

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**

**A FORMAÇÃO MARIZAL (APTIANO) NA BACIA DO TUCANO
(BA): CONTRIBUIÇÕES À ANÁLISE DA ARQUITETURA DE
DEPÓSITOS FLUVIAIS E IMPLICAÇÕES
PALEOBIOGEOGRÁFICAS**

Bernardo Tavares Freitas

Orientador: Prof. Dr. Renato Paes de Almeida

TESE DE DOUTORAMENTO

Programa de Pós-Graduação em Geoquímica e Geotectônica

SÃO PAULO

2014

BERNARDO TAVARES FREITAS

A FORMAÇÃO MARIZAL (APTIANO) NA BACIA DO TUCANO
(BA): CONTRIBUIÇÕES À ANÁLISE DA ARQUITETURA DE
DEPÓSITOS FLUVIAIS E IMPLICAÇÕES
PALEOBIOGEOGRÁFICAS

Tese apresentada ao Instituto de
Geociências da Universidade de São
Paulo para obtenção de título de
Doutor em Geologia.

Área de concentração: Geotectônica

Orientador: Prof. Dr. Renato Paes
de Almeida

São Paulo

2014

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Ficha catalográfica preparada pelo Serviço de Biblioteca e Documentação do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo

Freitas, Bernardo Tavares

A Formação Marizal (Aptiano) na Bacia do Tucano (BA): contribuições à análise da arquitetura de depósitos fluviais e implicações paleobiogeográficas / Bernardo Tavares Freitas. - São Paulo, 2014.

175 p. : il.

Tese (Doutorado) : IGc/USP

Orient.: Almeida, Renato Paes de

1. Sedimentologia 2. Estratigrafia 3. Sistemas fluviais 4. Tectônica e sedimentação 5. Cretáceo I.
Título

Nome: Bernardo Tavares Freitas

Título: A Formação Marizal (Aptiano) na Bacia do Tucano (BA): contribuições à análise da arquitetura de depósitos fluviais e implicações paleobiogeográficas.

Tese apresentada ao Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutor em Geologia

Área de concentração: Geotectônica

Aprovado em: __/__/__

Prof. Dr.: _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr.: _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr.: _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr.: _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr.: _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

A Giovana, Letícia, Fátima, Gisela e Ilza

AGRADECIMENTOS

A Renato Paes de Almeida, orientador, com quem tive o imenso prazer de trabalhar e conviver. Aos meus amigos e co-trabalhadores André Stern, André Marconato, Bruno Turra, Cristiano Galeazzi, Felipe Figueiredo, Liliane Janikian, Lucas Warren, Paulo Hino e Simone Carrera, *idem*.

Aos familiares, meus e dos demais integrantes do Grupo de Pesquisa Memória dos Continentes (Mocó), pela paciência, compreensão e contribuição ativa na peleja dos dias sucessivos em que foram desenvolvidos o presente trabalho e os projetos com ele relacionados.

Aos moradores da Bacia do Tucano que bem nos receberam, informaram e ajudaram, especialmente Zé Garcia e família de Major, Afonso de São João da Fortaleza, Popular Pneu de Banzaê, Everaldo Pitu, Rui e Giovani do Campo do Brito, Zito Cancão da Icozeira, Rosivaldo e Roni do Tarrachil, Seu José Nilton, Seu Saturnino, Wilson, Diogo, Miraneide e demais moradores da Fazenda Retiro, Nilsinho e Rogério de Rodelas, Mário, família e Antônio Rico de Salgado do Melão, Binho da Baixa do Chico, Mané de Pedrinho e família da Fazenda das Lajes, Seu Deca e Tia Vina da Água Branca, Seu Rodrigo de Amargosa, Wando da Fazenda Seremão, Seu Menininho da Fazenda Serra Grande, Seu Dedé e Seu Agenor da Fazenda Quatis.

Ao ICMBio - Paulo Afonso, em especial a Tiago e Cícero; à FUNAI - Paulo Afonso, em especial a Ivi Daniela, Zitinho e Elmo; à Biodiversitas e Estação Biológica de Canudos, em especial a Caboclo, Tânia e Camila; e à APA Serra Branca - Jeremoabo, em especial ao Sr. Otávio.

A preparação para os trabalhos em altura desenvolvidos durante a realização da presente tese contaram com a incalculável ajuda do Genja e do Beto de São Carlos (queroescalar.com.br), além de valorosas dicas do Marcelo (Vertical Indoor) e dos amigos Coisinha e Paulim.

Sou grato pela atenção e paciência da geóloga Carolina Reis da CPRM-BA que, tendo acabado de trabalhar no mapeamento geológico de quatro folhas 1:100.000 na Sub-bacia do Tucano Central, me aguentou começando o doutorado, ávido por notícias daquela área. À Marcia Reis do DNPM-RJ, pela atenção e disposição em compartilhar sua experiência acerca da paleontologia da Formação Marizal.

Ao Professor Don Winston da Universidade de Montana, pelo privilégio de ouvir

seu testemunho do século XX, com especial atenção aos aspectos sociais e geológicos desenvolvidos no período, confrontados com observações de sistemas deposicionais ativos, depósitos continentais antigos e organização social nos lugares por onde andamos. Ao Professor Nicolas Beukes e à Universidade de Johannesburgo pelo inestimável apoio na realização de trabalho de campo na África do Sul.

Ao Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo (IGc-USP), ao Programa de Pós-Graduação em Geoquímica e Geotectônica e à Creche e Pré-Escola Oeste da Superintendência de Assistência Social da Universidade de São Paulo.

O trabalho aqui apresentado certamente se beneficiou de discussões, críticas, sugestões e comentários dos professores André Sawakuchi (IGc-USP), Cláudio Ricomini (IGc-USP) e Mário Assine (IGCE-UNESP), para os quais expresso minha gratidão.

A realização das atividades relacionadas ao presente trabalho contou com apoio financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) sob a forma dos processos 2009/53363-8, 2011/50280-4 e 2013/01825-3 (Auxílios à Pesquisa) e 2010/51559-0 (Bolsa de Doutorado), e da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES) por meio de bolsa de demanda social do Programa de Pós-Graduação em Geoquímica e Geotectônica.

RESUMO

Sistemas deposicionais fluviais são de grande relevância para o avanço dos métodos de interpretação de sucessões siliciclásticas, por permitirem observações diretas de processos e produtos em sistemas ativos. A recente retomada de estudos sobre as relações processo-produto na escala de formas de leito e da geomorfologia fluvial, aliada ao avanço nos estudos de paleohidráulica e a uma crescente insatisfação com os modelos de fácies vigentes, traz a necessidade de reavaliação dos métodos e interpretações tradicionalmente aplicados a sucessões clásticas no registro geológico, e abre a possibilidade de avanços significativos decorrentes da aplicação de novos conceitos a sucessões fluviais bem expostas.

Visando contribuir para a consolidação desses avanços e para sua incorporação aos métodos de estudo e interpretação de sucessões antigas, o presente trabalho tem como foco os depósitos aluviais aptianos da Formação Marizal na Bacia do Tucano, que por suas excepcionais exposições, continuidade lateral e contexto tectônico apresentam-se como objeto adequado para a meta pretendida. Desta forma, foram aplicados métodos tradicionais de análise de elementos arquiteturais, análises de fácies e análise de paleocorrentes, com abordagem e interpretações baseadas em avanços recentes, integradas a estudos de paleohidráulica e considerações quantitativas. É abordada também a implicação dos resultados obtidos em reconstruções paleogeográficas, paleotectônicas e paleobiogeográficas do contexto regional em que se insere a Bacia do Tucano no Aptiano.

Os resultados foram organizados na forma de quatro artigos científicos. Revisão dos trabalhos prévios acerca da Formação Marizal são detalhadas no primeiro artigo, confrontados a novos dados que resultaram na apresentação de um novo panorama sedimentológico, estratigráfico e tectônico da unidade com base em levantamentos de campo concentrados nas áreas em que ocorrem suas melhores exposições, as sub-bacias do Tucano Norte e Central. Foram definidas duas sub-unidades, distintas do ponto de vista litoestratigráfico e de sua arquitetura ou densidade e conexão dos depósitos de canais fluviais. A unidade inferior, denominada Membro Banzaê, é caracterizada por depósitos de canais amalgamados enquanto a unidade superior, denominada Membro Cícero Dantas, é caracterizada por depósitos de canais isolados em meio a depósitos de planície de inundação. Os padrões de paleocorrentes observados em ambas as unidades corroboram, grosso modo, o predomínio de um sistema fluvial axial fluindo para sul ao

longo da Bacia do Tucano. Contudo, padrões transversais, possivelmente associados a sistemas fluviais tributários, também foram observados.

Um segundo artigo traz contribuição às reconstruções paleogeográficas e conseqüentemente à biogeografia aptiana no nordeste do recém individualizado continente da América do Sul. Nesse artigo são discutidas as implicações do registro sedimentar aptiano da Bacia do Tucano para a interpretação das principais redes de drenagem e das ingressões marinhas ligadas ao Oceano Tétis na região durante o Eocretáceo. O reconhecimento de uma camada fossilífera, representante de uma ingressão marinha (Camada Amargosa) apresenta importantes implicações paleobiogeográficas para o contexto regional em que se insere o RTJ, por ocorrer em posição estratigráfica específica, e até então incógnita, e conter a conhecida paleoictiofauna da Formação Marizal. Dessa forma, no presente trabalho foi dado contexto estratigráfico e conseqüentemente paleogeográfico para uma das ingressões marinhas do Cretáceo Médio registradas no nordeste do Brasil.

Os resultados apresentados são complementados com mais duas contribuições, de caráter metodológico, baseadas na análise arquitetural dos depósitos fluviais da Formação Marizal. Assim, em um terceiro artigo é descrito um novo método para o tratamento de dados obtidos a partir de depósitos fluviais que deve resultar em interpretações mais precisas e melhor visualização das direções de acréscimo de barras fluviais. Outra vantagem do método proposto é a utilização de pares de atitudes de estratos frontais e limites de série de estratificações cruzadas planares, ou seja estruturas abundantes e de fácil mensuração, na reconstrução de superfícies de barras a partir do registro fluvial.

