

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**AS FORMAÇÕES SÃO SEBASTIÃO E MARIZAL NA BACIA DE
TUCANO CENTRAL: PALEOGEOGRAFIA E ÁREAS FONTES**

Rodolfo Carlos Mineli

Orientador: Prof. Dr. André oliveira Sawakuchi
Co-orientador: Prof. Dr. Renato Paes de Almeida

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA
(TF-2010/43)

TF
M664
RC.f

SÃO PAULO
2010

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**As formações São Sebastião e Marizal na Bacia de Tucano
Central: paleogeografia e áreas fontes**

(TF-10/43)

Rodolfo Carlos Mineli



Orientador: Prof. Dr. André Oliveira Sawakuchi

Co-orientador: Prof. Dr. Renato Paes de Almeida

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA

DEDALUS - Acervo - IGC



30900028395

São Paulo

2010

TF
M664
RC.6

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

As formações São Sebastião e Matiazal na Bacia do Tucano
Central paleogeográfica e áreas fontes

(Tese)



Roberto Carlos Ribeiro

Orientador: Prof. Dr. Antonio Carlos de Almeida
Co-orientador: Prof. Dr. Roberto Passos de Almeida

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA

1980

1980

"Nenhum indício de começo nem princípio de um fim."

(James Hutton)

“É, zircão não é.”

(Jorge Hachiro)

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a minha mãe e irmã pelo apoio e total compreensão pelas minhas noites em claro para elaboração desta monografia. E em especial a minha avó, cuja trajetória de vida e constante auxílio me inspiram.

Aos amigos colecionáveis adquiridos em minha vida que me propõem imensurável carga horária de risos, entre eles, Gabriel Fonzaghi, Ana Sakamoto e Thiago Colombo de Lima, que nunca os deixarei perdidos em memórias.

Aos amigos da graduação, que tenho certeza, não irão desaparecer de vista e me muniram de inabalável confiança para o desenvolvimento desta monografia. Entre eles destacam-se Sheila Schuindt do Carmo (Sertão, a menina íntegra do interior corrompida pela cidade grande), Aline Mota de Souza (Massa, cuja personalidade conseguiu ser maior que o seu próprio ego), Manuela Pinheiro Ferreira (Pinhão, criatura mais tranqüila que eu já vi), Mariana Tiisel Yamamoto (Mari, pessoa de inúmeras qualidades), Priscila Taminato Hirata (facinha, que na verdade foi difícil, amiga que compartilhei ótimos momentos), Sara Ferreira Nomura (Sarinha, muito pequena na altura, muito alta na personalidade e testemunha do jambú) Claudio Alejandro Salazar Mora (Kabong, que foi a primeira pessoa que conversei na Geo, numa aula de Cálculo, "Mano, eu tava querendo ter essas aulas difíceis de faculdade"), Stephano Pessini Alberto da Silva (gargalo, que foi a primeira pessoa que eu "não fui com a cara", mas é legítimo e extremamente inteligente) e Lina Akiko (Pintossauro, que, mesmo aprendendo, ajudou na conclusão deste TF a tempo).

A alguns professores, donos de imagem ética e moral, do IGc-USP que são dignos da profissão que escolheram, capazes de transmitir conhecimento e experiência. Entre eles, Renato de Moraes, Guano, Mário Campos, Boggiani, Thomas, Paulo César Fonseca Giannini e Ana Góes, ambos os últimos relatores deste trabalho que teve muito auxílio graças as suas correções dedicadas.

Aos amigos que estiveram presentes no trabalho de campo desta monografia e dividiram conhecimentos e mesas de bar, Prof. Dr. André Oliveira Sawakuci (Fruta), Prof. Dr. Renato Paes de Almeida (Ninguém), Ms. Luiz Fernando Roldan (Sagui), Ms. Felipe Torres Figueiredo (WC), Ms. Bruno Boito Turra (Melado), Fernando Valarelli Menezes (Fefo, ou mini-Bee Gees) e Simone Campos Carrera.

A FAPESP, pelo auxílio monetário e meu árduo treinamento de redigir relatórios em cima da hora.

Ao Laboratório de Sedimentologia Arnaldo Marcio Coimbra e sua equipe técnica pelo constante apoio.

Aos professores imitáveis, que conquistaram minha atenção em aula.

À Dra. Nancy Kuniko Umisedo e seu Laboratório de Dosimetria pela disponibilidade e atenção.

Ao co-orientador Prof. Dr. Renato de Paes Almeida, brilhante professor que auxiliou nesta monografia e repartiu seus conhecimentos. Principalmente sobre o incrível “mico escalador” e suas preciosas dicas na prevenção de espinhas.

E claro, ao meu orientador, Prof. Dr. André Oliveira Sawakuchi, que me alimentou, durante esses três anos de convivência, com conhecimentos geológicos e refeições generosas, graças aos diversos trabalhos de campo que fui convidado. Sempre disposto a ajudar, ensinar e corrigir, principalmente em horários alternativos, os quais tenho certeza, não são remunerados. A ele devo esta monografia.

A todos vocês

Muito obrigado

Resumo

As formações São Sebastião e Marizal são compostas por sedimentos de origem fluvial depositados entre o Neocomiano e o Aptiano. Estas unidades estão localizadas na Bacia de Recôncavo-Tucano-Jatobá, bacia do tipo *rift*. Este Trabalho de Formatura visou o estudo de elementos arquitetônicos, fácies sedimentares e proveniência dos sedimentos das unidades São Sebastião e Marizal na Bacia de Tucano Central, região ainda com poucos trabalhos sobre esses assuntos. Isto torna esta pesquisa inédita para a região.

Análise de fácies e elementos arquitetônicos indica diferenças quanto aos sistemas deposicionais fluviais das duas formações. A Formação São Sebastião (*sin-rift*) apresenta depósitos de sistema fluvial meandrante, supostamente desenvolvido em clima mais úmido. Já a Formação Marizal corresponderia a depósitos de sistema fluvial entrelaçado e clima mais árido.

A análise de proveniência realizada por contagem de clastos na fração cascalho indica que a formação *sin-rift* (São Sebastião) é dominada por clastos de litotipos mais resistentes (quartzo de veio e silexito), com assembléia de minerais pesados mais madura (zircão, rutilo, turmalina, epidoto e estauroлита). A formação *pós-rift* (Marizal) compreende clastos de litotipos mais variados (quartzo de veio, arenito, quartzito, granito, filito e calcário) e assembléia de minerais pesados imatura (zircão, rutilo, turmalina, epidoto, estauroлита, cianita, granada e apatita).

O índice RZi indicou aportes distintos de sedimentos derivados de rochas ígneas e metamórficas entre as regiões estudadas, com contribuição relativamente maior de areias derivadas de rochas metamórficas para as regiões oeste e norte da bacia, respectivamente, das formações São Sebastião e Marizal. A termoluminescência (TL) do quartzo também indicou variações geográficas quanto ao grau de retrabalhamento sedimentar das areias. Esta variação do retrabalhamento pode resultar do transporte dentro da bacia ou ser herdado de rochas fontes sedimentares. O grau de retrabalhamento foi similar para regiões distintas da Formação São Sebastião e variado para a Formação Marizal.

Este estudo demonstra proveniência distinta para os sedimentos das formações São Sebastião e Marizal. A Formação São Sebastião apresenta sedimentos derivados de litotipos mais resistentes aos processos intempéricos físicos e químicos. Estes sedimentos seriam gerados em clima úmido, com área fonte ao norte e oeste da bacia. A Formação Marizal apresenta sedimentos de composição mais diversificada, com rochas menos resistentes, cuja área fonte principal estaria à leste da bacia.

Abstract

The São Sebastião and Marizal Formations are composed of fluvial sediments deposited from Neocomian to Aptian. These sedimentary units are located in the Tucano-Jatobá Recôncavo rift Basin. This monography studied the architectural elements, sedimentary facies and provenance of sin- (São Sebastião Formation) and post-rift (Marizal Formation) units within the Central Tucano Basin, which still has few studies about these subjects. This makes this study an original research for the region.

The analysis of facies and architectural elements indicate differences between the depositional systems of the sin and post-rift formations. The São Sebastião Formation (sin-rift) has deposits of meandering river system, developed under a more humid climate. The Marizal Formation comprises braided river sediments, deposited under relatively arid climate.

The provenance analysis carried out through the counting of gravel clasts indicates that the sin-rift formation is dominated by stable clasts (quartz vein and chert), with mature heavy mineral assemblage (zircon, rutile, tourmaline, epidote and staurolite). The post-rift formation has varied gravel clasts (quartz vein, sandstone, quartzite, granite, phyllite and limestone), with unstable heavy mineral assemblage (zircon, rutile, tourmaline, epidote, staurolite, kyanite, garnet and apatite).

The RZi index indicates distinct contributions of sediments derived from igneous and metamorphic rocks between different regions of the studied formations. There is a relatively high contribution of sediments from metamorphic rocks to the western and northern portion of basin, respectively, for the São Sebastião and Marizal Formations. The quartz thermoluminescence (TL) also indicates geographical variations in the sedimentary reworking of the sandy sediments. These variations could result of the transport within the basin or be inherited from sedimentary source rocks. The sands from the São Sebastião Formation present similar degree of sedimentary reworking within the studied area while the sands from the Marizal Formation show great spatial variation.

Therefore, this study demonstrates distinct provenances for the São Sebastião and Marizal sediments. The São Sebastião Formation sediments derive from rocks more resistant to physical and chemical weathering processes. They would be generated in humid climate, with the main source area to the north and west of the basin. The Marizal Formation sediments have more diversified composition, with higher contribution of less resistant rocks, and with the main source area to the east of the basin.

Agradecimentos	i
Resumo	iii
Abstract.....	iv
1. Introdução	2
2. Fundamentação bibliográfica	2
2.1 Geologia regional da Bacia de Tucano Central	2
2.2 Formação São Sebastião	5
2.3 Formação Marizal.....	5
3. Materiais e métodos.....	6
3.1 Métodos de campo	6
3.2 Métodos laboratoriais	7
3.2.3 Tratamento gráfico-estatístico dos dados	9
4. Resultados.....	9
4.1 Contexto geológico regional e distribuição das amostras estudadas	9
4.2 Análise de paleocorrentes	14
4.3 Análise de fácies e arquitetura deposicional.....	15
4.3.1 Formação São Sebastião.....	15
4.3.2 Formação Marizal.....	21
4.4 Análise de proveniência de clastos de fácies conglomeráticas.....	24
4.5 Análise de minerais pesados.....	28
4.6 Análise de termoluminescência do quartzo	31
5. Discussão	33
5.1 Análise de fácies e arquitetura deposicional.....	33
5.1 Análise de proveniência de clastos de fácies conglomeráticas.....	34
5.2 Análise de minerais pesados.....	34
5.3 Análise de termoluminescência do quartzo	35
5.4 Rochas fontes dos sedimentos	37
6. Conclusões.....	39
7. Referências bibliográficas	40

1. Introdução

A Bacia de Tucano Central está localizada no nordeste do Estado da Bahia e sua evolução pode ser dividida em três estágios: *pré-rift*, *sin-rift* e *pós-rift* (Viana *et al.*, 1971). As unidades selecionadas para o estudo foram as formações São Sebastião (final da fase *sin-rift*, do Neocomiano ao Barremiano) e Marizal (*pós-rift*, do Aptiano) (Costa *et al.*, 2007). Estas formações são compostas por depósitos fluviais, ainda pouco estudados, cujas diferenças faciológicas e de proveniência podem elucidar as relações entre subsidência e aporte sedimentar em cada estágio. Para isto, foram selecionados afloramentos específicos para análise de fácies, com medidas de paleocorrentes e análise de proveniência sedimentar das frações arenosas (minerais pesados e termoluminescência do quartzo) e cascalhosas (identificação e contagem de clastos com diâmetro maior que 1 cm). Isto permite avaliar mudanças de áreas-fontes e da dinâmica dos sistemas fluviais durante os estágios *sin* e *pós-rift*. Espera-se que este estudo auxilie no aprofundamento do conhecimento da paleogeografia da fase final de desenvolvimento das bacias *rift* do Nordeste do Brasil, como por exemplo, as bacias de Sergipe-Alagoas, Jatobá e Recôncavo.

2. Fundamentação bibliográfica

2.1 Geologia regional da Bacia de Tucano Central

O *rift* Recôncavo-Tucano-Jatobá está localizado no Estado da Bahia e em parte dos estados de Sergipe e Alagoas. Apresenta orientação principal N-S e área de aproximadamente 30.500 km². Nele está contida a Bacia de Tucano, que é dividida em Tucano Norte, Tucano Central e Tucano Sul pelos rios Vaza Barris e Itapicuru, respectivamente (Figura 1). Estas bacias representam porção abortada do sistema de *rifts* que atuou do Neojurássico ao Eocretáceo durante a abertura do oceano Atlântico Sul (Milani & Davison, 1988).

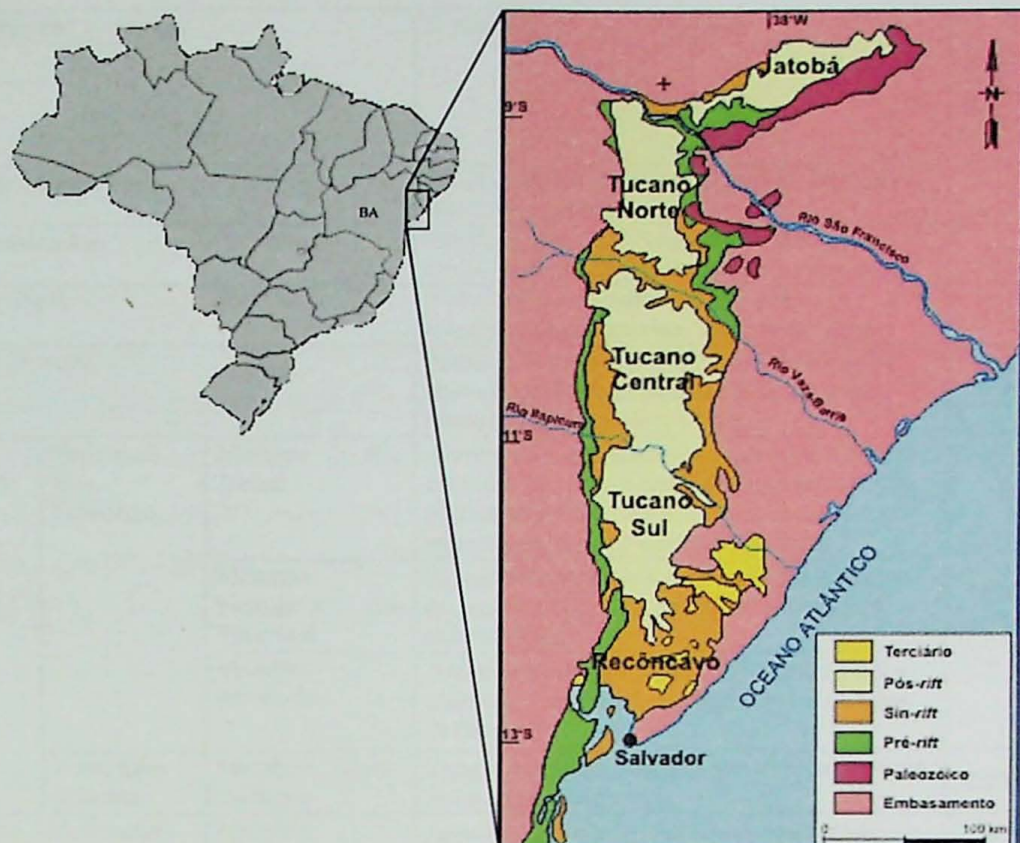


Figura 1. Localização do *rift* Recôncavo-Tucano-Jatobá e subdivisão da Bacia de Tucano (Tucano Sul, Tucano Central e Tucano Norte). Extraído de Magnavita *et al.* (2003).

A área de estudo compreende a Bacia de Tucano Central, que possui cerca de 14.700 km². Dentre as principais estruturas tectônicas, destacam-se falhas em estilo dominó de direção, em geral, N-S com mergulho para oeste e falha antitética com mergulho para leste, de encontro à borda da bacia. Este arranjo entre falhas define o Baixo de Cícero Dantas, depocentro da bacia cujo embasamento atinge mais de 10.000 m de profundidade (Magnavita *et al.*, 2003).

A Bacia de Tucano Central compreende sedimentos depositados entre o Paleozóico e o Cenozóico e sua sucessão estratigráfica compreende três estágios evolutivos (Viana *et al.*, 1971), como já mencionado: *pré-rift* (formações Aliança e Sergi), *sin-rift* (grupos Santo Amaro, Ilhas e Massacará) e *pós-rift* (Formação Marizal). As unidades litoestratigráficas que compõem a Bacia de Tucano estão descritas na Tabela 1.

