

Estratigrafia de Seqüências da fase final de preenchimento de um rifte intracontinental: um modelo com base no Barremiano Inferior da Bacia do Recôncavo

*Sequence stratigraphy of the last filling phase of an intracontinental rift:
a model based on the Lower Barremian of the Recôncavo Basin*

Clóvis Francisco Santos

resumo

Os depósitos sedimentares do Barremiano Inferior (Andar Buracica) da Bacia do Recôncavo são caracterizados por uma sucessão cíclica de sedimentos fluviais, deltaicos e lacustres, pertencentes à Formação São Sebastião. O estudo de afloramentos, testemunhos e perfis eletrorradioativos deste intervalo permitiu a elaboração de um modelo que explica a arquitetura das seqüências estratigráficas identificadas e sua divisão em seis seqüências de 3ª ordem e 20 de 4ª ordem.

Nestas seqüências, o trato de sistemas de lago baixo (TSLB) caracteriza-se pela ampla progradação flúvio-deltaica, enquanto o trato de sistemas de lago transgressivo (TSLT) é caracterizado pela arquitetura retrogradacional, principalmente nas posições mais distais da bacia. Nas porções mais proximais, onde a taxa de sedimentação consegue acompanhar a taxa de criação de espaço de acomodação, a deposição pode se apresentar agradacional. O trato de sistemas de lago alto (TSLA) é caracterizado por uma sedimentação predominantemente pelítica lacustre que ocorre

em continuidade aos pelitos depositados no TSLT. A ampla dominância de progradações deltaicas, preconizada pela Estratigrafia de Seqüências para o trato de nível alto das seqüências marinhas não se aplica ao intervalo em estudo. O trato de sistemas de regressão forçada (TSRF) está representado por alguns corpos delgados de arenitos. O potencial de preservação deste trato de sistemas é pequeno, tornando difícil sua identificação.

No modelo proposto, os limites de seqüência são superfícies erosivas geradas durante os rebaixamentos do nível do lago, climaticamente controlados. A taxa de aporte de sedimentos grossos para a bacia, diretamente ligada ao influxo de água, influencia no posicionamento das superfícies transgressiva e de inundação máxima. A subsidência é responsável por criar o espaço para acomodar e preservar estas seqüências.

(originais recebidos em 08.07.2005)

Palavras-chave: rifte | lago | Bacia do Recôncavo | sistemas deposicionais | Estratigrafia de Seqüências

abstract

The sedimentary deposits of the Buracica Stage (Lower Barremian) of the Recôncavo Basin are characterized by a cyclic succession of fluvial, deltaic and lacustrine sediments, included in the São Sebastião Formation. Outcrop, core and well log studies supported the proposal of a model that explains the architecture of the stratigraphic sequences and its subdivision in six 3rd order sequences and twenty 4th order sequences.

The lowstand lake-level systems tract (LLST) is characterized by a broad fluviodeltaic progradation, whereas the transgressive lake-level systems tract (TLST) is characterized by a retrogradational architecture, mainly in the distal areas of the basin. An aggradational pattern can occur in the proximal areas, where the sedimentation rate equals the rate of creation of accommodation space. The highstand lake-level systems tract (HLST) is predominantly characterized by a lacustrine pelitic sedimentation, which is a continuation of the sedimentation of the TLST pelites. The broad deltaic progradation anticipated by the Sequence Stratigraphy for the highstand systems tract of the marine sequences does not apply to the studied interval. The forced-regression systems tract (FRST) is represented by thin sandstone beds. The identification of this systems tract is hard since its deposits can be easily eroded.

In the proposed model, the sequence boundaries are erosive surfaces produced during falling lake-level periods, which are climatically controlled. The position of transgressive and maximum flooding surfaces are related to the rate of coarse-grained sediment influx, which is dependent upon the water influx. The sequences are deposited and preserved by the accommodation space created by subsidence.

(expanded abstract available at the end of the paper)

Keywords: rift | lake | Recôncavo Basin | depositional systems | Sequence Stratigraphy

introdução

O presente estudo investiga os depósitos sedimentares de idade Buracica (Eobarremiano) que colmataram a Bacia do Recôncavo (fig.1). Estes depósitos são constituídos pelos sedimentos fluviais, deltaicos e lacustres da Formação São Sebastião (fig.2) e são compostos por uma

sucessão de espessos corpos de arenitos intercalados com camadas de folhelhos. Algumas destas camadas de pelitos constituem-se em marcos litológicos e eletrorradioativos, por vezes correlacionáveis ao longo da bacia por uma distância de mais de 100 km, denotando um caráter eminentemente cíclico da sedimentação. Cada ciclo está caracterizado por episódios de progradação/agradação flúvio-deltaica seguidos por inundações lacustres amplas, as quais afoavam parcial ou totalmente a bacia (fig. 3).

Do ponto de vista sedimentológico e litoestratigráfico, a seção Buracica já vem sendo estudada desde o início da exploração de petróleo na Bacia do Recôncavo, o que permitiu que se atingisse um bom nível de conhecimento acerca dos sistemas deposicionais (Mosmann e Toniatti, 1968; Aboarrage, 1970; Potter *et al.* 1977; Ghignone, 1979; Medeiros e Ponte, 1981; Menezes e Vilas Boas, 1996). Poucos são os trabalhos que enfocam este intervalo sedimentar sob a ótica da Estratigrafia de Seqüências, tais como Ribeiro (1991), Silva (1993) e Della Fávera *et al.* (1994).

análise estratigráfica

Na análise estratigráfica do intervalo estudado foram utilizados 59 conjuntos de perfis eletrorradioativos de poços; 180 m de testemunhos de 5 poços; 210 m de afloramentos em 11 exposições da Formação São Sebastião ao longo de cortes de estradas e barrancos de rios; análises bioestratigráficas dos poços e afloramentos (fig.4). A análise sismoestratigráfica da seção não foi realizada em função do pacote sedimentar apresentar-se como um conjunto de reflexões plano-paralelas, sem a resolução sísmica que este tipo de estudo requer.

contexto paleogeográfico

Durante a Idade Buracica da Bacia do Recôncavo, o rifteamento estava em sua fase terminal, com o tectonismo intrabacinal bastante atenuado. As grandes depressões geradas durante a Idade Rio da Serra, na fase principal de subsi-

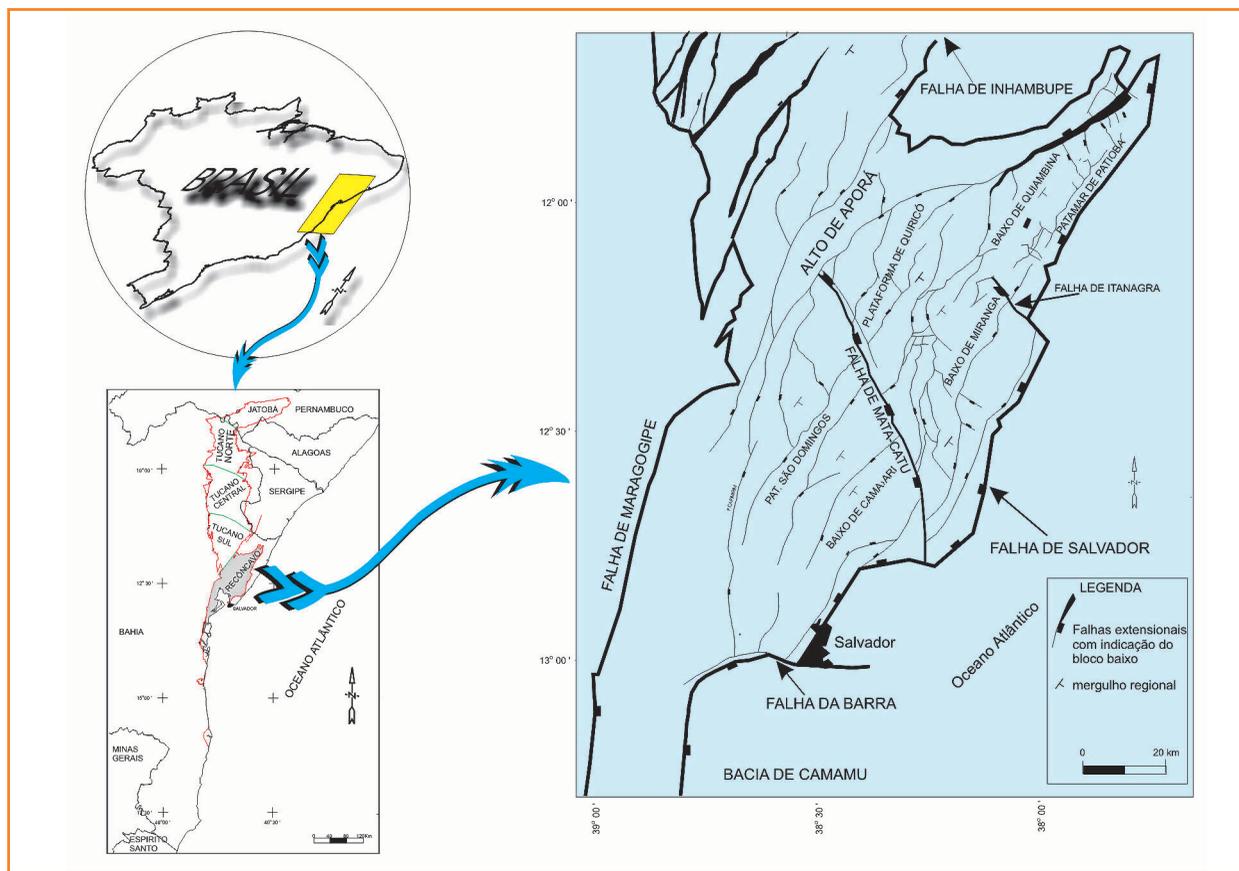


Figura 1

Mapa de localização e mapa do arcabouço estrutural da Bacia do Recôncavo (adaptado de Petrobras, 1993).

Figure 1

Location and structural framework maps of the Recôncavo Basin (adapted from Petrobras, 1993).

dência, começaram a ser assoreadas desde o Aratu, quando a taxa de sedimentação superou a taxa de criação de espaço, permitindo a progradação dos sistemas deposicionais de norte para sul e a atenuação dos relevos estruturais/topográficos (Gama Jr., 1970; Ghignone, 1979; Ghignone, 1982; Netto *et al.* 1985; Santos *et al.* 1990; Figueiredo *et al.* 1994). A subsidência concentrava-se ao longo da falha de borda (Falha de Salvador), situada a leste (fig.1). O substrato do lago variava desde profundidades em torno de 10 m até alguns centímetros, contexto onde predominava um ambiente pantanoso (Tölderer-Farmer *et al.* 1989).

Configurava-se, assim, uma bacia com gradientes deposicionais bastante suaves, semelhante a uma rampa, onde ora predominava um ambiente essencialmente fluvial e deltaico e ora um ambiente lacustre bastante raso. A matéria orgânica contida nos pelitos depositados durante as épocas em que o ambiente lacustre predominava apresenta-se parcialmente oxidada, fato que suporta esta interpretação paleofisiográfica (fig. 5).

O panorama de gradientes suaves somente é quebrado junto à falha de borda da bacia, onde o relevo permaneceu acidentado.

Do ponto de vista paleoclimático, as reconstruções paleogeográficas dos continentes para o Eocretáceo (Parrish e Curtis, 1982; Parrish, 1985; Scotese *et al.* 1988) mostram que a Bacia do Recôncavo situava-se numa paleolatidade entre 15° S e 20° S, isto é, dentro de um cinturão climático predominantemente tropical.

