

ESTRATIGRAFIA E MODELO DEPOSICIONAL DO ARENITO NAMORADO DO CAMPO DE ALBACORA, BACIA DE CAMPOS

STRATIGRAPHY AND DEPOSITIONAL MODEL OF THE NAMORADO SANDSTONE IN THE ALBACORA FIELD, CAMPOS BASIN

Luci Maria Arienti¹, Yeda Backheuser², Carlos Jorge de Abreu¹ e Aladino Cândido³

RESUMO - Apresenta-se, aqui, um estudo dos arenitos turbidíticos albianos do Campo de Albacora, Arenito Namorado, objetivando caracterizar geologicamente os reservatórios deste campo e estabelecer um modelo deposicional para os mesmos. Foram descritas as fácies, as associações de fácies, feitas correlações estratigráficas utilizando dados de perfis de raios gama e resistividade, onde subdividiu-se o reservatório, do topo para a base, em quatro intervalos estratigráficos: Arenito Namorado Zero, Arenito Namorado I, Arenito Namorado IIa e Arenito Namorado IIb, separados por camadas de diamictitos e calcilitos. Foram confeccionados mapas com predominância de tipos de depósitos e um bloco-diagrama do modelo deposicional. Foram individualizadas sete fácies sedimentares, utilizando 457m de testemunhos de nove poços, com base principalmente em granulometria, estruturas sedimentares e arranjo litológico vertical. A Fácies Arenito Maciço (Am) caracteriza-se por arenitos muito finos/finos, com boa seleção granulométrica e, secundariamente, por arenitos médios. Apresenta-se com caráter maciço, acamadamento gradacional e feições comuns de fluidização. A Fácies Arenito Laminado (Al) é constituída por arenitos muito finos/finos, com laminações plano-paralelas e/ou microlaminações cruzadas cavalgantes formando ciclos Tb e Tbc de Bouma. A Fácies Arenito Conglomerático (Ac) é constituída por grânulos e seixos de rochas granitóides com abundantes bioclastos, ocorre tipicamente na base dos pacotes da Fácies Am, com espessuras médias de 20cm. A Fácies Conglomerado Intraformacional (Cgl) é constituída por fragmentos de folhelhos, margas e calcilitos. A Fácies Interlaminada (I) é formada por delgadas camadas de arenitos muito finos/finos, intercaladas com folhelhos e calcilitos. A Fácies Diamictito (Dia) é constituída por fragmentos de arenitos, calcilitos, folhelhos em matriz areno-argilosa e argilo-arenosa. A Fácies Calcilito, Folhelho e Marga é representada por uma associação de litologias (Clu, Flh, Mrg), com ampla distribuição lateral no Campo de Albacora. A Fácies Arenito Maciço (Am) e a Fácies Interlaminada (I) volumetricamente representam 84% do total de rochas testemunhadas. Através da associação de fácies e da correlação estratigráfica entre os poços, foram identificados três tipos de depósitos: a) depósitos de eixos de lobos confinados, constituídos principalmente pela Fácies Am, gerados pela amalgamação de vários fluxos arenosos superpostos. Os lobos individuais formam pacotes de até 20m de espessura, onde a razão arenito/folhelho é de 90%. Possuem geometria externa tabular, com área estimada para os lobos, na região central do campo, de 6 km²; b) depósitos de margem de lobos confinados, constituídos predominantemente pela Fácies I e ocorrem nas porções laterais e ou distais dos lobos, onde há maior preservação dos sedimentos mais finos do sistema. Estes depósitos possuem razão arenito/folhelho de 70% e possuem geometria semelhante a lençol, podendo atingir espessuras de até 15m; c) depósitos grosseiros residuais (tipo depósitos de lag), constituídos pela Fácies Cgl, são raros, com espessuras de no máximo 50cm, e representam a fração mais grosseira transportada pelas correntes de turbidez. Mapas de isópacas e de fácies, além de dados gerais da bacia, indicam que a área-fonte situava-se preferencialmente a NW, com eixo deposicional NW/SE.

