

Controle do embasamento no rifteamento das bacias de Camamu e Almada

Basement control in Camamu and Almada rift basins

Talles Souza Ferreira¹, José Maurício Caixeta¹, Fabrizio Dias Lima¹

resumo

As bacias de Camamu e Almada localizam-se na costa do estado da Bahia, entre as cidades de Salvador e Ilhéus. Ambas repousam sobre rochas paleoproterozoicas do Orógeno Itabuna-Salvador-Curaça e neoproterozoicas do Orógeno Araçuaí. A história policíclica destes dois orógenos deixou uma herança de cinturões de dobramentos e zonas de cisalhamento quilométricas, possivelmente reativadas durante a instalação do sistema de riftes Cretáceos. Nas bacias de Camamu e Almada, as reativações ocorreram ao longo de zonas de cisalhamento transpressivas do Cinturão Itabuna-Salvador-Curaça e do Orógeno Araçuaí.

Neste trabalho, é mostrado que os principais episódios de reativação aproveitaram feixes de lineamentos NW-SE, N-S e NE-SW das zonas de cisalhamento Salvador, Itabuna e Itaju do Colônia. Estas zonas de cisalhamento possivelmente funcionaram como falhas transversais, influenciando na iniciação, propagação e registro tectono-estratigráfico do rifteamento. Nas duas bacias, a reativação das estruturas pré-cambrianas foi registrada de modo distinto, refletindo em padrões diferentes de distribuição dos depocentros, segmentação interna, halocinese e estilo tectônico.

Palavras-chave: Bacia de Camamu | Bacia de Almada | Controle de embasamento | Bacia rifte

¹ Petrobras. Edifício Sede da Petrobras – EDISE. E&P Exploração. Interpretação e Avaliação das Bacias da Costa Leste. Interpretação. tallesferreira@petrobras.com.br; jmcaixeta@petrobras.com.br; fabrizio@petrobras.com.br.

abstract

The Camamu and Almada basins are located on the coast of Bahia state, between the cities of Salvador and Ilhéus. Basement rocks in these basins are paleoproterozoic and neoproterozoic rocks of the Itabuna-Salvador-Curuça and Araçuaí Orogens. Their structural frameworks left a legacy of kilometer scale fold belts and shear zones that strongly influenced the initiation and evolution of the cretaceous rifting system. Major reactivations were respectively accommodated by the NW-SE, N-S and NE-SW trending shear zones of Salvador, Itabuna and Itaju do Colônia. This work demonstrates these shear zones were probably reactivated as transverse faults, exerting critical influence on the initiation and propagation of the cretaceous rifting. This phenomenon is marked in many different ways in each rift basin. The most important variations are in the depocenter distribution, segmentation, compartmentalization of salt masses and tectonic style.

(Expanded abstract available at the end of the paper).

Keywords: *Camamu Basin | Almada Basin | basement control | rift Basin*

introdução

As bacias de Camamu e Almada, localizadas na costa do estado da Bahia, no Nordeste brasileiro, se desenvolveram durante o processo de rifteamento e posterior desenvolvimento de crosta oceânica na margem leste do Brasil (Chang *et al.*, 1992). Estas bacias estão localizadas no ponto onde o sistema rifte foi abortado ao norte, formando as bacias interiores do Recôncavo-Tucano-Jatobá (Magnavita, 1992), na inflexão para leste, que causa o rifteamento da Bacia de Jacuípe, alto que apartava Camamu e Almada das bacias de Sergipe e Alagoas. Este rifteamento ocorreu entre o Neocomiano e o Aptiano e teve como enraizamento de suas falhas o Cráton São Francisco e suas faixas orogênicas adjacentes (Almeida, 1977), representadas pelo cinturão Salvador-Itabuna e a faixa Araçuaí. Estes componentes do embasamento sofreram processos de fechamento e abertura de bacias, apresentado estruturas, zonas de fraqueza e crostas estiradas ou espessadas em decorrência de eventos anteriores ao rifteamento do Neocomiano (Barbosa e Sabaté, 2002, 2003; Pedrosa-Soares *et al.* 1992; Alckmin *et al.*, 2006).

Durante o rifteamento das bacias de Camamu e Almada, esta anisotropia do embasamento refletiu no desenvolvimento do sistema de falhamentos, na estrutura da bacia e, conseqüentemente, no preenchimento sedimentar das bacias de Camamu e Almada (Caixeta *et al.*, 2007; Gontijo *et al.*, 2007).

A interpretação de dados regionais, a partir de métodos potenciais como magnetometria e gravimetria, revela parte desta anisotropia do embasamento e ressalta lineamentos estruturais que controlam falhas dentro destas bacias. Dados sísmicos de mapeamentos regionais atestam este controle através da inflexão de falhas, deslocamento de charneiras e mudanças de estilo estrutural das falhas, em compartimentos delimitados por grandes lineamentos do embasamento (Ferreira *et al.*, 2009). Este arcabouço estrutural influenciou significativamente a sedimentação nas fases rifte e transicional das bacias de Camamu e Almada, servindo também como topografia inicial para o desenvolvimento dos carbonatos albianos.

Apesar das bacias de Camamu e Almada apresentarem uma boa correlação de suas formações na fase rifte, existem diferenças marcantes tanto nas espessuras das formações da seção rifte como na presença e distribuição de sal e dos carbonatos albianos (Caixeta *et al.*, 2007; Gontijo *et al.*, 2007). Estas características diferenciam as bacias de Camamu e Almada. A simples interpretação de um alto estrutural do embasamento que separa as bacias não é fator determinante para diferenciação da sedimentação. Para melhor compreensão da divisão entre estas bacias, deve-se considerar o arcabouço estrutural do rifte, que está enraizado em estruturas pré-existentes do embasamento das faixas móveis cambrianas, as quais bordejam o Cráton São Francisco. Neste trabalho, é apresentada uma síntese sobre a influência do embasamento no arcabouço rifte das bacias de Camamu e Almada e sua integração com a tectônica regional, resultando na sugestão de um novo limite geológico relacionado ao embasamento que divide tectono-estratigraficamente essas bacias.

o embasamento à luz dos métodos potenciais

Os mais recentes mapas regionais de métodos potenciais (gravimetria e magnetometria) servem como subsídios importantes para a interpretação

de feições do embasamento das bacias de Camamu e Almada. Estes mapas mostram diferenças no comportamento do embasamento nas bacias de Camamu e Almada (Barros e Santos, 2009). A interpretação destes mapas e sua integração com o arcabouço de falhas nas bacias demonstram um controle do embasamento na distribuição, orientação e estilos de falhamento.

A gravimetria mostra que o embasamento na Bacia de Camamu tem um comportamento predominantemente bipolar, com um baixo gravimétrico na parte rasa e um grande alinhamento N-S de um alto, enquanto a Bacia de Almada apresenta uma distribuição mais isotrópica, com pequenos altos e baixos gravimétricos bem distribuídos. Vários fatores podem influenciar estas observações, contudo, o mais importante é verificar a distinção entre estes domínios gravimétricos (fig. 1a), correspondentes, ao norte, ao embasamento de Camamu, e ao sul ao embasamento de Almada. Ocorre um destacado alto gravimétrico na porção rasa da bacia, na qual se verifica a inflexão das falhas do rifte predominantemente N-S para NE-SW. A inflexão das falhas forma uma faixa correspondente à transição dos domínios gravimétricos, ou seja, entre os embasamentos das bacias de Camamu e Almada. Esta faixa de inflexão das falhas do rifte de direção NE-SW forma um alinhamento coincidente com uma descontinuidade do embasamento observada em terra, representada pela zona de cisalhamento brasileira Itaju do Colônia (figs. 1a e 2).

No mapa de magnetometria, o alinhamento NE-SW é marcante na região (fig. 1b). Estas diferenças do embasamento reveladas nos mapas de métodos potenciais controlaram de forma significativa tanto o desenvolvimento do padrão de falhas quanto o preenchimento sedimentar nas bacias de Camamu e Almada (fig. 3).

o arcabouço estrutural da seção rifte

As bacias de Camamu e Almada exibem um arcabouço de falhas da fase rifte enraizadas no embasamento cristalino, refletindo as anisotropias do mesmo na orientação e estilo de desenvolvimento do rifte. As principais falhas do rifte ocorrem com

orientação N-S, na Bacia de Almada e na porção sul de Camamu, e NE-SW, no norte da Bacia de Camamu. Este padrão das principais falhas e charneiras das bacias se origina na Zona de Cisalhamento Itabuna, que aflora em terra. (fig. 2).

Alguns outros lineamentos do embasamento, transversais a esta orientação principal, influenciam o desenvolvimento de falhamentos transversais (Milani, 1989) nas bacias de Camamu e Almada, analogamente ao que ocorre ao norte, no rifte Recôncavo-Tucano-Jatobá (Milani e Davison, 1988). Na porção norte da Bacia de Almada, na transição com a Bacia de Camamu, ocorre uma faixa de direção NE-SW, onde as falhas infletem de N-S para NE-SW, sugerindo o controle da zona de cisalhamento pré-cambriana de Itaju do Colônia (fig. 2). Esta zona de inflexão das falhas acomoda, também, uma diferença de mais de 1km na profundidade do embasamento entre as bacias de Camamu e Almada (figs. 4 e 5). A diferença na profundidade do embasamento causou reflexos significativos na deposição das seções rifte e pós-rifte, as quais diferenciam as duas bacias estudadas. Esta zona de acomodação, denominada de Taipus Mirim, doravante ZATM, também promove o deslocamento das charneiras N-S da seção rifte, bem representado (figs. 2, 3 e 5) no deslocamento da quebra da plataforma continental atual.

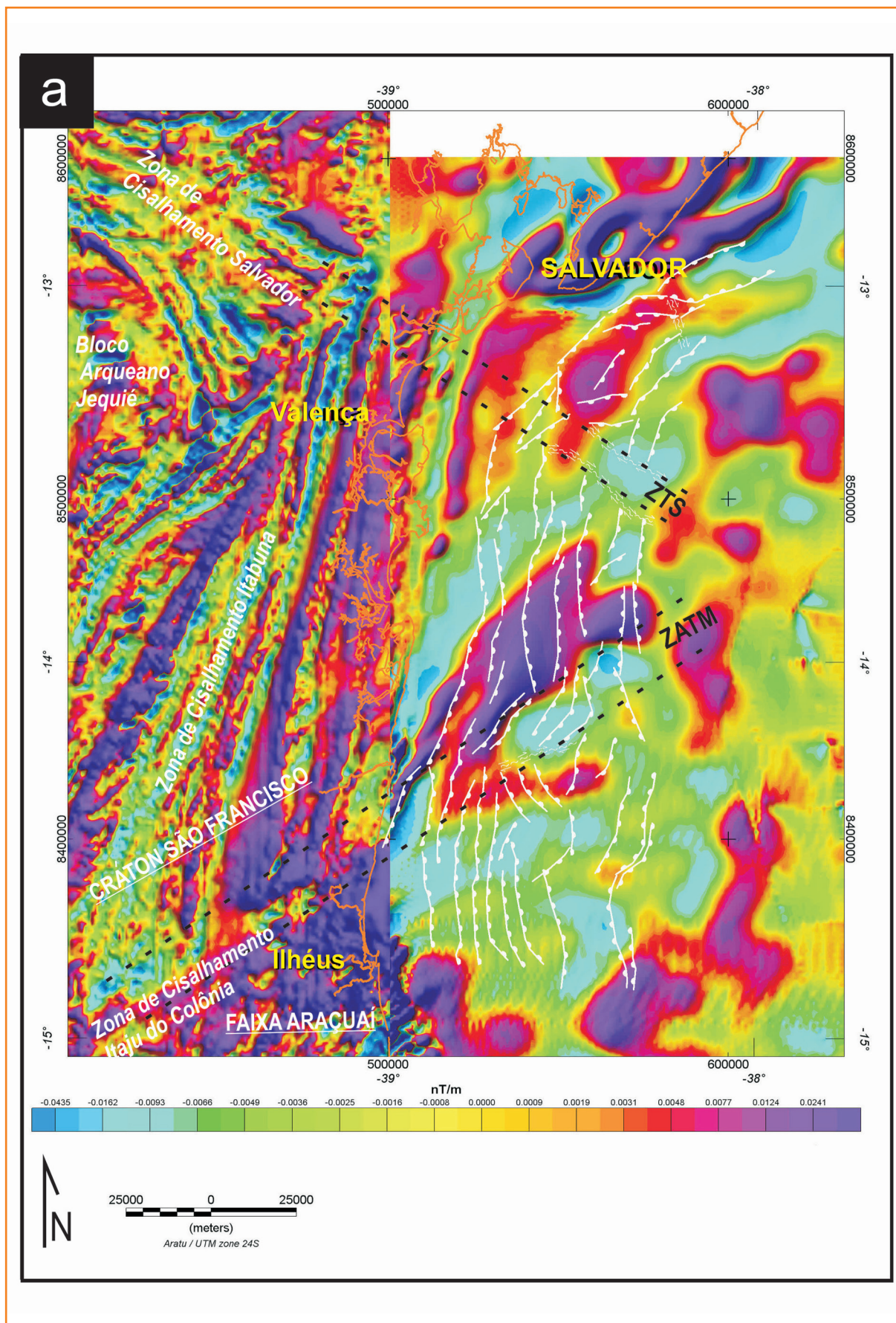
Outra importante estrutura transversal ao rifteamento ocorre na Bacia de Camamu. Com orientação NW-SE, esta zona de transferência se correlaciona, no embasamento, com a Zona de Cisalhamento Salvador, que é a inflexão para NW-SE do cinturão Itabuna-Salvador-Curaça, na região próxima a Salvador (fig. 2). Correa-Gomes *et al.* (2005a) sugerem, a partir do estudo de campo de tensões, reativações transcorrentes em falhas NW-SE em afloramentos no embasamento na Zona de Cisalhamento Salvador. Este lineamento do embasamento reflete na Bacia de Camamu, como uma zona onde ocorrem estruturas-em-flor predominantemente positivas, de acordo com os critérios de reconhecimento de Harding (1985) (fig. 4). Esta zona de transferência acomoda a mudança de orientação das principais falhas e charneiras de N-S para NE-SW na porção norte da Bacia de Camamu (fig. 2). Esta zona de transferência, doravante ZTS, foi denominada Salvador. Esta estrutura serviu como zona de fraqueza para estabelecimento do Cânion de Salvador, um corredor de areias atuante desde o Paleoceno até o Recente.

