

Estratigrafia sísmica e contexto bioestratigráfico das progradações de coquinas no Campo de Mero e seu impacto na paleocirculação do proto-oceano Atlântico Sul

Seismic stratigraphy and biostratigraphic context of coquina progradations in Mero field and their impact on the paleocirculation of the South Atlantic Proto-ocean

¹Tom Araújo Borges , ²João Villar de Queiroz Neto 

¹Petrobras, Rio de Janeiro, Brasil, tom.borges@petrobras.com.br (Autor correspondente)

²Total Energies, Pau, Nova Aquitânia, França

RESUMO

A fase exploratória experimentada entre os anos de 2013 até 2018, no então bloco de Libra, contou com a perfuração de poços de delimitação e constantes reprocessamentos sísmicos. Mediante à dificuldade de previsão de ocorrência das coquinas da Formação Itapema, à medida que poços eram perfurados na estrutura e os novos reprocessamentos resultavam na melhoria contínua da imagem do reservatório, a estratigrafia sísmica do Campo de Mero foi refinada. Os depósitos de coquinas foram mapeados de maneira a permitir a separação em dois grandes sistemas de clinofórmias, com características sísmicas particulares. Utilizando os dados bioestratigráficos, adquiridos nos poços exploratórios perfurados, verificou-se a correlação entre as biozonas encontradas e as geometrias sísmicas previamente mapeadas. Esta correlação, associada aos resultados dos poços, validou o método de mapeamento adotado. A análise do intervalo mostrou a existência de diferentes arranjos estratigráficos dos depósitos de coquinas ao longo da estrutura noroeste de Mero. As geometrias dos depósitos e sua associação bioestratigráfica sugerem a presença de coquinas mais antigas (NRT-009.3, NRT-009.1 e NRT-008.1) nas porções estruturais altas situadas a sul do setor NW de Mero, enquanto coquinas mais novas (OS-1020) estão localizadas na porção central do setor NW de Mero. A verificação desta associação liga, intimamente, os depósitos de coquinas e as mudanças paleoambientais que se sucederam durante o processo de rifte que culminou na abertura do Oceano Atlântico Sul. As direções das clinofórmias observadas sugerem uma mudança na ação de correntes superficiais e de fundo ainda durante o Jiquiá, podendo também representar reflexos da variação do nível de base do sistema, ou ambos os processos conjugados. O mapeamento foi também importante na separação dos horizontes internos observados na Formação Itapema. Desta maneira, o estudo contribuiu para o entendimento da evolução dos diferentes cenários ambientais que resultaram, localmente, em um empilhamento superior a 500 metros de depósitos de conchostráceos, dispostos em um arranjo estratigráfico singular na natureza.

Palavras-chave: Sismoestratigrafia, Bioestratigrafia, Formação Itapema, Paleocirculação, Oceano Atlântico Sul.

ABSTRACT

During the Libra block exploration phase from 2013 to 2018, delimitation wells were drilled, and frequently reprocessed seismic data were utilized to support this study. Due to the challenges in tracking and predicting the upper boundary of the Itapema Formation at the Libra block, each new set of seismic data was remapped. This process was essential for gaining a clearer understanding of the stratigraphy and distribution of the coquina interval. The Coquina deposits can be divided into two primary progradational domains, each one exhibiting distinct seismic characteristics in terms of seismic facies. Biostratigraphic data obtained from exploratory wells drilled during this phase were used to enhance the correlation of the seismic sequences identified in previous mappings. This correlation, along with the well results, validated the adopted mapping method. The interval analysis revealed various stratigraphic arrangements of coquina deposits across the northwestern structure of Mero. The geometries of these deposits, along with their biostratigraphic associations, suggest the presence of older coquinas (NRT-009.3, NRT-009.1 and NRT-008.1) in the higher structural areas to the south of the northwest sector of Mero, while younger coquinas (OS-1020) are found in the central part of the northwest sector. This verification of the association closely links the coquina deposits to the paleoenvironmental changes that occurred during the rifting process, which ultimately led to the opening of the South Atlantic Ocean. The orientation of the observed clinofolds indicates a shift in the dynamics of surface and bottom currents during the Jiquiá period, which may reflect variations in the base level of the system or the interplay of both processes. Additionally, the mapping played a crucial role in distinguishing the internal horizons within the Itapema Formation. This study thus enhanced our understanding of the evolution of various environmental scenarios that locally led to a remarkable stacking of over 500 meters of shell deposits, arranged in a distinctive stratigraphic configuration observed in nature.

Keywords: Seismic stratigraphy, Itapema Formation, Paleocirculation, South Atlantic Ocean.

1. INTRODUÇÃO

O bloco de Libra situa-se a cerca de 180 km da costa da cidade do Rio de Janeiro, em águas profundas a ultra profundas da Bacia de Santos (Figura 1). A descoberta de petróleo leve (27° API) do poço 2-ANP-2A, testando feições de *mounds* situadas abaixo de um espesso pacote evaporítico. Esta descoberta motivou a aquisição sísmica, nos anos de 2011 e 2012, realizada pela CGG Veritas na área do bloco de Libra (Carlotto et al., 2017).

A área de Libra é dividida em três estruturas. A estrutura alvo deste estudo localiza-se na porção ocidental do bloco, no Campo de Mero, informalmente conhecido como estrutura NW de Libra (Figura 1). Durante o período exploratório desenvolvido na porção noroeste do bloco, à medida que novos poços eram perfurados, surgia a necessidade imediata de compreensão da ocorrência de coquinas na área. As excelentes características permoporosas comprovadas pelo poço 2-ANP-2A e a grande espessura dos depósitos mostravam ocorrência local, não uniforme no restante da estruturação, tornando a predição dos depósitos de coquinas nesta fase experimental, um verdadeiro enigma. Os resultados das perfurações apresentavam-se sempre surpreendentes em relação às expectativas e poços perfurados mostravam diferentes topos da Formação Itapema em relação às prognoses, além da presença de rochas ígneas por vezes não previstas.

No intuito de auxiliar a detecção do topo da Formação Itapema, se fez necessária uma criteriosa revisão sismoestratigráfica por parte dos geólogos e geofísicos que trabalhavam no bloco de Libra. A experiência adquirida pelos

intérpretes da Petrobras em outros campos petrolíferos do pré-sal da bacia de Santos foi fundamental para embasar os mapeamentos refinados que se desenvolveram. Nesta fase do estudo, grandes plataformas carbonáticas como Lula, Cernambi, Peroba, Júpiter e Sêpia serviram de referência para associação e identificação das principais discordâncias e seqüências sísmicas presentes em Mero.

A constante atualização dos mapeamentos, em função do contínuo reprocessamento de dados e da melhoria da imagem, permitiu uma evolução na maneira de mapear e interpretar a deposição das coquinas na área de Libra e, conseqüentemente, no restante da Bacia de Santos. Conjuntos de clinofomas observáveis na sísmica foram individualizados e suas características descritas. Utilizando poços exploratórios perfurados na estrutura, foi possível a amarração temporal fidedigna das complexas geometrias mapeadas. As feições possuem características sísmicas peculiares, cuja associação bioestratigráfica é notória. Através da integração de dados lito e bioestratigráficos e da interpretação de dados sísmicos 3D, este trabalho buscou relacionar os depósitos identificados, suas idades relativas e o contexto deposicional, permitindo, assim, versar sobre os controles ambientais e tectônicos, atuantes à época da deposição das coquinas no Campo de Mero.

Neste estudo, foram discriminadas diferentes unidades sísmicas e sua associação bioestratigráfica, definida pelo uso de ostracodes que facilitaram a compreensão dos diferentes cenários ambientais que se sucederam, resultando no atual arranjo estratigráfico que caracteriza as coquinas do andar local Jiquiá.

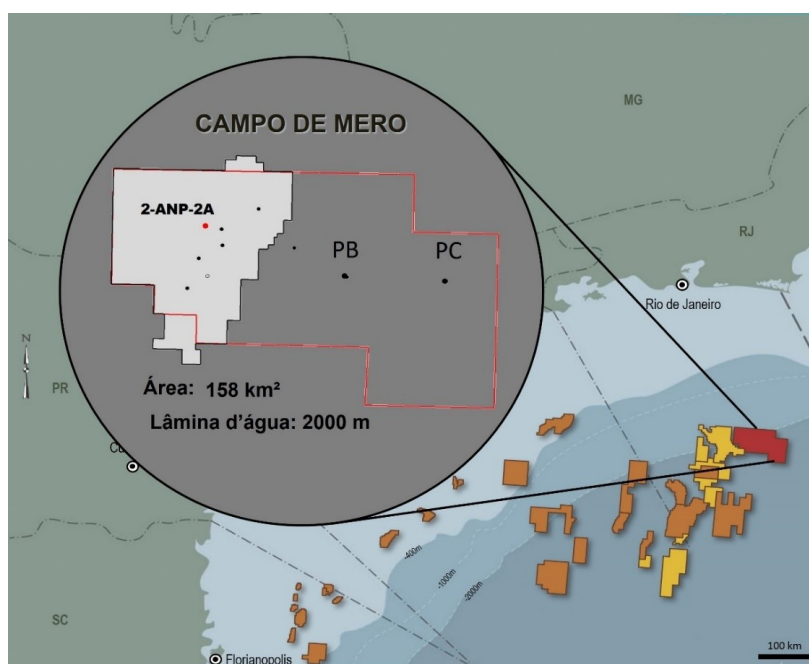


Figura 1. Localização do bloco de Libra, em vermelho, em relação à cidade do Rio de Janeiro e do Campo de Mero no detalhe, marcado pelo contorno cinza claro, onde situa-se a sísmica utilizada no estudo.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo do mapeamento refinado do intervalo das coquinas teve início com a utilização de um dado *spec* (Libra phase 6) de boa qualidade no setor noroeste do Campo de Mero. No entanto, o alto nível de ruído presente no dado inicial prejudicava o rastreamento das sequências internas da Formação Itapema. Um grande esforço de reprocessamento, visando melhorar ainda mais a qualidade do dado, era necessário, especialmente na região sudeste do bloco onde a qualidade era inferior devido à presença de ígneas intrusivas e extrusivas (Oliveira et al., 2015; Carlotto et al., 2017). À medida que o reprocessamento do dado inicial evoluía, diversos volumes sísmicos provisórios, utilizando diferentes migrações, foram utilizados nos mapeamentos pelos geofísicos que trabalhavam na área. O dado por fim escolhido para a realização completa do mapeamento das sequências internas das coquinas foi o de migração RTM (*reverse time migration*), utilizando um filtro passa-banda 0-15-30-0, que melhor discriminou as interfaces de interesse. Adicionalmente, volumes lterdec-integrado gerados durante toda etapa de reprocessamento auxiliaram a disposição faciológica dos intervalos mapeados.

Além do dado sísmico, o estudo contou com a utilização de 12 poços exploratórios perfurados na estrutura, aqui renomeados para fins didáticos (P1, P2, P3, ...P10), além de dois poços utilizados para o entendimento bioestratigráfico regional, os poços PB e PC (figuras 1 e 2). As análises e interpretações bioestratigráficas foram essenciais para o desenvolvimento do trabalho, validando a eficácia do

mapeamento sísmico realizado previamente à aquisição dos dados de poços. Os dados bioestratigráficos foram provenientes de testemunhos dos poços da área, amostras laterais e amostras de calha.