(Originais recebidos em 03.02.93).

ABSTRACT - This paper concerns the Albian turbiditic sandstones of the Albacora Field (Namorado Sandstone), aiming to geologically characterize the reservoirs of this field, and to establish its depositional model. Facies and facies associations were described, and stratigraphic correlations were made using gamma ray and resistivity well logs. It was possible to subdivide the reservoir, from top to base, in four stratigraphic intervals: Namorado Sandstone Zero, Namorado Sandstone I, Namorado Sandstone IIa and Namorado Sandstone IIb, separated by diamictite and calcilutite layers. A geological model for these units is also presented. Using 457 m of core from nine wells, seven sedimentary facies were individualized based mainly on grain size, sedimentary structures and vertical lithological association. The Massive Sandstone Facies (Am) is characterized by well sorted very fine/fine-grained sandstones and subordinately by medium-grained sandstones. Although massive, it may show gradational bedding and fluidization features. The Laminated Sandstone Facies (Al) is composed by well sorted very fine/fine-grained sandstones with parallel laminations and climbing ripples. The Conglomeratic Sandstone Facies (Ac) is composed of granules and pebbles of granitoid rocks and abundant bioclasts. This facies is typical of the base of the Am facies packages, with an average thickness of 20 cm. The Intraformational Conglomerate (Cgl) is composed of shale, marls and calcilutites fragments. The Interlaminated Facies (I) is formed by thin layers of very fine/fine-grained sandstones, intercalated with shales and calcilutites. The Diamictite Facies (Dia) is formed of sandstone, calcilutite and shale fragments scattered in a sandy-argillaceous and argillaceous-sandy matrix. The Calcilutite, Shale and Marl Facies is represented by an association of lithologies (Clu, Flh, Mrg), with great continuity in the Albacora Field. The Massive Sandstone Facies (Am) and Interlaminated Facies (I) represent 84 % in volume of the total cored intervals. Based on the facies association, and the stratigraphic correlation, three types of deposits were identified: **a) Deposits of the axis of confined lobes**, represented mainly by Am Facies, generated by the amalgamation of several superimposed sandy flows. The individual lobes make up packages up to 20 m thick, where the sandstone/shale ratio is 90 %. Their external geometry is tabular, and the estimated area of the lobes, in the central portion of the field is of 6 km²; **b) Deposits of the margins of confined lobes**, represented mainly by the Interlaminated Facies, and present in the lateral and/or distal portions of the lobes, where fine sediments can be preserved. The sandstone/shale ratio is 70 %, the sheet-like external geometry is typical of this deposits, and they may be up to 15 m thick; **c) Residual coarse-grained deposits**, formed by Conglomerate Facies and of local occurrence, with a maximum thickness of 50 cm, represent the most coarse-grained fraction transported by the turbidity currents. Isopach and facies maps, besides general data collected in the basin, indicate that the source-area was preferentially located to the NW of the field, with a NW/SE depositional axis.

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

- 1 - Setor de Geologia de Reservatórios (SEGRES), Divisão de Geologia e Engenharia de Reservatórios (DIGER), Centro de Pesquisas (CENPES), Avenida 1, Quadra 7, Cidade Universitária, 21949-900, Ilha do Fundão, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- 2 - Setor de Intergração de Geologia e Engenharia de Reservatórios (SIGER), Divisão de Geologia e Engenharia de Reservatórios (DIGER), Centro de Pesquisas (CENPES), Avenida 1, Quadra 7, Cidade Universitária, 21949-900, Ilha do Fundão, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- 3 - E&P/GERER/GEREV - Avenida República do Chile, 65, 20035-900, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

1 - INTRODUÇÃO

O Campo de Albacora, um dos campos gigantes da Bacia de Campos, produz em reservatórios albianos e terciários. A modelagem estratigráfica/faciológica, juntamente com a definição da geometria dos corpos arenosos, são estudos fundamentais para o aumento da recuperação de hidrocarbonetos dos campos de petróleo. O presente trabalho consiste no estudo dos arenitos turbidíticos albianos do Campo de Albacora (Arenito Namorado). Estes arenitos foram caracterizados faciológica e estratigraficamente, de modo a descrever os diferentes tipos de depósitos e suas geometrias, bem como identificar o modelo deposicional do reservatório.