Superggrupo	Grupo, formação e membro			Descrição	Espessura máxima (m)	Idade máxima (Ma)	Fase	
Superggrupo Bahia	Sedimentos recentes			Areias e lamias de sistemas praias, estuarinos, fluviais e aluviais.		3		
	Formação Barreiras			Arenitos grossos e conglomeráticos, mal consolidados e com estratificações cruzadas.	60	8		
	Formação Sabiá			Folhelhos com foraminíferos, com intercalações de arenitos finos fossilíferos.				
	Formação Marizal			Arenitos finos a grossos com estratificação cruzada e conglomerados constituídos de matações e seixos de arenitos.	240	117	PÓS-RIFT	
	Grupo Massacará	Formação São Sebastião	Membro Rio Joanes	Arenitos finos feldspáticos com estratificação cruzada, na base da unidade. Intercalações de argilas, folhelhos, siltitos e arenitos. No topo há arenitos grossos a conglomeráticos.	1630	135	SIN-RIFT	
			Membro Passagem dos Teixeira	Arenitos intercalados com camadas delgadas de argilitos silticos e folhelhos silticos com microfósseis.				
			Membro Paciência	Arenitos finos a grossos, folhelhos fossilíferos e siltitos. Estas unidades apresentam nódulos de calcário.				
			Formação Salvador	Membro Morro do Barro	Conglomerados (afiorante somente no Tucano Sul e Recôncavo).	2400		143
	Grupo Ilhas	Formação Pojuca	Membro Santiago	Arenito muito fino, bem selecionado com intercalações delgadas de folhelho.	900	140		
		Formação Marfim	Membro Catu	Arenitos bem selecionados.	250			
	Grupo Santo Amaro	Formação Candeias	Membro Maracangaia	Folhelhos calcíferos fossilíferos.	1000	145		
			Membro Gomo	Folhelhos calcíferos com lentes de calcário.				
			Membro Pitanga	Arenitos muito finos a silticos.				
			Membro Tauá	Folhelhos fossilíferos. Aflorantes apenas no Tucano Sul e Recôncavo.				
			Formação Água Grande		Arenitos quartzosos e bem selecionados (Tucano Sul).	55		
		Formação Itaparica		Folhelhos (Tucano Sul).	61			
	Grupo Brotas	Formação Sergi		Arenitos finos a conglomeráticos com estratificação cruzada.	315	147	PRÉ-RIFT	
		Formação Aliança	Membro Capianga	Folhelhos, localmente, intercalados com calcários e arenitos no topo.	160	148		
			Membro Boipeba	Arenitos e arenitos conglomeráticos na base.	170			
		Formação Allégios		Membro Cazumba	Evaporitos, pelitos e lamitos	55	270	BACIA INTRA-CRATÔNICA
				Membro Pedrão	Arenitos, lamitos e evaporitos	50	290	
	Complexo do Embasamento				Ortognaisses migmatíticos, rochas vulcano-sedimentares, rochas metassedimentares e rochas sedimentares.			

Tabela 1. Litoestratigrafia da Bacia de Tucano. Divisão estratigráfica baseada em Viana *et al.* (1971) e Magnavita *et al.* (2003). Idades e espessuras máximas extraídos de Costa *et al.* (2007).

As unidades objeto deste estudo, as quais foram comparadas pelas fácies e proveniência dos seus sedimentos, são as formações São Sebastião (sin-rift) e Marizal (pós-rift), definidas segundo a proposta de Viana *et al.* (1971).

2.2 Formação São Sebastião

A Formação São Sebastião faz parte do Grupo Massacará, e tem idade neocomiana a barremiana (Costa *et al.*, 2007). Esta formação pode ser subdividida em três membros: Membro Paciência, Membro Passagem dos Teixeiras e Membro Rio Joanes.

Segundo Viana *et al.* (1971), o Membro Paciência apresenta cerca de 250 m de espessura máxima e é composto de arenitos finos a grossos, feldspáticos, de grãos subarredondados, moderadamente selecionados, com nódulos de calcário e intercalações delgadas de argilitos. Também ocorrem siltitos e folhelhos cinza claro a cinza avermelhado com intercalações de argilito e nódulos de calcário. Seu contato inferior com a Formação Pojuca é transicional, porém é facilmente estabelecido devido às características distintas das duas unidades. O contato superior com o Membro Passagem dos Teixeiras é brusco.

O Membro Passagem dos Teixeiras apresenta, aproximadamente, 550 a 650 m de espessura média, sendo composto, na base, de arenitos maciços a estratificados, finos a médios, micáceos e cauliniticos, com intercalações delgadas de argilito siltico (Viana *et al.*, 1971). Sobrepostos aos arenitos ocorrem folhelhos e siltitosossilíferos (conchostráceos gigantes e ostracodes). A parte superior é composta por uma seção de argilitos silticos, folhelhosossilíferos, siltitos e arenitos finos. O contato superior com o Membro Rio Joanes é gradacional.

O Membro Rio Joanes apresenta espessura de até 820 m. Sua base é composta de arenitos finos, mal selecionados, feldspáticos, por vezes com estratificações cruzadas, e siltitos. Sobrepostos a esses litotipos, ocorrem intercalações de argilitos silticos, folhelhos micáceos, siltitos micáceos e arenitos, pobrementeossilíferos. No topo, há arenitos grossos a conglomeráticos friáveis. O contato superior desta unidade é discordante com as formações Marizal e Barreiras ou com areias de dunas e aluviões quaternários.

A Formação São Sebastião, interpretada por Costa *et al.* (2007), como produto de sistema deposicional fluvial, interdigita-se lateralmente com os conglomerados e arenitos da Formação Salvador (aflorante apenas nas bacias de Tucano Sul e Recôncavo).

2.3 Formação Marizal

Esta formação, de idade neo-aptiana (Caixeta *et al.*, 1994), ocupa cerca de dois terços da Bacia de Tucano Central e pode chegar a 300 m de espessura. É interpretada como depósitos de leques aluviais (Costa *et al.*, 2007). Seus contatos inferior com a Formação São Sebastião e superior com a Formação Barreiras são discordantes. Segundo Costa *et al.* (2007), a Formação Marizal é composta, principalmente, por arenitos e conglomerados, e localmente, por siltitos, folhelhos e calcários. Os arenitos têm

estratificações cruzadas, são finos a grossos, mal selecionados, com grãos subangulares a subarredondados, quartzosos, pouco micáceos, argilosos e caulíníticos. Os conglomerados são compostos por matacões e seixos de arenitos vermelhos, com metamorfismo de baixo grau, calcários, quartzo e sílex. Os folhelhos são silticos e pouco carbonáticos. Os siltitos são micáceos, argilosos e carbonáticos. Calcários puros são raros.

3. Materiais e métodos

3.1 Métodos de campo

3.1.1 Coleta de amostras

A seleção da área de estudo contou com apoio de roteiro de campo (Ghignone, 1982), que auxiliou na localização de afloramentos das unidades em estudo, e de mapa geológico (Rocha Neto, 2004). Durante a etapa de campo, realizada entre os dias 28 de Março e 3 de Abril de 2010, foram coletadas 23 amostras de fácies da Formação São Sebastião (*sin-rift*) e nove amostras de fácies da Formação Marizal (*pós-rift*).

3.1.2 Análise de fácies

A análise de fácies segue o modelo sugerido por Walker (2006), que define as fácies segundo critérios de Selley (1970) de geometria externa, textura, estruturas sedimentares, paleocorrentes e conteúdo fossilífero. O objetivo da análise de fácies foi interpretar processos deposicionais básicos, tipos de sistema deposicionais e variações na sua dinâmica. Para isto, foram realizadas as seguintes tarefas:

1. Descrição das fácies em afloramentos.
2. Interpretação do processo sedimentar gerador de cada fácies.
3. Definição de associações de fácies.
4. Elaboração de um modelo de fácies que representa um sistema deposicional.

As fácies foram nomeadas por siglas, para facilitar sua identificação. Estas siglas seguem padrão, cuja primeira letra em maiúscula refere-se à litologia dominante, a segunda, e caso necessário, terceira e quarta, em letra maiúscula, referem-se textura dominante. Em seguida, para designar as estruturas sedimentares, como estratificações e convoluções, usam-se letras minúsculas. Por exemplo, AMGCa representa "Arenito médio a grosso conglomerático com estratificação cruzada acanalada".

3.1.3 Análise de paleocorrentes

A análise de paleocorrentes baseou-se no reconhecimento e medição de estruturas sedimentares indicativas de paleofluxo de sedimentos, como estratificações cruzadas e

marcas onduladas. Em depósitos fluviais, estas estruturas refletem as condições hidrodinâmicas nas quais foram geradas e podem reconstituir a direção e sentido da corrente. Para a medição dessas estruturas, foi utilizada bússola do tipo Brunton. Os dados foram representados em gráficos do tipo roseta.

3.1.4 Identificação e contagem de clastos na fração cascalho

Identificação, contagem e classificação quanto ao grau de arredondamento de clastos na fração maior que 1 cm foi realizada em conglomerados e arenitos conglomeráticos de dois afloramentos da Formação São Sebastião e três da Formação Marizal. Isto visou avaliar a contribuição dos diferentes litotipos para a proveniência sedimentar das duas unidades. Para cada afloramento selecionado, foram contados e identificados no mínimo 150 clastos. O grau de arredondamento recebeu quatro classificações (anguloso, subanguloso, subarredondado e arredondado), com intuito de facilitar e diminuir a incerteza da classificação, segundo modelo proposto por Marconato (2010).

3.2 Métodos laboratoriais

3.2.1 Análise de minerais pesados

Amostras de fácies arenosas coletadas em afloramento foram submetidas à separação de minerais pesados para análise de proveniência sedimentar. A fração areia fina (0,063-0,125mm) dos grãos de minerais pesados foi analisada ao microscópio óptico de luz transmitida para identificação e descrição dos minerais pesados transparentes e não-micáceos. Posteriormente, calculou-se o índice de proveniência RZi (razão entre as proporções de grãos de rutilo e zircão), segundo proposta de Morton & Hallsworth (1994). Este índice de proveniência reúne minerais de propriedades químicas e físicas semelhantes, o que propicia comportamento similar frente aos processos de transporte, diagenéticos e intempéricos. Ao todo, foram analisadas 31 amostras, sendo 22 amostras de fácies da Formação São Sebastião (*sin-rift*) e nove amostras de fácies da Formação Marizal (*pós-rift*). Para isto, realizaram-se as seguintes tarefas:

1. Desagregação das amostras (100 g) em almofariz e dispersão em solução de pirofosfato de sódio.
2. Elutriação para eliminação da fração lamosa.
3. Secagem das frações areia e cascalho em estufa.
4. Peneiramento ao vibrador mecânico para separação da fração areia muito fina (0,063mm – 0,125mm).
5. Separação densimétrica, com auxílio de líquido denso (bromofórmio), para obter os grãos de minerais pesados ($>2,85 \text{ g/cm}^3$) e de minerais leves ($\leq 2,85 \text{ g/cm}^3$).

6. Confecção de lâminas de grãos de minerais pesados, utilizando bálsamo do Canadá.
7. Identificação e descrição da assembléia de minerais pesados.
8. Quantificação do índice de proveniência RZi (Morton & Hallsworth, 1994) por meio da contagem de 200 grãos de rutilo e zircão ($RZi = 100 \times \text{rutilo} / (\text{rutilo} + \text{zircão})$).

3.2.2 Análise de termoluminescência de grãos de quartzo

Luminescência é o fenômeno de emissão de luz por um material exposto a um agente excitante. O comprimento dessa luz emitida é característico do material luminescente e não do agente excitante. A termoluminescência (TL) ocorre quando certos materiais, previamente expostos à radiação ionizante, são estimulados por calor. No caso dos minerais, como o quartzo, defeitos no retículo cristalino, formados pela incorporação de íons estranhos (impurezas) são responsáveis pela TL. Tais impurezas são, principalmente, íons de alumínio, de elementos alcalinos, titânio, germânio e ferro (Agel & Petrov, 1990; Dennen *et al.*, 1970; Gotze *et al.*, 2001; Price, 1994). A relação entre a incorporação de impurezas e temperatura de cristalização possibilita a utilização de parâmetros de TL para discriminação de grãos de quartzo de origem distinta (Rink *et al.*, 1993; Sawakuchi *et al.*, 2010; Mineli *et al.*, 2010).

Assim, grãos de quartzo extraídos da fração areia muito fina dos minerais leves separados em líquido denso (bromofórmio) foram utilizados para análises de termoluminescência. Curvas de crescimento TL (temperatura *versus* Intensidade) foram obtidas em alíquotas de grãos de quartzo submetidas à dose constante de radiação ionizante (0,7 Gy). A intensidade TL de amostras de mesma massa foi utilizada para comparação das unidades estratigráficas em estudo no que se refere à proveniência dos seus grãos de quartzo.

Para cada amostra, foi medida a TL de três alíquotas de grãos de quartzo de mesma massa. As curvas TL obtidas apresentaram baixa intensidade, sem picos definidos. Por isto, para análise de proveniência, optou-se pelo cálculo da área das curvas TL entre as temperaturas de 200°C e 350°C. Estas temperaturas foram definidas para excluir o pico TL de 110°C ($\pm 40^\circ\text{C}$), o qual é instável, e a emissão de luz pelo porta-amostra de platina (repositório e aquecedor dos grãos de quartzo), que se inicia por volta de 350°C. Além disso, foi subtraído o sinal TL de fundo (*background*) emitido pelo porta amostra. Para avaliar o *background*, foi feita medida TL da platina vazia.

Para o cálculo da sensibilidade TL, as alíquotas de grãos de quartzo devem apresentar o mesmo volume e serem irradiadas pela mesma fonte de radiação (Cobalto-60) com dose fixa (0,7Gy). A irradiação das amostras e as medidas TL foram realizadas no Laboratório de Dosimetria do Instituto de Física da USP, sob auxílio da Dra. Nancy Kuniko Umisedo. O equipamento usado compreende um leitor de termoluminescência por

contagem de fótons, com aquecimento das alíquotas sob taxa de aquecimento de 5° C/s. As etapas envolvidas nestas análises foram:

1. Ataque da fração de minerais leves com HF (por 40 min.) para eliminação de feldspatos e outros silicatos e concentração de quartzo.
2. Avaliação da eficácia do ataque por HF em lupa binocular.
3. Tratamento térmico, na ausência de luz, das alíquotas de quartzo a 420° C por 15 minutos para eliminação do sinal TL natural.
4. Irradiação das alíquotas (Cobalto-60) na ausência de luz com dose de 0,7 Gy.
5. Medidas TL das alíquotas irradiadas, na ausência de luz.
6. Determinação de intensidades TL (intervalo de 200°C a 350°C) por meio do *software TL Tools*.

3.2.3 Tratamento gráfico-estatístico dos dados

Estatísticas descritivas (média e desvio padrão) e gráficos de barra foram utilizados para resumir os dados derivados das análises de proveniência. A organização dos dados analíticos, o cálculo de estatísticas descritivas e a elaboração de gráficos foram realizados por meio do *software Excel*. Diagramas de rosáceas foram utilizados para interpretação de paleocorrentes com auxílio do *software Stereo32_101*. Fotomosaicos de afloramentos e seções colunares de fácies foram confeccionadas com auxílio dos *softwares Hugin 4.0, Photoshop 7.0.1 e CorelDRAW X3*. Isto visou a melhor interpretação e ilustração de fácies e arquiteturas deposicionais.

