



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO:
GEOLOGIA MARINHA COSTEIRA E SEDIMENTAR

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

CONTROLE ESTRUTURAL DOS DEPÓSITOS DE FLUXOS
GRAVITACIONAIS NA BORDA LESTE DA BACIA DO
RECÔNCAVO – NE, BRASIL
GABRIEL GÓES MARINS

SALVADOR

2023

**CONTROLE ESTRUTURAL DOS DEPÓSITOS DE FLUXOS
GRAVITACIONAIS NA BORDA LESTE DA BACIA DO
RECÔNCAVO – NE, BRASIL.**

Gabriel Góes Marins

Orientador: Prof. Dr. Luiz César Corrêa Gomes

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geologia do Instituto de Geociências da Universidade Federal da Bahia como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Geologia, Área de Concentração: Geologia Marinha, Costeira e Sedimentar.

SALVADOR

2023

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Universitária de Ciências e
Tecnologias Prof. Omar Catunda, SIBI – UFBA.

M339 Marins, Gabriel Góes

Controle estrutural dos depósitos de fluxos gravitacionais na
borda leste da Bacia do Recôncavo – NE, Brasil / Gabriel Góes
Marins.– Salvador, 2023.

62 f.

Orientadora: Prof. Dr. Luiz César Corrêa Gomes

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Bahia,
Instituto de Geologia, 2023.

1. Geologia Estrutural - Recôncavo. 2. Bacias Sedimentares.
I. Gomes, Luiz César Corrêa. II. Universidade Federal da Bahia.
III. Título.

CDU 551.3.051

GABRIEL GÓES MARINS

**CONTROLE ESTRUTURAL DOS DEPÓSITOS DE FLUXOS
GRAVITACIONAIS NA BORDA LESTE DA BACIA DO RECÔNCAVO –
NE, BRASIL**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geologia da Universidade Federal da Bahia como requisito para a obtenção do Título de Mestre em Geologia, Área de Concentração: Geologia Marinha, Costeira e Sedimentar em 22/12/2023.

DISSERTAÇÃO APROVADA PELA BANCA EXAMINADORA:



Documento assinado digitalmente

LUIZ CESAR CORREA GOMES

Data: 08/01/2024 15:45:17-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. Luiz César Corrêa Gomes (Orientador) - UFBA



Documento assinado digitalmente

IDNEY CAVALCANTI DA SILVA

Data: 11/01/2024 11:22:04-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. Idney Cavalcanti da Silva - Estácio



Documento assinado digitalmente

CARLSON DE MATOS MAIA LEITE

Data: 12/01/2024 12:30:30-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. Carlson de Matos Maia Leite - UFBA

SALVADOR

2023

Aos meus camaradas, viva la revolución!

|

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com o apoio da CAPES - Código de financiamento 001.

Agradeço a, primeiramente, a minha família que me deu apoio nestes 2 anos do meu mestrado. Não foram poucos os momentos em que precisei de ajuda e por isso é para eles que eu abro o meu texto.

Agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. Luiz César Corrêa Gomes pelos ensinamentos de geologia e de vida. Sobe a sua orientação, pude expandir a minha visão sobre geologia de bacias e me apaixonei pela geotectônica.

Agradeço o sempre prestativo e fiel apoio, a minha colega que tive a felicidade de ter se tornado minha amiga, Monique Matos. Não foram poucas as vezes em que ela me ajudou com este trabalho, indo dormir tarde para resolver os problemas que eu passei para ela. Muito obrigado, seu futuro será brilhante.

Agradeço ao discente Marcelo Vargas, que ajudou muito nas etapas finais do trabalho. Seu apoio em campo na coleta de dados foi imprescindível para a conclusão deste projeto.

Eu preciso dizer obrigado também ao apoio do meu colega Junior Peixoto que, além de indicar vários afloramentos que foram estudados neste trabalho, proporcionou uma visita a um local de difícil acesso junto à CODESAL, instituição que a qual eu estendo o agradecimento.

Agradeço a todos os membros do nosso grupo de pesquisa. Nestes últimos dois anos, pude ter contato com diversas áreas do conhecimento geológico acompanhando o trabalho de todos. Então, obrigado João Paulo, Isaias, Luizitta, Gabriel “Xique” e Rebeca.

Agradeço ao Programa de Pós-Graduação de Geologia da UFBA por ter ajudado a custear as despesas de campo deste projeto. Em especial, agradeço ao Prof. Dr. Ricardo Galeno Fraga de Araújo Pereira. Agradeço, também, à FAPESB que financiou a minha bolsa durante o mestrado.

RESUMO

Os fluxos gravitacionais de sedimentos são processos provenientes de um transporte de materiais sedimentares ou misturas sedimento-fluido sob a influência direta da gravidade. A ocorrência de tragédias catastróficas em diversas partes do mundo ao longo da história tem sido associada aos fluxos gravitacionais, causando consideráveis danos a infraestruturas e vidas humanas. Em bacias sedimentares do tipo rifte, tais depósitos de sedimentos são frequentemente encontrados nas proximidades das falhas de borda, manifestando-se como leques aluviais que registram o início da sedimentação da fase rifte sobreposta à discordância da fase pré-rifte do embasamento. Embora riftes atuais e pretéritos possuam diferentes trajetórias evolutivas, esses depósitos se manifestam consistentemente em relação às variações estruturais e ambientais que caracterizam cada estágio. Portanto, uma compreensão abrangente dos mecanismos subjacentes à formação desses depósitos está intrinsicamente ligada à apreciação da evolução morfoestrutural e paleoambiental das bacias em questão. Neste estudo, foi realizada uma análise minuciosa dos fluxos gravitacionais sedimentares observados na Formação Salvador, localizada na região adjacente à falha de borda da Bacia do Recôncavo, no nordeste do Brasil, no contexto geológico da formação do Sistema Rifte Recôncavo-Tucano-Jatobá (SRRTJ) durante o Eocretáceo. A pesquisa aborda a influência das estruturas geológicas nas direções e padrões desses fluxos sedimentares. A área de estudo é subdividida em três setores distintos: no Setor 1, as orientações das paleocorrentes indicam influência do embasamento, predominantemente apontando para o norte e noroeste. No Setor 2, as orientações sugerem uma forte associação com um depocentro próximo à falha de borda, com tendências direcionadas ao sul e sudeste. Por sua vez, no Setor 3, as direções das paleocorrentes predominam na direção leste e sudeste, sugerindo a influência de estruturas transversais, com potenciais implicações tectônicas relacionadas à falha de Salvador. Os resultados destacam a influência direta da estrutura da falha de Boa Viagem nas direções das paleocorrentes, indicando que a sedimentação por fluxos gravitacionais foi governada não apenas pela presença da falha de borda, mas também por falhas transversais presentes na bacia. O estudo propõe duas hipóteses para explicar a mudança nas direções das paleocorrentes: a primeira considera a existência de uma falha de transferência soterrada, que criou uma rampa de revezamento, desviando os fluxos para sudeste; a segunda hipótese sugere a presença de uma falha de alívio, que causou inclinação na região adjacente à falha de borda, resultando na formação de um depocentro próximo a ela. Os achados desta pesquisa contribuem significativamente para a compreensão da relação entre as estruturas geológicas e os processos de sedimentação por fluxos gravitacionais em riftes, fornecendo perspectivas valiosas para a interpretação da evolução tectônica e sedimentar, bem como implicações significativas para a exploração de recursos naturais e a avaliação de riscos geológicos na região.

Palavras-Chave: Bacia Do Recôncavo, Fluxos Gravitacionais, Controle Estrutural, Paleocorrentes, Formação Salvador, Riftes Continentais.

ABSTRACT

The gravitational sedimentary flows are processes resulting from the transport of sedimentary materials or sediment-fluid mixtures under the direct influence of gravity. The occurrence of catastrophic tragedies in various parts of the world throughout history has been associated with gravitational flows, causing considerable damage to infrastructure and human lives. In rift-type sedimentary basins, such sediment deposits are often found in proximity to fault edges, manifesting as alluvial fans that record the onset of sedimentation during the rift phase overlaying the pre-rift phase discordance of the basement. Although current and past rifts have different evolutionary trajectories, these deposits consistently manifest in relation to the structural and environmental variations characterizing each stage. Therefore, a comprehensive understanding of the underlying mechanisms in the formation of these deposits is intrinsically linked to the appreciation of the morphostructural and paleoenvironmental evolution of the relevant basins. In this study, a detailed analysis of gravitational sedimentary flows observed in the Salvador Formation, located in the region adjacent to the border fault of the Recôncavo Basin in northeastern Brazil, was conducted. This analysis is set in the geological context of the formation of the Recôncavo-Tucano-Jatobá Rift System (RTJRS) during the Early Cretaceous. The research addresses the influence of geological structures on the directions and patterns of these sedimentary flows. The study area is subdivided into three distinct sectors: in Sector 1, paleocurrent orientations indicate basement influence, predominantly pointing to the north and northwest. In Sector 2, orientations suggest a strong association with a depocenter near the edge fault, with trends directed to the south and southeast. In turn, in Sector 3, paleocurrent directions predominantly point east and southeast, suggesting the influence of transverse structures with potential tectonic implications related to the Salvador Fault. The results highlight the direct influence of the Boa Viagem Fault structure on paleocurrent directions, indicating that sedimentation by gravitational flows was governed not only by the presence of the border fault but also by transverse faults present in the basin. The study proposes two hypotheses to explain the change in paleocurrent directions: the first considers the existence of a buried transfer fault, creating a relay ramp, diverting flows southeastward; the second hypothesis suggests the presence of a release fault, causing inclination in the region adjacent to the border fault, resulting in the formation of a depocenter near it. The findings of this research significantly contribute to understanding the relationship between geological structures and gravitational sedimentation processes in rifts, providing valuable insights for interpreting tectonic and sedimentary evolution, as well as significant implications for natural resource exploration and geological risk assessment in the region.

Keywords: Recôncavo Basin, Gravitational Flows, Structural Control, Paleocurrents, Salvador Formation, Continental Rifts.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO GERAL	9
CAPÍTULO 2 – ARTIGO 1 – CONTROLE ESTRUTURAL DOS DEPÓSITOS DE FLUXOS GRAVITACIONAIS NA BORDA LESTE DA BACIA DO RECÔNCAVO – NE, BRASIL	21
CAPÍTULO 3 – CONCLUSÕES	54
APÊNDICE A – JUSTIFICATIVA DA PARTICIPAÇÃO DOS	56
CO-AUTORES	56
ANEXO A – REGRAS DE FORMATAÇÃO DA REVISTA DE GEOCIÊNCIAS DA USP	57
ANEXO B – COMPROVANTE DE SUBMISSÃO DO ARTIGO	61

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO GERAL

Diversas tragédias ao redor do mundo vêm ocorrendo ao longo da história e são relacionados a processos de transporte de sedimentos em eventos catastróficos que acarretam grande destruição para construções e vidas humanas, vide as tragédias que ocorreram em Petrópolis – RJ no mês de março de 2022. Apesar da influência antrópica que facilita a ocorrência destes fenômenos (mudanças climáticas, habitações irregulares em áreas de alta declividade, por exemplo) estes processos ocorreram naturalmente ao longo do tempo geológico desde o Pré-Cambriano e estão registrados nas bacias sedimentares (Khalil e McClay 2012, Devison e Underhill 2012, Goswami e Ghosh, 2020).

Depósitos sedimentares oriundos de fluxos gravitacionais estão presentes em todos os regimes tectônicos e tem seus aspectos distintos dos depósitos fluviais, eólicos e glaciais (Middleton e Hampton 1973).

Em bacias tipo rifte, estes depósitos são comumente encontrados nas proximidades das falhas de bordas, como leques aluviais que marcam o início da sedimentação da fase rifte sobre a discordância com o embasamento da bacia (Barbora *et al.* 2007, Khalil e McClay 2012, Horn *et al.* 2016, Nutz *et al.* 2020, Shaban *et al.* 2021). Estes depósitos são associados à alta taxa de subsidência mecânica nestas bacias que soerguem a ombreira do rifte em resposta aos esforços extensionais. Neste tipo de bacia, ainda são comumente encontrados depósitos turbidíticos lacustres, marcando o amplo estabelecimento de um lago profundo dentro do rifte, como ocorre atualmente no sistema de riftes do leste africano (Khalil e McClay 2012, Devison e Underhill 2012, Goswami e Ghosh, 2020). Outros tipos de depósitos gravitacionais como, por exemplo, depósitos oriundos de deslizamento de frentes deltaicas no fundo de lagos também são encontrados nestas bacias quando depositados sobre declives.

Diversos riftes atuais e passados apresentam evoluções distintas, porém, estes depósitos aparecem comumente relacionados aos seus diferentes estágios evolutivos estruturais e ambientais. Desta forma, a compreensão acerca dos mecanismos controladores para a formação destes depósitos está intimamente ligada ao entendimento da evolução morfoestrutural e paleoambiental destas bacias.

Esta dissertação apresenta a geometria de distribuição dos depósitos gravitacionais próximos à falha da borda da Bacia do Recôncavo que pertencente ao Sistema Rifte Recôncavo-Tucano-Jatobá (SRRTJ) e como o arcabouço estrutural pré- e sin-rifte controlou esta distribuição. A área de estudo localiza-se na cidade de Salvador/BA, na região Nordeste do Brasil. Este capítulo está subdividido em 3 tópicos introdutórios para auxiliar a melhor compreensão do capítulo 2, que relatará o estudo de caso. O primeiro tópico é uma breve introdução sobre fluxos gravitacionais e suas classificações. O segundo aborda uma revisão de controle estrutural na sedimentação de riftes. O terceiro e último tópico contextualizará brevemente a área de estudo no tema aqui posto.

Fluxos Gravitacionais

Segundo Middleton e Hampton (1973) o fluxo gravitacional de sedimentos trata-se do transporte de sedimentos ou misturas sedimento-fluido sob a ação direta da gravidade. Desta forma, este tipo particular de sedimentação distingue-se daqueles em que a gravidade atua apenas sobre o fluido, sendo que este que impulsiona e carrega o sedimento pelo fluxo. Essa distinção é dada pela importância relativa do sedimento e do fluido na condução do fluxo. Em transportes sedimentares gravitacionais, os sedimentos se movem sob a ação da gravidade e o movimento do sedimento faz com que o fluido intersticial se mova de acordo com o sedimento.

Segundo Shanmugam (2019) os processos de transporte movidos pela gravidade podem ser classificados segundo seus mecanismos de transporte. Sendo estes capazes de transportar desde partículas milimétricas em correntes turbidíticas até blocos sólidos quilométricos pelo fundo marinho. Na tabela 1 encontra-se uma classificação de fluxos gravitacionais de sedimentos segundo o tipo de transporte, que se distingue pela sua coerência interna e a concentração de sedimentos na massa transportada. O transporte de massa é composto por *slides e slumps* (figura 1). Transporte de massa é um termo geral usado para a ruptura, deslocamento e movimento descendente de sedimentos sob a influência da gravidade. Fluxos de sedimentos, por sua vez, são os *Debris Flows* e os fluxos turbidíticos. Em certos casos, os fluxos de detritos podem ser classificados como transporte de massa. A concentração de água na mistura sedimento-água será a principal distinção entre transporte de massa e de sedimentos (tabela 1).

A concentração de sedimentos, por conta do seu impacto na viscosidade do fluido, implicará conseqüentemente no número de Reynolds, parâmetro físico que determina o comportamento do fluxo quando à turbidez. Fluxos mais coesos e mais laminares são característicos de transportes de grandes volumes de massa, típicos de slides e *slumps*, onde a organização estrutural do material se mantém ou é parcialmente alterada. Em fluxos mais turbulentos, a organização estrutural é totalmente perdida e estruturas deposicionais são mais esperadas (figura 1) (Dasgupta 2003).

Figura 1: Diagrama esquemático idealizando a evolução de um fluxo gravitacional. Shanmugam (2006), retirado de Santos (2011).

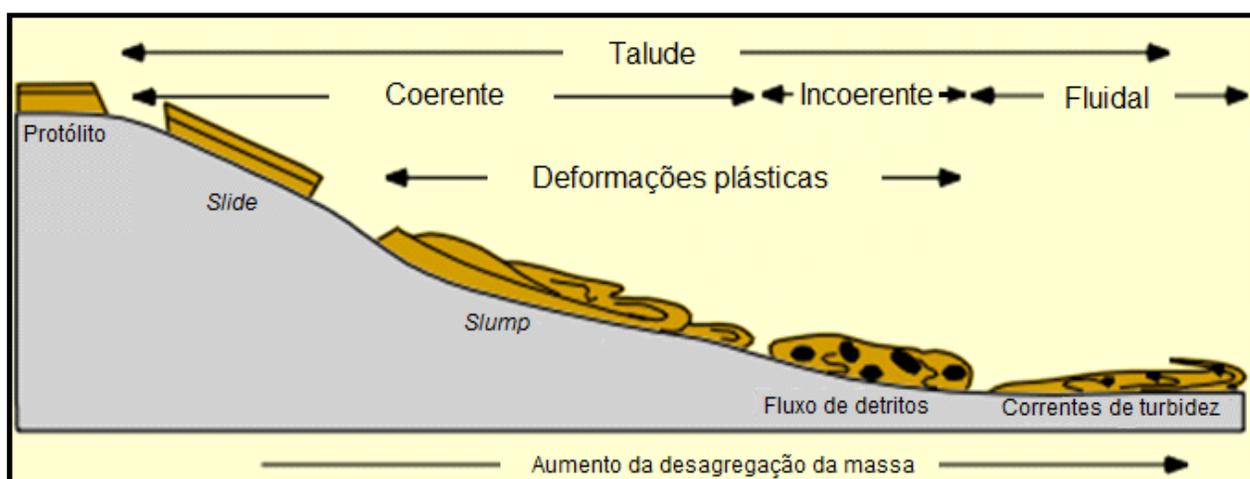


Tabela 1: Tipos de fluxos gravitacionais, modificado de Shanmugam 2019

Tipo de Transporte	Natureza do material mobilizado	Natureza do movimento	Concentração de Sedimentos (vol.%)	Reologia do fluido e estado do fluxo.	Processo Depositional
Transporte de Massa	Massa coerente sem deformação interna;	Movimento translacional entre o substrato estável e a massa em movimento.	Não aplicável	Não aplicável	Slide
	Massa coerente com deformação interna	Movimento rotacional entre o substrato estável e a massa em movimento.			<i>Slump</i>
Fluxo de Sedimento (em alguns casos, de massa)	Corpo Incoerente (Sedimento-Água <i>Slurry</i>)	Movimento de mistura sedimento-água <i>slurry</i>	Alto (25 – 95)	Reologia Plástica e estado laminar	<i>Debris flow</i> (Mass Flow, Granular Flow)
Fluxos de Sedimentos	Corpo Incoerente (Água suporta partículas em suspensão)	Movimento de partículas individuais dentro do fluxo	Baixo (1 – 23)	Reologia Newtoniana e estado turbulento	Correntes turbidíticas

Middleton e Hampton (1973) reconheceram quatro tipos distintos de fluxos gravitacionais de sedimentos com base no mecanismo dominante de suporte de grãos:

1. Corrente de turbidez, na qual o sedimento é sustentado pela componente ascendente da turbulência do fluido; este talvez seja o mais bem conhecido devido aos seus estudos em reservatórios de petróleo e compreendem a sequência deposicional de Bouma.
2. Fluxo sedimentar fluidizado, no qual o sedimento é sustentado pelo fluxo ascendente do fluido que escapa entre os grãos à medida que os grãos são sedimentados por gravidade. Estas são

reconhecidas pelas estruturas de fluidização que ocorrem em camadas sedimentares depositadas e retrabalhadas por sismicidade.

3. *Grain flow*, no qual o sedimento é sustentado por interações diretas grão a grão; pode gerar camadas de sedimentos, muitas vezes arenosos com ausência ou pouca participação de matriz de estrutura maciça.

4. *Debris flow*, no qual o sedimento é sustentado por uma matriz (mistura de fluido intersticial e sedimentos finos) com limite de escoamento finito. Típico de conglomerados e arenitos com estrutura maciça ou pobremente estratificado.

Controle Estrutural na Sedimentação em Bacias Riftes

Bacias tipo riftes evoluem com grande taxa de subsidência e apresentam características estruturais e estratigráficas bem distintas das demais bacias. Sua configuração estrutural em grande parte é composta por uma falha de borda de grande rejeito que guia toda a evolução da bacia e uma margem de alto flexural, que possui menor acidente topográfico que a outra. Contudo, a falha de borda muitas vezes inicia-se como diversas falhas subparalelas de menor extensão que à medida que o rifte evolui, elas vão se amalgamando em uma única falha. Contudo, algumas dessas falhas podem não se amalgamar, sendo conectadas por falhas de transferência (Garthowpe e Leeder, 2000).

Os riftes são muito afetados pela herança estrutural do embasamento (Milani e Davison 1988). Estas podem governar as direções preferenciais de abertura e propagação do rifteamento. Muitas vezes, um grande rifte, como os riftes do sistema de riftes do leste africano, podem iniciar sua formação como uma porção de meios-grabens isolados um do outro que compartilham o mesmo eixo de estiramento, porém com falhas mestras mergulhando em sentidos opostos. Estas sub-bacias isoladas são separadas por zonas de acomodação, que são barreiras posicionais que restringem o fluxo de material entre as bacias (Lambiasse e Bosworth 1995).

Ao longo do seu desenvolvimento, os riftes passam por sucessivos eventos de falhamento nos quais diversas falhas normais sintéticas e antitéticas à falha mestra se desenvolvem. Essas falhas geram depocentros isolados que podem ter depósitos distintos um dos outros (Khalil e McClay 2012).

Essa complexidade estrutural gera uma equivalente complexidade evolutiva da sedimentação deste tipo de bacia que é bem característica. Garthowpe e Leeder (2000), propuseram um modelo de evolução nos quais os distintos ambientes sedimentares se formam de acordo com o estágio evolutivo do rifte. Contudo, o modelo baseia-se em uma premissa de um único episódio de rifteamento até o fim do rifte, isto é uma limitação visto que os estudos mais recentes mostram que os riftes evoluem em diversos pulsos que são separados por períodos de quiescência tectônica. Holz (2017), propõe um modelo de análise estratigráfica para este tipo de bacia no qual substitui as terminologias usuais da estratigrafia de sequência (e.g. Mar alto e Transgressivo) (Catuneanu 2006) para tratos de sistemas de pré-rifte, clímax do rifte e pós-rifte. São comumente reconhecidos na literatura, no entanto, estágios de sedimentação pré-rifte, cedo-rifte, clímax do rifte, tardi-rifte e pós rifte, que são diferenciadas pelas taxas de subsidência da bacia e a predominância de sedimentações distintas (Lambiasse e Bosworth 1995).

Outra variante considerada nestas bacias é o clima, o qual exerce um controle de 4ª e 5ª ordem na sedimentação, contudo, devido à rápida evolução e a proximidade dos ambientes deposicionais, a atividade tectônica pode sobrepor as influências climáticas (Nutz *et al.* 2020). Ponderando estas variáveis, os riftes em condições áridas podem apresentar sedimentação predominantemente fluvio-eólica com grande presença de leques aluviais. Em outro extremo, em condições úmidas, a sedimentação lacustre-deltaica poderá predominar. Entretanto, todos estes dois cenários podem ser severamente afetados se a taxa de subsidência da bacia variar, por exemplo, se houver pouca taxa de subsidência e criação de espaço de acomodação será menor e as condições para um lago se formar será menor mesmo em condições úmidas (Lambiasse e Bosworth 1995).

Fica claro que os fluxos gravitacionais ocorrem em todos os cenários possíveis da evolução do rifte. Os leques aluviais poderão se formar em condição subaérea ou subáquosa, sendo chamados de fandeltas, neste caso. Nestes leques, depósitos oriundos de fluxos de detritos são um dos principais constituintes. Em deltas, fluxos de detritos ou até mesmos *slumps* podem se formar a partir do colapso gravitacional da frente deltaica (Ventra e Clarke 2018). Em condições lacustres profundas, depósitos oriundos de *slumps* e de correntes turbidíticas podem ser preservados. Contudo, não são todos os riftes em que é totalmente compreendido o papel do arcabouço estrutural em muitos destes fluxos gravitacionais. Muitas das estruturas anteriormente mencionadas podem agir como barreiras, condutos e fontes para os fluxos de sedimentos. Assim sendo, os fluxos gravitacionais podem ser bons indicadores tectônicos para marcar diferentes episódios de subsidência de uma bacia.