Para tanto, foram utilizadas descrições de 457m de testemunhos de nove poços. Foram identificadas sete fácies sedimentares sendo definido, para cada uma delas, sua distribuição espacial no campo, frequência e mecanismos de deposição. Foram confeccionadas seções estratigráficas, bem como mapas de isópacas, isólitais e percentagem de areia para cada intervalo estratigráfico aqui individualizado. Além disto, obteve-se um mapa de tipos de depósitos para os principais intervalos estratigráficos, quais sejam, o Arenito Namorado Ila e o Arenito Namorado I Ib.

2 - GEOLOGIA DO CAMPO DE ALBACORA

O Campo de Albacora, descoberto em setembro de 1984, situa-se na borda da Plataforma Continental, cerca de 110 km a Leste do cabo de São Tomé, em área com lâmina d'água variando de 250m a mais de 2 000m (fig. 1). Os horizontes produtores variam do Albiano até o Mioceno, e encerram volumes de óleo *in place* da ordem de 7×10^8 m³ de 18 a 30° API e de $67,2 \times 10^9$ m³ de gás (Cândido, 1990).

Segundo Guardado *et al.* (1989), a Bacia de Campos é constituída por três megasequências sedimentares,

do Cretáceo Inferior (Albiano) até o Recente: a) - Megasequência *rift* ou não-marinha; b) - Megasequência clástica evaporítica ou transicional; c) - Megasequência com sedimentação de mar aberto e de margem continental (fig. 2).

A megasequência de mar aberto pode ser subdivida, segundo Souza *et al.* (1989), em três sequências, da base para o topo: c1) - sequência carbonática de águas rasas, com os calcarenitos oolíticos da Formação Macaé; c2) - sequência de margas, folhelhos e arenitos turbidíticos, depositados do Cretáceo Inferior (Albiano) - onde se insere o reservatório estudado - até o Terciário Inferior, em uma geometria de *onlap* costeiro; c3) - sequência regressiva, tipicamente progracional, do Terciário Inferior ao Recente.

Os depósitos mais antigos perfurados até o momento em Albacora são representados por calcilitos e margas de água profunda da Formação Macaé. Intercalados a estes sedimentos ocorrem os arenitos turbidíticos de idade albiana (Arenito Namorado). Estes depósitos, segundo Carminatti *et al.* (1988), estão relacionados a épocas de rebaixamento do nível do mar e associados a períodos de atividade tectono-magmática.

No Campo de Albacora, ocorrem dois sistemas de falhas: um afetando apenas rochas do Cretáceo (fig. 3) e, o outro, afetando o Cretáceo e o Terciário. Ambos os sistemas resultaram de tectônica halocinética com colapso de evaporitos (Cândido e Corá, 1991), originando uma paleotopografia de calhas, onde foram depositados os arenitos turbidíticos albianos. Neste campo, a acumulação de petróleo resultou de um trapecamento em dois anticlinais, ambos orientados na direção Sudoeste/Nordeste. Estas estruturas refletem-se em todos os estratos do Cretáceo e Terciário. Os reservatórios do Albiano são afetados, também, por uma série de falhas normais orientadas aproximadamente na direção Norte-Sul, cujos rejeitos podem atingir a 300m (Cândido, 1990).