4. Resultados

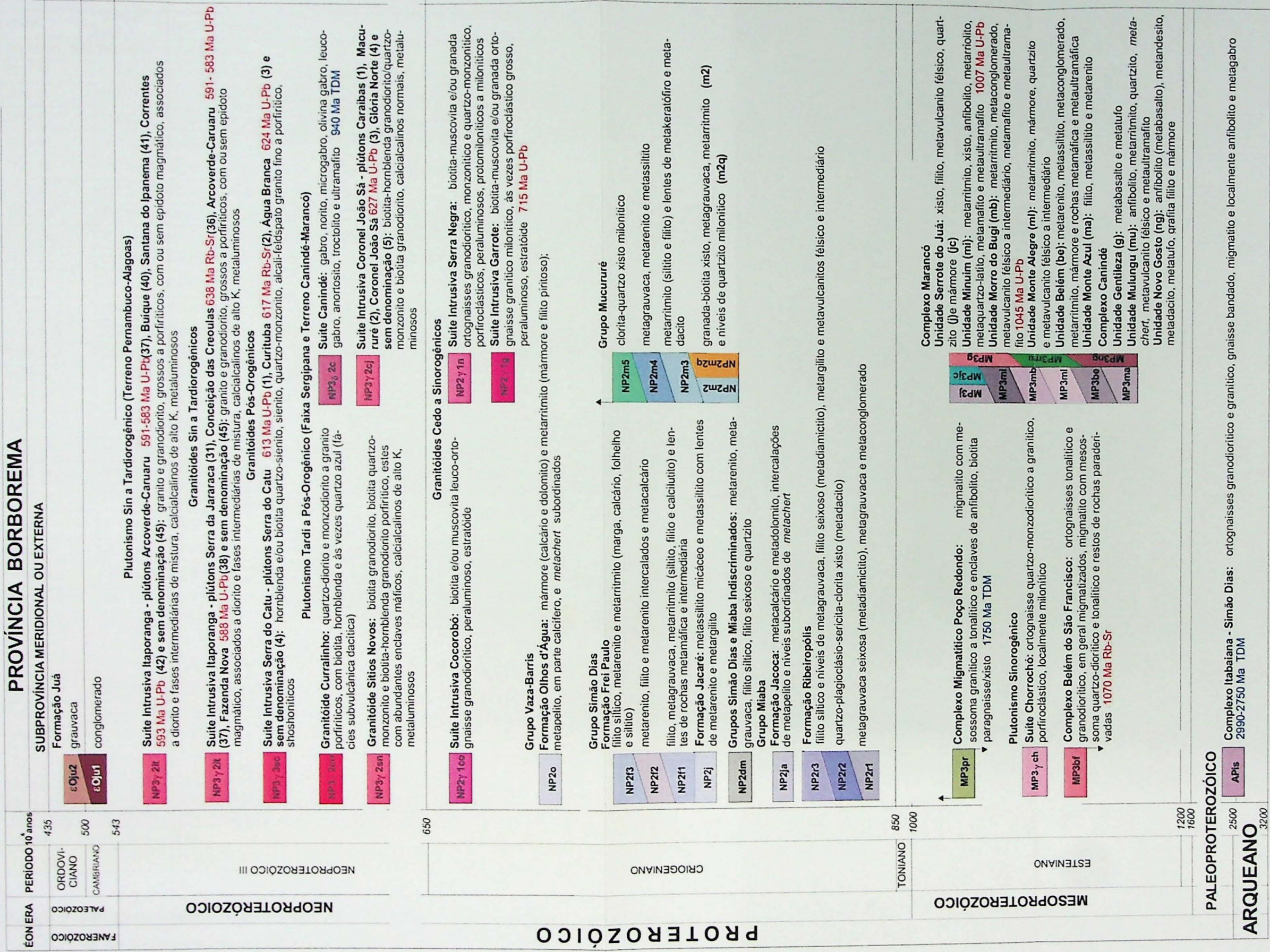
4.1 Contexto geológico regional e distribuição das amostras estudadas

Foi elaborado um mapa de pontos com auxílio do *software ArcGIS 9.3*, e do mapa litológico da CPRM. Este mapa teve como objetivo auxiliar na interpretação das possíveis áreas fontes das unidades e expor a distribuição das amostras coletadas na Bacia de Tucano Central (Figura 2).

ÉON	ERA	PERÍODO	10 ³ anos	COBERTURAS FANEROZÓICAS	
FANEROZÓICO	CENOZÓICO	QUATERNÁRIO	1,75	HOc	Depósitos Colúvio-eluviais: sedimento areno-argiloso, conglomerático, inconsolidado
		TERCIÁRIO			
	MESOZÓICO	PALEÓGENO	23,5	ENb	Grupo Barreiras: arenito argiloso a conglomerático, argilito puro a arenoso e conglomerado
		CRETÁCEO	65		
PALEOZÓICO	JURÁSSICO		135		BACIA DO RECÔNCAVO - TUCANO - JATOBÁ K1m Formação Marizal: conglomerado, arenito, folhelho, siltito, calcário e silxito Grupo Massacarã K1pv Formação Poço Verde: argilito, folhelho, siltito, calcário, coquina, conglomerado e arenito K1ss Formação São Sebastião: arenito com intercalações de siltito, argilito e folhelho Grupo Ilhas: folhelho e arenito intercalados, marga, arenito calcífero, folhelho carbonoso, siltito e calcilutito Grupo Santo Amaro K1ca Formação Candeias: folhelho e siltito calcíferos laminados, ricos em matéria orgânica, com intercalações de arenito e carvão K1sa Indiviso: folhelho e siltito, em parte calcíferos, arenito, subarcóseo e carvão Grupo Brotas J3s Formação Sergi (s): arenito fino a conglomerático, conglomerado e pelito J3a Formação Aliança (a): arenito fino a conglomerático e folhelho com intercalações de calcilutito, arenito e conglomerado J3i Indiviso (b): arenito fino a conglomerático, conglomerado, folhelho e calcilutito
	TRIASSICO		203		
	PERMIANO		250		
	CARBONÍFERO		295		
			355	Cc	Formação Curitiba: arenito, folhelho, calcário e diamictito

ÉON	ERA	PERÍODO	10 ³ anos	PROVÍNCIA SÃO FRANCISCO	
FANEROZÓICO	PALEOZÓICO	ORDOVÍCIANO	500	Op	Formação Palmares: grauvaça, grauvaça seixosa, arenito feldspático e conglomerado
		CAMBRIANO			
NEOPROTEROZOICO	NEOPROTEROZOICO		540		
		CRIOGENIANO	650	NP2el NP2ea2 NP2ea1	Grupo Estância Formação Lagarto: argilito, siltito e arenito fino intercalados; localmente conglomerado na base Formação Acauã (Unidade 2): argilito e siltito, calcíferos ou não, e calcilutito Formações Acauã (Unidade 1) e Juête Indiscriminadas: calcarenito e calcilutito; conglomerado e arenito na base
MESOPROTEROZOICO	MESOPROTEROZOICO	TONIANO	850		
			1000		

ÉON	ERA	PERÍODO	10 ³ anos	PROVÍNCIA SÃO FRANCISCO	
PROTEROZOICO	PALEOPROTEROZOICO	ESTATERIANO	1600		
		OROSIRIANO	1800		
ARQUEANO	MESOARQUEANO		2050		Granitóides Pós-tectônicos PP2, 200-250 Ma Morro do Lopes 2072 Ma U-Pb (ms), Pé de Serra de Ipirá 2078 Ma Pb-Pb e Pedra Solta (mp): granito, granodiorito e monzonito, calcialcalinos de alto K a alcalinos, metaluminosos a peraluminosos PP2, 1, 1-2 Ma Batólito Slenítico Itiuba 2084 Ma U-Pb (i) e corpos Morro do Afonso 2098-2098-2081 Ma Pb-Pb, Aguihas - Bananas 2086 Ma Pb-Pb e Serra do Pintado 2097 Ma U-Pb (m) e Santanópolis 2100 Ma U-Pb (s): sienito, alcali-feldspato-sienito e quartzo-sienito, alcalino-potássicos/ultrapotássicos PP2, 200-250 Ma Plutonismo Sin a Tarditectônico PP2, 200-250 Ma Domo de Barrocas: granodiorito, tonalito, trondjemito e monzogranito, porfiríticos, em parte gnaissificados, calcialcalinos de baixo K, peraluminosos 2127 Ma Pb-Pb PP2, 200-250 Ma Domo de Nordestina: trondjemito e granodiorito, porfiríticos no centro e gnaissificados nas bordas, calcialcalinos de baixo K, metaluminosos a peraluminosos 2155 Ma Pb-Pb PP2ls Greenstone Belt Rio Itapicuru PP2ls Unidade Sedimentar: metarenito, metaconglomerado, metapelito, metachert e formações ferrífera e manganesífera PP2lm Unidade Vulcânica Máfica: metabasalto tholeítico, formação ferrífera, metachert e filito grafítico 2209 Ma Pb-Pb A4PP2gl Complexo Salvador - Esplanada: ortognaisses charnoerberítico e charnockítico, kinzigito migmatizado e níveis de metagabronorito, rocha calcissilicática e quartzo 2561 - 2230 Ma U-Pb 2089 Ma U-Pb AP, 1 Corpos Máfico e/ou Ultramáficos Indiferenciados A4, mv, ms, ml Granitóides Várzea do Poço e Senhor do Bonfim (mv) e das regiões de Lagoa do Alegre e Rio Salitre 2690 Ma Rb-Sr (ml) e Serrinha e Uauá (ms): monzogranito a quartzo-sienito e granodiorito subordinado, em parte foliados ou gnaissificados, calcialcalinos de alto K, metaluminosos
		SIDERIANO	2300		Complexo Santa Luz 3152-2954 Ma U-Pb 2076 Ma U-Pb ortognaisse migmatítico, granulítico, com restos de rochas supracrustal, metamáfica e metaultramáfica (lg) ortognaisse migmatítico tonalítico a granodiorítico, com intercalações de quartzo (lq) A3lg gnaisse bandado milonítico, paragneisse aluminoso, quartzo, mármore, rochas calcissilicática, metamáfica e metaultramáfica e restos de ortognaisse migmatítico (lb) A3lq ortognaisses migmatíticos, tonalítico e granodiorítico, com restos de rochas supracrustais (lo) A3lb ortognaisses migmatíticos, tonalítico e granodiorítico, com enclaves máficos e ultramáficos (lm) A3lo ortognaisses migmatíticos, tonalítico e granodiorítico, com enclaves máficos e ultramáficos (lm) A3lm ortognaisses migmatíticos, tonalítico e granodiorítico, com enclaves máficos e ultramáficos (lm) A3, ms Tonalito Capim: ortognaisses tonalítico, granodiorítico e granítico, calcialcalinos normais, metaluminosos 3130 Ma U-Pb A3ua Complexo Uauá: gnaisse bandado e ortognaisses migmatíticos, tonalítico e granodiorítico, granulíticos > 3161 Ma Pb-Pb
			2500		
		NEO-ARQUEANO	2600		
			3200		



↑, Setas indicam possibilidade de variação na idade/posição estratigráfica.

Limites horizontais entre caixas identifica empilhamento litostratigráfico

Limites diagonais entre caixas não identifica empilhamento litostratigráfico

As 32 amostras coletadas estão descritas na Tabela 2.

Ponto	UTM N (24L)	UTM E	Descrição
Formação São Sebastião (fácies fluviais)			
TUC 1A	0518747	8780497	Siltitos arenosos com laminação plano-paralela.
TUC 1B	0518747	8780497	Arenitos finos a médios micáceos com estratificação cruzada.
TUC 2	0524559	8786731	Arenitos finos com estratificação cruzada.
TUC 3	0526275	8787551	Arenitos finos com estratificação cruzada incipiente e intraclastos de siltito.
TUC 4A	0577493	8878596	Arenitos finos com estratificação cruzada.
TUC 4B	0577493	8878596	Arenitos finos maciços.
TUC 5A	0576549	8866778	Arenitos conglomeráticos com estratificação cruzada planar.
TUC 5B	0576549	8866778	Arenitos com estratificação cruzada planar.
TUC 5C	0576549	8866778	Arenitos muito finos com estratificação plano paralela.
TUC 6	0578840	8875442	Arenitos finos com estratificação cruzada acanalada e porções convolutas.
TUC 9	0516900	8906026	Arenitos finos com estratificação plano paralela.
TUC 10A	0514448	8907203	Arenitos médios a finos com estratificação cruzada planar.
TUC 10B	0514448	8907203	Arenitos finos a médios com estratificação cruzada planar.
TUC 11	0512860	8837144	Arenitos finos micáceos.
TUC 12	0516480	8837656	Arenitos finos micáceos com estratificação cruzada.
TUC 13A	0519110	8834637	Arenitos finos a médios com estratificação cruzada e porções com convoluções.
TUC 17	0573066	8884217	Arenitos finos com estratificação plano paralela.
TUC 18	0562754	8883150	Arenitos médios com estratificação cruzada acanalada.
TUC 19	0553797	8891773	Arenitos finos feldspáticos e micáceos com estratificação plano paralela e porções maciças.
TUC 20	0534178	8899676	Arenitos finos com estratificação cruzada acanalada/ planar de baixo ângulo e porções convolutas.
TUC 21	0511528	8907859	Arenitos finos com estratificação cruzada.
TUC 22A	0511528	8907859	Arenitos siltosos com estratificação cruzada de baixo ângulo, <i>climbing ripples</i> e porções convolutas.
TUC 22B	0511528	8907859	Arenitos finos com estratificação cruzada acanalada.
Formação Marizal (fácies fluviais)			
TUC 5D	0576549	8866778	Conglomerados com seixos e matriz arenosa feldspática.
TUC 7	0600605	8832716	Arenitos finos a médios com estratificação plano-paralela.
TUC 8	0598321	8827113	Conglomerados arenosos com seixos.
TUC 13B	0519110	8834637	Conglomerados polimíticos.
TUC 14	0544202	8817890	Arenitos médios com estratificação cruzada acanalada.
TUC 15	0543175	8840534	Arenitos médios a grossos com estratificação cruzada e seixos esparsos.
TUC 16A	0540975	8844652	Arenitos grossos com estratificação cruzada planar e grânulos esparsos.
TUC 16B	0540975	8844652	Arenitos grossos com estratificação cruzada planar e grânulos esparsos.
Formação Marizal (fácies eólica)			
TUC 13C	0519110	8834637	Arenitos finos a médios feldspáticos com estratificação cruzada planar.

Tabela 2. Amostras coletadas nas unidades São Sebastião e Marizal, depositadas durante os estágios sin e pós-*rift*, respectivamente (Bacia de Tucano Central).

4.2 Análise de paleocorrentes

Foi elaborado um mapa de paleocorrentes para facilitar a inferência de áreas fontes das formações estudadas (Figura 3).



Figura 3. Mapa de paleocorrentes das formações São Sebastião e Marizal.

Medidas de paleocorrentes de fácies fluviais da Formação São Sebastião indicam paleofluxo com sentido predominante para SE e SW. Nota-se duas regiões distintas para

área fonte. Amostras localizadas no oeste da bacia (TUCs 1, 2, 3, 11, 12 e 13) teriam seus sedimentos provenientes de áreas fontes a noroeste. Amostras localizadas no norte da bacia (TUCs 4, 5, 6, 9, 10, 19, 20 e 21) teriam sedimentos provenientes de áreas fontes ao norte. Medidas de paleocorrentes da fácies eólica (TUC 5) encontrada apenas no nordeste da bacia indicam área fonte no centro da bacia. Isto sugere o retrabalhamento de sedimentos fluviais trazidos de norte.

Medidas de paleocorrente das fácies fluviais da Formação Marizal indicam proveniência de áreas fontes exclusivamente a oeste da bacia. A fácies eólica encontrada a oeste da bacia (TUC 13) indica principal contribuição de áreas fontes a oeste.

4.3 Análise de fácies e arquitetura deposicional

4.3.1 Formação São Sebastião

Foram identificadas e interpretadas sete fácies sedimentares descritas em afloramentos da Formação São Sebastião. Estas fácies são descritas a seguir e ilustradas na Figura 4.

SA – Siltito arenoso

Esta fácies é representada por siltito e siltito arenoso vermelho com laminação plano-paralela ou maciço, com intercalações tabulares centimétricas a decimétricas de arenito muito fino com séries centimétricas de laminação cruzada. Ocorrem estruturas de sobrecarga, porções com laminação heterolítica e às vezes, rizocrecções e bioturbações. É interpretada como depósitos de decantação de material em suspensão aquosa.

AFpc – Arenito fino com estratificação plano-paralela convoluta

É representada por arenito fino com intercalações de arenito fino micáceo siltoso com estratificação plano-paralela. Às vezes ocorrem porções maciças. Por vezes, ocorre laminação cruzada cavalgante (*climbing ripples*), marca ondulada simétrica de crista reta, estruturas de sobrecarga (*flame* e *pillow*), convoluções, lineação de partição, grânulos esparsos e concreções. Localmente, há icnofósseis e estruturas verticais preenchidas por areia, interpretadas como marcas de raiz. É interpretada como sedimentos depositados em leito plano, por vezes pouco irregular, em regime de fluxo superior, possivelmente fluidificados (convoluções) por eventos sísmicos.

AFa – Arenito fino com estratificação cruzada acanalada

Arenito fino, bem selecionado, com séries métricas de estratificação cruzada acanalada e laminação risca de agulha (*pin-stripe*). Esta fácies foi interpretada como depósitos de migração de dunas eólicas.