O soerguimento do bloco inferior da principal falha de borda desvia a maioria das drenagens para longe de riftes. No entanto, nos estágios de intensa atividade tectônica, as ombreiras do rifte tornam-se uma grande fonte de sedimentos para a bacia (Lambiasse e Bosworth 1995, Shaban *et al.* 2021). São reconhecidos leques aluviais e fan deltas de bordas de bacia em praticamente todos os riftes do mundo nos quais o desnível topográfico da bacia atua como principal fonte de sedimento provenientes do embasamento (Barbosa *et al.* 2007, Khalil e McClay 2012, Horn *et al.* 2016, Nutz *et al.* 2020, Shaban, *et al.* 2021, por exemplo).

Como dito anteriormente, as ombreiras do rifte podem não ser geradas por uma única falha contínua, e sim, por uma série de falhas subparalelas e sequenciais localizadas na mesma margem da bacia. Nestes casos, em locais próximos as falhas de transferência transcorrentes que ligam duas falhas normais de borda, os depósitos podem ser desviados obliquamente ou ortogonalmente ao eixo axial do rifte (Khalil e McClay 2012, Devison e Underhill 2012, Goswami e Ghosh, 2020).

A flutuação no volume de sedimentos que entram na bacia a partir da ombreira do rifte controla as mudanças de sistemas sedimentares na bacia. Durante os períodos de redução da oferta de sedimentos ocasionados por menor soerguimento do bloco inferior da falha mestra, os sistemas aluviais são menos desenvolvidos e processos sedimentares relacionados a fluxos não gravitacionais são predominantes (Nutz *et al.* 2012).

As zonas de acomodação de alto relevo são áreas de embasamentos elevados, com apenas finos estratos sedimentares depositados no topo os quais separam os meio-grabens de um rifte. Essas estruturas controlam a evolução estratigráfica e a distribuição das fácies isolando as vias de drenagem e os ambientes deposicionais, que incluem configurações deposicionais aluviais,

fluviais/ águas rasas, litorâneas, deltaicas e profundas, hemipelágicas e turbidíticas durante os estágios iniciais do rifte (Shaba, *et al.* 2021).

A atuação da zona de acomodação pode ser mais efetiva em sub-bacias as quais lagos profundos não se desenvolvem, separando diversos depocentros no rifte, contudo, em condições muito úmidas, como em diversos riftes do leste africano (e.g. Malawi e Tanganyika) o nível do lago pode sobrepor a zona de acomodação, causando a formação de um único lago com dois depocentros conectados por uma porção de sedimentação mais rasa (Lambiasse e Bosworth 1995).

Cada vez mais trabalhos, principalmente realizados na última década abordam sobre o efeito das rampas de revezamento na sedimentação de riftes, sendo essa revisão focada nos trabalhos de (Athmer e Luthi 2011; Khalil e McClay 2012; e Li, Jin *et al.* 2021).

O efeito das rampas de revezamento na rota dos sedimentos e na deposição em margens de riftes depende da interação de diversos fatores, tais como a incisão dos fluxos sedimentares, a taxa de sedimentação, atividade tectônica, geometria da rampa e flutuações no nível de base. Quando ocorre condição para criação de espaço de acomodação, isto é, quando a subsidência é maior que a sedimentação, as rampas de revezamento podem prover condutos de drenagens, levando a diversificação dos caminhos de fluxos através da rampa (Athmer e Luthi 2011).

Nos estágios iniciais do rifte as rampas de revezamento se desenvolvem no sistema de falhas de bordas e podem prover um ponto de entrada para fluxos sedimentares de grãos grossos para dentro da bacia (Athmer e Luthi 2011). Os depósitos podem ocorrer tanto adjacente à rampa quanto em seu fim, como ocorre no Lago Malawi (Lambiasse e Bosworth 1995). Com o avanço do rifteamento, as rampas podem se partir da sua falha de transferência ou da sua falha de borda e as rotas de sedimentos da margem da bacia são fortemente afetadas pelo soerguimento tectônico (Lambiasse e Bosworth 1995). Os depósitos adjacentes às rampas são soterrados e continuamente afastados da margem do rifte. Na bacia do Mar Vermelho, as rampas de revezamento tiveram grande papel na transferência entre sedimentos de um bloco rotacionado de falhas paralelas (Khalil e McClay 2012).

A evolução da rampa de revezamento leva a mudanças nas taxas locais de suprimento de sedimentos. No início do desenvolvimento da rampa a taxa de suprimento de sedimentos é menor e cresce de forma lenta e atinge seu máximo quando ocorre a conexão entre as falhas de transferência até o seu rompimento e diminui consideravelmente, mas não é interrompida quando os segmentos formam uma falha contínua (Athmer e Luthi 2011). Segundo estes autores, incisões de canais e cânions adentram a rampa de revezamento durante tratos de nível baixo do lago/mar, provendo condutos de fluxo em direção à bacia. Suas orientações e posição são controladas pelo falhamento e fraturas na rampa, pelo soerguimento e taxas de subsidência enquanto suas atividades são influenciadas pela flutuação do nível de base.

Barreiras de fluxo ao longo do eixo da rampa transportam sedimentos para a base da rampa, onde são depositados, por exemplo, como leques e deltas. O transbordamento do canal, no entanto, é provável de ocorrer para correntes de turbidez e é responsável por redirecionar grande parte do sedimento para as porções mais profundas da bacia. Somado a isso, o basculamento prévio das rampas em direção à bacia direciona fluxos gravitacionais sub aquosos não confinados para o

assoalho da bacia. A rampa, após romper, pode tornar-se um cânion do bloco inferior da falha que atua como um novo conduto de transporte.

Apesar de serem estruturas comuns, poucos estudos abordam a influência das dobras de propagação de falha na sedimentação do rifte. A propagação vertical e lateral de falhas durante o rifteamento geralmente leva ao desenvolvimento de dobras de propagação de falhas (monoclinas de crescimento de ponta de falha). Dobras de propagação de falhas são típicas de falhas limitantes em rampas de revezamento e podem prover barreira de fluxos, evitando que os fluxos contornem a rampa (Athmer e Luthi 2011).

Segundo Badr *et al.* (2022) o encurvamento progressivo sin-deposicional e as falhas localizadas na monoclinas de crescimento no rifte de Suez influenciaram a sedimentação durante o clímax do rifte criando taludes em direção à bacia que desencadearam fluxos gravitacionais de sedimentos submarinos.

A quebra do fundo da bacia em blocos de falhas alongados e paralelos ao rifte aumenta muito o transporte de sedimentos ao longo do seu eixo. A maior parte dos riftes passam por uma fase em suas histórias em que seu interior é dissecado por falhas normais sin-sedimentares paralelas ao rifteamento. Alguns riftes desenvolvem blocos de falhas inferiores muito cedo durante o preenchimento e continuam a reproduzir a sua geometria até os estágios finais quando a topografia da falha é soterrada (Lambiasse e Bosworth 1995).

No Riftedo Lago Tanganyka, os falhamentos sintéticos e antitéticos foram responsáveis por gerar diversos depocentros distintos dentro da bacia que isolaram diversos segmentos do rifte (Shaban *et al.* 2021). Isto permitiu a ocorrência de leques aluviais em diversos segmentos em depocentros mais rasos e leques subáquosos no depocentro mais profundo. Desta forma, essas estruturas exerceram um controle de segregar os fluxos gravitacionais.

No lago de Turkana, no Quênia, uma grande falha paralela à falha mestra controla o limite de regressão do lago. Em momentos de alta taxa de criação de espaço de acomodação (alta subsidência da bacia) o lago experimenta grande sedimentação aluvial na borda da ombreira do rifte, contudo, em momentos de maior quiescência, ocorre uma progradação das margens do lago dominada por processos fluviais. O limite desta progradação, no entanto, é o desnível topográfico gerado pela falha paralela a falha de borda, com menor rejeito (Nutz *et al.* 2020). Logo, os processos gravitacionais após esta falha tornam-se constantes ao longo da história do rifte.

Outro exemplo do controle exercido por estes blocos rotacionados ocorre na Bacia da Baía de Bohai, onde os blocos rotacionam de tal forma que criam altos intrabaciais e tornam-se, ao mesmo tempo, barreiras deposicionais e fontes de sedimentos para a bacia (Liu *et al.* 2020). Processo similar ocorre na bacia do Mar Vermelho (Khalil e McClay 2012).

Existe ainda, bem documentado no sistema Rifte Recôncavo-Tucano-Jatobá, um tipo de falha características de riftes intracratônicos, causada pela diferença considerável de rejeito da falha de borda ao longo do seu strike. São as falhas de alívio (Destro 2002). Estas falhas são, assim como as falhas de transferência, aproximadamente ortogonais à falha de borda e suas falhas sintéticas e antitéticas. Entretanto, diferente das falhas transcorrentes, as falhas de alívio possuem cinemática normal, geralmente mergulhando em direção da região de maior rejeito da falha de borda. Este

tipo de falha pode gerar rampas ao longo do seu strike e criar depocentros localizados ao longo da sua escarpa. Este processo ocorre amplamente na Bacia do Recôncavo, na qual canaliza leques turbidíticos de importância econômica (Destro *et al.* 2003).

Fluxos gravitacionais controlados pelo arcabouço estrutural em bacias tipo rifte são ótimos marcadores tectônicos, uma vez que suas ocorrências revelam momentos de maior subsidência da bacia, principalmente os depósitos de leques aluviais e de fan deltas. As falhas de borda e as zonas de transferência da ombreira do rifte atuam como um controle primário e bem conhecido para a sedimentação na bacia. Ao mesmo tempo que fornece muito sedimento, a configuração espacial da ombreira governa a primeira tendência de espalhamento dos fluxos gravitacionais.

As zonas de acomodação são muito influentes nos estágios iniciais do rifte e provêm barreiras deposicionais muito eficientes, contudo, pouco interferem nos estágios posteriores.

A formação de rampas de revezamento e de blocos falhados paralelos ao rifte geram alternativas de transportes e de deposição para a bacia, mostrando um controle secundário, porém, não menos importante. Suas influências são muito presentes principalmente durante o clímax do rifte e ainda permanecem pouco conhecidas. As dobras de propagação por falha parecem seguir o mesmo princípio, ao mesmo tempo que são uma consequência da sedimentação, elas alteram toda a dinâmica interna da bacia, favorecendo os fluxos gravitacionais.

Área de Estudo

A área de estudo compreende a região da Cidade Baixa, no município de Salvador/BA (ver figura 4 do capítulo 2). A região compreende a sequência rifte da bacia do Recôncavo. Algumas porções apresentam cobertura do Neógeno da Formação Barreiras ou por sedimentos quaternários.

A bacia do Recôncavo faz parte do sistema de rifte Recôncavo-Tucano-Jatobá (SRRTJ), sendo a mais meridional das três bacias, localizada no Nordeste do Brasil, no estado da Bahia (Ver figura 1 do Capítulo 2). Esta bacia encontra-se limitada pela falha do Alto de Salvador a leste, pelo Alto de Aporá a norte e noroeste, pela Falha de Maragogipe a oeste e pelo sistema de falhas da Barra ao sul (Milhoem *et al.* 2003); A região possui histórico de produção de hidrocarbonetos muito vasta e importante para a história brasileira sendo que por isso, foi amplamente estudada. Durante o EoCretáceo, quando ocorreu o rifteamento, seus ambientes deposicionais foram todos continentais, no Cenozoico a bacia experimentou transgressões marinhas em seus depósitos.

O SRRTJ compreende o aulacógeno resultante da abertura do Atlântico Sul e consequente divisão do Gondwana Ocidental. Os esforços extensionais responsáveis pela formação do rifte teriam atuado entre o NeoJurássico até o EoCretáceo, até serem abortados (Milhomem *et al.*, 2003).

A abertura do rifte e seu desenvolvimento responderam diretamente a lineamentos herdados do embasamento que induziram o desenvolvimento das principais falhas presentes nas 3 bacias (Millani e Davison 1988). Apesar da esperada predominância das falhas normais como respostas aos esforços extensionais, diversos autores (Magnavita 1992, 1994, 1996, 1998; Destro 2002, Corrêa-Gomes & Destro 2012) buscaram compreender o papel de falhas reversas, transcorrentes (dextrais e sinistrais) e de transferência e de alívio no papel da evolução destas bacias.

O Sistema Recôncavo-Tucano-Jatobá vem sendo estudado amplamente, principalmente em escala regional. Devido ao seu grande histórico produtor, a Bacia do Recôncavo possui um grande acervo de estudos estruturais e estratigráficos (e.g Netto e Oliveira 1985, Magnavita e Silva 1995).

Entretanto, a Formação Salvador foi pouco estudada, em comparação com as demais deposições da sequência rifte, devido à seus leques conglomeráticos possuírem baixo potencial econômico e por isso não foram igualmente estudados em relação as demais deposições da sequência rifte. Os estudos iniciais estão descritos em Allard e Tibana (1966, apud Netto e Oliveira 1985) Miura (1967 apud Netto e Oliveira) e Carozzi *et al.* (1976 apud Netto e Oliveira) que apresentam interpretação de fluxos gravitacionais com deposição subáquosa. A principal exposição desta formação é no afloramento de Monte Serrat em Salvador/BA, na região da Cidade Baixa.

Alguns estudos recentes foram ali desenvolvidos. Barbosa *et al.* (2007) trouxeram contribuições acerca da proveniência sedimentar desta formação, indicando contribuição do embasamento metamórfico arqueano (bloco Serrinha) e do Grupo Estância (de idade neoproterozóica) que foi soerguido devido a geração da falha de Salvador indicando uma paleocorrente para SW. Também trouxeram a evidência de momentos de interdigitação dos depósitos da Formação Salvador com os folhelhos das Formações Candeias e Maracangalha. Araújo (2008) amplia os estudos trazendo discussões acerca do modelo de qual seria o controle estrutural ativo naquele afloramento, devido a paleocorrente dominante encontrada neste trabalho ter sido paralela ao *strike* da falha de Salvador, sugerindo um processo de transporte canalizado por outra falha. Trabalhos nas outras bacias do SRRTJ mostram que a Formação Salvador é caracterizada por depósitos de fan deltas com forte controle estrutural (Horn e Morais 2016, Romero 2017).

Os fluxos gravitacionais da Formação Salvador aparentam não corresponder com modelos clássicos de leques aluviais em riftes, no qual o seu fluxo predominantemente seria orientado em direção ao mergulho da falha de borda, como proposto por, por exemplo, Magnavita (1992). Os trabalhos anteriores citados mostram que o paleofluxo no afloramento de Monte Serrat foram predominantemente paralelos à direção da falha. A explicação para esta geometria, no entanto, permanecia não estudada.

No próximo capítulo, o estudo de caso mostra que o os fluxos gravitacionais da Formação Salvador apresentam variados padrões, mostrando que houve uma complexa evolução na sedimentação destes leques aluviais e que ela está relacionada ao arcabouço estrutural do rifte e do embasamento cristalino.

REFERÊNCIAS

- Athmer, W., Luthi, S. M. (2011) The effect of relay ramps on sediment routes and deposition: A review. *Sedimentary Geology*, v. 242, n. 1-4, p. 1-17.
- Badr, R., El-Barkooky, A. N., El-Araby, A. M., Bernhardt, A., & Christie-Blick, N. (2022). Syn-rift sedimentary response to growth folding along a rift-margin transfer zone: An example from the early Miocene of the Gulf of Suez, Egypt. *Sedimentary Geology*, 432, 106121.
- Barbosa, J. S. F., Dominguez, J. M. L., Corrêa-Gomes, L. C., & Marinho, M. M. (2007). O conglomerado de Mont Serrat e suas relações com o alto e a falha de Salvador, Bahia.
- Catuneanu, O. (2006) *Principles of sequence stratigraphy*. Elsevier.
- Chen, X., Li, W., Wu, Z., Yang, H., Zhang, Q., Meng, M., ... & Jia, H. (2022). The tectonic transition from rifting to strike-slip in the Liaodong Bay Depression, offshore China. *Marine and Petroleum Geology*, 139, 105598.
- Dasgupta, P. (2003). Sediment gravity flow—the conceptual problems. *Earth-science reviews*, 62(3-4), 265-281.
- Davison, I., & Underhill, J. (2012). Tectonics and sedimentation in extensional rifts: Implications for petroleum systems. *AAPG Memoir*. 15-42.
- Destro, N. (2002). Falhas De Alívio E De Transferência: O Significado Tectônico E Econômico No Rifte Do Recôncavo-Tucano-Jatobá, Ne Brasil. Federal University Of Ouro Preto, Brazil, Phd, 173p.
- Destro, N., Szatmari, P., Alkmim, F. F., & Magnavita, L. P. (2003). Release faults, associated structures, and their control on petroleum trends in the Recôncavo rift, northeast Brazil. *AAPG bulletin*, 87(7), 1123-1144.
- Dillinger, A., & George, A. D. (2019). Syn-rift sequence development in a fault-controlled embayment (Early Permian Irwin River Coal Measures, Northern Perth Basin, Western Australia). *Sedimentology*, 66(7), 2828-2873.
- Dos Santos, N. L. (2011) Estudo dos sentidos de fluxos gravitacionais da Formação Maracangalha (Eocretáceo). Bom Despacho, NNE da Ilha De Itaparica, Bahia, Brasil. 2011. 83 p. Dissertação (Mestrado em Geologia). Salvador - UFBA.
- Freitas, B. T., Almeida, R. P., Carrera, S. C., Figueiredo, F. T., Turra, B. B., Varejao, F. G., & Assine, M. L. (2017). Aptian sedimentation in the Recôncavo-Tucano-Jatobá Rift System and its tectonic and paleogeographic significance. *Journal of South American Earth Sciences*, 80, 460-481.
- Gawthorpe, R. L., & Leeder, M. R. (2000). Tectono-Sedimentary Evolution of Active Extensional Basins. *Basin Research*, 12(3-4), 195-218.

- Goswami, S., & Ghosh, P. (2020). Evolution of sedimentation pattern in a continental rift basin of India, between the Late Triassic and the early Middle Jurassic: Tectonic and climatic controls. *Sedimentary geology*, 405, 105679.
- Holz, M., Vilas-Boas, D. B., Troccoli, E. B., Santana, V. C., & Vidigal-Souza, P. A. (2017). Conceptual models for sequence stratigraphy of continental rift successions. In *Stratigraphy & Timescales* (Vol. 2, pp. 119-186). Academic Press.
- Horn, B. L. D., & de Moraes, D. M. F. (2016). First occurrence of the Salvador Formation in the Jatobá Basin (Pernambuco, Northeast Brazil): Facies characterization and depositional systems. *Journal of South American Earth Sciences*, 72, 25-37.
- Jia, Y., Lin, C., Eriksson, K. A., Niu, C., Li, H., & Zhang, P. (2019). Fault control on depositional systems and sequence stratigraphic architecture in a multiphase, rifted, lacustrine basin: A case study from the paleogene of the central Bohai Bay Basin, Northeast China. *Marine and Petroleum Geology*, 101, 459-475.
- Khalil, S. M., & McClay, K. R. (2009). Structural control on syn-rift sedimentation, northwestern Red Sea margin, Egypt. *Marine and Petroleum Geology*, 26(6), 1018-1034.
- Lambiase, J. J., & Bosworth, W. (1995). Structural controls on sedimentation in continental rifts. *Geological Society, London, Special Publications*, 80(1), 117-144.
- Li, J., Liu, Z., Liu, J., Chen, L., Liu, H., Huang, L. & Liu, K. (2021). Transformation of sediment delivery and dispersal patterns controlled by relay-ramp evolution along the boundary fault of a lacustrine rift: the Eocene Shahejie formation, Dongying Sag, Bohai Bay Basin, NE China. *Marine and Petroleum Geology*, 128, 105044.
- Li, Q., Zhang, Z., & Zhang, J. (2022). Characteristics of sedimentary differential response for multi-episode rifting cycles in lacustrine rift basin: A case study of the Palaeogene Baxian sag in the Bohai Bay Basin. *Marine and Petroleum Geology*, 136, 105426.
- Liu, L., Chen, H., Wen, H., Xu, W., Zhong, Y., Wang, X., & Wang, Z. (2020). Facies architecture and sediment infilling processes in intrabasinal slope belts of lacustrine rift basins, Zhanhua Depression, Bohai Bay Basin. *Marine and Petroleum Geology*, 112, 104089.
- Magnavita, L. P. (1992). *Geometry And Kinematics of The Recôncavo-Tucano-Jatobá Rift Ne Brazil. 1992 (Doctoral Dissertation, Tese (Doutorado Em Geologia) –Universidade De Oxford Oxford)*.
- Middleton, G.V., Hampton, M.A., (1973). Sediment gravity flows: mechanics of flow and deposition. In: Middleton, G.V., Bouma, A.H.(Co-Chairmen), *Turbidites and Deep Water Sedimentation. Soc.Econ. Paleontol. Mineral., Pac. Sect., Short Course*, pp. 1– 38
- Milhomem, P. S.; Milani, E. J.; Oliveira, F. M.; Carvalho, M. S. S.; Souza-Lima, W. (2003). *Bacia Do Recôncavo. Bacias Sedimentares Brasileiras. Fundação Paleontológica Phoenix*.

- Milani, E. J., & Davison, I. (1988). Basement Control and Transfer Tectonics In The Recôncavo-Tucano-Jatobá Rift, Northeast Brazil. *Tectonophysics*, 154(1-2), 41–70. [https://doi.org/10.1016/0040-1951\(88\)90227-2](https://doi.org/10.1016/0040-1951(88)90227-2)
- Netto, A. S. T., & Oliveira, J. J. (1985). O Preenchimento Do Rift-Valley Na Bacia Do Recôncavo. *Revista Brasileira De Geociências*, 15(2), 97-102.
- Romero, R. G. S. (2017). Influência Tectônica na Dinâmica dos Fluxos Gravitacionais da Formação Salvador, Borda Leste da Sub-Bacia de Tucano Central, Bahia, Brasil. Dissertação (Mestrado em Geologia). Salvador - UFBA.
- Nutz, A., Schuster, M., Barboni, D., Gassier, G., Van Bocxlaer, B., Robin, C., ... & Rubino, J. L. (2020). Plio-Pleistocene sedimentation in West Turkana (Turkana Depression, Kenya, East African rift system): paleolake fluctuations, paleolandscapes and controlling factors. *Earth-Science Reviews*, 211, 103415.
- Nutz, A., Ragon, T., & Schuster, M. (2022). Cenozoic tectono-sedimentary evolution of the northern Turkana Depression (East African Rift System) and its significance for continental rifts. *Earth and Planetary Science Letters*, 578, 117285.
- Peron-Pinvidic, G., & Manatschal, G. (2019). Rifted margins: State of the art and future challenges. *Frontiers in Earth Science*, 218.
- Shaban, S. N., Scholz, C. A., Muirhead, J. D., & Wood, D. A. (2021). The stratigraphic evolution of the Lake Tanganyika Rift, East Africa: Facies distributions and paleo-environmental implications. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 575, 110474.
- Shanmugam, G. (2006). Deep-water processes and facies models: Implications for sandstone petroleum reservoirs. Elsevier.
- Shanmugam, G. (2019). Slides, Slumps, Debris Flows, Turbidity Currents, Hyperpycnal Flows, and Bottom Currents. *Encyclopedia of Ocean Sciences* 4, 228–257.
- Ventra, D., & Clarke, L. E. (2018). Geology and geomorphology of alluvial and fluvial fans: current progress and research perspectives. Geological Society, London, Special Publications, 440(1), 1-21.
- Wang, P., Li, S., Suo, Y., Guo, L., Santosh, M., Li, X., ... & Liu, Z. (2021). Structural and kinematic analysis of Cenozoic rift basins in South China Sea: A synthesis. *Earth-Science Reviews*, 216, 103522.

CAPÍTULO 2

ARTIGO – CONTROLE ESTRUTURAL DOS DEPÓSITOS DE FLUXOS GRAVITACIONAIS NA BORDA LESTE DA BACIA DO RECÔNCAVO – NE, BRASIL

Controle estrutural dos depósitos de fluxos gravitacionais na borda leste da Bacia do Recôncavo – NE, Brasil.