3 - CARACTERIZAÇÃO FACIOLÓGICA DO ARENITO NAMORADO

3.1 - Introdução

Sete fácies sedimentares foram reconhecidas no Arenito Namorado, com base principalmente em granulometria, estruturas sedimentares e arranjo litológico vertical. A frequência percentual destas fácies (fig. 4) mostra o predomínio das Fácies Arenito Maciço e Interlamina. As principais características de cada fácies podem ser assim descritas:

3.2 - Fácies Arenito Maciço (Am)

A Fácies Am representa 67% (fig. 4) do total dos

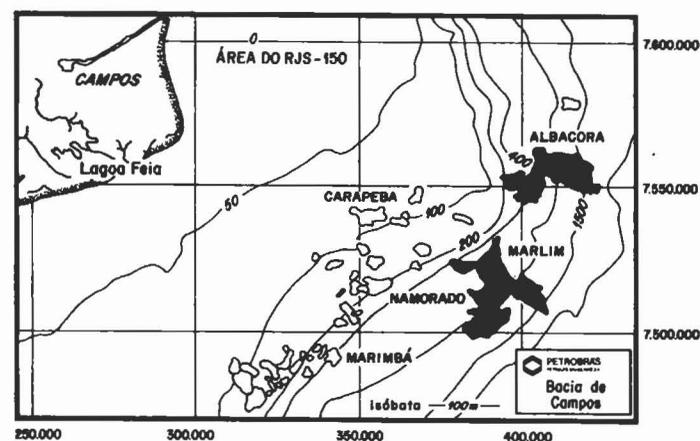


Fig. 1 - Mapa de localização do Campo de Albacora, Bacia de Campos.
Fig.1 - Location map of the Albacora Field, Campos Basin.

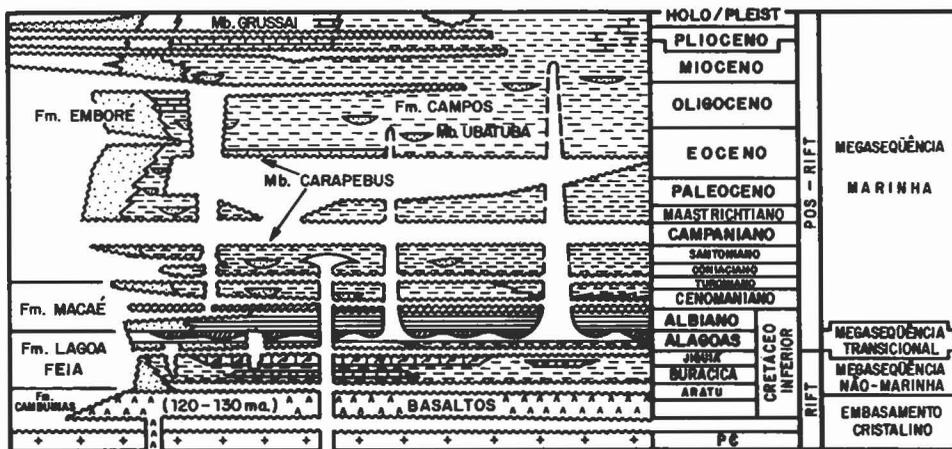


Fig. 2 - Coluna estratigráfica da Bacia de Campos (segundo Guardado *et. al.* 1989).
 Fig. 2 - Stratigraphic column, Campos Basin (after Guardado *et al.* 1989).

intervalos testemunhados e sua ocorrência no campo é ampla, tanto vertical quanto lateralmente. É constituída por arenitos finos/muito finos, com boa seleção granulométrica (foto 1a) e, secundariamente, por arenitos médios. Aparentemente, não apresenta estruturas sedimentares, exceto incipiente acamamento gradacional normal, com grãos de areia grossa dispersos predominantemente na base dos ciclos. Localmente, observam-se feições de fluidização do tipo *dish* e pilar (foto 1b).

A espessura média das camadas de arenito é de 1m; entretanto, quando amalgamadas, podem atingir espessuras de até 20m. Geralmente possuem base abrupta, comumente erosiva.

Bioclastos ocorrem concentrados em níveis de aproximadamente 10cm a 20cm de espessura, na base e/ou no topo das camadas arenosas.