AFMc – Arenito fino a médio com estratificação cruzada

Esta fácies é representada por arenito fino a médio, cinza a cinza claro, bem selecionado, com estratificação cruzada acanalada ou cruzada tabular em séries decimétricas a métricas, com níveis de laminação cruzada cavalgante (*climbing ripples*). Podem ocorrer porções maciças, marcas onduladas e, por vezes, seixos esparsos ou concentrados na base. Localmente, há dique clástico arenoso de espessura decimétrica, acompanhado por convoluções. É interpretada como depósitos de dunas subaquáticas de crista reta a sinuosa em correntes trativas em regime de fluxo inferior, com porções convolutas, possivelmente por eventos sísmicos.

AMGac – Arenito médio a grosso com estratificação cruzada acanalada convoluta

Arenito médio a grosso, feldspático, com séries centimétricas a decimétricas de estratificação cruzada acanalada convolucionadas. Raramente, podem ocorrer intraclastos de argilito. Esta fácies é interpretada como depósito de dunas subaquáticas de cristas sinuosas formadas em correntes trativas de regime de fluxo inferior, convolutos por possíveis eventos sísmicos.

AMGCa – Arenito médio a grosso conglomerático com estratificação cruzada acanalada

É representada por arenito médio a grosso, mal selecionado, conglomerático, com seixos e grânulos principalmente de quartzo de veio (quartzo leitoso), com séries decimétricas de estratificação cruzada acanalada ou planar. É interpretada como depósito de dunas subaquáticas de crista sinuosa em corrente trativa em regime de fluxo inferior.

AGt – Arenito grosso com estratificação cruzada tabular

Esta fácies é constituída por arenito grosso, mal selecionado, com seixos e grânulos esparsos ou concentrados na base, em séries decimétricas de estratificação cruzada tabular ou acanalada. Seixos e grânulos são arredondados a angulosos, principalmente, de quartzo de veio (quartzo leitoso). Podem ocorrer intraclastos pelíticos (ripas e bolas), estruturas de sobrecarga tipo *pillow* e pseudonódulos. São interpretadas como depósitos de duna subaquática de crista reta em correntes trativas em regime de fluxo inferior.

Figura 4. Fácies sedimentares reconhecidas na Formação São Sebastião, Bacia do Rio São Francisco, Alagoas.

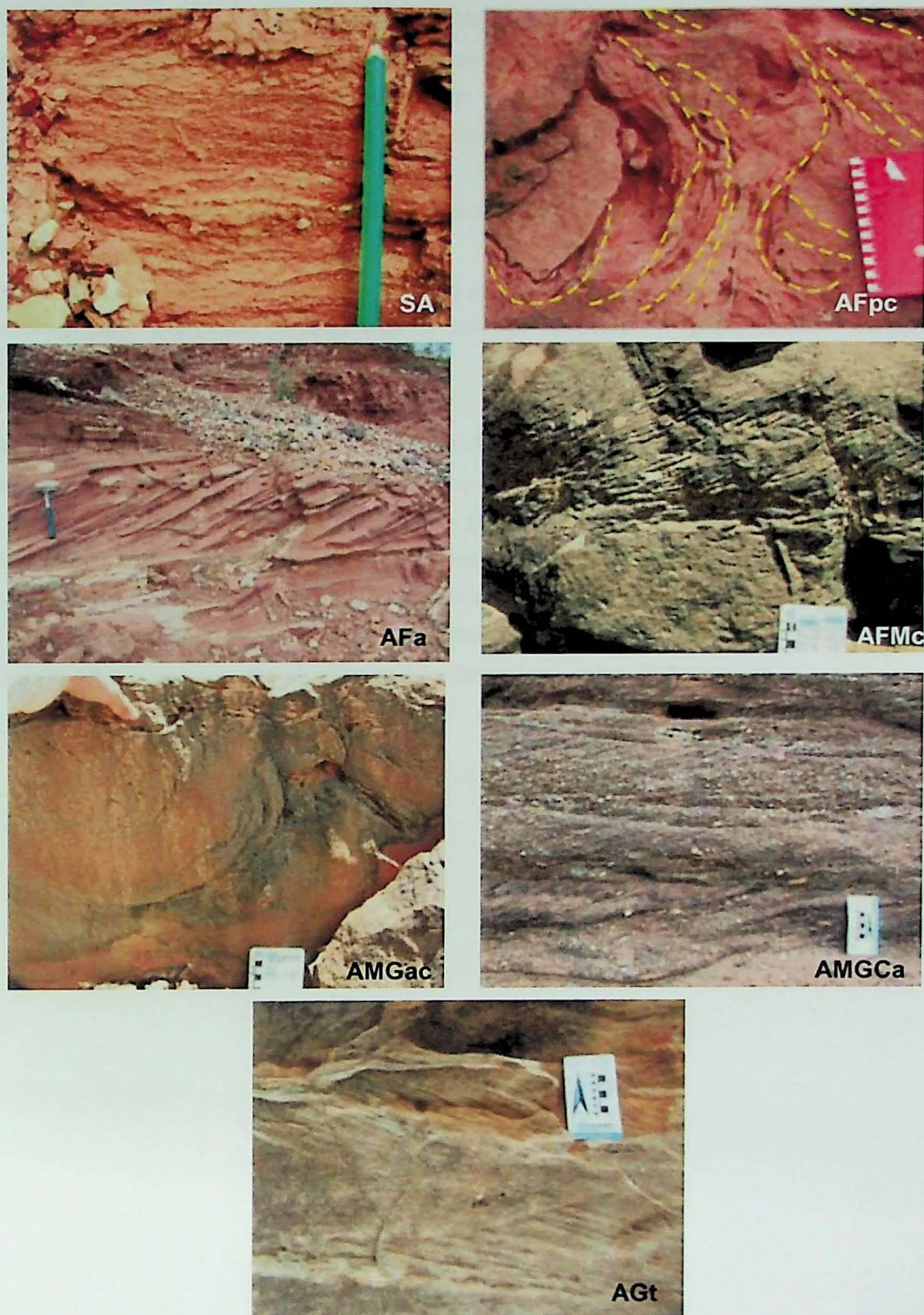


Figura 4. Fácies sedimentares reconhecidas na Formação São Sebastião. Estratificação convoluta demarcada em AFpc.

A elaboração de fotomosaicos permitiu avaliar a arquitetura deposicional e as relações de contato entre as fácies sedimentares descritas.

No afloramento ilustrado na Figura 5 são observadas quatro macroformas denominadas A, B+C, D e E, as quais são descritas a seguir.

A – Esta macroforma é formada por arenitos finos a médios com séries métricas de estratificação cruzada tabular.

B+C – Esta macroforma lenticular é definida por arenitos finos siltsos com estratificação plano-paralela, estruturas heterolíticas e marcas de raiz. A granulometria aumenta gradualmente em direção à macroforma C.

C – Esta macroforma lenticular é definida por arenitos com séries decimétricas de estratificação cruzada acanalada de baixo ângulo. Ocorrem porções com laminação cruzada cavalgante com rumo de mergulho para SSW.

D – Esta macroforma lenticular é formada por arenito fino a médio bem selecionado, micáceo com estratificação cruzada acanalada de baixo ângulo, níveis com laminação cruzada cavalgante de NNE para SSW, porções maciças e com estratificação convoluta.

E – Esta macroforma tabular é definida por ritmo de níveis de siltito com laminação plano-paralela intercalado com arenito maciço e foi depositada sobre limite erosivo.

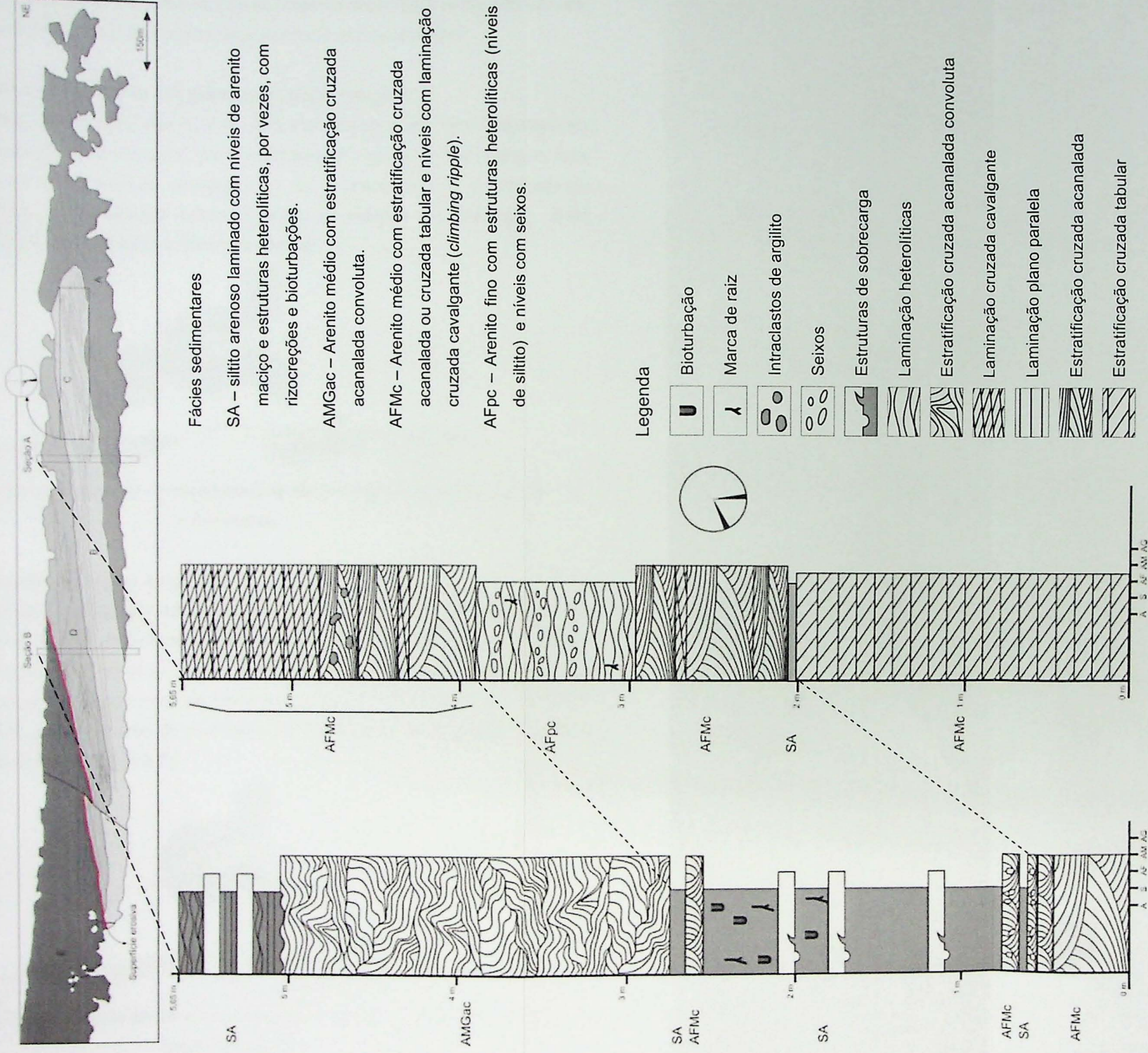


Figura 5. Fotomosaico com interpretação de fácies sedimentares e macroformas (afloramento TUC 6 da Formação São Sebastião).

A sucessão das fácies descritas e análise de elementos arquiteturais geraram duas interpretações para o ambiente deposicional dos sedimentos observados neste afloramento. Os dois modelos estão inseridos em sistema deposicional fluvial meandrante.

Modelo I – Deposição em leque de rompimento de dique marginal

Neste modelo, as macroformas A, B+C e D são interpretadas como depósitos de leque de rompimento de dique marginal, com estratificação cruzada de baixo ângulo com mergulho no sentido da planície de inundação do rio. A macroforma E, sobreposta às demais macroformas, é interpretada como depósito de planície de inundação, onde ocorreram depósitos rítmicos de siltito e arenito (Figura 6).

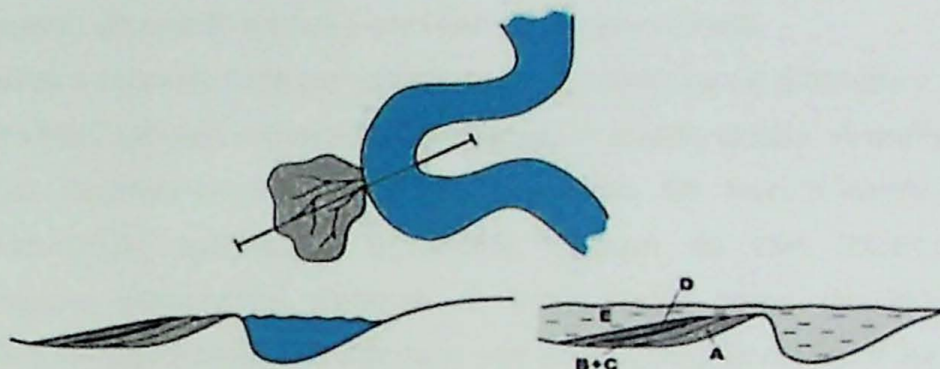


Figura 6. Modelo deposicional de rompimento de dique marginal em sistema fluvial meandrante.

Modelo II – Deposição em barras em pontal

Neste modelo, as macroformas A, B+C e D poderiam ser interpretadas como depósitos de barra em pontal de sistema fluvial meandrante, com estratificação cruzada de baixo ângulo mergulhando, em geral, para o centro do canal. Depósitos da calha do rio estariam sobrepostos pelos elementos da barra em pontal. A macroforma E registraria o abandono do canal, por isolamento de meandro, com decantação dos sedimentos finos e pequeno aporte de areia fina (Figura 7).

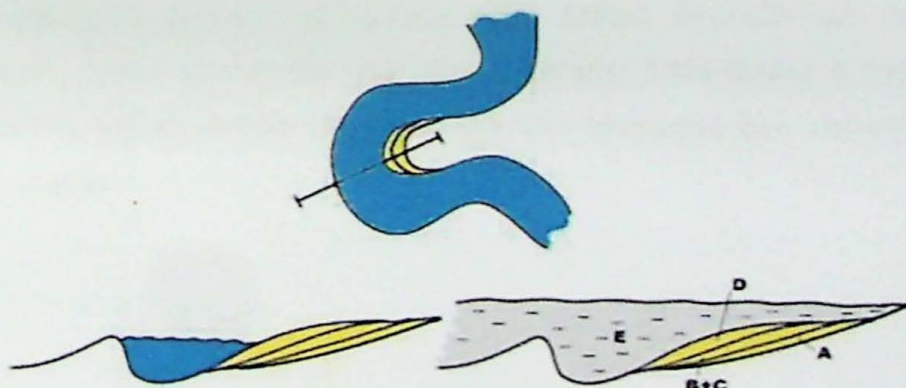


Figura 7. Modelo deposicional de barra em pontal em meandro abandonado de sistema fluvial meandrante.

No entanto, neste modelo, as macroformas A, B+C e D deveriam apresentar granodecrescência ascendente para serem registros de barra em pontal. Além disso, a formação de superfície erosiva entre D e E seria dificultada, já que o abandono de canal propicia consecutiva e contínua decantação de sedimentos finos, sem erosão da barra em pontal.

4.3.2 Formação Marizal

Foram identificadas e interpretadas quatro fácies sedimentares para a Formação Marizal. Estas fácies são descritas a seguir e ilustradas na Figura 8.

Cc – Conglomerado de matriz arenosa com estratificação cruzada

Esta fácies é representada por conglomerado polimítico de grânulos e seixos ou, em sua base, de seixos, calhaus e matacões angulosos a arredondados. A matriz é arenosa e apresenta séries decimétricas de estratificação cruzada. Os clastos identificados são de calcedônia, brecha de calcedônia, metasiltito, quartzo de veio, quartzito e diorito. Localmente, ocorre cimentação calcítica. É interpretada como depósitos de barras longitudinais de sistemas fluviais entrelaçados com predomínio de carga de fundo.

AFMcp - Arenito fino a médio com estratificação cruzada planar

Esta fácies é constituída por arenito fino a médio feldspático, esbranquiçado, bem selecionados, com séries decimétricas a métricas de estratificação cruzada planar de baixo ângulo e extensão decamétrica (50m). São interpretadas como depósitos de migração de dunas eólicas. Apresenta paleocorrentes opostas às paleocorrentes medidas em fácies interpretadas como sendo de origem subaquosa. No entanto, não é descartada sua possível origem subaquosa.

AMGa - Arenito médio a grosso com estratificação cruzada acanalada

Arenito médio a grosso, feldspático, com séries decimétricas de estratificação cruzada acanalada. Pode apresentar grânulos esparsos. Esta fácies é interpretada como depósitos de dunas subaquáticas de crista sinuosa formadas por correntes trativas em regime de fluxo inferior.