Figura 1a

1a – Mapa Magnetométrico a 1° derivada vertical, reduzida ao pólo com sobreposição do arcabouço de falhas do rifte. Ocorre uma forte anomalia positiva de direção NE-SW, alinhada aproximadamente a um lineamento que ocorre no embasamento adjacente relacionado à Zona de Cisalhamento Itaju do Colônia.

Figure 1a

1a - Magnetic map of 1st vertical derivative (reduced to pole) with overlapping framework of the rift faults. There is a strong positive NE-SW anomaly approximately aligned to the Itaju do Colônia shear zone that occurs in the adjacent basement.



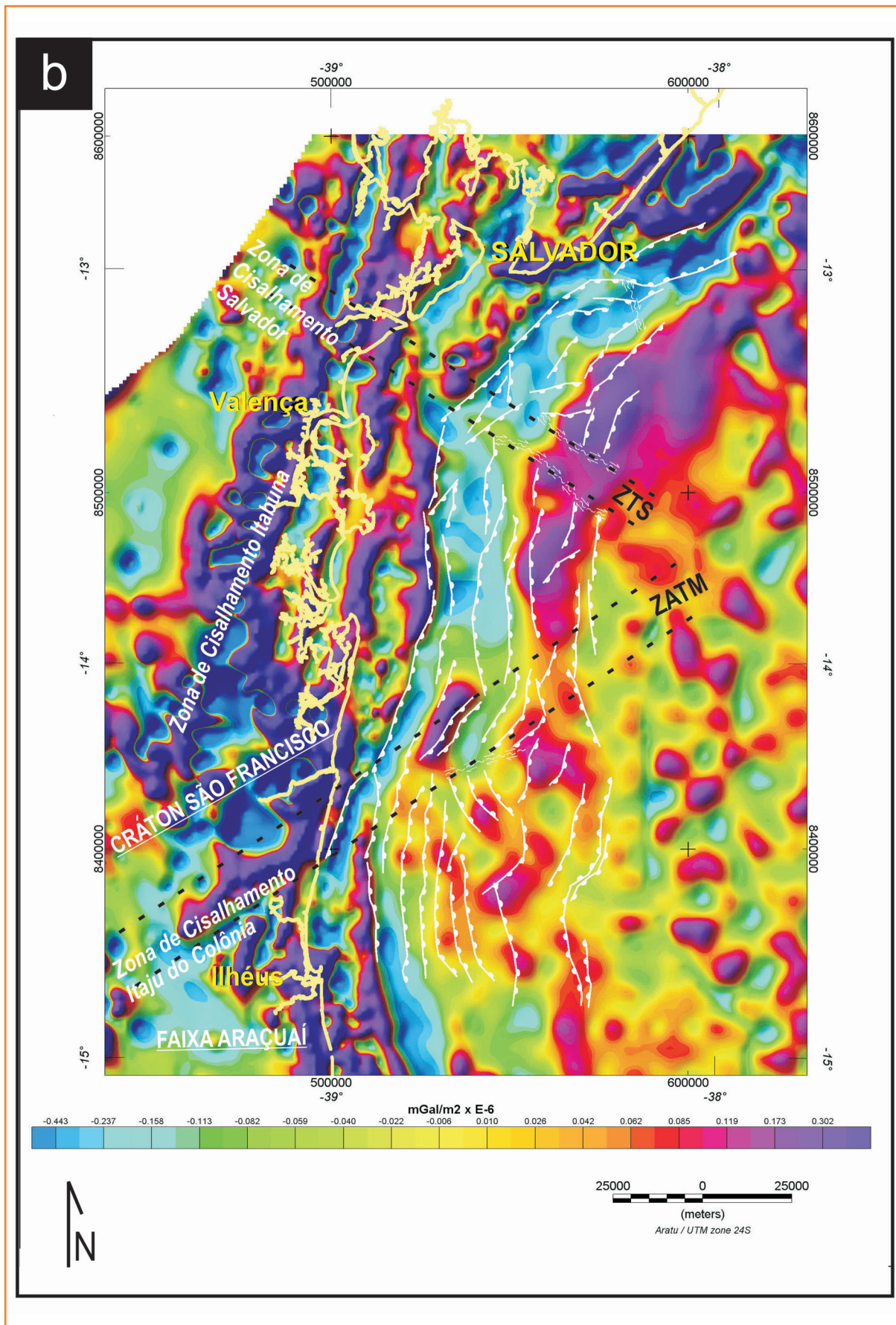


Figura 1b
 1b – Mapa gravimétrico de 2ª derivada da anomalia Bouguer, sobreposto ao mapa de falhas do rifte (em branco). Observar a boa correlação entre a direção das falhas com as anomalias gravimétricas, principalmente, no alinhamento gravimétrico NE-SW, na parte emersa próximo a cidade de Ilhéus, que se correlaciona, na bacia, com a inflexão para NE-SW, que ocorre nas falhas da Zona de Acomodação Taipus Mirim (ZATM).

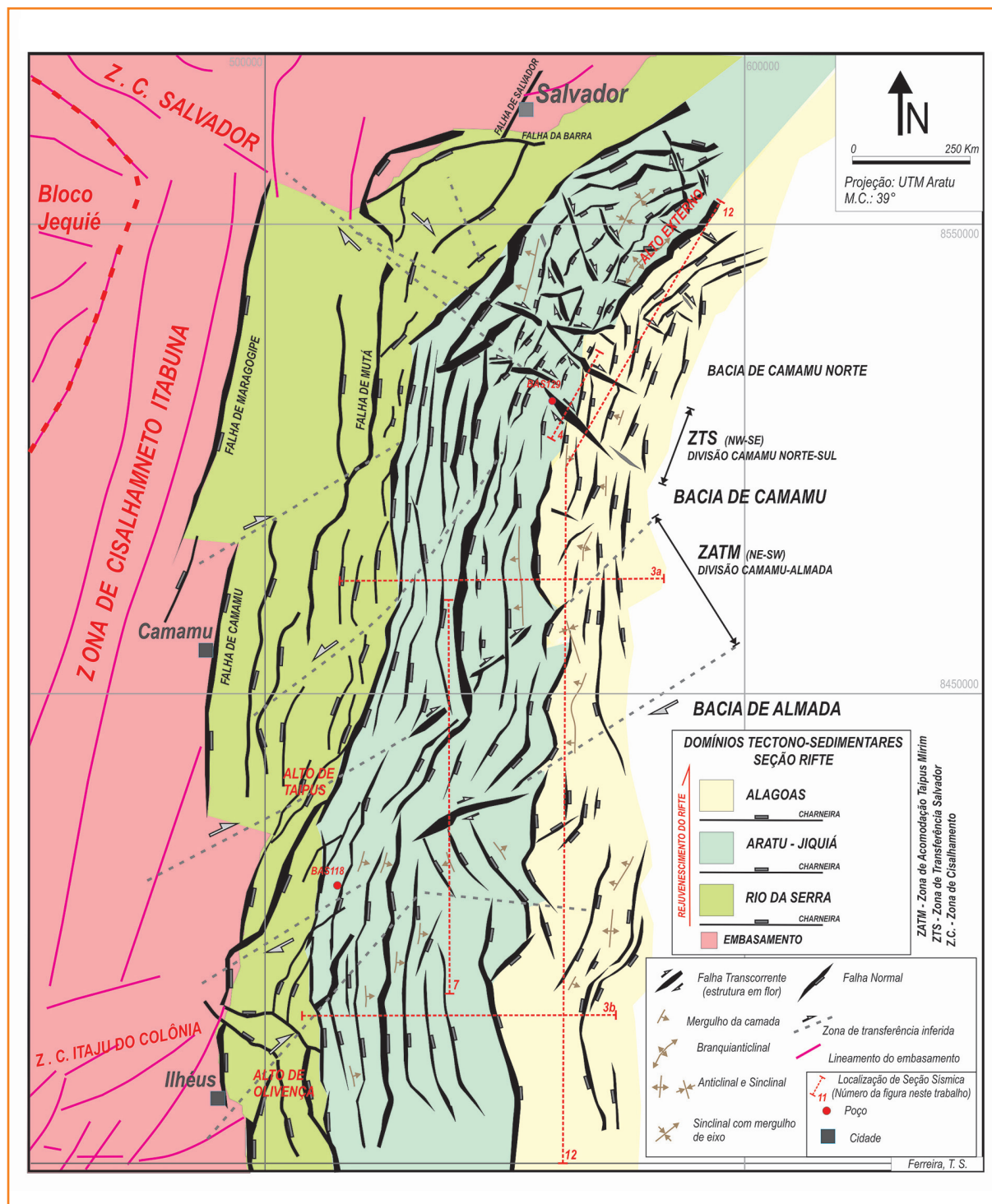
Figure 1b
 1b - Gravity map of 2nd derivative of the Bouguer anomaly, superimposed on the rift fault map. Notice the good correlation between the orientation of rift faults and the gravity anomalies, mainly in the NE-SW gravimetric lineament onshore near the city of Ilhéus, which correlates in the basin, with an inflection to the NE-SW where there are the faults in the Taipus Mirim Accommodation Zone (ZATM).

Figura 2

Mapa de falhas do rifte das bacias de Camamu e Almada e principais lineamentos do embasamento adjacente. Os domínios tectono-sedimentares são delimitados por charneiras, com rejuvenescimento do rifte em direção a bacia. Observar na bacia de Camamu a Zona de Transferência Salvador (ZTS) (NW-SE), marcada por falhas transcorrentes. Entre as bacias de Camamu e Almada, nota-se uma inflexão dos falhamentos normais de N-S para NE-SW, formando a Zona de Acomodação Taipus Mirim (ZATM) (ver explanação no texto). Este mapa é a referência de localização das seções sísmicas (linha tracejada vermelha) apresentadas neste trabalho.