Structural control of gravitational flow deposits on the eastern border of the Recôncavo Basin – NE, Brazil

Controle estrutural na deposição da Fm. Salvador

Autores:

Gabriel Góes Marins* gabrielmarins.geologo@gmail.com. ORCID: 0000-0001-9934-4177

Luiz César Corrêa Gomes* lccgomes@ufba.br ORCID: 0000-0002-3171-9988

Monique Ellen Matos Santos* matos.moniquesantos@gmail.com ORCID: 0009-0003-5525-8586

Marcelo Lopes Wendling Vargas* mlwvargas20@gmail.com ORCID: 0009-0002-0833-5430

* Federal University of Bahia (UFBA - R. Barão de Jeremoabo, s/n - Ondina, Salvador - BA, Brasil 40170-290; +55 (71) 3283-8600)

RESUMO

Neste artigo, é realizada uma análise abrangente dos fluxos gravitacionais na região próxima à falha de borda da Bacia Rife do Recôncavo, no nordeste do Brasil, durante o Eocretáceo. O estudo aborda a influência das estruturas geológicas nas direções e padrões desses fluxos sedimentares. A área de estudo é dividida em três setores distintos: Setor 1, onde as paleocorrentes indicam influência do embasamento, apontando predominantemente para o norte e noroeste. No Setor 2, as paleocorrentes sugerem uma forte relação com um depocentro próximo à falha de borda, com tendências em direção ao sul e sudeste. No setor 3, as paleocorrentes apontam predominantemente para leste e sudeste, indicando a influência de estruturas transversais, com possíveis implicações tectônicas relacionadas à falha de Salvador. Os resultados enfatizam a influência direta das estruturas geológicas do embasamento e da bacia em evolução nas direções das paleocorrentes, sugerindo que a sedimentação por fluxos gravitacionais foi controlada não apenas pela falha de borda, mas também por estruturas secundárias presentes na bacia. O estudo propõe duas hipóteses para explicar a mudança nas paleocorrentes: a primeira considera a uma falha de transferência soterrada que criou uma rampa de revezamento, direcionando fluxos para o sudeste; a segunda hipótese sugere uma falha de alívio que causou um basculamento na região da falha de borda, formando um depocentro próximo a ela. Os achados deste estudo contribuem significativamente para a compreensão da relação entre as estruturas geológicas e os processos de sedimentação por fluxos gravitacionais em riftes, oferecendo perspectivas valiosas para a interpretação da evolução tectônica e sedimentar, bem como implicações importantes para a exploração de recursos naturais e a avaliação de riscos geológicos na área.

Palavras-Chave: Bacia Do Recôncavo, Fluxos Gravitacionais, Controle Estrutural, Paleocorrentes, Formação Salvador, Riftes Continentais.

ABSTRACT

In this article, a comprehensive analysis of gravitational flows in the vicinity of the Recôncavo Rift Basin Border Fault region in northeastern Brazil during the Eocene. The study addresses the influence of geological structures on the directions and patterns of these sedimentary flows. The study area is divided into three distinct sectors: Sector 1, where paleocurrents indicate influence from the basement, predominantly pointing to the north and northwest. In Sector 2, paleocurrents suggest a strong association with a depocenter near the border fault, trending towards the south and southeast. In Sector 3, paleocurrents predominantly point to the east and southeast, indicating the influence of transverse structures, with potential tectonic implications related to the Salvador Fault. The results emphasize the direct influence of the basement and evolving basin structures on paleocurrents directions, suggesting that sedimentation by gravitational flows was controlled not only by the border fault but also by secondary structures present in the basin. The study proposes two hypotheses to explain the change in paleocurrents: the first considers a buried transfer fault that created a relay ramp, directing flows to the southeast; the second hypothesis suggests a relief fault that caused a tilting in the region of the border fault, forming a depocenter near it. The findings of this study significantly contribute to understanding the relationship between geological structures and gravitational flow sedimentation processes in rifts, providing valuable insights for the interpretation of tectonic and sedimentary evolution, as well as important implications for natural resource exploration and geological risk assessment in the area.

Keywords: Recôncavo Basin, Gravitational Flows, Structural Control, Paleocurrents, Salvador Formation, Continental Rifts.

INTRODUÇÃO

Fluxos gravitacionais compreendem o transporte sedimentar em que a gravidade age diretamente sobre o sedimento ou uma mistura composta de sedimento e água, ao contrário do que ocorre em transportes fluviais, eólicos e glaciais, no qual a gravidade atua sobre um fluido e este provoca o movimento das partículas sedimentares (Middleton e Hampton 1973). O “gatilho” para o início destes eventos podem ser relacionados a eventos sísmicos ou a saturação em água de locais com alto declive topográfico (Dasgupta 2003). Eventos catastróficos podem ser observados na atualidade relacionados a estes transportes. As tragédias relatadas em Petrópolis-RJ no verão de 2022 são um exemplo claro deste problema.

Existem diversas manifestações no registro geológico deste tipo de deposição. Desde blocos de arenitos de plataforma marinha com centenas de metros de extensão depositados em meio a uma matriz lamosa oriundo de um grande *slump* (e.g. bacia do Paraná) (Vesely *et al.* 2021) até camadas fluidizadas de arenitos e lamitos presentes na bacia do Recôncavo (Magnavita *et al.* 2005). Diversos tipos de bacias apresentam estes depósitos, em qualquer regime tectônico. Bacias intramontanas, de retroarco, *pullapart*, de antepaís e riftes são exemplos clássicos para a presença deste tipo de sedimentação.

A sedimentação típica de riftes continentais é controlada pelas forças tectônicas atuantes (Lambiase e Bosworth 1995, Garthowpe e Leeder 2000, Ziegler e Cloething 2004), pelo arcabouço estrutural herdado do embasamento (Bird *et al.* 2014, Fazlikhani 2017, Dillinger e George 2019) e pela interação da configuração climática e taxas de subsidência da bacia (Hollz 2017). A taxa de subsidência neste tipo de bacia costuma ser muito rápida em comparação com outros tipos de bacias (Allen e Allen, 2013) e isso faz com que a energia potencial gravitacional entre o topo da margem ativa e o depocentro fique maior. Isto proporciona a sedimentação por fluxos gravitacionais, que é predominante durante todo o clímax do rifte (Lambiase e Bosworth 1995, Garthowpe e Leeder 2000).

Os depósitos oriundos de fluxos gravitacionais em bacias do tipo rifte ocorrem por toda a bacia, porém, costumam se concentrar próximos às falhas de bordas, sendo resultados diretos de deslizamentos, queda de blocos, fluxos de detritos e fluxos granulares. Próximo ao depocentro, onde tipicamente está alojado um lago profundo, fluxos turbidíticos são depositados. (Gawthorpe e Leeder 2000)

O Sistema de Riftes Recôncavo-Tucano-Jatobá (SRRTJ) compreende o aulacógeno resultante da abertura do Atlântico Sul e consequente divisão do Gondwana Ocidental. Os esforços extensionais responsáveis pela formação do rifte teriam atuado entre Berriasiano e o Aptiano, até serem abortados (Milhomem *et al.*, 2003).

A abertura deste rifte e seu desenvolvimento responderam diretamente a lineamentos herdados do embasamento que induziram as principais falhas presente nas três bacias (Millani, 1985) Apesar da esperada predominância das falhas normais como respostas aos esforços extensionais, diversos autores buscaram compreender o papel de falhas antitéticas, reversas, transcorrentes, de transferência e de alívio no papel da evolução desta bacia (Milani e Davison 1988, Magnavita *et al.* 1992 Magnavita *et al.* 1994, Magnavita *et al.* 1995, Destro 2002, Corrêa-Gomes *et al.* 2005). Como ocorrem em diversas bacias similares ao redor do mundo os fluxos sedimentares respondem não apenas à falha mestra (falha de borda), mas, também, às estruturas posteriores a ela (Lambiase *et al.* 1995; Acocella *et al.* 2005; Li *et al.* 2021).

Desta forma, compreender a forma em que as estruturas preservadas no registro geológico controlaram a deposição sedimentar é imprescindível para o entendimento da evolução tectônica e da sedimentação do Recôncavo. Os depósitos gravitacionais em sua borda leste são testemunhas da evolução temporal das estruturas desta bacia (Corrêa-Gomes *et al.* 2005). Com isso, este trabalho analisa o controle exercido pelas estruturas tectônicas pré- e sin- deposicionais na sedimentação por fluxos gravitacionais na região próxima à falha de borda desta bacia. Para tal, a análise de paleocorrente de conglomerados

oriundos de fluxos detríticos, que compreendem a Formação Salvador, foram sobrepostos ao arcabouço estrutural da bacia e do embasamento para determinar o alcance deste controle na deposição final. O estudo focou na região da Cidade Baixa, do município de Salvador, no estado da Bahia, nordeste brasileiro.

CONTEXTO GEOLÓGICO

O SRRTJ compreende um aulacógeno de idade Eocretácea oriundo da quebra do Gondwana ocidental. Suas subbacias são divididas por altos do embasamento ou por falhas de transferências e suas principais estruturas que lhe garantem a forma plana sigmoidal são controladas pelas estruturas herdadas dos destintos grupos do embasamento (Milani e Davison 1988).

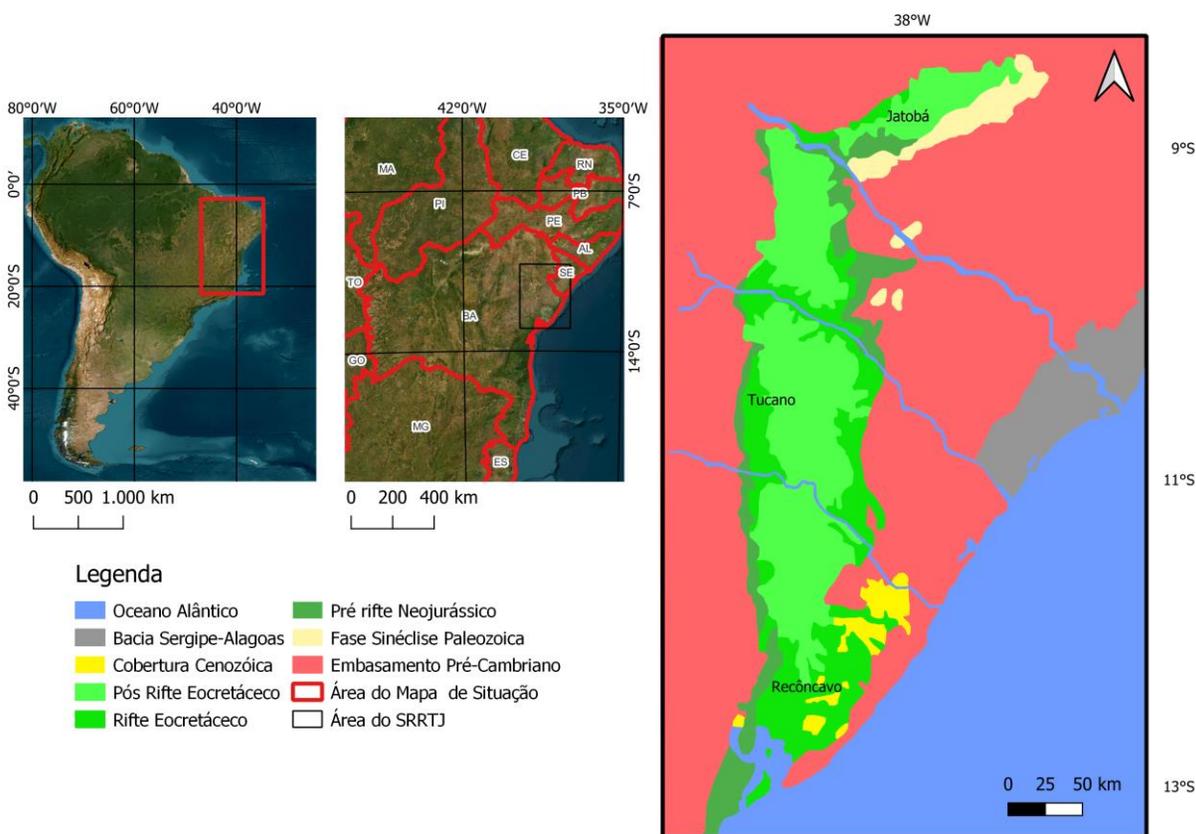


Figura 1: Mapa geológico do Sistema Rife Recôncavo-Tucano-Jatobá. Modificado de Magnavita *et al.* (2005).

A Bacia do Recôncavo é um meio-graben cujo embasamento mergulha progressivamente no sentido SE (Milani 1985). Esta bacia encontra-se limitada pela falha do Alto de Salvador a leste, pelo Alto de Aporá a norte e noroeste, pela Falha de Maragogipe a oeste e pelo sistema de falhas da Barra ao sul (Milhoem *et al.* 2003). O seu rifteamento ocorreu entre 145 Ma e 125 Ma.

Arcabouço Estratigráfico

O embasamento da bacia do Recôncavo (Figura 2) é composto pelo bloco Serrinha que é limitado a oeste pelo Orógeno Itabuna-Salvador-Curaçá (Silva *et al.* 2007), a leste é recoberto pelos sedimentos das bacias do Tucano e Recôncavo, e a norte pela Faixa Sergipana (Neves *et al.* 1980). Este bloco compreende ortognaisses arqueanos do Complexo Santa Luz. As rochas metassedimentares

neoproterozoicas do Grupo Estância também são encontradas no embasamento desta bacia (Prates e Fernandez 2015).

Durante o Permiano (Figura 2), o local onde o rifte se instalou posteriormente foi uma sinéclise intracratônica. Trata-se da Formação Afligidos, que compreendem folhelhos e arenitos marinhos rasos e lacustres (Magnavita *et al.* 2005) As rochas sedimentares que compreende as sequências deposicionais do Recôncavo possuem unidades pré-rifte jurássicas, rifte e pós-rifte cretáceas (Silva *et al.* 2007).

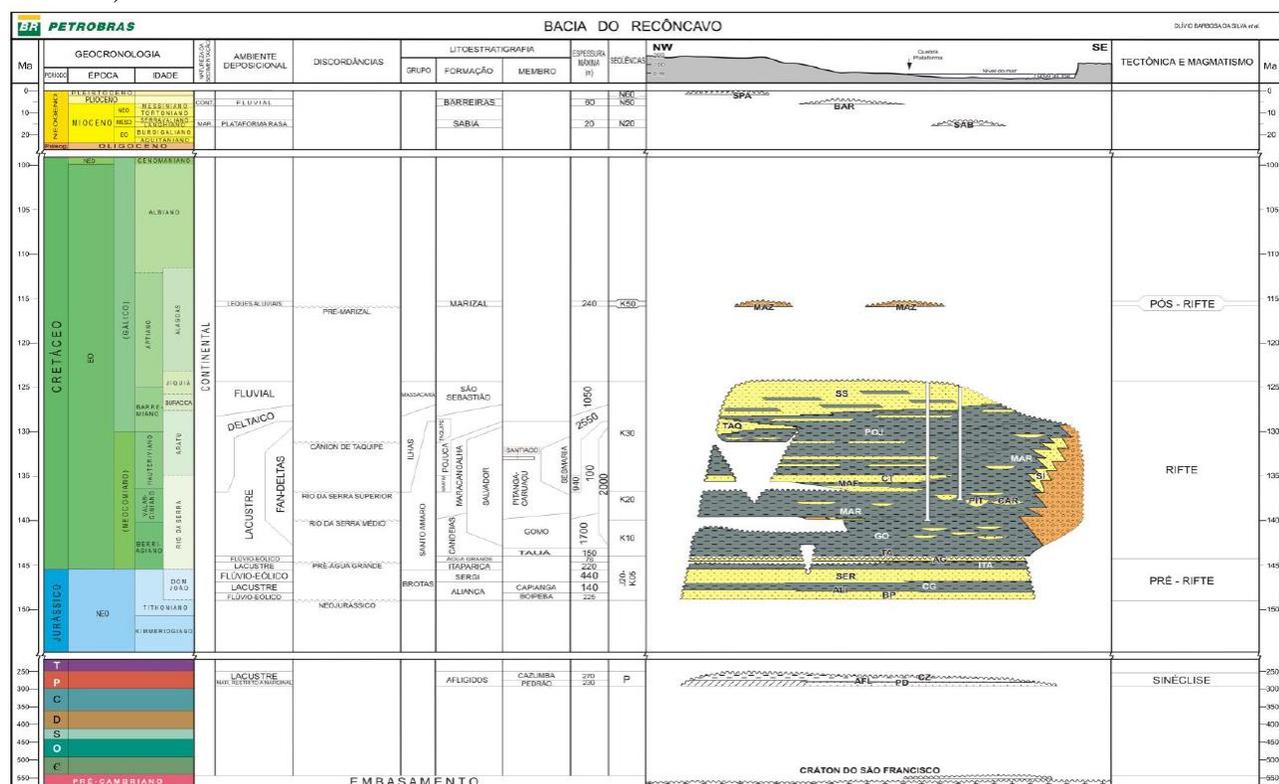


Figura 2: Carta cronoestratigráfica da Bacia do Recôncavo de Silva *et al.* 2007.

A sequência Pré-Rifte compreende o Grupo Brotas (Formações Aliança e Sergi) e a parte inferior do Grupo Santo Amaro (Formações Itaparica e Água Grande). Esta sequência preserva o registro de deposições flúvio-éolicas sendo afogados por depósitos lacustres em dois ciclos transgressivos-regressivos completos.

A sequência Rifte, abrange a parte superior do Grupo Santo Amaro (Formações Candeias, Maracangalha e Salvador) E o Grupo Ilhas, que engloba as Formações Marfim, Pojuca, Taquipe. Durante a fase rifte a deposições lacustre predominou na bacia, com deposições contemporâneas na borda leste de leques aluviais por fluxos gravitacionais da Formação Salvadore concomitante basculamento da bacia para leste (Figura 3). Deposições deltaicas e posterior fluvial vindo de NW indicam a progradação dos ambientes proximais no fim de rifteamento.

A sequência pós-rifte compreende apenas a Formação Marizal. Consiste em depósitos de leques aluviais que cobrem parcialmente a sequência rifte. As Formações Sabiá e Barreiras marcam o Neógeno da Bacia.

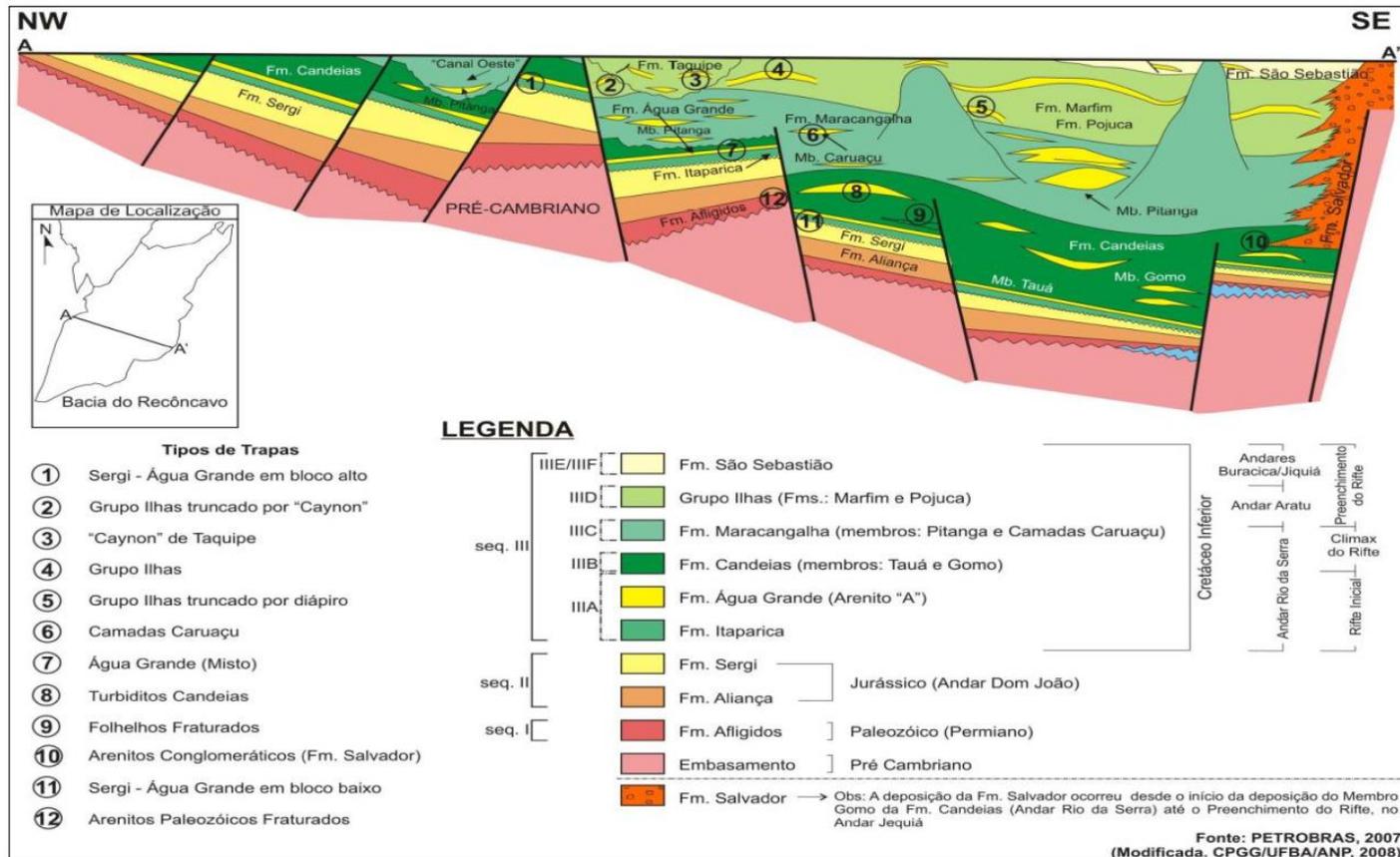


Figura 3: Seção Geológica Esquemática com os diferentes tipos de trapas já identificadas na Bacia do Recôncavo (UFBA/ANP, 2008) retirado de Prates e Fernandez 2015; Note-se o basculamento da bacia para SE.

Formação Salvador

A Formação Salvador, uma unidade geológica distintiva na Bacia do Recôncavo, tem sido objeto de investigação por pesquisadores ao longo das décadas. As investigações iniciais conduzidas por Allard e Tibana (1966) e Miura (1967) estabeleceram as bases para o entendimento dessa formação, que é composta principalmente por conglomerados encontrados nas margens das falhas de borda em todo o SRRTJ.

Esta formação é notável por sua baixa seletividade de grãos e uma matriz lamosa que sustenta seu arcabouço que possui uma variedade de litotipos distintos como calcários, dolomitos e gnaisses (Barbosa *et al.* 2007). A origem desses clastos sugere uma forte associação com as rochas do embasamento do Orógeno Salvador-Esplanada, soerguido pelo falhamento normal que abriu os semi-grabens do sistema rifte. A presença de clastos de calcário e dolomito indica uma relação com os litotipos do Grupo Estância (Caixeta *et al.* 1994), sugerindo que esses grupos geológicos ocuparam uma área muito mais extensa no início do Cretáceo do que a atualmente observada na Bacia do Recôncavo.

A Formação Salvador foi classificada como fan conglomerados devido à presença de no mínimo cinquenta por cento de seixos angulosos com quinas agudas. No entanto, pesquisas recentes identificaram novas ocorrências da Formação Salvador na bacia de Jatobá, anteriormente

desconhecidas, permitindo a identificação de quatro fácies distintas: fan delta proximal, fan delta distal, lacustre raso e lacustre profundo (Horn e Morais 2016).

A análise da geometria tridimensional dos corpos de conglomerado revelou a existência de canais orientados sub-paralelamente à Falha de Salvador, que separa o Alto de Salvador da Bacia do Recôncavo. Os conglomerados preenchem esses canais, intercalados com camadas de arenito subaquoso. Clastos de gnaisses, granulitos, quartzitos e calcários são comuns, evidenciando a diversidade das rochas fontes desta formação. Estruturas sedimentares diversas como estratificações cruzadas e acanaladas, sugerem diferentes processos de transporte e deposição, incluindo tração, fluxos de grãos e fluxos de detritos (Barbosa *et al.* 2007).

Arcabouço Estrutural

O Sistema de Riftes do Tucano-Jatobá (SRRTJ) na região da Bacia do Recôncavo é caracterizado por uma complexa variedade de estruturas geológicas (Figura 5). Estas estruturas desempenham um papel fundamental na evolução geológica da área.

A arquitetura do rifte do Recôncavo é controlada por um complexo mosaico de blocos do embasamento. Existem grabens assimétricos separados por altos do embasamento e falhas de transferência. Esses altos dividem o Recôncavo em sub-bacias leste e oeste. A sub-bacia ocidental é caracterizada por um sistema de falhas extensionais com mergulho noroeste, enquanto a sub-bacia oriental possui um fundo de bacia com falhas extensionais de mergulho sudeste. O conjunto de falhas com uma frequência máxima de N30°E é o principal sistema extensional no Recôncavo, com grandes componentes de crescimento estratigráfico identificados nas falhas. (Milani & Davison 1988)

A bacia apresenta falhas longitudinais com orientações variadas, indicando diferentes fases tectônicas em sua história. Por exemplo, as falhas na borda oeste têm orientação N10°/80°SE com uma cinemática normal-sinistral, enquanto as da borda leste têm orientação N30°/70°NW com cinemática normal-dextral. Isso sugere movimentos complexos de basculamento e afundamento de blocos. (Corrêa-Gomes & Destro 2012)

Na parte leste do Recôncavo Graben, há três falhas de transferência identificadas: Mata-Catu, Itanagra-Araçás e Palmeiras. Essas falhas desempenham um papel importante na compartimentalização da bacia. são interpretadas como falhas de transferência (Milani & Davison 1988). As falhas de transferência, como a Mata-Catu e Itanagra-Araçás, mostram mudanças significativas na cinemática ao longo de sua extensão. Movimentos sinistrais e dextrais de deslizamento foram observados, indicando uma história tectônica complexa nessas áreas. Contudo, Destro (2002) e Destro *et al.* (2003) as interpretam como falhas de alívio.

