dos sítios de contagem pode ser atribuída ao Grupo Miabas, localizado pelo menos 80 km à sudeste. No entanto, a análise de paleocorrente invalida esta hipótese, pois o sentido da paleocorrente precisaria ser para noroeste, portanto contrário a média das medidas obtidas na distribuição em área.

A análise de proveniência associada aos resultados de paleocorrente permitiu identificar como principais fontes: rochas da Faixa Sergipana, rochas de Unidades paleozóicas depositadas sobre o Cráton do São Francisco, e rochas de unidades sedimentares, mais antigas que a Formação Marizal, retrabalhadas da própria bacia (**Figura 19**). Esta interpretação é condizente com os dados e áreas fontes apontadas por Santos *et al* (2010).

Ao percorrer a área de estudo foi possível identificar uma variação espacial vertical e uma variação espacial horizontal da Formação Marizal ao longo da Bacia do Tucano-Central. Próximo à borda leste da bacia, numa análise de norte para sul, identifica-se a existência de uma variação na ocorrência das associações de fácies e dos elementos arquiteturais nos afloramentos, conforme a mudança da cota topográfica. Os afloramentos localizados abaixo da cota 350 m, mais comumente apresentam um predomínio de associações arenosas e cascalhosas compostas pelas fácies Ca, Ct, Aca, Act, Aa e At, que constituem elementos de Canal e de Barras Compostas (exemplo afloramento MR-03 e MR-05). Já acima desta cota os afloramentos apresentam associações mais pelíticas, interpretadas como planícies de inundação (exemplo MR-09).

Entretanto em uma avaliação de leste a oeste, entre as cidades de Cícero Dantas a cidade de Euclides da Cunha, além da mesma variação vertical da ocorrência das fácies até as proximidades de Betânia, observou-se também uma variação espacial horizontal. A partir deste ponto a região passa a inserir-se no contexto de serras e vales profundos com exposições da Formação Marizal que apresentam formas em tabuleiros com topos achatados, com afloramentos caracterizados pelo empilhamento de sucessões com arquiteturas fluviais, compostas por depósitos de barras de grandes espessuras, que compõem afloramentos com muitas dezenas de

metros de altura. Estes afloramentos apresentam um grande volume de sedimentos, sugerindo que o sistema fluvial responsável por estes depósitos apresentava um tamanho consideravelmente grande, que junto com o padrão uniforme de paleofluxo para sudoeste com variações para sudeste da bacia, corroboram a interpretação de um grande rio (Assine 1994).

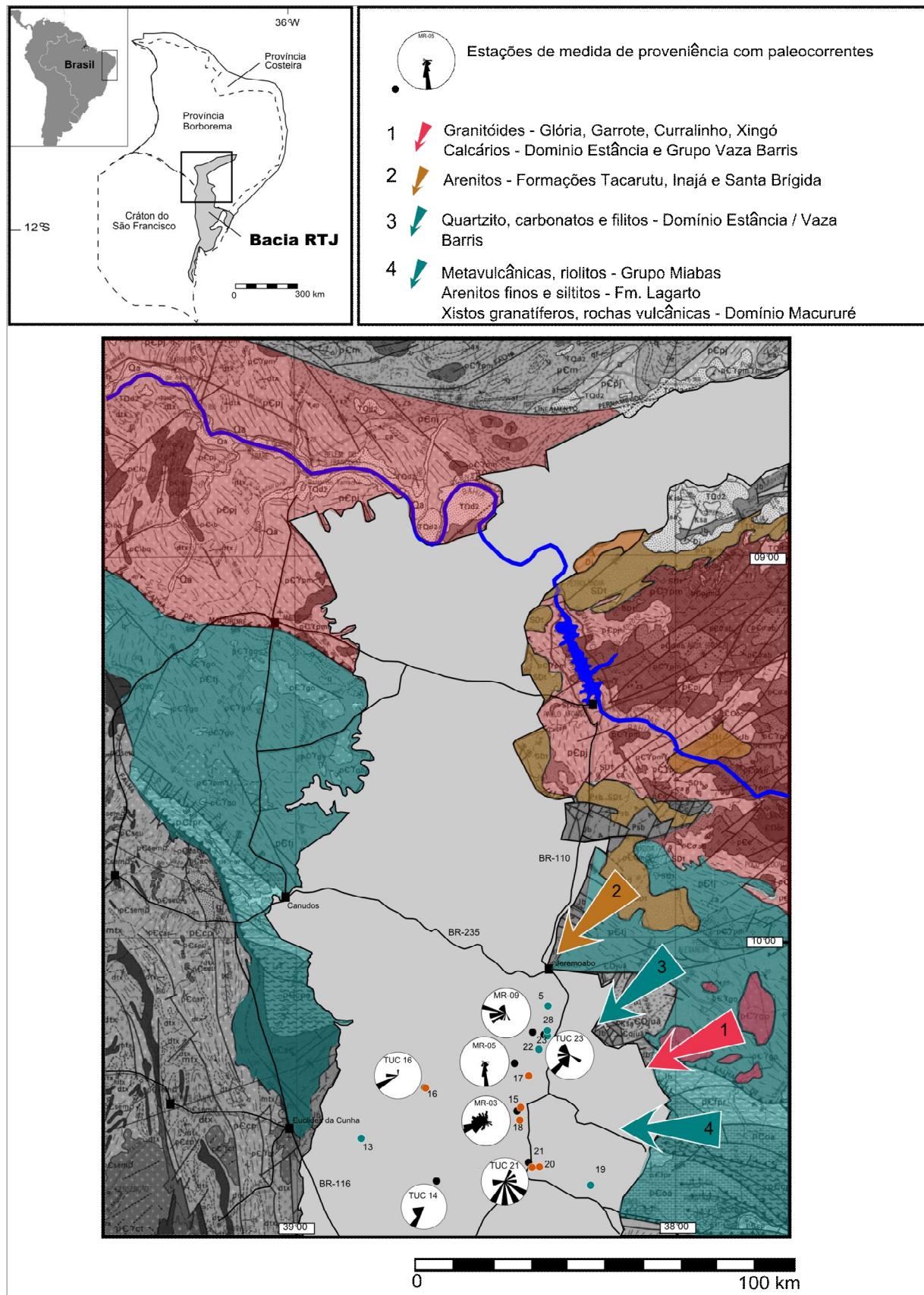


Figura 19: Mapa de localização da bacia do Reconcavo-Tucano-Jatobá dentro do contexto tectônico do nordeste brasileiro. Em detalhe mapa geológico extraído de Projeto RADAMBRASIL, 1983, com destaque para a distribuição de paleocorrentes nos MR-03, MR-05, MR-09 e de proveniência em cada estação de medida.

## 8 CONCLUSÕES

As análises de caracterização das fácies permitiram o reconhecimento de 13 fácies, agrupadas em três conjuntos de fácies: fácies conglomeráticas (Cm, Ca e Ct) fácies arenosas (Aca, Act, Aa, Ae, Ab, At e Aaf) e fácies pelíticas (Pm, Plf e Ahf).

A análise de arquitetura deposicional permitiu o reconhecimento de cinco tipos de superfícies limitantes (1. Limites de séries, 2. Superfície de reativação, 3. Superfície erosiva menor, 4. Superfície erosiva maior, 5. Superfície de inundação) associadas a três elementos arquiteturais (1. *Barras de acréscimo para jusante / lateral*, 2. *Preenchimento de canal*, 3. *Planície de inundação*).

A Formação Marizal na bacia do Tucano Central, entre os municípios de Cícero Dantas e Jeremoabo, pode ser interpretada como composta por dois sistemas deposicionais. O primeiro sistema que predomina é o estilo fluvial, caracterizado por depósitos de canal, de barras compostas (acréscimo lateral / jusante) e de planícies de inundação. As paleocorrentes deste sistema revelam um paleofluxo médio para sudoeste com variação para sudeste. O sistema eólico, pouco estudado neste trabalho, revela o segundo sistema deposicional da área do Tucano Central, com paleoeventos para nordeste distribuídos dentro de uma área de deposição aparentemente restrita.