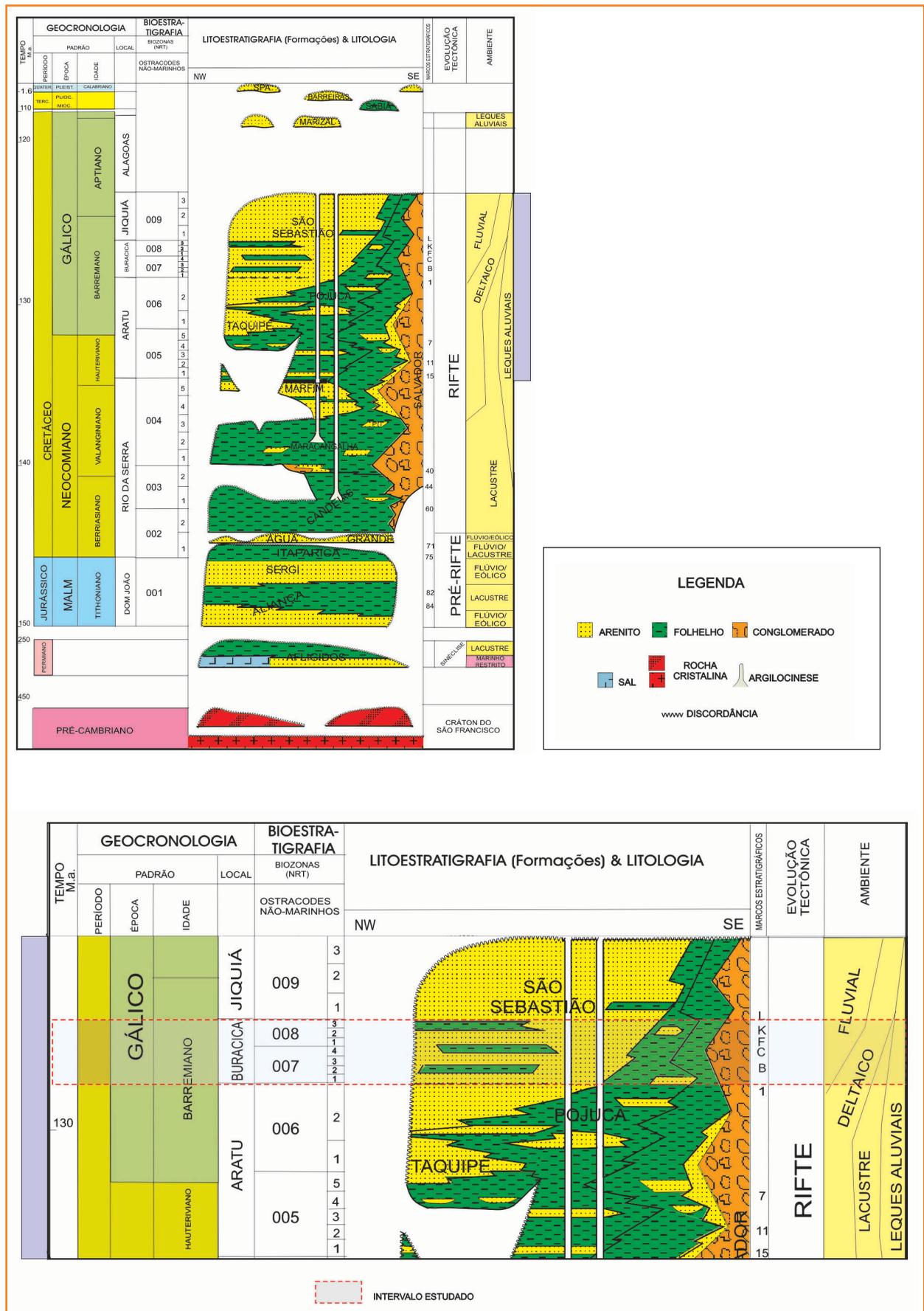
Desenha-se, desta maneira, o quadro esperado para a fase final de um rifteamento: a implantação de um sistema axial, flúvio-deltaico, que desemboca em um corpo de água que ainda subsiste na porção distal. No contexto da área em estudo, o Tucano Sul representa a parte proximal do sistema flúvio-deltaico-lacustre, enquanto o sul da Bacia do Recôncavo (Baixo de Camaçari) representa a porção distal deste sistema. Paralelamente, leques aluviais coalescentes eram depositados ao longo das falhas de borda, cujo registro geológico são os conglomerados que se interdigitam com os pelitos lacustres.

Figura 2

Coluna estratigráfica da Bacia do Recôncavo destacando o intervalo de estudo (adaptado de Caixeta et al. 1994).

Figure 2

Stratigraphic chart of the Recôncavo Basin depicting the studied interval (adapted from Caixeta et al. 1994).



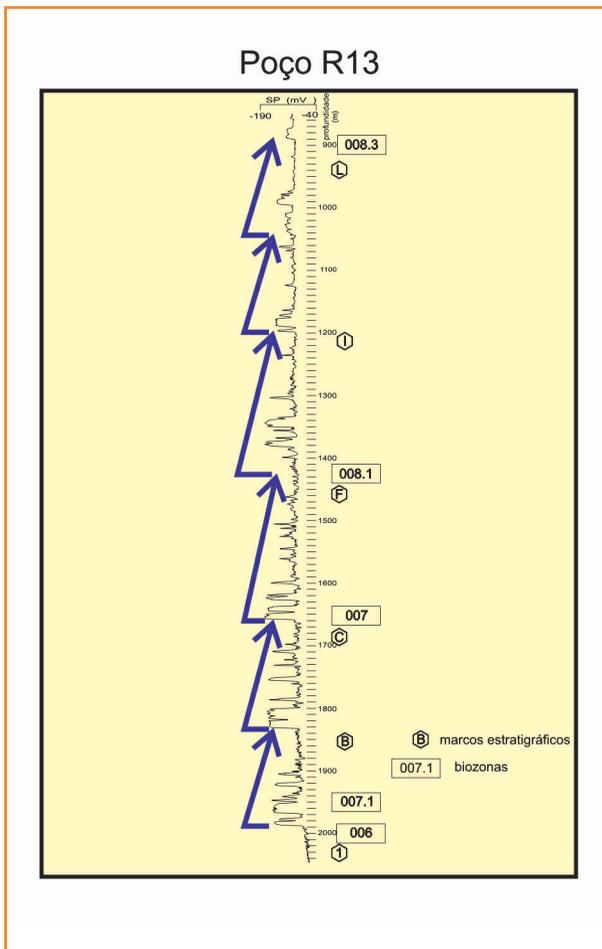


Figura 3 – Curva do perfil de potencial espontâneo do poço R13 mostrando a marcante ciclicidade do intervalo (Andar Buracica).

Figure 3 – SP log from the well R13, depicting the strong cyclicity of this interval (Buracica stage).

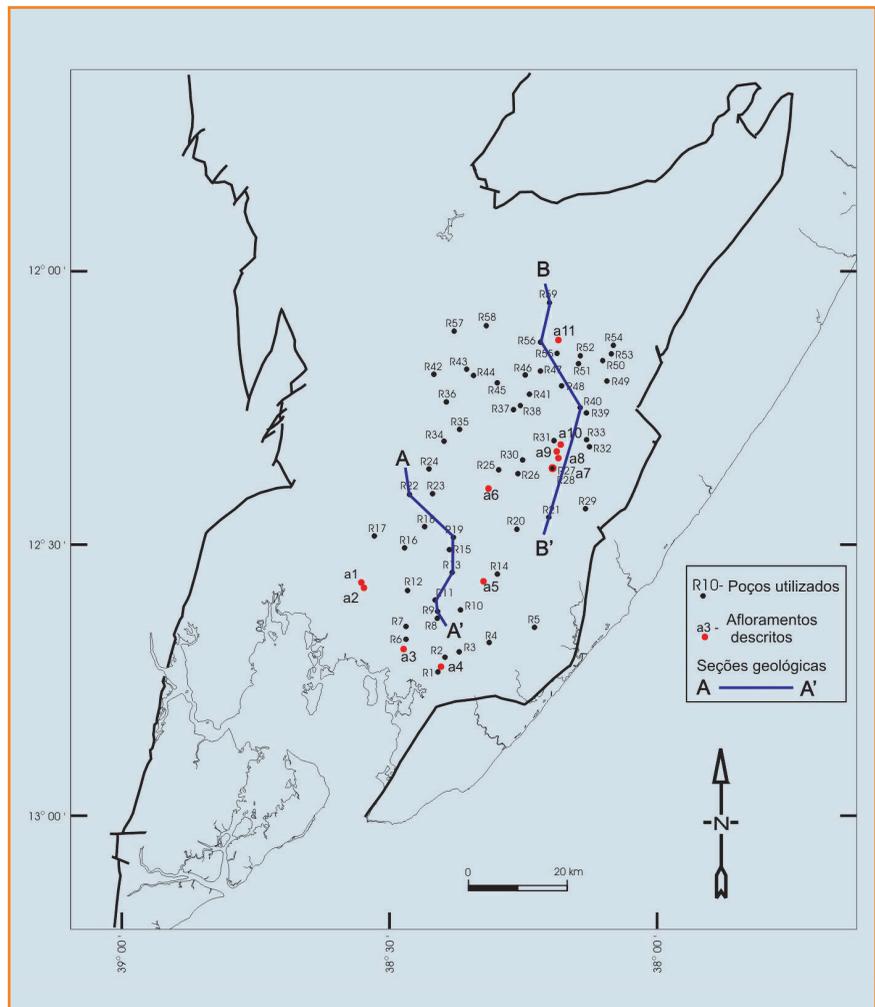


Figura 4 – Mapa de localização dos afloramentos e poços estudados. As seções estratigráficas A-A' e B-B' são mostradas nas figuras 7 e 8, respectivamente.

Figure 4 – Location map of the studied outcrops and wells. The stratigraphic sections are shown in figures 7 and 8, respectively.

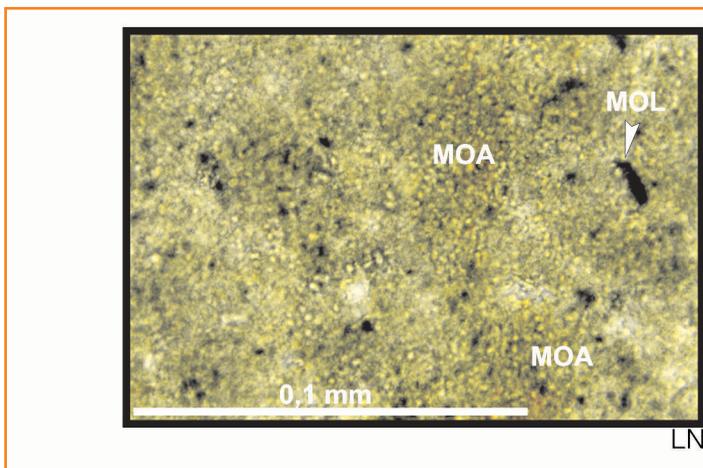


Figura 5 – Bandas de matéria orgânica amorfa (MOA), com fluorescência amarelo-clara pálida e amarelo-esverdeada (oxidação parcial), indicativa de ambiente raso. Observam-se, também, alguns fragmentos de matéria orgânica lenhosa (MOL). Poço R28 (testemunho nº 4; 363,5 m).

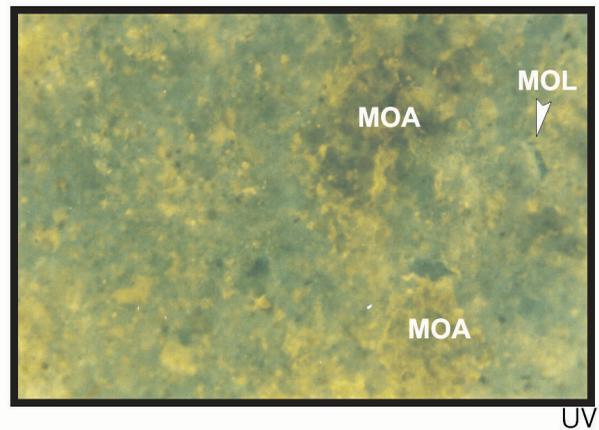


Figure 5 – Amorphous organic matter (MOA), showing pale yellow and greenish yellow fluorescence (partial oxidation), indicating a shallow environment. Fragments of woody organic matter (MOL) are indicated also. Well R28 (core n. 4; 363,5 m).