3. ESTRATIGRAFIA SÍSMICA DO CAMPO DE MERO

No intuito de facilitar o entendimento e a disposição estratigráfica das sismo-sequências mapeadas no Campo de Mero, optou-se por dividir o intervalo de sedimentos depositados desde o embasamento até a base do sal em tectono-sequências, relacionadas ao processo de ruptura continental. Os intervalos foram subdivididos de acordo com a intensidade relativa dos falhamentos, mensurados comparativamente pela observação dos crescimentos sedimentares associados à falha, expressos em mapa e seções, compondo então os seguintes intervalos: Rifte Inferior, Rifte Médio e Rifte Superior (Figura 3).

O intervalo relacionado ao Rifte Inferior é composto por rochas vulcano-sedimentar depositadas entre o Barremiano e o eo-Aptiano. A sismo-sequência limita-se, na base, pela discordância associada ao embasamento vulcânico (D1) e, no topo, pela discordância conhecida informalmente como Intra-rifte (D2). A discordância D1 é mapeada regionalmente, mantendo por natureza o padrão característico de dupla reflexão dispostas de maneira subparalelas, situadas na base da seção sedimentar conhecida na Bacia de Santos (figuras 3A e 4). O intervalo é associado ao magmatismo que marca o topo da Formação Camboriú na Bacia de Santos (Moreira et al., 2008). No campo de Mero, a discordância situa-se abaixo de um espesso pacote vulcânico. Nenhum dos poços utilizados atingiu este nível estratigráfico.

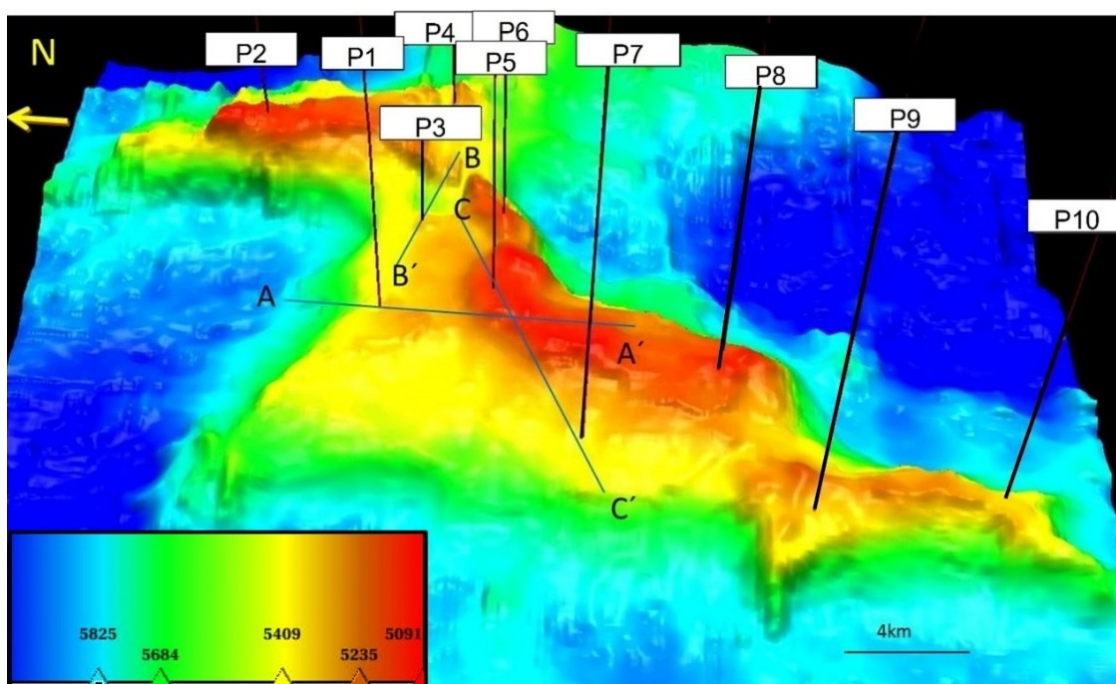


Figura 2. Mapa estrutural da base do sal (m), mostrando o posicionamento dos poços exploratórios e as respectivas seções utilizadas no estudo.

A discordância de topo D2 marca uma forte amplitude positiva situada, aproximadamente, na porção mediana de um hemigraben típico (Figura 3). A discordância marca o topo da tectono-sequência, a partir do qual a tectônica aparenta ser mais branda, comparativamente com o intervalo inferior. A sismo-sequência é marcada por uma geometria externa do tipo cunha, condicionada pela ação de falhas normais. Suas reflexões internas são, em geral, subparalelas a contorcidas. Na região central do Campo de Mero, fortes amplitudes internas visíveis na sequência sinalizam a ocorrência de rochas ígneas extrusivas, perfuradas no poço P5, cuja datação é ainda inconclusiva, e a discordância associa-se, temporalmente, como topo da zona de ostracodes NRT-009.3, sendo relacionada à base do andar local Jiquiá. O poço P8 (Figura 2) investigou a natureza dos sedimentos depositados em uma porção alta da estrutura localizada a sul da plataforma de Mero, testando depósitos situados abaixo da discordância regional D2. A perfuração constatou coquinas cuja zona de ostracodes correspondem às NRT-009.3, NRT-009.1 e NRT-008.3, sendo as duas primeiras pertencentes ainda ao Jiquiá e a última, de idade relativa, ao Andar local Buracica. Nesta porção da plataforma, a discordância D2 apresenta-se elevada topograficamente, representando o topo da ocorrência das coquinas mais antigas perfuradas no Campo de Mero, correlatas, estratigraficamente, às rochas ígneas extrusivas perfuradas no poço P5. A esta sismo-sequência estão relacionadas as sequências sedimentares K38, Formação Itapema em sua porção basal e a sequência K36, que correspondente à Formação Piçarras.

O intervalo do Rifte Médio é o foco deste estudo e corresponde ao pacote de coquinas mais espesso conhecido na Bacia de Santos. Limita-se, na base, pela discordância Intra-rifte (D2) e, no topo, pela discordância conhecida como discordância Pré-Alagoas (D4). Em geral, os mapas de isópacas e falhas apresentam baixa correlação, sugerindo uma tectônica branda no período, onde possivelmente a subsidência e o relevo pretérito tinham importantes papéis na sedimentação. A tectono-sequência pode ser dividida, baseada nos andares locais, em duas sismo-sequências regionais de mapeamento: Jiquiá Inferior e Jiquiá Superior. A importante discordância que divide o intervalo nomeia-se informalmente de Intra-Jiquiá (D3) (Figura 3).

Inicialmente concebida nos mapeamentos realizados na área de Júpiter, localizado no limite do Alto Externo da Bacia de Santos, a discordância Intra-Jiquiá possui um caráter erosivo nos altos estruturais, passando a concordante e subparalelo nos baixos. A geometria externa da sismo-sequência basal é do tipo cunha, mostrando progressiva redução de controle da deposição devido à atividade das falhas em direção ao topo da sequência. Internamente, sobressalta-se a presença de baixas amplitudes depositadas sobre a discordância da base (D2) (Figura 4). De acordo com o poço P5, que caracterizou bem o intervalo, a sequência sedimentar caracteriza-se por coquinas e folhelhos de baixa condição permoporosa, ambos relacionados a biozona OS-1005. Seu limite inferior não é bem definido pela sísmica já que não corresponde ao limite inferior da tectono-sequência, que apresenta coquinas de idade correspondente à zona de ostracodes NRT-009.3, situada abaixo da discordância D2.

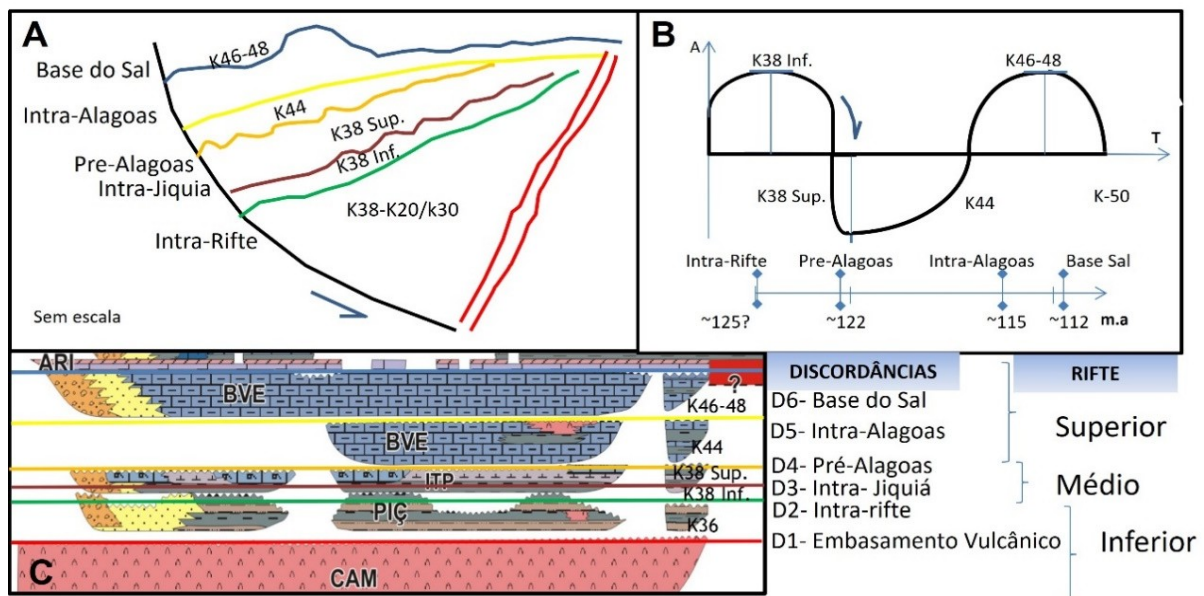


Figura 3. A. Modelo esquemático de um hemigraben típico do pré-sal da Bacia de Santos, mostrando as principais discordâncias regionais. B. Gráfico simplificado das variações relativas do nível de base na escala sísmica, notando o eixo vertical adimensional em relação ao eixo horizontal de tempo. C. Sequências e discordâncias extraídas da carta estratigráfica da bacia (Moreira et al., 2008) e sua relação com as discordâncias sísmicas regionais e a caracterização em tectono-sequências, válidas para a Bacia de Santos.