Os clastos e seixos identificados nos conglomerados da Fm. Marizal possuem grande diversidade de litotipos, apresentando-se em 18 classes: arenito, basalto, brecha, conglomerado, calcário, calcarenito, carvão, filito, granito, leuco-granito, granito milonítico, metabásica, quartzo de veio, quartzito, vulcânica ácidas, silexíctico, siltito e xisto.

O paleofluxo reconhecido é condizente com a contribuição de rochas do embasamento próximo situado predominantemente à nordeste e à leste da Bacia, dentro dos limites da Faixa Sergipana. Como segunda fonte de proveniência deste sistema fluvial sugerem-se rochas sedimentares da própria bacia, retrabalhadas durante a deposição da Fm. Marizal. Com isso pode-se inferir que a bacia de captação de drenagem da Fm. Marizal que aportava na área do Tucano central era próxima e bem desenvolvida à leste e à nordeste, com retrabalhamento principal de norte pra sul.

Com tudo, a partir das interpretações feitas sobre a Formação Marizal pode-se sugerir um modelo possível do paleoambiente de deposição: um grande rio que corre de norte para sul, com presença de rios distributários secundários com menor contribuição.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aitchison J. 1986. The statistical analysis of compositional data. Chapman and Hall, London. 416p.
- Assine, M.L. 1994. Paleocorrentes e paleogeografia na Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, 24: 223-232.
- Barbosa, J. S. F. & Sabaté, P. 2003. Colagem paleoproterozóica de placas arqueanas do Cráton São Francisco na Bahia', *Revista Brasileira de Geociências* **33**, 7-14.
- Barbosa, J.S.F & Sabaté, P., 2004. Archean and Paleoproterozoic crust of the São Francisco Craton, Bahia, Brazil: geodynamic features. *Precambrian Research* **133**: 1-27.
- Basilici, G. & Oliveira, E. P. 2006. Tidal-dominated sandy coast: The Lagarto Formation, Early Cambrian, Sergipe."XLIII Congresso Brasileiro de Geologia, Aracaju.
- Brazil, J. 1947. *Resume of geologic reconnaissance of the North of Bahia sedimentary embayment, Northeast Bahia - and West edge of Sergipe, Salvador*, PETROBRÁS relatório 281, 24 p.
- Brito Neves, B.; Beurlen, H. & Santos, E. 1982. Characteristics and mineralizations of Arquian and Early Proterozoic of the Borborema Province, Brazil, *Revista Brasileira de Geociências* **12** (1-3), 234-239.
- Chang, H.K., Kowsmann, R.O., Figueiredo, A.M.F., 1988. New concepts on the development of East Brazilian marginal basins. *Episodes*, 11 (3): 194-202.
- Chaves, J. M. & Celino, J. J. 1993. Os granitóides do Domínio Macururé e a sua implicação na evolução geodinâmica da Faixa Sergipana (NE do Brasil). *Simpósio do Cráton do São Francisco*, 2, 1993, Salvador. *Anais, Salvador* : SBG/SGM, pp. 308-311.
- Costa, I.P., Bueno, G.V., Milhomem, P.S., Lima e Silva, H.S.R., Kosin, M.D. 2007a. Sub-bacia de Tucano Norte e Bacia de Jatobá. *Boletim de Geociências da Petrobrás*, **15** (2): 445-453.
- Costa, I.P., Milhomem, P.S., Bueno, G.V., Lima e Silva, H.S.R., Kosin, M.D., 2007b. Sub-bacias de Tucano Sul e Central. *Boletim de Geociências da Petrobras*, **15** (2): 433- 443.
- Davis, J. C. Wiley, J. & Sons, Inc, s. e., ed. 1986. *Statistics and Data analysis in Geology*.
- Delgado, I.; Souza, J.; Silveira Filho, N.; Santos, R.; Pedreira, A.; Guimaraes, J.; Angelim, L. L. A.; Vasconcellos, A.; Gomes, I.; Lacerda Filho, J.; Valente, C.; Perrota, M. & Heinec, C., 2003. Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil: textos, mapas & SIG. In: Buzzi, L.A.,
- Dürr S.B. 1996. Provenance of Xigaze fore-arc basin clastic rocks (Cretaceous, south Tibet). GSA

Bulletin, 108(6):669-684.

- Gáal, G.; Teixeira, J. & Dél Rey Silva, L. J. H. 1987. Early Proterozoic Crustal Evolution and Metallogenesis, NE Bahia, Brazil. *International Symposium on Granites and Associated Mineralization, Salvador*.
- Gava, A.; Nascimento, D. A. & Vidal, J. L. B. 1983. Levantamento de recursos naturais, *Projeto RADAM Brasil: folha SC. 24/25, Aracaju-Recife. Rio de Janeiro, 30. p. 8.*
- Graham, J. 1988. Collection and analysis of field data, in M. Tucker, ed., 'Techniques in sedimentology', Blackwell Scientific Publications, pp. 5-62.
- Ghignone, J.I., 1979. Geologia dos sedimentos fanerozóicos do Estado da Bahia. In: Inda, H.A.V. (Ed.), Geologia e recursos minerais do Estado da Bahia: textos básicos. Salvador, v. 1, p. 24-117.
- Lima, C. & Vilas Boas, G. 2000. A arquitetura deposicional da Formação Marizal (Cretáceo inferior) na bacia do recôncavo, Bahia). *Revista Brasileira de Geociências*, 30 (4): 729-736.
- Lima, C. & Vilas Boas, G. 1994. Mecanismos de Transporte e deposição dos conglomerados da Formação Marizal (Cretáceo Inferior) na Bacia do Recôncavo, Bahia, Brasil, *Revista Brasileira de Geociências* **24 (4)**, 240-246.
- Lima, C.C.U., 1991. Reconstrução Arquitetural da Formação Marizal na Bacia do Recôncavo, Bahia Brasil. Dissertação de Mestrado, UFBA. 115 p.
- Magnavita, L.P., Davison, I., Kusznir, N.J., 1994. Rifting, erosion, and uplift history of the Recôncavo-Tucano-Jatobá Rift, northeast Brazil. *Tectonics*, **13** (2): 367-388.
- Magnavita, L., Destro, N., Carvalho, M.S.S., Milhomem, P.S., Souza-Lima, W. 2003. Bacias Sedimentares Brasileiras: Bacia Tucano. Fundação Paleontológica Phoenix, Ano 5, Número 52, ISSN 1517-7351.
- Magnavita, L.P. 1996. Estruturas e Tectônica do Rift do Recôncavo -Tucano-Jatobá. Cap. XI, Texto Explicativo para o Mapa Geológico do Estado da Bahia. SGM, Salvador, pp.239-259
- Magnavita, L. P.; Davison, I. & Kusznir, N. J. 1994. Rifting, erosion, and uplift history of the Recôncavo-Tucano-Jatobá Rift, northeast Brazil. *Tectonics*, **13**(2): 367-388.
- Marconato, A. 2010. A influência da evolução de altos estruturais em sucessões aluviais: exemplos do Ediacarano e do Cambriano da Bacia Camaquã (RS). Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências. USP.
- Martín-Fernandez J.A., Barceló-Vidal C. & Pawlowsky-Glahn V. 2003. Dealing With Zeros and Missing Values in Compositional Data Sets Using Nonparametric Imputation. *Mathematical Geology*, **35**(3): 253-278.