A principal característica desta fácies é o seu aspecto maciço, resultante de uma deposição muito rápida, de grãos transportados por suspensão, em correntes de turbidez de alta densidade. A deposição, neste caso, se processa por uma queda dos sedimentos, o que gera freqüentes

estruturas de escape de fluidos. Além disto, o acanalamento é comum, devido à erosão e amalgamação dos sedimentos do ciclo anterior, gerando a superposição de camadas de areia. Esta fácies equivale à fácies B1.1 - *thick/medium-bedded, disorganized sands*, de Pickering *et al.* (1989) ou à fácies F8 de Mutti (1992), representando deposição *en masse*. A presença de grãos de areia média/grossa dispersos em ciclos de arenito fino/muito fino resultou de uma deposição por suspensão, onde os grãos mais grosseiros flutuam na massa densa, constituída por grãos mais finos, o que impede uma segregação granulométrica mais eficiente (Middleton, 1967; Lowe, 1982 e Mutti, 1992). Observa-se, também, em algumas porções do reservatório, acamamento gradacional normal, gerado pela deposição por segregação gravitacional.

A homogeneidade granulométrica dos arenitos da Fácies Am torna difícil a determinação do topo e da base de cada camada arenosa, já que ocorrem comumente amalgamadas. Entretanto, pode-se considerar, de modo geral, que a presença de níveis de bioclastos marque o topo e/ou base de ciclos sedimentares conforme observado

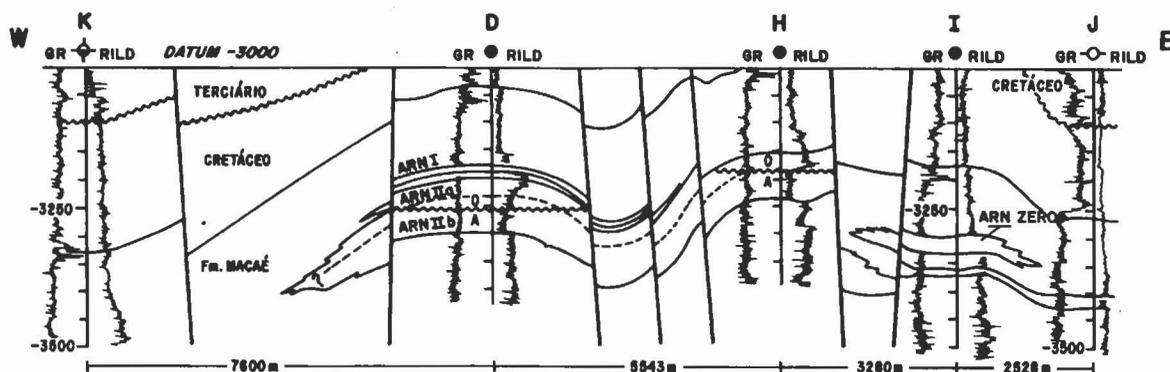


Fig. 3 - Seção estrutural *dip* do Arenito Namorado no Campo de Albacora.
 Fig. 3 - Dip structural section showing the Namorado Sandstone, Albacora Field.

PERCENTUAL DE FÁCIES

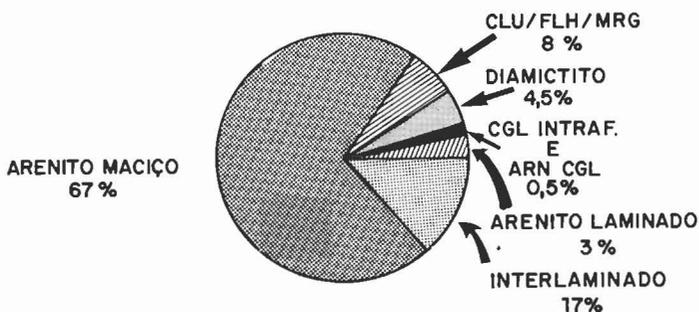


Fig. 4 - Percentual de fácies em relação ao Arenito Namorado: total testemunhado.