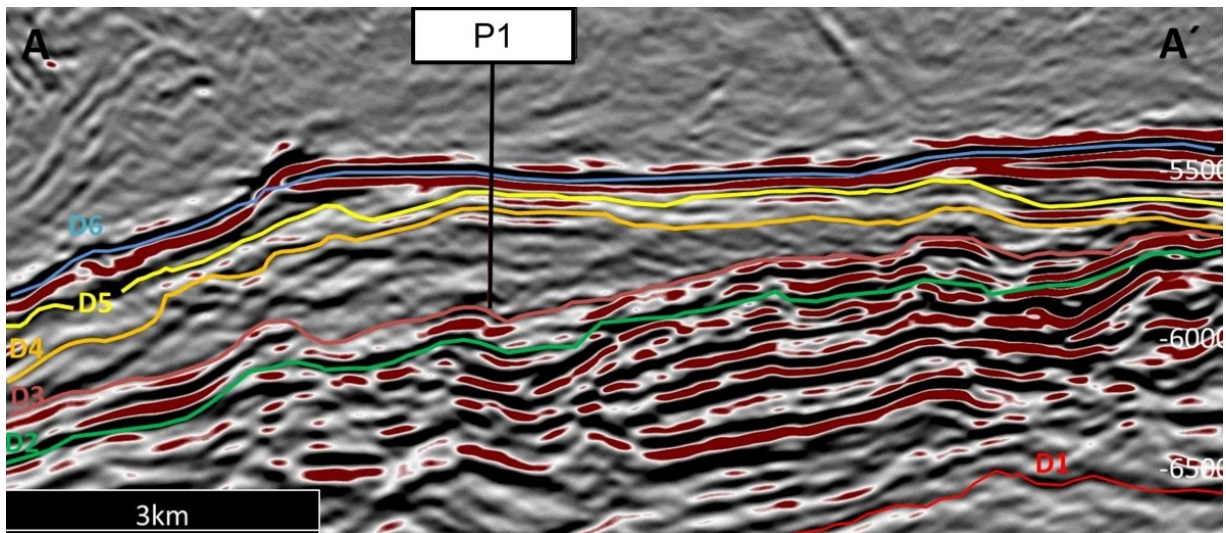


Figura 4. Seção A-A' mostrando a separação de seqüências regionais da Bacia de Santos e seu posicionamento estratigráfico no campo de Mero; nas proximidades do poço 2-ANP-2A, observa-se as seguintes discordâncias: D2-Intra-rifte, D3-Intra-Jiquiá, D4- Pré-Alagoas, D5- Intra-Alagoas, D6- Base do Sal. Notar a grande espessura da seqüência sísmica correspondente à Formação Itapema e suas reflexões internas.

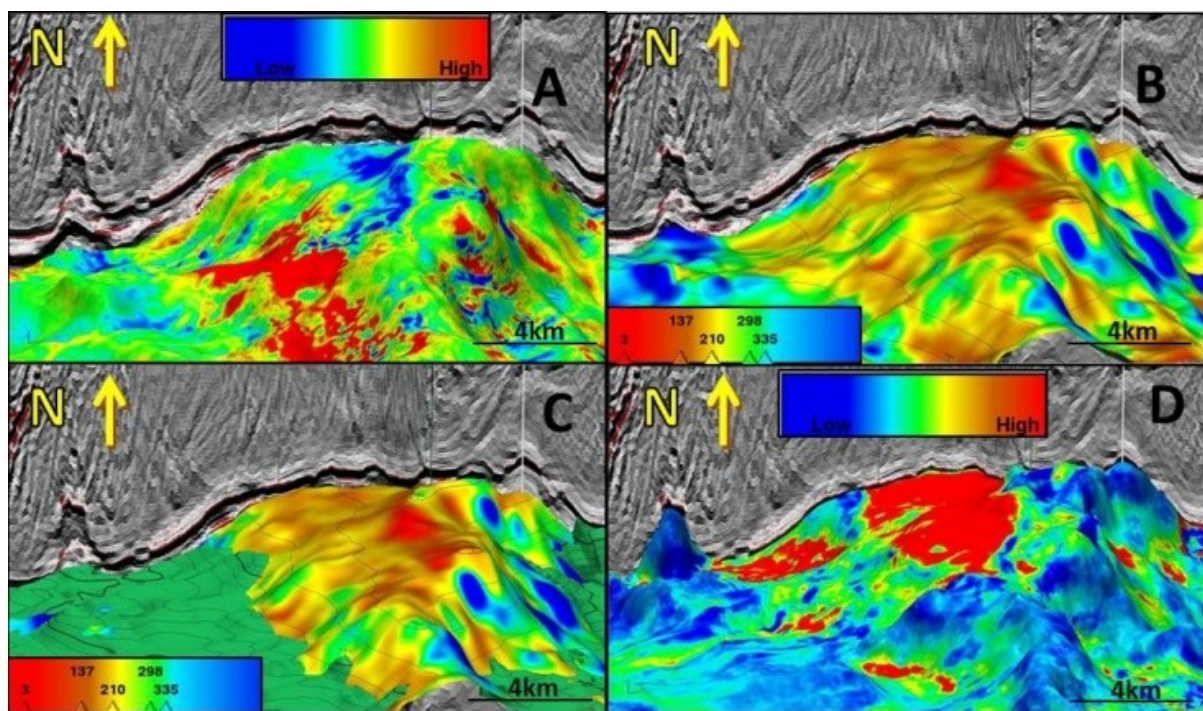


Figura 5. Mapas em 3 dimensões interceptados por seção transversal em 2D. **A.** Mapa de amplitude média, extraído do dado de pseudo-impedância, da seqüência sísmica relativa à Formação Itapema, evidenciando processos deposicionais distintos, mudanças abruptas de fácies e o desenvolvimento do sistema em direção *downdip*. **B.** Mapa 3D de isópacas da seqüência K-44, mostrando a tendência de afinamento em direção ao alto estrutural, marcando um momento transgressivo na plataforma. **C.** Deposição característica da porção inferior da seqüência K46-48, em verde, no campo de Mero, onde se verifica que esta não atinge o alto estrutural. **D.** Mapa de amplitude média do intervalo da seqüência K46-48 superior, possível notar o desenvolvimento de grandes *mounds* na borda da plataforma e de sistemas submarinos profundos, marcados por valores altos de amplitudes. A variação temporal das geometrias e as terminações dos depósitos, observadas nestes mapas, refletem mudanças no nível de base do sistema, expressos no gráfico B da Figura 3.

O intervalo estratigráfico relativo ao Jiquiá Superior, objeto principal do estudo, compõe a sismo seqüência regional mais jovem depositada no andar local Jiquiá. Seu limite inferior está associado à discordância Intra-Jiquiá (D3) e ao limite superior pela Discordância Pré-Alagoas, (D4) (Figura 3). Esta última discordância apresenta alto grau de dificuldade no seu rastreamento. Sua natureza é controversa e variável. Neste intervalo,

encontram-se as maiores espessuras de coquinas do Campo de Mero. Sua geometria externa é composta por grandes sigmoides, localizadas em porções médias a baixa da estrutura (Figura 5A). O arranjo interno das reflexões é caracterizado por clinofomas variadas, as quais possuem controle e ocorrência relacionadas ao relevo pretérito. No entanto, a correlação com a atividade das falhas é pouco óbvia quando em contraste com mapas

de isópacas (Figura 6). Do ponto de vista da bioestratigrafia, o intervalo possui biozonas desde a OS-1010, OS-1020 até a OS-1100.

O intervalo relacionado ao Rifte tardio ou superior é limitado, na base, pela discordância pré-Alagoas (D4) e, no topo, pela discordância da Base do Sal (D6). Este intervalo mostra um controle, novamente, evidente entre deposição e atividade das falhas. A tectono-sequência pode ser dividida, internamente, em duas sismo-sequências, Alagoas Superior e Inferior, limitadas pela discordância Intra-Alagoas, uma reflexão positiva contínua e expressiva em toda a bacia, que marca o topo da sequência sedimentar K44 (Alagoas Inferior). Em geral, esta unidade basal apresenta isópacas constantes por toda área, afinando para a porção alta da estrutura e terminando em *onlap* contra a plataforma (Figura 5B).

O intervalo relativo ao Alagoas Superior limita-se, na base, pela discordância Intra-Alagoas (D5) e, no topo, pela discordância da base do sal (D6). Este intervalo pode ainda subdividir-se pela sua porção basal, marcado por impedâncias negativas, restritas ao baixo estrutural (Figura 5C). A discordância da base do sal apresenta-se conformativa nos altos estruturais, enquanto em regiões baixas da estrutura aparece localmente com caráter

erosivo, causando hiatos em regiões estruturalmente deprimidas (Borges e Gamboa, 2015).

Em Mero, a geometria externa da sismo-sequência varia de cunha a tabular e sigmoidal, mostrando reflexões internas subparalelas, nas porções altas da plataforma. Na região do talude, as geometrias externas exibem formas de *mounds* em formato de pirâmides alongadas. Estes são controlados por falhamentos do Rife Inicial posteriormente reativados no andar Alagoas, alongando-se no percurso das falhas. Internamente, estas feições de *mound* possuem reflexões internas caóticas e do tipo *reflection free* e têm sua gênese associada a fluidos trazidos pelas falhas e à variação de lâmina d'água, conforme observado em estudos internos na Petrobras. Nos baixos estruturais localizados a oeste do alto principal, *mounds* piramidais desconectados da plataforma estão presentes, enquanto *mounds* sísmicos associados a *slides* e *slumps* são bem observados na borda externa, localizada a leste. No mapa de amplitude extraído do intervalo, é possível verificar a existência da variedade de ambientes, desde porções rasas até ambientes bacinais mais profundos, enaltecidos pelo relevo sugerido da época e pela presença de processos gravitacionais adjacentes à plataforma que parecem ter origem nas partes altas da estruturação (Figura 5).

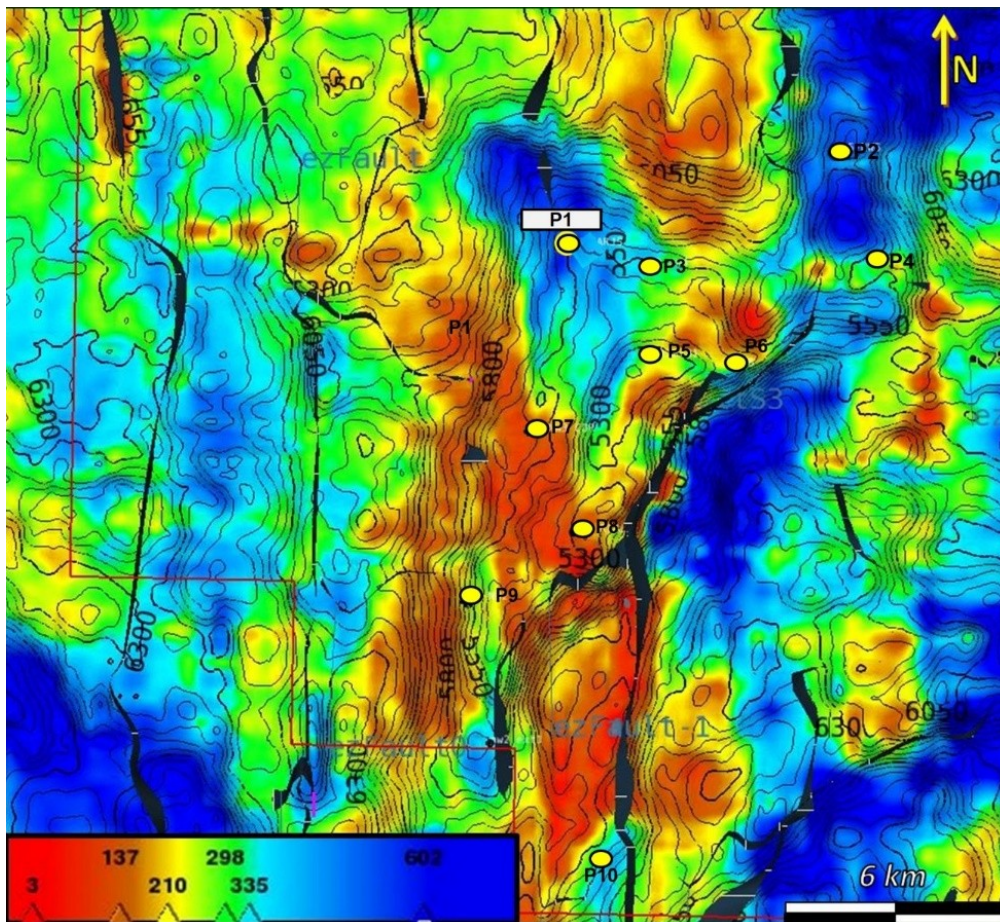


Figura 6. Mapa de isópacas da sismo-sequência relativa ao Jiquiá Superior (intervalo entre D3 e D4). As cores representam as isópacas, enquanto os contornos representam a estrutural do topo da discordância D4, Pré-Alagoas. Notar que a relação das falhas com as isópacas não permitem associações diretas, salvo a região baixa a leste do alto principal.