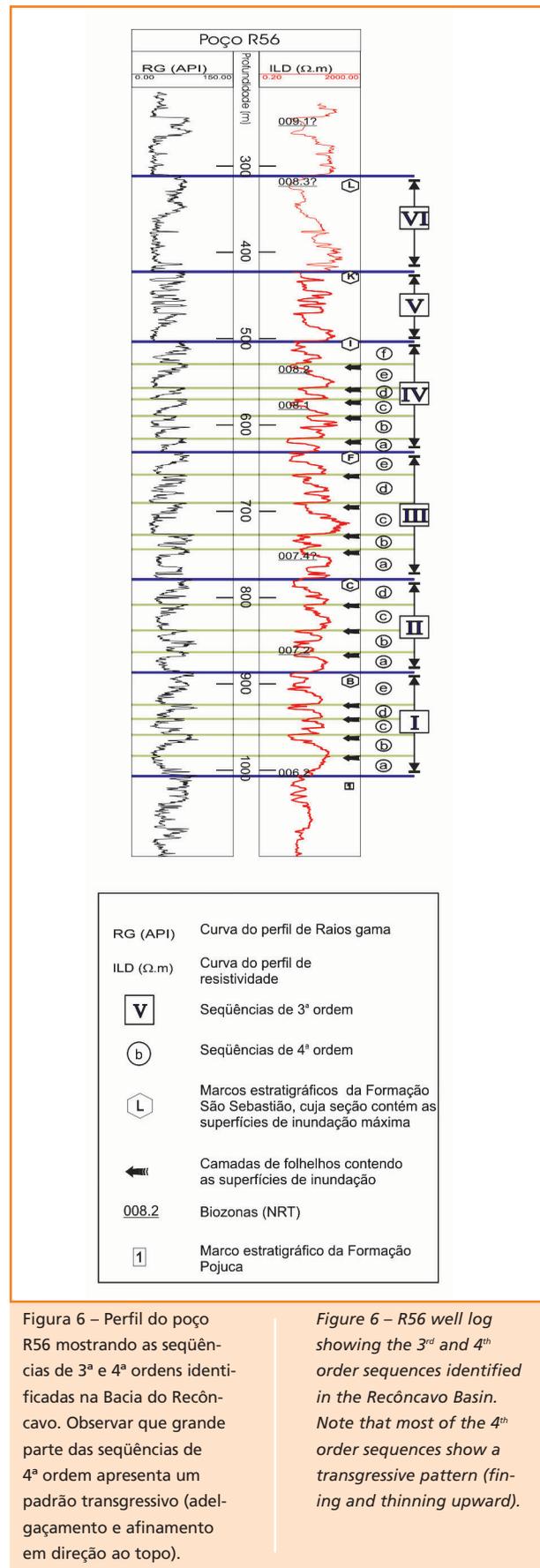
seqüências estratigráficas

O agrupamento, em ordens, de seqüências estratigráficas desenvolvidas em bacias intracontinentais, sem influência das variações eustáticas do nível do mar, não se ajusta aos intervalos de tempo da classificação de *Vail et al.* (1991), desenvolvida para bacias marinhas. Desse modo, neste estudo, as seqüências estratigráficas serão hierarquizadas de acordo com a evolução da bacia rifte, tendo como referência a divisão que Silva (1993) estabeleceu para a Bacia do Recôncavo. A tectono-seqüência do Cretáceo Inferior, que engloba os sedimentos depositados na fase rifte, define a 1ª ordem e envolve intervalos de tempo de dezenas de milhões de anos; a 2ª está representada pelo Intervalo tectono-deposicional e envolve milhões de anos. A seção em estudo, correspondente ao intervalo compreendido pelas biozonas NRT 007 e 008, equivalentes ao Andar Buracica, constitui grande parte do Intervalo tectono-deposicional VI de Silva (1993) e, portanto, insere-se numa seqüência de 2ª ordem. A análise deste intervalo permitiu o seu refinamento estratigráfico em seqüências de 3ª ordem, que por sua vez foram subdivididas em seqüências de 4ª ordem (fig. 6).

Foram identificadas seis seqüências estratigráficas de 3ª ordem, cuja contemporaneidade se constata pelo fato de estarem, cada uma delas, incluídas em um mesmo arcabouço cronoestratigráfico definido pelas superfícies de inundaçãomáxima, e, também, pelo zoneamento bioestratigráfico.

A seqüência I corresponde à parte inferior do Andar Buracica inferior (englobando quase totalmente as biozonas NRT-007.1 e 007.2); a seqüência II à parte superior do Andar Buracica inferior (NRT-007.3 e 007.4); a seqüência III à parte inferior do Andar Buracica superior (NRT-008.1); a seqüência IV à parte média do Andar Buracica superior (NRT-008.2); e as seqüências V e VI à parte superior do Andar Buracica superior (NRT-008.3).

As seqüências de I a IV foram subdivididas em seqüências de 4ª ordem a partir da identificação de eventos de inundaçãode maior freqüência. A subdivisão das seqüências V e VI em seqüências de 4ª ordem não foi possível devido ao escasso



número de poços que atravessaram este intervalo e/ou que tivessem perfis de raios gama. As seqüências de maior ordem foram nomeadas alfabeticamente, de acordo com as seqüências em que estão incluídas.

Santos (1998), estudando a ciclicidade do intervalo através da análise espectral, mostrou que é possível estabelecer uma relação entre estas seqüências e variações climáticas com controle orbital (ciclos de Milankovitch). As seqüências de 3ª ordem teriam sido depositadas em um intervalo de tempo de 413 ka, equivalente ao ciclo da excentricidade longa, enquanto as seqüências de 4ª ordem se correlacionariam com os ciclos de obliquidade, com duração de 38 ka e 49 ka.

arquitetura das seqüências estratigráficas

De modo geral, as seqüências tendem a apresentar um padrão retrogradacional, isto é, caracterizam-se, da base para o topo, por corpos de arenitos espessos, de base abrupta, passando para arenitos mais finos e com menor espessura e culminando com um pacote pelítico (figs. 7 e 8). Este padrão de adelgaçamento e granodecrescência ascendente lhes confere um caráter marcadamente assimétrico, o qual fica bastante evidente nos perfis de potencial espontâneo e raios gama.

Nos baixos regionais mais próximos da borda falhada e, portanto, apresentando taxas de subsidência maiores, este caráter retrogradacional é bastante ressaltado (fig. 3). Nas áreas mais próximas da margem flexural, menos subsidentes, este caráter está menos marcado e aproxima-se, por vezes, de um padrão agradacional (fig. 7).

Será utilizada, aqui, a denominação de “trato de sistemas de lago baixo (TSLB), transgressivo (TSLT) e alto (TSLA)” para descrever as fases de um ciclo de construção de uma seqüência, conforme adotado por Della Fávera *et al.* (1994). Reconhece-se, também, a existência do trato de sistemas de regressão forçada (TSRF) de Hunter e Tucker (1992) que, no tempo, sucede o TSLA e antecede o TSLB. De acordo com estes autores, o limite de seqüência deve ser posicionado no topo deste trato de sistemas.

trato de sistemas de lago baixo (TSLB)

Este trato de sistemas caracteriza-se pela ampla progradação flúvio-deltaica. Durante a deposição dos tratos de sistemas de lago baixo das seqüências Ia a Ie, IIa a IIe e IIIa a IIIe, a sedimentação deltaica dominava ao sul da Bacia do Recôncavo (figs. 9 e 10), enquanto na parte central predominava o ambiente fluvial (fig. 11). Entretanto, também nesta parte central da bacia, por vezes implantava-se o sistema deltaico. O afloramento a6 (fig.12) e os testemunhos dos poços R27 e R28 (fig. 11) mostram que o TSLB das seqüências Id e IIa caracteriza-se por depósitos de lobos deltaicos, enquanto nas demais seqüências caracteriza-se por depósitos fluviais.

O afloramento a4 mostra que a deposição fluvial já se fazia presente durante o TSLB na parte sul da bacia, ao tempo da seqüência VI. Por sua vez, os perfis dos poços mais distais da seção A-A' (fig. 7) mostram uma curva de raios gama e SP predominantemente em forma de caixote, já a partir da seqüência IV. Assim, provavelmente, durante a deposição das seqüências IV, V e VI, o TSLB é dominado pelos sistemas fluviais em toda a bacia (figs. 11, 13, 14 e 15).

A base dos depósitos do TSLB representa o limite de seqüência. Este limite, na maioria das vezes, está caracterizado pela passagem abrupta dos depósitos lacustres (pertencentes ao TSLA ou TSLT), ou de regressão forçada (TSRF), da seqüência mais antiga para os depósitos deltaicos ou fluviais da seqüência mais jovem. A superposição abrupta de fácies proximais e distais é causada pelo rebaixamento do nível do lago e representa um hiato erosional. Pelo fato da seção em estudo ter-se desenvolvido em um contexto de fundo de bacia com baixos gradientes, não devem ser esperadas grandes incisões associadas aos limites das seqüências (fig.10). Efetivamente, em apenas alguns poucos casos pode-se verificar, em testemunho (fig.16) e pela correlação dos perfis eletrorradioativos, a omissão de intervalos com espessuras significativas devido a erosões mais acentuadas.

Isto pode ser observado na seção B-B' (fig. 8), onde se verifica que o TSLB da seqüência Ib está diretamente sobreposto ao TSLB da seqüência Ia,

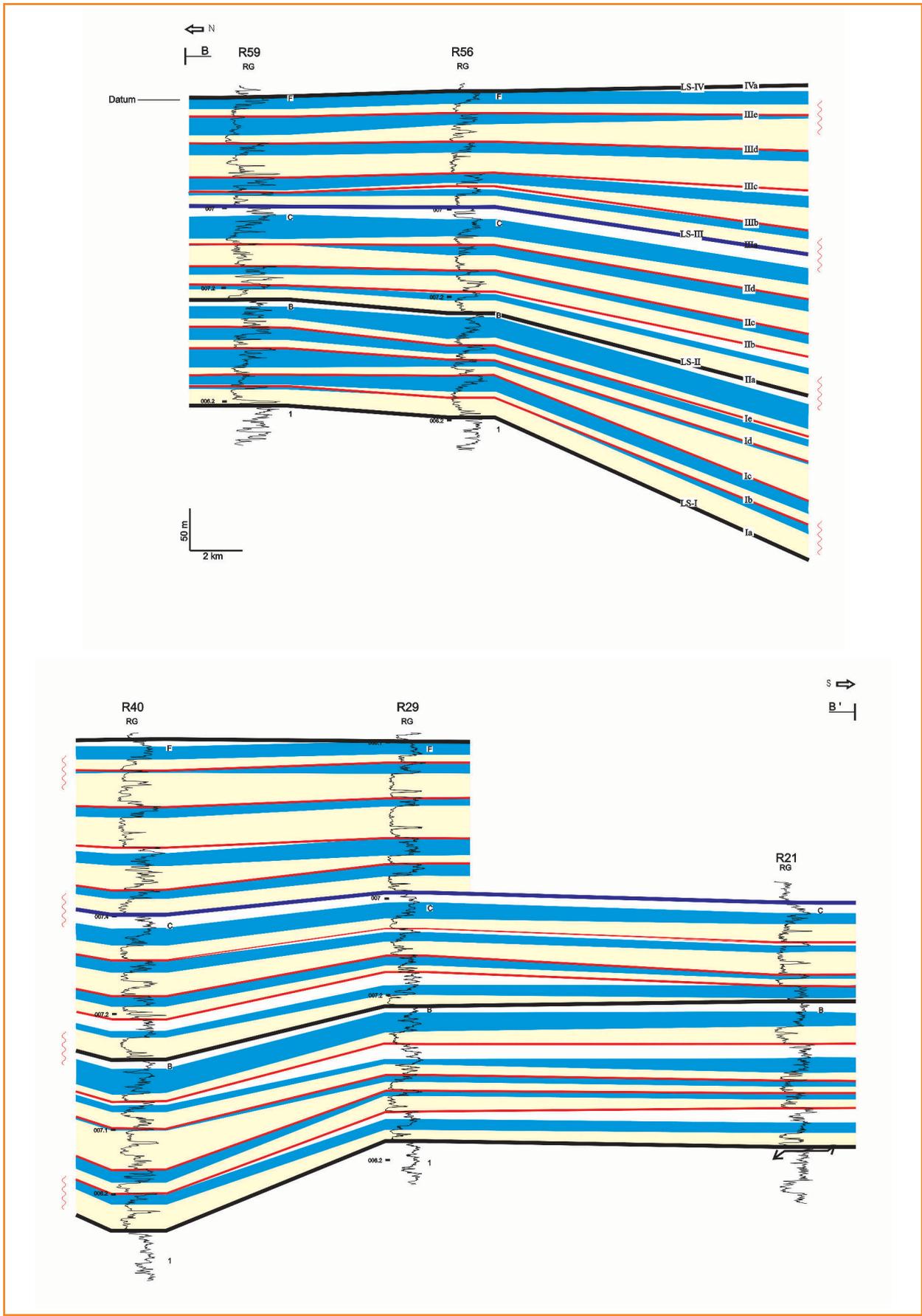


Figura 8

Seção estratigráfica B-B' mostrando as seqüências estratigráficas.

Figure 8

Stratigraphic section B-B' showing the stratigraphic sequences.