A contribuição que compõe o último artigo traz discussão acerca da possibilidade de reconhecimento e individualização de elementos da geomorfologia fluvial, como barras unitárias, barras compostas e canais abandonados no registro fluvial antigo. Ênfase é dada à distinção entre os depósitos lateralmente adjacentes de preenchimento de canal abandonado e de barra, devido à dificuldade que vem sendo enfrentada na distinção entre esses elementos por meio de suas características sedimentares em depósitos de sistemas deposicionais ativos. Assim, no Membro Banzaê, foi possível, através de abordagem quantitativa sobre o porte de elementos arquiteturais e séries e considerações paleohidráulicas, reconhecer e individualizar depósitos prontamente correlacionáveis à dinâmica geomorfológica fluvial, como barras unitárias, preenchimentos de canal abandonado e sucessões de cinturões de canais limitadas por eventos de avulsão.

Desta forma, o estudo da Formação Marizal nas sub-bacias do Tucano Norte Central revela o grande potencial de estudos detalhados de arquitetura deposicional aliados a estudos paleohidráulicos e contextualização regional tectônica e paleogeográfica de depósitos fluviais na obtenção de informações relevantes mesmo a partir de sucessões aparentemente homogêneas.

ABSTRACT

Fluvial depositional systems are of great relevance to the advance of the methods of interpretation of clastic successions, as they enable direct observation of processes and products in active systems. Recent studies on the process-product relations at the bedform and fluvial geomorphology scales, coupled with advances in paleohydraulics and with a growing dissatisfaction with current facies models, brings the necessity of reevaluation of the methods and interpretations traditionally applied to clastic successions in the rock record and opens the possibility of significant advances through the application of new concepts to well exposed fluvial successions.

Aiming at a contribution to these new advances and their integration to the methods and interpretations of ancient successions, the present work focuses on Aptian alluvial deposits from the Marizal Formation in the Tucano Basin, which for their exceptional expositions, lateral continuity and tectonic context, are an ideal object for to reach the proposed goals. In this way, traditional methods of facies, architectural element and palaeocurrent analysis were applied, with approach and interpretations based on recent advances and integrated to paleohydraulic constraints and quantitative considerations. Implications of the results to paleogeographical, paleotectonic and paleobiogeographical reconstructions, in the context of the Tucano Basin, are also discussed.

The results are organized in four scientific papers. Previous works on the Marizal Formation are reviewed in a first work, confronted to new data that lead to a new sedimentological, stratigraphical and tectonic model, based on field data obtained from the area where the best expositions are concentrated, in the central and north Tucano sub-basin. Two sub-units were defined, differentiated for their lithology and architecture, expressed in different connectivity of fluvial channel bodies. The lower unit, named Banzaê Member, is characterized by amalgamated channel deposits, while the upper unit, named Cícero Dantas Member, contains isolated channel bodies surrounded by flood plain deposits. Palaeocurrent patterns from both units corroborate the model of a main axial fluvial system flowing towards the south along the Tucano Basin. Nevertheless, transverse system were also recognized, probably related to tributary fluvial systems.

A second work brings contributions to the paleogeographic reconstructions and consequently to the Aptian biogeography of the northeastern region of the then recently

formed South American continent. The implication of the Aptian sedimentary record of the Tucano Basin for the interpretation of the main drainage networks are discussed, as well as for the marine incursions related to the Tethys Ocean. The recognition of a fossiliferous bed, recording a marine incursion in the basin (Amargosa Layer) have major paleogeographical implications for the regional context of the RTJ, since it occurs at a specific stratigraphic position, recognized for the first time, and contains the well known fish fossils of the Marizal Formation. In this way, the present work defines the stratigraphical and consequently context, for one of the marine incursion of the Middle Cretaceous recorded in northeastern Brazil.

The presented results are complemented with two other contributions, with methodological scope, based on the architectural analysis of the fluvial deposits of the Marizal Formation. In this way, a third article contains the description of a new method for the processing of data obtained from fluvial deposits, which results in more precise reconstructions and visualization of accretion elements in bar forms. Another advantage of the proposed method is that it is based on measurement of foresets and cross-bed bounding surfaces, which are abundant and easily measurable structures, for the reconstruction of bar surfaces from the fluvial rock record.

The contribution presented in the last article brings the discussion on the possibility of recognition and individualization of fluvial geomorphological elements, such as unit bars, compound bars and abandoned channel fills, from the rock record. Emphasis is placed on the distinction between laterally equivalent deposits of channel fill and bars, given the recently recognized difficulty in distinguishing these elements, based on sedimentological data, in active depositional systems. In this way, the study of a selected area of the Banzã Member enabled, through a quantitative approach considering the scale of architectural elements and cross-sets as well as paleohydraulic constraints, the recognition and individualization of deposits attributed to the fluvial geomorphological dynamics, such as unit bars, abandoned channel fills and channel belt successions bounded by avulsion surfaces.

Therefore, the study of the Marizal Formation in the central and north Tucano Basin reveals the great potential of detailed studies of depositional architecture, coupled with paleohydraulic studies and interpretation of regional tectonic and paleogeographic context of fluvial deposits, for the acquisition of relevant information even in apparently homogeneous successions.

ÍNDICE

| | |
|---|----|
| AGRADECIMENTOS | 5 |
| RESUMO..... | 7 |
| ABSTRACT..... | 10 |
| Índice | 12 |
| Índice de figuras..... | 15 |
| I. Considerações iniciais | 17 |
| I.1. Introdução..... | 17 |
| I.2. Objetivos..... | 19 |
| I.3. Localização e acessos da área de estudos | 20 |
| I.4. Métodos | 23 |
| I.4.1. Análise de fácies sedimentares e elementos arquiteturais | 24 |
| I.4.2. Análise de paleocorrentes | 25 |
| I.4.3. Paleohidráulica | 26 |
| Referências..... | 27 |
| II. Aptian sedimentation in the Recôncavo-Tucano-Jatobá Rift System and its tectonic significance | 36 |
| Abstract..... | 36 |
| II.1. Introduction | 37 |
| II.2. Methods..... | 38 |
| II.3. Structural architecture of the RTJ and distribution of the Aptian deposits | 41 |
| II.4. Aptian sedimentary succession in the RTJ: previous works | 42 |
| II.5. Stratigraphy of the Aptian succession in the RTJ..... | 47 |
| II.5.1. The Banzaê Member | 49 |
| II.5.1.1. Interpretation | 58 |
| II.5.2. The Amargosa Layer | 62 |
| II.5.2.1. Interpretation | 63 |
| II.5.3. The Cícero Dantas Member | 64 |
| II.5.3.1. Interpretation | 66 |
| II.6. Autocyclic vs. allocyclic controls | 71 |
| II.7. Discussion | 73 |
| II.8. Conclusions | 74 |

| | |
|---|-----|
| References..... | 75 |
| III. Sedimentological and stratigraphical elements in the Aptian biogeography of SW-Gondwana: The Tucano Basin perspective..... | 75 |
| Abstract..... | 86 |
| III.1. Introduction..... | 87 |
| III.2. Regional geological context..... | 88 |
| III.3. Mid-Cretaceous interior seas in northeastern Brazil..... | 90 |
| III.4. Aptian sedimentation in the RTJ..... | 91 |
| III.5. Aptian fossil record in the RTJ..... | 94 |
| III.6. New ichnological findings..... | 95 |
| III.7. Discussion: Cretaceous large-scale drainage evolution and Aptian marine ingression in northeastern Brazil..... | 99 |
| III.8. Conclusions..... | 101 |
| References..... | 102 |
| IV. Reconstructing fluvial bar surfaces from compound cross-strata and the interpretation of bar accretion direction in large river deposits..... | 111 |
| Abstract..... | 111 |
| IV.1. Introduction..... | 112 |
| IV.2. Measurable surfaces in outcrops of fluvial bar deposits..... | 113 |
| IV.3. Reconstructing reference surfaces of bars..... | 118 |
| IV.3.1. Method summary..... | 122 |
| IV.4. Examples..... | 123 |
| IV.4.1. Reconstruction of a lateral accretion bar from the Eccu Group, South Africa..... | 123 |
| IV.4.2. Compound cross-strata from unit bars: examples from the Hawkesbury Sandstone (Australia) and the São Sebastião Formation (Brazil)..... | 124 |
| IV.4.3. Reconstructing bars from the Cretaceous Marizal Formation, Brazil..... | 125 |
| IV.5. Conclusions..... | 132 |
| References..... | 133 |
| V. Comparing the deposits of channel fills and compound bars in ancient fluvial successions: examples from the Marizal Formation (Aptian, Northeastern Brazil)..... | 136 |
| Abstract..... | 136 |
| V.1 Introduction..... | 137 |

| | |
|---|-----|
| V.2. Geological setting | 139 |
| V.3. Methods | 142 |
| V.4. Architectural elements | 143 |
| V.4.1. FA1 - Compound cross-strata | 146 |
| V.4.2. FA2 - Sandstone sheets with intercalated fine-grained deposits | 147 |
| V.4.3. Bounding surfaces | 152 |
| V.5. Paleocurrents | 156 |
| V.6. Thickness of Strata Sets..... | 157 |
| V.7. Discussion and Conclusions | 161 |
| References..... | 162 |
| VI. CONCLUSÕES | 171 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|-----|
| Fig. 1.01. Localização e principais acessos da área de estudo..... | 21 |
| Fig. 2.01. Geological sketch map of the RTJ..... | 39 |
| Fig. 2.02. Geologic sections through the Tucano Basin. | 40 |
| Fig. 2.03. Distinctive geomorphological expression of the Marizal Formation members. | 48 |
| Fig. 2.04. Dominant sedimentary features of the Banzaê Member..... | 50 |
| Fig. 2.05. Paleocurrents of the Banzaê Member. | 52 |
| Fig. 2.06. Local facies associations of the Banzaê Member. | 54 |
| Fig. 2.07. Eastern Central Tucano conglomerate-dominated facies associations of the Banzaê Member. | 55 |
| Fig. 2.08. Facies associations of the Banzaê Member related to a paleovalley fill in western Central Tucano. | 56 |
| Fig. 2.09. Banzaê Member facies associations at the Serra Branca das Araras area. | 61 |
| Fig. 2.10. Facies associations in the upper part of the Banzaê Member in the South Tucano Sub-basin. | 61 |
| Fig. 2.11. Field examples of the Amargosa Layer. | 68 |
| Fig. 2.12. Facies and associations of the Cícero Dantas Member. | 69 |
| Fig. 2.13. Paleocurrents of the Cícero Dantas Member. | 70 |
| Fig. 3.01. Ichnofossil assemblage of the Marizal Formation..... | 98 |
| Fig. 4.01. Geometrical elements for the reconstruction of accretion surfaces from fluvial bars..... | 115 |
| Fig. 4.02. Schematic representation of dune profile and relation between bedform size and maximum angle of subcritical climb (stoss angle). | 117 |
| Fig. 4.03. Step by step method of bar surface reconstruction..... | 119 |
| Fig. 4.04. Example of lateral-accretion bar from the Vryheid Fm, Ecca Group, South Africa. | 121 |
| Fig. 4.05. Examples of reconstruction of depositional surfaces of unit bars, compared with measured avalanche foresets..... | 126 |
| Fig. 4.06. Examples of reconstruction of depositional surfaces of unit bars from the Marizal Formation. | 127 |
| Fig. 4.07. Fluvial bar deposits of the Marizal Fm showing laterally continuous surfaces separating the elements A to G used in the comparison of reconstructed reference surfaces | |