4. CONTEXTO BIOESTRATIGRÁFICO DO CAMPO DE MERO

No registro geológico brasileiro, praticamente todas as bacias sedimentares que contêm sedimentos não-marinhos subaquosos têm ostracodes fósseis nos seus sedimentos, sejam estes lacustres, palustres, lagunares ou associados. As bacias de margem continental do Brasil apresentam abundantes ostracodes não-marinhos, sendo os mais estudados aqueles datados do Cretáceo Inferior. Os ostracodes não-marinhos do Cretáceo Inferior são muito estudados por estarem vinculados à indústria do petróleo, no leste da América do Sul e no oeste da África.

Nas bacias de margem continental brasileira, o arcabouço biocronoestratigráfico apresentado para a Bacia de Sergipe-Alagoas no trabalho de Schaller (1969) foi replicado e adaptado em outras bacias, como nas do Recôncavo, Espírito Santo, Campos e Santos. Na Bacia de Campos o zoneamento mais detalhado no topo do andar Jiquiá (Silva-Telles, 1992) foi replicado com sucesso na Bacia de Santos.

Os dados bioestratigráficos do pré-sal da área de Libra, composta pelo bloco NW (Campo de Mero) e pelos blocos central e SE, mostram diferenças entre si. Os poucos poços perfurados até o momento nos blocos Central e SE revelam ainda, de maneira incipiente, que nestas áreas a sedimentação se deu com mais discontinuidades (hiatos e/ou eventos erosivos). Os blocos Central e SE, no entanto, mostram nos dois poços perfurados com ostracodes recuperados, PB e PC, respectivamente, uma seção incompleta (Figura 7) em comparação com o bloco NW (Campo de Mero). No Andar Alagoas, o motivo pode também relacionar-se a presenças raras e mal preservadas de ostracodes.

As biozonas de ostracodes rastreadas no Campo de Mero definem um intervalo de tempo que vai do topo do andar Buracica, no Barremiano (NRT-008.3 recuperada apenas no poço P8) ao topo do andar Alagoas, no Aptiano (subzona informal NRT-011.30), recuperada em quase todos os poços do campo. Entre os andares Alagoas e Buracica, o andar Jiquiá perfaz a maior parte das rochas perfuradas no Campo de Mero, caracterizada neste campo pelas biozonas NRT-009.1, NRT-009.3, OS-1005, OS-1010, OS-1020, OS-1100 e NRT-010. Finalmente, o Andar Barremiano foi atingido apenas no poço P8, onde os sedimentos estão intercalados com rochas ígneas, sobre um alto vulcânico.

No Campo de Mero, a biozona NRT-011 do andar Alagoas foi subdividida através do rastreamento da NRT-011.30, NRT-011.20 e NRT-011.10, subzonas informais definidas em Queiroz Neto e Grillo (2011). Nota-se ausência de subzonas do Alagoas em vários poços, o que denota erosão ou não deposição, por tectonismo ou por condições paleoambientais. Neste campo, a subzona

NRT-011.30 se apresenta delgada na maioria dos poços estudados, com exceção dos poços P1 e P8, onde perfazem, aproximadamente 80 m e 120 m, respectivamente. A subzona NRT-011.20 é rara no campo, encontrando-se restrita ao setor central de Mero, apenas nos poços P5 e P3. Por fim, a subzona NRT-011.10 está bem desenvolvida nos poços P9 e P2, associadas a litologias carbonáticas estromatolíticas. Em comparação com outras áreas da Bacia de Santos, o andar Jiquiá, no seu topo, não revelou a presença da subzona NRT-010 no Campo de Mero, subzona esta que é rara também em outras áreas da Bacia de Santos.

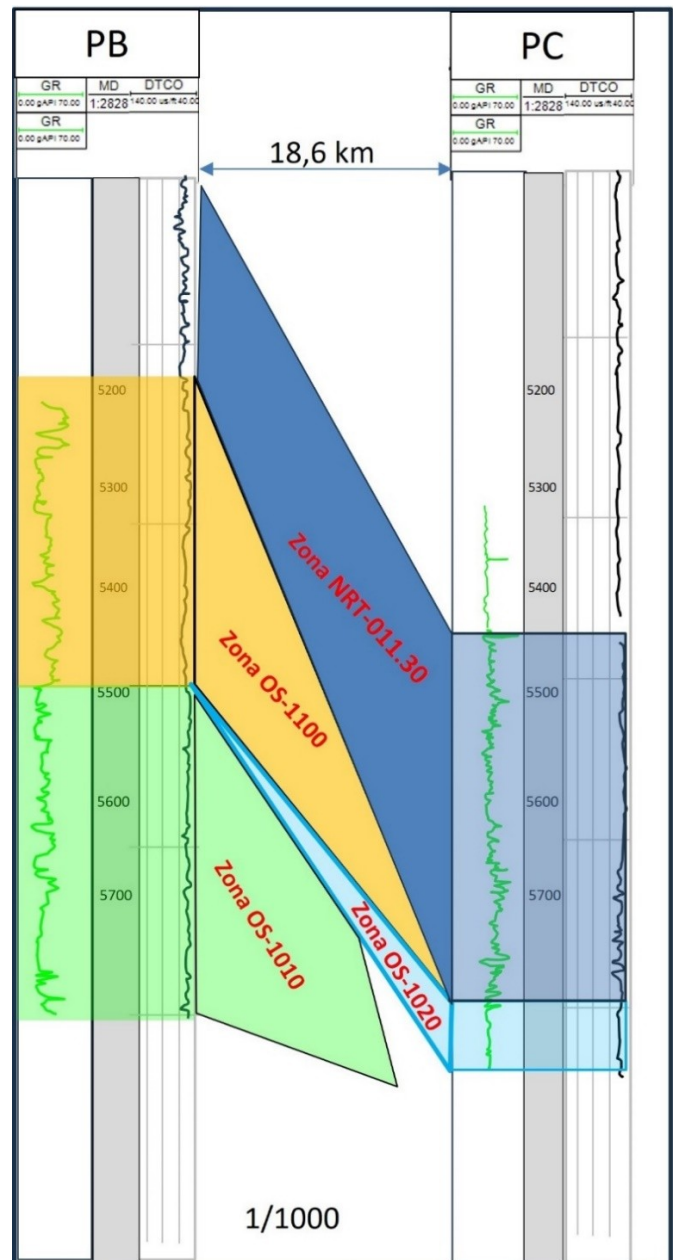


Figura 7. Correlação das zonas de ostracodes entre a área central do bloco de Libra e a área sudeste.

A subzona OS-1100, presente na porção SW do campo, não ocorre na porção NE, exceto pelo poço P1. Esta biozona, tão comum nas bacias de Campos e Santos, não parece ter a mesma importância na área do bloco de Libra. A subzona OS-1020, que é muito delgada a inexistente na maioria dos poços da área estudada, foi perfurada atingindo grandes espessuras (>200 m) no poço P3 (coquinas). A subzona OS-1010 perfaz pequenas a médias espessuras na área sul do campo de Mero, enquanto na porção norte, esta subzona está ausente nos poços P3 e P2. A subzona OS-1005 está presente em todos os poços que atravessaram os sedimentos acima dela. Esta subzona apresenta uma espessura mais ou menos constante e é mais espessa nos poços P3 e P1.

Abaixo da subzona OS-1005, as subzonas NRT-009.3A ainda no Jiquiá Superior, NRT-009.1 no andar Jiquiá Inferior e NRT-008.3 no andar Buracica Superior foram perfuradas e identificadas apenas no poço P8 (Figura 8), as duas últimas correspondendo, respectivamente, a 200 m e 30 m de espessura.

5. ESTRATIGRAFIA DAS CLINOFORMAS, JIQUIÁ SUPERIOR

O intervalo Jiquiá Superior, neste trabalho considerado como limitado, na base, pela discordância Intra-Jiquiá (D3) e, no topo, pela discordância sísmica DPA (D4), é composto por clinoformas variadas e geometrias tabulares distribuídas ao longo da bacia (Figura 9). No Campo de Mero, as clinoformas apresentam geometrias complexas, aparentando, inicialmente, serem indivisíveis. Os conjuntos de clinoformas foram mapeados, seguindo os refletores de topo ao longo do sistema progradante, em direção à parte alta e à parte baixa da estrutura. Assim separados, foram identificados dois grandes sistemas progradantes (SP1 e SP2), respeitando a ordem estratigráfica. Cada sistema de progradação representa uma sequência sísmica limitada no topo e base por discordâncias, contendo características sísmicas que as

diferenciam entre si. Sistemas mais antigos, Jiquiá Inferior, verificados pelo poço P8, representam terraços erodidos e não estão contemplados no detalhe deste estudo.

O sistema de progradações SP1 é formado por depósitos de um sistema embrionário, cujo relevo foi moldado conforme a topografia de altos vulcânicos pretêritos, correspondendo a basaltos extrusivos do embasamento vulcânico, ou rochas extrusivas mais jovens. Situa-se na base dos sistemas identificados, distribuindo-se das porções mais altas da estrutura até depressões relativas, possuindo uma área aproximada de 80 km². Estas clinoformas apresentam vergência para as direções norte e noroeste, em ângulos íngremes que chegam aos 45 graus, espessuras da ordem de 300 m e extensão na ordem de 3 a 4 km (figuras 9 e 11). As sigmoides apresentam reflexões internas dispostas em *downlap* no limite inferior, indicando a possibilidade de contínua exposição do sistema e desenvolvimento do mesmo para águas mais profundas. Seu topo é marcado por um limite erosivo, que capeia as progradações observadas. A este conjunto de progradações atribuem-se as clinoformas 1, 2 e 3 (Figura 9) presentes na porção noroeste do sistema.

A sudoeste, na localidade do poço P7, a geometria sigmoidal deste sistema perde espessura, de modo a promover grande variação do carácter sísmico interno da sequência analisada, passando de um padrão de preenchimento de refletores sigmoidais oblíquos a refletores plano-paralelos e subparalelos (Figura 10). Este conjunto de depósitos associa-se, de acordo com análises bioestratigráficas dos poços P1, P7, P5, à biozona de ostracodes OS-1010. Sua ocorrência apresenta-se distribuída ao longo do eixo principal da plataforma de Mero e a noroeste da mesma (Figura 11), sendo majoritariamente mais espessos na área do poço P1, onde uma sucessão de progradações de grande porte encontram-se amalgamadas.