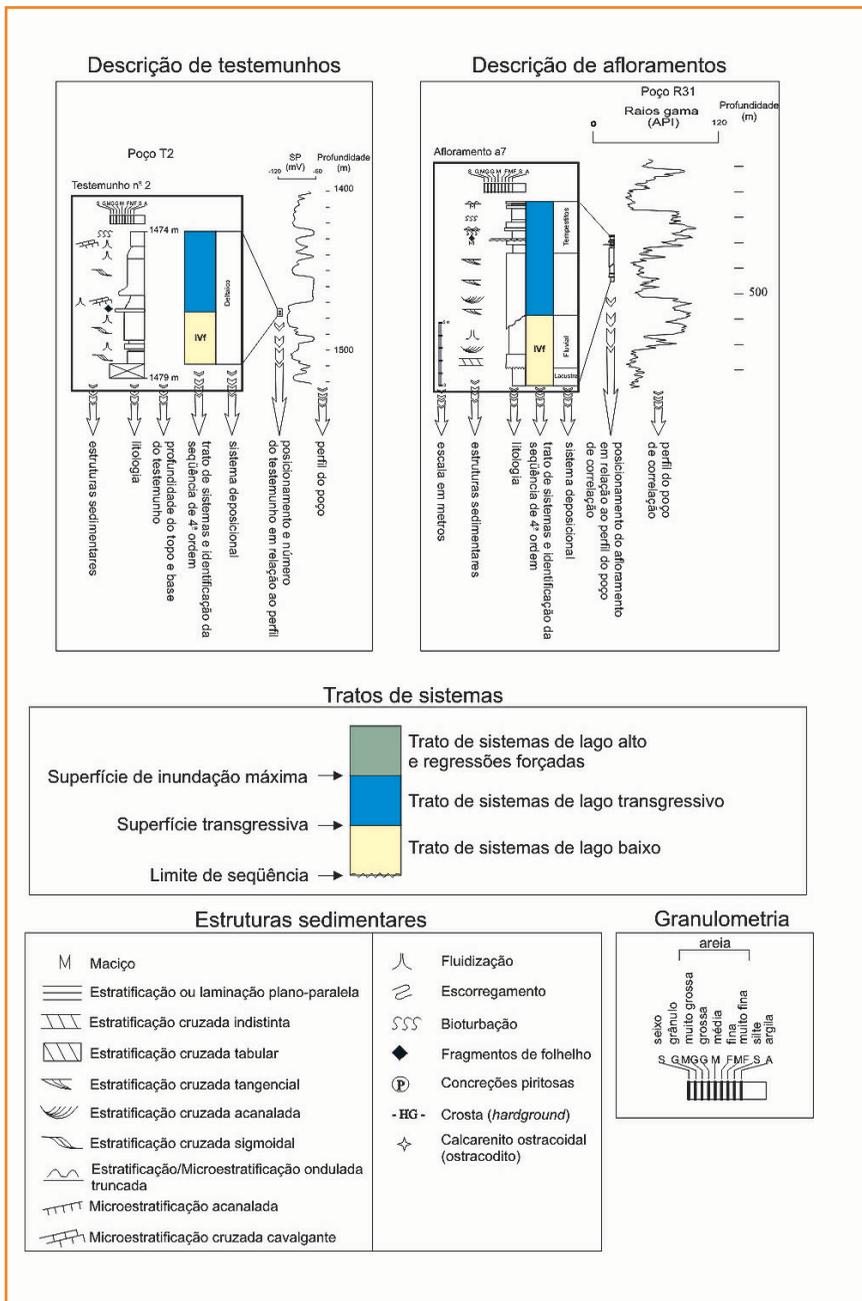


Figura 9

Legenda correspondente às figuras contendo as descrições dos afloramentos e testemunhos.

Figure 9

Legend to the figures with core and outcrop description.

indicando que houve erosão, pelo menos, do TSLT desta última seqüência.

trato de sistemas de lago transgressivo (TSLT)

A arquitetura retrogradacional é característica, principalmente nas posições mais distais da bacia. Nas porções mais proximais, onde a taxa de sedimentação consegue acompanhar a taxa de criação de espaço de acomodação, a deposição pode se apresentar agradacional.

A subida do seu nível, e a conseqüente migração dos sistemas fluviais para montante, favo-

receu o desenvolvimento de deltas em áreas onde antes ocorria deposição fluvial. A maioria das seqüências do intervalo em estudo caracteriza-se por possuir um trato transgressivo cuja base é amplamente dominada pela sedimentação lacustre pelítica com intercalações de depósitos deltaicos retrogradacionais, inclusive na sua parte central onde, durante o TSLB, predominava o sistema fluvial (figs. 10, 11 e 15). Em direção ao topo deste trato de sistemas os depósitos deltaicos tendem a desaparecer e passa a predominar a deposição contínua de pelitos.

A expansão da área do lago permite a atuação efetiva de ondas de tempestade, cujos depósitos característicos, os tempestitos, são encontrados em afloramentos (figs. 14 e 15). A presença de níveis de valvas de ostracodes encaixadas e empilhadas (fig. 17) também é evidência da atuação de tempestades durante este estágio (Kidwell e Bosence, 1991).

A superfície que separa o TSLT do TSLB (superfície transgressiva de Posamentier e Vail, 1988) é posicionada, nos perfis eletrorradioativos, na passagem do padrão de empilhamento agradacional ou progradacional para o retrogradacional. Este último evidencia o recuo dos sistemas deposicionais para montante a partir do momento em que a taxa de subida do nível relativo do lago supera a taxa de aporte sedimentar.

Em testemunhos e afloramentos, a superfície transgressiva pode aparecer como um simples contato abrupto entre folhelhos lacustres e arenitos deltaicos ou fluviais. Neste caso, a sua identificação requer o auxílio de perfis de poços de correlação.

Entretanto, em algumas seqüências a superfície transgressiva apresenta-se como uma marcante erosão. A esta erosão, observada em afloramentos e testemunhos (figs. 10, 11 e 15), podem ou não se associar conglomerados endo-gênicos, representantes do *lag* transgressivo.

trato de sistemas de lago alto (TSLA)

Durante a máxima inundação o lago atinge sua condição de maior distribuição em área, ao mesmo tempo em que ocorre o recuo máximo a montante de todo sistema fluvial e o afogamento das áreas deltaicas. Criam-se, assim, as condições para a deposição do trato de sistemas de

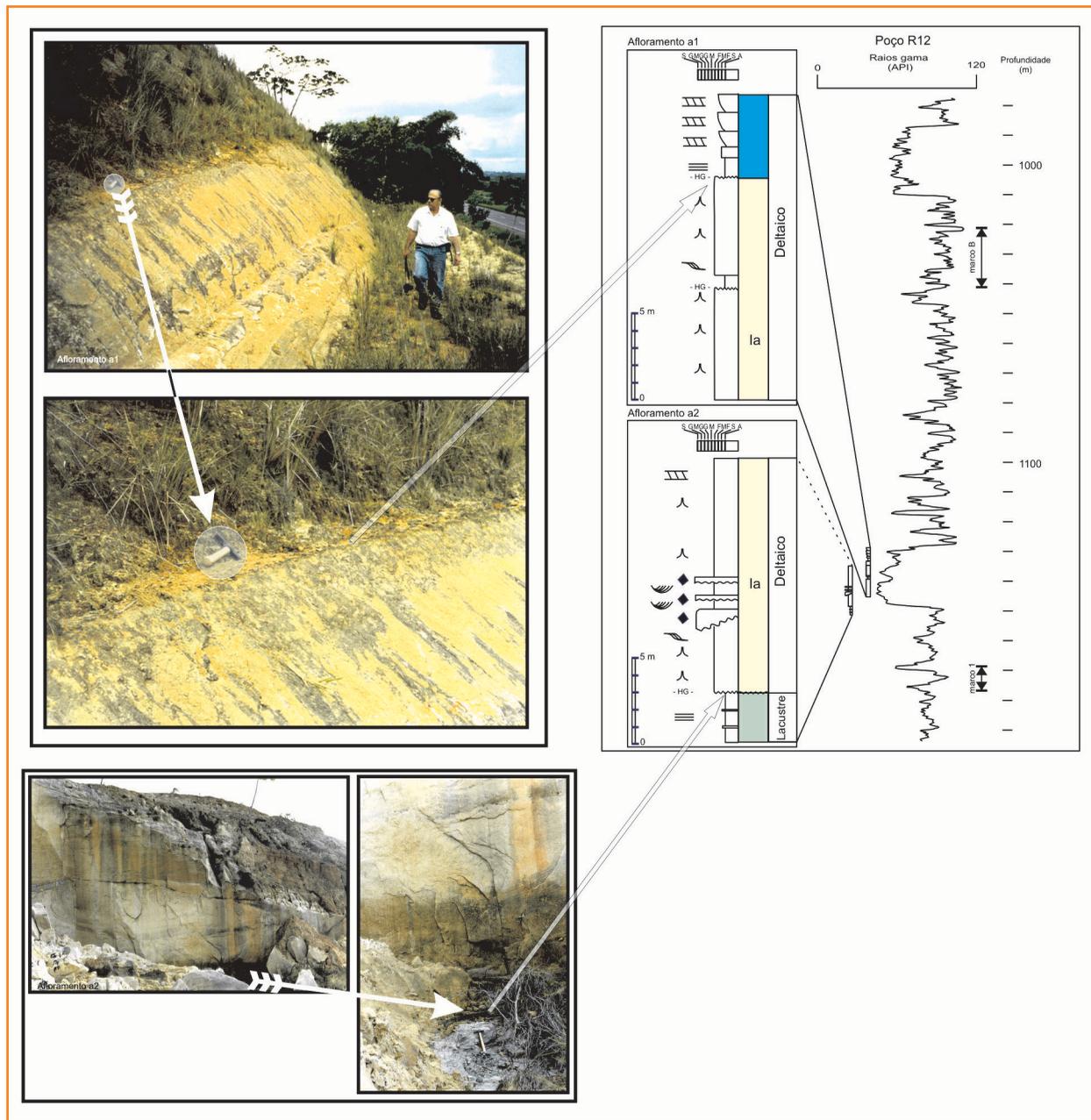


Figura 10

Afloramento a1, no sul da bacia, mostrando uma superfície erosiva (superfície transgressiva), ressaltada por uma crosta ferruginosa, sobreposta a lobos deltaicos (TSLB) e sotoposta a uma camada de pelitos (TSLT). O afloramento a2 mostra um contato abrupto e irregular, evidenciado por um *hardground*, entre os arenitos deltaicos (TSLB) e pelitos lacustres (TSLA). Este contato representa um limite de seqüência, onde não se observa erosão acentuada do TSLA da seqüência mais antiga.

Figure 10

Outcrop a1, south of the basin, showing an erosive surface (transgressive surface), highlighted by a ferruginous crust overlying deltaic lobes (LLST) and overlain by a pelitic layer. The outcrop a2 shows an irregular and sharp contact, highlighted by a *hardground*, between deltaic sandstones (LLST) and lacustrine mudstones (HLST). This contact represents a sequence boundary, which is not characterized by a well defined erosion.

lago alto, caracterizado por uma sedimentação predominantemente pelítica lacustre que ocorre em continuidade aos pelitos depositados no TSLT. As camadas de folhelhos atribuídas a este trato são, de modo geral, de pequena espessura em relação ao intervalo total das seqüências (vide seções estratigráficas, figs. 7 e 8), refletindo as baixas taxas de sedimentação e as erosões sofridas durante o rebaixamento posterior do nível do lago.

A ampla dominância de progradações deltaicas, preconizada pela Estratigrafia de Seqüências

para o trato de nível alto das seqüências marinhas, não se aplica ao intervalo em estudo. Não foi possível identificar, nos perfis eletorradiativos, situações que permitissem a interpretação segura de depósitos deltaicos durante o TSLA. Esta ausência justifica-se tanto pela falta de material disponível para progradar, durante o TSLA, como pela sua erosão, caso eventualmente tenham ocorrido.