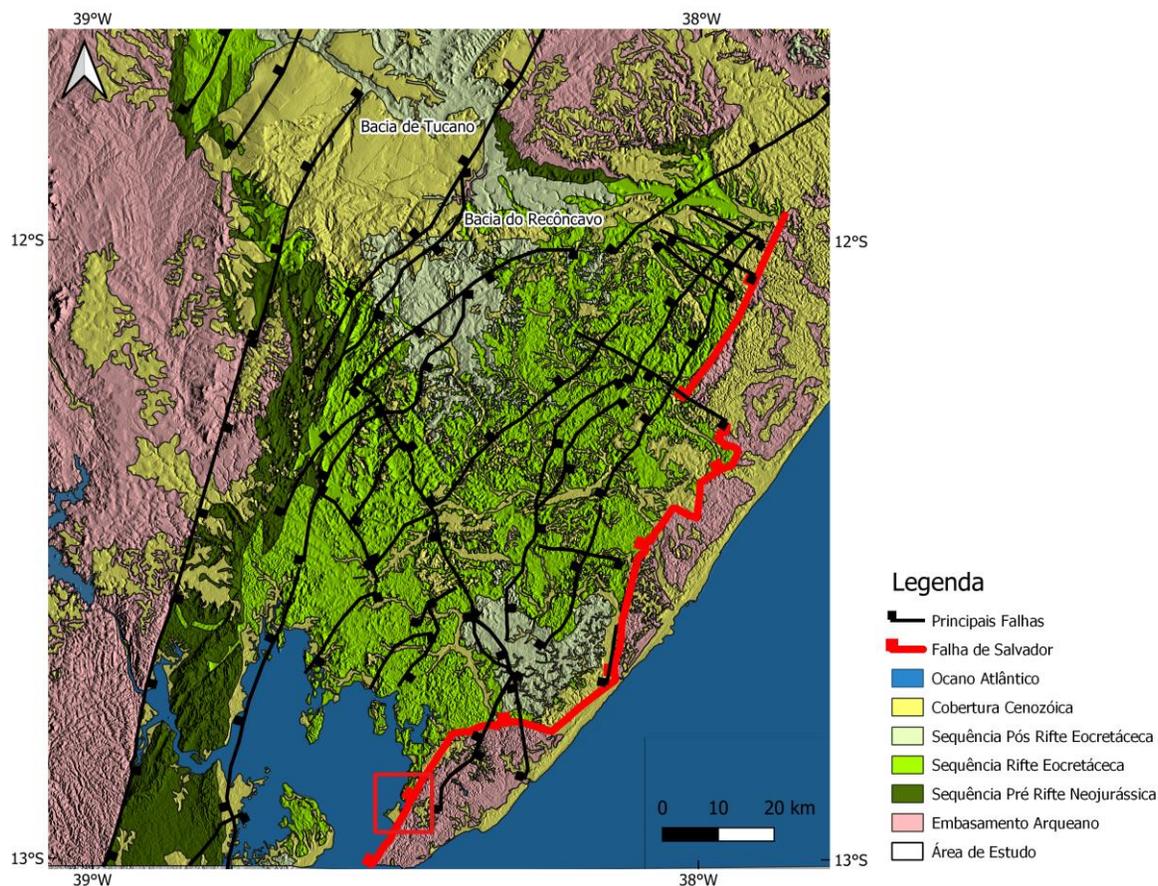


Figura 4: Mapa geológico com as principais estruturas da Bacia do Recôncavo. Modificado de Corrêa-Gomes *et al.* (2018)

ÁREA DE ESTUDO

A área de trabalho está situada na porção centro-leste do estado da Bahia, na capital, Salvador, na borda leste da Bacia do Recôncavo. O limite que compreende as regiões da Cidade Alta e Cidade Baixa é a escarpa da falha de Salvador, estrutura que marca o limite entre a bacia e o embasamento. Na região da Cidade Baixa, os afloramentos de antigos leques aluviais da Formação Salvador são comumente encontrados, sendo responsáveis pela geomorfologia altamente sinuosa da região.

Na área foram encontrados 12 afloramentos da Fm. Salvador (com possibilidade de acesso) em diferentes estados de preservação. Os afloramentos mais próximos da falha de borda foram encontrados na região do Parque São Bartolomeu, parque urbano que integra a área de preservação ambiental (APA) Bacia do Cobre. Nesta APA foram encontrados 2 afloramentos (Cachoeira de Oxumaré e Rio do Cobre) em que foi possível medir as paleocorrentes e o acamamento (S0) da Formação Salvador. Na Cachoeira de Oxumaré e na Cachoeira do Oxum (adjacente à primeira) foi possível observar o contato do embasamento cristalino com a bacia assim como o plano de contato da Falha de Salvador. A segunda cachoeira, no entanto, não foi possível fazer medições de paleocorrentes, apenas aferir o plano de falha.

Nas ruas dos bairros da Cidade Baixa, em locais onde havia encostas descampadas, por vezes aflora a Fm. Salvador. Foi o caso dos afloramentos “Rua dos Araçás”, “Memed”, “Alto da Terezinha” e

“Cemitério de Periperi”. O nome destes afloramentos foi dado por pontos de referências próximos aos locais.

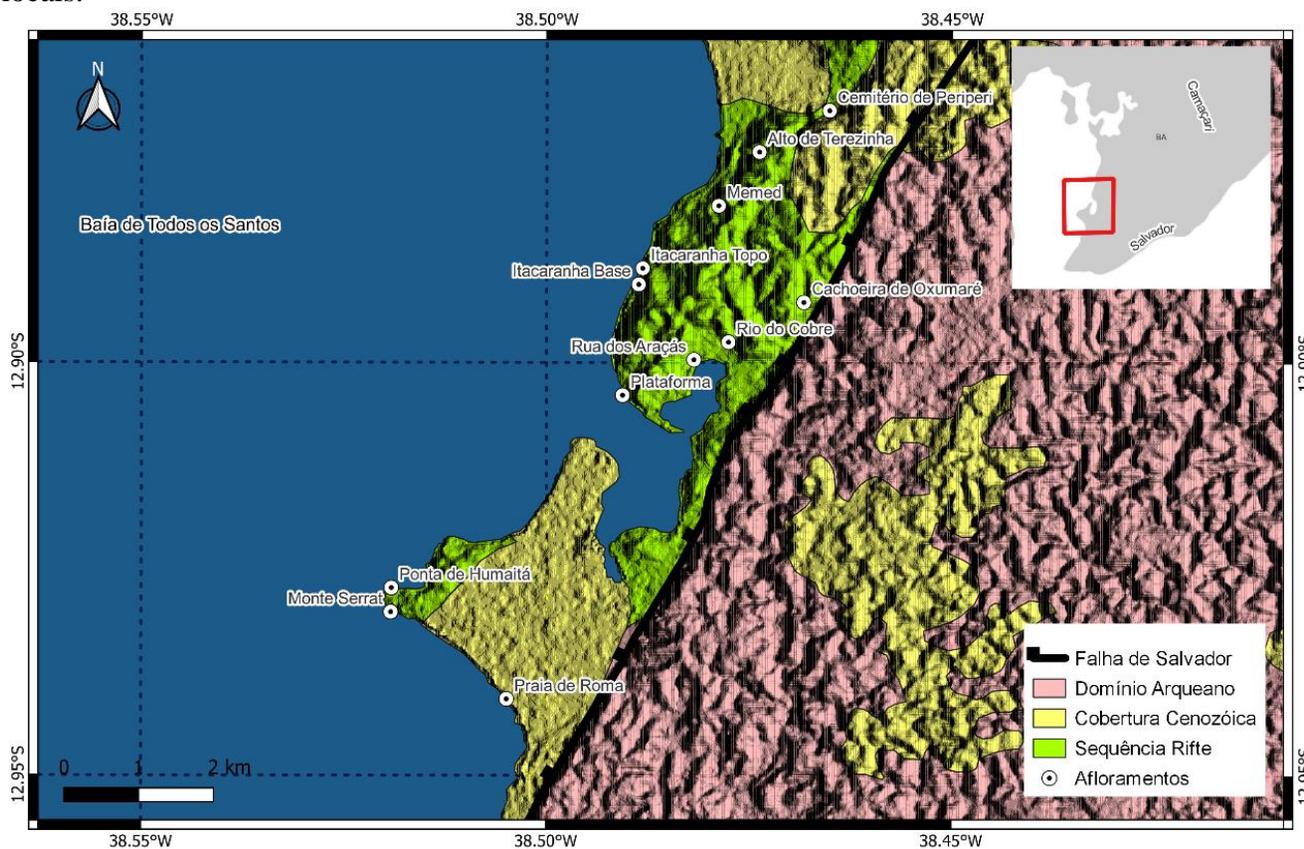


Figura 5: Mapa de Localização da área de estudo e dos afloramentos estudados, modificado de Corrêa-Gomes (2018).

Por fim, a formação em questão aflora mais longe da falha de borda nas praias da Cidade Baixa, que é o caso dos afloramentos de Itacaranha (Base e Topo), Plataforma, Monte Serrat, Ponta de Humaitá e Praia de Roma.

Houve, ainda, mais duas localidades visitadas para retirada de dados exclusivamente estruturais. Primeiramente, mais a sul da Falha de Salvador, próximo ao Museu de Arte Moderna da Bahia, um afloramento do embasamento foi visitado. Estas rochas granulíticas afloram próximo à escarpa da falha sobre o bloco superior. A outra localidade foi uma sequência de turbiditos lacustres localizadas na praia de Tubarão, mais ao norte da área de estudo. Neste ponto não aflora a Fm. Salvador, mas apresenta diversas estruturas rúpteis que foram consideradas para este estudo.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização deste estudo, a integração de distintos métodos foi feita. A análise estrutural foi feita em uma etapa pré-campo utilizando dados de modelos digitais de elevação (MDE). Dados de campo foram obtidos posteriormente para validar os dados encontrados na análise remota. Para a elaboração de um MDE utiliza-se imagens de satélite *Alos Palsar* com resolução espacial de 12,5 m. A utilização deste modelo se dá dentro do *software QGIS*[®] 3.24 onde os lineamentos morfoestruturais foram traçados em 8 diferentes direções de iluminação (N000°, N045°, N090°, N135°, N180°, N225°, N270° e N315°). Para complementar os dados, foram utilizados ortoimagens do município de Salvador na escala 1:1000 fornecidas pela própria prefeitura da cidade. Os lineamentos identificados nas etapas anteriores tiveram seus azimutes extraídos pela ferramenta *AzimuthFinder*[®] (Queiroz, *et al.* 2013), em relação a sua frequência e comprimento.

Medidas de paleocorrentes a partir da delimitação do eixo-z (Figura 6) dos clastos transportados em fluxos de detritos (Gabriel Marins *et al.* em preparação). Este método consiste na utilização do eixo curto dos clastos imbricados em afloramentos de conglomerados. O eixo curto é o melhor indicador da direção de transporte (Hendry 1976) e ele já é utilizado de forma indireta para medição de paleocorrentes. Diversos trabalhos discutem ou utilizam a imbricação dos clastos para aferir as paleocorrentes em conglomerados dos mais distintos ambientes deposicionais (Hein 1984, Yaghishta 1989, Brenna *et al.* 2020). Classicamente, adotou-se que existem dois tipos de imbricação que podem ser usados, a imbricação do eixo longo (eixo x) ou, quando o eixo x está transversal a direção do fluxo, a imbricação do plano de maior projeção (plano xy) onde é medido a atitude do plano formado pelos eixos x e y (eixo intermediário). Neste último caso, para aferir a medição da direção da paleocorrente, utiliza-se o polo destes planos medidos, estes polos coincidem espacialmente com o eixo-z dos clastos. No caso de imbricamento do eixo longo, o eixo z também permanecerá orientado na direção da paleocorrente. Desta forma, o eixo-z permanece constantemente orientado em direção da paleocorrente em qualquer tipo de imbricação. Portanto, ele torna-se o melhor indicador de paleocorrentes, além de ser um método que permite mais medições em campo, uma vez que ele é mais fácil de ser medido.

Ambos os dados (paleocorrentes e estruturais) foram tratados posteriormente. Para isso, foi organizado um banco de dados arquivado em planilhas no *Microsoft Excel*[®], que possibilitaram a elaboração de diagramas do tipo rosácea e de isodensidade no software de geologia estrutural *Stereonet*[®].

Com estes dados em mãos, a análise proposta neste trabalho foi feita a partir da sobreposição das estruturas quantificadas com os dados de paleocorrentes. Uma análise crítica sobre a influência das estruturas na direção dos fluxos é feita a partir desse processamento, como será visto posteriormente.

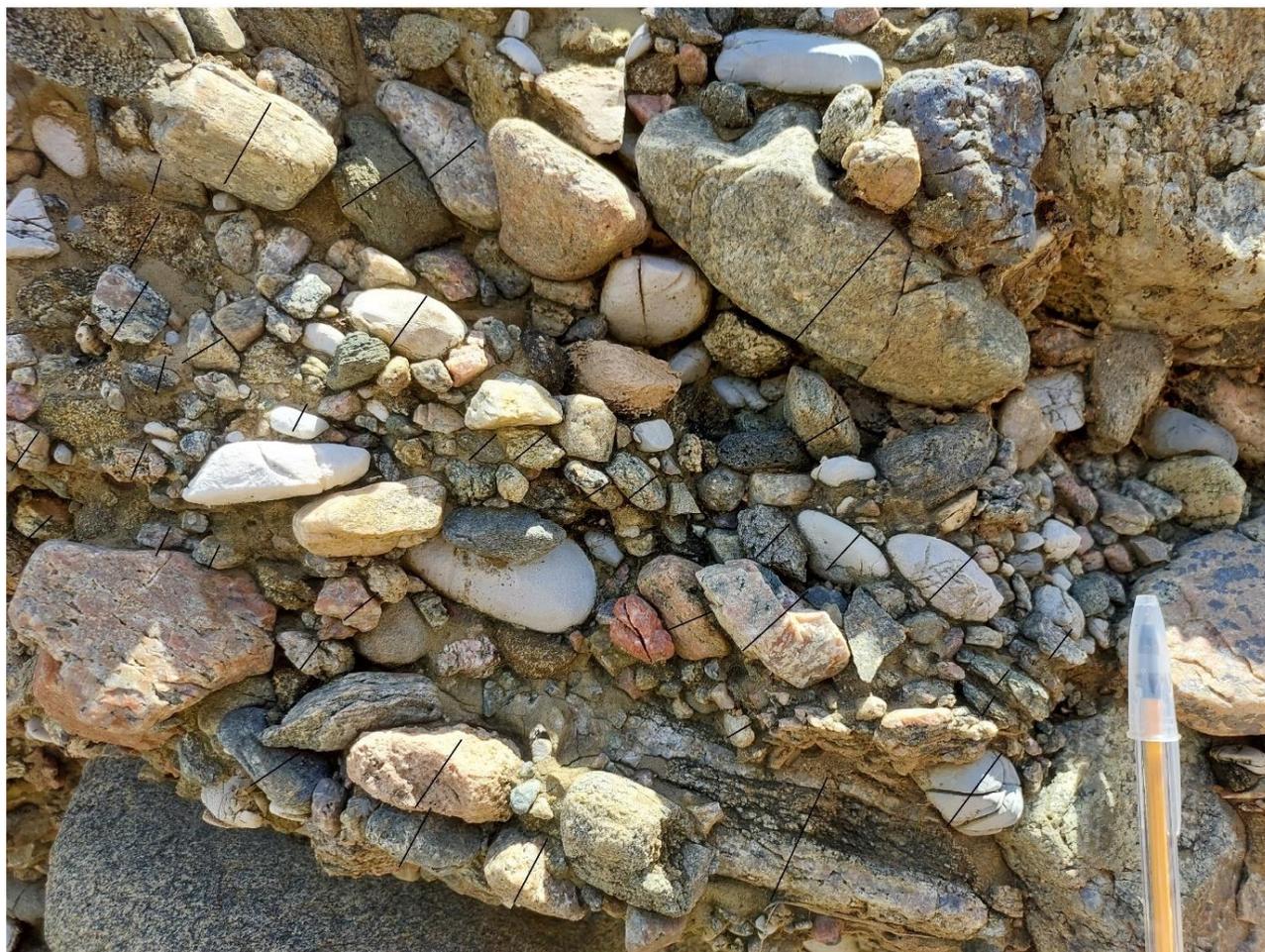


Figura 6: Fotografia de afloramento da Fm. Salvador tirada no afloramento de Monte Serrat com alto grau de imbricação dos clastos. Os eixos Z estão marcados com as linhas pretas. A paleocorrente está marcada pela seta em cima da foto. Note que existem clastos que o eixo-z (não marcado) está mergulhando contrário ao fluxo. Esta subpopulação minoritária é responsável pelas pétalas menores nos diagramas de rosetas.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Análise de Modelos Digitais de Elevação

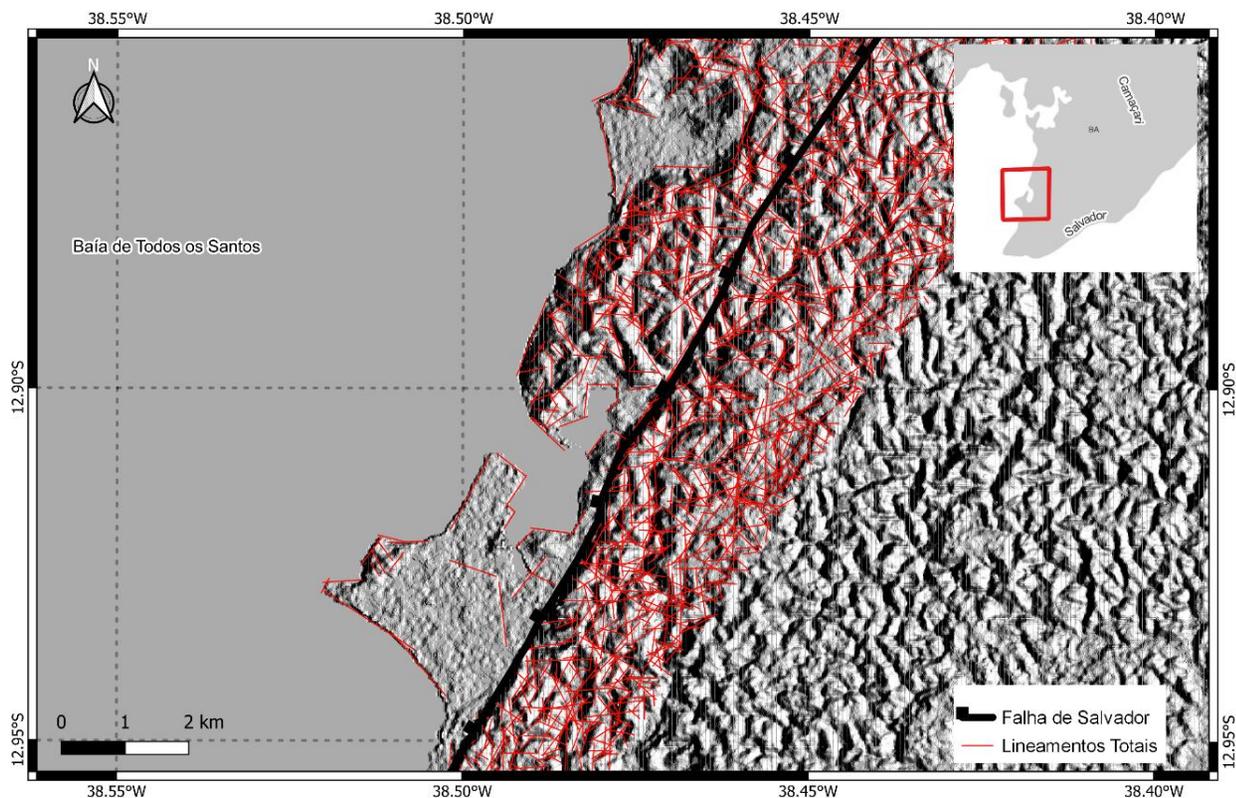


Figura 7: Modelo Digital de Elevação realizado em imagens Alos Palsar com os principais lineamentos marcados na área de estudo. A área de análise dos lineamentos foram escolhidos de forma equidistantes para os dois lados da falha de Salvador.

As análises de MDE permitiram a retirada de 1483 medidas estruturais em 8 azimutes de iluminação diferentes (figura 7). Destas, 1085 foram tiradas atrás da falha de Salvador, no embasamento e 398 foram retiradas na bacia (figura 6).

Os lineamentos estruturais extraídos do embasamento, composto pelos litotipos do Cinturão Salvador-Esplanada-Boquim, totalizaram 1085 medidas com comprimento total de 524,4 km. As estruturas N090°-N100° e N030°-N040° tiveram as maiores frequências, enquanto em termos de comprimento houve um predomínio das estruturas N030°-N040° e N000°-N010° (figura 8-1).

Na área correspondente às rochas da Bacia do Recôncavo, foram extraídas 398 medidas de lineamentos estruturais atingindo um comprimento total de 191,4 km. As estruturas N030°-N040° e N140°-N150° tiveram as maiores frequências enquanto em comprimento predominaram N030°-N040° e N000°-N010° (figura 8-2).

Fica clara que as estruturas mais representativas do rifte são herdadas do embasamento, como visto no trabalho de Milani e Davison (1988). Segundo estes autores, as estruturas N030°-N040° da bacia são controladas pela foliação metamórfica do embasamento, que mergulha em um plano íngreme para NW. Esse controle do embasamento se reflete na formação da Falha de Salvador que possui as mesmas atitudes da foliação sobreposta e foi o responsável pela abertura NW-SE da bacia do Recôncavo. Diversas falhas sintéticas e antitéticas a falha de borda são encontradas na bacia.

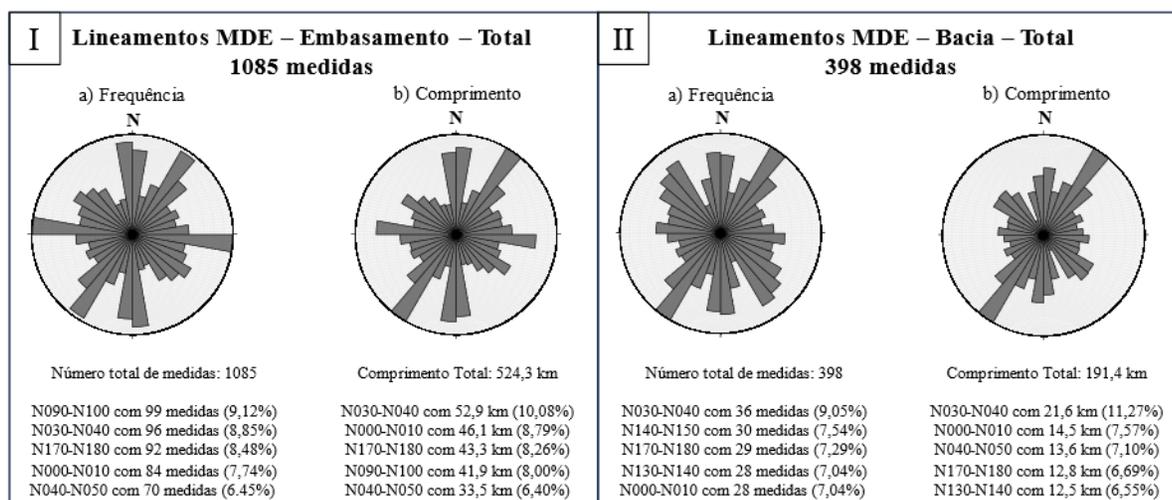


Figura 8: Diagramas de rosetas das frequências (a) e comprimento (b) acumulado dos lineamentos do embasamento (I) e da bacia (II) extraídos do MDE. Número total de medidas e valores dos principais intervalos de azimute abaixo dos diagramas.

Outro grupo de estruturas comuns nos dois domínios analisados são as N000°-N010°. Estes lineamentos NS compreendem o principal trend de falhas longitudinais no SRRTJ (Corrêa-Gomes & Destro 2012). Essa é a direção média de abertura da bacia de Tucano, a maior dentro do rifte, que é controlada pelas estruturas herdadas do embasamento (Milani e Davison 1988). O sistema de falhas de Maragogipe, na bacia do Recôncavo, é um exemplo destas estruturas. As análises apresentadas por Silva (2013) mostram que esse intervalo de lineamentos possui grande relevâncias nas falhas e demais estruturas rúpteis da bacia, principalmente nas estruturas de tipo falha reversa. Esse mesmo autor demonstra que as foliações metamórficas do embasamento proximal da bacia também coincidem com este intervalo. Desta forma, estes lineamentos traçados podem estar relacionados com a própria herança do embasamento da bacia, assim como serem resultados da influência do sistema de falhas de Maragogipe.