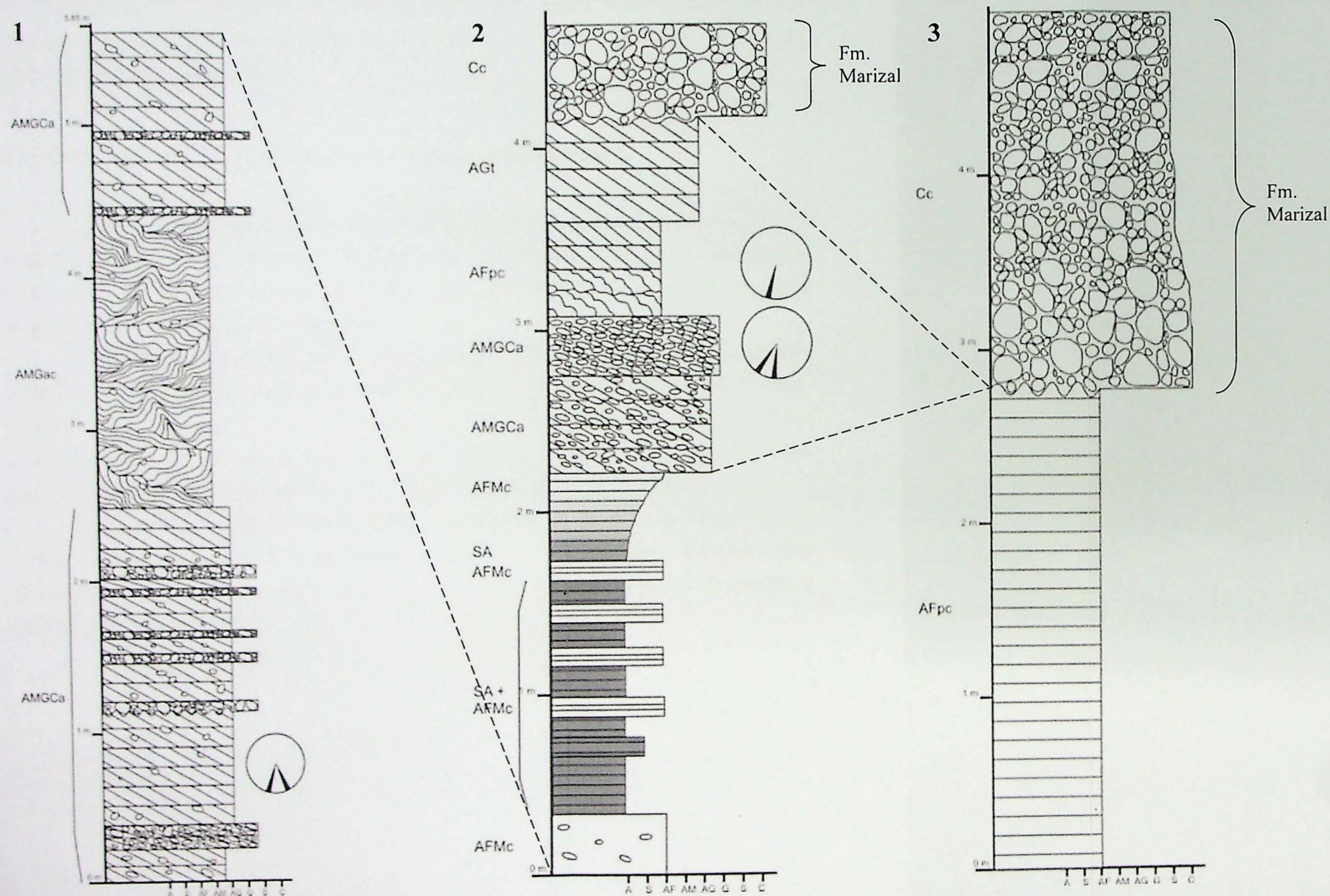
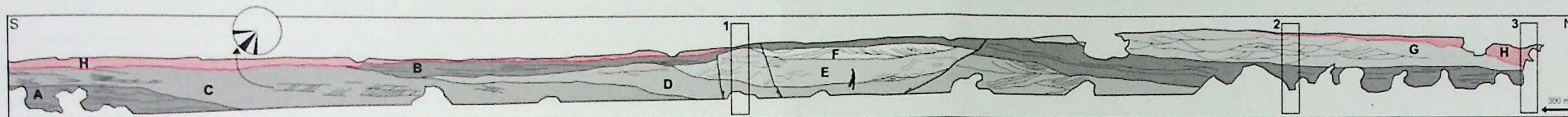


Figura 8. Fácies sedimentares observadas na Formação Marizal.

Não foram descritas grandes exposições da Formação Marizal. No afloramento ilustrado (Figura 9), a maior parcela é representada pela Formação São Sebastião. Nele, as oito macroformas observadas são descritas a seguir.

A e B – Estas macroformas são constituídas, principalmente, por pelito com delgadas intercalações de arenitos com laminação plano-paralela. A macroforma **B** tem forma lenticular, embora sua geometria se apresente alterada pela presença de falha que forma estrutura *horst* local.

C e D – Estas macroformas lenticulares são compostas por arenito médio a grosso mal selecionado, conglomerático (grânulos e seixos), com estratificação cruzada tabular ou acanalada. Ocorrem intercalações de conglomerado de seixos e grânulos, por vezes, com estratificação cruzada planar. São interpretados como depósitos de dunas subaquáticas formadas em sistema fluvial.



Legenda

- Seixos
- Grânulos e/ou seixos e/ou calhaus
- Estratificação cruzada tabular convoluta
- Estratificação cruzada tabular
- Estratificação cruzada acanalada convoluta
- Estratificação cruzada acanalada
- Laminação ou estratificação plano-paralela

Figura 9. Fotomosaico para ilustrar a arquitetura deposicional e contato entre as formações São Sebastião e Marizal (Ponto TUC 5).

E – Esta macroforma se distingue da **C** e **D** por apresentar estruturas convolutas.

F – Esta macroforma é formada, principalmente, por arenito fino bem selecionado com estratificação cruzada acanalada em séries métricas e laminação *pin-stripe*. Interpretada como depósito de duna eólica.

G – Esta macroforma é definida por arenito médio e grosso com grânulos esparsos com séries decimétricas a métricas de estratificação cruzada acanalada ou plano-paralela. É interpretada como depósitos de barra formados pela migração de dunas subaquáticas.

H – Esta macroforma é o registro da Formação Marizal no afloramento, a qual ocorre depositada sobre discordância erosiva, supostamente angular. É formada por conglomerado de grânulos, seixos e calhaus e matriz arenosa. Na base, ocorre maior concentração de calhaus e matacões. É interpretada como depósitos de barras de canal fluvial com predomínio de carga de fundo.

4.4 Análise de proveniência de clastos de fácies conglomeráticas

Foram realizadas contagens e classificações de arredondamento de clastos (>1cm) em afloramentos selecionados das formações São Sebastião e Marizal. Foi calculada a porcentagem em área de clastos quantificados para cada estação de contagem, seguidas da porcentagem do grau de arredondamento.

As figuras 10 e 11 apresentam os dados das contagens de clastos da Formação São Sebastião em afloramentos nas regiões nordeste (TUC 5) e norte (TUC 10) da bacia. Nota-se que quartzo de veio é o tipo de clasto mais abundante (63% a 84%) nas fácies conglomeráticas da Formação São Sebastião. Quanto ao grau de arredondamento, predominam as classes subangulosa (36%) e subarredondada (32%) (Figura 12).

A porção cascalhosa da amostra TUC 5, localizada a nordeste da bacia, registra contribuição de rochas ígneas, metamórficas de baixo grau e sedimentares. A amostra TUC 10, localizada à norte da bacia, sugere predomínio de rochas fontes sedimentares e metamórficas para esta fácies.

Figura 12. Porcentagem dos clastos de grau de arredondamento subangular a subarredondado em fácies conglomeráticas da Formação São Sebastião.

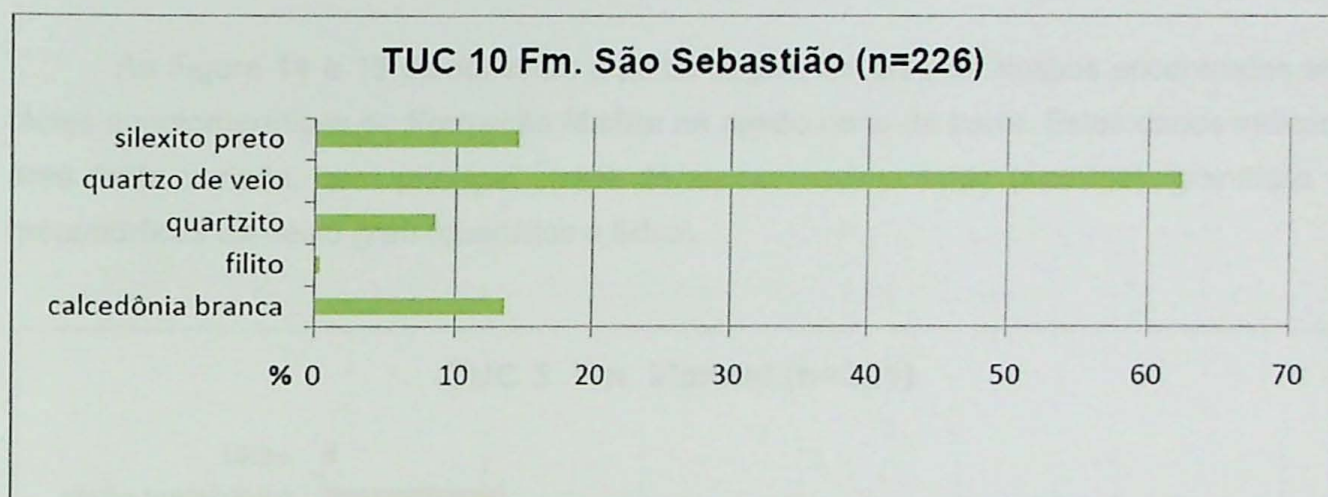
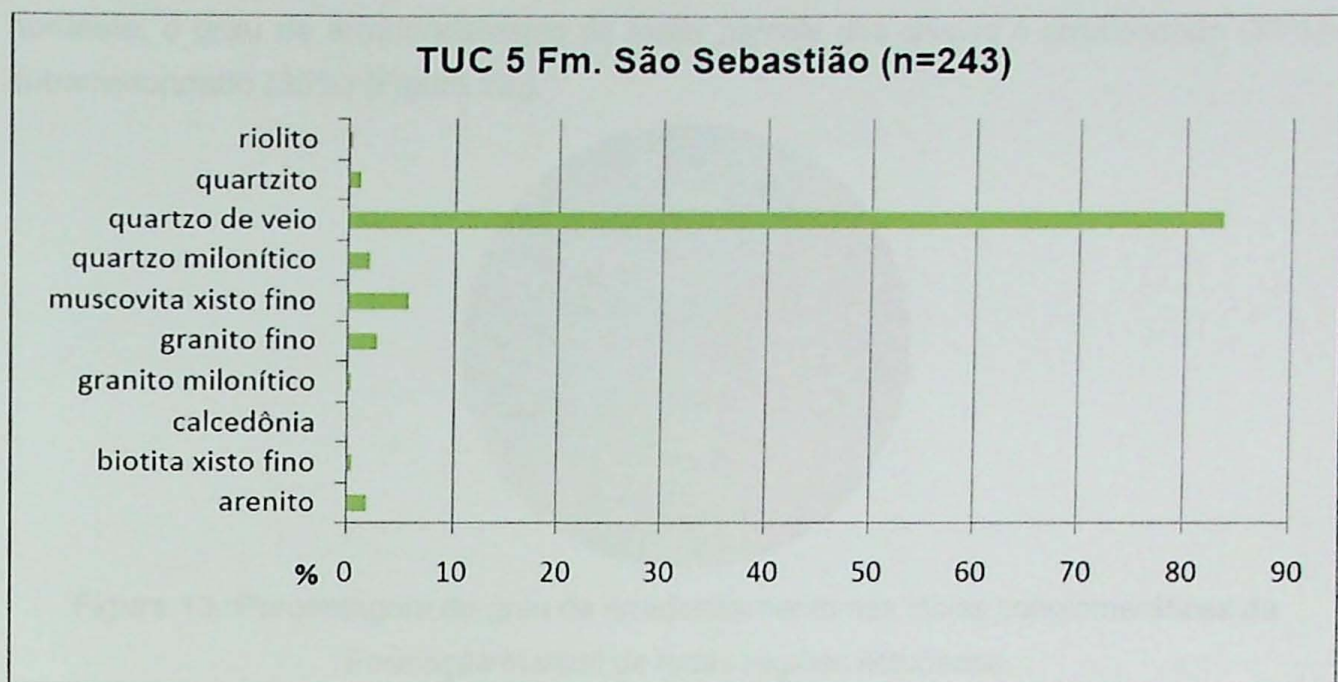


Figura 10 e 11. Porcentagem em área (produto dos eixos maior e menor) dos tipos litológicos identificados em fácies conglomeráticas da Formação São Sebastião.

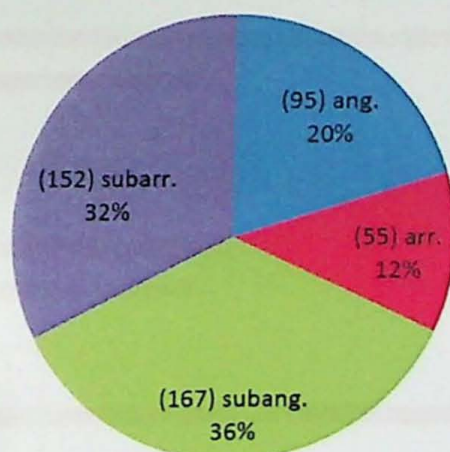


Figura 12. Porcentagem das classes de grau de arredondamento dos clastos (>1cm) identificados em fácies conglomeráticas da Formação São Sebastião.

A Formação Marizal apresenta maior variedade de litotipos e concentração de clastos menos resistentes (arenito, filito e calcário) na fração cascalho. Para a região

nordeste, o grau de arredondamento da maior parcela dos clastos é arredondado (33%) e subarredondado (35%) (Figura 13.).

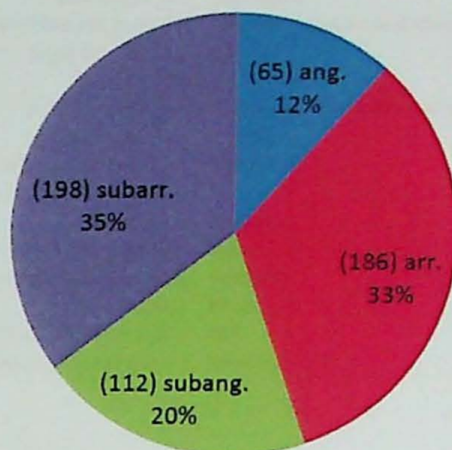
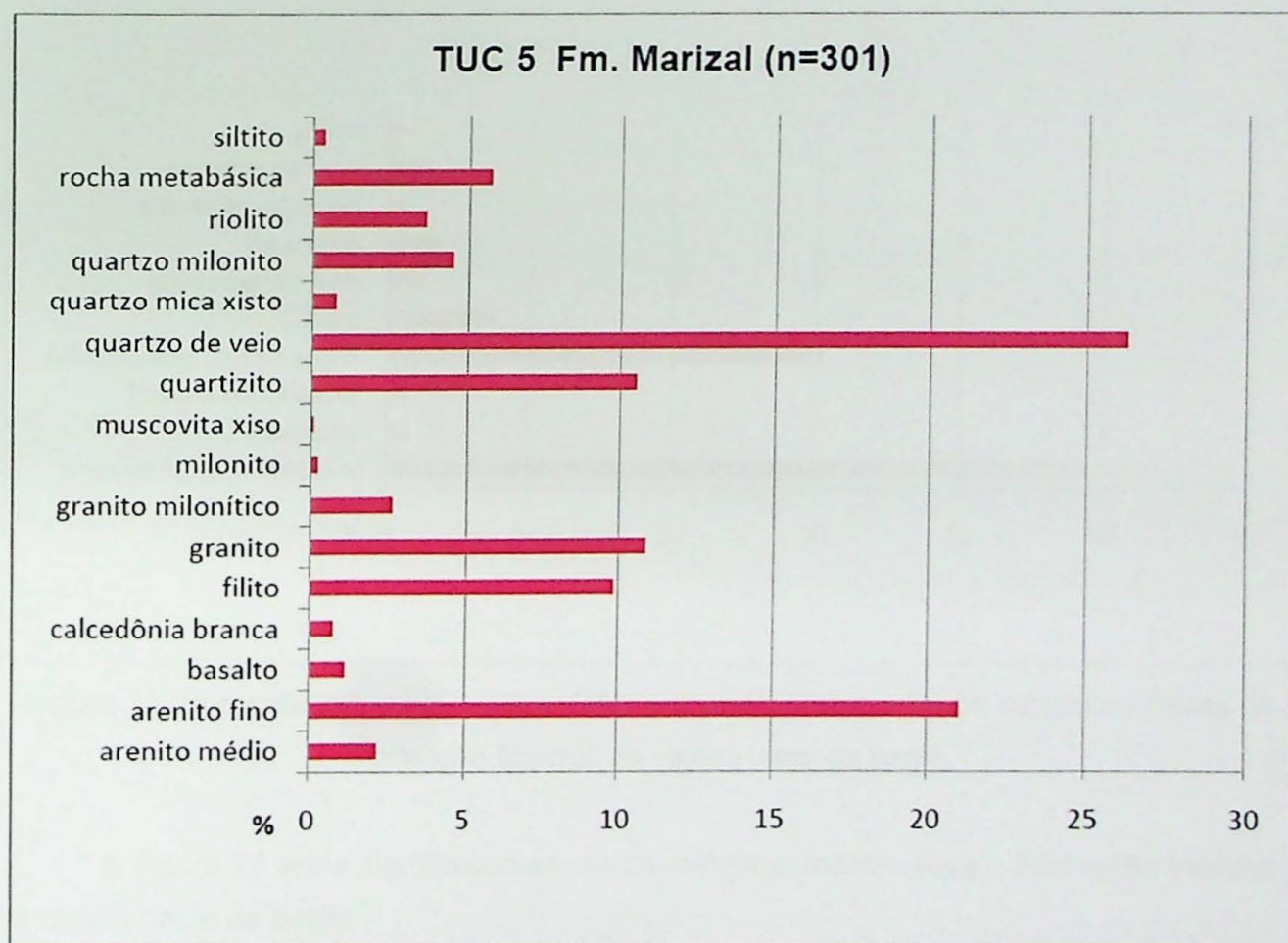


Figura 13. Porcentagem do grau de arredondamento nas fácies conglomeráticas da Formação Marizal de todas regiões estudadas.