Adicionalmente, como será visto a seguir, o trato de sistemas de regressões forçadas também é caracterizado por uma incipiente sedimentação deltaica. Este fato torna confusa, se-

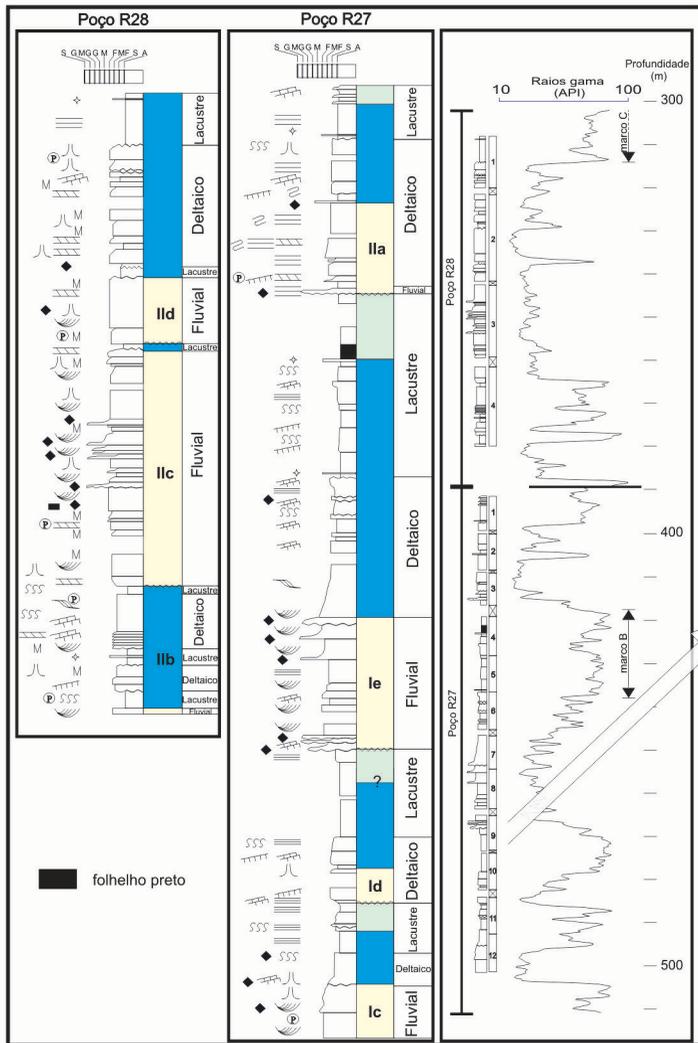


Figura 11 – Descrição e interpretação dos testemunhos dos poços R27 e R28 (área central da bacia) mostrando os tratos de sistemas das seqüências de 4^a ordem e os sistemas deposicionais associados. Os perfis dos dois poços foram montados de maneira a facilitar a compreensão da sucessão estratigráfica. Observar na foto do testemunho o limite de seqüência (LS) e o registro de depósitos fluviais (F), deltaicos (RF - regressão forçada ?) e lacustres (L).

Figure 11 – Description and interpretation of cores from wells R27 e R28 (central area of the basin) showing the 4th order sequence system tracts and associated depositional systems. The logs of both wells are composed for better comprehension of the stratigraphic succession. Note that the core photo shows the sequence boundary (LS) and the record of the fluvial (F), deltaic (RF – forced regression) and lacustrine deposits.

não impossível, a distinção entre aqueles eventuais depósitos deltaicos de lago alto destes da regressão forçada.

O exato posicionamento do limite entre o TSLT e o TSLA, isto é, a superfície de inundação máxima (SIM), também é bastante problemático, já que a passagem de um trato para outro situa-se dentro de um pacote de pelitos. Por tentativas, este limite pode ser assinalado no meio do pacote de maior espessura de folhelhos, de pre-

ferência onde o perfil de raios gama mostrar o maior valor de radioatividade, o qual estaria representando o tempo de maior recuo das fontes de sedimentos grossos (figs. 11 e 15), isto é, corresponderia à seção condensada que abriga na sua parte central a SIM (Posamentier e Allen, 1996). Segundo Santos (1998), no caso de ocorrer a deposição de folhelhos pretos associada ao TSLA, a SIM pode ser marcada na base deste pacote (figs. 11 e 18).

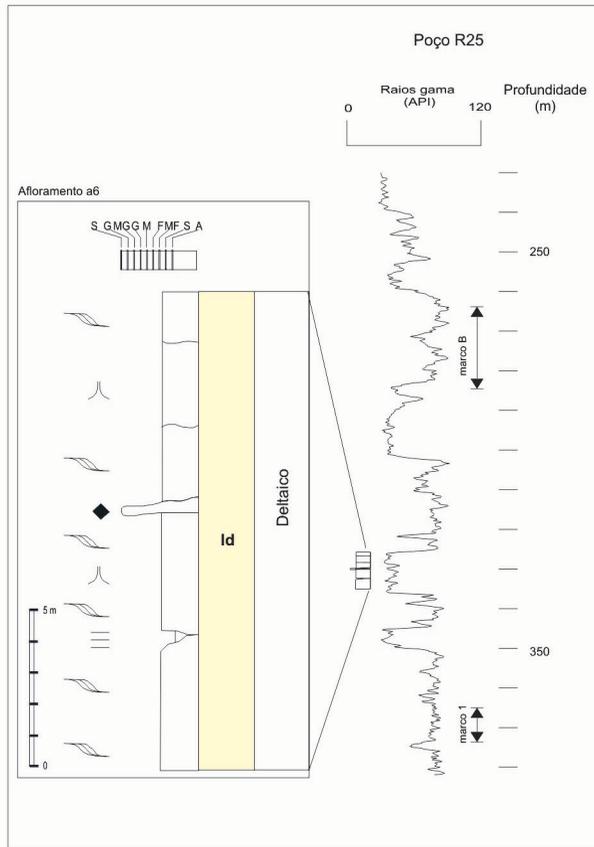


Figura 12

Descrição e interpretação do afloramento a6 mostrando lobos sigmoidais amalgamados. Estes depósitos correspondem ao TSLB e estão estratigraficamente posicionados próximo da base do Andar Buracica.

Figure 12

Description and interpretation of the outcrop a6 showing amalgamated sigmoidal lobes. These deposits are correspondent to the LLST and are stratigraphically positioned near the base of the Buracica stage.

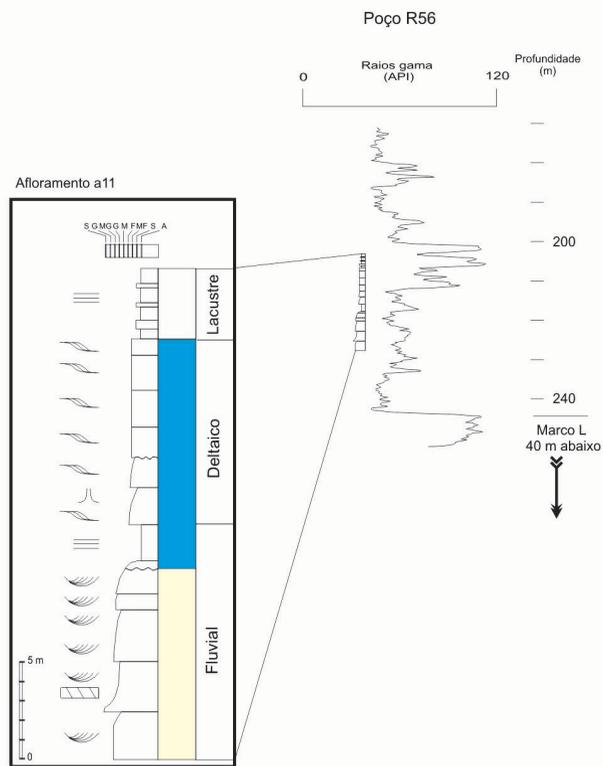
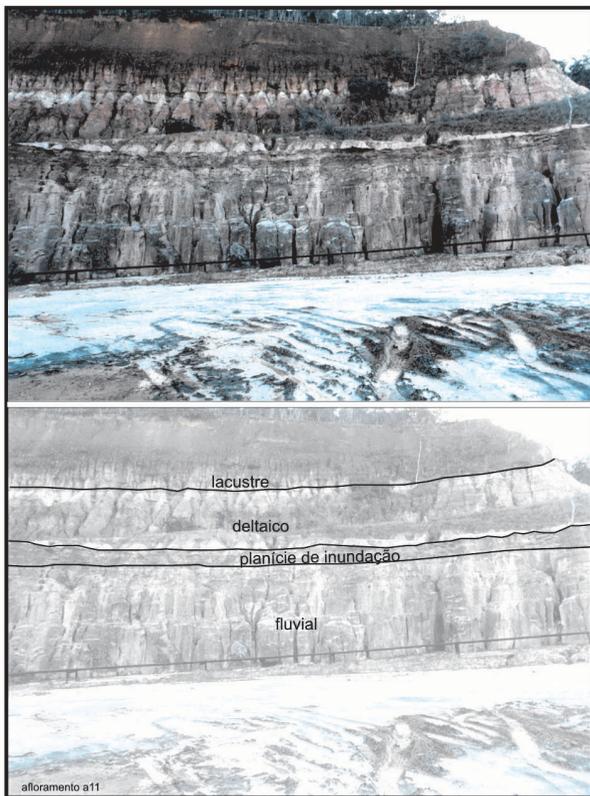


Figura 13

Arenitos fluviais representativos do TSLB das seqüências mais superiores (IV a VI), na porção central da Bacia do Recôncavo. Sobre o sistema fluvial observa-se o sistema deltaico (TSLT) e lacustre (TSLA). Este afloramento (a11) está posicionado estratigraficamente cerca de 40 m acima do topo da seqüência VI.

Figure 13

Fluvial sandstones, which represent the LLST of the younger sequences (IV a VI), in the central area of the Recôncavo basin. Note the lacustrine (HLST) and the deltaic systems (TLST) overlying the fluvial system. This outcrop is stratigraphically 40 m above the top of the sequence VI.

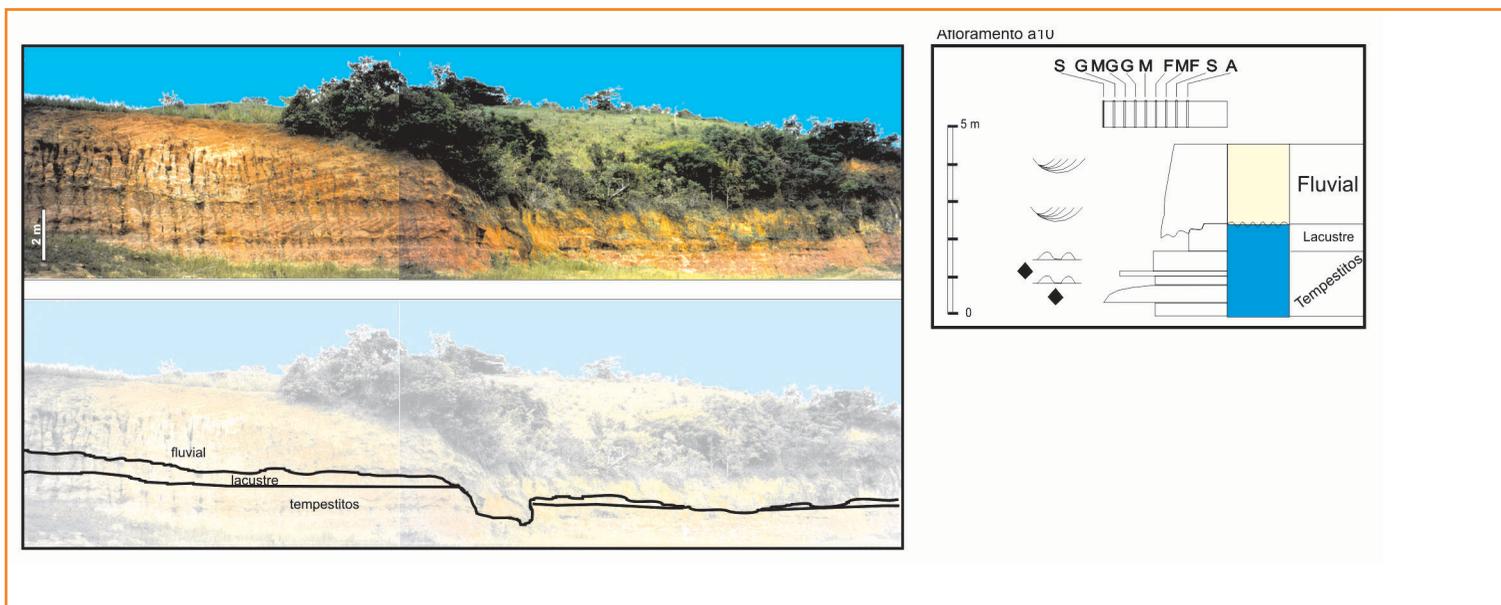


Figura 14

Afloramento a10 mostrando o aspecto tabular e a grande continuidade lateral das camadas de tempestitos (TSLT). Este afloramento está estratigraficamente posicionado logo acima do topo do Andar Buracica e foi utilizado como referência para interpretar os sedimentos fluviais e tempestitos deste intervalo.