| | |
|---|-----|
| of bar accretion. | 130 |
| Fig. 4.08. Stereographic projections of measured and calculated surfaces and calculated palaeocurrents for elements A to G of Fig. 4.07. | 131 |
| 5.01. Regional geological context and location of the study area (Fazenda Retiro, close to Banzaê-BA). | 140 |
| 5.02. Three-dimensional exposition of a succession bounded by a large-scale channelized erosional surface. | 148 |
| 5.03. Measured columnar sections of the succession bounded by a large-scale erosional surface. | 151 |
| 5.04. Studied outcrops and measured sections N-1 and N-2 in the northern part of the study area. | 153 |
| 5.05. Studied outcrop and measured sections N-3 and N-4 in the northern part of the study area. | 154 |
| 5.06. Measured columnar sections of the northern part of the studied area. | 155 |
| 5.07. Boxplots of cross-set thickness of the fill and bar deposits. | 159 |
| 5.08. Histograms showing the frequency of cross-set thickness for the fill and bar deposits. | 159 |
| 5.09. Descriptive statistics of cross-set thickness data for both fill and bar deposits. | 160 |

I. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

I.1. Introdução

A evolução dos métodos de estudo e dos modelos conceituais utilizados na geologia sedimentar clástica tem, em grande medida, seus fundamentos ligados ao estudo dos sistemas deposicionais aluviais, devido à relativa facilidade de acesso aos contextos ativos e à possibilidade de reprodução de processos e produtos sedimentares em laboratório. Dessa forma têm sido utilizados no desenvolvimento e no aprimoramento de ferramentas de estudo do preenchimento de bacias sedimentares, como a análise de fácies (Middleton, 1965; Miall, 1978; Allen, 1984), a análise de elementos arquiteturais (e.g. Allen, 1983; Miall, 1985; 1991; 1996; Bristow, 1996), modelos numéricos (e.g. Leeder, 1978; Allen, 1978; Bridge & Leeder, 1979; Bridge & Mackey, 1993; Paola et al., 1992; Heller & Paola, 1992; 1996; Mackey & Bridge, 1995; Marr et al., 2000; Tal & Paola, 2007; Jerolmack & Paola, 2007; 2010), experimentais (e.g. Bryant, 1995; Sheets et al., 2002; Hickson et al., 2005; Kim & Paola, 2007; Paola et al., 2009; Kim et al., 2011; Connel et al., 2012a; b), estratigrafia de seqüências (e.g. Wright and Marriott, 1993; Shanley and McCabe, 1994; Catuneanu, 2006; Parker et al., 2008a; b; Holbrook & Bhattacharya, 2012; Blum et al., 2013), entre outros.

Da mesma forma, estudos da relação entre tectônica e sedimentação têm nos sistemas deposicionais aluviais sua principal fonte de informações para a alimentação de modelos teóricos e numéricos (e.g. Bridge, 2003; Paola et al., 2009; Duller et al., 2010; Whittaker et al., 2010; 2011; Hajek & Wolinski, 2012). Assim, as bacias do tipo rift são um contexto ideal para a reavaliação dos modelos de resposta sedimentar às variações espaciais e temporais nas taxas de subsidência, características desse tipo de bacia (e.g. Rosendhal, 1987; Leeder & Gawthorpe 1987; Prosser, 1993; Gawthorpe et al., 1994; Gawthorpe & Leeder, 2000; Sharp et al., 2000a; b), face aos avanços nos modelos numéricos e a evolução dos conceitos sobre deformação litosférica, subsidência e interações entre dinâmica interna e externa da Terra (e.g. Allen & Allen, 2005; Wangen, 2010; Busby & Azor, 2012).

A recente retomada de estudos sobre as relações processo-produto desde a escala de formas de leito (e.g. Alexander et al., 2001; Jerolmack & Mohrig, 2005a; b; Alexander & Fielding, 2006; Reesink & Bridge 2007; 2009; 2011) a da geomorfologia fluvial (e.g.

Bristow, 1993; Ashworth et al., 2000; Best et al., 2003; Sambrook Smith et al., 2009; Reesink et al., 2014), aliada ao avanço nos estudos de paleohidráulica (e.g. Paola & Borgman, 1991; Leclair & Bridge, 2001; Leclair, 2002; 2011; Ganti et al., 2013) e a uma crescente insatisfação com os modelos de fácies vigentes (e.g. Bridge, 1993; 2003; 2006), traz a necessidade de reavaliação dos métodos e interpretações tradicionalmente aplicados a sucessões clásticas no registro geológico.

Visando contribuir para a consolidação desses avanços e para sua incorporação aos métodos de estudo e interpretação de sucessões antigas, o presente trabalho tem como foco os depósitos aluviais aptianos da Formação Marizal na Bacia do Tucano, que por suas excepcionais exposições, continuidade lateral e contexto tectônico apresentam-se como objeto adequado para a meta pretendida. Desta forma, foram aplicados métodos tradicionais de análise de elementos arquiteturais, análises de fácies e análise de paleocorrentes, com abordagem e interpretações baseadas em avanços recente, integradas a estudos de paleohidráulica e considerações quantitativas. É abordada também a implicação dos resultados obtidos em reconstruções paleogeográficas, paleotectônicas e paleobiogeográficas do contexto regional em que se insere a Bacia do Tucano no Aptiano.

No texto que segue são apresentados de forma detalhada os objetivos (item I.2), a localização e os principais acessos à área de estudo (item I.3) e os métodos utilizados no desenvolvimento da presente tese (item I.4). Os resultados foram organizados na forma de quatro artigos científicos, apresentados respectivamente nos capítulos II a V. Na contribuição apresentada no capítulo II foram revisitados os trabalhos prévios acerca da Formação Marizal e apresentado um novo panorama sedimentológico, estratigráfico e tectônico da unidade com base em levantamentos de campo concentrados nas áreas em que ocorrem suas melhores exposições, as sub-bacias do Tucano Norte e Central.

O capítulo III traz contribuição às reconstruções paleogeográficas e conseqüentemente à biogeografia aptiana no nordeste do recém individualizado continente da América do Sul. Nesse artigo são discutidas as implicações do registro sedimentar aptiano da Bacia do Tucano para a interpretação das principais redes de drenagem e das ingressões marinhas ligadas ao Oceano Tétis na região durante o Eocretáceo. Os resultados apresentados são complementados com mais duas contribuições, de caráter metodológico, baseadas na análise arquitetural dos depósitos fluviais da Formação Marizal.

No artigo apresentado no capítulo IV é descrito um novo método para o

tratamento de dados obtidos a partir de depósitos fluviais que deve resultar em interpretações mais precisas e melhor visualização das direções de acréscimo de barras fluviais. Outra vantagem do método proposto é a utilização de pares de atitudes de estratos frontais e limites de série de estratificações cruzadas planares, ou seja estruturas abundantes e de fácil mensuração, na reconstrução de superfícies de barras a partir do registro fluvial.

A contribuição que compõe o capítulo V traz discussão acerca da possibilidade de reconhecimento e individualização de elementos da geomorfologia fluvial, como barras unitárias, barras compostas e canais abandonados no registro fluvial antigo. Ênfase é dada à distinção entre os depósitos lateralmente adjacentes de preenchimento de canal abandonado e de barra, devido à dificuldade que vem sendo enfrentada na distinção entre esses elementos por meio de suas características sedimentares em depósitos de sistemas deposicionais ativos.

Os artigos apresentados nos capítulos II e III foram preparados para submissão respectivamente aos periódicos *Brazilian Journal of Geology* e *Palaeo*. Os artigos que compreendem os capítulos IV e V foram submetidos ao periódico *Sedimentology*. As conclusões dos estudos desenvolvidos na presente tese encontram-se sintetizadas no capítulo VI.

I.2. Objetivos

A meta do trabalho ora apresentado é contribuir para a evolução dos métodos e modelos interpretativos de sucessões sedimentares clásticas, com base na adequação das abordagens tradicionais aos recentes avanços ocorridos na área. As principais questões que motivaram o trabalho incluem aspectos teóricos com implicação abrangente e aspectos da geologia local e evolução tectônica regional:

- De que forma trabalhos recentes sobre as relações processo-produto em meso e macroformas fluviais e suas implicações paleohidráulicas podem contribuir para a interpretação de sucessões fluviais antigas?
- Que adaptações nos métodos tradicionais de análise de elementos arquiteturais e hierarquização de superfícies são necessárias para sua aplicação a depósitos de rios de grande porte?
- Como o estudo detalhado das sucessões da Formação Marizal (Aptiano do Rift

Recôncavo-Tucano-Jatobá) pode contribuir para a aparente contradição entre interpretações sedimentológicas prévias de ambientes deposicionais aluviais e inferências de ambiente marinho derivadas do estudo de sua ictiofauna?

- Quais as implicações da Formação Marizal para o panorama paleogeográfico e paleotectônico da região?