Figure 2

Fault map of the Camamu and Almada rift basins and main lineaments of the adjacent basement. The tectono-sedimentary areas are delimited by hinges, with rejuvenation of the rift toward the basin. Observe in the Camamu Basin the Salvador Transfer Zone (ZTS) (NW-SE), marked by transcurrent faults. Between the Camamu and Almada basins, there is an orientation change of the normal faults from NS to NE-SW, forming the Taipus Mirim Accommodation Zone (ZATM) (see explanation in the text). This map is the reference location of seismic sections (red dashed line) presented in this work.



controle na sedimentação da seção rifte

As bacias de Camamu e Almada apresentam uma seção rifte bastante contínua, podendo ser

consideradas, praticamente, uma mesma bacia (Caixeta *et al.*, 2007; Gontijo *et al.*, 2007). Porém, algumas diferenças no embasamento de ambas se refletem na estruturação do rifte (figs. 6 e 7). O mapa de isópaca total da seção rifte mostra uma menor espessura dos sedimentos na ZATM, que

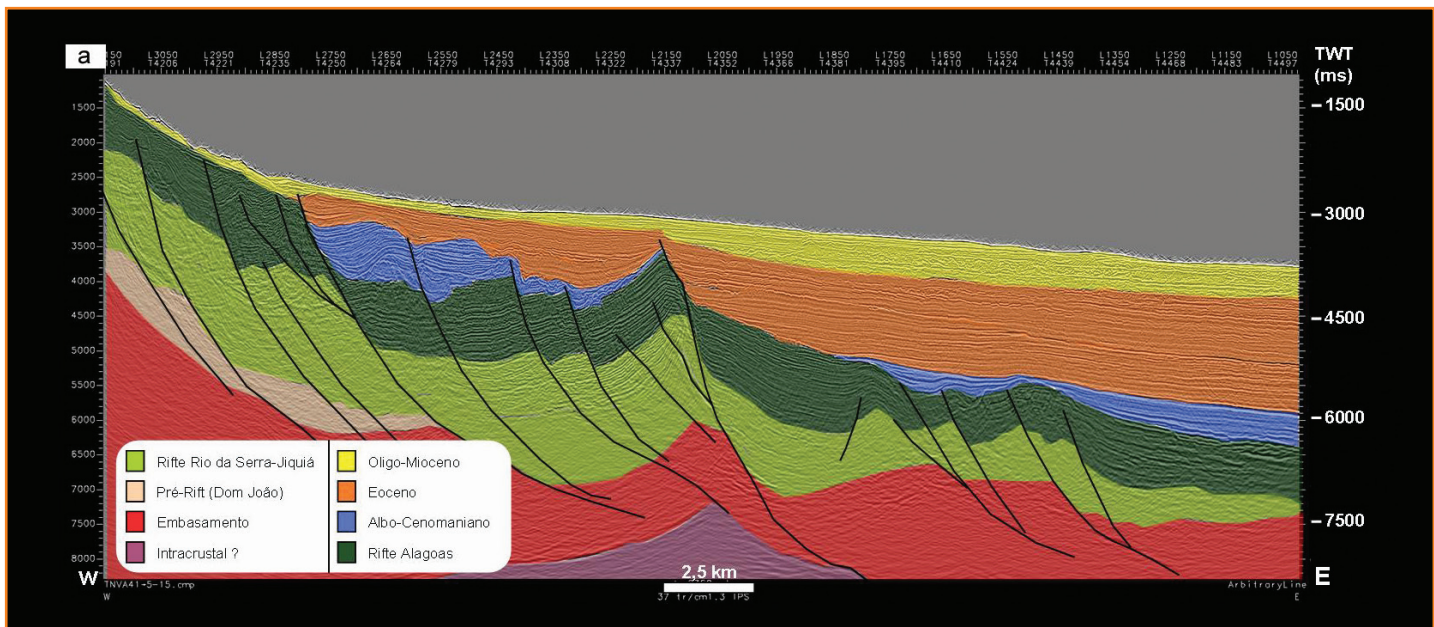


Figura 3a – Seção sísmica (E-W) na Bacia de Camamu. Notar o estilo estrutural em dominó das falhas do rifte. Observar o espessamento da seção Alagoas para leste, enquanto a seção Aratu-Jiquiá é afinada. Não ocorre a presença de diápiros de sal, e a seção Albo-cenomaniana é, por vezes, restrita em calhas formadas por blocos rotacionados da seção rifte. Ver localização em mapa na figura 2.

Figure 3a – Seismic Section (EW) in the Camamu Basin. Note the structural style in domino faults of the rift section. Notice the thickening of the Alagoas section to the East, while the Aratu-Jiquiá section is thinning. There are no salt diapirs and Albo-Cenomanian section is sometimes restricted in troughs formed by rotated blocks of the rift section. View location on the map in Figure 2.

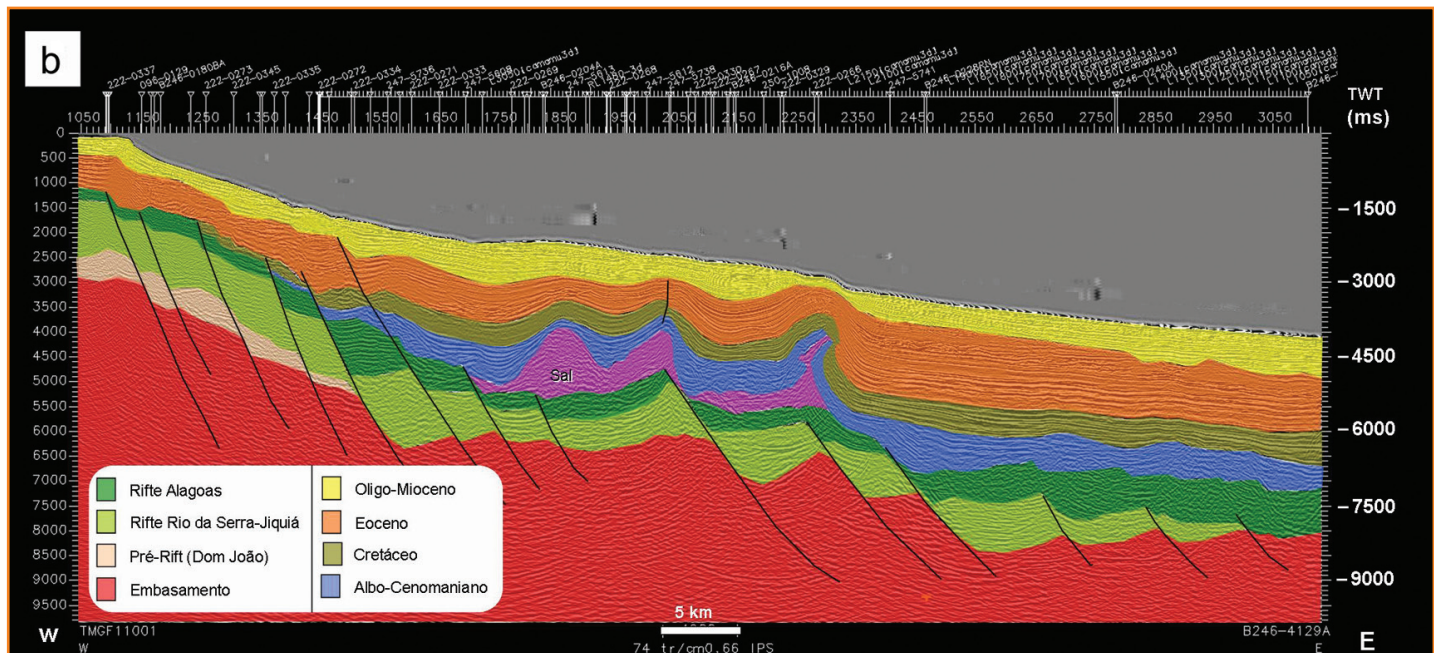


Figura 3b – Seção sísmica (E-W) na Bacia de Almada. Notar o estilo em dominó das falhas do rifte. A seção Alagoas é mais espessa em águas profundas. Notar a intensa deformação halocinética. A seção Albo-cenomaniana é mais contínua do que na Bacia de Camamu. Ver localização em mapa na figura 2.

Figure 3b – Seismic Section (E-W) in the Almada Basin. Note the domino style rift faults. The Alagoas section is thicker in deep water. Note the intense halokinetic deformation. The Albo-Cenomanian is more continuous than in the Camamu Basin. View the location on the map in Figure 2.

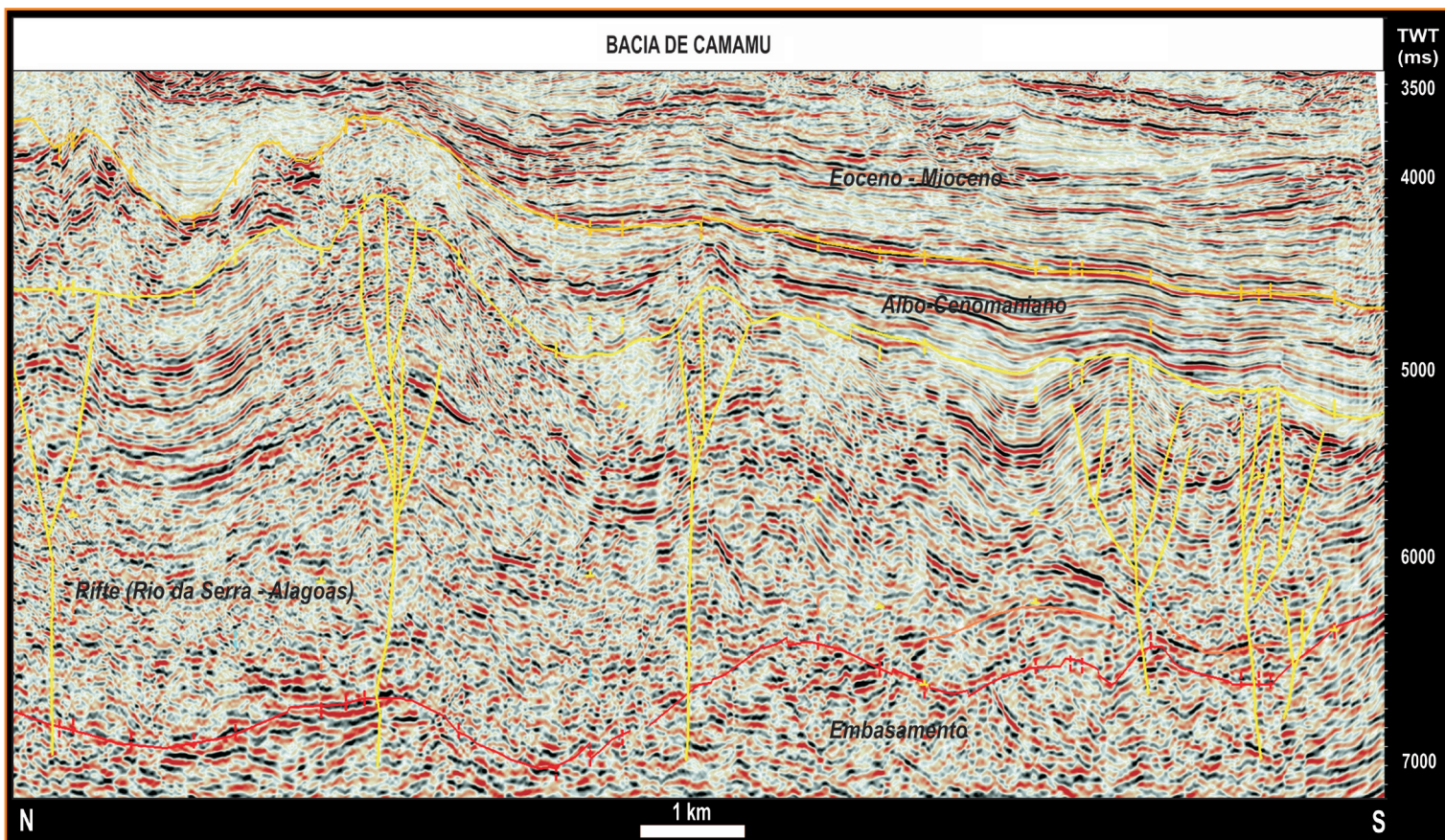


Figura 4
Seção sísmica (N-S) mostrando estruturas-em-flor transcorrentes, que formam a Zona de Transferência Salvador (ZTS), que ocorre ao norte da Bacia de Camamu. Esta estrutura compartimenta o rifte controlando depocentros e altos do embasamento. Ver localização em mapa na figura 2.

Figure 4
Seismic section (N-S) showing transcurrent (flower) structures, which form the Salvador Transfer Zone (ZTS) located to the north of the Camamu Basin. This structure splits the rift controlling depocenters and high basements. View the location on the map in Figure 2.

divide claramente dois grandes depocentros nesta seção de idade, variando dos andares Aratu a Alagoas (Neocomiano a Aptiano): ao norte, a Bacia de Camamu, e ao sul, a Bacia de Almada (fig. 8). Além disso, o controle no espessamento das formações se dá por zonas de charneiras alinhadas N-S, onde o espessamento das seções mais novas ocorre *basinward*, com idades variando desde Jiquiá até Albiano. Os sedimentos aptianos apresentam reduzida espessura em relação aos sedimentos do intervalo Rio da Serra-Jiquiá, no rifte proximal (em águas rasas), enquanto a mesma seção ocorre com espessura de centenas de metros, no rifte distal (em águas ultra-profundas) (fig. 3). Isto é reflexo do rejuvenescimento das charneiras devido ao progressivo do rifteamento, até o desenvolvimento de crosta oceânica.