Figure 14

Outcrop a10 showing the tabular aspect and the great lateral continuity of the storm beds (TLST). This outcrop is stratigraphically positioned just above the Buracica stage top and is a reference to the interpretation of the storm beds and fluvial sediments of this interval.

trato de sistemas de regressão forçada (TSRF)

Conceitualmente, este trato de sistemas sucede, no tempo, o TSLA (Hunter e Tucker, 1992). À medida que o nível do lago desce, progradações deltaicas podem ocorrer acompanhando o recuo forçado da linha de costa. Como está sendo depositado em um contexto de perda de espaço de acomodação, o potencial de preservação deste trato de sistemas é pequeno, tornando difícil a sua identificação, principalmente nas áreas proximais, sujeitas a um maior grau de erosão. Nas áreas mais distais constata-se a presença, nos perfis de raios gama e potencial espontâneo, de alguns corpos delgados de arenitos que podem ser interpretados como pertencentes a este trato de sistemas (vide seções estratigráficas, figs. 7, 8 e 11). Entretanto, conforme ressaltado acima, não se pode descartar a possibilidade de algumas destas progradações deltaicas terem sido depositadas durante o TSLA.

A pequena distribuição em área, conforme é de se esperar, está marcada por uma falta de correlação lateral destes depósitos. Devido à pequena espessura com que, geralmente, o TSLA e o TSRF se apresentam e à difícil distinção entre os seus limites, as seções estratigráficas apresentadas nas figuras 7 e 8 representam estes dois tratos de sistemas em um único conjunto.

conclusão - modelo de seqüência

A arquitetura das seqüências e a ciclicidade observadas no empilhamento estratigráfico do intervalo em estudo podem ser explicadas através de um modelo onde as variáveis subsidência e clima desempenham papel fundamental na geração e no preenchimento do espaço de acomodação. A primeira, atuando na baixa freqüência, cria o espaço para acondicionar e preservar seqüências deposicionais com dezenas a centenas de metros. A segunda, atuando na alta freqüência, controla a ciclicidade e determina a sucessão temporal dos sistemas deposicionais que preenchem a bacia. As variações das razões isotópicas do oxigênio em amostras do intervalo em foco, estudadas por Santos (1998), são interpretadas como reflexo das oscilações no balanço influxo- evaporação da bacia lacustre. Verifica-se que os valores de $\delta^{18}O$ tendem a se tornar mais negativos nos pontos próximos à base dos sedimentos mais grossos (arenitos e siltitos). Este fato é interpretado como o início da implantação do clima mais úmido, que propicia o aumento do influxo de água para dentro da bacia e o estabelecimento de sistemas deltaicos e/ou fluviais.

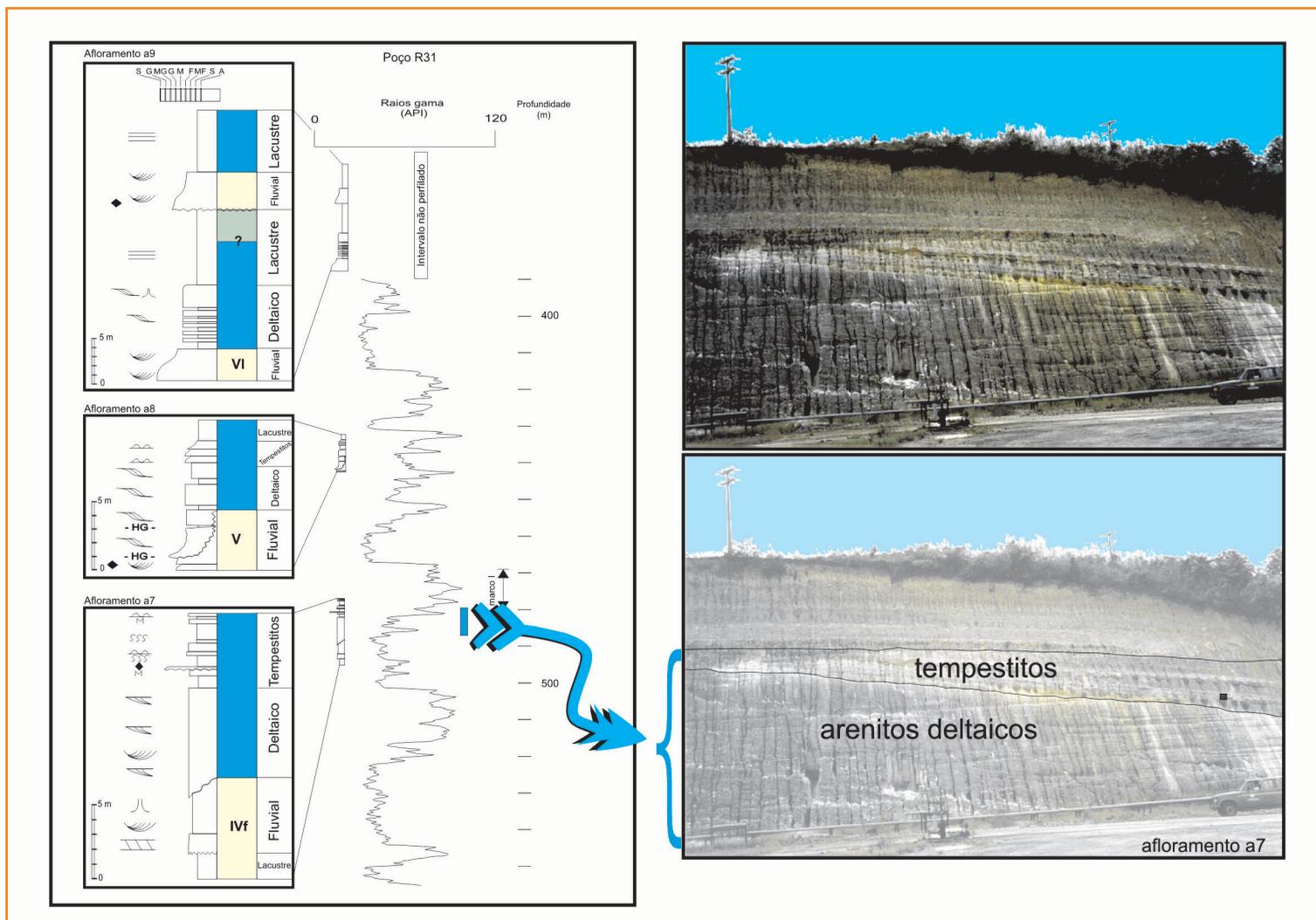


Figura 15

Descrição e interpretação dos afloramentos a7, a8 e a9. Na foto do afloramento a7 mostram-se as camadas de tempestitos em *onlap* sobre depósitos deltaicos (TSLT).

Figure 15

Description and interpretation of the outcrops a7, a8 and a9. The photo of the outcrop a7 shows the storm beds (TSLT) onlapping the deltaic deposits.

Durante as épocas com predominância de clima mais árido, quando o balanço hídrico é negativo, o influxo de água e o aporte de sedimentos para a bacia é mínimo e só ocorre sob a forma de enxurradas esporádicas. Durante as épocas mais úmidas, isto é, aquelas em que o balanço hídrico é positivo e existe grande aporte sedimentar trazido pelas correntes fluviais, o potencial para a taxa de sedimentação superar a taxa de subsidência é grande, ocorrendo a progradação na maior parte da bacia.

Na figura 19 ilustra-se um modelo que procura reproduzir, através da variação climática, o padrão retrogradacional, predominante nas seqüências estratigráficas identificadas no intervalo de estudo. O comportamento teórico da curva do $\delta^{18}\text{O}$, em relação à trajetória do balanço hídri-

co e do nível absoluto do lago, também é mostrado nesta figura.

A partir do momento que o balanço hídrico (BH) passa a ser positivo (ponto 1 no gráfico do BH da figura 19), o nível do lago inicia a sua trajetória de subida, somando-se à subsidência na criação de espaço de acomodação. Ao mesmo tempo o transporte de sedimentos aumenta, carreando para a bacia aqueles armazenados durante a fase mais seca e favorecendo a progradação de sistemas fluviais e deltaicos, num contexto de regressão normal (taxa de sedimentação superior à taxa de geração de espaço de acomodação). Este estágio caracteriza o TSLB. Quando o BH atinge o seu máximo (ponto 2), o influxo de água na bacia é o maior possível e o nível do lago sobe com taxa máxima. Próximo a

Figura 16

Testemunhos 3 e 4 do poço R27 (vide fig. 11). Observar o limite de seqüência (LS) representado por um contato erosivo entre um conglomerado (base da seqüência IIa) e um lamito (topo da seqüência Ie). Este é um exemplo de limite de seqüência envolvendo uma erosão mais acentuada, pois o conglomerado é composto por clastos de folhelho preto (FP) provenientes do TSLA da seqüência mais antiga.

Figure 16

Cores 3 and 4 from the well R27 (see fig. 11). Note the sequence boundary (LS) represented by an erosional contact between a conglomerate (base of the sequence IIa) and a mudstone (top of the sequence Ie). This is an example of sequence boundary characterized by accentuated erosion, since the conglomerate includes black shale clasts (FP) from the older sequence.

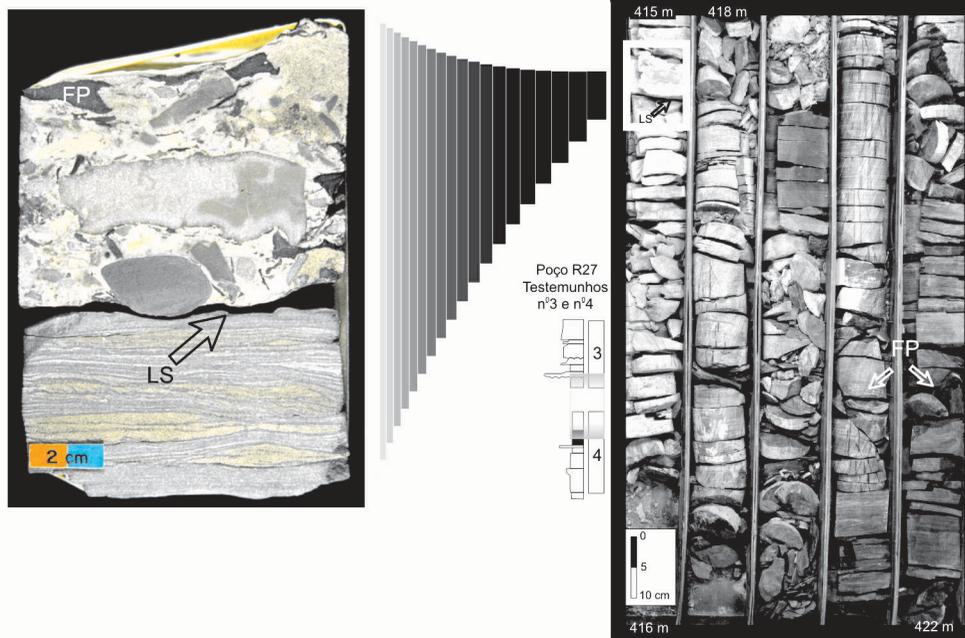


Figura 17

Fotomicrografia de valvas de ostracodes encaixadas e empilhadas, encontradas no ostracodito do testemunho nº 1 do poço R28 (311,6 m). Este tipo de feição é indicativo da ação de tempestades que teriam atuado durante a deposição do TSLT.

Figure 17

Photomicrograph of nested ostracode valves from ostracodite found in the core n.1 of the well R28 (311,6m). This kind of feature is indicative of storm events acting during the TSLT deposition.

este ponto deve se iniciar o TSLT, com a instalação de um padrão retrogradacional de sedimentação na arquitetura das seqüências. O momento exato em que se inicia este processo será controlado pelo balanço entre a disponibilidade de sedimentos para ser transportado e pela taxa de criação de espaço de acomodação (subsidência + nível do lago). Este momento pode ocorrer antes do ponto 2, se a taxa de aporte sedimentar diminuir, por exemplo, devido a uma retenção de sedimentos pelo desenvolvimento de

uma vegetação exuberante em função do clima úmido. Ou, então, porque a disponibilidade de sedimentos na área-fonte não é suficiente para manter uma taxa de sedimentação que acompanhe as taxas crescentes de subida do nível do lago (fig.19a). Por outro lado, o início da transgressão poderá ser retardado para depois do ponto 2, no caso de persistir uma grande disponibilidade de sedimentos (fig.19b). Prosser (1993) avança a possibilidade de que, nestas épocas de maior umidade, o aumento do intemperismo



Figura 18 – Superfície de inundação máxima (SIM) da seqüência le (poço R27, veja fig. 11), posicionada na base de um corpo de folhelho preto, logo acima de uma delgada camada de ostracodito (O).

Figure 18 – Maximum flooding surface (SIM) of the sequence le (well R27, fig. 11), which is at the base of a black shale body, just above a thin ostracodite layer.

químico contrabalança o aumento da vegetação e sua capacidade de bloquear o transporte de sedimentos.