Como forma de explorar a questão do preenchimento sedimentar de bacias distensionais, realizou-se estudo estratigráfico e análises de fácies e elementos arquiteturais da sucessão predominantemente aluvial e aptiana da Bacia do Tucano, com ênfase em suas sub-bacias Central e Norte. Com o desenvolvimento dos métodos acima pretendeu-se nesse trabalho (I) caracterizar a arquitetura deposicional e a evolução paleogeográfica desse intervalo sedimentar na Bacia do Tucano; (II) identificar e interpretar controles na sedimentação aptiana na Bacia do Tucano; (III) estabelecer a evolução dos padrões de dispersão de sedimento por meio da análise de paleocorrentes e interpretar sua relação com a evolução dos altos adjacentes à bacia em função de eventos de reativação tectônica. Dessa forma tencionou-se subsidiar a interpretação do significado geodinâmico da sucessão aptiana no preenchimento da Bacia do Tucano, avaliando a influência das estruturas formadoras da bacia na distribuição dos elementos arquiteturais e nos padrões de dispersão de sedimentos preservados. O estudo e aplicação da análise de fácies e elementos arquiteturais encerra o objetivo de (IV) avaliar de forma crítica o método de modo a contribuir para o seu amadurecimento.

I.3. Localização e acessos da área de estudos

A Bacia do Tucano localiza-se no nordeste do Estado da Bahia, Região Nordeste do Brasil, estendendo-se aproximadamente para norte a partir de seu limite meridional com a Bacia do Recôncavo, até seu limite setentrional dado pelo Rio São Francisco. Sua extensão é da ordem de 400 km por aproximadamente 80 km de largura. A área do presente projeto escolhida para a obtenção de dados de campo compreende as sub-bacias do Tucano Norte e Central, balizada pelos meridianos 39° W e 38° W e pelos paralelos 8° 50' S e 11° 10' S (Fig. 1.01).

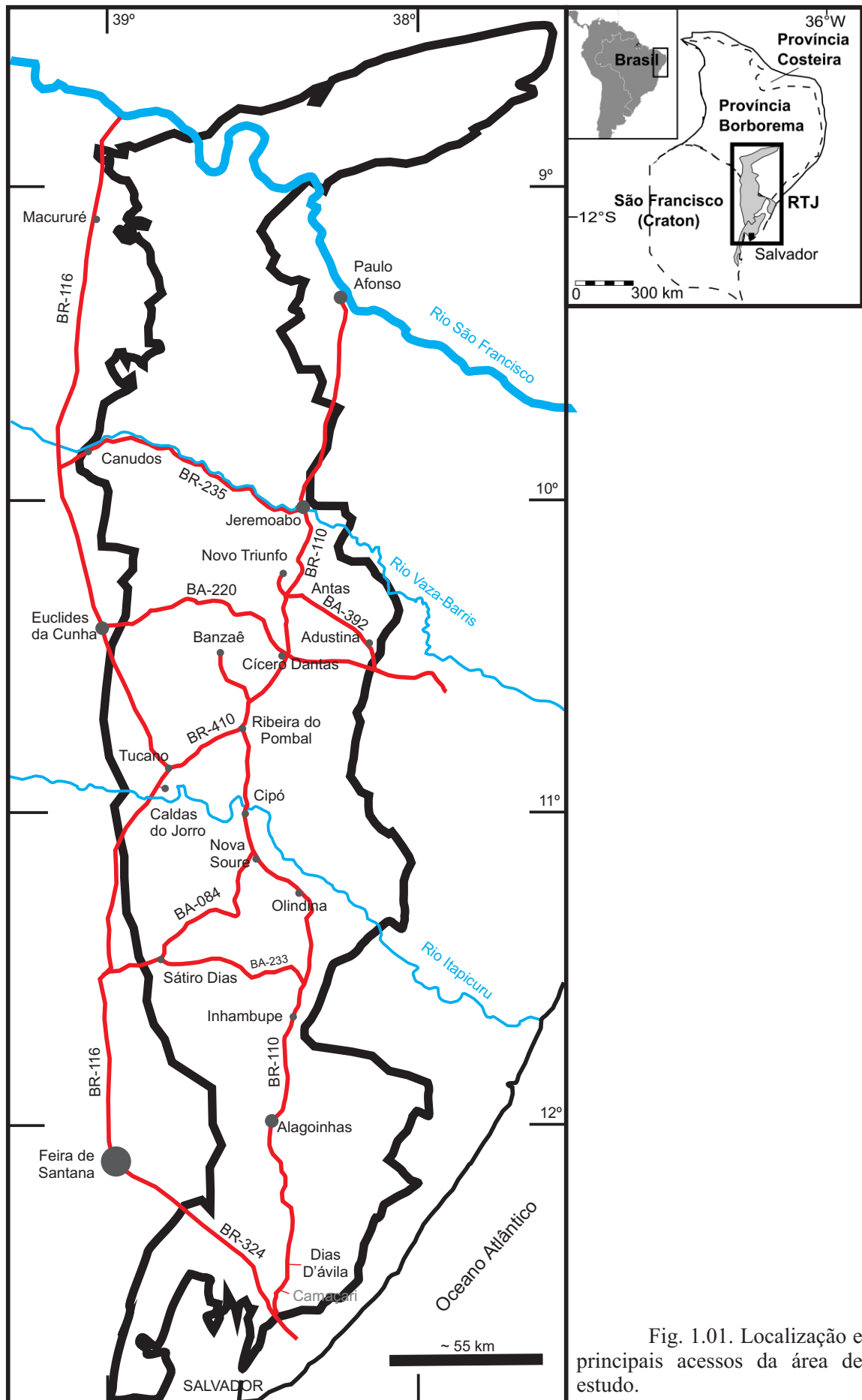


Fig. 1.01. Localização e principais acessos da área de estudo.

O limite setentrional da sub-bacia do Tucano Norte é dado pelo segmento do Rio São Francisco aproximadamente entre as cidades de Belém de São Francisco - PE e Paulo Afonso - BA. As sub-bacias Norte e Central do Tucano são separadas pelo curso do Rio Vaza-Barris entre Canudos -BA e Jeremoabo - BA, de modo que as quatro cidades mencionadas compõem um quadrilátero que encerra a sub-bacia do Tucano Norte. Outro quadrilátero, entre as cidades de Canudos - BA e Jeremoabo - BA na aresta setentrional, e Tucano - BA e Cipó - BA na aresta meridional, encerra a sub-bacia do Tucano Central, sendo a aresta meridional segmento do Rio Itapicuru. Nos limites das sub-bacias Norte e central do Tucano os rios São Francisco, Vaza-Barris e Itapicuru têm cursos orientados entre WNW-ESE e NW-SE (Fig. 1.01).

As principais rodovias que acessam a área estudada são as rodovias federais BR-110, BR-116, BR-410, BR-423 e BR-235, e rodovias estaduais BA-210, BA-220, BA-392 e BA-393. Os flancos oriental e ocidental da Bacia do Tucano são cobertos respectivamente pelas rodovias longitudinais BR-110 e BR-116, ligadas, de sul para norte pelas rodovias latitudinais BR-410 entre Tucano-BA e Ribeira do Pombal-BA, BA-220 entre Euclides da Cunha-BA e Cícero Dantas-BA, BR-235 no vale do Rio Vaza-Barris, BR-423 entre Macururé e Paulo Afonso (trecho não pavimentado) e BA-210 acompanhando o Rio São Francisco (Fig. 1.01).

A Sub-bacia do Tucano Central apresenta maior facilidade de acesso do que a Sub-bacia do Tucano Norte, com maior densidade de estradas e maior número de povoados e concentrações urbanas. Tal fato deve-se a algumas diferenças nas características naturais do Planalto da Bacia Tucano-Jatobá a norte e a sul do entalhe do Rio Vaza-Barris, dentre elas o clima mais seco e os solos mais arenosos e menos maduros a norte. Além disso, as diferentes características observadas no Planalto da Bacia Tucano-Jatobá também condicionam o desenvolvimento de maior quantidade de exposições de melhor qualidade a sul do Rio Vaza-Barris. Nessa região ocorrem extensos anfiteatros e maior concentrações de ravinas em relação aos tabuleiros setentrionais bem menos dissecados.

Ainda assim, por toda a área ocorrem exposições de grande qualidade do intervalo estudado em detalhe, com espessuras que alcançam dezenas de metros e continuidade lateral por centenas de metros ou até quilômetros se desconsideradas pequenas discontinuidades. Na Sub-bacia do Tucano Central as melhores áreas de afloramentos são, de leste para oeste: (I) a região das cidades de Adustina, Fátima e

Heliópolis; (II) região de Cícero Dantas e cortes de estrada ao longo da rodovia federal BR-110; (III) região de Banzaê; (IV) região de Aribicé, povoado do município de Euclides da Cunha; e (V) região de Tucano - Ribeira do Pombal na porção sudoeste da sub-bacia. Na Sub-bacia do Tucano Norte as áreas caracterizadas por exposições excepcionais são (I) as escarpas meridionais e (II) orientais do Raso da Catarina (Planalto da Bacia Tucano-Jatobá a norte do Vaza-Barris); (III) o cânion conhecido como Baixa do Chico; (IV) a Serra do Tonã e o Morro de São Saité. Vale salientar que as áreas na sub-bacia Tucano norte oferecem dificuldades de acesso, sendo frequentemente necessária a utilização de montaria ou veículo com tração nas quatro rodas.

Dados complementares foram obtidos em outras áreas, como a Sub-bacia do Tucano Sul (capítulos III e IV) e a Bacia do Recôncavo (capítulo III). As abordagens metodológicas desenvolvidas foram também testadas em sucessões fluviais da África do Sul e Austrália (capítulo V). Embora a densidade de acessos por meio de estradas seja maior no sul da Bacia do Tucano e na Bacia do Recôncavo, o aumento da pluviosidade nessa direção resulta em maior intemperismo e cobertura vegetal dos afloramentos. Fora do país a aquisição de dados foi localizada, e serviu à contribuição metodológica exposta no capítulo V. Os dados coletados na África do Sul correspondem a um corte da rodovia R543 entre Piet Retief e Volksrust, próximo da divisa entre as províncias de Mpumalanga e KwaZulu-Natal, em que aflora sucessão permiana da Formação Vryheid. Na Austrália dados foram obtidos em costões rochosos a sul de Sydney na península de Kurnell e no Royal National Park, em sucessões da Formação Hawkesbury, de idade triássica.