O fato do embasamento se apresentar, em média, cerca de um quilômetro mais profundo ao sul da ZATM, parece ter influenciado a sedimentação aptiana na Bacia de Almada. Isto é evidenciado em alguns poços, devido ao espessamento de centenas de metros da Formação Taipus Mirim, de idade Alagoas, ainda no rifte proximal (em águas rasas). Uma

possível explicação seria que ao sul da ZATM, houve uma reativação de charneiras antigas do rifte proximal durante o Aptiano, o que parece ocorrer, também, no extremo norte de Camamu, onde se observa o espessamento da seção aptiana próximo ao Alto de Jacuípe (figs. 7 e 9).

controle na sedimentação dos evaporitos e carbonatos albianos

A sedimentação sinrifte, durante os andares Buraica e Jiquiá das bacias de Camamu e Almada, serviu de relevo estrutural para deposição de evaporitos em lagos rasos e restritos. Estes foram formados em depocentros de blocos falhados, num estilo dominado da seção rifte, principalmente na Bacia de Camamu. Esta bacia exibe uma predominância de anidrita em relação à halita. Em alguns casos, os evaporitos são

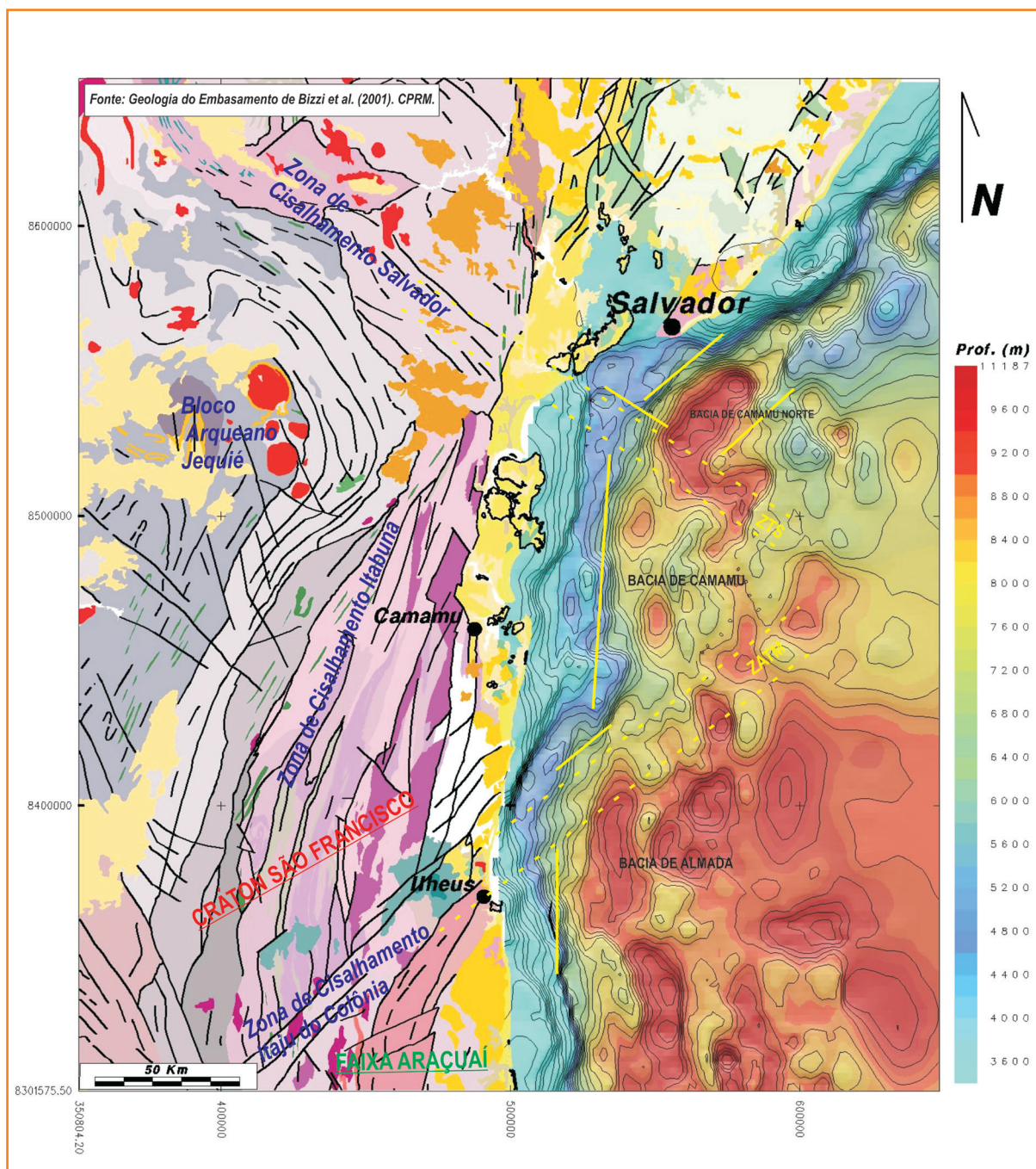


Figura 5
Mapa sísmico em profundidade do embasamento das bacias de Camamu e Almada, e as principais feições do embasamento adjacente. Note que o embasamento na Bacia de Almada é mais profundo, em média 2km, do que em Camamu.

Figure 5
In depth basement seismic map of the Camamu and Almada basins, and main geologic features of the adjacent basement. Note that the basement in the Almada Basin is, on average, 2km deeper than in Camamu.

de espessura centimétrica (fig. 9), e também ocorrem camadas de dolomita neste intervalo. A presença de diápiros halocínicos na Bacia de Camamu é restrita a dois ou três diápiros na porção norte da bacia, relacionados aos depocentros mais profundos, formados entre os blocos rotacionados da seção rifte sotoposta. Outros diápiros ocorrem na porção mais distal da bacia, próximos à charneira Aptiano-Albiano (figs. 10 e 12). Os evaporitos ocorrem em poucos diápiros na Bacia de Camamu. Estes fatos, aliados à presença

de expressivas fácies siliciclásticas nos sedimentos do Aptiano (Andar Alagoas), pertencentes a Formação Taipus Mirim, denotam um caráter mais continental e com poucas incursões marinhas durante o Andar Alagoas nesta bacia. Existem grandes discordâncias a partir do Campaniano, sendo mais expressiva a do Eoceno Inferior, a qual se deve à erosão de parte dos sedimentos do Albiano e Aptiano, inclusive os evaporitos. Portanto, deve-se levar em consideração, no balanço de massa do sal Aptiano em Camamu, as

Figura 6

Mapa sísmico em profundidade do topo do rifte com as principais falhas. Notar o deslocamento dextral da chaneira N-S da bacia (corresponde aproximadamente à quebra da plataforma continental atual) no lineamento NE-SW correspondente a zona de cisalhamento Itabuna-Itaju do Colônia no embasamento adjacente.

Figure 6

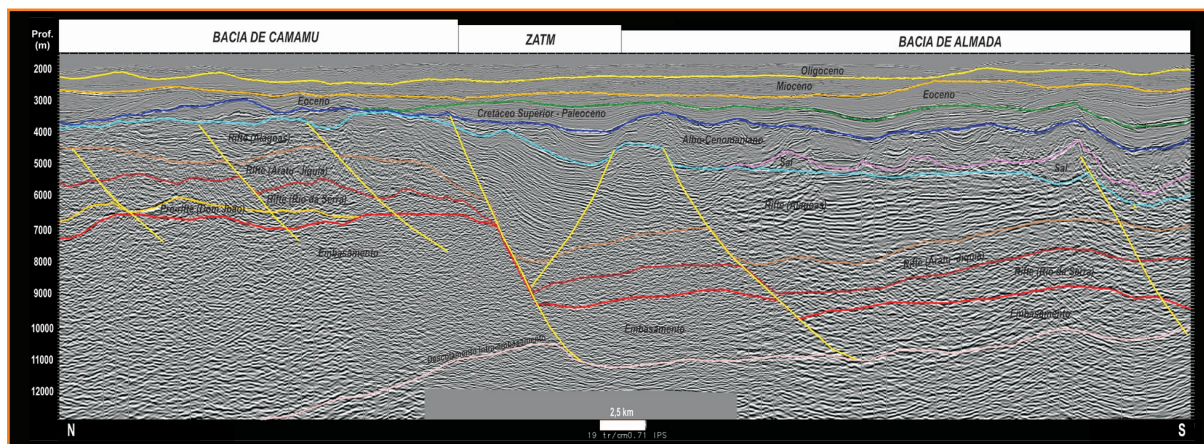
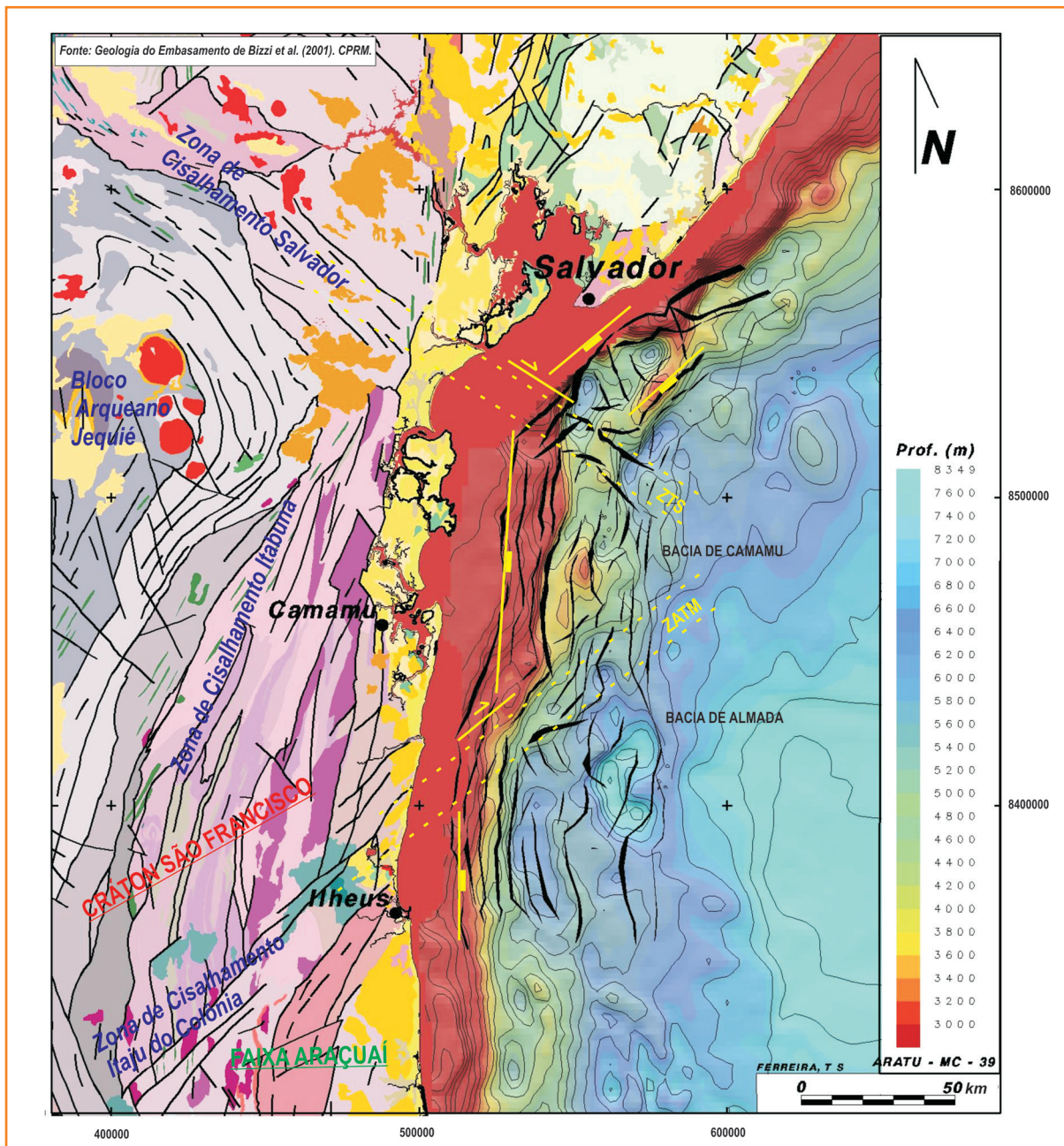
In depth seismic map of the rift top with the major faults. Note the dextral displacement of the N-S hinge basin (corresponding roughly to the break of the actual continental platform) by a NE-SW lineament that corresponds to the Itaju do Colônia shear zone in the adjacent basement.

Figura 7

Seção sísmica N-S mostrando a Zona de Acomodação Taipus Mirim (ZATM) de direção NE-SW que divide as bacias de Camamu e Almada. Notar a diferença na profundidade do embasamento, espessamento das seções Alagoas e Albo-cenomaniana, bem como a presença expressiva de diápiros de sal ao sul da ZATM, na Bacia de Almada. Ver localização em mapa na figura 2.

Figure 7

N-S seismic section showing the Taipus Mirim Accommodation Zone (ZATM) with NE-SW direction which divides the Camamu and Almada basins. Note the basement depth thickness of the Alagoas and Albian-Cenomanian sections, and expressive salt diapirs to the south of the ZATM, in the Almada Basin. View the location on the map in Figure 2.



superfícies erosivas posteriores que podem ter erodido espessuras significativas, e ainda, a parcela do escape do sal por fluxo gravitacional conduzido por corredores, predominantemente N-S para bacias com relevo estrutural mais profundo (heranças do rifteamento), como as bacias de Almada e Jequitinhonha.