- Mello E.F., Xavier R.P., Mcnaughton N.J., Fletcher I., Hagemann S., Lacerda C.M.M., Oliveira E.P. 2000. *Age constraints of felsic intrusions, metamorphism, deformation and gold mineralization in the paleoproterozoic Rio Itapicuru greenstone belt, NE Bahia State, Brazil.* In: *International Geological Congress, 31., Abstract Volume, Special Symposium 18.4 - Stable and radiogenic isotopes in metallogenesis. CD-ROM.*
- Miall, A. D. 1974. Palaeocurrent analysis of alluvial sediments: a discussion of directional variance and vector magnitude', *Journal of Sedimentary Petrology* 44(4), 1174-1185.
- Miall, A.D., 1978. Lithofacies types and vertical profile models in braided river deposits: a summary. In: A.D. Miall (Editor), *Fluvial Sedimentology*. Can. Soc. Petrol. Geol. Mem., 5: 597-604.
- Miall A.D. 1985. Architectural-element analysis: a new method of facies analysis applied to fluvial deposits. *Earth Sciences Reviews*, 22:261-308.
- Miall A.D. 1990. *Principles of sedimentary basin analysis*. Springer-Verlag, New York, 2 ed., 668pp..
- Miall A.D. 1996. *The Geology of Fluvial Deposits: Sedimentary Facies, Basin Analysis and Petroleum Geology*. Springer. Berlin, 852 pp..Mia
- Miall, A. D., 1999, In defense of facies classifications and models: *Journal of Sedimentary Research*, v. 69, p. 2-5.
- Miall A.D. 2000. *Principles of sedimentary basin analysis*. Springer-Verlag, New-York, 3 ed., 616pp..
- Milani, E. & Davison, I., 1988. Basement control and transfer tectonics in the Recôncavo-Tucano-Jatobá rift, Northeast Brazil Tectonophysics, 154, 41-50,53-70.
- Oliveira E.P., Lafon J.M., Souza Z.S. 1999. Archean-Proterozoic transition in the Uauá Block, NESão Francisco Craton, Brazil: U-Pb, Pb-Pb and Nd isotope constraints. In: SBG, SNET, 7, Lençóis, Bahia, Anais, 1:38-40.
- Pawlowsky-Glahn V. & Egozcue J.J. 2006. *Compositional data and their analysis: an introduction. Geological Society of London Special Publications*. 264:1-10.
- Potter, P. E. & Pettijohn, F. J. 1977. *Paleocurrents and basin analysis*, Springer-Verlag, New York.
- Reading H.G. 1986. Facies. In: H.G. Reading (Ed.), *Sedimentary Environments and Facies*, Blackwell, Oxford, 2 ed., pp. 4-19.
- Reading. H.G., 1996, *Sedimentary Environments and Facies: Processes, Facies and Stratigraphy*, 3rd edition: Blackwell Scientific Publishing, 688p.
- Rebelo Santos, E. 1962. Geologia da área Posso Verde-Adustina, leste da Bacia de Tucano. Salvador, PETROBRÁS, RPBA, CETECS, Relatório interno 527.

- Rios D.C. 2002. Granitogenese no Núcleo Serrinha, Bahia, Brasil: Geocronologia e Litogeоquimica. Inst. de Geociências, Universida- de Federal da Bahia, Bahia, Tese de Doutoramento, 233p.
- Rolim, J.L., Mabessone, J.M. 1982. Um modelo de grande rio para as baciasrift do Recôncavo-Tucano-Jatobá (Purbeckiano-Aptiano, Nordeste do Brasil). In: CONGR. BRAS. GEOL., 32, Salvador, 1982. Anais de congresso. Salvador, SBG, v.4, p. 1406-1412.
- Santos, C.C., 2010. *Projeto Bacia do Tucano Central: Estados da Bahia e Sergipe*: texto explicativo/Caroline Couto Santos, Carolina Reis, Augusto José Pedreira, Orgs.-Salvador: CPRM.
- Santos, R.; Melo, R.; Matins, A.; Silva Filho, M.; Leal, R. & Pedreira, A. 1997. *Geologia e recursos naturais do Estado de Sergipe, PLGB do Brasil*, CPRM, Codise, In:Geologia do Estado de Sergipe.
- Gava, A.; Nascimento, D. A. & Vidal, J. L. B. 1983. Levantamento de recursos naturais, *ProjetoRADAM Brasil: folha SC. 24/25, Aracaju-Recife*. Rio de Janeiro, 30. p. 8.
- Santos, R.; Souza, J.; Teixeira, L. & Pedreira, A. 1988a. *Santa Brígida, Folha SC.24-X-C-V Estados da Bahia e Sergipe, Textos e mapas Esc. 100000*. Brasília, DNPM/CPRM.
- Santos, R.; Menezes Filho, N. R. & Souza, J. 1988b. *Carirá, folha SC.24-Z-A-III, Texto e mapas Esc. 1:100000*. Brasília, Programa de Levantamentos Básicos do Brasil, capítulo 2, DNPM.
- Santos, R. & Souza, J. 1988c. *Piranhas, Folha SC.24-Z-C-IV, Texto e mapas Esc. 1:100000*. brasília, Programa de levantamento Geológicos Básicos do Brasil. v.123, DNPM.
- Sensora. 1982. Guia de campo de Geologia Estrutural das bacia de Tucano e Reconcavo, p. 1-69.
- Silva Filho, M., Bonfim, L. & Santos, R. 1979. *Projeto Complexo Canindé do São Francisco: Relatório Final*, Salvador;: CPRM, v.8 convênio DNPM/CPRM.
- Teisserenc, P. & Villemin, J. 1990. Sedimentary Basin of Gabon – Geology and oil systems. In: Edwards, J. D. & Santogrossi, P. A. (Eds.), Divergent/pассив margin basins. The American Association of Petroleum Geologists, Memoir, 48:117-199.
- Tucker, M. 1989. *The field description of sedimentary rocks*, Geological Society of London.
- Viana, C.F., Gama, Jr., E.G., Simões, I.A., Moura, J.A., Fonseca, J.R., Alves, R.J., 1971. Revisão estratigrafica da Bacia do Recôncavo/Tucano. *Boletim Técnico da Petrobras*, 14 (3/4): 157-192.
- Walker, R.G. 1992. Facies, facies models and modern stratigraphic concepts. In: R.G. Walker& N.P. James (Eds.), *Facies Models and Response to Sea-level Change*, Geological Association of Canada, Geotext 1, pp. 1-14.

Ward, J. H., 1963. Hierarchical grouping to optimize an objective function. *Journal of the American Statistic Association*, 58:236–244.

## **ANEXOS**

Anexo 1 – Levantamento bibliográfico das rochas do embasamento.

Anexo 2 – Dados de Proveniência macroscópica expressos em área (cm<sup>2</sup>).

Anexo 3 – Dados de Proveniência macroscópica expressos em porcentagem.

EMBASAMENTO			
Unidade		Idade	Litologia/Descrição
Província Borborema (1)	Complexo Domos de Itabaiana e Simão Dias (1.1)		arqueana-paleoproterozoica
	Maciço Pernambuco-Alagoas (1.2)		Arqueanas
	idades Proterozóicas.	Complexo gnáissico-migmatítico composto por rochas metamorfisadas na fácies anfibolito e granulito. Ocorrem também batólitos graníticos-granodioríticos, rochas calcia-alkalinás intrusivas e metassedimentos (Brito Neves et al., 1982).	
	idades Proterozóicas.	rochas plutônicas ( granítóides, quartzodioritos, biotia-granítóides porfiríticos grosseiramente arredondados, leucosienitos e leucomonzonitos).	
	Domínio Estância (1.3.1)	Formação Juetê (1.3.1.1)	idades Proterozóicas.
		Formação Acauã (1.3.1.2)	idades Proterozóicas.
		Formação Lagarto (1.3.1.3)	idades Proterozóicas.
		Formação Palmares (1.3.1.4)	idades Proterozóicas.
	Faixas de dobramentos Sergipana (1.3)	Grupo Miaba (1.3.2.1) subdividida nas Formações: (A) Itabaina, (B) Ibeirópolis e (C) Jacoca	idades modelo (Tdm) 2750 Ma
		Grupo Simão Dias (1.3.2.2) subdividida em: (A) unidade indivisa, (B) Fm. Jacaré e (C) Fm. Frei Paulo	idades modelo (Tdm) 2990 Ma