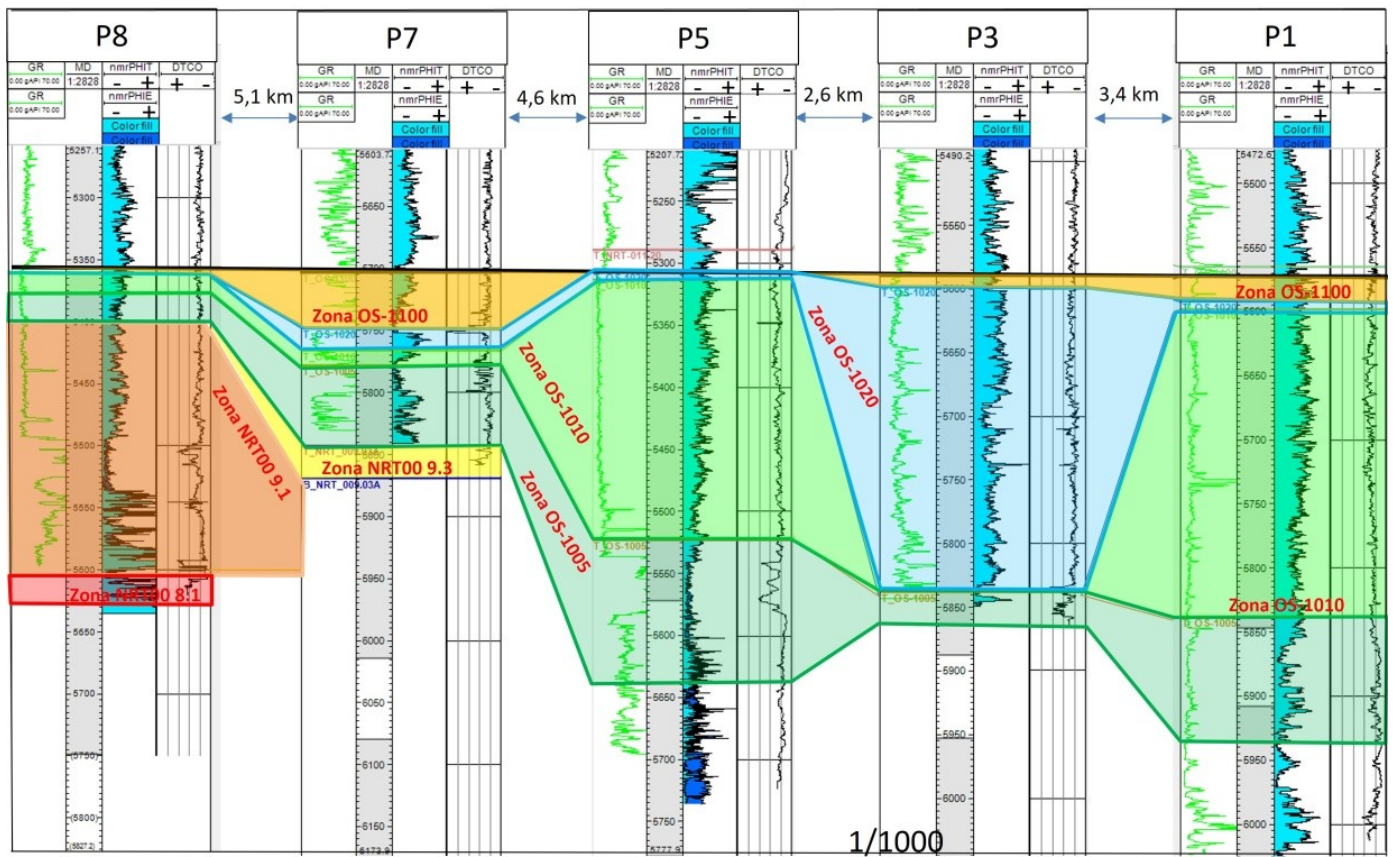


Figura 8. Correlação das zonas de ostracodes nos poços utilizados no trabalho. Nota-se a presença de zonas mais antigas presentes no poço P8 (NRT-008.1, NRT-009.1, NRT-009.3) e, em contraste, grandes espessuras de biozonas mais jovens do Jiquiá Superior observadas no poço P3.

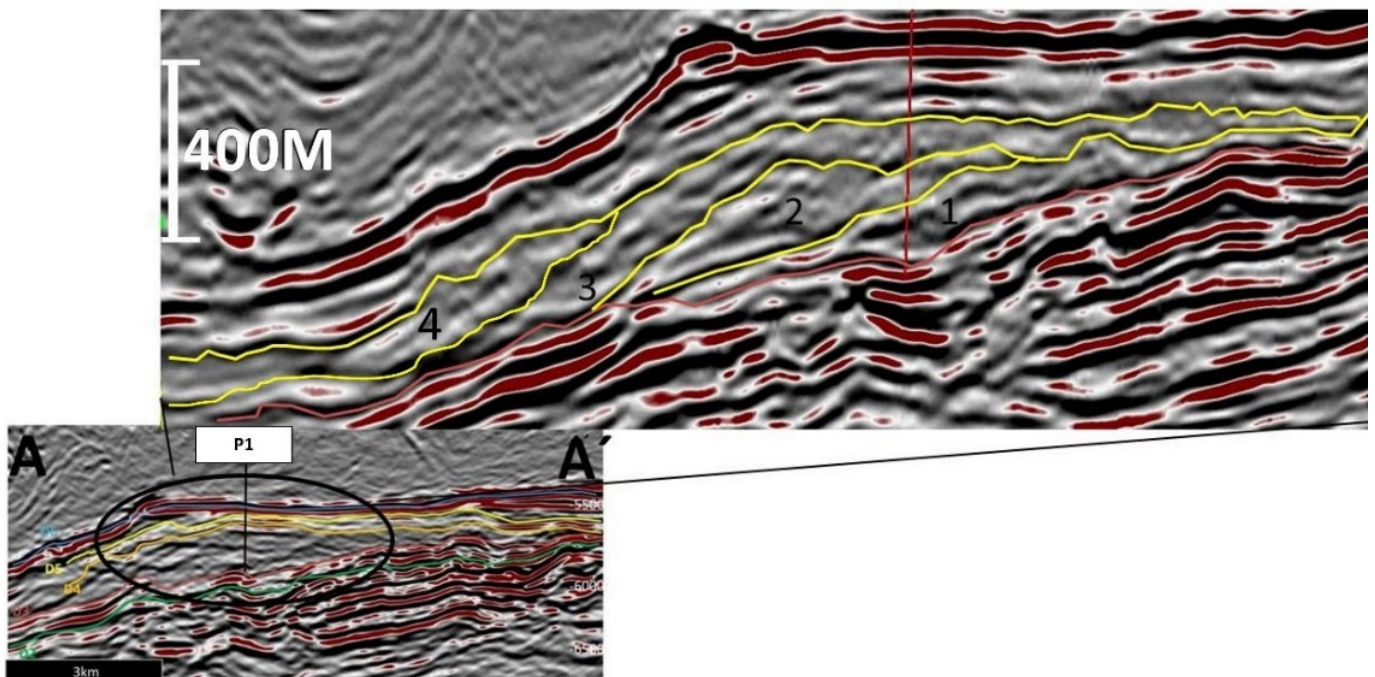


Figura 9. Sistema de progradação SP1 e sua expressão sísmica na porção noroeste. Nota-se, no detalhe, o limite de topo erosivo, o arranjo estratigráfico destas progradações, numeradas (1 a 4) e geometrias sigmoidais compostas por progradações de ordens menores.

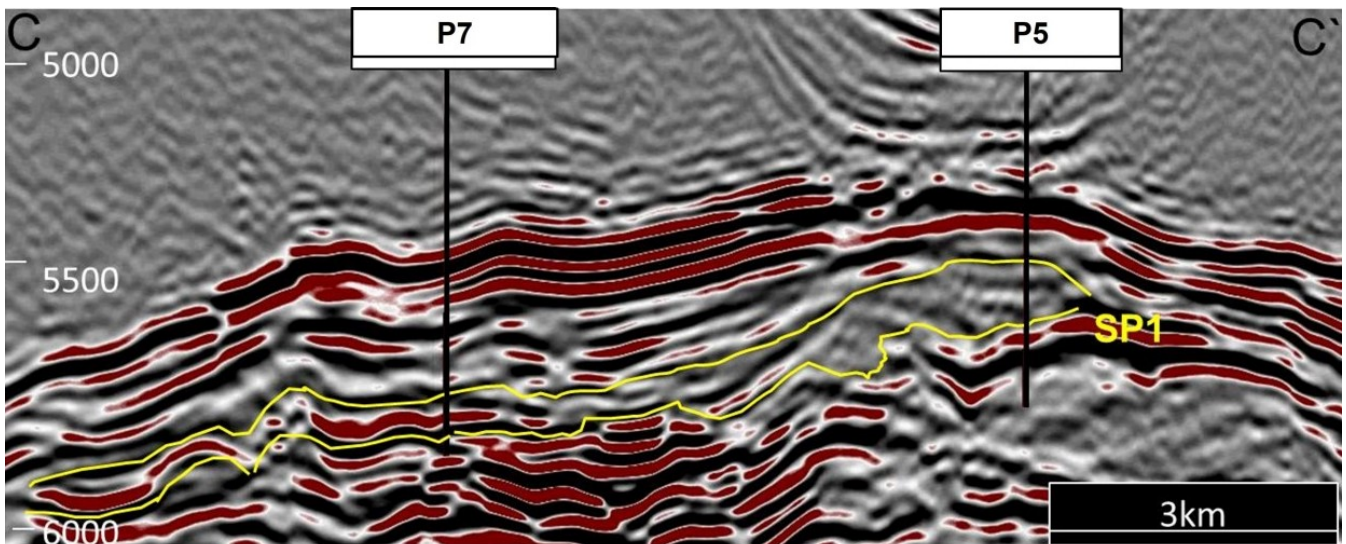


Figura 10. Seção C-C', ilustrando o afinamento dos sistemas SP1 no sentido sudoeste e a variação do caráter sísmico interno, onde reflexões divergentes passam para um padrão subparalelo.

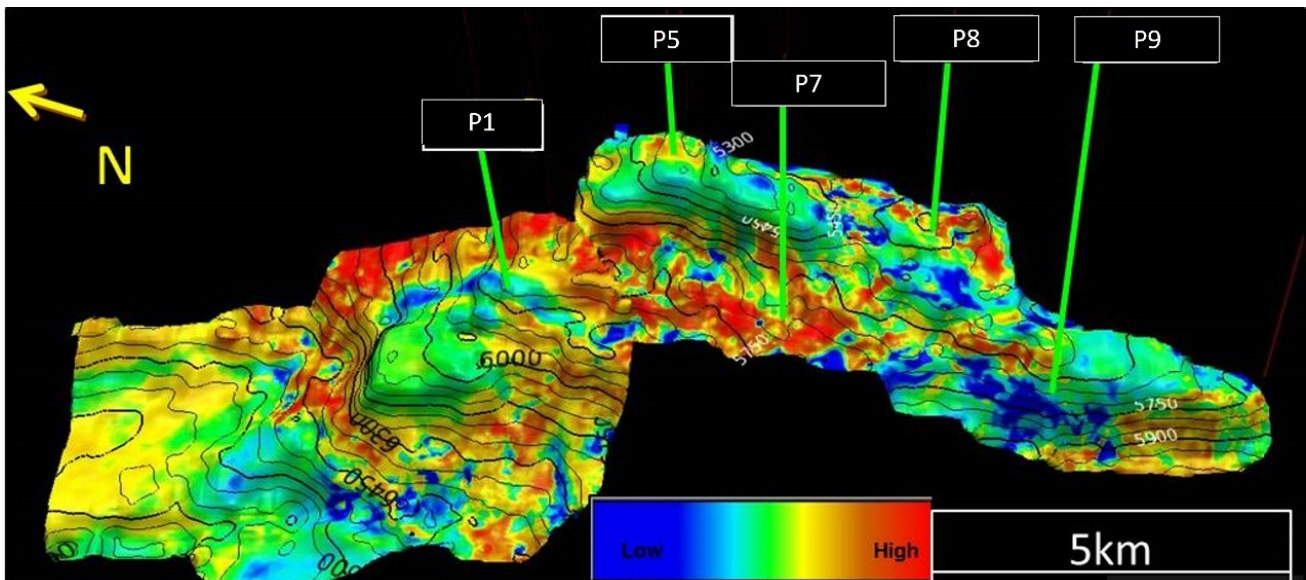


Figura 11. Mapa de amplitudes do sistema SP1 projetado em seu topo estrutural, mostrando a extensão do sistema de coquinas inicial do Jiquiá Superior, que atinge cerca de 80 km² de área e a grande variação de fácies dos depósitos, conforme a posição na estrutura.