A Bacia de Almada apresenta uma tectônica salífera marcante, com diversos diápiros e muralhas de sal, formando minibacias ou jangadas da seção

albo-cenomaniana (fig. 12). Atualmente, esta bacia apresenta um embasamento, em média, dois quilômetros mais profundo que o da Bacia de Camamu, ao norte (fig. 7). Possivelmente, durante o Aptiano, já havia uma diferença de profundidade entre as duas bacias, já que este “degrau” corresponde à ZATM na seção rifte, que foi desenvolvida sobre uma estrutura anterior do embasamento de orientação NE-SW. Ao norte da ZATM, a Bacia de Camamu, mais rasa, era

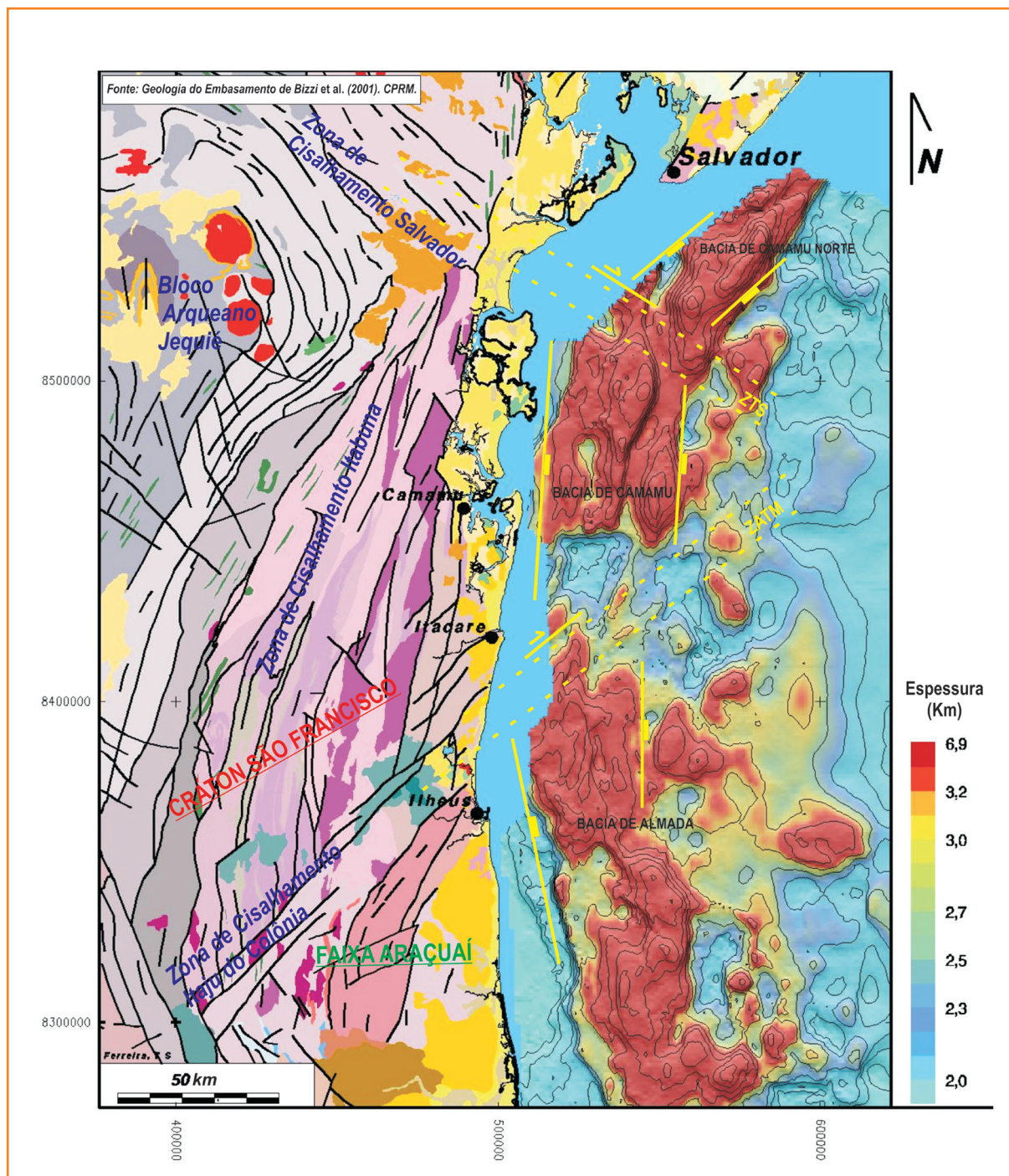


Figura 8

Mapa de isópaca da seção rifte mostrando os maiores depocentros ao norte e ao sul de uma zona de menor deposição ou maior erosão coincidente com o lineamento NE-SW do embasamento que seria a zona de cisalhamento Itaju do Colônia. Na bacia, esta estrutura corresponde à Zona de Acomodação Taipus Mirim (ZATM).

Figure 8

Isopach map of the rift section showing the major depocenters to the north and south from a zone of less deposition or increased erosion which coincides with the NE-SW basement lineament, being the Itaju do Colônia shear zone. In the basin, this structure corresponds to the Taipus Mirim Accommodation Zone (ZATM).

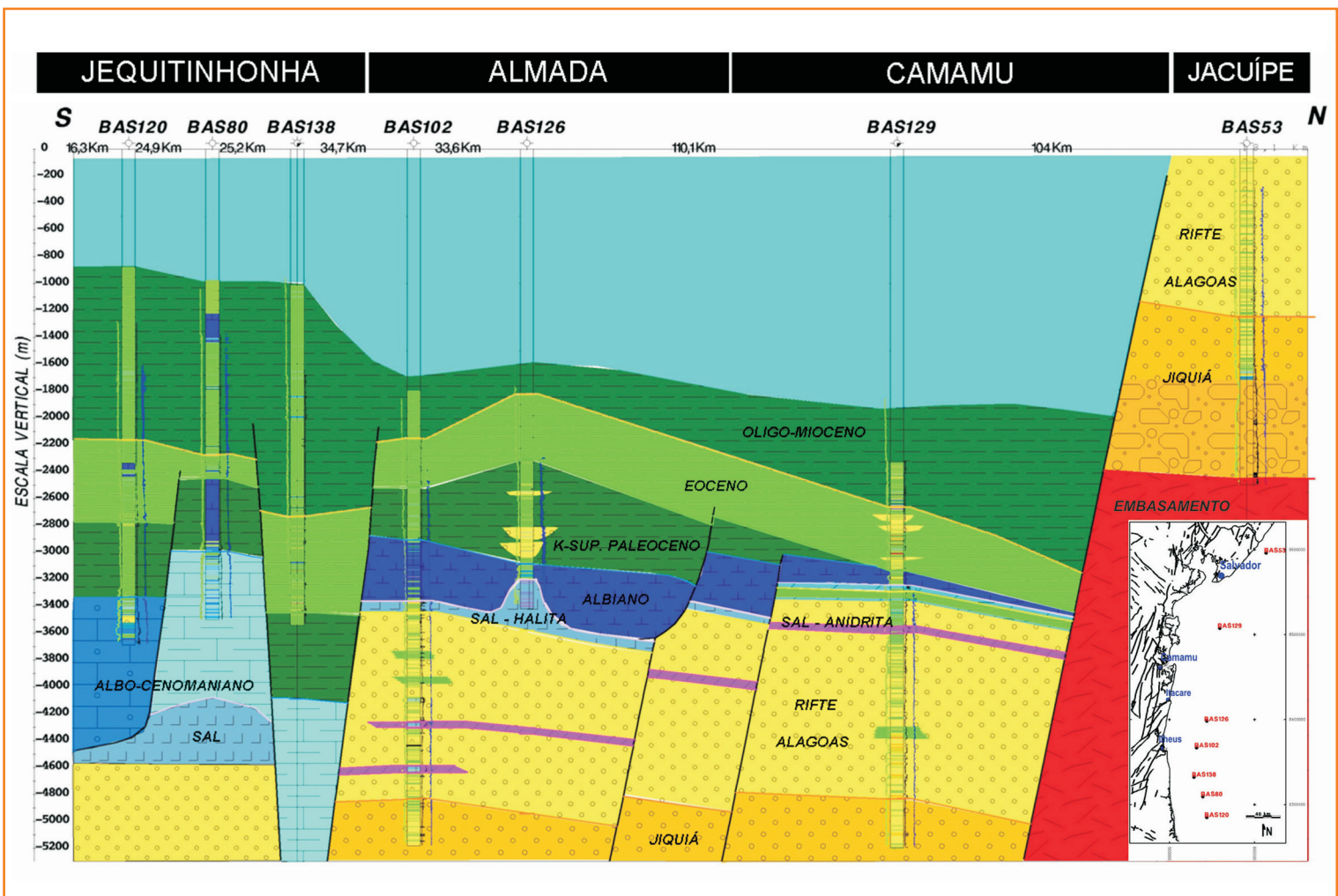


Figura 9

Seção geológica regional de orientação N-S baseada nos poços de águas profundas das bacias de Jacuípe a Jequitinhonha. Notar espessamento e afinamento de unidades cronoestratigráficas, especialmente, a presença e o tipo de sal nas bacias.

Figure 9

Regional geologic N-S oriented cross section, based on the deep water wells in the Jacuípe to Jequitinhonha basins. Note thickening and thinning of chronostratigraphic units, especially the presence and type of salt in the basins.

palco de sedimentação continental com sistemas flúvio-deltaicos e com restritas incursões marinhas; os evaporitos foram preservados em lagos rasos pontuais formados em calhas, desenvolvidos pela rotação dos blocos de falhas da seção rifte. Ao sul da ZATM, a Bacia de Almada mais profunda, era, possivelmente, a bacia mais ao norte da margem leste a ter incursão marinha bem estabelecida durante o Aptiano, com a sedimentação continental flúvio-lacustre competindo com a formação de grandes lagos rasos e evaporíticos, em um típico ambiente transicional (fig. 10).

Durante o Albiano, este arcabouço estrutural com duas grandes bacias (Camamu e Almada), separadas por um “degrau” herdado do embasamento (ZATM), possivelmente não se modificou para a deposição dos carbonatos. Atualmente, ao norte da ZATM, na Bacia de Camamu, existe uma extensa plataforma carbonática em águas rasas com batimetria média de duzentos metros, que se desenvolveu sobre o bloco alto da charneira do rifte de idade Jiquiá (fig. 11). Esta charneira

coincidiria, atualmente, com a quebra da plataforma continental, na qual ocorrem carbonatos constatados por diversos poços já perfurados em águas rasas na Bacia de Camamu. Esta plataforma está delimitada ao sul pela ZATM, evidenciada pela ausência de plataforma carbonática expressiva na Bacia de Almada, na qual se observa uma plataforma continental mais estreita do que ao norte da ZATM (fig. 11). Estas observações indicam um forte controle da estruturação rifte no desenvolvimento de bancos ou plataformas carbonáticas, evidenciado pelo alinhamento de charneiras formando blocos altos que foram compartimentados por zonas transversais. A deposição da seção albiana em Camamu, também refletiria o embasamento mais alto relativamente à Bacia de Almada, na porção proximal das bacias (figs. 11 e 12).

Na ZATM, a espessura de carbonatos é pouco expressiva ou erodida. Possivelmente, reflexo de reativações de falhas do rifte durante o Albiano, causando soerguimento tectônico ou afundamentos

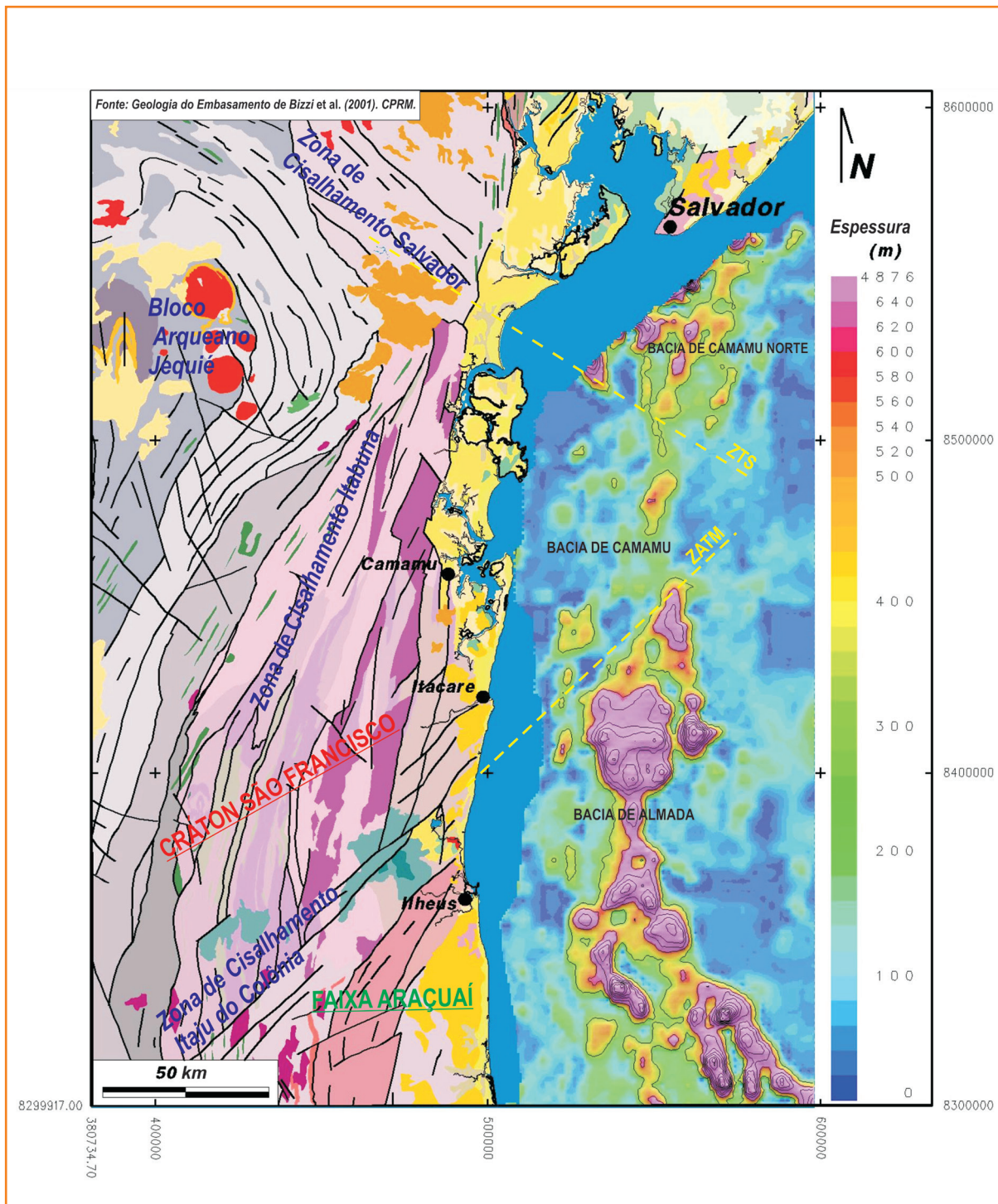


Figura 10
Mapa de isópaca do sal mostrando a espessura de sal na Bacia de Almadá e o nítido alinhamento NE-SW (ZATM) da face norte deste depocentro como a zona de cisalhamento Itaju do Colônia que ocorre no embasamento adjacente.