<b>Província Borborema (1)</b>	<b>Faixas de dobramentos Sergipana (1.3)</b>	<b>Domínio Vaza-Barris (1.3.2)</b>	<b>Grupo Vaza-Barris (1.3.2.3) subdividida em: (A) Formações Palestina e (B) Olhos D'Água</b>		<p>composto por (A) metaconglomerados, filitos seixosos, metavulcânicas, lentes de quartzito e metacarbonatos e (B) calcários laminados, calcários e dolomitos oolíticos, filitos e metacherts.</p>
		<b>Domínio Macururé (1.3.3)</b>	<b>Grupo Macururé (1.3.3.1)</b>		<p>rochas metamórficas nas fácies anfibolito de média pressão, compostas principalmente por mica-xistos granatíferos, anfibolitos, mármore, calcissilicáticas, hornblenditos, clorita xistos, metassilitos maciços, metagrauvaques, metarenitos finos, metarrítmitos e quartzitos. Além destas, rochas vulcânicas ácidas intermediárias estão presentes de maneira pouco expressiva.</p>
		<b>Domínio Canindé (1.3.4)</b>	<b>Complexo Canindé (1.3.4.1) subdividida nas unidades (A) Mulungu, (B) Garrote, (C) Novo Gosto e (D) Gentileza</b>		<p>(A) Unidade Mulungu, na folha Santa Brígida esta unidade é composta por uma sucessão de anfibolitos, leptitos, quartzitos, hornblenda-biotita gnaisses e metacalcários (Santos et al. 1988a). Os anfibolitos apresentam cor cinza-esverdeada a preta, granulação fina e são finamente laminados ou maciços. Apresentam composição mineralógica de actinolita e /ou hornblenda, plagioclásio (oligoclásio – andesina) e epidoto-clinzoisita. Os leptitos apresentam cor creme, granulação fina, foliação milonítica e composição formada por quartzo, feldspato potássico, microclínio, biotita, sericita e clorita. Os quartzitos ocorrem muito cisalhados e por vezes com algum feldspato na composição, que podem representar variedades mais quartzosas dos leptitos e em outros locais lembram metacherts. Os metacalcários apresentam cor branca a cinza, granulação média a grossa, que por vezes estão marmorizadas com laminação incipiente e ocorrem associados a anfibolitos e mica-xistos miloníticos. (B) Unidade Garrote é composta quase que exclusivamente por leptitos de cor creme a cinza, granulação fina a média, por vezes, grossa. A estrutura predominante é de augengnaisses foliados e cisalhados com fino bandamento. Apresentam composição mineralógica de quartzo, feldspato potássico e plagioclásico (oligoclásio) e como acessórios muscovita, biotita e granada.</p>

<b>Província Borborema (1)</b>	Faixas de dobramentos Sergipana (1.3)	Domínio Canindé (1.3.4)	Complexo Canindé (1.3.4.1) subdividida nas unidades (A) Mulungu, (B) Garrote, (C) Novo Gosto e (D) Gentileza	<p>(C) Unidade Novo Gosto é composta predominantemente por anfibolitos ortoderivados com intercalações de metacalcários, mica xistos, quartzitos, metacherts e rochas calcissilicáticas. Os anfibolitos apresentam cor preta a cinza esverdeado, granulação fina, estrutura bandada e composição mineralógica essencialmente de hornblenda, andesina, e por vezes, epidoto e quartzo. Os metacalcários são muito semelhantes aos descritos na unidade anterior, sendo descritos como dolomitos marmorizados de cor branca a cinza. Os quartzitos são sericíticos, apresentam cor creme, granulação fina e estrutura laminada. Podem ocorrer como minerais acessórios turmalina, zirconita e opacos. As rochas calcissilicáticas ocorrem associadas aos anfibolitos e metacalcários e apresentam pouca expressão na unidade. Apresentam cor cinza, granulação fina-média, estrutura foliada e composição mineralógica de diopsídio, epidoto, microclínio, plagioclásio, granada e calcita.</p> <p>(D) Unidade Gentileza tem como principal característica rochas anfibolíticas de granulação fina (metabasaltos ou metadiabásios), que localmente podem constituir xenólitos em leucogranitos (Santos et al. 1997).</p>
--	--	-------------------------------	---	--

Província Borborema (1)	Faixas de dobramentos Sergipana (1.3)	Domínio Canindé (1.3.4)	Suíte Intrusiva Canindé (1.3.4.2)		De acordo com Santos et al. (1997) a Suíte Intrusiva Canindé é composta por gabros normais, noritos, microgabros, olivina gabros, leucogabros, anortositos, troctolitos, e rochas ultramáficas. Estas rochas apresentam frequente textura cumulática e paragênese metamórfica de grau médio, fácies epidoto-anfibolito a anfibolito com retrometamorfismo na fácies xisto verde.
		Domínio Marancó (1.3.5)	Santos et al. (1988a) individualizaram este domínio em cinco unidades informais em: (1.3.5.1) Monte Azul, (1.3.5.2) Belém, (1.3.5.3) Monte Alegre, (1.3.5.4) Morro do Bugi e (1.3.5.5) Minuim.		<p>(1.3.5.1) Esta unidade é constituída de metassedimentos pelíticos e psamíticos com níveis subordinados de rochas metavulcânicas. Na folha Santa Brígida estes constituem filitos, metassiltitos e metarenitos finos a médios, com características deposicionais rítmicas. As rochas metavulcânicas são compostas por dacitos de cor cinza-esverdeada, de textura fanerítica média ou afaníticos, com estrutura foliada quando cisalhados.</p> <p>(1.3.5.2) Esta unidade é formada por uma sucessão de serpentinitos, metadiabásios, clorititos e metassedimentos associados a metabasitos. Os serpentinitos apresentam cor cinza-esverdeado, textura fanerítica, aspecto maciço. Ao microscópio apresenta textura hipidiomórfica, com cristais cumulados de olivina serpentinizada, envolvidos por cristais de piroxênio alterados para tremolita e clorita. Os metadiabásios apresentam cor cinza-esverdeada, textura fanerítica e afanítica e aspecto maciço. Fragmentos de plagioclásio podem ser observados em meio a cristais de actinolita, que podem estar levemente cloritizados. Os clorititos apresentam cor cinza-esverdeado, textura afanítica, com xistosidade pronunciada e mineralogia composta por clorita e aglomerados de esfeno. Os metassedimentos são compostos por metacarbonatos, metarenitos, ardósias, metassiltitos, filitos e quartztitos conglomeráticos piritosos. Os metabasitos apresentam cor cinza-esverdeada, textura afanítica, aspecto filítico e sedoso, por vezes, com fenoclastos de plagioclásio e de opacos alterados, além de clorita, epidoto, quartzo e sericita.</p> <p>(1.3.5.3) Esta unidade é constituída por uma associação de metaritmitos finos e rochas de derivação vulcânica com pronunciada foliação milonítica, como metavulcânicas e metabasitos. Os metaritmitos são compostos por interlaminações de metassiltitos e metapelitos, enquanto que as rochas metavulcânicas são compostas por andesitos e dacitos, com estrutura xistosa, porfírica, de composição mineralógica formada por clorita, biotita, cristais de quartzo estirado de cor azul. Os metabasitos ocorrem de forma semelhante à descrita na unidade Belém.</p>