O segundo grande grupo de clinofórmulas mapeadas (SP2) localiza-se na porção centro norte da plataforma de Mero. Limita-se, na base, pelo topo erosivo do sistema de progradações (SP1) mais antigo, e, no topo, por uma conformidade relativa, expressa no topo de progradações que mergulham para leste. A geometria externa deste sistema varia de sigmoidal a tabular. Os ângulos das clinofórmulas que compõe o sistema SP2 são relativamente suaves (~15 graus). Diferente do sistema SP1, observa-se o contínuo avanço dos sedimentos sobre as clinofórmulas mais antigas, colmatando o espaço disponível e promovendo o avanço do sistema em direção a porção alta da plataforma. A este fato é possível atribuir a uma subida relativa do nível de base. A este conjunto de progradações atribuem-se as clinofórmulas mapeadas 4, 5, 6, 7 e 8 (Figura 12). Do ponto de vista da bioestratigrafia, correspondem à zona de ostracodes OS-1020, bem

representada pelo poço P3, que perfurou grandes espessuras relacionadas a esta biozona.

Os dois grandes grupos relacionam-se, geometricamente, pelo evidente *onlap* do sistema SP2 sobre o sistema SP1 (figuras 12 e 13), evidenciando um hiato deposicional em relação às porções altas da estrutura situadas a sul do contato. A esta observação, corroboram os resultados do poço P8, que perfurou coquinas de idade Buracica e da base do Jiquiá, ou seja, mais antigas que os dois sistemas aqui descritos. As coquinas situadas no Jiquiá Inferior e Buracica, perfuradas no poço P8, são de identificação sísmica controversa ao afastar-se do poço, de maneira a dificultar a interpretação de sua geometria residual. Representam as coquinas mais antigas perfuradas na área. Provavelmente, desenvolveram-se no alto da plataforma, onde somente restou um terraço de área restrita,

posteriormente colmatado pelas coquinas e folhelhos de idade correspondente a biozona OS- 1005. A seção esquemática interpretada na Figura 14, passando pelos

poços P1 e P3, ilustra a clara relação entre as progradações e a bioestratigrafia do Campo de Mero.

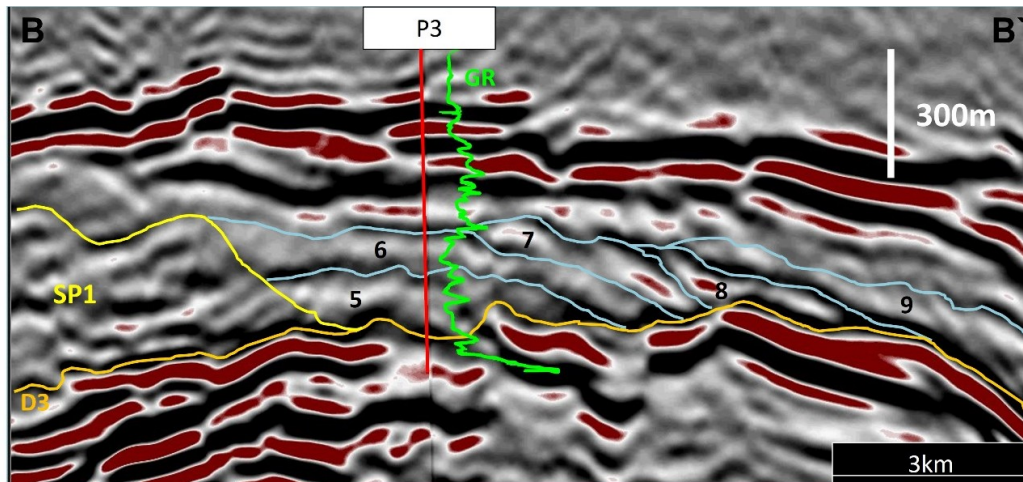


Figura 12. Seção B-B', Seção interpretada que revela a expressão sísmica do sistema de progradações SP2 (em azul), progradações de baixo ângulo e crescimento da plataforma sugerem um incremento contínuo de lâmina d'água. Nota-se progradações internas do sistema SP2, numeradas, estratigraficamente de 5 a 9.

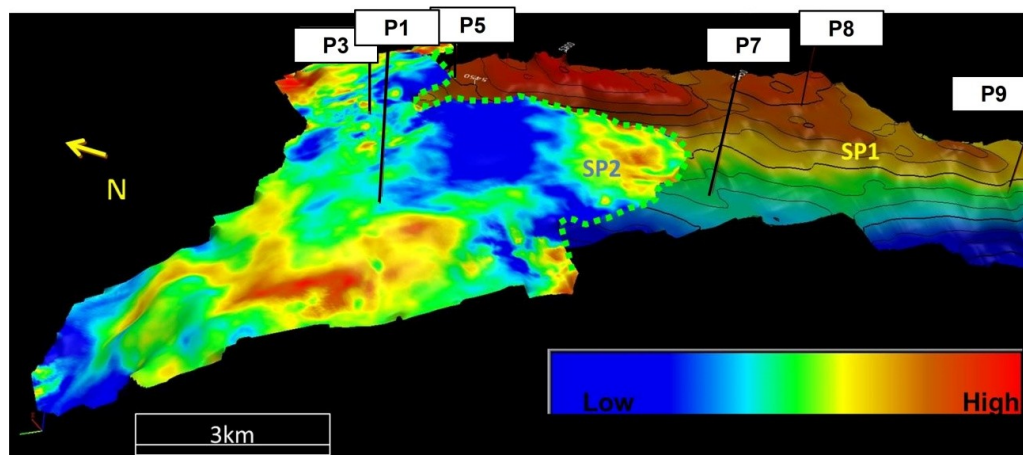


Figura 13. Visão 3D do mapa de amplitudes do sistema SP2, e mapa estrutural de topo do sistema SP1. Nota-se a relação geométrica dos sistemas de progradação mapeados. A linha pontilhada em verde indica a zona de contato dos sistemas, marcando a sul da mesma um hiato deposicional.

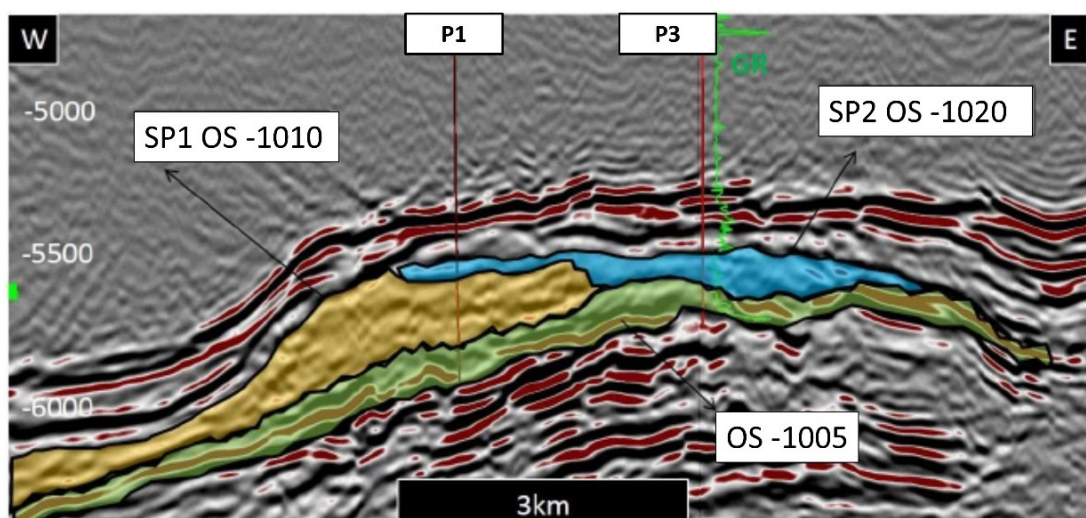


Figura 14. Interpretação esquemática da relação das geometrias mapeadas e os zoneamentos bioestratigráfico amostrado por poços. De P1 para P3 é possível verificar a variação lateral dos estratos e as biozonas correlatas.

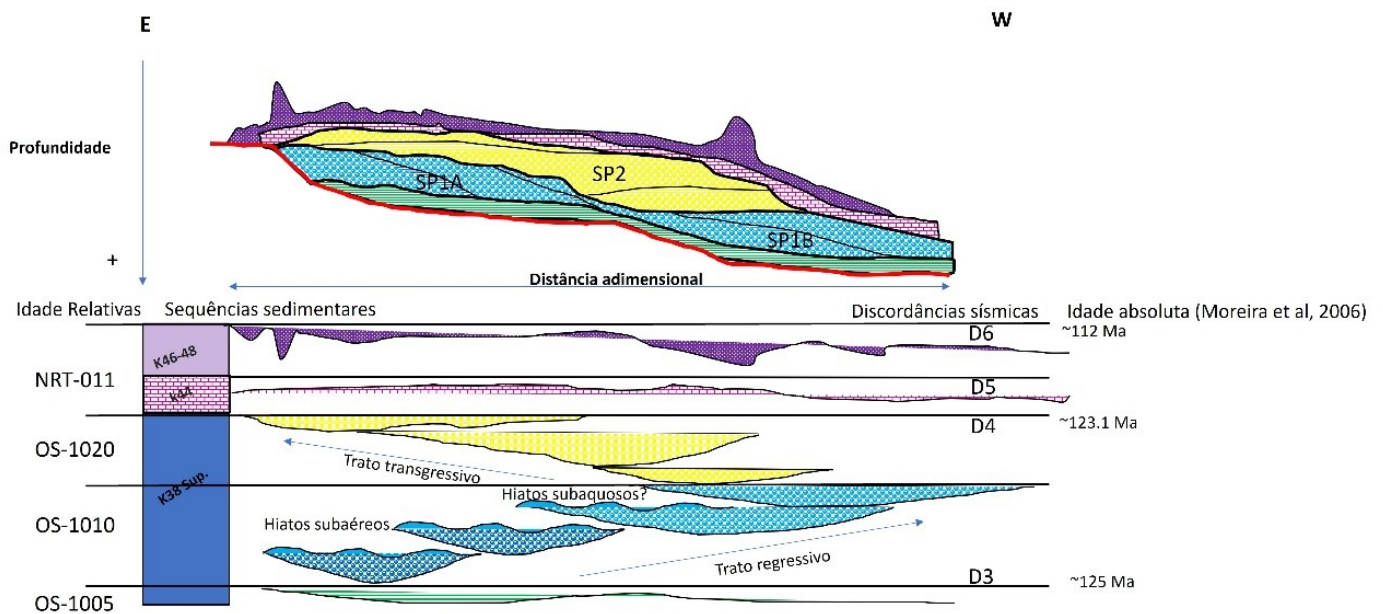


Figura 15. Modelo esquemático da distribuição das seqüências sísmicas mapeadas expresso em profundidade x distância e idade x distância. Notam-se possíveis hiatos erosivos marcados por exposições dos sistemas mais antigos, passando a interpretação de hiatos subaéreos, à medida que a discordância se torna conformativa mergulho abaixo. SP1A- Sistema de progradação proximal e SP1B- Sistema de progradação distal, limitados na base pela discordância sísmica regional D3 e no topo por discordância erosiva de ordem menor, relacionada à transição da zona de ostracodes OS-1010/ OS-1020. SP2- Sistema de progradação associado a zona de ostracodes OS- 1020, marcando um momento transgressivo na sedimentação local.