I.4. Métodos

O exame de litossomas de depósitos fluviais antigos depende principalmente da análise de elementos arquiteturais internos e suas relações de paleofluxo identificadas a partir de estruturas sedimentares e superfícies limitantes em diversas escalas. Desse modo o estudo aqui proposto fundamenta-se no levantamento de seções estratigráficas em escala de detalhe e de perfis geológicos com o objetivo de subsidiar a aplicação dos métodos de (I) análises de fácies sedimentares e elementos arquiteturais, (II) análise de paleocorrentes e (III) paleohidráulica. Desta forma, os métodos utilizados referem-se a procedimentos relacionados à geologia sedimentar e à estratigrafia, baseados principalmente em dados adquiridos diretamente em trabalhos de campo.

1.4.1. Análise de fácies sedimentares e elementos arquiteturais

A análise de fácies consiste na individualização de depósitos sedimentares por meio da identificação e interpretação de um conjunto de características - textura, composição, estruturas sedimentares e conteúdo paleontológico - e na descrição das relações espaciais entre os depósitos individualizados, agrupados em associações de fácies. A análise é realizada com o objetivo de interpretar a fisiografia do ambiente deposicional onde se formaram as características observadas no depósito sedimentar por meio da comparação com produtos sedimentares de sistemas deposicionais modernos e também com produtos obtidos em laboratório. As diretrizes modernas da análise de fácies são descritas e fundamentadas por diversos autores (e.g. Reading 1986; 1996; Walker, 1992; Miall, 2000).

Entre a individualização de fácies sedimentares e a interpretação de sistemas deposicionais, mais precisamente no estudo das relações espaciais entre conjuntos de fácies, é que se define o método da análise de elementos arquiteturais. A análise de elementos arquiteturais consiste na sistematização detalhada de afloramentos de depósitos sedimentares em fotomosaicos, com a interpretação das relações hierárquicas entre as superfícies deposicionais e as superfícies limitantes observadas e o objetivo de delinear as geometrias e relações espaciais das associações de fácies geneticamente relacionadas (e.g. Allen, 1983; Miall, 1985; 1991). Desse modo, as relações de paleofluxo e as atitudes de superfícies limitante constituem importantes elementos da análise de elementos arquiteturais. Assim, o mapeamento 2D ou 3D detalhado de afloramentos de dimensões adequadas configura-se em uma importante distinção metodológica entre as análises de elementos arquiteturais e de fácies, esta caracterizada pelo estudo localizado de perfis verticais.

Nos últimos 30 anos a descrição e interpretação de depósitos fluviais frequentemente recorreu a síntese metodológica proposta por Miall (1985), expandida e consolidada em seu livro acerca da geologia de depósitos fluviais, de 1996. Nesses trabalhos, Miall (1985, 1996) enfatizou a definição e hierarquização de litofácies, suas associações, superfícies limitantes e geometrias dos depósitos sedimentares, assumindo que as sucessões fluviais poderiam ser descritas por um número finito de litofácies, assim como seis hierarquias de superfícies limitantes e oito elementos arquiteturais básicos,

sujeitos à subdivisões, adições e padronizações posteriores (e.g. Miall, 1996; 2014; Cowan, 1991; Platt & Keller, 1992; Fielding, 2006; Best et al., 2006; Fielding et al., 2011; Long, 2011).

Por outro lado, estudos realizados em sistemas fluviais ativos e em experimentos em tanques de simulação física vêm destacando a complexidade desses sistemas de transporte sedimentar e apontando formas alternativas de descrição e interpretação de depósitos fluviais com enfoque na escala das barras fluviais e no registro de barras unitárias, barras compostas e preenchimentos de canais (e.g. Bridge, 1993; 2003; 2006; Bridge & Lunt 2006; Reesink & Bridge 2007; 2009; 2011; Ethridge, 2011). Essa abordagem resultou em críticas à classificação de superfícies limitantes, definições e codificações de litofácies e classificações e interpretações de associações de fácies e suas geometrias (e.g. Bridge, 1993; Bristow, 1996).

Dessa forma, no presente estudo não foram empregados os acrônimos de Miall (1977, 1985, 1996) para fácies e elementos arquiteturais e tampouco sua classificação e hierarquização de superfícies limitantes. Embora possa haver correspondência entre as litofácies reconhecidas no presente trabalho e as fácies codificadas por Miall (1977), optou-se pela maior liberdade na descrição dos depósitos estudados favorecendo a observação de detalhes e de características não esperadas (e.g. Bridge, 1993). O mesmo aplica-se aos elementos arquiteturais, os quais foram descritos sem a utilização dos padrões interpretativos pré-estabelecidos por Miall (1985, 1996). Quanto às superfícies limitantes, foram classificadas de acordo com suas características descritivas sem a utilização de hierarquização numérica, intrinsecamente interpretativa, conforme defendido por Bristow (1996) para depósitos fluviais e mais tarde por Mountney (2006) para depósitos eólicos.

1.4.2. Análise de paleocorrentes

A análise de paleocorrentes consiste no reconhecimento e medição sistemática de estruturas sedimentares que refletem as condições hidrodinâmicas ou aerodinâmicas em que foram geradas, de forma a se reconstituir a direção e, muitas vezes, o sentido da corrente responsável pelo depósito (Potter & Pettijohn, 1977; Miall, 1974; 1990; Selley, 1982; Graham, 1988; Tucker, 1989). Os dados são comumente representados em diagramas circulares de frequência (rosetas) distribuídos em classes de no máximo 30°.

Segundo Selley (1982), um erro máximo de $\pm 30^\circ$ pode ser obtido com um mínimo de 25 medidas por estação. Parâmetros estatísticos como vetor médio (x) e fator de consistência (f.c) são calculados para cada conjunto de dados sob análise a partir dos azimutes medidos (a) e do número de medidas realizadas (n):

$$x = \arctg \left(\frac{\sum \text{sen } a}{\sum \text{cos } a} \right)$$
$$\text{f.c.} = \sqrt{[(\sum \text{sen } a)^2 + (\sum \text{cos } a)^2] n^{-1}}$$

As principais estruturas sedimentares indicadoras do sentido de transporte em depósitos aluviais e eólicos são as estratificações cruzadas em arenitos. O sentido do paleofluxo é interpretado considerando-se que o transporte sedimentar foi paralelo ao maior mergulho do plano frontal de estratificações cruzadas. Subordinadamente, medidas de paleocorrentes também podem ser obtidas a partir de estratificações cruzadas em conglomerados, imbricação de clastos, da variação no tamanho de seixos ou fragmentos maiores e da direção de lineações de partição em leitos planos de arenitos. Depósitos rotacionados tectonicamente devem ter suas medidas de paleocorrentes corrigidas em estereograma com a utilização de acamamento de referência de um depósito adjacente com atitude primária supostamente sub-horizontal. A análise de paleocorrentes integrada a análise de fácies apresenta grande potencial para a obtenção de modelos de transporte sedimentar na bacia, sendo de fundamental importância para as reconstituições paleogeográficas.

1.4.3. Paleohidráulica

Paleohidráulica é o estudo da relação entre as características de depósitos fluviais preservados no registro geológico e os parâmetros hidráulicos operantes no sistema fluvial quando ativo (e.g. Miall, 1996), dentre eles profundidade e largura do fluxo, declividade, descarga e carga sedimentar. Diversas abordagens são utilizadas na reconstrução paleohidráulica de sistemas fluviais antigos, sendo a mais antiga e consagrada a utilização da espessura de sucessões interpretadas como barras em pontal como indicação direta da profundidade do canal formador (e.g. Allen, 1965).

No entanto, a paleohidráulica não firmou-se como um campo proeminente da sedimentologia fluvial até os anos 1990, tendo sido criticada pelo acúmulo de incertezas e

inadequações inerentes aos métodos utilizados (e.g. Ehtridge & Schumm, 1978; Miall, 1996). A partir da teoria de Paola & Borgman (1991), em que uma função de distribuição probabilística foi usada na estimativa da altura de dunas por meio da espessura preservada em séries de estratificações cruzadas, nova atenção foi dada ao tema da paleohidráulica.

A teoria de Paola & Borgman (1991) vêm sendo avaliada em experimentos em tanque (e.g. Leclair & Bridge, 2001; Leclair, 2002), modelos numéricos (e.g. Jerolmack & Mohrig, 2005; Ganti et al., 2013) e estudos de sistemas deposicionais modernos (e.g. Leclair, 2011; Lunt et al., 2013), com obtenção de resultados positivos para a reconstrução de topografias de leito por meio da distribuição de espessuras de séries cruzadas preservadas.

Dessa forma, estimativas paleohidráulicas no presente trabalho têm foco na reconstituição de profundidades de canais fluviais por meio do método simples proposto por Leclair & Bridge (2001), que apresentam pequenas modificações em relação ao original de Paola & Borgman (1991), e em que a altura média de dunas (a_m) equivale a aproximadamente três vezes a média de espessuras preservadas de séries com estratificações cruzadas (s_m) segundo a equação:

$$a_m = 2,9 (\pm 0,7) s_m$$

A profundidade média do canal fluvial é então estimada empiricamente como seis a dez vezes a altura média das dunas obtida pela equação acima. Outras abordagens prevêm a determinação da profundidade de canais por meio da espessura de barras com topo preservado, diagnosticada tanto por preservação de forma como por associação de fácies, e da espessura de canais abandonados (e.g. Mohrig et al., 2000; Bridge & Tye, 2001; Lynds & Hajek, 2006). Contudo, a obtenção de confiabilidade estatística é mais difícil no último caso, dada a abundância de séries com estratificações cruzadas em depósitos fluviais.

Referências

Alexander, J. & Fielding, C.R., 2006. Coarse-grained floodplain deposits in the seasonal tropics: towards a better facies model. *Journal of Sedimentary Research*, 76 (3-4): 539-556.