Província Borborema (1)	Faixas de dobramentos Sergipana (1.3)	Domínio Marancó (1.3.5)	<p>Santos et al. (1988)a individualizaram este domínio em cinco unidades informais em: (1.3.5.1) Monte Azul, (1.3.5.2) Belém, (1.3.5.3) Monte Alegre, (1.3.5.4) Morro do Bugi e (1.3.5.5) Minuim.</p>	<p>(1.3.5.4) Esta unidade é composta por rochas metaultrabásicas a metabásicas serpentinizadas, metavulcânicas ácidas a intermediárias, metacalcários e metabasitos com metaritmitos subordinados. Os metaultrabasitos são identificados como peridotitos serpentinizados e talcificados, de cor cinza-esverdeada a amarelada, granulação média a grossa, com cristais de anfibólio e opacos (cromitas e magnetitas) dispersos na serpentina e no talco. As metabásicas apresentam cor cinza-esverdeada, granulação fanerítica fina-média, cisalhadas e composição mineralógica de piroxênio alterado, hornblenda, plagioclásio, quartzo, esfeno e epidoto ao longo de planos de fratura. Os metacalcários apresentam textura sacaroidal, cor rósea a cinza, acamamento em lâminas centimétricas alternadas com dobras isoclinais simétricas. As rochas metavulcânicas ácidas a intermediárias apresentam cor cinza-esbranquiçada, de textura fanerítica a afanítica, de composição mineralógica formada por quartzo escuro, feldspato, sericita e foliação milonítica.</p> <p>(1.3.5.5) Esta unidade é composta por metaritmitos, metariolitos, metaquartzos-latitos, metaquartzos-monzonitos e anfibolitos. Os metaritmitos são compostos por metassedimentos de cor cinza, granulação fina, localmente com acamento rítmico preservado, compostos por alternância de bandas milimétricas de filitos e metassiltitos. Os metariolitos apresentam cor rósea, textura afanítica, matriz microcristalina constituída de quartzo e feldspato, com microlentes formadas por fenocristais de quartzo orientadas e paralelas às lineações proporcionadas por concentrações de opacos (ilmenita e magnetita). Os metaquartzos-latitos são porfiríticos, de cor rósea, com fenocristais de feldspato potássico pertítico. Podem ocorrer intercalados a estas rochas níveis de metabasitos de cor cinza escura, textura afanítica, compostos por plagioclásio, biotita, epidoto. Os metaquartzos-monzonitos apresentam cor cinza escura, textura fanerítica fina a média foliada, com fenocristais de quartzo, microclínio, plagioclásio, biotita, epidoto, esfeno, muscovita e opacos. Os anfibolitos apresentam cor cinza-esverdeada a preta, granulação fina, foliação e são compostos por hornblenda, actinolita, plagioclásio e quartzo. Estão associados a metacalcários de cor cinza a rósea, calcíticos e quartzosos.</p>
		Domínio Poço Redondo (1.3.6)		<p>Esta unidade é constituída por migmatitos com estrutura dobradas e irregulares, com leucossomas pegmatóides, concordantes e discordantes, e mesossomas gnáissicos à biotita ou biotita e hornblenda. Podem apresentar enclaves de anfibolitos bandados, por vezes, de rochas calcissiliciclásticas e de mármore.</p>

<b>Província Borborema (1)</b>	<b>Faixas de dobramentos Sergipana (1.3)</b>	<b>Intrusões Granítóides (1.3.7)</b>	<p>(1.3.7.1) idades de 715 +- dx Ma, U-Pb e Sm-Nd; idade modelo (Tdm) 1,16 Ga e End (0,6Ga) = -1,9 (Brito Neves et al. 1997).</p> <p>(1.3.7.2) Idades de 870 Ma, método Rb-Sr por Silva Filho et al. (1979).</p> <p>(1.3.7.3) Idades de 611+-18 Ma, K-Ar em biotita (Gava et al. 1983).</p> <p>sete Tipos: (1.3.7.1) (1.3.7.4) idades Garrote, (1.3.7.2) isocrônicas de 614 +- 9 Ma e 619 +- 21 Ma, por (1.3.7.3) Curralinho, (1.3.7.4) Glória, (1.3.7.5) Xingó, (1.3.7.6) Serra do Catu e (1.3.7.7) Propriá.</p> <p>(1.3.7.5) idade (Rb-Sr) de 600 +- 23 Ma com Ro = 0,7076 (Santos et al. 1988).</p> <p>(1.3.7.6) idade de 617+-18 Ma por K-Ar em biotita (Gava et al. 1983), interpretada como idade mínima do plutonismo do Serra do Catu.</p> <p>(1.3.7.7) idades de 606 +- 16 Ma, K-Ar em biotita (apud Santos et al. 1997).</p>	<p>(1.3.7.1) Estas rochas são caracterizadas por leptitos e augengnaisses anteriormente descritos por Santos et al. (1988a, b e c) como integrante do Complexo Canindé. Entretanto, Santos et al. (1997) reacolaram esta unidade junto ao plutonismo intrusivo mais antigo da área. Este plutonismo tem composição granítica com biotita, muscovita e granada, foliação milonítica e às vezes textura porfioclástica grossa. Em zonas mais deformadas podem ocorrer gnaisses com finos bandamentos, desde milonitos a ultramilonitos.</p> <p>(1.3.7.2) Estas rochas ocorrem de forma restrita ao Domínio Marancó, localizado próximo à fronteira Sergipe-Bahia. São caracterizados por granodioritos e quartzo monzonitos, às vezes, com granada. Apresentam foliação milonítica e porfioclastos de feldspato, localmente com xenólitos de anfibolitos.</p> <p>(1.3.7.3) Apresentam composição granítica a granodiorítica à biotita e hornblenda, são localmente foliados e apresentam textura porfirítica. Podem ocorrer com frequência texturas de fluxo magmático.</p> <p>(1.3.7.4) ocorrendo nos Domínios Macururé, Poço Redondo e Marancó. Estes foram agrupados em granodioritos com hornblenda ou biotita, com variações para quartzo monzonitos e monzodioritos faneríticos equigranulares à porfiríticos. Granitos a duas micas com xenólitos de metapelitos do Grupo Macururé.</p> <p>(1.3.7.5) leucogranitos róseos a cinza de granulação fina a média, isotrópicos, biotita granitos, muscovita granitos e turmalina-muscovita granitos.</p> <p>(1.3.7.6) Estão presentes nos Domínios Marancó, Poço Redondo e Canindé. Apresentam duas litofácies compostas por rochas de cor rósea, granulação média a pegmatóide, isotrópica, por vezes com foliação de fluxo magmático e composição variando entre hornblenda\quartzo sienitos e monzonitos a quartzo monzonitos. São identificados também monzonitos pórfiros com xenólitos de ortognaisses bandados.</p> <p>(1.3.7.7) São compostos predominantemente por biotita-muscovita granitos porfiríco isotrópicos.</p>
--	--	--	--	---