Um intervalo de destaque nos lineamentos traçados no embasamento que não se apresenta significativamente na bacia são os lineamentos N090°-N100°. Estas estruturas provavelmente estão relacionadas à zona de dano do sistema de Falhas da Barra (EW), que limita a bacia ao sul. Sua influência na bacia parece ser restrita a estruturas menores e com pouco impacto na sedimentação.

Os intervalos N130°-N140° e N140°-N150° (NW-SE), apesar de não serem tão longos quanto os lineamentos para NE, são tão frequentes e possuem comprimento acumulado tanto quanto os lineamentos NS e são pouco observadas no embasamento. A sua ocorrência deve-se as falhas transversais da bacia (Milani e Davison 1988, Destro *et al.* 2003, Corrêa-Gomes & Destro 2012, Silva 2013). Sejam falhas de transferência (Milani e Davison 1988) ou falhas de alívio (Destro *et al.* 2003) elas marcam importantes feições estruturais da bacia possuem papel fundamental na sedimentação.

Análise de Dados Estruturais de Campo

Foram coletadas, ao todo, 884 medidas de estruturas rúpteis em litotipos da Bacia do Recôncavo e do Cinturão Salvador-Esplanada-Boquim (Figura 9). Os diagramas de roseta dos dados estruturais tirados em campo não coincidem com os diagramas de frequências da análise de MDE. Isto é devido a pouca quantidade de afloramentos disponíveis próximos a área de estudo para a retirada destas medidas. Apesar de quantitativamente significativo, a pouca variabilidade geográfica tendenciam os dados para as configurações locais. Desta forma, uma análise apenas qualitativa é possível, comparando as estruturas encontradas nos afloramentos com as do MDE, mas sem considerar suas frequências. Desta maneira, as medidas de campo corroboram com os lineamentos encontrados no MDE.

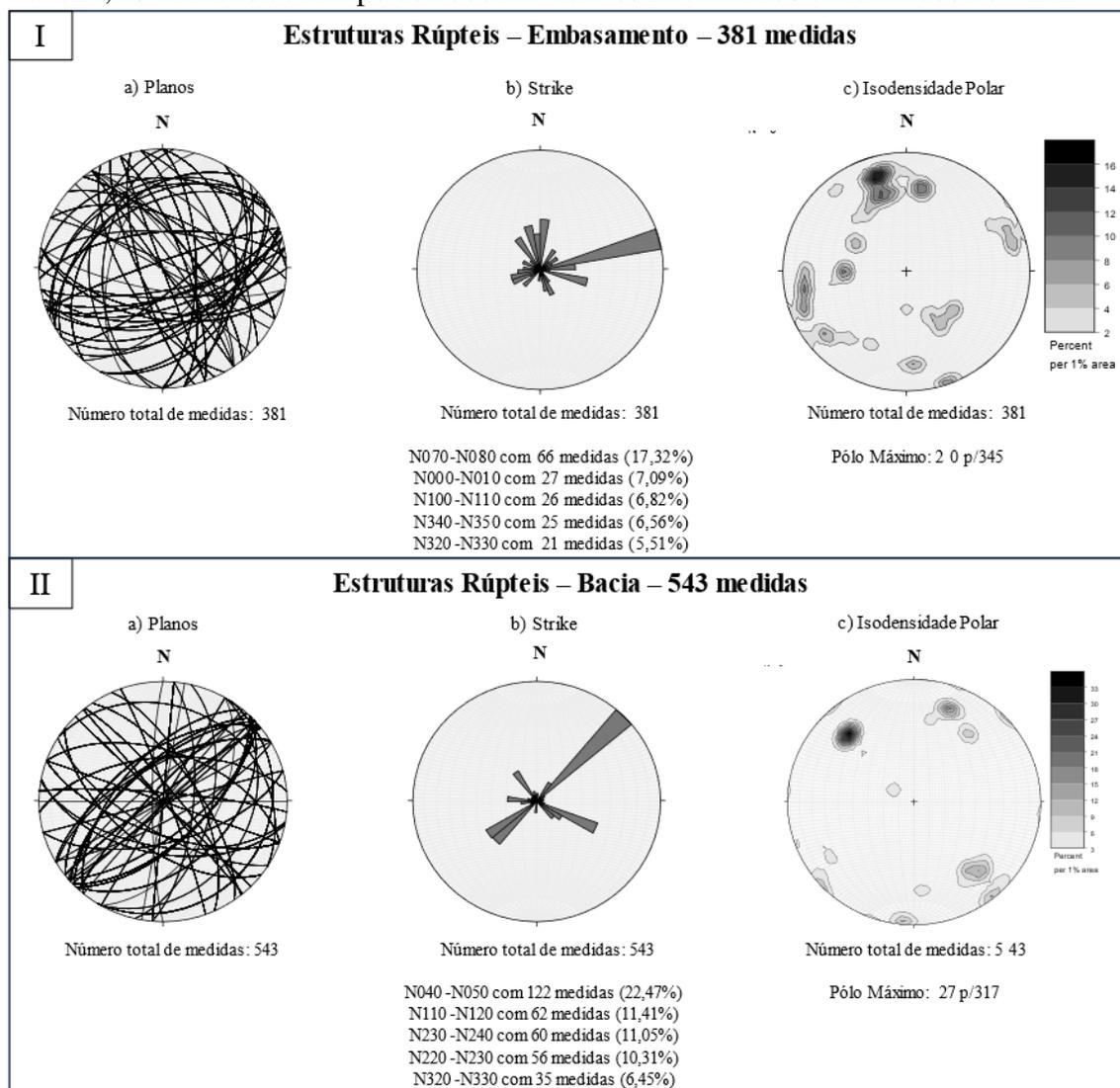


Figura 9: Diagramas estereográficos de planos totais (a) de rosetas com a frequência de planos em cada intervalo de azimutes (b) e isodensidade polar dos planos (c) das estruturas rúpteis encontradas em campo do embasamento (I) e da bacia (II) extraídos do MDE. Número total de medidas e valores dos principais intervalos de azimute abaixo dos diagramas.

As principais estruturas encontradas no embasamento estavam entre o intervalo N070°-N080° (figura 8) (17,32%). Somando essas medidas com as demais medidas próximas a WE, tem-se que

aproximadamente 25% das medidas estão próximas da influência do sistema de falhas da Barra. As demais estruturas representativas com strike entre NW-N podem ser remanescentes dos demais sistemas de falhas da bacia, como o de Maragogipe (Corrêa-Gomes & Destro 2012).

Na bacia, apresentou-se um predomínio de estruturas N040-N050 (22,47%) e N230-N240 (11,05%). O gráfico de isodensidade polar da Figura 9 II-c discriminou um polo de máxima densidade com atitude 27p/317. Logo, as falhas antitéticas foram encontradas em maior quantidade do que as sintéticas. A segunda família de fraturas mais representativa são evidência da tectônica de transferência ou de alívio da bacia (figura 11).

As estruturas encontradas na praia de Roma configuram falhas verticais N320°/90° sendo cortadas por estruturas N045°/45° (figura 10a-b). Essa estrutura N320° apresenta-se paralela à costa e escalonada, formando degraus em direção à Baía de Todos os Santos. Possivelmente, esta estrutura pode estar relacionada com falhamento transcorrente subortogonal à falha mestre, contudo, não foram encontrados indicadores cinemáticos.

Na praia de Itacaranha muitas estruturas subverticais foram encontradas (figura 11c-f). Essas fraturas apresentam uma complexa relação de cortes. Uma família de falhas antitéticas à falha de Salvador foi encontrada. Em ambas as praias, as estruturas N315°-320° foram observadas. Ambas são seccionadas por estruturas NE. Essa presença em ambos os locais indica a importância desta estrutura por toda a área de estudo. Na praia de Tubarão, mais ao norte, essa mesma família foi encontrada.

Esta família de falhas N 320° que é perfeitamente alinhada com a costa das praias de Boa Viagem e Roma pode configurar uma estrutura de falha mais profunda, responsável por moldar a linha de costa destas praias. A esta falha hipotética, aqui dar-se o nome de “Falha da Boa Viagem” (figura 10).

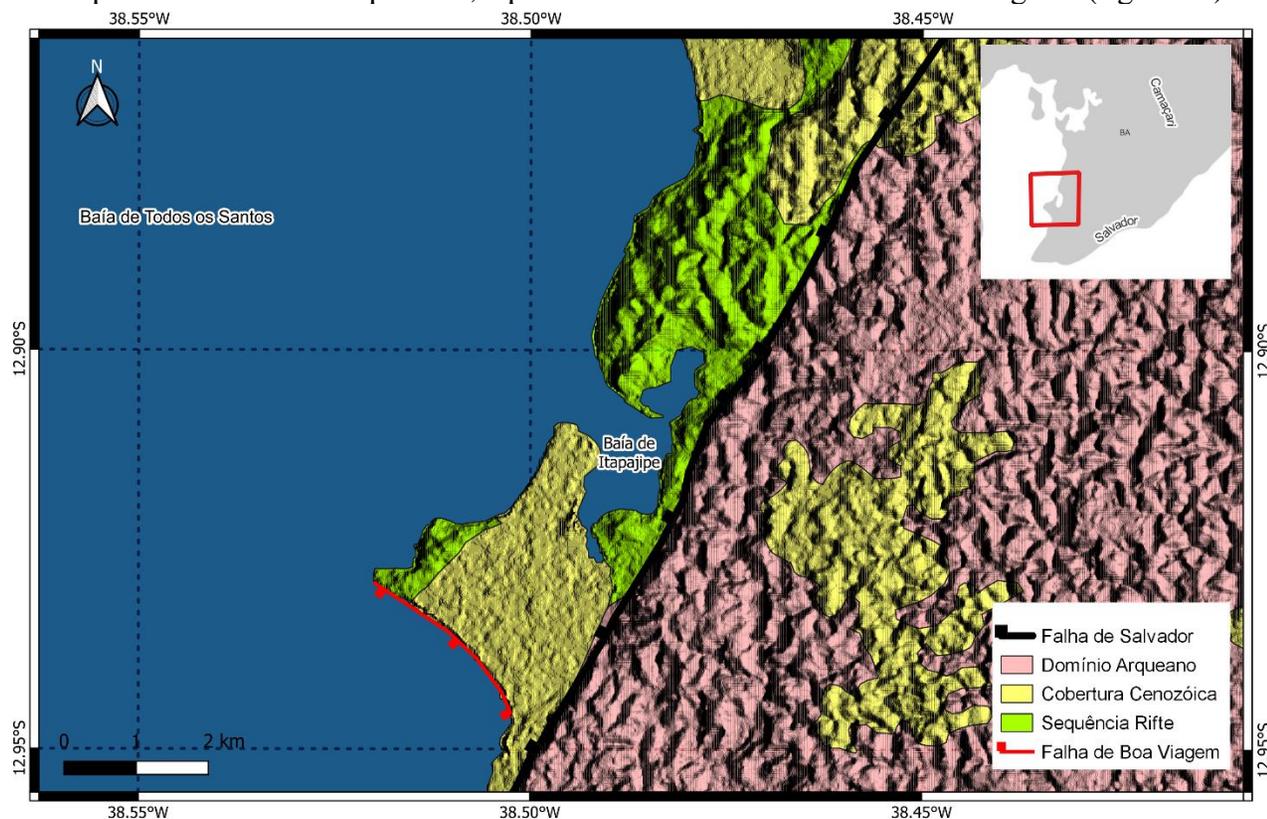


Figura 10: Mapa geológico da área de estudo com a marcação da falha da Boa Viagem.

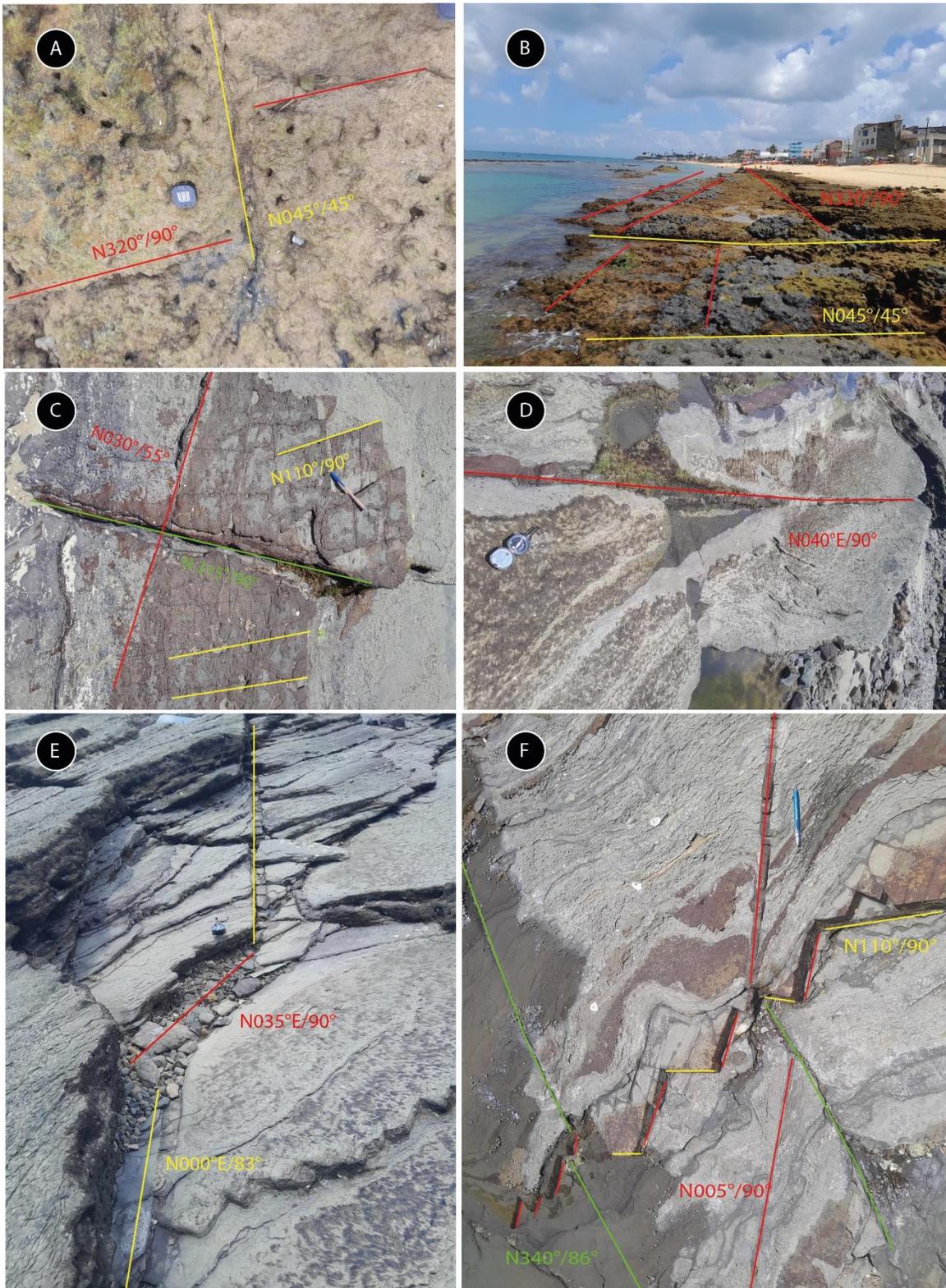


Figura 11: Estruturas encontradas em campo no domínio da bacia do Recôncavo. Note que as principais estruturas são NE e NW.

Formação Salvador

Ao todo, 12 afloramentos da Formação Salvador foram encontrados na área de estudo. As fácies desta formação, apesar de apresentarem diferentes graus de alteração, apresentam sempre constância quanto à composição dos clastos, em sua grande maioria do embasamento granulítico. No afloramento de Monte Serrat, clastos carbonáticos são encontrados juntos aos clastos granulíticos (figura 9). A granulometria modal varia de seixos a blocos, dependendo do estrato analisado, com variação desde grânulos (menos representativos) a matações de 1 m. Quanto aos aspectos texturais, os grãos possuem baixa esfericidade e variam entre subangulosos a subarredondados, os clastos carbonáticos fogem dessa regra e são arredondados a subarredondados (figura 12-c). A presença de matriz lamosa é outro fator constante, compreendendo por volta de 10% a 20% do conteúdo total da rocha e seus clastos possuem contato pontual raro, portanto, são matriz suportadas. A cimentação é carbonática (Araújo 2008). Eles podem apresentar gradação normal ou inversa muito incipiente ou não possuíram gradação. São exclusivamente maciços, podendo representar às fácies Gmm ou Gmg de Miall (2013). Desta forma, são clássicos conglomerados de fluxos detríticos ou fluxos detríticos pseudoplásticos (Miall 2013).

Os níveis conglomeráticos aparecem isolados nos afloramentos mais próximos à Falha de Salvador, isto é, sem contato com outras fácies. Contudo, nos afloramentos da Rua dos Araças e Memed pode-se observar superfícies de contato erosivo entre distintos níveis de conglomerado, com paleocorrentes apontando para direções distintas. Esta predominância de fluxos conglomeráticos é interpretada como uma deposição de leques aluviais proximais.

Nas regiões mais distais, nas praias da Cidade Baixa, os conglomerados intercalam-se com níveis de lamitos maciços, arenitos finos e maciços. Os folhelhos e lamitos podem chegar a pacotes de 2 metros de espessura. Os arenitos raramente atingem 0,5 m e ocorrem intercalados com os lamitos e folhelhos. Os lamitos, correspondente à fácies Fm de Miall (2013) são interpretados como produtos de sedimentação pelágica em lago profundo. Os arenitos, fácies Sm de Miall (2013) é interpretado como produtos de fluxos de grãos ou deformação pós-deposicional. Essa intercalação destas fácies é interpretada como uma deposição de leques aluviais distais.

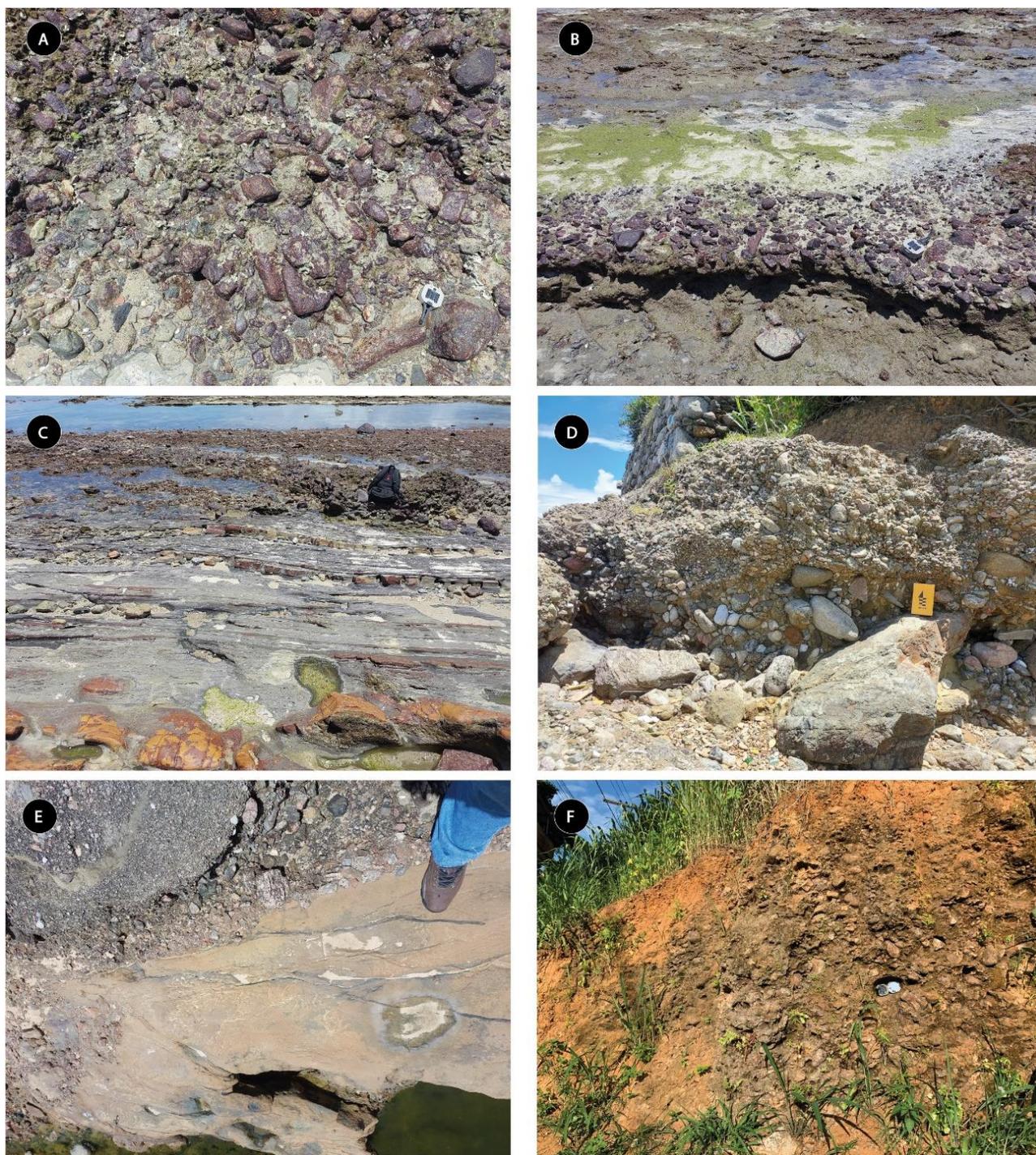


Figura 12: Mosaico de fotos das principais fácies da Formação Salvador. A) Unidade basal do afloramento da Praia de Itacarânia, com os clastos dispersos mostrando um padrão de fluxos muito disperso. B) Seção de topo da praia de Itacarânia, mostrando a clara tendência de imbricação para SW. Nota-se que entre os dois afloramentos o tamanho modal dos clastos diminuiu. C) Intercalação de lamitos e arenitos maciços de forma rítmica. Os conglomerados do topo da imagem são os mesmos da foto B. D) Foto do afloramento de Monte Serrat com clastos de diferentes tamanhos imbricados. Percebe-se um truncamento entre dois níveis conglomeráticos distintos, com granulometrias diferentes.

E) Afloramento Monte Serrat com enfoque no nível arenítico maciço e fraturado em contato com os conglomerados. F) Afloramento “Alto da Terezinha” mostrando fácies de leque proximal.

Dados de Paleocorrentes

Os dados de paleocorrente que foram encontrados estão representados nas figuras 13.1 e 13.2. Ao todo, foram coletadas 1784 direções de eixos-z em clastos de conglomerados da Fm. Salvador. As S0's foram coletadas nos mesmos afloramentos, a partir dos contatos entre as camadas.

No afloramento de Alto da Terezinha, foram realizadas 66 medidas. A tendência da dispersão varia entre NW e NE. Os valores máximos registrados estão entre N351° e N360° e N031°-N040°. A S0 acompanhando a tendência de dispersão dos dados, mergulha para N311NW.

Na Cachoeira de Oxumaré, foram obtidas 27 medidas e uma S0 mergulhando em N330W. As paleocorrentes principais encontram-se nos intervalos N351°-N360° com 18,5% das medidas e 331°-340° com quase 15%.

Na região do Cemitério de Periperi, foram obtidas 42 medidas e uma S0 mergulhando para N062NE, contrária ao sentido das paleocorrentes. Estas medidas concentraram-se no quadrante NW apesar de alguns pontos dispersos no quadrante SE, com 18,75% dispostas entre 321° e 330° marcando a paleocorrente principal.

Na Praia de Itacarânia, foi obtido um número de 206 medidas na base do afloramento e 125 medidas do topo. Nas medidas na área basal, é possível notar uma dispersão preferencial no quadrante N/NW com significativa dispersão para W/SW. Já ao topo, as medidas mostraram-se mais concentradas, com 21,6% dos dados entre os valores máximos de 161° e 170° indicando uma mudança no sentido dos fluxos para o quadrante SE. A S0 da área mergulha para N140SE.

Na região de Memed, 24 dados foram coletados, apresentando grande dispersão, melhor expressa pelo diagrama de roseta. As paleocorrentes interpretadas pelo tratamento de dados não são muito conclusivas mostrando um fluxo muito disperso variando entre N/NW até S/SE, apesar da concentração dos dados ser um pouco mais expressiva entre os valores de 151° e 160°. A S0 da região mergulha para N030NE.

Em Monte Serrat foram coletados 565 dados de medidas, com maior concentração entre 201° e 210° apontando para a tendência da paleocorrente que mostra dispersão no quadrante SW com significativo desvio para SE. A S0 medida mergulha para N254SW.