A partir do ponto 2 o balanço hídrico começa a diminuir (precipitação diminui e evaporação aumenta), mas ainda é positivo e o nível do lago continua a subir, agora com taxas cada vez menores. Em virtude da diminuição da precipitação, diminui também o volume das correntes fluviais e sua capacidade de carrear sedimentos grossos para a bacia. Dessa maneira, acentua-se a retrogradação dos sistemas flúvio-deltaicos e a deposição dos sedimentos lacustres transgressivos (pelíticos) sobre estes. O nível relativo do lago continuará subindo até o momento de sua máxima expansão, isto é, a deposição da superfície de máxima inundação, que marca o final do TSLT e o início do TSLA. Este evento, que ocorre próxi-

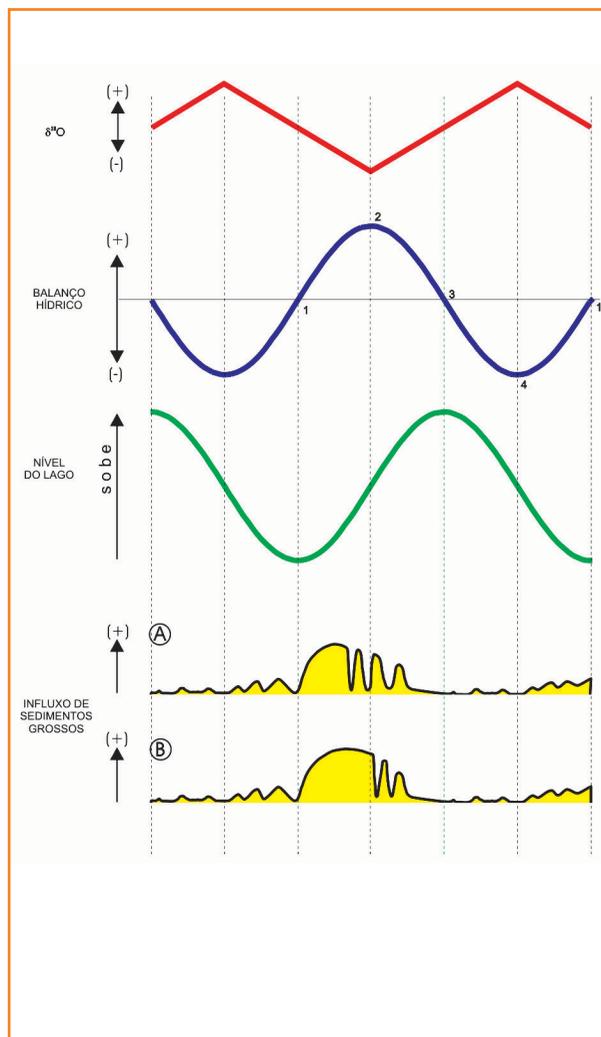


Figura 19

Relacionamento entre o balanço hídrico (BH), nível do lago e o influxo de sedimentos grossos, gerando uma arquitetura de seqüências retrogradacionais. Em A o aporte de sedimentos grossos diminui antes do máximo de BH (baixa disponibilidade ou desenvolvimento de vegetação), provocando o início da transgressão antes do ponto 2. Em B o aporte permanece intenso além do ponto 2 e retarda o início da transgressão. A curva de $\delta^{18}O$ reflete o BH. Para uma explanação mais detalhada, vide texto.

Figure 19

Relationship between the hydraulic balance (HB), lake-level and coarse-grained sediments influx creating a retrogradational sequence architecture. In A the coarse-grained sediment influx decreases before the HB (low availability or vegetation development) bringing on the beginning of the transgression before point 2. In B The influx remains high even after the point 2 and delays the beginning of the transgression. The $\delta^{18}O$ curve reflects the HB. See text for detailed explanation.

mo ao ponto 3, marca o momento em que a taxa de subida do nível do lago é ultrapassada pela taxa de subsidência devido ao influxo de água ser cada vez menor. A partir deste instante, começa a retração da área sob domínio do ambiente lacustre, com a exposição das partes mais próximas das áreas menos subsidentes, que ficam sujeitas à erosão ou passam a atuar como zonas de *by-pass* sedimentar. A partir do ponto 3, sob um clima cada vez mais seco, o BH passa a ser negativo quando, então, o nível do lago inicia uma queda generalizada por toda a bacia. Entretanto, mesmo após o início desta queda, continuarão a ser depositados pelitos lacustres em uma ampla área ainda submersa da bacia, já que a diminuição da área ocupada pelo lago será mais lenta e gradativa nos primeiros momentos de BH negativo. Nesta época poderão ser depo-

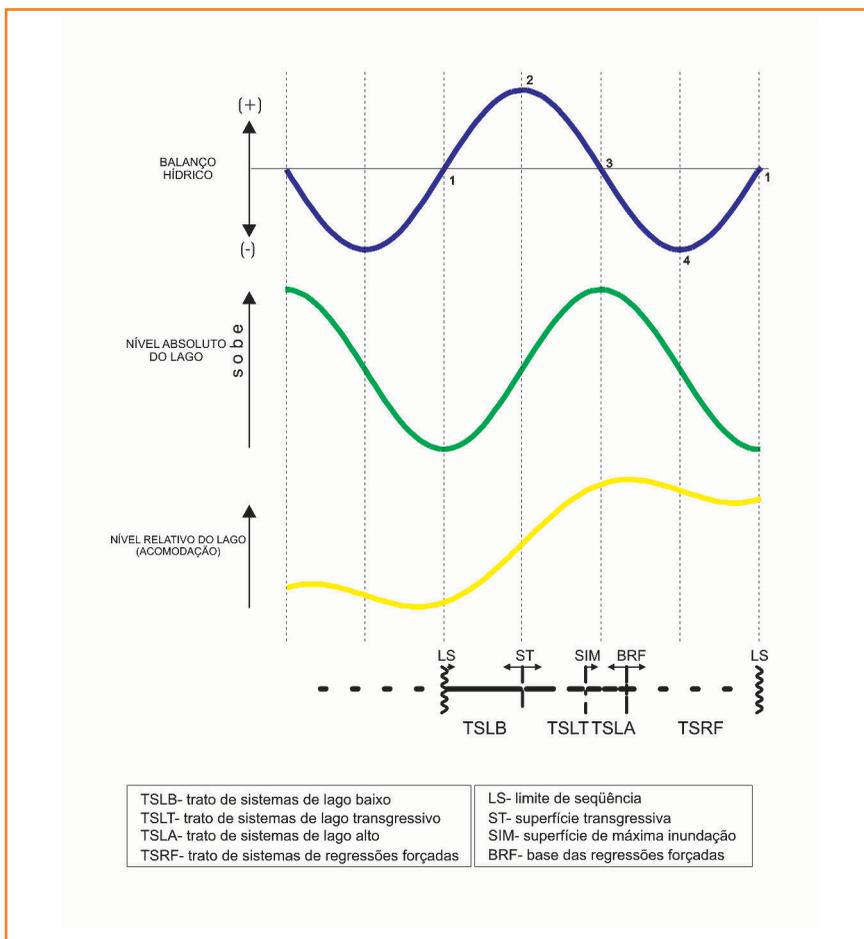


Figura 20 – Posicionamento dos tratos de sistemas em relação às curvas de balanço hídrico, variação do nível do lago e variação relativa do seu nível. As setas junto às posições da ST, SIM e BRF indicam que estas variam de acordo com as taxas de sedimentação, variação do nível do lago e subsidência. A curva do nível relativo do lago foi construída admitindo-se uma taxa de subsidência 50% menor do que a maior taxa de variação do nível do lago. Para uma explanação mais detalhada vide texto.

Figure 20 – System tracts location relative to the hydraulic balance, lake-level and relative lake-level curves. The arrows near the transgressive surface (ST), maximum flooding surface (SIM) and base of forced regression (BRF) positions indicate that the positioning of those surfaces vary according to the sedimentation rates, lake-level variation and subsidence. The depicted relative lake-level curve considers a subsidence rate of 50% less than the highest rate of the lake-level variation. See text for detailed explanation.

sitados os folhelhos pretos, ricos em matéria orgânica, naquelas regiões onde ocorrerem as condições propícias à estratificação do lago.

A taxa de queda do nível do lago aumenta até o ponto 4, quando o BH atinge seu valor mais negativo e a área da bacia sujeita à erosão se amplia em direção ao depocentro. O intemperismo físico predomina, gerando sedimentos que ficam armazenados próximo das áreas-fonte, parte deles eventualmente carregados para a

bacia através de enxurradas esporádicas. Após a fase de maior seca (ponto 4) a taxa de queda do nível do lago diminui e, devido ao incremento gradativo do influxo de água, o transporte dos sedimentos armazenados na fase anterior pode se tornar um pouco mais efetivo. Neste contexto de BH negativo e queda do nível do lago, particularmente após o ponto 4, poderão ocorrer as regressões forçadas, cujos depósitos irão preencher parte do espaço de acomodação disponível até que o nível do lago retome a sua trajetória de subida. Devido à queda do nível do lago, os sedimentos depositados neste estágio estarão sujeitos à erosão e exposição subaérea, apresentando pequeno potencial de preservação.

Após ser atingido o seu nível mais baixo, cessa o processo de regressão forçada e inicia-se o processo de regressão normal (ponto 1), caracterizando o início de um novo ciclo e a deposição de uma nova seqüência estratigráfica.

O limite de seqüência é colocado na base dos depósitos que representam o fim da queda e o início da subida do nível relativo do lago. Conceitualmente, nesta posição encontra-se a discordância mais proeminente, de mais fácil reconhecimento e, ao mesmo tempo, a que representa o maior deslocamento das fácies deltaicas/fluviais em direção ao depocentro da bacia. Esta discordância situa-se por sobre os depósitos gerados durante o trato de sistemas de regressão forçada e na base dos depósitos do trato de sistemas de lago baixo.

Na figura 20 pode ser observado o posicionamento dos tratos de sistemas em relação às curvas de balanço hídrico, variação do nível do lago e variação relativa do seu nível. A curva de variação relativa serve apenas como uma referência, pois são infinitas as possibilidades do seu desenho, já que depende da relação entre as taxas de subsidência e variação absoluta do nível do lago. No presente caso, esta foi construída admitindo-se uma taxa de subsidência 50% menor do que a maior taxa de variação do seu nível. O limite de seqüência equivalerá ao ponto de passagem do BH negativo para o positivo, ou um pouco após este. Nos primeiros momentos em que a precipitação supera a evaporação, o influxo de água poderá ser insuficiente para preencher o espaço gerado pela subsidência, persistindo a queda do

nível relativo do lago. O tempo em que se instalam as superfícies transgressiva (ST), de inundação máxima (SIM) e da base das regressões forçadas (BRF) irá variar de acordo com as relações entre as taxas de sedimentação, variação do nível do lago e subsidência.

A depender da posição dentro da bacia, a arquitetura das seqüências será representada por um padrão retrogradacional ou agradacional. Nas porções próximas aos depocentros, onde a taxa de subsidência é um pouco mais acentuada, predomina o padrão retrogradacional devido à maior taxa de criação de espaço de acomodação. Nas partes mais próximas da margem flexural, onde a taxa de subsidência é menor, o padrão agradacional será predominante. Este comportamento pode ser identificado nos perfis dos poços que compõem as seções estratigráficas representadas nas figuras 7 e 8.