Fig. 4 - Percentage of facies of the Namorado Sandstone: total cored.

também por Bjorkum e Walderhaug, (1988). Por meio de um controle hidrodinâmico que depende de fatores como forma, densidade dos fragmentos, velocidade e densidade da corrente, alguns fósseis são depositados no topo das camadas, ao passo que os outros mais densos podem se concentrar em sua base. Os níveis enriquecidos em bioclastos constituem, desta forma, mesoeterogeneidades controladas pelos mecanismos de deposição, condicionando a ocorrência de níveis completamente cimentados por calcita (foto 1c). A espessura destes níveis cimentados varia de 5cm a 30cm, podendo atingir, em raros casos, 1m e

representam 17% do Arenito Namorado testemunhado.

A Fácies Am representa o eixo deposicional de canais rasos e efêmeros que, amalgamados, originam os lobos confinados.

3.3 - Fácies Arenito Laminado (Al)

Esta fácies representa somente 3% de todo o intervalo testemunhado (fig. 4), no entanto, está presente em todos os poços testemunhados. A Fácies Arenito Laminado é constituída por arenitos de finos a muito finos, muito bem selecionados, e apresenta laminações plano-paralelas e/ou microlaminações cruzadas cavalgantes, formando ciclos Tb e Tbc de Bouma (foto 1d). Estruturas de deformação (*slumping*) e bioturbações são freqüentes. Em alguns casos, as laminações são salientadas por diminutos fragmentos de carvão e intraclastos argilosos. A espessura de camadas desta fácies varia de 10cm a 30cm, e possui níveis intensamente cimentados, como na Fácies Am.

A Fácies Al corresponde aos depósitos trativos das correntes de turbidez e ocorre em ciclos isolados ou no topo das camadas da Fácies Am.

3.4 - Fácies Arenito Conglomerático (Ac)

Esta fácies possui ocorrência muito restrita.

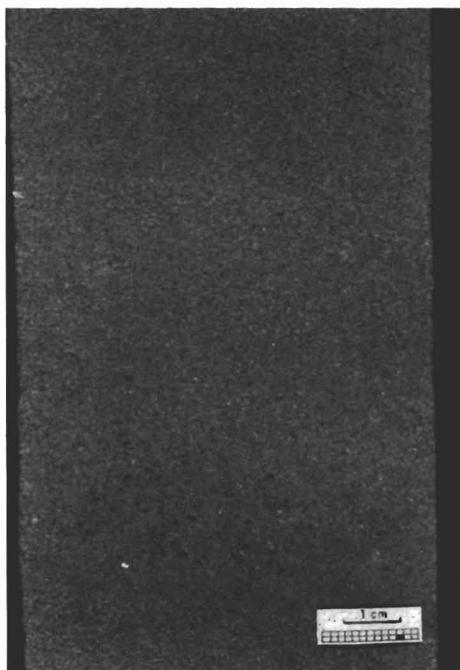


Foto 1a - Fácies Arenito Maciço (Am) - arenitos maciços, muito finos/finos, secundariamente médios.

Photo 1a - Massive Sandstone Facies (Am) - very fine/fine-grained, subordinately medium-grained massive sandstones.



Foto 1b - Fácies Arenito Maciço (Am) - observam-se estruturas do tipo "prato", resultado do processo de escape de fluidos.

Photo 1b - Massive Sandstone Facies (Am) - dish structures, produced by the escape of fluids, can be seen.

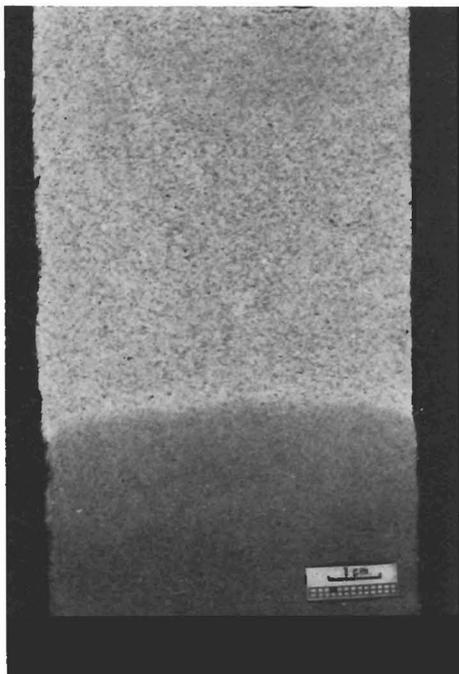


Foto 1c - Fácies Arenito Maciço (Am) - nesta fácies ocorrem níveis completamente cimentados por calcita.