As Figura 14 e 15 demonstram a porcentagem em área de litotipos encontrados em fácies conglomeráticas da Formação Marizal na região norte da bacia. Estes dados indicam área fonte variada, com principal aporte de rochas sedimentares (arenitos), graníticas e metamórficas de baixo grau (quartzitos e filitos).



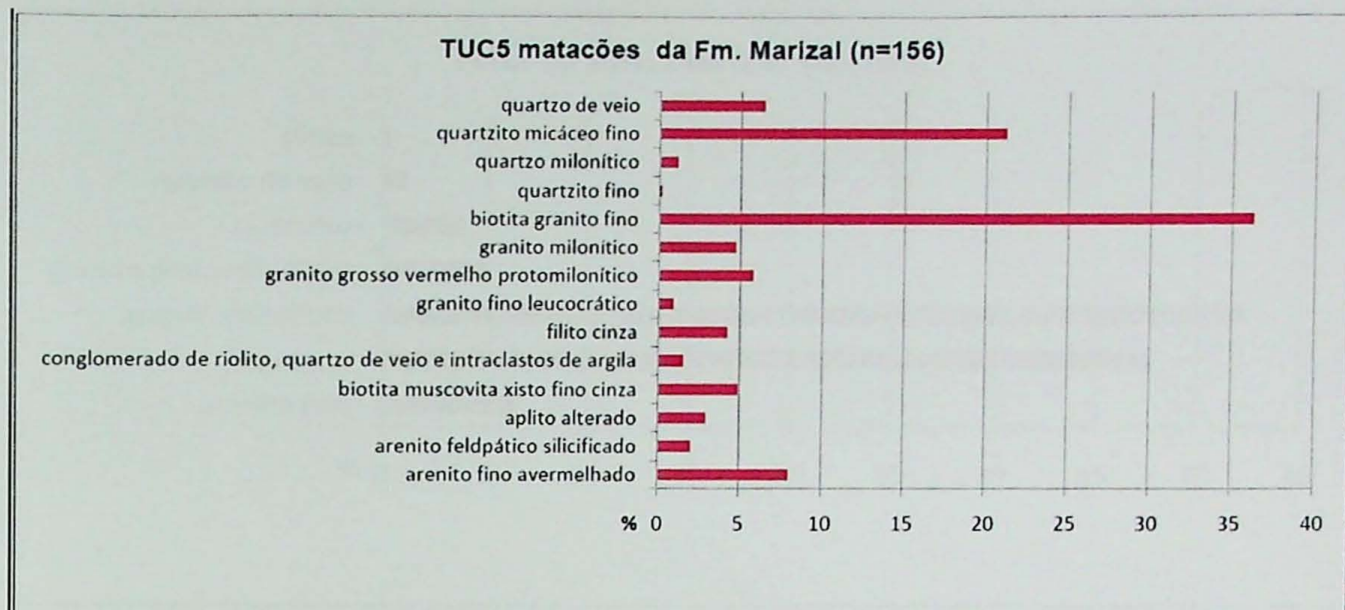


Figura 14 e 15. Porcentagem em área dos tipos litológicos identificados em fácies conglomeráticas da região norte da Formação Marizal.

A Figura 16 apresenta a porcentagem em área dos litotipos encontrados em fácies conglomerática da Formação Marizal na região leste da bacia. Nesta região, rochas sedimentares (arenitos e calcários) teve expressiva contribuição, seguida por rochas metamórficas (filitos e quartzitos) e ígneas (granodioritos e basaltos).

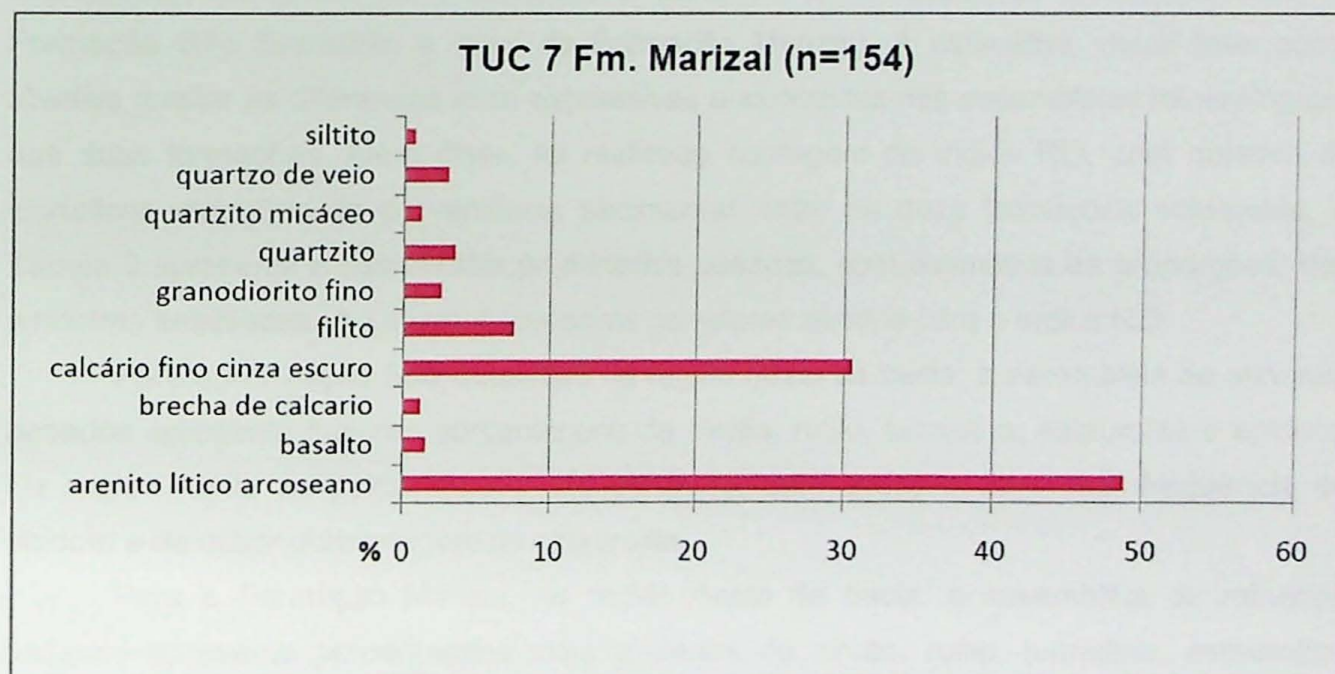


Figura 16. Porcentagem em área dos litotipos encontrados em fácies conglomeráticas da Formação Marizal, na região leste da bacia.

A Figura 17 exibe significativo aporte de rochas graníticas para a Formação Marizal na região oeste da bacia.

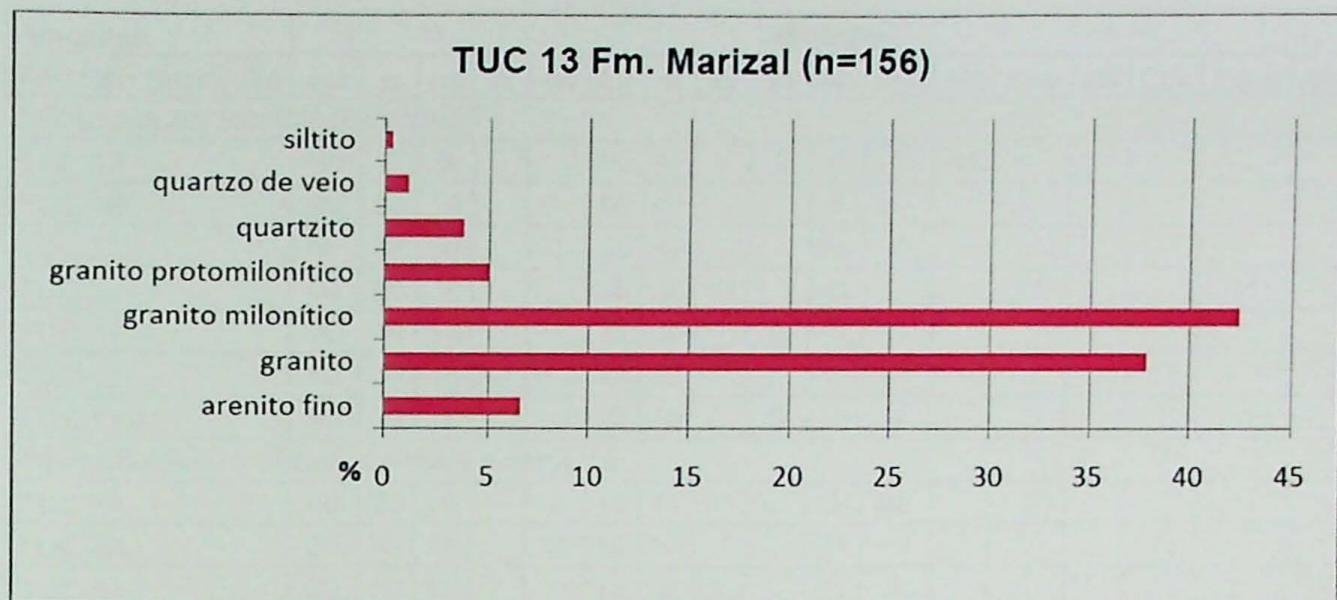


Figura 17. Porcentagem em área dos litotipos de fácies conglomeráticas da Formação Marizal na região oeste da bacia.

4.5 Análise de minerais pesados.

Foi realizada a identificação e estimativa visual da proporção dos minerais pesados das lâminas de grãos confeccionadas a partir de 31 amostras de sedimentos (22 da Formação São Sebastião e nove da Formação Marizal). A estimativa visual teve como objetivo avaliar as diferenças mais expressivas encontradas nas assembléias mineralógicas das duas formações. Além disso, foi realizada contagem do índice RZi, com objetivo de identificar variações de proveniência sedimentar entre as duas formações estudadas. A Tabela 3 apresenta a assembléia de minerais pesados, com estimativa de proporções, das amostras analisadas. A Tabela 4 apresenta os valores obtidos para o índice RZi.

Para a Formação São Sebastião na região oeste da bacia, a assembléia de minerais pesados apresenta maiores porcentagens de zircão, rutilo, turmalina, estauroлита e epidoto. Na região norte, as porcentagens são similares, com exceção da menor frequência de epidoto e da maior porcentagem de estauroлита.

Para a Formação Marizal, na região oeste da bacia, a assembléia de minerais pesados apresenta porcentagens mais elevadas de zircão, rutilo, turmalina, estauroлита, cianita e epidoto. Na região nordeste, cianita e turmalina apresentam baixa porcentagem enquanto que granada e apatita são mais freqüentes. Na fácies eólica, os principais minerais da assembléia são zircão, estauroлита, epidoto e apatita.

Amostras	Minerais																	
Fm. São Sebastião	opc	zi	rut	tit	grt	tur	st	ky	sil	ep	apa	hbl	mnz	ats	Cpx	Tur.a	esp	
Fácies fluviais localizadas a oeste																		
TUC 1A	90	5	5			80	<1		2	8		<1		<1				
TUC 1B	90	30	14			50	<1			6								
TUC 2	50	37	10		1	30	<1			25		1						
TUC 3	60	55	5			35	5	<1		<1			<1			<1		
TUC 11	60	40	18			32	5		5	<1								
TUC 12	60	30	15	<1	<1	25	20			10	<1							
TUC 13A	50	30	5			30	15		5	15	4					<1		
Fácies fluviais localizadas a norte e nordeste																		
TUC 4A	40	30	10		7	10	<1	<1		5	38							
TUC 4B	35	55	15		10	10	10			<1	<1							
TUC 5A	80	60	15			15	5			<1	5							
TUC 5B	65	45	15			30	10			<1								
TUC 5C	60	65	15			10	10		<1	<1								
TUC 6	30	60	20			15	15			<1								
TUC 9	60	60	20			10	7			3			<1				<1	
TUC 10A	65	50	5	<1		10	10			25								
TUC 10B	70	35	12	<1	<1	30	20		2	1						<1		
TUC 17	70	20	2		1	70	5		1							1		
TUC 18	70	70	5			10	10		<1	5			<1	<1		<1		
TUC 19	70	30	15			50	5	<1				<1				<1		
TUC 20	50	10	5		25	15	<1		<1	<1	45					<1		
TUC 21	60	35	12			35	12		6	<1			<1					
TUC 22B	80	45	15			10	20		2	8								
Fm. Marizal	opc	zi	rut	tit	grt	tur	st	ky	sil	ep	apa	hbl	mnz	ats	Cpx	Tur.a	esp	
Fácies fluviais localizadas a centro-oeste																		
TUC 13B	50	45	10			20	10			15						<1		
TUC 14	60	60	9			10	7	10	1	3	<1							
TUC 15	50	40	15		2,5	10	20	10	2,5	<1						<1		
TUC 16A	55	15	5			25	30	10	<1	5	5			5				
TUC 16B	90	40	5			3	15		6	6				15	<1			
Fácies fluviais localizadas a nordeste e leste																		
TUC 5D	40	16	17		<1	<1	3		1	62	1					<1		
TUC 7	80	25	5		10	<1				30	30							
TUC 8	30	15	8		22	<1	10				45		<1					
Fácies eólica localizada a oeste																		
TUC 13C	85	20	2			3	45			10	20							

Tabela 3. Assembléia de minerais pesados identificados em amostras das formações São Sebastião e Marizal. Opc: opaco; zi: zircão; rut: rutilo; tit: titanita; grt: granada; tur: turmalina; st: estauroлита; ky: cianita; sil: silimanita; ep: epidoto; apa: apatita; hbl: hornblenda; mnz: monazita; ats: anatásio; cpx: clinopiroxênio; tur.a: turmalina azul; esp: espinélio.

A assembléia de minerais pesados da Formação São Sebastião na região oeste da bacia apresenta maiores porcentagens de zircão, rutilo, turmalina e epidoto. Na região norte, as porcentagens são semelhantes, com exceção do epidoto, menos freqüente e da estauroлита, mais freqüente.

A assembléia de minerais pesados da Formação Marizal na região oeste da bacia apresenta porcentagens mais elevadas de zircão, rutilo, turmalina, estauroлита, cianita e epidoto. Na região nordeste, cianita e turmalina apresentam baixa porcentagem enquanto que granada e apatita são mais freqüentes. Na fácies eólica, os principais minerais da assembléia são zircão, estauroлита, epidoto e apatita.

Rochas metamórficas apresentam maior afinidade com rutilo, enquanto as ígneas, com zircão Assim, a razão rutilo/zircão (índice RZi) visa elucidar a contribuição relativa de sedimentos oriundos desses tipos de rocha. A identificação de rochas fontes sedimentares é de difícil interpretação, pois não se pode avaliar efeitos de intemperismo e transporte nos minerais em questão. Portanto, variações de proveniência por meio do índice RZi são tratadas de modo relativo em termos de contribuição primária de rochas ígneas e metamórficas.