Cráton do São Francisco (2)	Bloco Itabuna-Salvador-Curaçá (2.1)	(2.1.1) --, (2.1.2) idades em torno de 2,6 Ga, (2.1.3) idades em torno de 2,4 Ga, (2.1.4) --, (2.1.5) idades de 2,1 Ga, (2.1.6) idades próximas a 2,0 Ga (Oliveira & Lafon 1995 apud Barbosa & Sabaté, 2003), e (2.1.7) idades 2,1 Ga (Sabaté et al., 1990 apud Barbosa & Sabaté, 2003).	(2.1.1) tonalitos / trondhjemitos, (2.1.2) charnockitos, (2.1.3) monzodioritos / monzonitos de afinidade shoshonítica (Monzonito Ipiaú) e (2.1.4) rochas supracrustais como quartzitos com granada, gnaisses alumino-magnesianos com safirina, grafitos e formações manganesíferas, gabros e basaltos (Barbosa & Sabaté, 2003). Todas essas rochas encontram-se metamorfisadas na fácie granulito. (2.1.5) tonalitos / trondhjemitos, (2.1.6) noritos e gabros (Oliveira & Lafon 1995 apud Barbosa & Sabaté, 2003) com depósitos de minério de cobre e cromo, e (2.1.7) granitos sin-tectônicos (Sabaté et al., 1990 apud Barbosa & Sabaté, 2003).
	Bloco Serrinha (2.2)	migmatitos com idades 2,9 G.a (método U-Pb em cristais de zircão e monazita) (Gáal et al. 1987). Datações mais recentes em ortognaisses graníticos-granodioríticos e tonalíticos revelaram idades entre 3,1 e 2,8 Ga (Oliveira et al., 1999, Mello et al., 2000, Rios 2002).	(2.2.1) biotita-gnaisse migmatíticos com anfibolitos, de maior expressão em área; (2.2.2) ortognaisses de composição ácida-básica intrudida por granitóides tardios; (2.2.3) ortognaisses migmatíticos de composição granodiorítica; (2.2.4) biotita ortognaisses tonalíticos a granodioríticos e (2.2.5) augen-gnaisses de composição granítica (Santos et al. 1997). (2.2.6) metabasaltos toleíticos e tuhos maficos, com formações ferríferas bandadas, cherts, filitos grafitosos, metariolitos, metadacitos cálcio-alcalinos porfiríticos com textura inequigranular com matriz afanítica de cor cinza e fenocristais euédricos e subédricos de feldspato potássico e plagioclásio. Podem ocorrer também psefítos, psamitos e pelitos e diques de diabásio e basalto de forma subordinada.
Unidades Paleozóicas (3)	Formações Tacaratu e Inajá (3.1)	idades Siluro-Devoniana	conglomerados, arcósios conglomeráticos, arenitos finos a grossos cauliníticos e pelitos vermelhos.
	Formação Curituba (3.2)	idade Carbonífera	composta predominantemente por arenitos argilosos, folhelhos várlicos e calcários.
	Formação Santa Brígida (3.3)	Subdividida nos membros: (3.3.1) Caldeirão e (3.3.2) Ingá	idade Permiana (3.3.1) siltitos e arcósios finos e grossos e (3.3.2) arenitos quartzosos médios a grossos, siltíticos calcíferos, folhelhos e dolomitos cinza ricos em matéria-orgânica, por vezes, silicificados.
	Formação Afligidos (3.4)	subdividida nos membros: (3.4.1) Pedrão e (3.4.2) Cazumba	idade Permiana (3.4.1) arenitos com feições de ondas, lamitos algais e evaporitos. (3.4.2) evaporitos sobrepostos por pelitos e lamitos vermelhos).

Anexo 2: Dados de proveniência macroscópica expressos em área (cm<sup>2</sup>).

Ponto	Arenito	Basalto	Brecha	Conglomerado	Calcário	Calcarenito	Carvão	Filito	Granito	Leucogranito
tuc7	634,4027923548	18,8495559	14,5663706144	0	401,2789176231	0	0	100,5785	31,41592654	0
tuc13	795,2822971044	0	0	0	0	0	0	0	3808,94	0
tuc15	3966,2132316454	0	0	0	395,1460032938	0	118,38	0	27,48893572	0
tuc16	0	0	0	0	525,0139846117	0	0	0	105,1238898	0
tuc17	481,6327110844	0	0	0	64,2673265043	0	13,714	0	474,2307993	0
tuc18	3368,62	0	0	0	716,2079406597	0	9,7489		214,2745145	0
tuc19	3478,426268041	0	0	0	0	0	0	185,5726	17,99557429	0
tuc20	9028,39	0	0	0	0	0	0	0	0	0
tuc21	12509,54	0	0	0	141,6025063965	30,75	0	0	0	0
tuc22	66,0553063333	0	0	0	0	0	0	0	2086,191803	224,3045612
tuc23	154,303085941	0	0	0	0	0	0	16,99484	149,2813337	127,0420292
tuc28	34,2772843573	0	0	55,7079632679	15,4247779608	0	0	0	1359,668758	0

Granito milonítico	Metabásica	Quartzo de veio	Quartzito	Vulcânica ácida	Silexito	Siltito	Xisto	Total
0	0	42,2794972135	57,2457549242	0	0	8,2467	0	1308,86403
2997,8694789341	0	69,4524311274	215,696898987	0	0	423,66	0	8310,898347
0	0	75,2440990501	72,5530934771	0	39,6305284	925,39	89,11946	5709,168892
20,4262531982	0	585,939146454	522,036105638	0	0	527,91	197,309	2483,760951
278,3382959316	0	421,5573159446	311,156691229	116,4786090566	0	48,166	434,0944	2643,636286
135,5173265043	0	244,3547117166	0	0	0	7,4277	32,35177	4728,502884
0	0	17,1386421786	1056,98041542	0	0	0	0	4756,113533
0	0	32,5	0	0	0	0	0	9060,89
0	0	93,1532063807	0	0	0	0	23,21165	12798,25736
473,3945205203	0	750,8034321421	2321,00375569	112,0554869699	0	0	1726,249	7760,05785
190,0812960897	0	444,5654372868	379,685082015	36,7444678595	0	0	388,4364	1887,133945
624,43433686	255,519901	847,4201414673	261,13641425	296,9822820781	0	0	427,0026	4177,574418

Anexo 3: Dados de proveniência macroscópica expressos em porcentagem.

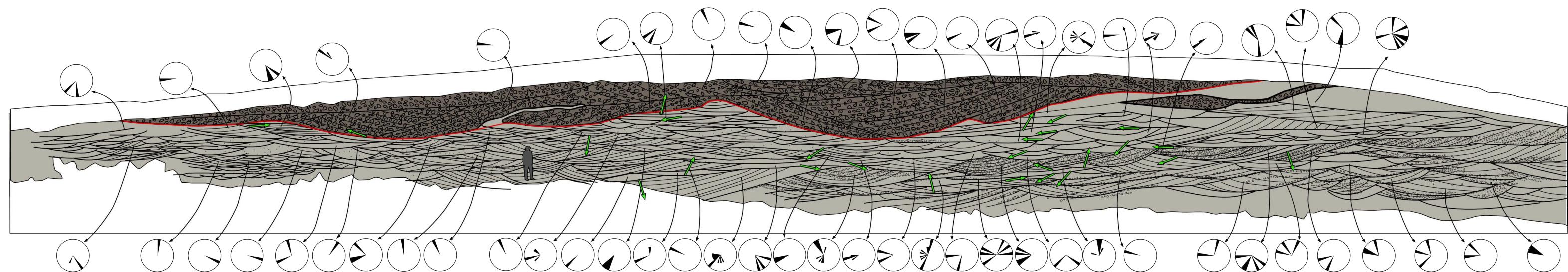
Ponto	Arenito	Basalto	Brecha	Conglomerado	Calcário	Calcarenito	Carvão	Filito	Granito	Leucogranito
tuc7	48,4697247356	1,44014623	1,1129017441	0	30,6585641075	0	0	7,684414	2,4002437	0
tuc13	9,57	0	0	0	0	0	0	0	45,83	0
tuc15	69,47	0	0	0	6,92	0	2,07	0	0,48	0
tuc16	0	0	0	0	21,14	0	0	0	4,23	0
tuc17	18,22	0	0	0	2,43	0	0,52	0	17,94	0
tuc18	71,24	0	0	0	15,15	0	0,21	0	4,53	0
tuc19	73,14	0	0	0	0	0	0	3,9	0,38	0
tuc20	99,64	0	0	0	0	0	0	0	0	0
tuc21	97,74	0	0	0	1,11	0,24	0	0	0	0
tuc22	0,85	0	0	0	0	0	0	0	26,88	2,89
tuc23	8,18	0	0	0	0	0	0	0,9	7,91	6,73
tuc28	0,82	0	0	1,33	0,37	0	0	0	32,55	0