Na região de Ponta de Humaitá, foram obtidas 330 medidas com concentração valores máximos entre 291° e 300° (8,5%) demonstrando a paleocorrente principal, apesar da dispersão dos dados abarcar consideravelmente tanto o quadrante NW quanto o SW. A S0 da região mergulha para N244SW.

Na região da Praia da Plataforma, foram obtidos 154 dados de medidas, dispostos preferencialmente em SE com valores máximos entre 141° e 151° apontando para a direção principal da paleocorrente, inferindo na fonte de sedimentação em NE. A S0 encontrada mergulha para N140SE.

As medidas feitas na Praia de Roma foram 23 com concentração máxima de valores entre 201° e 210° (26,1%) mostrando a direção preferencial na paleocorrente e indicando a fonte de sedimentos na direção oposta. S0 mergulhando para N254SW.

Na região do Rio do Cobre, foram realizadas 92 medidas. A S0 encontrada mergulha para N316W, com as demais medidas dispersas entre SW/W com 16,3% das medidas entre 241° e 250° dando a direção preferencial da paleocorrente e indicando a fonte de sedimentos oposta às direções principais.

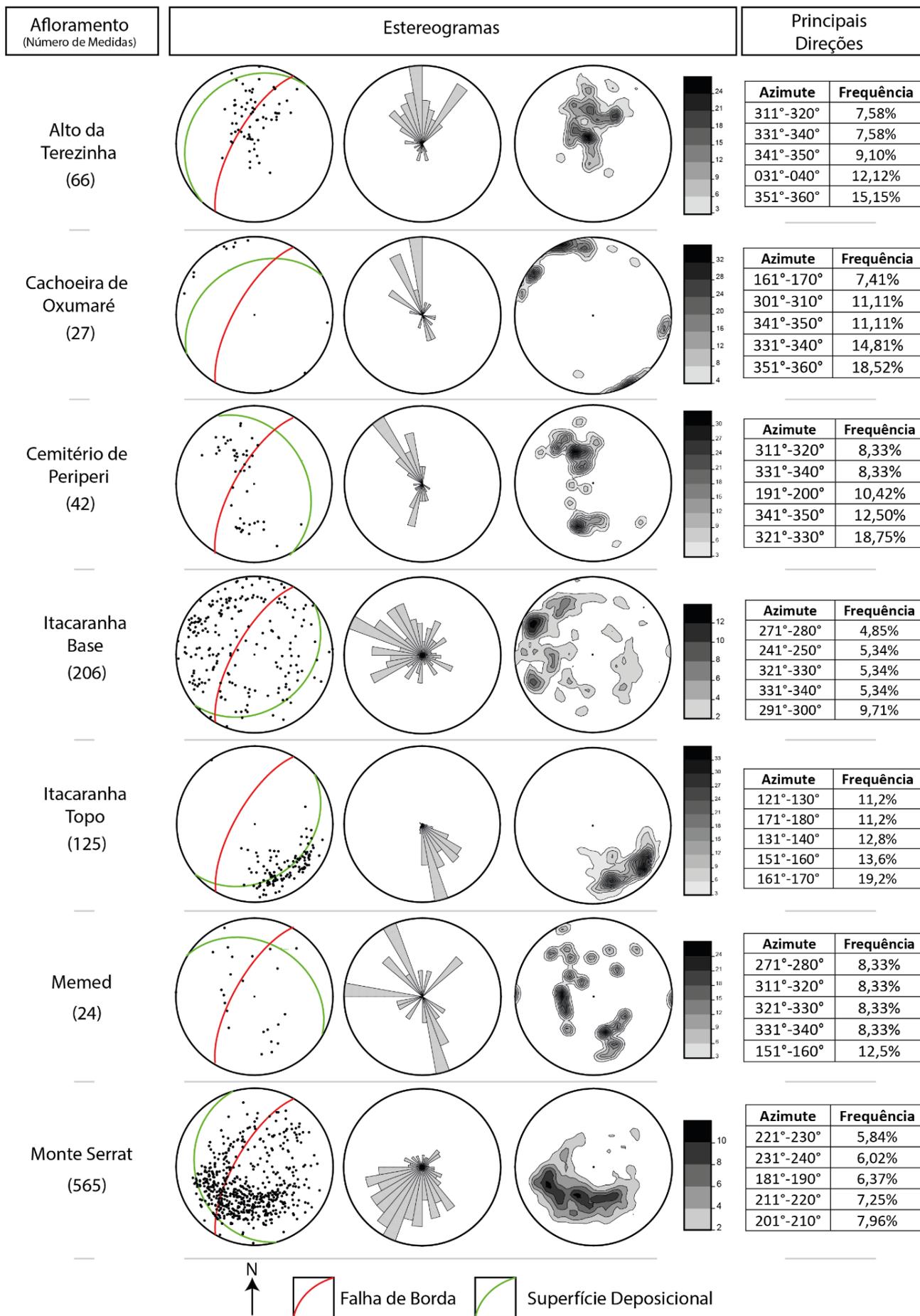


Figura 13.1: Diagramas estereográficos com os dados de paleocorrentes e de S0 medidos em campo. Afloramentos ordenados por ordem alfabética. Da esquerda para a direita: Nome do afloramento com o número de medidas abaixo. Diagrama com os lineamentos, falha de borda e S0 plotados. Diagrama de roseta representando as direções das paleocorrentes. Diagrama de isodensidade dos lineamentos ao lado da legenda interpretativa deste diagrama. Por fim, Tabela com os 5 principais intervalos de azimute com mais medidas de paleocorrentes, seguidos da frequência do respectivo intervalo.

Na Rua dos Araçás, foram realizadas 124 medidas. A dispersão dos dados no diagrama apresenta um comportamento NE/SW como observado, com 12.9% dos dados entre os valores de 011° e 020°, mostrando uma concentração um pouco maior no quadrante mais a Norte. A S0 do local mergulha para N190SW, no entanto.

No apanhado total, foram obtidas 1784 medidas ao longo da área de estudo, com as direções principais de paleocorrentes. O diagrama de roseta evidencia que há uma clara tendência de paleofluxos direcionados para SE e SW, havendo pouca diferença estatística entre esses intervalos.

As medidas de superfície deposicional mostram dispersão entre NW e NE, com concentração entre os intervalos 131°-140°, 251°-260° e 311°-320°.

As pétalas dos diagramas de rosetas foram plotadas no mapa geológico para avaliação espacial dessas paleocorrentes e sua correlação com as estruturas vistas em MDE (Figuras 14).

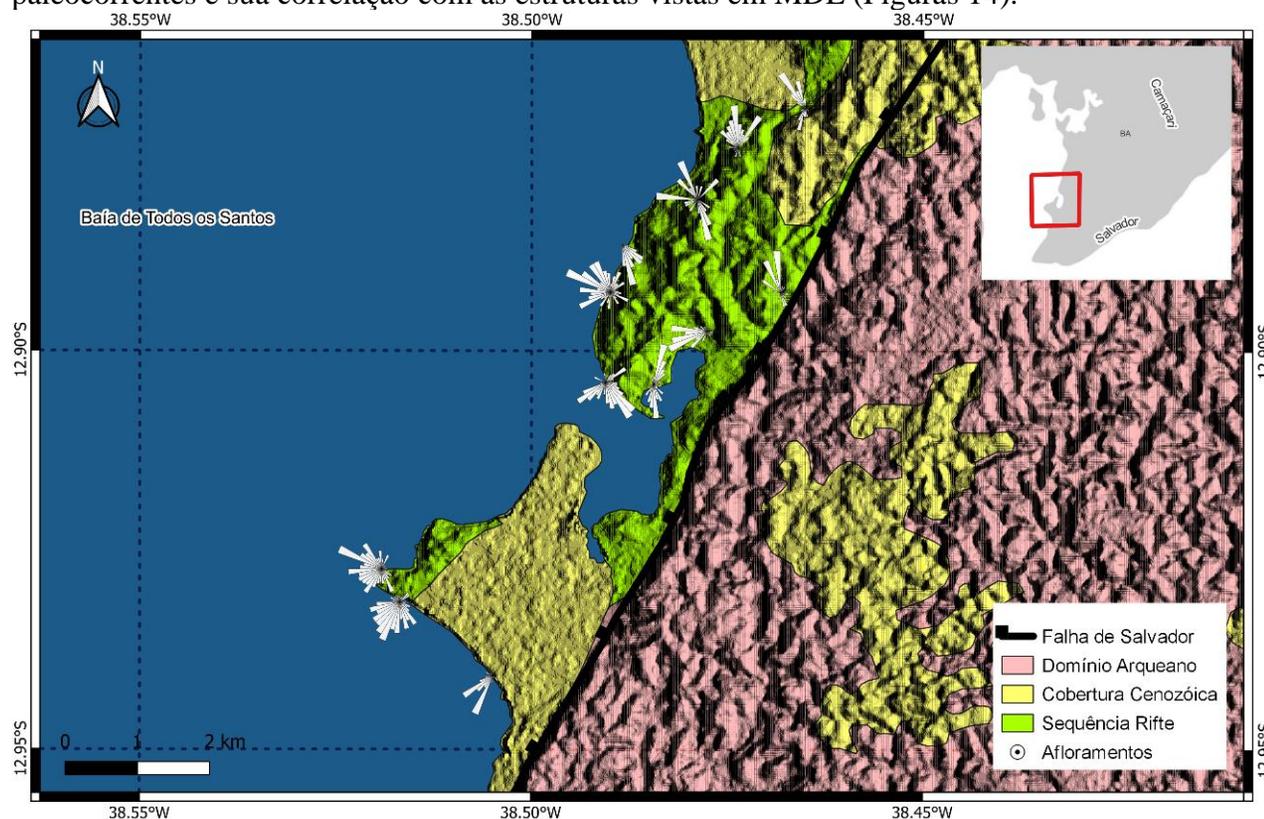


Figura 14: Mapa geológico da área de estudo com as pétalas dos diagramas de rosetas de paleocorrentes sobrepostas.

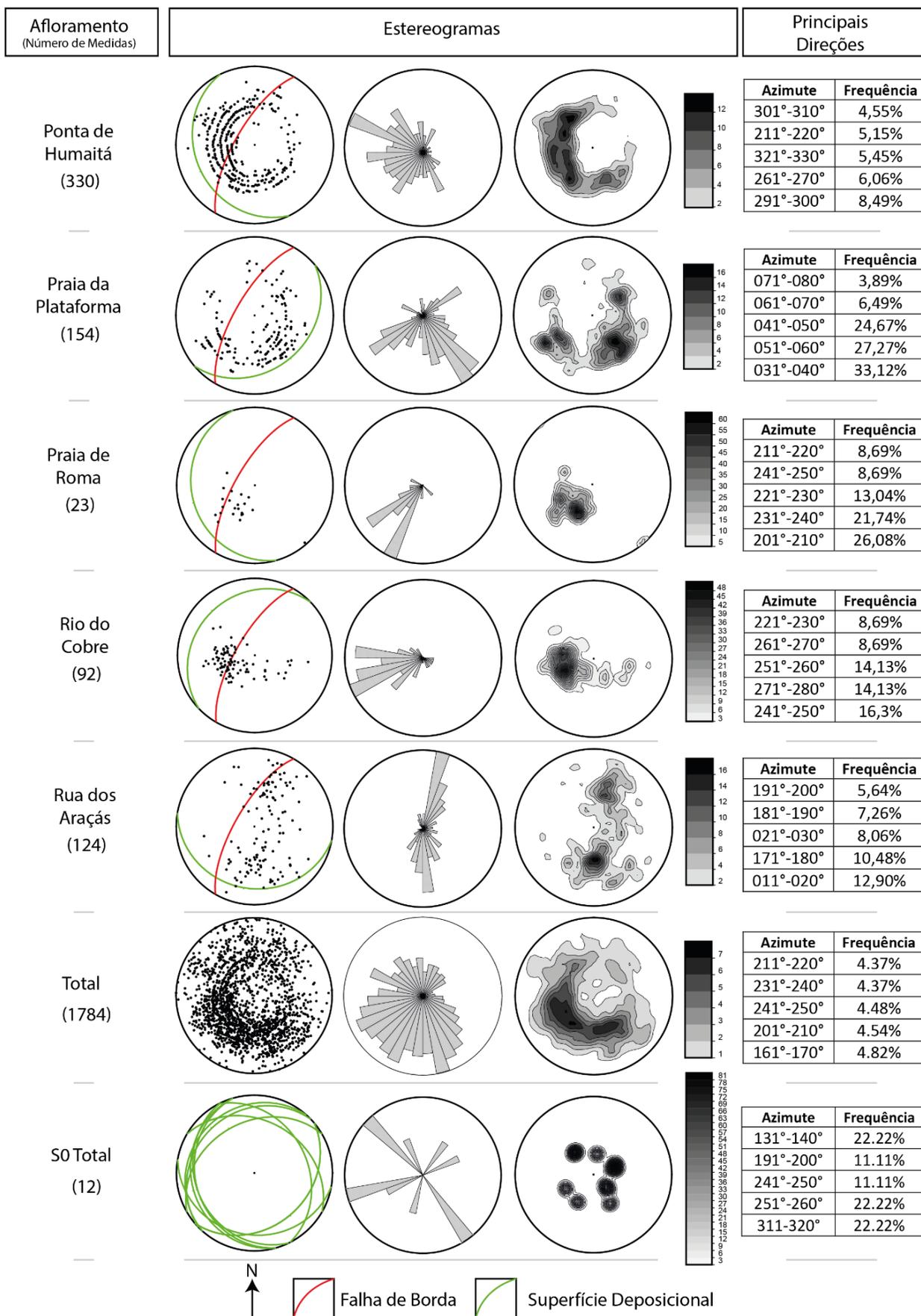


Figura 13.2: Continuação da Figura 12.1. Nesta tem-se plotados as medidas totais da área de estudo e a análise da S0 geral. Na última linha, diagrama de isodensidade polar com os polos das S0's.

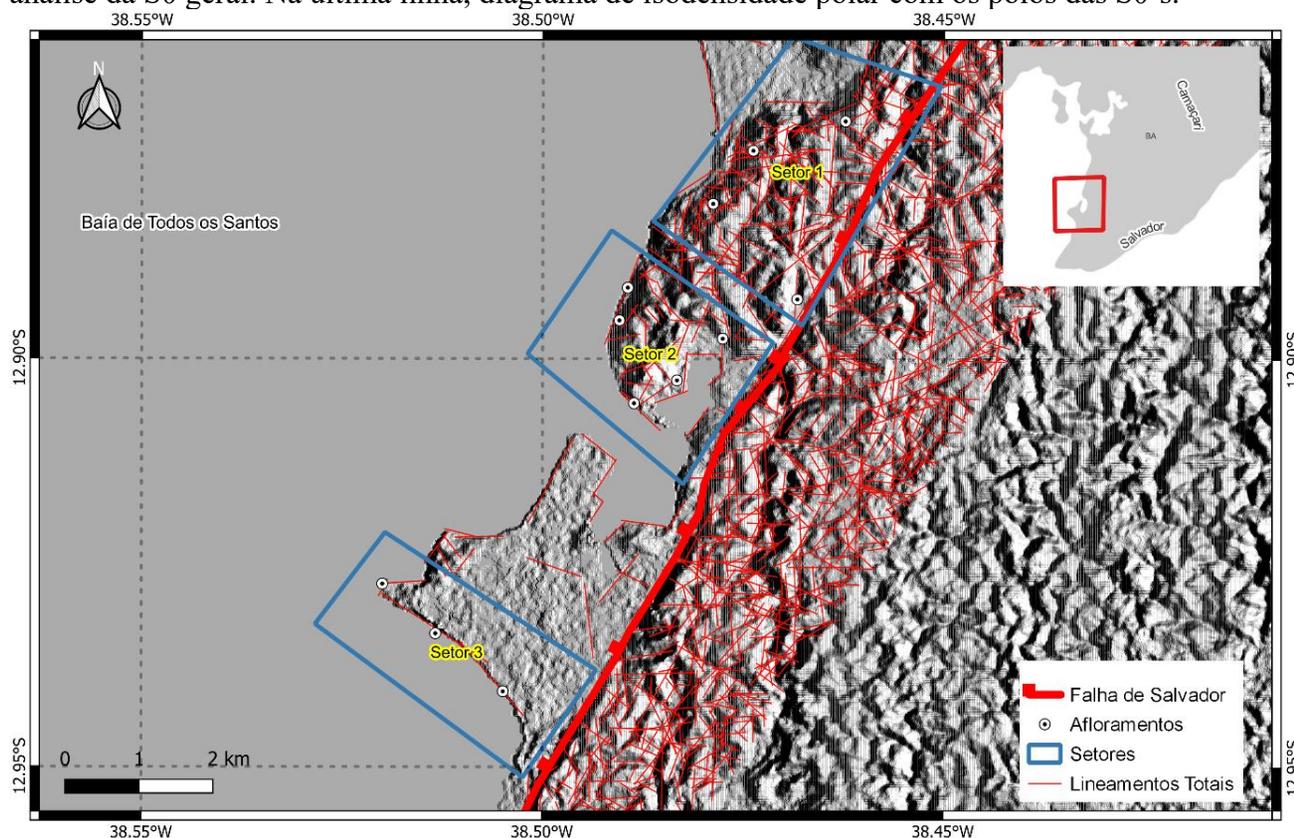


Figura 15: MDE com lineamentos plotados. Os afloramentos foram divididos em 3 setores distintos para análise dos dados.

É possível observar, ao analisar em mapa, que há um padrão nas direções das paleocorrentes. Pelo menos 3 tendências principais foram observadas (Figura 15). Nos afloramentos mais ao norte da área de estudo, as paleocorrentes possuem forte tendência a apontarem para N e N/NW. Mais ao sul, na região intermediária da área de estudo, as paleocorrentes possuem uma tendência a apontarem para S e SE. Na região mais austral da área de estudo as paleocorrentes tendem a serem direcionadas para SE. A divisão destas tendências em setores foi realizada para auxiliar na compreensão do controle estrutural de cada região (Figura 15).

Setor 1

É possível observar que no setor 1, mais ao norte as paleocorrentes tendem a apontar para direções alinhadas com os lineamentos próximos vistos no MDE (Figura 16). O ponto “Cachoeira de Oxumaré” é perfeitamente encaixada em um vale NS. Esta direção também é a principal direção das paleocorrentes neste ponto. Esta direção contém muitas das principais falhas da bacia, como discutido anteriormente. As paleocorrentes N-NW deste afloramento provavelmente refletem um controle estrutural secundário, uma vez que a S0 deste afloramento é concordante com o contato de falha da Fm. Salvador com o embasamento. Este ponto é o mais próximo da falha de borda.

No ponto mais à norte da área de estudo, o Cemitério de Periperi, seus fluxos predominantemente noroestes são concordantes com os lineamentos NW-SE que estão próximos de sua localidade (figura y-2). Esses lineamentos marcam vales preenchidos que canalizaram os fluxos gravitacionais neste local. A dispersão é pequena, mostrando que o fluxo era confinado neste local. Este lineamento

provavelmente é controlado pela abertura das estruturas transversais da bacia, como discutido anteriormente.

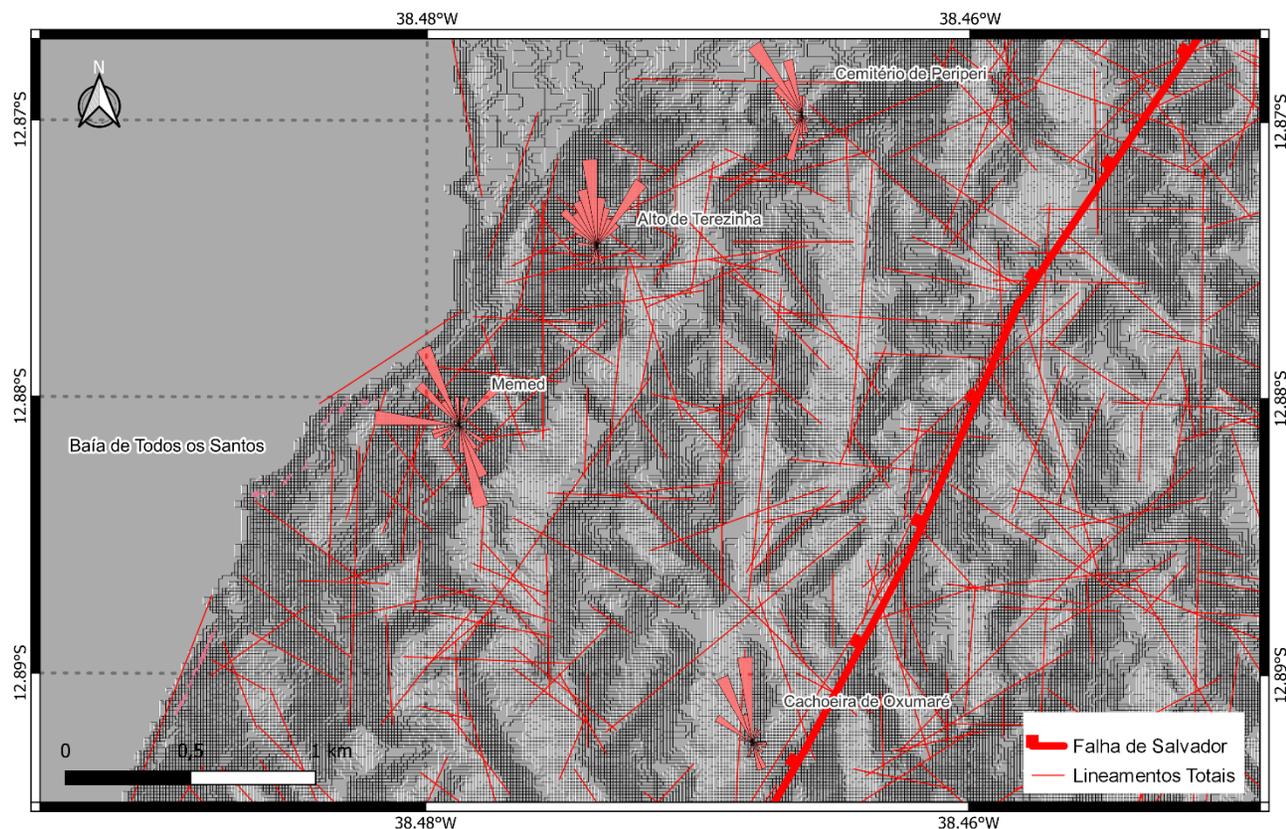


Figura 16: MDE do Setor 1 com os lineamentos e pétalas das paleocorrentes plotadas.

No afloramento “Alto da Terezinha” apesar do fluxo possuir muitos indicadores de paleocorrentes no intervalo $N351^{\circ}$ - $N000^{\circ}$, a dispersão entre os quadrantes NW e NE é o comportamento mais marcante neste local. Neste local não foi encontrado um lineamento NS, porém ele é rodeado de lineamentos NW-SE e NE-SW. Aqui, a explicação mais plausível são que estas estruturas encontradas tenham atuado como dois canais distintos de transporte ou terem proporcionado uma rampa de sedimentos locais causada por um processo análogo a um deslizamento em cunha (Wyllie & Mah 2004).

Processo similar pode ter ocorrido no afloramento “Memed”. Sua grande dispersão nos dados mostra uma difícil correlação com as estruturas NW e NE ao seu redor. Contudo, o afloramento compreende um vale preenchido e soterrado pela Formação Barreiras. As margens deste vale são recortadas pelos lineamentos vistos no MDE, portanto, intuindo que houve uma contribuição de diferentes direções na origem deste depósito.

Setor 2

O setor intermediário aparenta um comportamento diferente das direções de paleofluxo. Ao contrário do setor anterior, os afloramentos nesta região apresentam tendência de paleocorrentes para os quadrantes inferiores, com considerável contribuição para SE e SW, o que significa que os fluxos mergulham em direção a falha de borda (figura 17).

O afloramento Rio do Cobre apresenta tendência máxima de fluxo para o semi quadrante W-SW. O aspecto pouco errático deste afloramento mostra a tendência de um fluxo confinado. Isto fica evidente pela concentração de 30% dos seus clastos apontarem o eixo-z entre os intervalos $N241^{\circ}$ - $N260^{\circ}$. Este

afloramento apresenta influência dos lineamentos com strike mais próximos à WE, como N°060 a N°090. Alguns lineamentos próximos ao ponto aparentam essas direções.

O afloramento “Rua dos Araçás” possui uma dispersão dos seus clastos muito característica entre os pontos estudados. As paleocorrentes apresentam alta dispersão entre os quadrantes NE e SE, contudo, não há clastos com eixos curtos orientados para E. Essa bimodalidade dos dados pode apresentar duas explicações plausíveis. A primeira está relacionada à possibilidade de a erosão ter afetado o registro dos clastos nesta direção, porém, seria improvável que apenas esta subpopulação seria afetada. A outra hipótese mais provável é a de que o lineamento N10 que se encontra ao lado do afloramento tenha agido com uma barreira que teria canalizado um paleofluxo nas duas direções distintas.