Figure 10
Salt isopach map showing conspicuous thickness of salt in the Almadá Basin and the clear NE-SW (ZATM) alignment of the north face of this depocenter as also the Itaju do Colônia shear zone in adjacent basement.

rápidos, erodindo ou afogando uma possível plataforma carbonática neste “degrau” do embasamento (figs. 11 e 12).

Na Bacia de Almadá, os dois grandes depocentros da seção albiana são separados por uma zona de pouca espessura que corresponde à charneira aptiana, refletindo outro degrau do embasamento

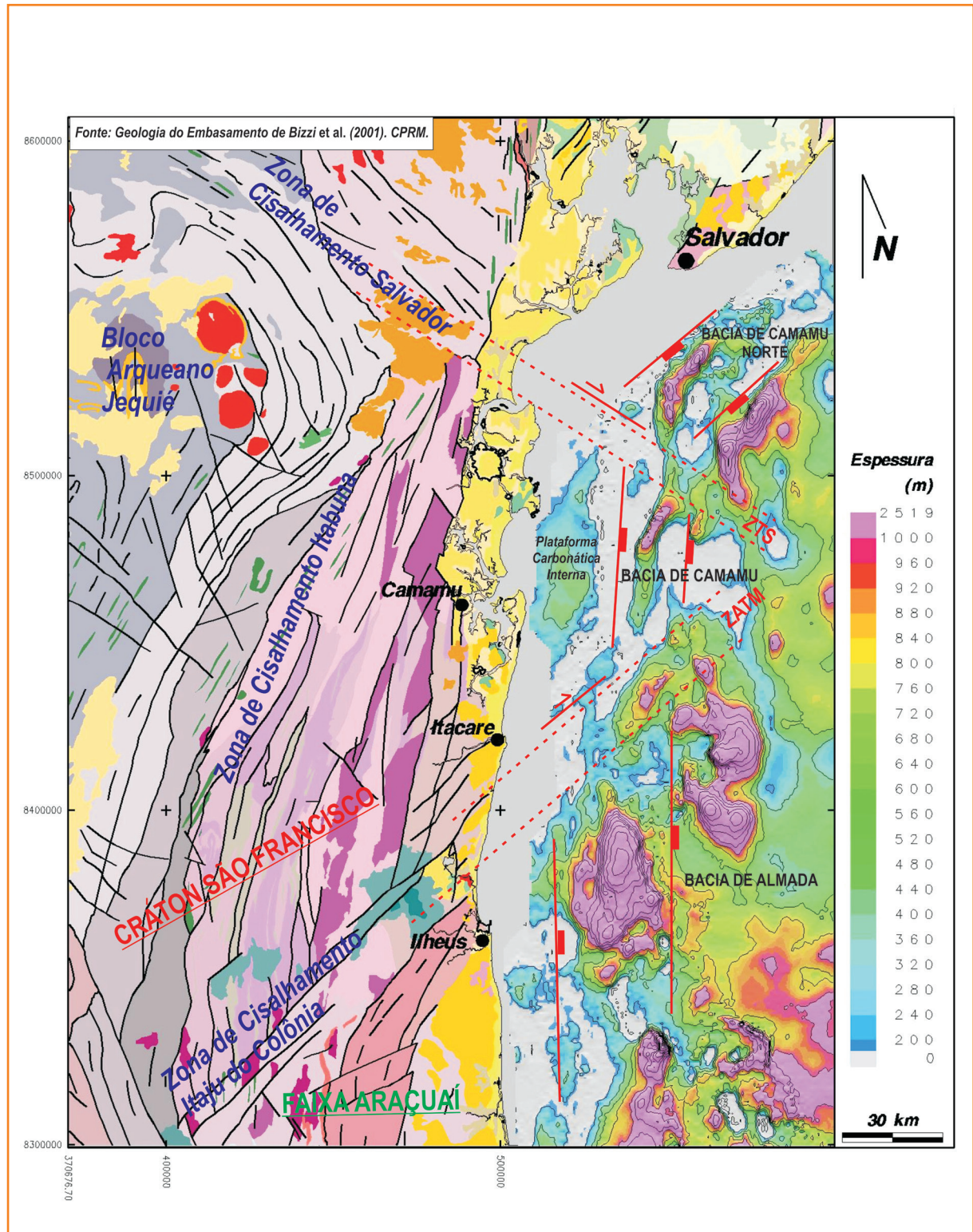
de orientação N-S e na qual se concentram os diápiros de sal (figs. 9 e 11). O controle do embasamento na seção albiana da Bacia de Almadá condiciona a configuração destes depocentros, evidenciado pela intensa tectônica salífera. Os depocentros albianos da Bacia de Almadá são desconectados do depocentro da Bacia de Jequitinhonha por alinhamento NW-SE,

Figura 11

Mapa de isópaca do Albo-Cenomaniano mostrando grandes espessuras na Bacia de Almada, enquanto na Bacia Camamu ocorre uma plataforma carbonática interna rasa e, em águas profundas, pequenos depocentros encaixados entre blocos de falhas NE-SW da fase rifte.

Figure 11

Isopach map of the Albian-Cenomanian section showing large thicknesses in the Almada Basin while the Camamu Basin has a proximal carbonate shelf, and in deep water there are small depocenters controlled by NE-SW fault blocks of the rift phase.



o qual mostra pouca espessura de carbonatos. Esta estrutura fica em frente à Cidade de Ilhéus e pode ser correlacionada ao Cânion de Almada, principal corredor de areias do Cretáceo Superior e Paleogeno para a Bacia de Jequitinhonha, cujo embasamento

é mais profundo que em Almada. Possivelmente, o alinhamento do Cânion de Almada está relacionado a uma estruturação do rifte que foi herdada do embasamento, como já discutido em D'ávila *et al.* (2004) e Valeriano *et al.* (2004).

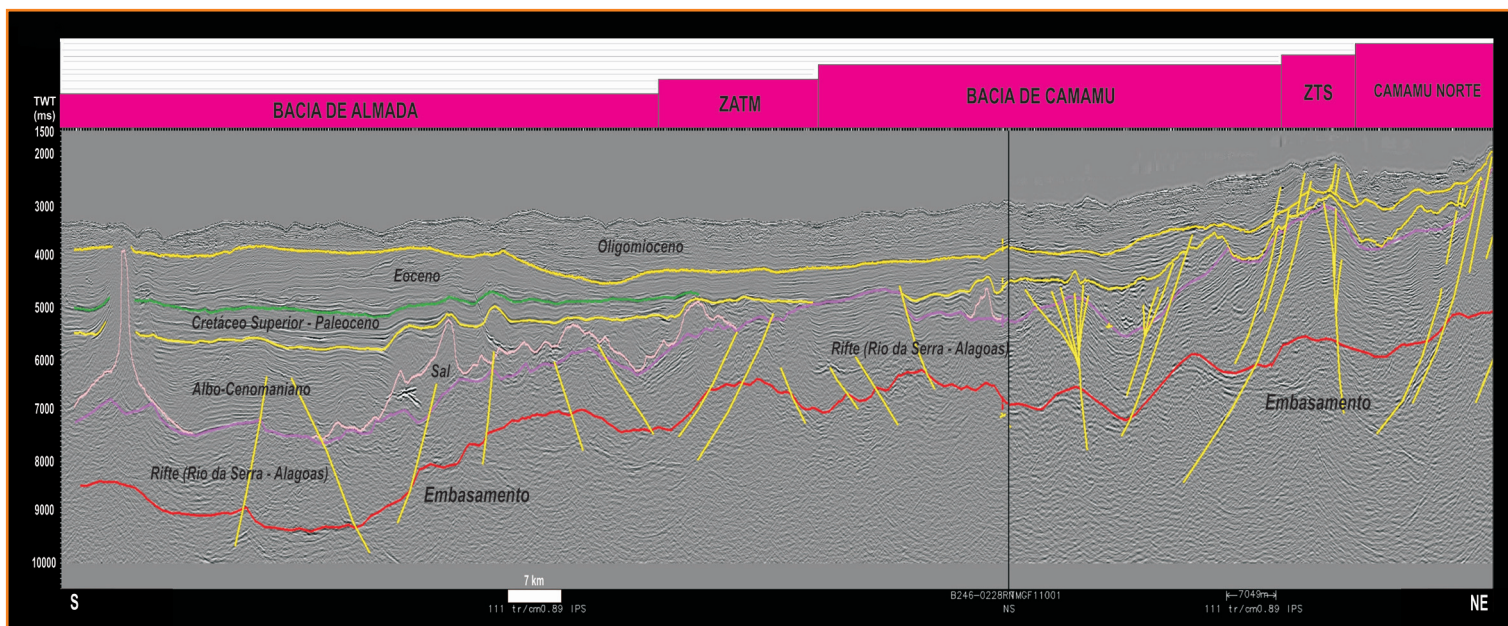


Figura 12

Seção sísmica regional de direção NE-S, mostrando a maior profundidade das bacias em direção à Jequitinhonha, como quebra de relevo estrutural em zonas transversais denominadas Zona de Acomodação Taipus Mirim (ZATM) e Zona de Transferência Salvador (ZTS). Observar as relações de espessamento e afinamento das unidades cronoestratigráficas. Ver localização em mapa na figura 2.

Figure 12

Regional seismic NE-S section showing the greater depth of the basins in the Jequitinhonha direction, as a major structural break in the transversal ZATM and ZTS zones, Note the relation of the thickening and thinning of the chronostratigraphic units. View the location on the map in Figure 2.

o modelo de desenvolvimento do rife e a integração geotectônica

O desenvolvimento do rife nas bacias de Camamu e Almada iniciou-se no Neocomiano (Andar Rio da Serra), com grandes falhas de orientação N-S escalonadas à direita (falha de Maragogipe e falha de Camamu, fig. 2). Neste período, ocorreu a deposição do gerador da seção rife da bacia, os folhelhos da Fm. Morro do Barro. O contínuo desenvolvimento do rife promoveu o deslocamento e o rejuvenescimento da charneira para a bacia na idade Aratu, marcada pelo espessamento da Fm. Rio de Contas. Algumas grandes falhas de orientação N-S ocorrem conectadas às suas terminações e com predominância do escalonamento à esquerda (fig. 13). As falhas têm forte controle da trama estrutural herdada da Zona de Cisalhamento Itabuna, de orientação N-S.

Durante a idade Jiquiá, as falhas estariam conectadas por ramos de orientação NE-SW ou apresentariam grandes *overlays* com a formação de rampas de revezamento observadas em seções sísmicas. Na passagem para o Andar Alagoas, ocorre uma conspícua discordância regional denominada Discordância Pré-Alagoas (Caixeta *et al.*, 2007; Gontijo *et al.*, 2007). A partir desta discordância, ocorre a deposição da Fm. Taipus Mirim, com espessamento de sedimentos

mais arenosos em consequência do deslocamento da charneira para as porções mais distais das bacias de Camamu e Almada (figs. 2 e 13). As falhas, até então predominantemente N-S, sofrem interferência de novas falhas NE-SW e NW-SE, fazendo o papel principal de zonas de transferência ou acomodação do arcabouço, de orientação N-S (ZATM, ZTS). Lineamentos do embasamento transversais (Z. C. Salvador, Z. C. Itaju do Colônia) com orientação principal do rife N-S, controlariam o desenvolvimento destas zonas de transferência e acomodação, com a formação de zonas de rejeitos horizontais quilométricos, como a ZATM. Provavelmente, esta sobreposição de padrões estruturais seria uma resposta a um rearranjo na orientação do campo de tensões com eixo distensional (σ_3) mudando de E-W para NW-SE, como sugerido por Magnavita (1992) para o rife Recôncavo-Tucano-Jatobá, a partir da idade Jiquiá, e por Correa-Gomes *et al.* (2005b) para afloramentos do embasamento na Bacia de Almada. Possivelmente, este arcabouço estrutural condicionou a formação de lagos evaporíticos no Aptiano.