Granito milonítico	Metabásica	Quartzo de veio	Quartzito	Vulcânica ácida	Silexito	Siltito	Xisto	Total
0	0	3,2302436506	4,3736976207	0	0	0,6301	0	100
36,07	0	0,84	2,6	0	0	5,1	0	100
0	0	1,32	1,27	0	0,69	16,21	1,56	100
0,82	0	23,59	21,02	0	0	21,25	7,94	100
10,53	0	15,95	11,77	4,41	0	1,82	16,42	100
2,87	0	5,17	0	0	0	0,16	0,68	100
0	0	0,36	22,22	0	0	0	0	100
0	0	0,36	0	0	0	0	0	100
0	0	0,73	0	0	0	0	0,18	100
6,1	0	9,68	29,91	1,44	0	0	22,25	100
10,07	0	23,56	20,12	1,95	0	0	20,58	100
14,95	6,12	20,28	6,25	7,11	0	0	10,22	100

NE

MR-03

SW



Legenda:

- Conglomerado com estratificação acanalada (Ca), localmente grada para Arenito conglomerático com estratificação cruzada acanalada (Aca).
- Arenito com estratificação cruzada acanalada (Aa) e/ou Arenito conglomerático com estratificação cruzada acanalada (Aca).
- Medida de limite de série.
- Rosetas de distribuição de medidas de paleocorrentes (cruzadas).
- Superfície limitante erosiva maior

- Estratificação cruzada acanalada
- Grânulos e/ou seixos e/ou calhaus
- Seixos
- Superfície erosiva

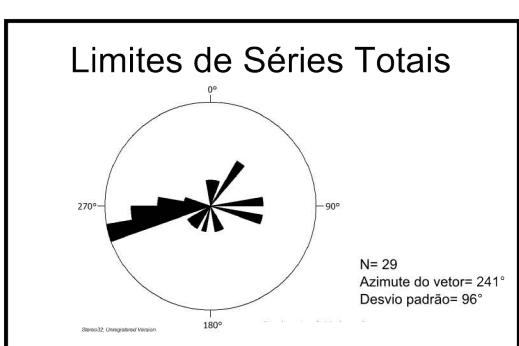
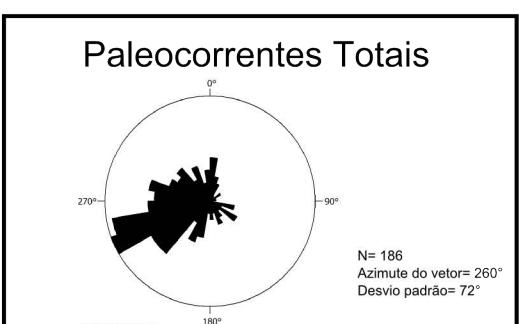
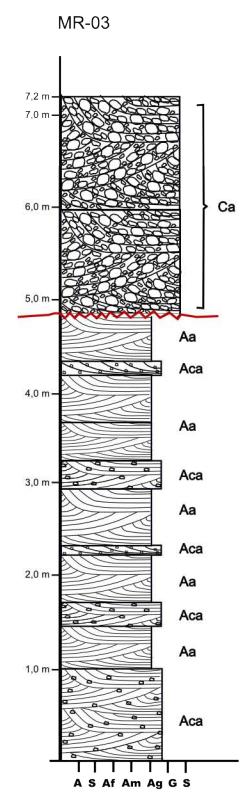


Figura 18: Fotomosaico do afloramento MR-03, com seção colunar, mostrando os principais elementos arquiteturais, superfícies erosivas e paleocorrentes.

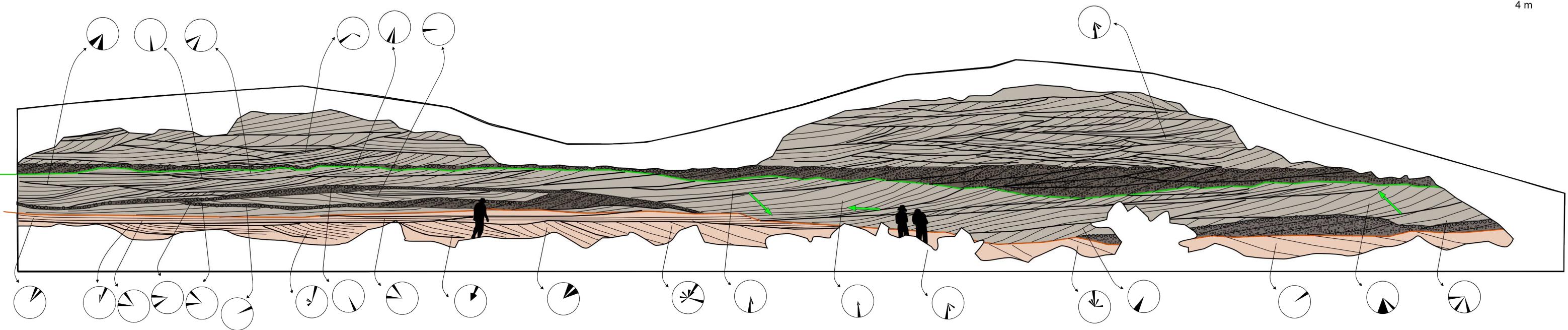
MR-05

MR-05A

MR-05B

NE

SW



Legenda:

- Arenito eólico com estratificação cruzada (Ae).
- Arenito conglomerático com estratificação cruzada tabular (Act), no topo com conglomerado polimítico com estratificação tabular (Ct).
- Arenito com estratificação cruzada tabular (At), por vezes com estratificação cruzada de baixo ângulo (Ab).
- Limite de série.
- Rosetas de distribuição de medidas de paleocorrentes (cruzadas).

- Superfície limitante erosiva tabular
- Superfície limitante erosiva menor
- Estratificação cruzada tabular
- Estratificação cruzada
- Grânulos e/ou seixos e/ou calhaus
- Superfície erosiva