Amostras da Formação São Sebastião, coletadas no norte da bacia, apresentam índice RZi médio de 20,7 enquanto que a média das amostras coletadas no oeste foi de 27,7. Amostras das fácies fluviais da Formação Marizal, coletadas no nordeste da bacia, apresentam RZi médio de 35,8 enquanto que as amostras coletadas no centro-oeste apresentam razão média de 18,7.

Amostra	Rutilo	zircão	Índice RZi	média RZi	desvio padrão
Formação São Sebastião					
Fácies fluviais localizadas a oeste					
TUC 1A	38	31	55,1	27,7 (n=7)	14,6 (n=7)
TUC 1B	66	138	32,4		
TUC 2	70	209	25,1		
TUC 3	24	186	11,4		
TUC 11	47	176	21,1		
TUC 12	73	143	33,8		
TUC 13A	32	175	15,5		
Fácies fluviais localizadas a norte e nordeste					
TUC 4A	22	200	10,0	20,7 (n=15)	8,3 (n=15)
TUC 4B	25	182	12,1		
TUC 5A	42	171	19,7		
TUC 5B	60	184	24,6		
TUC 5C	36	186	16,2		
TUC 6	73	236	23,6		

TUC 9	45	171	20,8		
TUC 10A	23	206	10,0		
TUC 10B	60	142	29,7		
TUC 17	38	184	17,1		
TUC 18	37	226	14,1		
TUC 19	88	167	34,5		
TUC 20	73	130	36,0		
TUC 21	35	181	16,2		
TUC 22B	54	156	25,7		
Formação Marizal					
Fácies fluviais localizadas a centro-oeste					
TUC 13B	54	224	19,4	18,7 (n=5)	5,8 (n=5)
TUC 14	29	212	12,0		
TUC 15	58	166	25,9		
TUC 16A	50	175	22,2		
TUC 16B	28	174	13,9		
Fácies fluviais localizadas a nordeste e leste					
TUC 5D	106	103	50,7	35,8 (n=3)	15,8 (n=3)
TUC 7	40	167	19,3		
TUC 8	64	107	37,4		
Fácies eólica localizada a oeste					
TUC 13C	6	85	6,6	6,6	X

Tabela 4. Valores do índice RZi medidos em fácies arenosas das formações São Sebastião e Marizal.

4.6 Análise de termoluminescência do quartzo

A Tabela 5 e a Figura 18 fornecem os dados de sensibilidade TL (média e desvio padrão de três alíquotas para cada amostra) das formações São Sebastião e Marizal, agrupados por fácies e área geográfica.

Amostra	Sensibilidade TL (u.a)	Sensibilidade média (u.a)	Desvio padrão (u.a.)
Formação São Sebastião			
Fácies fluviais localizadas a oeste			
TUC 1A	1,04E+03	9,63E+02 (n=7)	2,66E+02 (n=7)
TUC 1B	7,38E+02		
TUC 2	7,84E+02		
TUC 3	1,00E+03		
TUC 11	8,61E+02		
TUC 12	1,04E+03		
TUC 13A	1,28E+03		
Fácies fluviais localizadas a norte e nordeste			
TUC 4A	1,20E+03	1,06E+03 (n=15)	7,06E+02 (n=15)
TUC 4B	6,98E+02		
TUC 5A	5,28E+02		
TUC 5B	1,35E+03		
TUC 5C	1,17E+03		
TUC 6	1,06E+03		
TUC 9	5,68E+02		
TUC 10A	3,39E+03		
TUC 10B	8,38E+02		
TUC 17	8,71E+02		
TUC 18	9,11E+02		
TUC 19	7,54E+02		
TUC 20	9,81E+02		
TUC 21	8,01E+02		
TUC 22B	7,24E+02		
Formação Marizal			
Fácie fluvial localizadas a centro-oeste			
TUC 13B	1,84E+03	2,43E+03 (n=5)	1,80E+03 (n=5)
TUC 14	1,04E+03		
TUC 15	1,84E+03		
TUC 16A	1,59E+03		
TUC 16B	5,84E+03		
Fácie fluvial localizadas a nordeste e norte			
TUC 5D	1,13E+03	4,84E+02 (n=3)	4,95E+02 (n=3)
TUC 7	1,41E+02		
TUC 8	1,77E+02		
Fácies eólica localizada a oeste			
TUC 13C	3,85E+03	3,85E+03	X

Tabela 5. Valores de sensibilidade TL (intervalo entre 200 a 350°C) do quartzo na fração areia das formações São Sebastião e Marizal e suas estatísticas descritivas.

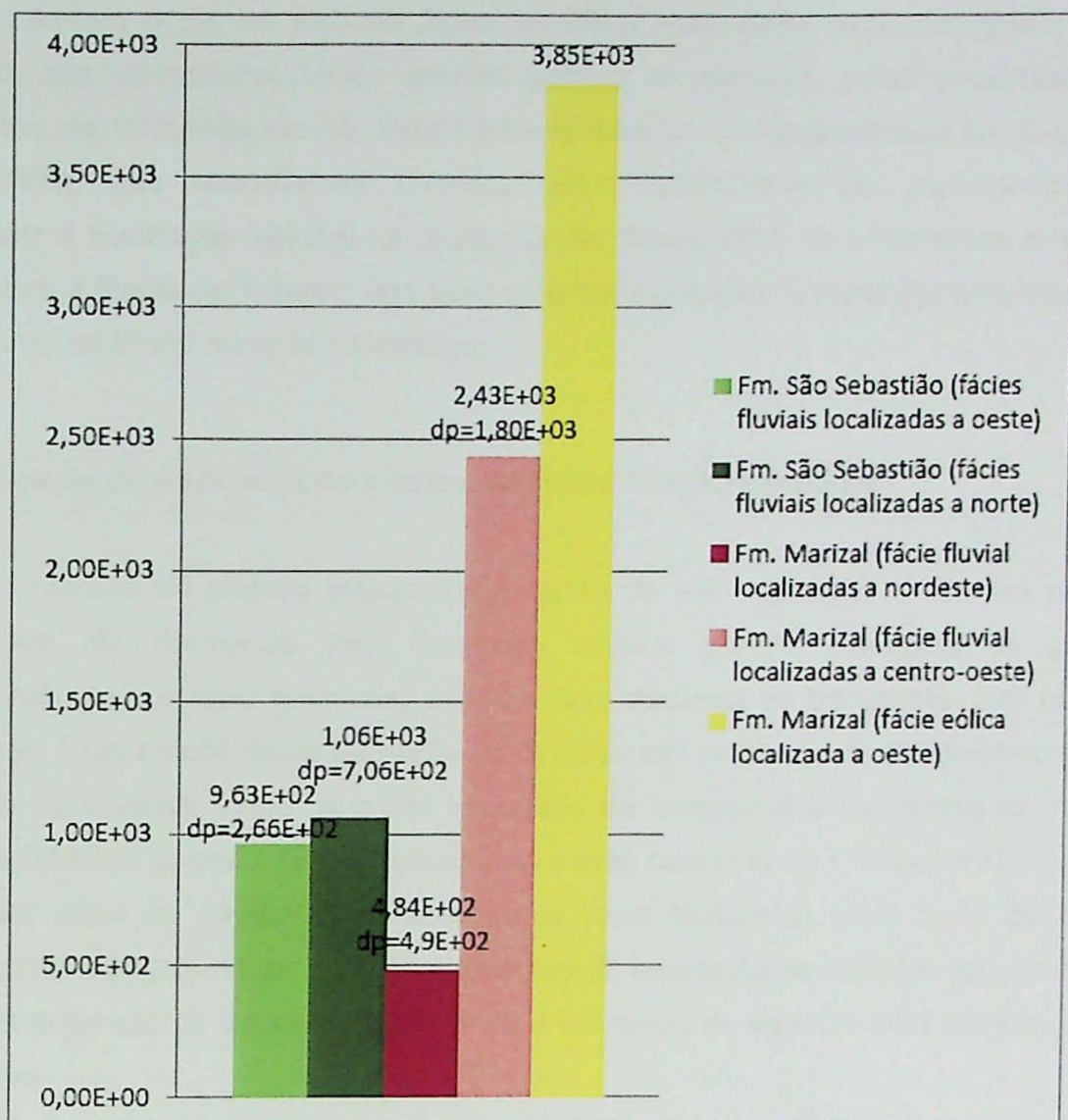


Figura 18. Médias da sensibilidade TL para cada região estudada das formações São Sebastião e Marizal. Os valores acima das barras correspondem à média e desvio padrão(dp).

5. Discussão

5.1 Análise de fácies e arquitetura deposicional

As formações São Sebastião e Marizal foram interpretadas como depósitos de sistemas fluviais distintos. A Formação São Sebastião representaria depósitos de rio meandrante, reconhecido por elementos arquitetônicos como planície de inundação e depósitos de rompimento de dique marginal, desenvolvidos em bacia com sismicidade elevada. Suas fácies são mais pelíticas e apresentam sedimentos mais finos e pouco cascalhosos. A Formação Marizal representaria depósitos de rio entrelaçado, reconhecido por elementos arquitetônicos como barras longitudinais cascalhosas e depósitos de leito com predomínio de carga de fundo. Suas fácies são relativamente mais cascalhosas e menos pelíticas em relação às da Formação São Sebastião. Isto sugere que seus depósitos

corresponderiam a de um sistema fluvial de clima mais árido e/ou com menor bacia de captação, por apresentar fácies menos pelítica e, portanto, mais proximais que os sedimentos da formação *sin-rift*. Esta hipótese também é compartilhada por Lima & Vilas Boas (2000), que reconhecem diversos ciclos evaporíticos em sedimentos que se sobrepõem à Formação Marizal na região sul da Bahia, além de sedimentos evaporíticos, sobrepostos à Bacia de Tucano. Isto seria evidência adicional a mudança climática ocorrida no Nordeste do Brasil durante o Cretáceo.

5.1 Análise de proveniência de clastos de fácies conglomeráticas

O domínio de clastos resistentes (quartzo de veio, quartzito e silexito) nas fácies cascalhosas da Formação São Sebastião sugere grande influência de processos intempéricos (físicos e/ou químicos) e/ou elevada distância de transporte. Isto pode estar relacionado à deposição desta formação ter ocorrido em ambiente de clima úmido e/ou com transporte sedimentar longo. A maior variedade de litotipos e a concentração de clastos menos resistentes (arenito, filito e calcário) na fração cascalho na Formação Marizal sugere uma maior área de captação de sedimentos, com transporte mais curto da bacia de drenagem na fase *pós-rift* em relação à fase *sin-rift*. Interpreta-se também que os depósitos desta formação são de ambiente árido, onde a influencia de agentes intempéricos químicos seria menor.

5.2 Análise de minerais pesados

Notam-se diferenças significativas nas assembléias de minerais pesados entre regiões distintas de uma mesma formação e entre as duas unidades em estudo. A Formação Marizal apresenta maior frequência de minerais tipicamente metamórficos (cianita e sillimanita). Além disso, a Formação Marizal apresenta elevado teor de apatita e epidoto, enquanto que a Formação Marizal possui baixos teores destes minerais. Nota-se também que a Formação São Sebastião apresenta proveniência, embora com baixas porcentagens, mais variada, com contribuições de sedimentos derivados de rochas ígneas e metamórficas. Isto indica que a baixa variedade de clastos das fácies conglomeráticas deve resultar mais da ação do intemperismo e do transporte do que da proveniência sedimentar.

Amostras da Formação São Sebastião, coletadas no norte da bacia, apresentam índice RZi médio de 20,7 enquanto que a média das amostras coletadas no oeste foi de 27,7. Isto sugere proveniência distinta para os sedimentos das duas regiões estudadas, onde amostras a oeste teriam maior contribuição de sedimentos derivados de rochas metamórficas.

Amostras das fácies fluviais da Formação Marizal, coletadas no nordeste da bacia, apresentam RZi médio de 35,8 enquanto que as amostras coletadas no centro-oeste apresentam razão média de 18,7. Isto indica grande variação de proveniência para esta fácies, onde amostras da região nordeste possuem maior contribuição de sedimentos derivados de rochas metamórficas.

A comparação entre as duas formações na região norte da bacia deve ser vista com ressalvas, pois a quantidade de amostras da Formação Marizal é baixa e diminui a significância estatística. No entanto, o índice RZi demonstra maior aporte de sedimentos provenientes de rochas ígneas para a formação *sin-rift* (20,3) e de rochas metamórficas para a formação *pós-rift* (35,8) na mesma região. Para as regiões central e oeste da bacia, os sedimentos da fase *sin-rift* apresentam maior afinidade com rochas metamórficas (27,7), enquanto que os da fase *pós-rift* são dominados por fonte ígnea (18,7).

Para o RZi da fácies eólica da Formação Marizal, a contagem da única amostra não alcançou a quantia mínima de 200 grãos. Nota-se elevada diferença do índice RZi em comparação com as outras fácies das duas formações, ainda que este dado seja pouco significativo. Seu baixo valor (6,6) sugere principal contribuição primária de rochas ígneas.

5.3 Análise de termoluminescência do quartzo

A sensibilidade TL de grãos de quartzo está relacionada à ciclos de irradiação (aquisição de energia) e exposição à um estímulo (calor ou luz) para emissão da energia acumulada. Quanto maior o número destes ciclos, maior a sensibilidade TL (expressa pela intensidade de luz emitida para mesma dose de radiação e massa da amostra). Na natureza, o incremento da sensibilidade TL ocorre quando sedimentos passam por ciclos de exumação (erosão e exposição à luz solar) e soterramento (irradiação por radioisótopos naturais, principalmente K^{40} , U e TH, além da radiação cósmica). Assim, o sinal TL pode indicar grau de retrabalhamento sedimentar (Pietsch et al., 2008; Sawakuchi et al., aceito). Assim, o uso da sensibilidade TL como indicador da história deposicional de grãos de quartzo apresenta duas variáveis. A primeira está relacionada ao grau de ciclos de exumação/soterramento do sedimento dentro da bacia onde foi depositado. A segunda diz respeito à reciclagem sedimentar herdada, isto é, se a área fonte conter rochas sedimentares. Deste modo, a sensibilidade TL discrimina fontes com grau de retrabalhamento distintos, com a vantagem de estar associada ao quartzo, componente majoritário dos sedimentos terrígenos.

Tanto as regiões centro-oeste e norte da Formação São Sebastião apresentaram sensibilidade TL de mesma magnitude. Assim, pode-se sugerir que os sedimentos das duas regiões demonstram similaridade quanto ao grau de retrabalhamento. Logo, o sistema fluvial

representado pela Formação São Sebastião apresentaria elevada capacidade de homogeneização dos sedimentos.

A amostra da fácies eólica da Formação Marizal apresenta elevada sensibilidade TL. Assim, os sedimentos desta fácies teriam passado por maior número de ciclos de exumação/deposição que os sedimentos de fácies fluviais da mesma formação. Isto é coerente, pois sedimentos de origem eólica estão mais susceptíveis à eventos de soterramento e erosão.

Amostras das fácies fluviais da Formação Marizal, localizadas a nordeste da bacia, apresentam menor sensibilidade TL. Isto sugere pequeno transporte e/ou baixa contribuição de sedimentos derivados de rochas sedimentares. Os dados de proveniência de cascalho, obtidos na mesma região (TUC 7), indicam maior contribuição de arenitos líticos arcoseanos (próximo a 50%). Assim, também indicam transporte curto, com baixo grau de retrabalhamento sedimentar.

Amostras das fácies fluviais da Formação Marizal, localizadas no centro-oeste da bacia, apresentam maior sensibilidade TL dentre as amostras de mesma fácies. Isto indica elevada distância de transporte ou grande contribuição de sedimentos provenientes de rochas sedimentares. Os dados de análise de proveniência de cascalhos indicam baixa contribuição de arenitos (aproximadamente 5%). Dados de paleocorrentes demonstram paleofluxo de nordeste para sudoeste. Deste modo, pode-se interpretar que estes sedimentos foram submetidos a transporte sedimentar longo, com grau de retrabalhamento elevado, desde a borda nordeste da Bacia.