Do final da idade Alagoas até o início do Albiano, o desenvolvimento dos falhamentos de orientação NE-SW predomina sobre a trama N-S, possivelmente pela orientação mais favorável ao novo campo de tensões, com distensão com orientação NW-SE e em resposta ao contorno do Alto de Jacuípe, necessário para o prosseguimento da abertura do rife para norte e conexão com o rife já estabelecido na Bacia de Sergipe-Alagoas.

A correlação deste arcabouço rifte das bacias de Camamu e Almada com o contexto geotectônico é um trabalho difícil pela complexidade da sobreposição

de orogêneses e tafrogêneses ocorridas entre os crátons São Francisco e Congo, desde o Paleoproterozóico até seu rompimento final no Cretáceo, culminando na formação das bacias de Camamu e Almada. Apesar da longa história tectônica dos elementos envolvidos na formação do embasamento das bacias de Camamu e Almada, as reativações são frequentes em zonas de fraqueza pré-existentes, a cada evento tafrogênico ou orogênico posterior. Para esta correlação, foram utilizados trabalhos da literatura relacionando os principais lineamentos do embasamento que controlaram o arcabouço de falhas e depocentros da seção rifte.

No caso das bacias de Camamu e Almada, os dois lineamentos do embasamento (Zona de Cisalhamento Itaju do Colônia e Zona de Cisalhamento Salvador), correlacionados com as zonas de transferências ZATM e ZTS, têm uma longa história de reativações durante o Paleoproterozóico (Orogenia Transamazônica) e durante o Neoproterozóico (Orogenia Brasileira). No caso da ZATM, o seu controle seria dado por grande lineamento de orientação NE-SW, desenvolvido ainda no Paleoproterozóico como uma zona de transferência para acomodação da tentativa inicial de rompimento do Cráton São Francisco-Congo, formando o rifte Paramirim abortado (Pedrosa-Soares *et al.*, 1992; Alkmim *et al.*, 2006) (figs. 14 e 15). Este lineamento foi reativado como uma grande zona de cisalhamento dextral, segundo Dussin e Dussin (1995), durante a Orogenia Brasileira, com desenvolvimento da faixa de dobramentos Araçuai-Congo Oriental, que bordava a face sul do Cráton São Francisco-Congo, ainda

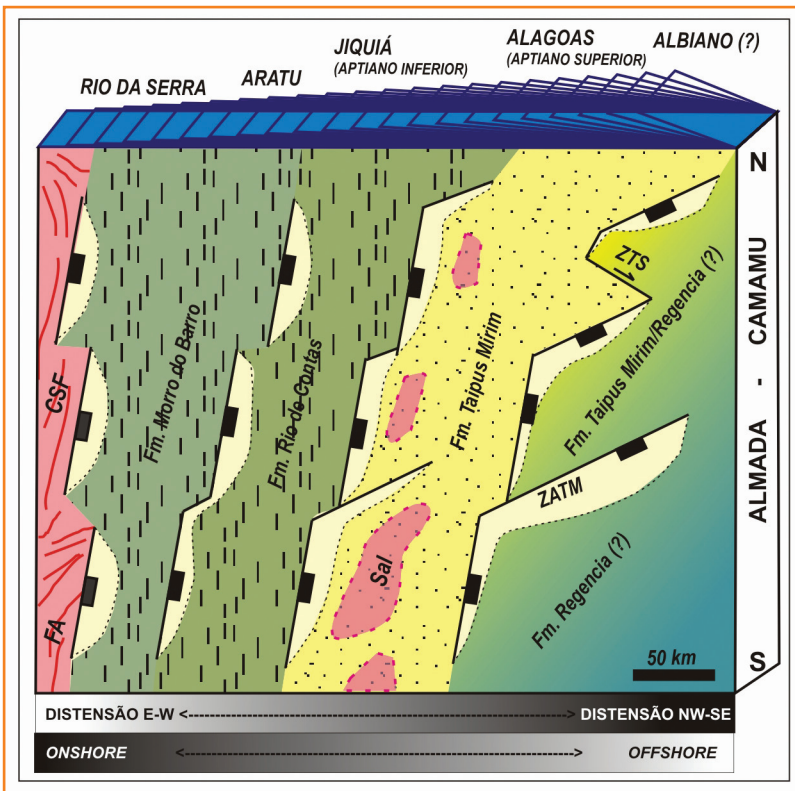


Figura 13 – Modelo esquemático para desenvolvimento das charneiras no rifteamento nas bacias de Camamu e Almada sob influência do embasamento. (vide explicações no texto).

Figure 13 – Schematic model of the development of the hinges during the rifting of the Camamu and Almada basins controlled by the basement. (Note the explanations in the text).

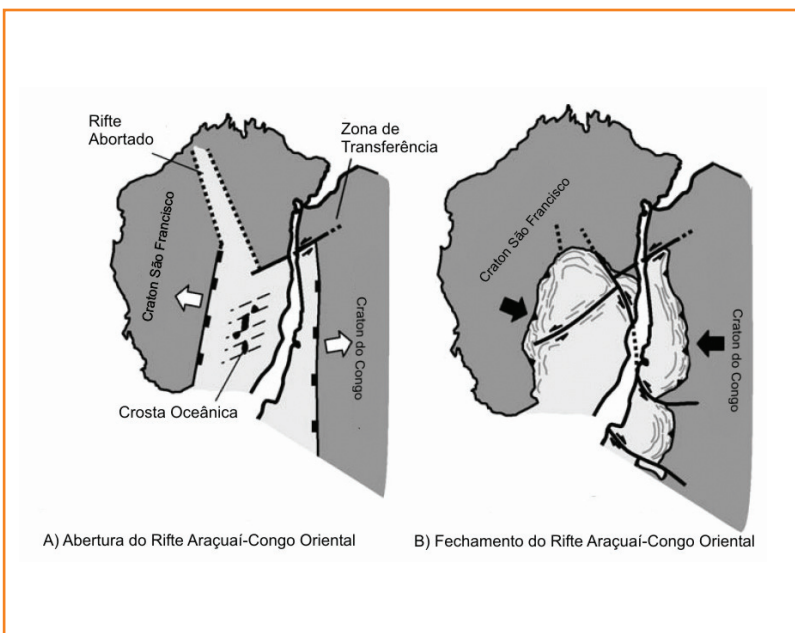


Figura 14 – Modelo esquemático para desenvolvimento do Orógeno Araçuai ao sul do Cráton São Francisco. Notar a zona de transferência NE-SW sinistral que se cruza entre os crátons São Francisco e Congo. No Cretáceo Superior, esta zona foi, possivelmente, reativada e influenciou no arcabouço estrutural e na deposição de sedimentos siliciclásticos e carbonáticos durante a formação das bacias de Camamu e Almada. (Modificado de Alkmim, 2000).

Figure 14 – Schematic model of the development of the Araçuai orogen which occurs to the South of the São Francisco Craton. Note the NE-SW sinistral transference zone which crosses between the São Francisco and Congo Cratons. In the Upper Cretaceous, this zone could have been reactivated and possibly influenced the structural framework and deposition of siliciclastic and limestone sediments during the formation of the Camamu and Almada basins. (Modified from Alkmim, 2000).

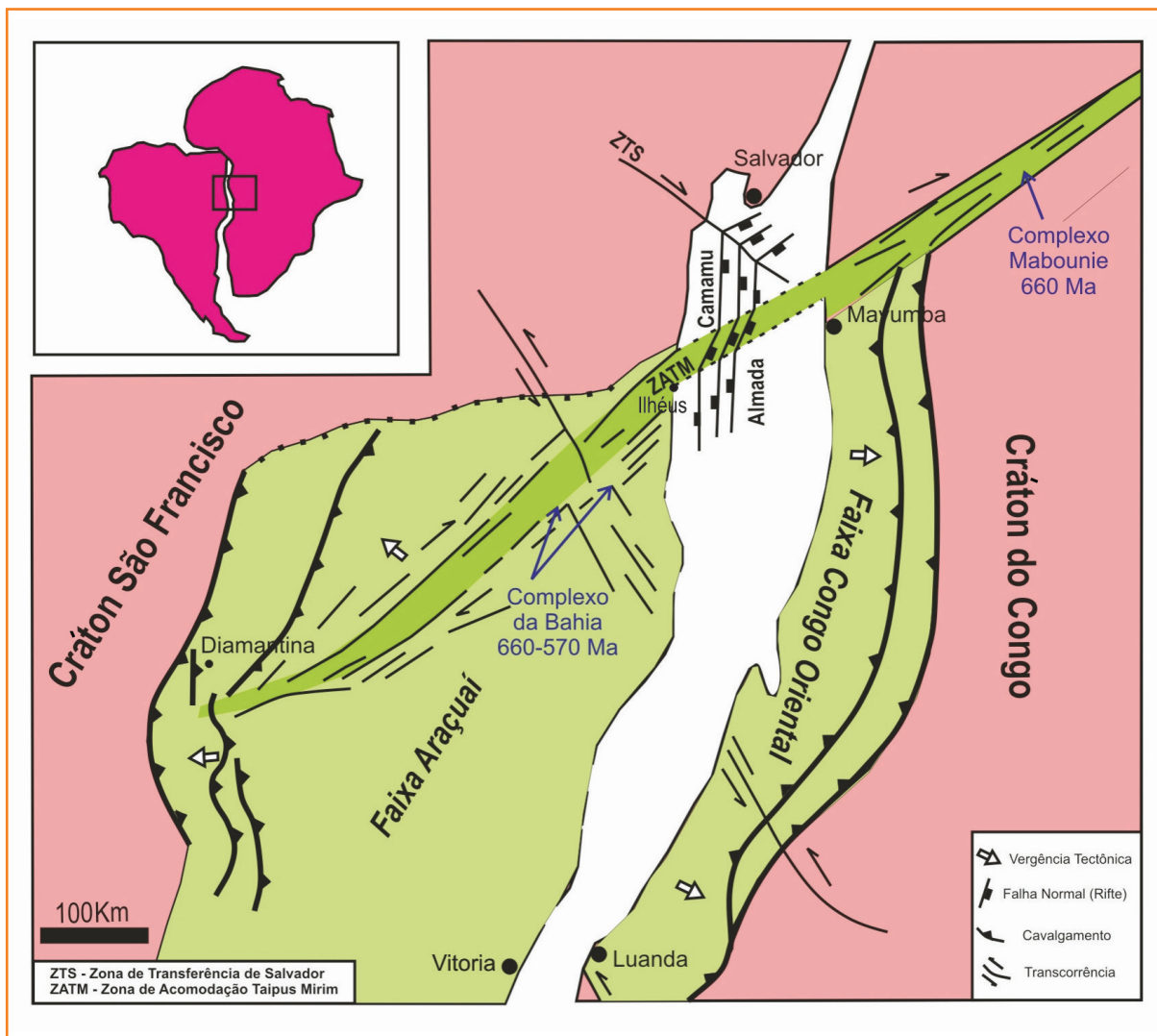


Figura 15
Mapa esquemático mostrando as estruturas maiores das Faixas Araçuaí-Congo Oriental na América do Sul e África, numa reconstituição pré-fragmentação, e localização das principais zonas de cisalhamento no período orogênico (modificado de Pedrosa Soares *et al.*, 1992; e de Dussin, I. A. e Dussin, T. M., 1995) e sua correlação com o arcabouço de falhas do rifte de Camamu e Almada.

Figure 15
Schematic map showing the major structures of the Araçuaí-West Congo Belt in South America and Africa, in a pre-fragmentation reconstruction, and the locations of the major shear zones during the main orogenic period (modified from Pedrosa Soares *et al.*, 1992 and Dussin, I. A. e Dussin, T. M., 1995) and its correlation with the fault framework of the Camamu and Almada rifts.

unidos. A ZTS, neste contexto, pode ser correlacionada a zonas de cisalhamento sinistrais, de orientação NW-SE, formando pares conjugados com o grande lineamento NE-SW durante a Orogenia Brasiliana, mas que foi reativada com cinemática dextral durante o rifteamento da Bacia de Camamu (figs. 14 e 15).