- Alexander, J., Bridge, J.S., Cheel, R.J., LeClair, S.F., 2001. Bedforms and associated sedimentary structures formed under supercritical water flows over aggrading sand beds. *Sedimentology*, 48, 133-152.
- Allen, J.R.L., 1965 The sedimentation and palaeogeography of the Old Red Sandstone of Anglesey, North Wales. *Yorkshire Geological Society Proceedings*, 35, 139-185.
- Allen, J.R.L., 1978. Studies in fluvial sedimentation: An exploratory quantitative model for the architecture of avulsion-controlled alluvial suites. *Sedimentary Geology*, 21, 129-147.
- Allen, J.R.L., 1983. Studies in fluvial sedimentation: bars, bar complexes, and sandstone sheets (low-sinuosity braided streams) in the Brownstones (L. Devonian), Welsh Borders. *Sedimentary Geology*, 33, 237-293.
- Allen, J.R.L., 1984. *Sedimentary structures: their character and physical basis*. Elsevier, 663 p.
- Allen, P.A. & Allen, J.R., 2005. *Basin analysis - principles and applications*. Blackwell Scientific. 2ed. 549 p.
- Ashworth, P.J., Sambrook Smith, G.H., Best, J.L., Bridge, J.S., Lane, S.N., Lunt, I.A., Thomas, R.E., 2011. Evolution and sedimentology of a channel fill in the sandy braided South Saskatchewan River and its comparison to the deposits of an adjacent compound bar. *Sedimentology*, 58 (7), 1860-1883.
- Best, J.; Woodward, J., Ashworth, P., Sambrook Smith, G., Simpson, C., 2006. Bar-top hollows: A new element in the architecture of sandy braided rivers. *Sedimentary Geology*, 190, 241-255.
- Best, J.L., Ashworth, P.J., Bristow, C.S., Roden, J., 2003. Three-dimensional sedimentary architecture of a large, mid-channel sand braid bar, Jamuna River, Bangladesh. *Journal of Sedimentary Research*, 73 (4), 516-530.
- Blum, M., Martin, J., Milliken, K., Garvin, M., 2013. Paleovalley systems: Insights from Quaternary analogs and experiments. *Earth Science Review*, 116, 128-169.
- Bridge, J.S. & Leeder, M.R., 1979. A simulation model of alluvial stratigraphy. *Sedimentology*, 26, 617-644.
- Bridge, J.S. & Leeder, M.R., 1979. A simulation model of alluvial stratigraphy. *Sedimentology*, 26, 617-644.
- Bridge, J.S. & Lunt, I.A., 2006. Depositional models of braided rivers. In: Sambrook Smith, G.H., Best, J.L., Bristow, C.S., Petts, G.E. (Eds.), *Braided Rivers*;

- Processes, Deposits, Ecology and Management, IAS Special Publications, 36, 11-50.
- Bridge, J.S. & Mackey, S.D., 1993. A revised alluvial stratigraphy model. In: Marzo, M. & Puigdefábregas, C. (Eds.), Alluvial sedimentation, IAS Special Publication, 17, 319-336.
- Bridge, J.S. & Tye, R.S., 2000. Interpreting the Dimensions of Ancient Fluvial Channel Bars, Channels, and Channel Belts from Wireline-Logs and Cores. AAPG Bulletin, 84, 1205-1228.
- Bridge, J.S., 1993. Description and interpretation of fluvial deposits: a critical perspective. *Sedimentology*, 40, 801-810.
- Bridge, J.S., 2003. Rivers and floodplains: forms, processes, and sedimentary record. Blackwell, 491 p.
- Bridge, J.S., 2006. Fluvial facies models: recent developments. In: Posamentier, H.W. & Walker, R.G. (Eds.), Facies Models Revisited, SEPM Special Publication, 84, 85-170.
- Bristow, C., 1996. Reconstructing fluvial channel morphology from sedimentary sequences. In: Carling, P.A., Dawson, M.R. (Eds.), Advances in Fluvial Dynamics and Stratigraphy. John Wiley & Sons, Ltd., pp. 351-371.
- Bristow, C.S., 1993. Sedimentology of the Rough Rock: a Carboniferous braided river sheet sandstone in northern England. Geological Society of London, Special Publication, 75 (1), 291-304.
- Bryant, M., Falk, P., Paola, C., 1995. Experimental study of avulsion frequency and rate of deposition. *Geology*, 23, 365-368.
- Busby, C.J. & Azor, A.P., 2012. Tectonics of Sedimentary Basins: Recent Advances. Willey-Blackwell. 662 p.
- Catuneanu, O., 2006. Principles of sequence stratigraphy. Elsevier, 375 p.
- Connell, S.D., Kim, W., Paola, C., Smith, G.A., 2012. Fluvial morphology and sediment-flux steering of axial-transverse boundaries in an experimental basin. *Journal of Sedimentary Research*, 82, 310-325.
- Connell, S.D., Kim, W., Smith, G.A., Paola, C., 2012. Stratigraphic architecture of an experimental basin with interacting drainages. *Journal of Sedimentary Research*, 82, 326-344.
- Cowan, E.J., 1991. The large-scale architecture of the fluvial Westwater Canyon Member,

- Morrison Formation (Jurassic), San Juan Basin, New Mexico. In: Miall, A.D. & Tyler, N. (Eds.), *The three-dimensional facies architecture of terrigenous clastic sediments, and its implications for hydrocarbon discovery and recovery: SEPM, Concepts in Sedimentology and Palaeontology*, 3, 80-93.
- Duller, R.A., Whittaker, A.C., Fedele, J.J., Whitchurch, A.L., Springett, J., Smithells, R., Allen, P.A., 2010. From grain size to tectonics. *Journal of Geophysical Research*, 115, 40-51.
- Ethridge, F., 2011. Interpretation of Ancient Fluvial Channel Deposits: Review and Recommendations. In: Davidson S.K., Leleu S., North, C.P. (Eds.), *From River to Rock Record: the Preservation of Fluvial Sediments and their Subsequent Interpretation*, SEPM Special Publications, 97, 8-30.
- Ethridge, F.G. & Schumm, S.A., 1978. Reconstructing paleo-channel morphologic and flow characteristics: methodology, limitations and assessment. In: Miall, A.D. (Ed.), *Fluvial Sedimentology: Canadian Society of Petroleum Geologists, Memoir 5*, 703-721.
- Fielding, C.R., 2006. Upper flow regime sheets, lenses and scour fills: Extending the range of architectural elements for fluvial sediment bodies. *Sedimentary Geology*, 190, 227-240.
- Fielding, C.R., Allen, J.P., Alexander, J., Gibling, M.R., Rygel, M.C., Calder, J.H., 2011. Fluvial systems and their deposits in the seasonal tropics and subtropics: modern and ancient examples. In: Davidson S.K., Leleu S., North, C.P. (Eds.), *From River to Rock Record: the Preservation of Fluvial Sediments and their Subsequent Interpretation*, SEPM Special Publications, 97, 89-112
- Ganti, V., Paola, C., Fofoula-Georgiou, E. 2013. Kinematic controls on the geometry of the preserved cross sets. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*, 118 (3), 1296-1307.
- Gawthorpe, R.L. & Leeder, M.R., 2000. Tectono-sedimentary evolution of active extensional basins. *Basin Research*, 12, 195-218.
- Gawthorpe, R.L., Fraser, A.J., Collier, R.E.L., 1994. Sequence stratigraphy in active extensional basins: implications for the interpretation of ancient basin-fills. *Marine and Petroleum Geology*, 11, 642-658.
- Graham, J., 1988. Collection and analysis of field data. In: Tucker, M. (Ed.), *Techniques in sedimentology*, Blackwell Scientific Publications, p. 5-62.

- Hajek, E.A. & Wolinsky, M.A., 2012. Simplified process modeling of river avulsion and alluvial architecture: Connecting models and field data. *Sedimentary Geology*, 257, 1-30.
- Heller, P.L. & Paola, C., 1992. The large-scale dynamics of grain-size variation in alluvial basins, 2: Application to syntectonic conglomerate. *Basin Research*, 4, 91-102.
- Heller, P.L. & Paola, C., 1996. Downstream changes in alluvial architecture: an exploration of controls on channel-stacking patterns. *Journal of Sedimentary Research*, B66, 297-306.
- Hickson, T.A., Sheets, B.A., Paola, C., Kelberer, M., 2005. Experimental test of tectonic controls on three-dimensional alluvial facies architecture. *Journal of Sedimentary Research*, 75, 710-722.
- Holbrook, J.M., & Bhattacharya, J.P., 2012. Reappraisal of the sequence boundary in time and space: Case and considerations for an SU (subaerial unconformity) that is not a sediment bypass surface, a time barrier, or an unconformity. *Earth-Science Reviews*, 113, 271-302.
- Jerolmack, D.J. & Mohrig, D., 2005. A unified model for subaqueous bed form dynamics. *Water Resources Research*, 41, W12421, doi:10.1029/2005WR004329.
- Jerolmack, D.J., & Paola, C., 2007. Complexity in a cellular model of river avulsion. *Geomorphology*, 91, 259-270.
- Jerolmack, D.J., & Paola, C., 2010. Shredding of environmental signals by sediment transport. *Geophysical Research Letters*, 37, 19401, doi:10.1029/2010GL044638.
- Kim, W. & Paola, C., 2007. Long-period cyclic sedimentation with constant tectonic forcing in an experimental relay ramp. *Geology*, 35, 331-334.
- Kim, W., Connel, S.D., Steel, E., Smith, G.A., Paola, C., 2011. Mass-balance control on the interaction of axial and transverse channel systems. *Geology*, 39, 611-614.
- Leclair, S.F. & Bridge, J.S., 2001. Quantitative interpretation of sedimentary structures formed by river dunes. *Journal of Sedimentary Research*, 71, 713-716.
- Leclair, S.F., 2002. Preservation of cross-strata due to the migration of subaqueous dunes: an experimental investigation. *Sedimentology*, 49 (6), 1157-1180.
- Leclair, S.F., 2011. Interpreting fluvial hydromorphology from the rock record: Large-river peak flows leave no clear signature. In: Davidson S.K., Leleu S., North, C.P. (Eds.), *From River to Rock Record: the Preservation of Fluvial Sediments and their Subsequent Interpretation*, SEPM Special Publications, 97, 113-123.