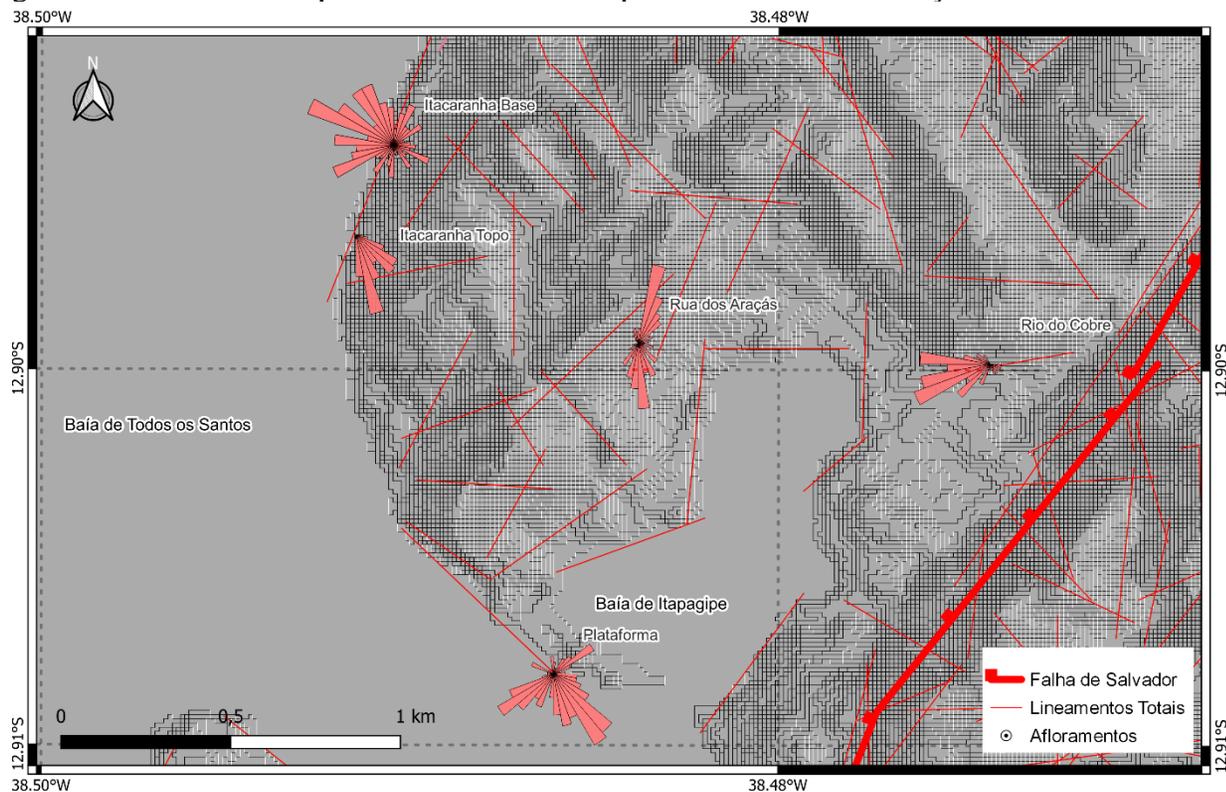


Figura 17: MDE do Setor 2 com os lineamentos e pétalas das paleocorrentes plotadas.

O afloramento de Itacaranhã fica localizado na praia homônima e foi subdividido em dois níveis estratigráficos distintos devido a diferença nas direções das paleocorrentes. No nível mais basal, o fluxo é muito disperso com variação entre os quadrantes SW e NW. Já no nível superior, o fluxo é muito pouco disperso com tendência clara para SE. A seção basal parece apresentar um controle exercido pelo lineamento N030°, subparalelo à falha de borda, que marca o alto antes do litoral. Este alto seria a frente do leque aluvial e teria alimentado os depósitos subjacentes. A tendência das paleocorrentes para NW evidencia essa relação devido a ortogonalidade com o lineamento em questão.

Contudo, o fluxo logo acima mostra que o fluxo fluiu para SE, ou seja, em direção ao lineamento. Isso fica claro que a influência do lineamento e da falha de borda tornam-se menores em relação a depósitos mais jovens. A explicação provável para este fenômeno será discutida posteriormente.

O afloramento da Plataforma localiza-se, novamente, em uma praia homônima. Seus fluxos são bimodais, sendo que os fluxos para SE são mais representativos do que os fluxos para SW. Os fluxos para SW parecem estar perfeitamente alinhados com o lineamento que marca a costa litorânea na entrada da Baía de Itapagipe.

Os fluxos canalizados para SW, neste setor, parecem coincidir com a depressão formadora da Baía de Itapagipe. Essa Baía é muito pouco estudada, não havendo bibliografia sobre a sua formação. Contudo, análises sedimentológicas de sedimentos quaternários sugere que seu depocentro é subparalelo a falha de Salvador, pois os sedimentos mais finos (silte argiloso) se orientam nesta direção, limitados por duas cunhas clásticas, uma vinda da Baía de Todos os Santos e outra vinda do Alto de Salvador (Bittencourt 1976 **apud** Lessa & Dias 2009). Desta forma, se for uma feição estrutural Mesozoica, esse poderia ser um subdepocentro tectonicamente formado próximo a borda leste da bacia.

Setor 3

O setor mais ao sul compreende os afloramentos Praia de Roma, Monte Serrat e Ponta de Humaitá. Estes pontos afloram ao longo da linha de costa das praias de Boa Viagem e Roma, que possui orientação próxima a N320°. Seus afloramentos mostram uma tendência clara de paleocorrentes para E-SE (Figura 18).

O afloramento mais próximo à falha de borda é o da Praia de Roma. Este afloramento encontra-se muito alterado devido a atuação constante das marés, ficando totalmente submerso enquanto a maré estiver alta. Poucos clastos foram preservados e estão sempre cobertos de muita matéria orgânica. Porém, eles mostraram tendência clara de fluxos para SE, ortogonalmente a sua costa, na qual os afloramentos estão alinhados. Sua pouca dispersão mostra um fluxo proximal com controle exclusivo deste lineamento.

O afloramento de Monte Serrat é caracterizado como o mais típico da Formação Salvador. São diversos níveis conglomeráticos intercalados com lamitos e arenitos alterados por liquidação. Suas paleocorrentes apontam preferencialmente para S-SE, mas com ampla dispersão indo de W para SE. Araújo (2008) mostra que as paleocorrentes dos estratos mais basais apontavam para SE e que os estratos superiores foram paulatinamente migrando para SW. O controle estrutural parece estar relacionado apenas com os lineamentos N320°, que marcam a sua costa. Contudo, o lineamento N030° localizado a oeste do afloramento pode ter atuado como um agente confinante nos fluxos.

O último afloramento é o de Ponta de Humaitá, vizinho de Monte Serrat. Contudo, seu padrão de paleocorrentes é mais errático e possui distribuição desde o SE até NW, com maior concentração em NW (N°291-N300°). Essa direção e preferencial para NW é exatamente ortogonal ao strike da falha de Salvador e ao lineamento que marca a costa litorânea NE da Península de Itapagipe. Essa perpendicularidade controlou e direcionou a propagação destes paleofluxos de detritos.

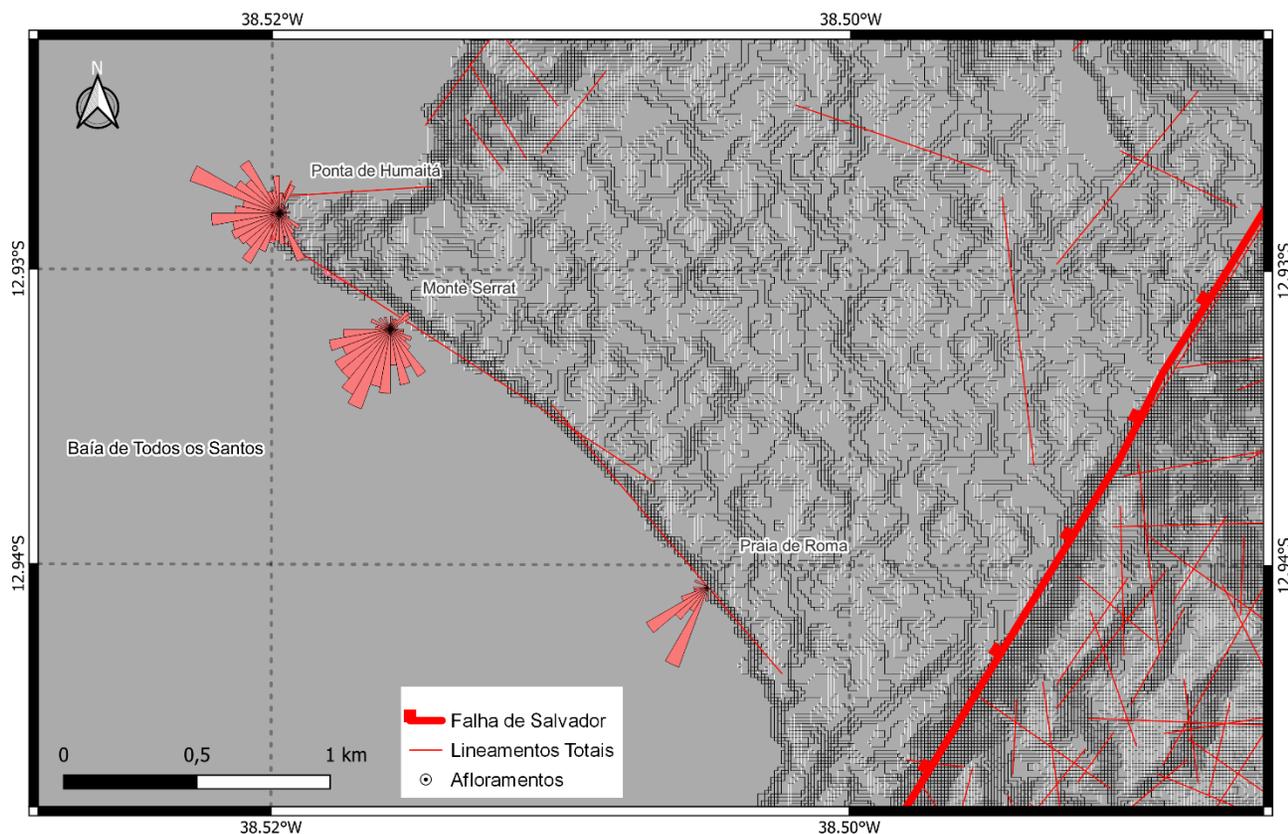


Figura 18: MDE do Setor 3 com os lineamentos e pétalas das paleocorrentes plotadas.

Hipóteses Evolutivas

O setor 1 possui uma maior influência das estruturas do embasamento. Suas paleocorrentes que possuem uma tendência para N e NW mostram que as estruturas principais do rifte são as principais condicionantes na direção dos fluxos gravitacionais (figura 19 A). Contudo, as estruturas mais ao sul dependem de estruturas sin riftes para a sua explicação.

O setor 3 da área de estudo mostra a influência dos lineamentos que marcam as linhas de costa da península de Itapagipe. A presença de paleofluxos gravitacionais com paleocorrentes ortogonais por toda a costa das praias de Roma e Boa Viagem, juntamente com as falhas transcorrentes de atitude $N320^{\circ}/90^{\circ}$ (sem evidência de estria vistas em campo) pode indicar que essa costa é marcada por uma falha de cinemática desconhecida. Aqui, chama-se essa falha hipotética de “Falha de Boa Viagem”. O lineamento que controla a deposição de Ponta de Humaitá, por sua vez, pode ser uma falha subparalela sintética a falha mestra. Aqui, chama-se essa falha de “Falha de Itapagipe”. Neste contexto uma rampa de revezamento poderia ter sido ativa nesta região. Esta rampa de revezamento poderia explicar a rotação dos fluxos dos conglomerados de borda cada vez mais para SE (figura 19 B). Rampas de revezamento são estruturas comuns em riftes ao redor do mundo todo e são importantes condutos de sedimentos para dentro da bacia, tendendo a paralelizar o fluxo sedimentar com as falhas de borda (Athmer & Luthi 2011).

Outra hipótese é que a falha de Boa Viagem seja, na verdade, uma falha de alívio (Figura 19 C), nos moldes do trabalho de Destro (2003). Falhas de alívio se formam em riftes profundo onde o a falha de borda possui um rejeito vertical diferencial muito acentuado ao longo do seu strike. Para acomodar essa diferença no rejeito, diversas falhas normais de alto ângulo com componentes transcorrentes se formariam ortogonalmente à falha de borda onde a crosta estivesse sobe muito esforço por conta da

diferença de rejeito ao seu lado. Os modelos de Destro (2003) postulam que sobre o strike dessas falhas de alívio se formariam rampas que direcionariam os fluxos sedimentares para direção da falha de borda. Isso explicaria as paleocorrentes para SW vista principalmente no setor 2 (figura 18 C). A própria Baía de Itapagipe pode ter sua formação ligada a esta hipótese. Uma vez que a depressão que ocorre ali poderia ser devido à falha de alívio.

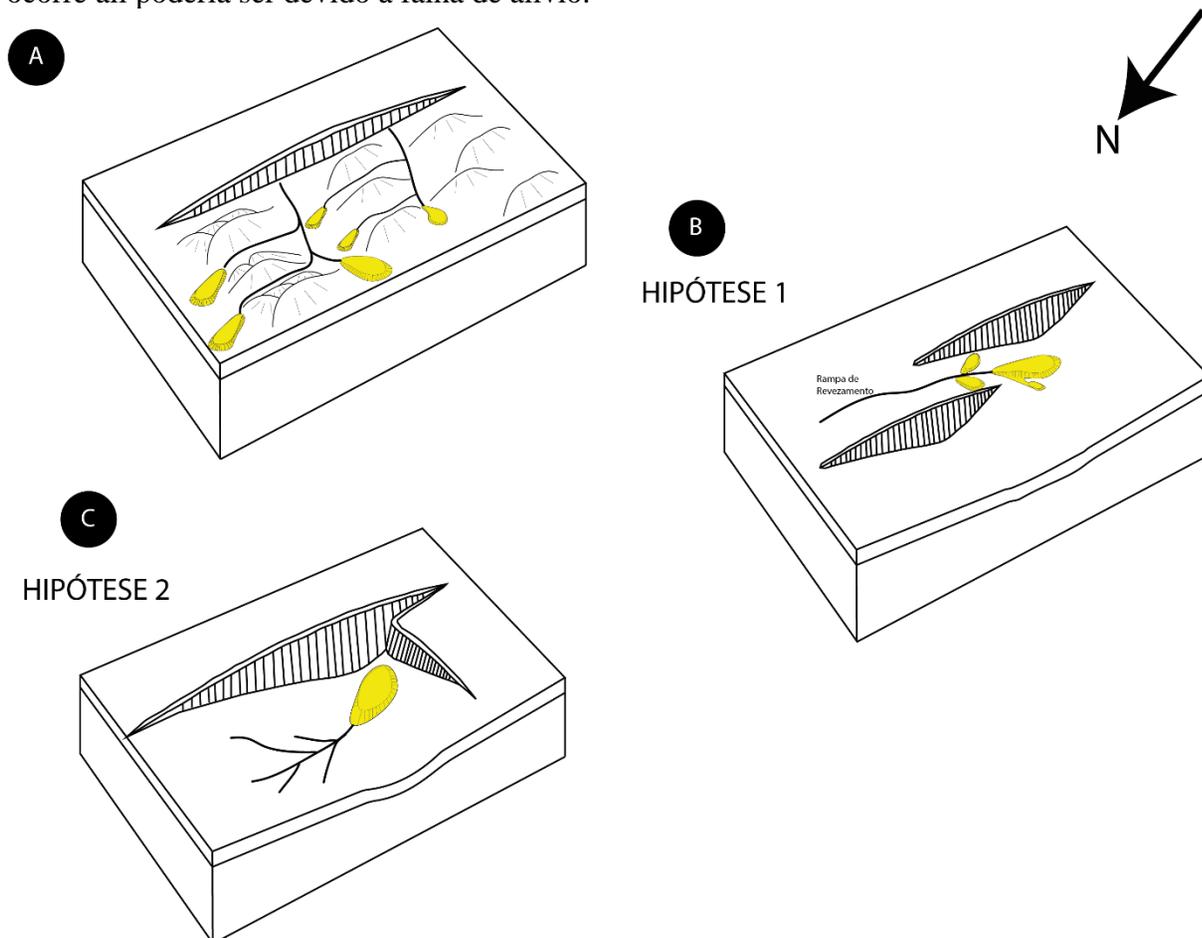


Figura 19: Modelos evolutivos da área de estudo. A) Modelo de sedimentação para o setor 1, sobe influência das estruturas pré-riftes nos estágios iniciais da fase rift. B) Hipótese 1, modelo de sedimentação sobre uma rampa de revezamento, que redirecionaria os fluxos para SE e parcialmente para SW. C) Hipótese , contexto de sedimentação sobre uma falha de alívio, que direcionaria os fluxos para SW.

CONCLUSÃO

A pesquisa em questão abordou a sedimentação por fluxos gravitacionais na região próxima à falha de borda da Bacia do Recôncavo, no nordeste brasileiro. O estudo se baseou na análise de modelos digitais de elevação (MDE), dados estruturais de campo e paleocorrentes, bem como na descrição dos afloramentos da Formação Salvador. Os principais resultados e discussões podem ser resumidos da seguinte forma:

Os lineamentos estruturais extraídos do MDE demonstraram uma clara influência das estruturas do embasamento na direção dos paleofluxos. As estruturas principais são de orientação N030°-N040° e

N000°-N010°, refletindo a herança estrutural do embasamento. As estruturas N090°-N100° provavelmente estavam associadas à zona de falhas da Barra, ao sul da bacia.

O estudo dividiu a área de estudo em três setores, cada um com suas próprias tendências nas paleocorrentes. O setor norte exibiu paleofluxos predominantemente para o norte e noroeste, refletindo influência das falhas principais da bacia. O setor intermediário mostrou fluxos direcionados para o sudeste, sugerindo influência de estruturas NW-SE e um possível depocentro próximo à falha de borda. No setor sul, as paleocorrentes se orientaram para o sudeste, indicando uma presença de duas rampas de revezamento com mergulhos para NE e SW.

Os afloramentos na Praia de Itacaranha exibiram uma mudança na direção das paleocorrentes ao longo do perfil estratigráfico, passando de fluxos noroestes desconfinados na base para fluxos sudestes confinados na parte superior. Isso pode ser explicado pela influência da rampa de revezamento que se formaram posteriormente, canalizando o fluxo.

A correlação entre as paleocorrentes e as estruturas geológicas sugeriu que as principais estruturas do embasamento desempenharam um papel fundamental na orientação dos fluxos sedimentares na bacia. Contudo, a mudança no sentido das paleocorrentes para SE e SW mostra uma posterior sobreposição de estruturas sin riftes no controle destes fluxos.

Dois hipóteses para a mudança do comportamento das paleocorrentes foram levantadas. A primeira hipótese sugere que a linha de costa que marca as praias de Boa Viagem e Roma seja a materialização de uma falha de transferência já soterrada (Falha de Boa Viagem). Esta falha de transferência seria responsável pela formação de uma rampa de revezamento que teria direcionado os fluxos para SE. A segunda hipótese sugere que a falha de Boa Viagem seja, na verdade, uma falha de alívio segundo postulado por Destro (2002) e Destro *et al.* (2003). Essa falha de alívio teria gerado um basculamento na região da falha de borda e formaria um depocentro próximo da falha de borda. A primeira hipótese explica melhor a variação de paleocorrentes no setor 3, enquanto a segunda hipótese explica melhor as paleocorrentes do setor 2.

Ambas as hipóteses carecem de estudos de subsuperfície para verificar as estruturas submersas na região próxima a península de Itapagipe. A comprovação da existência de uma quase ortogonal a falha de borda pode elucidar melhor a questão de como aquela região se formou. A própria Baía de Itapagipe carece de estudos sobre sua gênese, a fim de validar alguma destas hipóteses.

Os resultados contribuem para uma melhor compreensão da evolução tectônica e sedimentária da Bacia do Recôncavo, destacando a importância das estruturas pré e sin deposicionais no controle da deposição por fluxos gravitacionais na região.

Em resumo, este estudo fornece insights valiosos sobre como as estruturas geológicas influenciam a deposição de sedimentos por fluxos gravitacionais em uma bacia de rifte. Ele destaca a complexidade das interações entre estruturas geológicas e processos sedimentares e a importância de considerar esses fatores ao interpretar os registros geológicos. Essas descobertas são relevantes não apenas para a compreensão da evolução da Bacia do Recôncavo, mas também para estudos geológicos e geotécnicos em outras áreas com características semelhantes.

REFERÊNCIAS

- Acocella, V., Morvillo, P., & Funiciello, R. (2005). What Controls Relay Ramps and Transfer Faults Within Rift Zones? Insights From Analogue Models. *Journal Of Structural Geology*, 27(3), 397–408. <https://doi.org/10.1016/j.jsg.2004.11.006>
- Allard, G. O., & Tibana, P. (1966). Extensão Pré-Cretácea e Petrografia Da Série Estância, Reconstruída pelo Estudo dos Conglomerados Cretáceos do Recôncavo. *Boletim Técnico da Petrobrás*, 9(1), 17-45.
- Allen, P. A., & John Richard Allen. (2013). Basin Analysis: Principles and Application to Petroleum Play Assessment. Wiley-Blackwell.
- Araújo, F. G. (2008). Estudo Litofaciológico da Formação Salvador em Mont Serrat, Afloramento da Bacia do Recôncavo-Bahia. *Trabalho Final de Graduação (Bacharelado em Geologia). Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador.*
- Athmer, W., & Luthi, S. M. (2011). The Effect of Relay Ramps on Sediment Routes and Deposition: A Review. *Sedimentary Geology*, 242(1-4), 1-17.
- Barbosa, F. J. Domingues, J. M. Corrêa-Gomes, L. & Marinho, M. M. (2007). O Conglomerado de Mont Serrat e Suas Relações com o Alto e a Falha de Salvador, Bahia. *Revista Brasileira De Geociências*, 37(2), 324–332. <https://doi.org/10.25249/0375-7536.2007373324332>
- Freitas, B. T. Paes, R., Carrera, S. C., Figueiredo, F. T., Turra, B. B., Varejão, F. G. & Assine, M. L. (2017). Aptian Sedimentation in The Recôncavo-Tucano-Jatobá Rift System and Its Tectonic and Paleogeographic Significance. *Journal Of South American Earth Sciences*, 80, 460–481. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2017.10.001>
- Bird, P. C., Cartwright, J. A., & Davies, T. L. (2014). Basement Reactivation in The Development of Rift Basins: An Example of Reactivated Caledonide Structures in The West Orkney Basin. *Journal Of the Geological Society*, 172(1), 77–85. <https://doi.org/10.1144/jgs2013-09>
- Bittencourt, A. C. D. S. P. (1976). Alguns Aspectos da Sedimentação Na Baía de Todos os Santos, Bahia. *Revista Brasileira de Geociências Volume*, 6, 247.
- Brenna, A., Surian, N., Ghinassi, M., & Marchi, L. (2020). Sediment–Water Flows in Mountain Streams: Recognition and Classification Based on Field Evidence. *Geomorphology*, 371, 107413.
- Brito Neves, B. B. D., Cordani, U. G., & Torquato, J. R. F. (1980). Evolução Geocronológica Do Pré-cambriano Do Estado Da Bahia. *Geologia E Recursos Minerais Do Estado Da Bahia: Textos Básicos*.
- Caixeta, J. M., Bueno, G. V., Magnavita, L. P., & Feijó, F. J. (1994). Reconcavo, Tucano And Jatoba Basins; Bacias Do Recôncavo, Tucano E Jatobá. *Boletim De Geociências Da Petrobras*, 8.
- Côrrea-Gomes, L. C., & Destro, N. (2012). Tectônica Das Bacias Paleozóicas e Mesozóicas. Barbosa, Js F; Mascarenhas, Jf; Correa-Gomes; Lc, 255-326.
- Corrêa-Gomes, L. C., Dominguez, J. M. L., Barbosa, J. S. F., & Silva, I. C. D. (2005). Padrões De Orientação Dos Campos De Tensão, Estruturas, Herança Do Embasamento E Evolução Tectônica Das

- Bacias De Camamú E Porção Sul Do Recôncavo, Costa Do Dendê, Bahia. *Revista Brasileira De Geociências*, 35(4), 117–128. <https://doi.org/10.25249/0375-7536.200535s4117128>
- Corrêa-Gomes, L.C., Barbosa, J.S.F., (2018). Projeto Rift Bahia II. Geodinâmica Evolutiva dos Riftes Recôncavo-Tucano-Jatobá e Araripe e Estrutura 3-D Profunda dos Embasamentos Cristalinos Associados. Parte I: Da Bacia Do Recôncavo Até a Bacia de Tucano Central., Relatório Técnico Final., Termo De Cooperação nº0050.0093094.14.9, No ANP 18015-8. Petrobras/Ufba/Fapex (429 Pp.).
- Dasgupta, P. (2003). Sediment Gravity Flow—The Conceptual Problems. *Earth-Science Reviews*, 62(3-4), 265–281. [https://doi.org/10.1016/S0012-8252\(02\)00160-5](https://doi.org/10.1016/S0012-8252(02)00160-5)
- Datta, T. K. (2010). **Seismic Analysis of Structures**. John Wiley & Sons.
- Destro, N. (2002). Falhas De Alívio E De Transferência: O Significado Tectônico E Econômico No Rift Do Recôncavo-Tucano-Jatobá, Ne Brasil. *Federal University Of Ouro Preto, Brazil, Phd*, 173p.
- Destro, N., Alkmim, F. F., Magnavita, L. P., & Szatmari, P. (2003). The Jeremoabo Transpressional Transfer Fault, Recôncavo–Tucano Rift, Ne Brazil. *Journal Of Structural Geology*, 25(8), 1263-1279. [https://doi.org/10.1016/S0191-8141\(02\)00164-5](https://doi.org/10.1016/S0191-8141(02)00164-5)
- Dillinger, A., & George, A. D. (2019). Syn-Rift Sequence Development in a Fault-Controlled Embayment (Early Permian Irwin River Coal Measures, Northern Perth Basin, Western Australia). *Sedimentology*, 66(7), 2828–2873. <https://doi.org/10.1111/Sed.12617>
- Fazlikhani, H., Fossen, H., Gawthorpe, R. L., Faleide, J. I., & Bell, R. E. (2017). Basement Structure and Its Influence on The Structural Configuration of The Northern North Sea Rift. *Tectonics*, 36(6), 1151–1177. <https://doi.org/10.1002/2017tc004514>
- Gawthorpe, R. L., & Leeder, M. R. (2000). Tectono-Sedimentary Evolution of Active Extensional Basins. *Basin Research*, 12(3-4), 195-218.
- Hampton, M. A. (1972). The Role of Subaqueous *Debris flow* in Generating Turbidity Currents. *Journal Of Sedimentary Research*, 42(4).
- Hein, F. J. (1984). Deep-Sea And Fluvial Braided Channel Conglomerates: A Comparison of Two Case Studies.
- Hendry, H. E. (1976). The Orientation of Discoidal Clasts in Resedimented Conglomerates, Cambro-Ordovician, Gaspé, Eastern Quebec. *Journal Of Sedimentary Research*, 46(1), 48-55.
- Wyllie, D.C., Mah, C. (2004). Rock Slope Engineering Civil and Mining 4th Ed. *London And New York*. <https://doi.org/10.1201/9781315274980>
- Holz, M., Vilas-Boas, D. B., Troccoli, E. B., Santana, V. C., & Vidigal-Souza, P. A. (2017). Conceptual Models for Sequence Stratigraphy of Continental Rift Successions. In *Stratigraphy & Timescales* (Vol. 2, Pp. 119-186). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/Bs.Sats.2017.07.002>

HORN, Bruno Ludovico Dihl; DE MORAIS, Débora Melo Ferrer. First occurrence of the Salvador Formation in the Jatobá Basin (Pernambuco, Northeast Brazil): Facies characterization and depositional systems. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 72, p. 25-37, 2016.