A separação do Cráton São Francisco-Congo ocorreu no final do Cretáceo, durante a tafrogênese do super continente Gondwana (Chang *et al.*, 1992), com o desenvolvimento do rifte Camamu e Almada. Neste último capítulo da história entre os dois crátoms, antigas anisotropias representadas, principalmente, por zonas de sutura e/ou transferência foram reativadas e influenciariam o rifteamento das bacias de Camamu e Almada. Estas bacias foram formadas em um ponto tríplice, onde já existia um braço abortado (o rifte Recôncavo-Tucano-Jatoba) cujo rifteamento foi fortemente controlado pelas estruturas pré-existentes do embasamento (Magnavita, 1993; Milani e Davison, 1988).

conclusão

Os dados recentes de Métodos Potenciais (Gravimetria e Magnetometria) e o volume de dados sísmicos 3D atuais permitiram uma interpretação das bacias de Camamu e Almada e sua correlação com o contexto geotectônico regional, através de trabalhos recentes da literatura. O rifte de Camamu e Almada, assim como o rifte Recôncavo-Tucano-Jatobá, apresenta um forte controle estrutural de suas charneiras e depocentros. Lineamentos do embasamento transversais à orientação principal do rifte foram reativados como zonas de transferência ou acomodação durante o processo de rifteamento. Estas estruturas de fraqueza do embasamento foram e ainda estão sendo reativadas desde o Paleoproterozoico.

A sedimentação da seção rifte se mostra bem condicionada ao arcabouço herdado do embasamento,

o que é evidenciado pelo espessamento ou afinamento de seções cronoestratigráficas, observados em seções sísmicas e poços localizados ao longo das bacias. A presença ou ausência de evaporitos e da seção Albiana entre as bacias deve ter sofrido influência do arcabouço estrutural do rifte. As diferenças aqui apresentadas no padrão tectono-sedimentar observado ao norte e ao sul da ZATM atestam esta estrutura como um importante divisor para a sedimentação das bacias, sendo proposta como estrutura que limita geologicamente as bacias de Camamu e Almada. Todas as respostas para o preenchimento sedimentar e arquiteturas das falhas de Camamu e Almada não podem, e nem devem, ser explicadas apenas pelo controle de estruturas pré-existentes. Porém, em outras bacias das margens brasileiras e africanas, o papel do embasamento é fundamental para o entendimento dos *trends* principais de falhas e depocentros no desenvolvimento de uma bacia de margem passiva.

agradecimentos

Agradecemos aos editores deste boletim pelo convite para publicação do artigo e aos revisores pelas importantes sugestões para aprimoramento do artigo. Agradecimentos especiais ao geofísico Claudir Francisco pela consultoria nos assuntos de sísmica, estendidos ao geofísico Fernando Barros, pela confecção dos mapas de métodos potenciais e, também, ao geofísico Mario Neto Araújo pelas discussões sobre geologia estrutural. Ao geólogo Marcos Galvão, pelo incentivo inicial nos trabalhos regionais sobre arcabouço estrutural das bacias de Camamu e Almada. Ao geofísico José Cupertino, pela sugestão direta para confecção deste trabalho para o I Simpósio do Embasamento da Petrobras. E, a todos os outros colegas intérpretes das bacias da costa leste do Brasil.

referências bibliográficas

ALMEIDA, F. F. M. O Cráton do São Francisco. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 7, n. 4, p. 349-364, dez. 1977.

ALKMIM, F. F.; MARSHAK, S.; PEDROSA-SOARES, A. C.; PERES, G. G.; CRUZ, S. C. P.; WHITTINGTON, A. Kinematic evolution of the Araçuá–West Congo orogen in Brazil and Africa: Nutcracker tectonics during the Neoproterozoic assembly of West Gondwana. **Precambrian Research**, Amsterdam, v. 149, n. 1-2, p. 43–64, Sept. 2006.

BARBOSA, J. S. F.; SABATE, P. Geological features and the paleoproterozoic collision of four archean crustal segments of the Sao Francisco Craton, Bahia, Brazil: a synthesis. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 74, n. 2, p. 343–359, June 2002.

BARBOSA, J. S. F.; SABATE, P. Colagem paleoproterozoica de placas arqueanas do Cráton de São Francisco na Bahia. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 33, n. 1, p. 7–14, mar. 2003. Suplemento.

BARROS, F. A.; SANTOS, E. **Integração e interpretação dos dados de métodos potenciais das bacias de Cumuruxatiba, Jequitinhonha, Almada, Jacuípe, Sergipe-Alagoas e Pernambuco-Paraíba**: nota técnica. Aracaju: Petrobras, 2009. p. 81.

CAIXETA, J. M.; MILHOMEM, P. S.; WITZKE, R. E.; DUPUY, I. S. S.; GONTIJO, G. A. Bacia de Camamu. **Boletim de Geociências da Petrobras**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 455-462, mai./nov. 2007.

CHANG, H. K.; KOWSMANN, R. O.; FIGUEIREDO, A. M. F.; BENDER, A. A. Tectonics and stratigraphy of the East Brazil Rift system: an overview. **Tectonophysics**, Amsterdam, v. 213, n. 1-2, p. 97-138, Oct. 1992.

DUSSIN, I. A.; DUSSIN, T. M. Supergrupo Espinhaço: modelo de evolução geodinâmica. **Geonomos**, Belo Horizonte, v. 3, n. 1, p. 19–26, 1995.

FERREIRA, T. S.; LIMA, F. D.; CAIXETA, J. M.; FRANCISCO, C.; BARROS, F. A. A influência de cinturões proterozoicos no rifteamento das bacias de Camamu e Almada. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO

EMBASAMENTO, 1., 2009, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Petrobras, 2009.

GONTIJO, G. A.; MILHOMEM P. S.; CAIXETA, J. M.; DUPUY, I. S. S.; Menezes P. E. L. Bacia de Almada. **Boletim de Geociências da Petrobras**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 463-474, mai./nov. 2007.

PEDROSA-SOARES, A. C. P.; NOCE, C. M.; VIDAL, Ph.; MONTEIRO, R. L. B. P.; LEONARDOS, O. H. Toward a new model for the Late Proterozoic Araçuaí (SE Brazil) - West Congolian (SW Africa) Belt. **Journal of South America Earth Sciences**, Amsterdam, v. 6, n. 1-2, p. 33-47, July/Aug. 1992.

HARDING, T. P. Seismic characteristics and identification of negative flower structures, positive flower structures, and positive structural inversion. **AAPG Bulletin**, v. 69, n. 4, p. 582-600, Apr. 1985.

MAGNAVITA, L. P. Reativação do embasamento Pré-cambriano durante a abertura cretácea do rifte do Recôncavo – Tucano – Jatobá, NE Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE O CRÁTON DO SÃO FRANCISCO, 2., 1993, Salvador. **Anais...** Salvador: Sociedade Brasileira de Geologia, 1993. p. 222 –230.

MAGNAVITA, L. P. **Geometry and kinematics of the Recôncavo – Tucano – Jatobá Rift, NE-Brazil**. 1992. 493 p. Tese (Doutorado) – Universidade de Oxford, Oxford, 1992.

MILANI, E. J.; DAVISON, I. Basement control and transfer tectonics in the Reconcavo-Tucano-Jatoba rift, Northeast Brazil. **Tectonophysics**, Amsterdam, v. 154, n. 1-2, p. 41-70, Nov. 1988.

MILANI, E. J. Falhamentos transversais em bacias distencionais. **Boletim de Geociências da Petrobras**, Rio de Janeiro, v. 3, n. 1-2, p. 29-41, jan./jun.1989.

VALERIANO, C. M.; ALMEIDA, J. C. H.; M. NETTO, A.; TUPINAMBÁ, M.; MENEZES, P. T. L.; MANÉ, M. A.; QUEIROZ, C. L.; LIMA, C. C.; SILVA, L. G. E.; FACURI, F.; DOURADO, F.; A. NETTO, P. R. Geologia e geofísica regionais da porção emersa da Bacia de Almada, BA. In: DIAS, C. A. (Ed.). **Turbiditos da Bacia de Almada/Bahia**: pesquisas geológicas e geofísicas. Macaé: UENF, 2004. p. 3-37.

bibliografia

BIZZI, L. A.; SCHOBENHAUS, C.; GONÇALVES, J. H.; BAARS, F. J.; DELGADO, I. M.; ABRAM, M. B.; LEÃO NETO, R.; MATOS, G. M. M.; SANTOS, J. O. S. (Org.). **Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil**: Sistema de Informações Geográficas – SIG. Brasília: Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais, 2001. Mapas. Escala 1:2.500.000. 4 CD-ROM.

CORRÊA-GOMES, L. C.; DOMINGUEZ, J. M. L.; BARBOSA, J. S. F.; SILVA, I. C.; PINTO, M. V. Relações entre orógenos, zonas de cisalhamento, quebra continental e deformações 3-D: a história tectônica da bacia sedimentar de Almada, Bahia. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 35, n. 4, p. 105-115, dez. 2005. Suplemento.

CORRÊA-GOMES, L. C.; DOMINGUEZ, J. M. L.; BARBOSA, J. S. F.; SILVA, I. C. Padrões de orientação dos campos de tensão, estruturas, herança do embasamento e evolução tectônica das bacias de Camamu e porção sul do recôncavo, costa do dendê, Bahia. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 35, n. 4, p. 117-128, dez. 2005. Suplemento.

D'AVILA, R. S. F.; SOUZA CRUZ, C. E.; OLIVEIRA FILHO, J. S.; JESUS, C. M.; CESERO, P.; DIAS FILHO, D. C.; LIMA, C. C.; QUEIROZ, C. L.; SANTOS, S. F.; FERREIRA, E. A. Fácies e modelo deposicional do Canyon de Almada, Bacia de Almada, Bahia. **Boletim de Geociências da Petrobras**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 2, p. 251-286, mai./nov. 2004.

expanded abstract

The Camamu and Almada basins are located in northeastern Brazil and were formed during the rifting and subsequent development of the oceanic crust on the Brazil eastern margin. Those basins are limited to the north by the Recôncavo-Tucano-Jatobá aborted rift that bends to the east because of the high Jacuípe basement. The rift was active during the Neocomian to Aptian, and was developed on the São Francisco Craton and its adjacent fold belts represented by Salvador-Itabuna-Itaju do Colônia and Araçuaí. These components of the basement had an important role in the evolution of those sedimentary basins as weakness structures due to events before the neocomian rifting. Such anisotropy of the basement was reflected in hinge fault development, structural style faulting and, therefore, patterns of sedimentation in the rift and pos-rift sections of the basins.

Gravity maps show that the Camamu basement is predominantly bipolar displayed by a regional gravimetric low in a proximal portion and a large high alignment with N-S trend. Meanwhile, the Almada Basin shows small low and high gravity anomalies forming an isotropic distribution. Magnetometry maps display a NE-SW alignment that is quite remarkable in this region. These variations were revealed in the basement by potential method maps, and they control the fault style in the Camamu and Almada rift basins.

The main rift faults occur with N-S orientation in the Almada and South Camamu basins, and with a NE-SW trend in the northern part of the Camamu Basin. The main pattern of the major faults and basin hinges was inherited from the Itaju do Colônia-Itabuna-Salvador fold belt.

The northern part of the Almada Basin, in its transition into Camamu, there is a set of faults with a NE-SW trend where the rift faults were controlled by the Itaju do Colônia shear zone. This fault zone also occupies a different depth of more than one kilometer compared to the Camamu and Almada basements. This difference in the basement depth resulted in a significant impact on the sedimentary deposition of the rift and post-rift sections that differentiate the Camamu and Almada basins. This regional structure was named the Taipus Mirim Accommodation Zone. In the north of the Camamu Basin, there is a fault transfer zone on the rift, with NW-SE trend correlated with the Salvador shear zone, which deflects to the northwest of the Itabuna-Salvador-Curaça belt.

During the Aptian age, in the north of the Taipus Mirim accommodation zone, the Camamu Basin played the role of a divisor of transitional sedimentation in the basins. In Camamu, dominated fluvial-deltaic systems and restricted marine evaporites in shallow lakes formed above the rift fault rotation blocks. While in the south of the Taipus Mirim Accommodation Zone, in the Almada Basin had already occurred a deeper and well-established marine incursion.

During the Albian age, the Camamu Basin displayed an extensive shallow water limestone platform that extended to near the paleocoast and is related to a basement high. Therefore, the Almada Basin shows two conspicuous depocenters in the Albian section that are separated by a zone of small limestone thicknesses with a large concentration of salt diapirs related to an Aptian hinge.

In the basement of the Camamu and Almada rift basins, there are two main lineaments: the Itaju do Colônia and the Salvador shear zones that are correlated to the rift transfer zones, the Taipus Mirim Accommodation Zone and the Salvador Transfer Zone, respectively. These basement lineaments had a long history of tectonic reactivation during the Paleoproterozoic (Transamazonian Orogeny) and Precambrian ages (Brasiliano Orogeny). For the Taipus Mirim accommodation zone, the control would be given by a major lineament with a NE-SW trend, which developed in the Paleoproterozoic as a transfer zone to accommodate the initial attempt to break up the São Francisco-Congo Craton, forming, as a result, the Paramirim aborted rift. This basement lineament was reactivated as a major dextral shear zone during the Brasiliano Orogeny, resulting in the Araçuaí-West Congo fold belt, which bordered the southern edge of São Francisco-Congo Craton. In the Upper Cretaceous, the separation of the São Francisco and Congo Cratons reactivated those basement shear zones as rift transfer zones which controlled and separated the Camamu and Almada rift basins.