- Leeder, M., 1978. A quantitative stratigraphic model for alluvium, with special reference to channel deposit density and interconnectedness. In: Miall, A.D. (Ed.), *Fluvial Sedimentology*, Canadian Society of Petroleum Geologists Memoir, 587-596.
- Leeder, M.R. & Gawthorpe, R.L., 1987. Sedimentary models for extensional tilt-block/half-graben basins. In: Coward, M.P., Dewey, J.F., Hancock, P.L. (Eds.), *Continental Extensional Tectonics*, Geological Society of London Special Publication 28, p. 139-152.
- Long, D.G.F., 2011. Architecture and depositional style of fluvial systems before land plants: A comparison of Precambrian, Early Paleozoic, and modern river deposits. In: Davidson, S.K., Leleu, S., & North, C.P. (Eds.), *From river to rock record*, SEPM Special Publication, 97, 37-62.
- Lunt, I.A., Sambrook Smith, G.H., Best, J.L., Ashworth, P.J., Lane, S.N., Simpson, C.J., 2013. Deposits of the sandy braided South Saskatchewan River: Implications for the use of modern analogs in reconstructing channel dimensions in reservoir characterization. *AAPG Bulletin*, 97 (4), 553-576.
- Lynds, R. & Hajek, E., 2006. Conceptual model for predicting mudstone dimensions in sandy braided-river reservoirs. *AAPG Bulletin*, 90 (8), 1273-1288.
- Mackey, S.D. & Bridge, J.S., 1995. Three dimensional model of alluvial stratigraphy: theory and application. *Journal of Sedimentary Research*, B65, 7-31.
- Marr, J.G., Swenson, J.B., Paola, C., Voller, V.R., 2000. A two-difusion model of fluvial stratigraphy in closed depositional basins. *Basin Research*, 12, 381-398.
- Miall, A.D. (Ed.), 1978. *Fluvial sedimentology*. Canadian Society of Petroleum Geologists Memoir 5, 859 p.
- Miall, A.D., 1974. Palaeocurrent analysis of alluvial sediments: a discussion of directional variance and vector magnitude. *Journal of Sedimentary Petrology*, 44, 1174-1185.
- Miall, A.D., 1977. A review of the braided river depositional environment. *Earth Science Reviews*, 13, 1-62.
- Miall, A.D., 1985. Architectural-element analysis: a new method of facies analysis applied to fluvial deposits. *Earth Science Reviews*, 22, 261-308.
- Miall, A.D., 1990. *Principles of sedimentary basin analysis*. 2nd edition, Springer-Verlag, 668 p.
- Miall, A.D., 1991. Hierarchies of architectural units in terrigenous clastic rocks, and their

- relationship to sedimentation rate. In: Miall, A.D. & Tyler, N. (Eds.), *The three-dimensional facies architecture of terrigenous clastic sediments and its implications for hydrocarbon discovery and recovery*. SEPM, *Concepts in Sedimentology and Paleontology*, 3, 6-12.
- Miall, A.D., 1996. *The geology of fluvial deposits*. Springer, 582 p.
- Miall, A.D., 2000. *Principles of Sedimentary Basins Analysis*. 3rd edition, Springer-Verlag, 616 p.
- Miall, A.D., 2014. *Fluvial Depositional Systems*. 2014 edition. Cham: Springer, 328 p.
- Middleton, G.V. (Ed.), 1965. *Primary sedimentary structures and their hydrodynamic interpretation*. SEPM Special Publication, 12, 265p.
- Mohrig, D., Heller, P.L., Paola, C., Lyons, W.J., 2000. *Interpreting avulsion process from ancient alluvial sequences: Guadalupe-Matarranya system (northern Spain) and Wasatch Formation (western Colorado)*. GSA Bulletin, 112 (12), 1787-1803.
- Mountney, N.P, 2006. *Eolian facies models*. In: Posamentier, H.W. & Walker, R.G. (Eds.), *Facies Models Revisited*, SEPM Special Publication 84, 19-83.
- Paola, C. & Borgman, L., 1991. *Reconstructing topography from preserved stratification*. *Sedimentology*, 38, 553-565.
- Paola, C., Heller, P.L., Angevine, C.L., 1992. *The large-scale dynamics of grain-size variations in alluvial basins I - Theory*. *Basin Research*, 4, 73-90.
- Paola, C., Straub, K., Mohrig, D., Reinhardt, L., 2009. *The “unreasonable effectiveness” of stratigraphic and geomorphic experiments*. *Earth Science Reviews*, 97, 1-43.
- Parker, G., Muto, T., Akamatsu, Y., Dietrich, W. E., Lauer, J. W., 2008a. *Unravelling the conundrum of river response to rising sea-level from laboratory to field. Part I: Laboratory experiments*. *Sedimentology*, 55, 1643-1655.
- Parker, G., Muto, T., Akamatsu, Y., Dietrich, W. E., Wesley Lauer, J., 2008b. *Unravelling the conundrum of river response to rising sea-level from laboratory to field. Part II. The Fly-Strickland River system, Papua New Guinea*. *Sedimentology*, 55, 1657-1686.
- Platt, N.H. & Keller, B., 1992. *Distal alluvial deposits in a foreland basin setting—the Lower Freshwater Molasse (Lower Miocene), Switzerland: sedimentology, architecture and palaeosols*. *Sedimentology*, 39, 545-565.
- Potter, P.E. & Pettijohn, F.J., 1977. *Paleocurrents and basin analysis*. 2nd edition, Springer-Verlag, 425 p.

- Prosser, S., 1993. Rift-related linked depositional systems and their seismic expression. Geological Society of London Special Publication, 71, 35-66.
- Reading, H.G., 1986. Facies. In: Reading, H.G., (Ed.), Sedimentary Environments and Facies, 2nd edition, Blackwell, p. 4-19.
- Reading, H.G., 1996. Sedimentary Environments: Processes, Facies and Stratigraphy. Blackwell, 688p.
- Reesink, A.J.H. & Bridge J.S., 2011. Evidence of bedform superimposition and flow unsteadiness in unit bar deposits, South Saskatchewan River, Canada. Journal of Sedimentary Research, 81, 814-840.
- Reesink, A.J.H. & Bridge, J.S., 2007. Influence of superimposed bedforms and flow unsteadiness on formation of cross strata in dunes and unit bars. Sedimentary Geology, 202, 281-296.
- Reesink, A.J.H. & Bridge, J.S., 2009. Influence of superimposed bedforms and flow unsteadiness on formation of cross strata in dunes and unit bars - Part 2, further experiments. Sedimentary Geology, 222, 274-300.
- Reesink, A.J.H., Ashworth, P.J., Sambrook Smith, G.H., Best, J.L., Parsons, D.R., Amsler, M.L., Szupiany, R.N., 2014. Scales and causes of heterogeneity in bars in a large multi-channel river: Río Paraná, Argentina. Sedimentology, 61 (4), 1055-1085.
- Rosendahl, B.R., 1987. Architecture of continental rifts with special reference to east Africa. Annual Review of Earth and Planetary Sciences, 15 (1), 445-503.
- Sambrook Smith, G.H., Ashworth, P.J., Best, J.L., Lunt, I.A., Orfeo, O., Parsons, D.R., 2009. The sedimentology and alluvial architecture of a large braid bar, Rio Paraná, Argentina. Journal of Sedimentary Research, 79 (8), 629-642.
- Selley, R.C., 1982. Introduction to Sedimentology. Academic Press, 417 p.
- Shanley, K.W., McCabe, P.J., 1994. Perspectives on the sequence stratigraphy of continental strata. AAPG Bulletin, 78, 544-568.
- Sharp, I., Gawthorpe, R., Armstrong, B., Underhill, J.R., 2000. Propagation history and passive rotation of mesoscale normal faults: implications for synrift stratigraphic development. Basin Research, 12, 285-305.
- Sharp, I.R., Gawthorpe, R.L., Underhill, J.R., Gupta, S., 2000. Fault-propagation folding in extensional settings: examples of structural style and synrift sedimentary response from the Suez rift, Sinai, Egypt. GSA Bulletin, 112, 1877-1899.
- Sheets, B., Hickson, T., Paola, C., 2002. Assembling the stratigraphic record:

- Depositional patterns and time-scales in an experimental alluvial basin. *Basin Research*, 14, 287-301.
- Tal, M. & Paola, C., 2007. Dynamic single-thread channels maintained by the interaction of flow and vegetation. *Geology*, 35, 347-350.
- Tucker, M., 1989. The field description of sedimentary rocks. Geological Society of London, Handbook Series, p. 91-97.
- Walker, R.G., 1992. Facies, facies models and modern stratigraphic concepts. In: Walker R.G. & James N.P. (Eds.), *Facies Models and Response to Sea-level Change*, Geological Association of Canada, *Geotext* 1, p. 1-14.
- Wangen, M., 2010. *Physical Principles of Sedimentary Basin Analysis*. Cambridge University Press. 527 p.
- Whittaker, A.C., Attal, M., Allen, P.A., 2010. Characterising the origin, nature and fate of sediment exported from catchments perturbed by active tectonics. *Basin Research*, 22, 809-828.
- Whittaker, A.C., Duller, R.A., Springett, J., Smithells, R.A., Whitchurch, A.L., Allen, P.A., 2011. Decoding downstream trends in stratigraphic grain size as a function of tectonic subsidence and sediment supply. *GSA Bulletin*, 123, 1363-1382.
- Wright, V.P. & Marriot, S.B., 1993. The sequence stratigraphy of fluvial depositional systems: the role of floodplain sediment storage. *Sedimentary Geology*, 86, 203-210.

VI. CONCLUSÕES

Na presente tese foi abordada a sedimentação aptiana da Formação Marizal com os objetivos de (I) caracterizar a arquitetura deposicional e a evolução paleogeográfica desse intervalo sedimentar na Bacia do Tucano; (II) identificar e interpretar controles na sedimentação aptiana na Bacia do Tucano; (III) estabelecer a evolução dos padrões de dispersão de sedimento por meio da análise de paleocorrentes e interpretar sua relação com a evolução dos altos adjacentes à bacia em função de eventos de reativação tectônica (Capítulo I, item I.2.).

De forma a atender aos objetivos propostos, foram aplicadas técnicas proeminentes da geologia sedimentar, essencialmente fundamentadas em levantamentos de campo, incluindo as análises de fácies, de elementos arquiteturais, de paleocorrentes e paleohidráulica, situadas na área de estudo por meio da realização de perfis e mapeamento geológico, por vezes em escala de detalhe nas áreas de maior interesse relacionado ao enfoque da pesquisa (Capítulo I, item I.4.).