referências bibliográficas

- ABOARRAGE, A. M. **Estudo da unidade cronoestratigráfica L-1, São Sebastião, RPBA 1358**. Salvador: PETROBRAS. RPBA. DIREX. SETRIN, 1970. 7 f. Relatório interno.
- CAIXETA, J. M.; BUENO, G. V.; MAGNAVITA, L. P.; FEIJÓ, F. J. Bacias do Recôncavo, Tucano e Jatobá. **Boletim de Geociências da PETROBRAS**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 1, p. 163-172, 1994.
- DELLA FÁVERA, J. C. (Coord.); CHAVES, H. A. F.; MEDEIROS, M. A. M.; MENESES, C. P.; TAVARES, M. E. A.; GONZÁLES, M. E.; PINHEIRO, M. L. D.; SILVA, O. C. Análise estratigráfica do Andar Buracica, Bacia do Recôncavo. In: CURSO DE PROJETOS DE ANÁLISE DE BACIAS, 3., 1994, Rio de Janeiro. **[Trabalhos apresentados...]**. Rio de Janeiro: Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 1994. 93 p.
- FIGUEIREDO, A. M. F.; BRAGA, J. A. E.; ZABALAGA, J. C.; OLIVEIRA, J. J.; AGUIAR, G. A.; SILVA, O. B.; MATO, L. F.; DANIEL, L. M. F.; MAGNAVITA, L. P.; BRUHN, C. H. L. Recôncavo Basin, Brazil: a prolific intracontinental rift basin. In: LANDON, S. M. (Ed.). **Interior rift basins**. Tulsa: American Association of Petroleum Geologists, 1994. p. 157-203. (American Association of Petroleum Geologists. Memoir, 59).
- GAMA JÚNIOR, E. Modelo geológico das Bacias do Recôncavo e Tucano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 24., 1970, Brasília. **Anais...** Brasília: Sociedade Brasileira de Geologia, 1979. p. 191-200.
- GHIGNONE, J. I. Geologia dos sedimentos fanerozóicos do Estado da Bahia. In: INDA, H. A. V. (Org.). **Geologia e recursos minerais do estado da Bahia: textos básicos**, n. 2. Salvador: Secretaria das Minas e Energia, 1979. p. 24-227.
- GHIGNONE, J. I. **Guia de campo de geologia estrutural das Bacias de Tucano e Recôncavo**. Rio de Janeiro: Sensora, 1982. 69 p.
- HUNTER, D.; TUCKER, M. E. Stranded parasequences and the forced regressive wedge systems tract: deposition during base-level fall. **Sedimentary Geology**, Amsterdam, v. 81, n. 1/2, p. 1-9, 1992.
- KIDWELL, S. M.; BOSENCE, D. W. J. Taphonomy and time-averaging of marine shelly faunas. In: ALLISON, P. A.; BRIGGS, D. E. G. (Ed.). **Taphonomy, releasing the data locked in the fossil record**. New York: Plenum Press, 1991. p. 115-209.
- MEDEIROS, R. A.; PONTE, F. C. **Roteiro geológico da Bacia do Recôncavo (Bahia)**. Salvador: PETROBRAS. SEPES. DIVEN. SEN-BA, 1981. 63 p.
- MENEZES, A. P.; VILAS BOAS, G. S. Fácies sedimentares, elementos arquiteturais e modelo de sedimentação da Formação São Sebastião na parte sul da Bacia do Recôncavo, Bahia, Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 39., 1996, Salvador. **Anais...** Salvador: Sociedade Brasileira de Geologia, 1996. v. 1, p. 133-134.
- MOSMANN, R.; TONIATTI, G. **Estudos estratigráficos na Formação São Sebastião, cretáceo da Bahia: relatório do projeto São Sebastião**. Salvador: PETROBRAS. RPBA. DIREX, 1968. 41 f. Relatório interno.
- NETTO, A. S. T.; BRAGA, J. A.; RIBEIRO, J. C.; SANTOS, C. F.; CUPERTINO, J. A. **Perspectivas exploratórias da Bacia do Tucano Sul**. Salvador: PETROBRAS. DEXBA, 1985. Relatório interno.

- PARRISH, J. T. **Global paleogeography, atmospheric circulation, and rainfall in the Barremian Age (late Early Cretaceous)**. Denver: U.S. Geological Survey, 1985. 24 p. (Estados Unidos. Geological Survey. Open-file Report, 85-728).
- PARRISH, J. T.; CURTIS, R. L. Atmospheric circulation, upwelling, and organic-rich rocks in the Mesozoic and Cenozoic eras. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, Amsterdam, v. 40, n. 1/3, p. 31-66, 1982.
- PETROBRAS. **Mapa do arcabouço estrutural das bacias do Recôncavo e Tucano Sul**. Salvador: PETROBRAS. DEXBA, 1993. Mapa 1:100.000.
- POSAMENTIER, H. W.; VAIL, P. R. Eustatic controls on clastic deposition II, sequence and systems tract models. In: WILGUS, C. K.; HASTINGS, B. S.; KENDALL, C. G. S. C.; POSAMENTIER, H. W.; ROSS, C. A.; VAN WAGONER, J. C. (Ed.). **Sea-level changes: an integrated approach**. Tulsa: Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, 1988. p. 47-70. (Society of Economic Paleontologists and Mineralogists Special Publication, 42).
- POSAMENTIER, H. W.; ALLEN, G. P. **Siliciclastic sequence stratigraphy: concepts and applications**. Plano: ARCO Exploration and Production Technology, 1996. 196 p. Edição preliminar.
- POTTER, P. E.; FERREIRA, A. M. C.; CRUZ, C. E. S.; ABREU, C. J.; GONZAGA, G. M.; DIAS, J. L.; DINIZ, M. N.; MENESES, S. X. **Projeto São Sebastião: deposição flúvio-lacustre nos andares Buracica/Jiquiá**. Rio de Janeiro: PETROBRAS. DEXPRO, 1977. 36 p. Relatório interno.
- PROSSER, S. Rift-related linked depositional systems and their seismic expression. In: WILLIAMS, G. D.; DOBB, A. (Ed.). **Tectonics and seismic sequence stratigraphy**. London: Geological Society of London, 1993. p. 35-66. (Geological Society of London. Special Publication, 71).
- RIBEIRO, H. J. P. S. **Sismo-estratigrafia e arquitetura deposicional da Bacia do Recôncavo, Estado da Bahia, Brasil**. Rio Claro: Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, 1991. 160 p. Tese (Doutorado).
- SANTOS, C. F.; CUPERTINO, J. A.; BRAGA, J. A. E. Síntese sobre a geologia das bacias do Recôncavo, Tucano e Jatobá. In: RAJA GABAGLIA, G. P.; MILANI, E. J. (Coord.). **Origem e evolução de bacias sedimentares**. Rio de Janeiro: PETROBRAS. SEREC. CENSUD, 1990. p. 235-266.
- SANTOS, C. F. **Seqüências estratigráficas, variação do nível do lago e ciclicidade no Andar Buracica (Formação São Sebastião) das bacias do Recôncavo e Tucano Sul, Bahia, Brasil**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1998. 2 v. Tese (Doutorado).
- SILVA, H. T. F. **Flooding surfaces, depositional elements, and accumulation rates - characteristics of the Lower Cretaceous Tectonosequence in the Recôncavo Basin, northeastern Brazil**. Austin: The University of Texas at Austin, 1993. Tese (PhD).
- SCOTESE, C. R.; GRAHAGAN, L. M.; LARSON, R. L. C. Plate tectonic reconstructions of the Cretaceous and Cenozoic ocean basins. **Tectonophysics**, Amsterdam, v. 155, n. 1/4, p. 27-48, 1988.
- TÖLDERER-FARMER, M.; COIMBRA, J. C.; MOURA, J. A.; GILSON, H. N. **Reconstrução paleoambiental da Bacia do Recôncavo com base em ostracodes - um estudo preliminar**. Rio de Janeiro: PETROBRAS.CENPES, 1989.111 p. Relatório interno.
- VAIL, P. R.; AUDEMARD, F.; BOWMAN, S. A.; EISNER, P. N.; PEREZ-CRUZ, C. The stratigraphic signatures of tectonics, eustasy and sedimentology - an overview. In: EINSELE, G., RICKEN, W., SEILACHER, A. (eds.). **Cycles and Events in Stratigraphy**. Berlin: Springer-Verlag, 1991. p. 617-659.

expanded abstract

The Lower Barremian (Buracica stage) of the Recôncavo Basin is characterized by the cyclic succession of fluvial, deltaic and lacustrine sediments of the São Sebastião Formation.

During that time the Recôncavo rift was in its final phase and the tectonism was concentrated at the border fault with the intrabasinal relief attenuated, allowing the onset of an axial fluviodeltaic system discharging into a lake located in the south of the basin (Camaçari Low). The study of outcrops, cores and well logs lead to the subdivision of this stratigraphic interval into six 3rd order and twenty 4th order sequences, supporting the proposal of a model that explains the observed sequence architecture. Cyclicity studies suggest an orbitally driven climate control, indicating that the 3rd order sequences were deposited in a time span of about 413 ka, equivalent to the period of the long eccentricity. The 4th order sequences correlate with the obliquity cycles, with a time span between 38 ka and 49 ka.

Sequence I corresponds to the lower part of the Lower Buracica Stage (biozones NRT-007.1 and 007.2); Sequence II corresponds to the upper part of the Lower Buracica Stage (NRT-007.3 e 007.4); Sequence III corresponds to the lower part of the Upper Buracica Stage (NRT-008.1); Sequence IV corresponds to the middle part of the Upper Buracica Stage (NRT-008.2); and, finally, Sequences V and VI correspond to the upper part of the Upper Buracica Stage (NRT-008.3).

Only sequences from I to IV were subdivided into 4th order sequences based on the identification of high frequency maximum flooding events. The sequences V and VI were not subdivided due to the lack of well control.

Taking a broad view, the sequences show a retrogradational pattern, i.e., from the base to the top they are characterized by thick, sharp-based sandstone beds, which grade to thinner sandstone beds and, finally, to silty-shaly beds. The thinning and fining upward pattern gives the succession a proeminent asymmetric character, which is conspicuous in the SP and GR logs, mainly in the wells located at the distal regional lows, near the border fault. At the proximal area, near the flexural margin, this pattern is less proeminent and, sometimes, the succession shows a nearly aggradational configuration.

A complete sequence cycle is composed of the following system tracts: LLST, lowstand lake-level sys-

tems tract; TLST, transgressive lake-level systems tract; HLST, highstand lake-level systems tract; and FRST, forced regression systems tract.

A broad fluviodeltaic progradation characterizes the LLST. In the south of the Recôncavo Basin the deltaic sedimentation was predominant in the LLST of the sequences Ia to Ie, IIa to IIe and IIIa to IIIe, whereas the fluvial deposition predominated in the central and north areas of the basin during this time. The deposition of the LLST of the younger sequences (IV to VI) is characterized by the fluvial sedimentation in the entire basin.

The base of LLST deposits corresponds to the sequence boundary, which are not characterized by deep incisions and most of the time are recognized by abrupt facies changes (sharp based sandstones overlying lacustrine shales).

Retrogradational deltaic deposits interbedded with transgressive pelitic deposits characterize the base of the TLST. At the top of this system tract the pelitic sedimentation is predominant and almost continuous. Storm deposits occur in the TSLT of some sequences.

The transgressive surface, which is the limit between the LLST and the TLST, is located where the aggradational or progradational pattern changes to a retrogradational pattern. This limit can appear either as an abrupt contact between the lacustrine shales and the fluvial / deltaic sandstones or as a proeminent erosion associated with intraformational conglomerates.

The HLST is characterized by the same pelitic sedimentation initiated during the TLST. The broad deltaic progradation characteristic of the highstand system tract of the marine sequences is not present in this lake setting. This is because that during the HLST time the lake reaches its maximum area, causing the flooding of the fluviodeltaic system, and due to the lack of coarse-grained sediments, entrapped by the sedimentation. The reduced deltaic sedimentation could be eroded during the FRST and the LLST that succeed the HSLT.

The correct location of the maximum flooding surface (MFS) is not easy since this surface is inside the pelitic deposits of the TLST and HLST. When black shales are present the MFS could be assigned to the base of this package.

The FRST starts to be deposited near the time when the lake-level starts to fall and the accommodation space is reduced. Their deposits are thin deltaic beds without lateral correlation and can be easily confused with the HLST deposits.

The architecture and the ciclicity of the stratigraphic sequences observed in the deposits of the Buracica Stage can be explained by the accomodation space created by the interaction between subsidence and climate. The subsidence creates the space for deposition and preservation of the sequences whereas the climate controls the high frequency ciclicity and the timing of the onset of the different depositional systems. The timing of the onset of the different system tracts and, consequently, the location of the key surfaces, is a function of the relationship between the hydraulic balance, the lake-level and the input of coarse-grained sediments.

autor author



Clóvis Francisco Santos

E&P Exploração

Interpretação e Avaliação das Bacias da Costa Leste / Nordeste

Pólo Centro

e-mail: cfsantos@petrobras.com.br

Clóvis Francisco Santos nasceu em São Leopoldo, RS, em 1955. Graduou-se em Geologia pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS – em 1979. Ingressou na Petrobras em 1980 no antigo Dexba, em Salvador, BA, onde atuou como intérprete na exploração das bacias do Recôncavo, Tucano e Cumuruxatiba. Exerceu a chefia dos setores de interpretação SEBAT I e II no período de 1987 a 1990. Em 1994 iniciou o curso de pós-graduação na área de estratigrafia na Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, onde obteve o grau de Doutor em Ciências em 1998. Neste mesmo ano foi transferido para o Rio de Janeiro onde atuou na exploração das bacias de Camamu, Campos, Espírito Santo e na Margem Equatorial. Em janeiro de 2003 assumiu a Gerência de Interpretação da parte sul da Bacia de Campos e, a partir de setembro de 2004, a Gerência de Interpretação da parte norte da Bacia de Campos e da Bacia do Espírito Santo.