5.1. Estratigrafia de seqüências

Diferente dos sedimentos siliciclásticos, a análise da estratigrafia cíclica de sedimentos carbonáticos requer a incorporação de conceitos observados na dinâmica das plataformas carbonáticas. Diversos autores introduziram conceitos aplicados à estratigrafia de seqüências na escala sísmica em carbonatos (Mitchum e Vail, 1977; Sarg, 1988; MacEachern et al., 2012; Qayyum et al., 2015). De maneira simplificada, foi atribuída a esta análise o influxo de sedimentos como constante. O resultado da influência da variação eustática, no caso de uma possível conexão a sul do sistema de riftes, na região da Dorsal de São Paulo (Borges et al. 2013, Borges e Gamboa, 2017; Neuharth, 2021) ou da variação do volume de água no corpo aquoso inicial, associado a atividade de soerguimento ou rebaixamento tectônico, é atribuído à geração do espaço de acomodação.

As idades utilizadas na deposição do Jiquiá correspondem ao intervalo de 126,4 a 123,1 Ma. (Moreira et al., 2006), de forma que apenas o intervalo superior foi analisado neste trabalho. Este intervalo de tempo foi subdividido por biozonas de ostracodes da mais antiga (OS-1005) para a mais nova (OS-1020). Em ambas as escalas de tempo, é notável a presença de expressivos volumes de sedimentação em contraste com seções de sedimentação lenta e delgada, levando a ideia de que os depósitos espessos sugerem, no caso das coquinas, uma deposição dinâmica e possivelmente mais rápida do que a predominância de processos relacionados a ambientes mais calmos. Sendo assim, as seções e modelos gerados

representam apenas uma aproximação possível na tentativa de compartimentar os eventos e depósitos ao longo do tempo.

A individualização dos horizontes internos do Jiquiá permitiu a separação de momentos distintos na sedimentação das coquinas. O arranjo estratigráfico descrito caracteriza-se por interdigitações laterais, hiatos e erosões que fazem com que a geometria dos corpos identificados apresente alto grau de complexidade. Desta forma, a superposição dos estratos se apresenta em formas geológicas complexas. Estratos mais antigos encontram-se no topo estrutural, enquanto estratos mais jovens podem estar dispostos lateralmente. A título de simplificação, foi elaborado um diagrama T x P (Diagrama de Wheeler, 1958), onde ficam evidentes as discordâncias mapeadas e o inter-relacionamento das seqüências sísmicas observadas (Figura 15).

No Jiquiá Superior, a terminação diferencial dos refletores internos da Formação Itapema e suas diferentes geometrias podem ser entendidas como função da variação do nível de base e o consequente aumento e diminuição do espaço disponível, associados a momentos distintos de produtividade e de ação de correntes superficiais e de fundo.

As coquinas relativas à zona de ostracodes OS-1005, localizadas na base do Jiquiá Superior, possuem geometria externa tabular, suas terminações de refletores apresentam onlaps contra altos do embasamento e, por vezes, colmatam as porções altas. A discordância de topo que compõe a geometria desta seqüência sísmica caracteriza-se por erosões nas porções

mais altas, enquanto seu caráter interno geral é de reflexões internas dispostas em amplitudes segmentadas e conformantes com a base da sequência.

É possível separar a deposição das coquinas referentes à zona de ostracodes OS-1010 em dois momentos distintos. Assim, de maneira esquemática, o primeiro cenário deposicional é marcado por cunhas

progradantes, cujo eixo de desenvolvimento alinha-se na direção norte-sul e as clinofórmias apresentam direção de caimento para oeste, e o segundo momento marcado por cunhas de sedimentos, cujo caimento aponta para o mesmo quadrante que o eixo de espalhamento, norte-oeste (Figura 16 A, B e C).

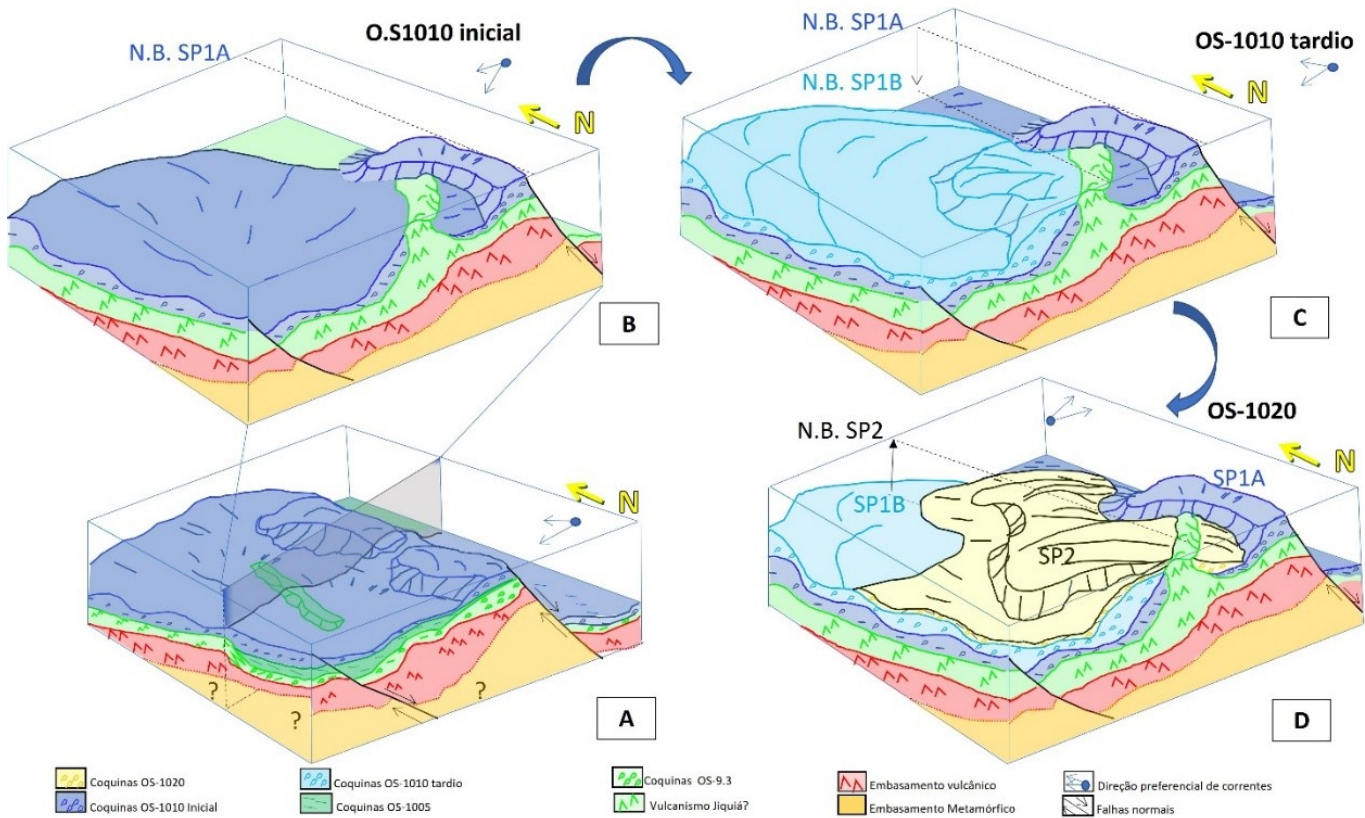


Figura 16. Sequência de blocos diagramas representando as principais fisiografias formadas por bancos de coquinas (OS-1010 e OS-1020), situados em um plataformas rejuvenescidas. **A.** Dois altos principais característicos da estrutura principal do Campo de Mero. O alto situado a sul caracteriza-se pela presença expressiva de coquinas de idade Buracica, mais antigas que a sedimentação dominante a norte. Nota-se o desenvolvimento do banco de coquinas condicionado pelo magmatismo de idade correlata, Jiquiã Inferior, depositando bancos sujeitos a retrabalhamento nas partes altas da época, enquanto seções condensadas caracterizam os baixos estruturais, caracterizando o sistema de progradações basais de idade correlata a biozona OS-1010 (SP1A). **B.** Corte no alto estrutural localizado a norte. Nota-se o desenvolvimento do banco de coquinas condicionado pelo magmatismo de idade correlata, Jiquiã Inferior, depositando bancos sujeitos a retrabalhamento nas partes altas da época, enquanto seções condensadas caracterizam os baixos estruturais, caracterizando o sistema de progradações basais de idade correlata a biozona OS-1010 (SP1A). **C.** Representação esquemática da idade relativa à biozona de ostracodes OS-1010, em estágio tardio. Neste tempo, as grandes progradações apresentam alinhamento para direção noroeste-oeste. Notar que o relevo herdado da sequência anterior, formou uma rampa cuja sedimentação aproveitou-se. O magmatismo extrusivo, antes aflorante em porções subaquosas do sistema, restringe a nova sequência observada (SP1B), sendo uma possível barreira a circulação local. **D.** A estas coquinas atribuem-se idades relativas à zona de ostracodes OS-1020. Fica evidente a mudança de desenvolvimento do sistema de noroeste para leste, reflexo da mudança de correntes atuantes na formação do sistema. Neste momento, interpreta-se uma elevação do nível de base, resultando no claro onlap do sistema SP2 em relação ao terraço mais antigo (SP1).

O sistema SP1 desenvolveu-se de sul para norte, espalhando-se, embrionariamente, sobre o atual eixo (N-S) herdado do embasamento e, posteriormente, migrou em direção a noroeste. Depósitos de baixa energia, associados a folhelhos e margas, circundam a área dos bioacumulados, aparentando uma transição de fácies com interdigitação para áreas mais altas da estrutura. As coquinas referentes a OS-1010 atingiram seu ápice de desenvolvimento no alto estrutural localizado a norte da área de estudo. Ainda durante o tempo associado a esta biozona, é possível verificar a migração da borda de sedimentos para direção noroeste, em um patamar mais baixo que o original, levando à interpretação de um

momento tardio durante a sedimentação destas coquinas. O momento tardio apresenta desenvolvimento principal ao longo do eixo noroeste, mostrando progradações que mergulham para noroeste e para oeste. O quadrante de correntes interpretado para estes momentos é o mesmo, variando de norte a oeste. Enquanto no momento inicial os depósitos apresentam uma tendência de colmatar o espaço herdado do embasamento, no momento tardio, as coquinas mais jovens desenvolvem-se ao longo de uma extensa rampa cujo substrato refere-se a um provável magmatismo mais jovem e o próprio relevo de terraços herdados de coquinas mais antigas.