Resultou do esforço empreendido um mapa geológico simplificado enfatizando a distribuição das unidades do Cretáceo médio no sistema de rift do Recôncavo-Tucano-Jatobá (RTJ), assim como o predomínio de depósitos da Formação São Sebastião sotopostos à seção Aptiana na Bacia do Tucano. O mapa geológico mencionado, assim como perfis ilustrativos da situação geológica interpretada para as primeiras poucas centenas de metros abaixo da superfície, acompanha a contribuição apresentada no capítulo III, em que a estratigrafia aptiana do RTJ é revista e pormenorizada.

Com a descrição detalhada da Formação Marizal, foram identificadas arquiteturas deposicionais em diversas escalas desde aquelas dos menores elementos arquiteturais (escala de poucos metros) até a arquitetura estratigráfica da formação (escala de centenas de metros). Na última escala a Formação Marizal pode ser considerada como constituída por duas sequências fluviais, distintas do ponto de vista litoestratigráfico e de sua arquitetura ou densidade e conexão dos depósitos de canais fluviais. A unidade inferior, denominada Membro Banzaê, é caracterizada por depósitos de canais amalgamados enquanto a unidade superior, denominada Membro Cícero Dantas, é caracterizada por depósitos de canais isolados em meio a depósitos de planície de inundação.

Os padrões de paleocorrentes observados em ambas as unidades corroboram, grosso modo, o predomínio de um sistema fluvial axial fluindo para sul ao longo da Bacia

do Tucano. Contudo, padrões transversais, possivelmente associados a sistemas fluviais tributários, também foram observados. Heterogeneidades estratigráficas localizadas no Membro Banzaê, foram interpretadas como resposta sedimentar ao deslocamento de falhas importantes do RTJ, como as falhas de Salvador, Adustina, da Plataforma da Umburana e de Caritá. Padrões locais de paleocorrentes corroboram as interpretações de controles tectônicos e da presença de altos internos controlados por falhas concomitantes a sedimentação do Membro Banzaê na Bacia do Tucano

Embora a disponibilidade de informações seja menor no Membro Cícero Dantas, se comparada à do Membro Banzaê, devido a sua menor distribuição em área e ao maior intemperismo das exposições, essa unidade parece apresentar um sutil aumento na dispersão de paleocorrentes em estações de medidas individuais, além de menor proporção relativa de deformação rúptil, podendo localmente ser observada indeformada sobrepondo falhas que afetam o Membro Banzaê (Capítulo III).

Os controles na configuração do contraste arquitetural entre os membros Banzaê e Cícero Dantas foram discutidos, concluindo-se que a evolução da produção sedimentar nas principais fontes do sistema fluvial axial da Bacia do Tucano deve ter sido fundamental na mudança de estilo dos membros da Formação Marizal (Capítulo III). Aparentemente, os padrões dos canais fluviais não mudam entre as duas sequências, sendo o contraste arquitetural provavelmente produto exclusivo da maior proporção de depósitos de planície de inundação preservados na unidade mais jovem. No entanto, os corpos de canais de uma e outra unidade ainda precisam ser propriamente comparados em termos paleohidráulicos e de proporções de elementos arquiteturais.

Por fim, o significado geodinâmico da Formação Marizal, e consequentemente da discordância que a separa das unidades pré-Aptianas do RTJ, foram contestados devido ao claro controle tectônico de sua sedimentação, com geração de espaço de acomodação por subsidência mecânica evidente pelo menos para a deposição do Membro Banzaê, que corresponde a aproximadamente dois terços da formação estudada.

Separando os membros Banzaê e Cícero Dantas, foi reconhecida uma camada guia denominada Camada Amargosa, que apresenta continuidade lateral virtualmente por todo RTJ, espessura variando de 0,5 m a 2 m, contato basal brusco e plano e contato superior erosivo e irregular. A Camada Amargosa é composta por folhelhosossilíferos e depósitos heterolíticos arenosos com icnofósseis, de modo que representa um contraste litológico marcante com as sequências fluviais sotoposta e sobreposta. Dessa forma é

portadora de mineralização por veios de barita e é também expressa no relevo como uma superfície contínua que marca pequeno platô entre duas vertentes de maior declive , sendo a inferior caracterizada por escarpas rochosas verticais e subverticais e a superior por encostas sulcadas e relativamente menos íngremes, constituídas por materiais de alteração avermelhados e relativamente mais lamosos.

O reconhecimento da Camada Amargosa apresenta importantes implicações paleobiogeográficas para o contexto regional em que se insere o RTJ, por ocorrer em posição estratigráfica específica, e até então incógnita, e conter a conhecida paleoictiofauna da Formação Marizal. Dessa forma, no presente trabalho foi dado contexto estratigráfico e conseqüentemente paleogeográfico para uma das ingressões marinhas do Cretáceo Médio registradas no nordeste do Brasil (Capítulo IV).

Com motivação na discussão dos possíveis caminhos de uma transgressão marinha no contexto dos rifts interiores do Nordeste, discutiu-se também a configuração das drenagens de grande porte na região durante o Eocretáceo. Concluiu-se o condicionamento da ingressão registrada na Formação Marizal pelo vale central da rede de drenagem que ligava as bacias do Araripe e do RTJ durante o Eocretáceo, no entanto com a conexão tetiana, se pela Bacia do Grajaú ou por caminhos não subsidentes ao norte do golfo aptiano, permanece em aberto (Capítulo IV).

Avanços na interpretação paleogeográfica dos sistemas de drenagem de grande escala do nordeste do Brasil deverão se beneficiar de integrações regionais entre os elementos estratigráficos e estruturais das sucessões albo-aptianas das bacias do Araripe e RTJ com aqueles das bacias Sanfranciscana, do Grajaú e adjacentes. Inclusive, um intervalo não explorado na presente tese e que pode representar mudanças significativas de paleodeclividades regionais é aquele marcado pelo registro da Formação ou Grupo Santana e unidades sobrepostas nas bacias do Tucano (Norte) e Jatobá.

A empresa da análise sedimentar da Formação Marizal levou à avaliação crítica dos métodos de descrição e interpretação de depósitos fluviais, o que por sua vez resultou nas contribuições metodológicas que compõem a presente tese (Capítulos IV e V). Dessa forma propôs-se um novo método para a reconstrução de superfícies de barras fluviais a partir do registro geológico por meio de dados abundantes e que podem ser obtidos com facilidade em afloramentos, testemunhos e perfis de imagem de poços (Capítulo IV). O método baseia-se em reconstituições geométricas da superfície de acréscimo de barras a partir de medidas de pares e estratos cruzados e limites de série, considerando-se os

possíveis ângulos de cavalgamento entre formas de leito adjacentes.

O método proposto apresenta vantagens na obtenção dos dados, na visualização e na confiabilidade estatística dos resultados, que incluem a reconstituição da superfície de acréscimo da barra assim como da relação do sentido de acréscimo da barra com o sentido do fluxo formador. O método também facilita a individualização de barras compostas por meio da determinação e comparação da atitude de superfícies de referência ao longo de perfis verticais.

A discussão sobre o reconhecimento de elementos geomorfológicos de rios ativos em depósitos fluviais antigos foi complementada no último artigo da tese (capítulo V) em que é debatida a viabilidade da distinção entre depósitos de canais abandonados e de barras adjacentes em sucessões dominados por carga de fundo e que sejam, dessa forma, relativamente homogêneas. Tal debate é alimentado pela dificuldade crescente em distinguir esses tipos de depósitos em rios modernos.

Na Formação Marizal, mais precisamente no Membro Banzaê, foi possível, através de abordagem quantitativa para o porte de elementos arquiteturais e séries e considerações paleohidráulicas, reconhecer e individualizar depósitos prontamente correlacionáveis à dinâmica geomorfológica fluvial, como barras unitárias, preenchimentos de canal abandonado e sucessões de cinturões de canais limitadas por eventos de avulsão. A individualização de barras compostas, por sua vez, mostrou-se possível com a utilização do método proposto no capítulo IV. Concluiu-se que rios de diferentes proporções provavelmente proporcionam diferentes graus de confiabilidade na distinção entre barras e preenchimentos de canais abandonados adjacentes.

A interpretação dos depósitos fluviais da Formação Marizal como produto sedimentar de um sistema fluvial de grande escala foi explorada nas quatro contribuições que compõem a presente tese (Capítulos III a IV). No entanto, uma análise pormenorizada dos dados que baseiam tal interpretação compõe o artigo do capítulo V, em que a distinção entre os depósitos de um canal abandonado e os das barras adjacentes é baseada na distribuição estatística de espessuras de séries de estratificações cruzadas.

Séries maiores foram preservadas nas barras formadas nos canais ativos e séries menores e cada vez mais delgadas para o topo caracterizam a sucessão formada pelo gradual abandono e redução de vazão do canal preenchido. Assim, rios de menor escala apresentariam diferenças menores e então de mais difícil detecção na distribuição de espessuras de séries de estratificações cruzadas em preenchimentos de canais e barras.

Dessa forma conclui-se que a interpretação de elementos arquiteturais e sistemas deposicionais fluviais é fortemente dependente da estimativa paleohidráulica. Como exemplo, dunas podem ser tomadas por barras e lentes de depósitos lamosos depositados na frente de barras ou dunas de grande porte relativo podem ser interpretados como preenchimento de canais. Até mesmo a adequação do tamanho das exposições à análise pretendida pode ser determinada por meio de estimativas paleohidráulicas a partir da distribuição das espessuras de séries de estratificações cruzadas.

Outrossim, o trabalho aqui desenvolvido afirma a importância da medição sistemática de espessuras de séries de estratificações cruzadas e atitudes de estratos frontais (paleocorrentes) e dos limites de suas séries na abordagem de sucessões fluviais ou de outros sistemas deposicionais em que o transporte por fluxos unidirecionais seja importante e a preservação de estratificações cruzadas significativa.

Desta forma, o estudo da Formação Marizal nas sub-bacias do Tucano Norte Central revela o grande potencial de estudos detalhados de arquitetura deposicional aliados a estudos paleohidráulicos e contextualização regional tectônica e paleogeográfica de depósitos fluviais na obtenção de informações relevantes mesmo a partir de sucessões aparentemente homogêneas. Nesse contexto, deve ser destacada a importância da incorporação de conceitos derivados de avanços recentes na sedimentologia clástica e no reconhecimento da necessidade de abordagens específicas para o estudo e interpretação de sucessões de rios de grande porte.