Outra comparação que pode ser feita refere-se à capacidade dos sistemas fluviais estudados de homogeneizar os sedimentos. As areias da formação *sin-rift* (São Sebastião) apresentam sensibilidade TL similar para regiões distintas da bacia. Isto pode significar um sistema fluvial com maior capacidade de transporte e, portanto, facilidade de homogeneizar sedimentos arenosos. Por outro lado, as areias da Formação Marizal apresentam variação espacial da sensibilidade TL, que indica sistema fluvial com baixa capacidade de mistura de sedimentos. Isto é coerente com as interpretações das fácies e arquitetura deposicional. Rios meandrantos (Formação São Sebastião) apresentam baixo gradiente de relevo, com fluxos contínuos, energia mais homogênea (igualmente dissipada) e predomínio de carga sedimentar em suspensão durante todo seu percurso. Já os rios entrelaçados possuem alto gradiente de relevo, predomínio de carga de fundo, grande variação na descarga, com formação de barras que podem obstruir a curso do rio e dificultar a mistura de sedimentos. Além disso, medidas de paleocorrente sugerem que o sistema fluvial da Formação São Sebastião é mais axial (SE-SW) em relação ao *rift*, enquanto que o da Formação Marizal, mais transversal (SW-E). Isto implica em canais mais longos para o primeiro caso, o que contribuiria para maior retrabalhamento e mistura dos sedimentos na Formação São Sebastião.

5.4 Rochas fontes dos sedimentos

A integração dos dados obtidos pode ajudar a inferir as rochas fontes prováveis dos sedimentos das unidades sin e pós-*rift*. Com intuito de visualizar melhor as prováveis áreas fontes, os litotipos semelhantes de mesma unidade tectônica foram agrupados (Figuras 19 e 20). As unidades de agrupamento são descritas a seguir, segundo Rocha Neto (2004):

A – Rochas metamórficas de baixo grau e granitóides associados (metabasalto, formações ferríferas filitos, granodioritos, granitos, monzogranitos, gnaisses e tonalitos).

B – Granitóides (granodiorito, granito e monzogranito).

C – Granitóides (granodiorito, granito e monzogranito).

D - Rochas sedimentares (arenitos, argilitos, calcarenitos, calcilutitos e conglomerados).

E – Rochas metamórficas de baixo grau (metarenitos, filitos, margas, calcários e metamáficas).

F – Rochas graníticas e gnáissicas (gnaisse e granodioritos).

G – Rochas sedimentares (arenitos, conglomerados, argilitos e siltitos).

H – Rochas graníticas e gnáissicas (gnaisse, granodioritos e granitos).

I – Rochas sedimentares (“grauvacas” e conglomerados).

J – Rochas metamórficas de baixo grau e intrusivas (metabasaltos, gnaisses, granitos, granodioritos, sienitos e quartzo-monzonitos).

K – Rochas sedimentares (arenitos, conglomerados, folhelhos, sillexitos, dolomitos silicificados, siltitos e calcários).

A Formação São Sebastião na região norte apresenta dados de paleocorrente com direção preferencial de paleofluxo para SSW, com proveniência de rochas metamórficas (quartzitos, filito, quartzo milonito e xistos), sedimentares (sillexito) e, subordinadamente, ígneas. As paleocorrentes obtidas na região oeste definem paleofluxo preferencial para SE. O índice RZi, superior na região norte em comparação com a região oeste, indica maior contribuição relativa de rochas metamórficas, o que é coerente com a constituição litológica das áreas do entorno da bacia, já que a provável área fonte dos sedimentos da região norte apresenta menor quantidade de intrusões ígneas que a da região oeste. Dados de sensibilidade TL indicam condições de retrabalhamento e/ou aporte derivado de rochas sedimentares similares para as duas regiões. Assim, a Figura 19 apresenta a interpretação das áreas fontes para as regiões estudadas da Formação São Sebastião. O aporte de sedimentos para a região norte seria proveniente principalmente de rochas metamórficas de baixo grau e intrusivas associadas das unidades **J** e **E**, além de rochas sedimentares da unidade **K**. Para a região oeste, os principais contribuintes para o aporte sedimentar seriam as rochas ígneas das unidades **B** e **C** e, subordinadamente, rochas metamórficas da unidade **A**, e sedimentares da unidade **D**.

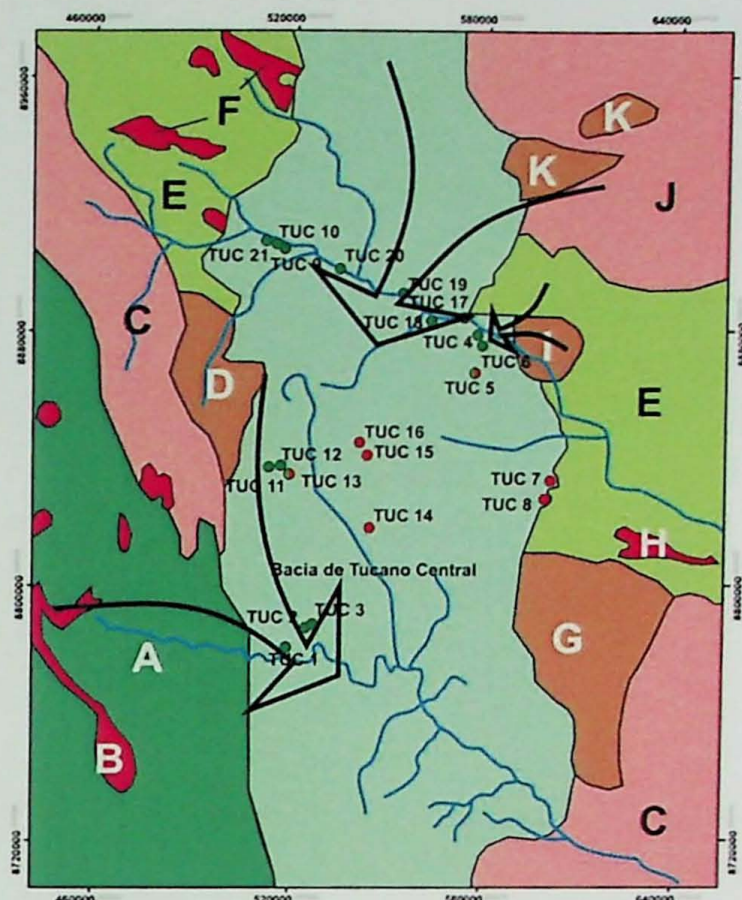


Figura 19. Modelo de áreas fontes para a Formação São Sebastião na Bacia de Tucano Central.

As fácies fluviais da Formação Marizal na região nordeste da bacia apresentam clastos na fração cascalho derivados de rochas sedimentares (arenitos, siltitos e calcários), metamórficas (quartzitos, filitos, xistos e milonitos) e ígneas (rochas graníticas, riolitos e basaltos). Na região oeste, o cascalho indica aporte principalmente de rochas ígneas (granitos) e metamórficas (granito milonítico). O índice RZi sugere maior contribuição de rochas metamórficas para os sedimentos arenosos da região nordeste do que para o da região oeste. A sensibilidade TL do quartzo indica que as areias da região nordeste possuem baixo retrabalhamento sedimentar e/ou transporte curto em relação às areias da região oeste, interpretação coerente com medidas de paleocorrentes, as quais confirmam que sedimentos depositados na região oeste sofreram maior transporte, com rochas fontes a nordeste da bacia. Deste modo, as áreas fontes dos sedimentos da Formação Marizal (Figura 20) seriam constituídas principalmente pelas rochas metamórficas de baixo grau da unidade E, além de rochas sedimentares das unidades I e K e rochas graníticas e gnáissicas das unidades H e J.

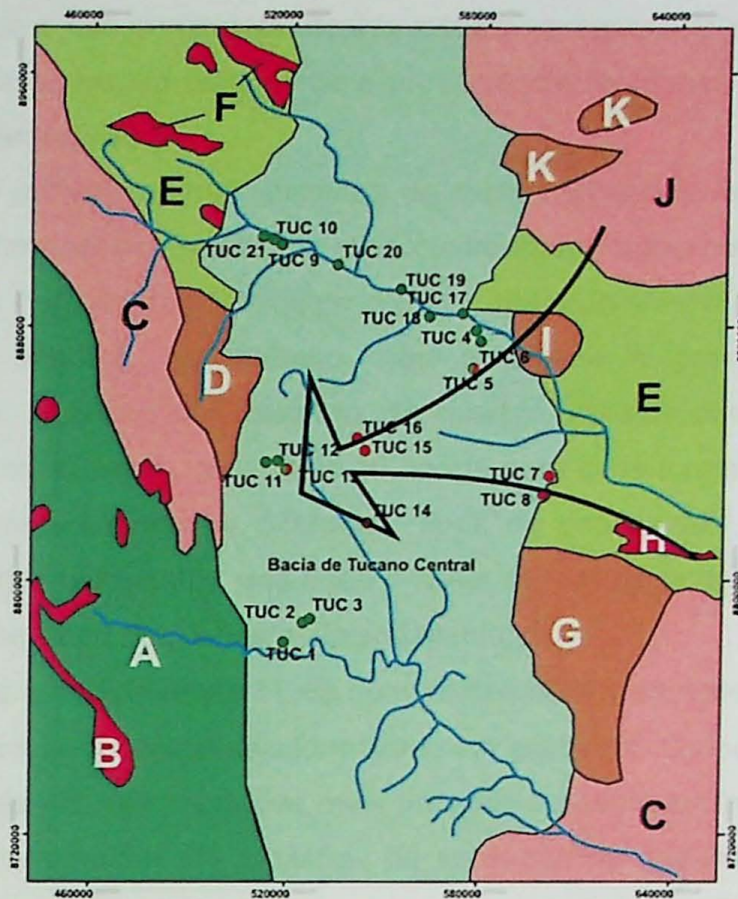


Figura 20. Modelo de áreas fontes para as fácies fluviais da Formação Marizal na Bacia de Tucano Central.

6. Conclusões

Com base nos resultados obtidos, pode-se enumerar as seguintes conclusões:

- 1- As formações São Sebastião (*sin-rift*) e Marizal (*pós-rift*) apresentam depósitos de sistemas fluviais e climas distintos. A Formação São Sebastião representa depósitos de rio meandrante formado sob clima úmido. A Formação Marizal representa depósitos de rio entrelaçado gerado sob clima árido.
- 2- Este estudo demonstra proveniência distinta para os sedimentos das formações São Sebastião e Marizal. A primeira apresenta sedimentos derivados de litotipos mais resistentes aos processos intempéricos físicos e químicos. Estes sedimentos seriam gerados em clima úmido, com área fonte ao norte e oeste da bacia. A Formação Marizal apresenta sedimentos de composição mais diversificada, com rochas menos resistentes, cuja área fonte principal estaria à leste da bacia.
- 3- A identificação e contagem de clastos de fácies cascalhosas facilitam a identificação de rochas fontes. Porém, nem todos os sistemas deposicionais apresentam fácies na granulação cascalho. Já a análise de proveniência por minerais pesados e termoluminescência do quartzo pode ser aplicada à fração arenosa, que é mais freqüente nas fácies sedimentares de diversos sistemas deposicionais. Este estudo

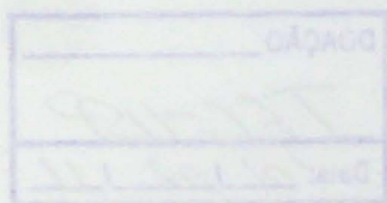
demonstra que o uso combinado destes métodos proporciona maior refinamento das interpretações e permite discriminar a proveniência de rochas fontes sedimentares, ígneas e metamórficas.

- 4- O índice RZi indicou aportes distintos de rochas ígneas e metamórficas entre as regiões das formações estudadas, com contribuição relativamente maior de rochas metamórficas para as regiões oeste e norte, respectivamente, das formações São Sebastião e Marizal. No entanto, não discrimina a proveniência de rochas sedimentares. A termoluminescência do quartzo, método ainda pouco estudado, também indicou variação geográfica do aporte para cada formação estudada. Deste modo, foi possível distinguir diferentes tipos de sedimentos segundo o grau de retrabalhamento sedimentar, que pode resultar de variações no transporte dentro da bacia ou ser herdado de rochas fonte sedimentares.
- 5- O índice RZi e a sensibilidade TL do quartzo demonstraram serem métodos capazes de distinguir os sedimentos das formações sin e pós-rift. O uso combinado desses métodos reflete em interpretações mais precisas e podem contribuir para análise de proveniência sedimentar em amostras de subsuperfície (sedimentos fragmentados, com perda de estrutura, obtidos em poços). Isto pode auxiliar na discriminação destas duas sucessões sedimentares em outras bacias de contexto geológico similar, tais como as bacias de Sergipe-Alagoas, Espírito Santo, Campos e Santos.

7. Referências bibliográficas

- Agel A., Petrov I. 1990. Substitutional aluminium in the quartz lattice as indicator of the formation temperature. *Eur. J. Mineral.* 2, Beihefte 1.
- Caixeta M.J., Bueno G., Luciano P. & Feijó F. 1994. Bacias do Recôncavo, Tucano e Jatobá. *Boletim de Geociências – Petrobrás*, 8: 163-172.
- Costa I.P., Milhomem P.S., Bueno G.V., Silva H.S.R.L. & Kosin M.D. 2007. Sub-bacias de Tucano Sul e Central. *Boletim de Geociências da Petrobrás*, 15: 433-443.
- Dennen W.H., Blackburn W.H., Quesada A. 1970. Aluminum in quartz as a geothermometer. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 27: 332-342.
- Ghignone J. I. 1982. Guia de campo de geologia estrutural das Bacias de Tucano e Recôncavo. Rio de Janeiro: Sensora, 69 p.
- Goetze J., Plotze M., Tichomirowa M., Fuchs H, Pilot J. 2001. Aluminium in quartz as an indicator of the temperature of formation of agate. *Mineralogical Magazine*, 65(3): 407-413.
- Lima C.C.U. & Vilas Boas G.S. 2000. A arquitetura deposicional da Formação Marizal (Cretáceo Inferior) na Bacia do Recôncavo, Bahia. *Revista Brasileira de Geociências*, v.4 30: 729-736.
- Magnavita L., Destro N., Carvalho M.S.S., Milhomen P.S. & Souza-Lima W. 2003. Bacia de Tucano. *Aracajú: Fundação Paleontológica Phoenix. Séries Bacias Sedimentares*, 52.

- Marconato A. 2010. A influência da evolução de altos estruturais em sucessões aluviais: exemplos do Ediacarano e do Cambriano da Bacia Camaquã (RS). Tese de mestrado. Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo.
- Milani E.J. & Davison I. 1988. Basement control and transfer tectonics in the Recôncavo-Tucano-Jatobá rift, Northeast Brazil. *Tectonophysics*, **154**: 41-44.
- Mineli R.C., Sawakuchi A.O., Umisedo N.C., Faleiros F.M. 2010. Assinaturas de proveniência de rochas ígneas e metamórficas: estudo baseado na análise de minerais pesados e na termoluminescência do quartzo. 45º Congresso Brasileiro de Geologia, Belem (PA).
- Morton A. C. & Hallsworth C., 1994. Identifying provenience-specific features of detrital heavy mineral assemblages in sandstones. *Sedimentary Geology*, **90**: 241-256.
- Pietsch, T.J., Olley, J.M., Nanson, G.C., 2008. Fluvial transport as a natural luminescence sensitiser of quartz. *Quaternary Geochronology*, **3**: 365-376.
- Price D.M. 1994. TL signatures of quartz grains of different origin. *Radiation Measurements*, **23**: 413-417.
- Rink W.J., Rendell, H., Marseglia, E.A., Luff, B.J. & Townsend, P.D. 1993. Thermoluminescence spectra of igneous quartz and hydrothermal vein quartz. *Phys. Chem. Minerals*, **20**: 353-361.
- Rocha Neto M.B. 2004. Programa Geologia do Brasil – PGB. Carta Geológica do Brasil ao milionésimo. Folha Aracajú SC.24.
- Sawakuchi A.O., Blair M.W., DeWitt R., Faleiros F.M., Hyppolito T.N., Guedes C.C.F. Thermal history versus sedimentary history: OSL sensitivity of quartz grains extracted from rocks and sediments. *Quaternary Geochronology*, Aceito.
- Sawakuchi A.O., DeWitt, R., Faleiros, F.M. 2010. Correlation between thermoluminescence sensitivity and crystallization temperatures of quartz: potential application in geothermometry. *Radiation Measurements*, v. xx, p. in press.
- Selley R.C. 1970. Ancient Sedimentary Environments. ed. Cornell University Press, 237p.
- Viana C.F., Junior E.G.G, Simões I.A, Moura J.A., Fonseca J.D.R. & Alves R.J. 1971. Revisão estratigráfica da Bacia do Recôncavo/Tucano. *Boletim Técnico – Petrobrás*, **14**: 157-177.
- Walker R.G. 2006. Facies Models Revisited. *SEPM - Society for Sedimentary Geology*, **84**: 1-16.



DOAÇÃO _____
TFC-USP
Data: 01/02/11