No momento seguinte, a sedimentação caracteriza-se por progradações alongadas na direção leste (SP2), que desenvolvem sistemas amplos, truncando o antigo terraço e deixando um importante hiato nas porções mais altas da estrutura (Figura 16 D). A estas geometrias, está associada a zona de ostracodes OS-1020. A troca da biota predominante e da direção da frente de progradações de conchas evidencia uma mudança ambiental e fisiográfica. A condição estabelecida pode relacionar-se a mudanças químicas no corpo aquoso, relacionadas à restrição ou mistura de águas provenientes do oceano Austral, já estabelecido a sul da Dorsal de São Paulo. A elevação do nível de base foi acompanhada pela mudança de direção das frentes de progradação. Analisando estas geometrias, é possível interpretar que a ação das correntes e ondas, neste momento, atuou na direção principal leste-nordeste. O contínuo aporte sedimentar fez com que os sedimentos preenchessem todo espaço de acomodação disponível, realizando *bypass* sobre as clinofórmulas mais antigas.

Neste ponto, as geometrias herdadas do sistema de progradações anterior (SP1) serviram como relevo base para o desenvolvimento desse novo sistema, atestando a capacidade dos carbonatos de moldar seu próprio relevo por vezes independentes de falhas controladoras, como neste caso.

6. DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Os eventos que se sucederam durante o início da abertura do Oceano Atlântico Sul foram acompanhados de mudanças na sedimentação e na biota, de maneira que a ocorrência das biozonas encontradas estão diretamente relacionadas a depósitos com geometrias e características particulares. Esta constatação implica que mudanças ambientais, controlaram a deposição das coquinas na área de Mero. Ambientes diversos foram desenvolvidos durante os andares locais Buracica e Jiquiá. Mudanças no padrão de circulação das correntes, associadas à variação do espaço de acomodação, foram fatores naturais preponderantes na deposição expressiva da Formação Itapema na área de estudo.

O mapeamento detalhado das diferentes geometrias de clinofórmulas encontradas no Campo de Mero permitiu a noção do arranjo estratigráfico espacial das coquinas na área do campo. Os depósitos estão arranjados de maneira que os mais antigos estão situados na porção centro sul da estrutura principal de Mero, onde o poço P8 constatou um intervalo correspondente a coquinas de idade relativa à zona de ostracodes NRT-009.3 e NRT-008.3 (Buracica), enquanto os depósitos mais jovens situam-se no setor centro leste da estrutura. As coquinas foram divididas em clinofórmulas com características próprias, estratigraficamente arranjadas, referentes às zonas de ostracodes OS-1005, OS-1010 e

OS-1020. Desta forma, a discordância sísmica conhecida como DPA (Pré- Alagoas) pode ser representada por múltiplas superfícies deposicionais, arranjadas vertical e lateralmente, a depender da posição analisada na estrutura.

Folhelhos e coquinas de idade relativa à biozona OS-1005 estariam ligados a um momento transgressivo ou ainda conjugados com a ação de águas calmas, dominantes nas porções profundas da bacia. Os *onlaps* característicos destes depósitos raramente alcançam as partes mais altas da estrutura, sugerindo exposição dos altos estruturais da época.

As coquinas sobrepostas (OS-1010) são as mais espessas da área do campo e depositaram-se em um regime regressivo, em uma condição de alto aporte sedimentar, seja pela disponibilidade de material proveniente da área fonte ou pela condição de corpo aquoso faminto que foi desenvolvido durante este tempo, ou, ainda mais provável, pela conjugação destes fatores.

Mudanças expressivas no padrão de circulação estabeleceram-se no proto-oceano à medida que o rifte evoluía, marcando no registro sedimentar as primeiras evidências de circulação ativa no corpo aquoso parental que culminaria no atual Oceano Atlântico Sul. Durante este episódio, a ação de correntes de escala geostrófica atingiu porções relativamente profundas da estruturação do embasamento, em um momento de circulação ativa do golfo. Os depósitos relativos a esta seção possuem orientação de direção preferencial oeste/noroeste, onde possivelmente o fluxo de água regional direcionava-se, rumo ao depocentro da bacia.

Os depósitos seguintes, coquinas correspondentes à zona de ostracodes OS-1020, marcam um momento singular na paleocirculação do golfo, no qual ocorre a elevação do nível de base relativo e uma mudança da direção das correntes de noroeste-oeste para nordeste-leste, no topo da Formação Itapema. A esta mudança de correntes, está também associada a mudança da biota, em uma possível relação de ingresso de águas oceânicas mais salgadas que do corpo aquoso inicial e provenientes do sul do sistema de riftes. Estas progradações, diferente das mais antigas descritas, formam discordâncias internas conformativas, alongando-se nas porções mais rasas e apresentando interdigitações vertical e lateral com os terraços de coquinas mais antigos. A estes depósitos associa-se a ação de um importante evento tectono-oceanográfico, relacionado a abertura da Dorsal de São Paulo, que passaria a controlar a circulação da bacia até o início do Albiano.

A atuação de correntes superficiais e profundas a época dos andares locais Jiquiá e Alagoas pode ter servido como mecanismo de troca de calor do proto-oceano com a atmosfera, contribuindo para o controle do clima do regional em seus momentos iniciais, influenciando a sedimentação. Sobre a ótica deste

entendimento, a deposição de sal que viria a seguir, pode estar relacionada a ausência de circulação e conseguinte aquecimento climático. Estudos aprofundados sobre a paleocirculação do golfo inicial formado entre Brasil e África exigem a integração de diferentes áreas de conhecimento. Isótopos, restauração estrutural, modelagem numéricas, por exemplo, integradas à interpretação sismoestratigráfica e bioestratigráfica, podem melhorar o entendimento do fenômeno observado.

As geometrias e as fácies, originadas pela ação da circulação pretérita, são importantes não só do ponto de vista exploratório e de desenvolvimento do Campo de Mero como também para compreensão acadêmica dos cenários ambientais envolvendo a interação atmosfera-oceano-bacia e os mecanismos naturais que culminaram na deposição expressiva de conchas no proto-oceano Atlântico Sul.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a confecção deste trabalho ao corpo gerencial da Exploração da Petrobras, agradecimento especial a Fernando Borges que garantiu as condições e o tempo de estudo necessários ao desenvolvimento desta pesquisa. Nosso agradecimento a toda equipe técnica de Libra e aos revisores Jeanine de Lacerda Grillo, Mariela Martins, Lemuel de Paula, Ricardo Jahmert. A Vivian Cristina Pessoa e Elvio Bulhões pela ajuda com as figuras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Borges, T.A., e Gamboa, L.A.P., 2015, Sismo-estratigrafia do limite sul da Bacia de Santos e suas implicações na evolução do Atlântico sul primordial: Rio de Janeiro: Boletim de Geociências da Petrobras, v. 23, n. 1-2, p. 177- 204.
- Borges, T.A., Paula L., e Gamboa, L.A.P., 2013, Seismic stratigraphy analysis of south Santos Basin and its implications on the early South Atlantic evolution, *in* Martinelli, J.C., ed., International Congress of the Brazilian Geophysical Society & EXPOGEF, 13th, Brazil: Rio de Janeiro: Society of Exploration Geophysicists and Brazilian Geophysical Society, p. 627-634.
- Borgomano, J., Lanteaume, C., Léonide, P., Fournier, F., Montaggioni, L.F., e Masse, J., 2020, Quantitative carbonate sequence stratigraphy: Insights from stratigraphic forward models: AAPG Bulletin, v. 104, n. 5, p. 1115-1142, doi: <http://dx.doi.org/10.1306/11111917396>.
- Carlotto, M.A., et al., 2017, Libra: A newborn giant in the Brazilian presalt Province, *in* R. K. Errill and C. A. Sternbach., eds., Giant fields of the decade 2000–2010: AAPG Memoir, v. 113, p. 165-176, doi: <https://doi.org/10.1306/13572006M1133685>.
- MacEachern, J. A., Dashtgard, S.E., Knaust, D., Catuneanu, O., Bann, K.L., e Pemberton, S.G., 2022, Sequence stratigraphy: Developments in Sedimentology, v. 64, p. 157-194, doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-53813-0.00006-X>.
- Mitchum Jr, R.M., e Vail, P.R., 1977, Seismic stratigraphy and global changes of sea level: Part 7. Seismic stratigraphic interpretation procedure: Section 2. Application of seismic reflection configuration to stratigraphic interpretation, *in* Seismic Stratigraphy–Applications to Hydrocarbon Exploration, p. 135-143.
- Moreira, J.L.P., Madeira, C.V., Gil, J.A., e Machado, M.A.P., 2007, Bacia de Santos: Boletim de Geociências da Petrobras, v. 15, n. 2, p. 531–550.
- Neuharth, Derek et al., 2021, Formation of continental microplates through rift linkage: Numerical modeling and its application to the Flemish Cap and Sao Paulo Plateau: Geochemistry, Geophysics, Geosystems, v. 22, n. 4, doi: <https://doi.org/10.1029/2020GC009615>.
- Oliveira, L.C., Borges T.A., e Moreira, J.L.P., 2015, Características sísmicas e distribuição de feições ígneas intrusivas e extrusivas no Santoniano/Campaniano, norte da Bacia de Santos, *In* X Congresso Internacional de Vulcanismo e ambientes associados. São Paulo, USP.
- Qayyum, F., Catuneanu, O., e Bouanga, C.E., 2015, Sequence stratigraphy of a mixed siliciclastic-carbonate setting, Scotian Shelf, Canada: Interpretation, v. 3, n. 2, p. SN21-SN37, doi: <https://doi.org/10.1190/INT-2014-0129.1>.
- Sarg, J.F., 1988, Carbonate sequence stratigraphy: Special Publications of SEPM, n. 42.
- Schaller, H., 1969, Revisão estratigráfica da bacia de Sergipe-Alagoas: Boletim Técnico da Petrobras, v. 12, n. 1, p. 21-86.
- Silva-Telles Jr., A.C., 1992, Novo zoneamento da sequência das coquinas da Formação Lagoa Feia (Neo-Jiquiá da bacia de Campos) com base em ostracodes-aspectos evolutivos, *In* 37º Congresso Brasileiro de Geologia-SBG, São Paulo: Boletim de Resumos Expandidos, p. 489-490.
- Wheeler, H.E., 1958, Time-stratigraphy: AAPG Bulletin, n. 42, v. 5, p. 1047-1063, doi: <https://doi.org/10.1306/0BDA5AF2-16BD-11D7-8645000102C1865D>.

CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES

Tom Araújo Borges e Joao Villar de Queiroz Neto: Conceituação, Análise formal, Investigação, Metodologia, Validação, Visualização, Redação.

FINANCIAMENTO

Esta pesquisa não recebeu nenhum financiamento específico de agências públicas, comerciais ou sem fins lucrativos.