Lambiase, J. J., & Bosworth, W. (1995). Structural Controls on Sedimentation in Continental Rifts. *Geological Society, London, Special Publications*, 80(1), 117–144. <https://doi.org/10.1144/Gsl.Sp.1995.080.01.06>

Lessaab, G., & Diascd, K. (2009). Distribuição Espacial Das Litofácies De Fundo Da Baía De Todos Os Santos Spatial Distribution Of The Litofacies Of Baía De Todos Os Santos's Seabed. *Quaternary And Environmental Geosciences*, 1(2), 84-97.

Li, J., Liu, Z., Liu, J., Chen, L., Liu, H., Huang, L., Qian, L., Lu, K., & Liu, K. (2021). Transformation Of Sediment Delivery and Dispersal Patterns Controlled by Relay-Ramp Evolution Along the Boundary Fault of a Lacustrine Rift: The Eocene Shahejie Formation, Dongying Sag, Bohai Bay Basin, Ne China. *Marine And Petroleum Geology*, 128, 105044. <https://doi.org/10.1016/J.Marpetgeo.2021.105044>

Luciano P. Magnavita, Hercules T. F. (1995). Rift Border System: The Interplay Between Tectonics and Sedimentation in The Reconcavo Basin, Northeastern Brazil. *Aapg Bulletin*, 79. <https://doi.org/10.1306/7834de22-1721-11d7-8645000102c1865d>

Ludovico, B., & Melo, D. (2016). First Occurrence of The Salvador Formation in The Jatobá Basin (Pernambuco, Northeast Brazil): Facies Characterization and Depositional Systems. *Journal Of South American Earth Sciences*, 72, 25–37. <https://doi.org/10.1016/J.Jsames.2016.07.007>

Magnavita, L. P. (1992). *Geometry And Kinematics of The Recôncavo-Tucano-Jatobá Rift Ne Brazil*. 1992 (Doctoral Dissertation, Tese (Doutorado Em Geologia) –Universidade De Oxford Oxford).

Magnavita, L. P., Davison, I., & Kusznir, N. J. (1994). Rifting, Erosion, And Uplift History of The Recôncavo-Tucano-Jatobá Rift, Northeast Brazil. *Tectonics*, 13(2), 367–388. <https://doi.org/10.1029/93tc02941>

Magnavita, L. P., Silva, R. R. D., & Sanches, C. P. (2005). Field Trip Guide Of The Reconcavo Basin, Ne Brazil; Guia De Campo Da Bacia Do Reconcavo, Ne Do Brasil. *Boletim De Geociencias Da Petrobras*, 13.

Miall, A. D. (2013). *The Geology Of Fluvial Deposits: Sedimentary Facies, Basin Analysis, And Petroleum Geology*. Springer.

Middleton, G.V., Hampton, M.A., (1973). Sediment gravity flows: mechanics of flow and deposition. In: Middleton, G.V., Bouma, A.H.(Co-Chairmen), Turbidites and Deep Water Sedimentation. Soc.Econ. Paleontol. Mineral., Pac. Sect., Short Course, pp. 1– 38

Milani, E. J. (1985). Tectônica Cisalhante Na Evolução Do Rift Do Recôncavo-Tucano-Jatobá. *Revista Brasileira De Geociências*, 15(4), 287–292. <https://doi.org/10.25249/0375-7536.1985287292>.

Milani, E. J., & Davison, I. (1988). Basement Control and Transfer Tectonics In The Recôncavo-Tucano-Jatobá Rift, Northeast Brazil. *Tectonophysics*, 154(1-2), 41–70. [https://doi.org/10.1016/0040-1951\(88\)90227-2](https://doi.org/10.1016/0040-1951(88)90227-2)

- Milhomem, P. S.; Milani, E. J.; Oliveira, F. M.; Carvalho, M. S. S.; Souza-Lima, W. (2003). Bacia Do Recôncavo. *Bacias Sedimentares Brasileiras*. Fundação Paleontológica Phoenix.
- Miura, K. (1967). Estudo Dos Fanglomerados Na Margem Leste Da Bacia Do Recôncavo. *Coletânea De Relatórios De Exploração Da Petrobrás*, 95-110.
- Netto, A. S. T., & Oliveira, J. J. (1985). O Preenchimento Do Rift-Valley Na Bacia Do Recôncavo. *Revista Brasileira De Geociências*, 15(2), 97-102.
- Prates, I., & Fernandez, R. (2015). Bacia Do Recôncavo Sumário Geológico E Setores Em Oferta. *Décima Terceira Rodada De Licitações. Brasil: Agência Nacional Do Petróleo, Gás Natural E Biocombustíveis (Anp)*. Available At: < Available At: [Http://Rodadas. Anp. Gov. Br/Arquivos/Round_13/Areas_Oferecidas_R13/Sumarios_Geologicos/Sumario_Geologico_Bacia_Reconcavo_R13. Pdf](Http://Rodadas.Anp.Gov.Br/Arquivos/Round_13/Areas_Oferecidas_R13/Sumarios_Geologicos/Sumario_Geologico_Bacia_Reconcavo_R13.Pdf)>. Accessed On: May, 20, 2020.
- Qgis Development Team, <2021>. Qgis Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. <Http://Qgis.Osgeo.Org>
- Queiroz, G. L., Salamuni, E., & Nascimento, E. R. Do. (2014). Azimuthfinder: Ferramenta Para A Extração De Dados E Apoio Na Análise Estrutural. *Geologia Usp. Série Científica*, 13(4), 69–80. <Https://Doi.Org/10.5327/Z1519-874x201400010005>
- Silva, I. C. D. (2013). Evolução Dinâmica Do Sistema De Bacias Tipo Rifte Recôncavo–Tucano-Jatobá Com Base Em Dados De Campo.
- Silva, O. B., Caixeta, J. M., & Milhomem, P. S. (2007). Bacia Do Recôncavo. *B. Geoci. Petrobras*, 15, 423-431.
- Vesely, F. F., Kraft, R. P., Mattos, T. R., Schemiko, D. C. B., Berton, F., Monteiro, L. B., & Yamassaki, H. S. (2021). Os Primeiros Turbiditos Do Brasil. *Boletim Paranaense De Geociências*, 78.
- Yagishita, K. (1989). Gravel Fabric of Clast-Supported Resedimented Conglomerate. *Sedimentary Facies in The Active Plate Margin*, 33-42.
- Ziegler, P. A., & Cloetingh, S. (2004). Dynamic Processes Controlling Evolution of Rifted Basins. *Earth-Science Reviews*, 64(1-2),1–50. [Https://Doi.Org/10.1016/S0012-8252\(03\)00041-2](Https://Doi.Org/10.1016/S0012-8252(03)00041-2)

CAPÍTULO 3

CONCLUSÕES

Os fluxos gravitacionais de sedimento, em suas diversas formas, representam um grande desafio para as sociedades humanas. Os desastres naturais relacionados às suas ocorrências vitimam vidas por todo o mundo, além de causar danos à infraestrutura das cidades. Entretanto, seu papel no registro geológico é fundamental para auxiliar os geólogos no entendimento da evolução das bacias sedimentares. Além disso, possuem grande valor econômico, sendo muito importantes para a indústria do petróleo.

O estudo de bacias tipo rifte passa por uma gama de abordagens em que se correlaciona os esforços tectônicos responsáveis pela sua abertura, suas estruturas desenvolvidas e seu preenchimento. Em riftes sem magmatismo, como o é o caso da bacia do Recôncavo, a sedimentação apresenta padrões de desenvolvimento intrinsecamente relacionados ao seu arcabouço estrutural. As falhas de borda tendem a concentrar seus leques aluviais ao longo do seu strike, com tendência de espraiamento dos canais paralelo à direção do seu mergulho. Outras estruturas, como rampas de revezamento e zonas de acomodação podem exercer papéis secundários, porém, muito representativos no controle dos fluxos sedimentares.

O estudo aqui apresentado investigou a sedimentação por fluxos gravitacionais perto da falha de borda da Bacia do Recôncavo, no nordeste brasileiro. Utilizou modelos digitais de elevação, dados de campo e paleocorrentes, além da análise dos afloramentos da Formação Salvador. Os principais resultados incluem:

1. Identificação de lineamentos estruturais relacionados às estruturas do embasamento e da bacia que influenciaram os fluxos sedimentares. As análises estruturais revelaram que as principais estruturas vista na bacia foram herdadas do embasamento. Todavia, as estruturas ortogonais a Falha de Salvador, apresentam maior frequência na bacia do que no embasamento, mostrando a predominância de esforços sin-riftes na sua formação. Estas estruturas foram fundamentais para o controle dos paleofluxos.
2. Divisão da área em três setores com diferentes tendências nas paleocorrentes, relacionadas às características geológicas locais. O setor norte mostrou forte tendência de fluxos canalizados para N e NW. O setor intermediário mostrou tendência para fluxos cada vez mais restritos para SW. O Setor mostrou tendência para SE.
3. As estruturas do embasamento mostraram-se determinantes na orientação dos fluxos sedimentares, principalmente no setor norte.
4. Duas hipóteses para a mudança nas paleocorrentes foram levantadas. A primeira consiste em uma rampa de revezamento instalada na região. A segunda hipótese trata-se de uma rampa ao longo do strike de uma falha de alívio. Ambas as hipóteses necessitam de estudos geofísicos para sua comprovação.

Em resumo, o estudo ressalta como as estruturas geológicas influenciam a deposição de sedimentos por fluxos gravitacionais em uma bacia de rifte e destaca a complexidade dessas interações. Suas descobertas têm relevância para a compreensão da evolução da Bacia do Recôncavo e têm aplicações em estudos geológicos e geotécnicos em áreas semelhantes.

APÊNDICE A – JUSTIFICATIVA DA PARTICIPAÇÃO DOS CO-AUTORES

O coautor Luiz César Corrêa Gomes foi o orientador o segundo autor deste trabalho.

A coautora Monique Ellen Matos Santos e o coautor Marcelo Lopes Wendling Vargas atuaram ativamente neste estudo. Realizando trabalhos de campo e auxiliando na elaboração de etapas do processamento dos dados.

ANEXO A – REGRAS DE FORMATAÇÃO DA REVISTA DE GEOCIÊNCIAS DA USP

1. PÁGINA DE ROSTO – deverá conter: três títulos, em português, em inglês e título curto (no idioma principal do manuscrito com no máximo 50 caracteres, contando os espaços); nome completo e instituição de origem dos autores; endereço institucional completo **somente do autor principal** (logradouro, CEP, cidade, estado, país, caixa postal e **telefone para contato** - *endereço da Universidade*), **e-mail de todos os autores**; **ORCID de todos os autores**; número de palavras; total de figuras e de tabelas.

2. RESUMO E ABSTRACT – em um único parágrafo, **devem ser concisos, com no máximo 270 palavras**. Textos mais longos devem vir acompanhados de justificativa circunstanciada.

3. PALAVRAS-CHAVE E KEYWORDS – **máximo seis**, separadas por ponto e vírgula, com a primeira letra em maiúscula. Ex.: Bacia do Araripe; Quaternário; Fácies; Depósitos magmáticos. Os descritores em inglês devem acompanhar os termos em português.

4. TEXTO PRINCIPAL – poderá ser redigido em português ou inglês. Elaborar em Word, fonte Times New Roman, tamanho 12, espaço simples. **O tamanho máximo aceito para publicação é de 25 páginas, incluindo: texto, resumo, abstract, tabelas, figuras e referências bibliográficas.** (Trabalhos mais longos podem ser aceitos desde que argumentos científicos que os justifiquem sejam apresentados e aceitos). Configuração da página: formato A4; margens superior e inferior: 3 cm; direita e esquerda : 2 cm.

a) Na fase de submissão, inserir numeração de páginas, bem como as figuras, tabelas, legendas e referências.

b) Quando o artigo estiver devidamente aprovado para publicação, as figuras, tabelas e legendas devem ser retiradas do texto. Enviá-las separadamente e numeradas, cada uma num arquivo. As legendas devem vir em um único arquivo, separadas das figuras e tabelas.

5. TÍTULOS

a) Título do artigo:

Título principal – **Negrito, caixa alta na primeira letra da primeira palavra e caixa baixa nas demais.**

Título em inglês – *Itálico, caixa alta na primeira letra da primeira palavra e caixa baixa nas demais (sem negrito).*

Título curto - Caixa alta na primeira letra da primeira palavra e caixa baixa nas demais (sem negrito /sem itálico).

b) Títulos e subtítulos no interior do artigo:

NÍVEL 1 – **NEGRITO, CAIXA ALTA.**
Nível 2 – **Negrito, caixa alta na primeira letra da primeira palavra e caixa baixa nas demais.**

Nível 3 – *Itálico, caixa alta na primeira letra da primeira palavra e caixa baixa nas demais (sem negrito).*

Nível 4 – Caixa alta na primeira letra da primeira palavra e caixa baixa nas demais (sem negrito).

6. TABELAS E QUADROS – considerar quadro como tabela. Elaborar em Word, no modo “tabela”, com formato aberto, fonte Arial, tamanho 8. Obedecer as medidas: 8,2 cm (uma coluna)

ou 17 cm (duas colunas), comprimento máximo de 22 cm, incluindo a legenda. Tabelas muito extensas deverão ser divididas.

a) Na fase de submissão, inserir as tabelas no texto, juntamente com a legenda, com a devida numeração sequencial.

b) Quando o artigo estiver devidamente aprovado para publicação, as tabelas devem ser retiradas do texto. Enviá-las separadamente e numeradas, cada uma num arquivo. As legendas devem vir em um único arquivo, separadas das tabelas.

c) Legendas: fonte Times New Roman, tamanho 12. (sem itálico)

7. ILUSTRAÇÕES – mapas, fotos, figuras, gráficos, pranchas, fotomicrografias etc., considerar como figuras. Utilizar fonte Arial, tamanho 9. Obedecer as medidas: 8,2 cm (uma coluna) ou 17 cm (duas colunas), comprimento máximo de 22 cm, incluindo a legenda.

a) Na fase de submissão, inserir as figuras no texto, juntamente com a legenda, com a devida numeração sequencial.

b) Quando o artigo estiver devidamente aprovado para publicação, as figuras devem ser retiradas do texto. Enviá-las separadamente e numeradas, cada uma num arquivo. **Deverão estar em formato JPEG, TIFF ou EPS, com resolução mínima de 300 dpi.** As legendas devem vir em um único arquivo, separadas das figuras.

c) Legendas: fonte Times New Roman, tamanho 12. (sem itálico)

8. CITAÇÕES NO TEXTO – exemplos de citação direta / citação indireta:

a) Um autor

Santos (1980) / (Santos, 1980)

b) Dois autores

Norton e Long (1995) / (Norton e Long, 1980)

c) Mais de dois autores

Moorbath *et al.* (1992) / (Moorbath *et al.*, 1992)

d) Congressos, conferências, seminários etc.

... no Congresso Brasileiro de Geologia (1984) / (Congresso Brasileiro de Geologia, 1984)

e) Vários trabalhos de diferentes autores

Smith (1985), Rose e Turner (1986) e Johnson *et al.* (1990) / (Smith, 1985; Rose e Turner, 1986; Johnson *et al.*, 1990)

f) Citação de vários trabalhos de um mesmo autor

Smith (1979a, 1979b, 1981) / (Smith, 1979a, 1979b, 1981)

9. REFERÊNCIAS – listar no final do texto, em ordem alfabética de autores e, dentro dessa sequência, em ordem cronológica.

DOI: inseri-lo em todas as referências que já o tiverem.

A exatidão das referências bibliográficas é de inteira responsabilidade dos autores.

EXEMPLOS DE REFERÊNCIAS:

a) Livro com um autor

Middlemost, E. A. K. (1997). *Magma, rocks and planetary development: A Survey of Magma/Igneous Rock Systems*. Harlow: Longman.

b) Livro com dois autores

Anderson, M. P., Woessner, W. W. (1992). *Applied groundwater modeling. Simulation of low and advective transport*. San Diego: Academic Press.

c) Livro com três ou mais autores

Harland, W. B., Armstrong, R. L., Cox, A. L. V., Craig, L. E., Smith, A., Smith, D. (1989). *A geologic time scale* (2nd ed.). Cambridge: Cambridge University Press.

d) Capítulo de livro

Almeida, F. F. M., Amaral, G., Cordani, U. G., Kawashita, K. (1973). The Precambrian evolution of the South American cratonic margin south of Amazonas River. In: A. E. Nairn, F. G. Stille (Eds.), *The ocean basin and margins*, 1, 411-446. New York: Plenum.

(Exemplo de Publicação seriada)

L. Harris, N. , Pearce, J. , Tindle, A. (1986). Geochemical collision-zone magmatism. In: Coward M. P., Ries A. C. (ed.) *Collision tectonics*. 67-81. London: Geological Society. (Geological Society Special Publication, 19).

e) Artigo de periódico

Caffe, P. J., Soler, M. M., Coira, B. L., Cordani, U. G., Onoe, A. T. (2008). The granada ignimbrite: a compound pyroclastic unit and its relationship with upper miocene caldera volcanism in the northern Puna. *Journal of South American Earth Science*, 25(4), 464-484.

f) Trabalho apresentado em evento

Danni, J. C. M., Ribeiro, C. C. (1978). Caracterização estratigráfica da sequência vulcano-sedimentar de Pilar de Goiás e de Guarinos, Goiás. *XXX Congresso Brasileiro de Geologia*, 2, 582-596. Recife: SBG.

g) Mapa

Inda, H. A. W., Barbosa, J. F. (1978). *Mapa Geológico do Estado da Bahia*. Escala 1:1.000.000. Salvador: Secretaria de Minas e Energia do Estado da Bahia/ CBPM.

h) Teses e Dissertações

Petta, A. R. (1995). *Estudo geoquímico e relações petrogenéticas do batólito múltiplo composto São Vicente/ Caicó (RN-Brasil)*. Tese (Doutorado). Rio Claro: Instituto de Geociências e Ciências Exatas – UNESP.

Pressi, L. F. (2012). *Evolução magmática do Plúton Piracaia (SP): parâmetros físico-químicos e evidências de mistura entre magmas monzodioríticos e sieníticos*. Dissertação (Mestrado). São Paulo: Instituto de Geociências – USP.

i) Publicação de Instituição:

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. (2020). *Sistema de Cadastro e Quantificação de Geossítios e Sítios da Geodiversidade - GEOSSIT*. Disponível em: <https://www.cprm.gov.br/geossit/>. Acesso em: 26 mai. 2020.

WTO – World Tourism Organization. (1992). *Guidelines: Development of national parks and protected area for tourism*. Tourism and the Environment. UNEP-IE/PAC Technical Report. Series nº 13. Madrid. Disponível em: <https://www.e-unwto.org/doi/book/10.18111/9789284400263>. Acesso em: 07 out. 2021.

j) Documentos em meio eletrônico

Livro

Sharkov, E. (2012). *Tectonics: Recent Advances*. Croatia: InTech. Disponível em: <<http://www.intechopen.com/books/tectonics-recent-advances>>. Acesso em: 18 jan. 2012.

Artigo de periódico

Soares, E. A., Tatum, S. H. (2010). OSL age determinations of pleistocene fluvial deposits in Central Amazonia. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 82(3), 691-699. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/aabc/v82n3/17.pdf>>. Acesso em: 14 fev. 2011.

Trabalho apresentado em evento

Souza-Lima, W., Farias, R. M. (2007). A flora quaternária dos travertinos de Itabaiana, Sergipe. *PALEO 2007* (p. 7). Itabaiana: SBP. Disponível em: <http://www.phoenix.org.br/Paleo2007_Boletim.pdf>. Acesso em: 18 dez. 2008.

k) Com numeração DOI

Livro

Zavattini, J. A. (2009). *As chuvas e as massas de ar no estado de Mato Grosso do Sul: estudo geográfico com vista à regionalização climática*. <https://doi.org/10.7476/9788579830020>

Artigo de periódico

Evandro, L., Kleina, E. L., Rodrigues, J. B., Lopesa, E. C. S., Gilvana, L. Soledade, G. L. (2012). Diversity of Rhyacian granitoids in the basement of the Neoproterozoic-Early Cambrian Gurupi Belt, northern Brazil: Geochemistry, U–Pb zircon geochronology, and Nd isotope constraints on the Paleoproterozoic magmatic and crustal evolution. *Precambrian Research*, 220-221, 192-216. <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2012.08.007>

ANEXO B – COMPROVANTE DE SUBMISSÃO DO ARTIGO



Daniel Machado via Portal de Revistas da USP <portalderevistas@usp.br>
para mim ▾

08:41 (há 11 minutos) ☆ ↶ ⋮

Gabriel Góes Marins:

Obrigado por submeter o manuscrito, "Controle estrutural dos depósitos de fluxos gravitacionais na borda leste da Bacia do Recôncavo – NE, Brasi" ao periódico Geologia USP. Série Científica. Com o sistema de gerenciamento de periódicos on-line que estamos usando, você poderá acompanhar seu progresso através do processo editorial efetuando login no site do periódico:

URL da Submissão: <https://www.revistas.usp.br/guspsc/authorDashboard/submission/218340>
Usuário: gabrielmarins93

Se você tiver alguma dúvida, entre em contato conosco. Agradecemos por considerar este periódico para publicar o seu trabalho.

Daniel Machado