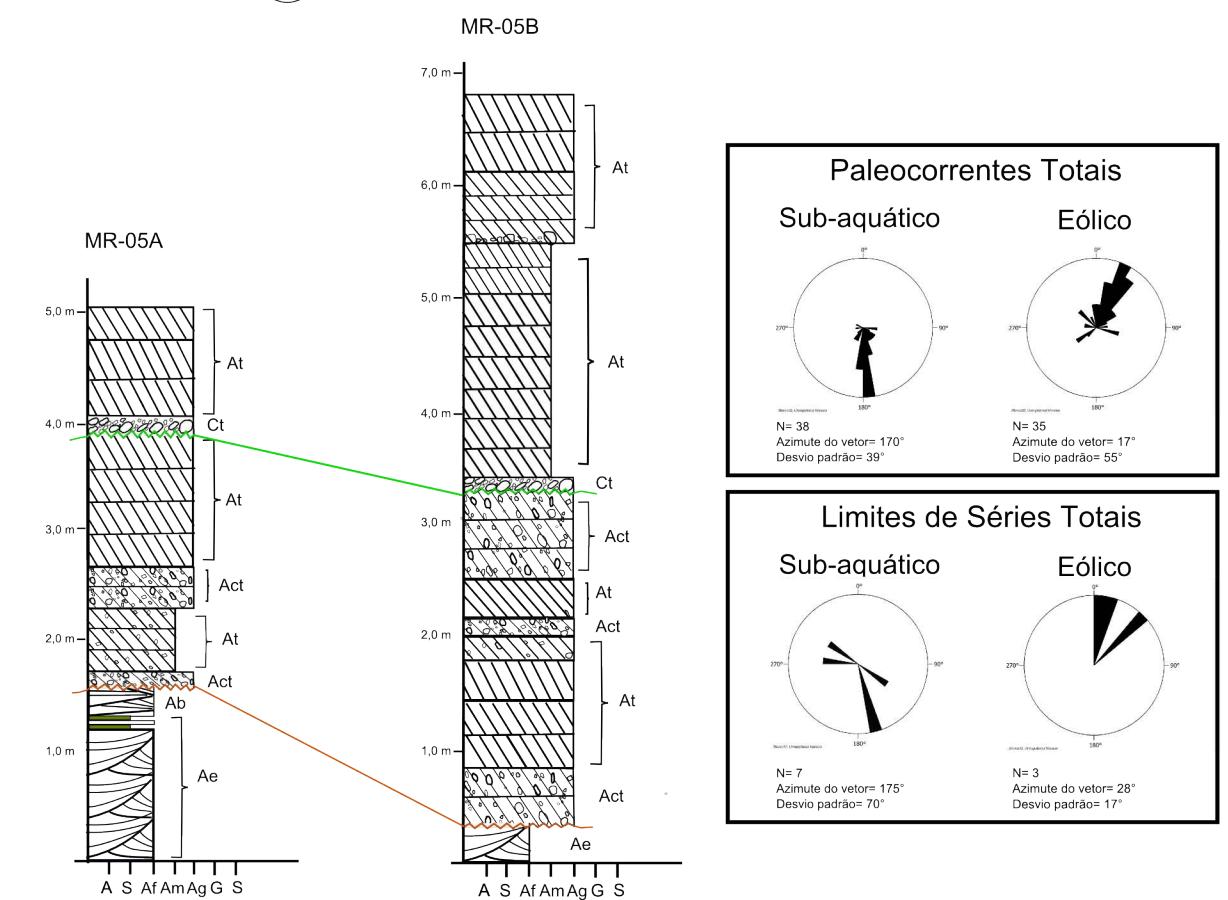
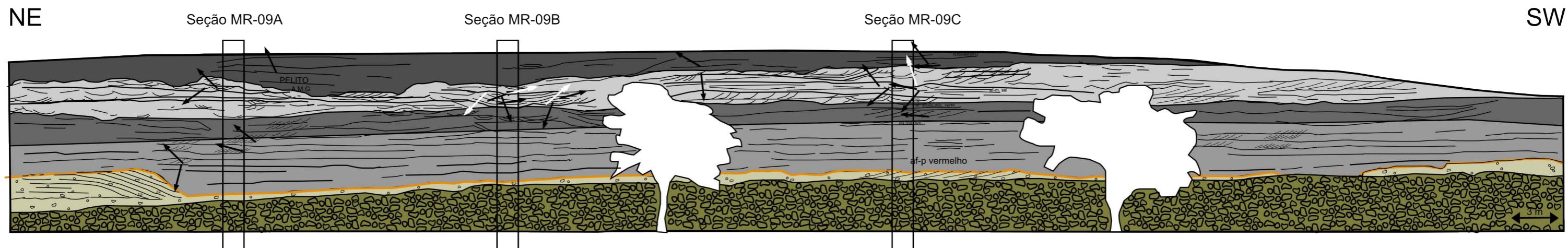


Figura 17: Fotomosaico do afloramento MR-05, com seção colunar, mostrando os principais elementos arquiteturais, superfícies erosivas e paleocorrentes.



## Legenda:

- [Symbol: dark grey box] Arenito fino a muito fino laminado com heterolíticas com fósseis (AFhf) intercalado com pelito laminado com fósseis (Plf).
- [Symbol: light grey box] Arenito grosso a muito grosso com estratificação cruzada acanalada (Aa) intercalado com pelitos e Arenito fino a muito fino com estratificacao cruzada acanalada (Aa).
- [Symbol: medium grey box] Arenito fino a muito fino com estratificacao cruzada acanalada (Aa) intercalado com lentes de pelito laminado.
- [Symbol: grey box with orange line] Pelito arenoso mosqueado (Pm) intercalado com lentes de arenito fino a muito fino com estratificação cruzada acanalada (Aa).
- [Symbol: light green box] Arenito conglomerático com estratificação cruzada acanalada (Ac).
- [Symbol: olive green box] Conglomerado maciço suportado pelos clastos (Cm).
- [Symbol: diagonal line] Limite de série
- [Symbol: diagonal line with arrow] Estratificação cruzada
- [Symbol: orange line] Superfície E

- [Symbol: wavy lines] Grânulos e/ou Seixos e/ou calhaus
- [Symbol: horizontal lines] Lamionação ou estratificação plano-paralela
- [Symbol: diagonal lines] Estratificação cruzada acanalada
- [Symbol: wavy lines with arrows] Estrutura mosqueada
- [Symbol: empty box] Sem estrutura
- [Symbol: cross-hatch] Sem visualização
- [Symbol: diagonal lines with arrows] Estrutura de sobrecarga
- [Symbol: diagonal lines with dots] Superfície erosiva
- [Symbol: spiral] Fósseis
- [Symbol: circles with arrows] Granulo e/ou seixo e/ou calhau
- [Symbol: blue line] Linhas de relação espacial

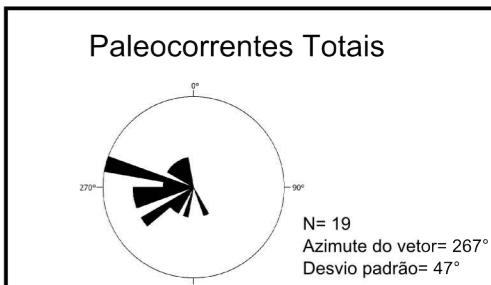
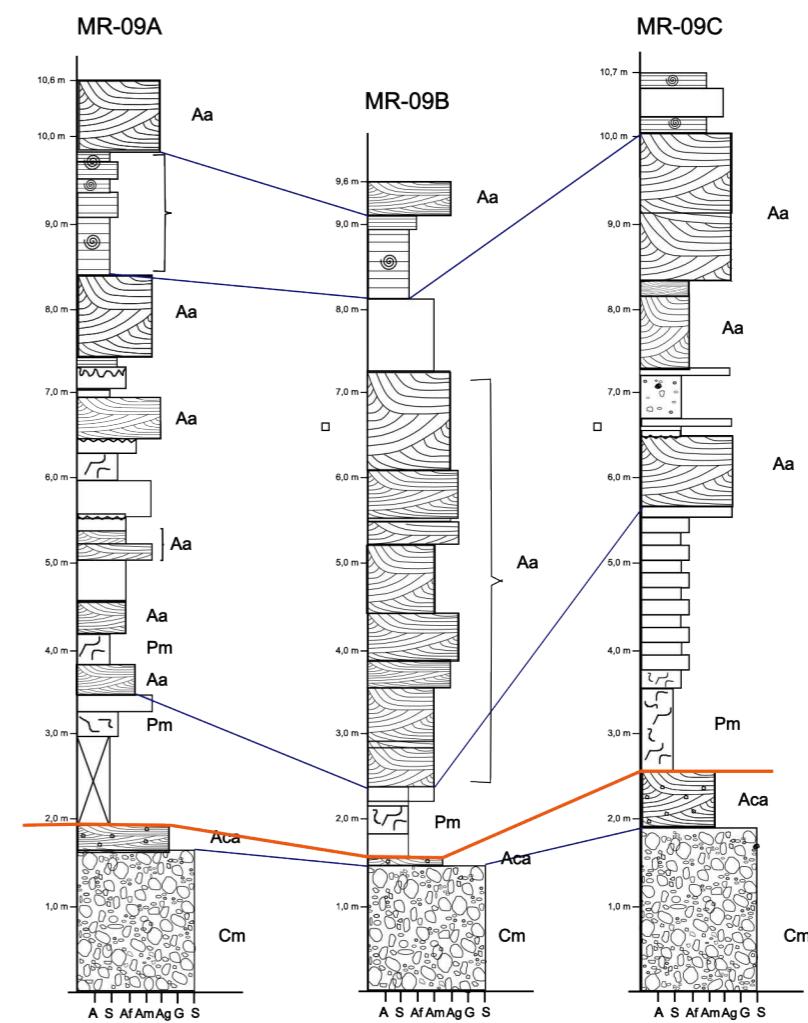


Figura 16: Fotomosaico do afloramento MR-09, com seção colunar, mostrando os principais elementos arquiteturais, superfícies erosivas e paleocorrentes.