Photo 1c - Massive Sandstone Facies (Am) - levels that are completely cemented by calcite occur in this facies.

Representa 0,3% do intervalo testemunhado (fig. 4). A Fácies Ac é constituída por arenitos conglomeráticos e arenitos muito grosseiros, maciços (foto 1e). Os grânulos e seixos da Fácies Ac são predominantemente de composição gnáissico-granitóide, com diâmetros que variam de 2mm a 5mm. Ocasionalmente, os bioclastos são abundantes. Esta fácies encontra-se, geralmente, na porção basal das camadas, e possui espessura média de 20cm.

A Fácies Ac ocorre tipicamente na base das camadas turbidíticas que formam a Fácies Am, tendo sido depositada por correntes de turbidez de alta densidade.

3.5 - Fácies Conglomerado Intraformacional (Cgl)

Esta fácies é também muito rara, perfazendo 0,2% do intervalo testemunhado (fig. 4). Consiste em um conglomerado de seixos intraformacionais arredondados e alongados, dispersos em matriz arenosa. Estes clastos podem ser de calcilitos, folhelhos e margas, e seu maior diâmetro pode atingir 6cm (foto 1f). A espessura máxima de camadas desta fácies é de 50cm.

A presença de intraclastos na Fácies Cgl indica episódios erosivos e, portanto, uma condição de maior energia no sistema deposicional. Representam depósitos grosseiros residuais das correntes de turbidez de alta densidade, correspondendo à fácies F2 de Mutti (1992).



Foto 1d - Fácies Arenito Laminado (Al) - arenitos muito finos/finos, com laminações plano-paralelas e ocasionalmente ocorrem *climbing ripples*.

Photo 1d - Laminated Sandstone Facies (Al) - very fine/fine-grained sandstones, with parallel laminations, and occasionally climbing ripples are found.

3.6 - Fácies Interlaminada (I)

A Fácies Interlaminada é a segunda mais abundante do Arenito Namorado, e representa 17% das rochas testemunhadas (fig. 4). Esta fácies é constituída por uma associação de delgadas camadas de diferentes litologias: arenitos finos/muito finos, que podem ocorrer maciços ou laminados, comumente bioturbados, intercalados com margas, calcilitos e folhelhos (foto 2a), formando pacotes com espessura total de até 10m. Entretanto, a espessura dos níveis arenosos varia de poucos centímetros a 1m, estando intercalados com níveis centimétricos das outras litologias.

Esta fácies, que corresponde à fácies F9 de Mutti (1992), predomina nas porções distais dos depósitos turbidíticos, onde as correntes de turbidez já estão menos densas, e a energia de transporte sedimentar é mais baixa.

3.7 - Fácies Diamictito (Dia)

As rochas desta fácies foram subdivididas em dois tipos. O primeiro, denominado "Dia 1" (foto 2b), é constituído de fragmentos angulosos de arenito, calcilito, folhelho, margas, grânulos de quartzo e bioclastos dispersos em matriz essencialmente argilosa. O segundo tipo,



Foto 1e - Fácies Arenito Conglomerático (Ac) - constituída por arenitos grosseiros, com grânulos de quartzo, gnaisses, fragmentos de gnaisses, bioclastos e folhelhos.

Photo 1e - Conglomeratic Sandstone Facies (Ac) - it is made up of coarse-grained sandstones, with quartz and gneiss grains, and gneiss, bioclast and shale fragments.

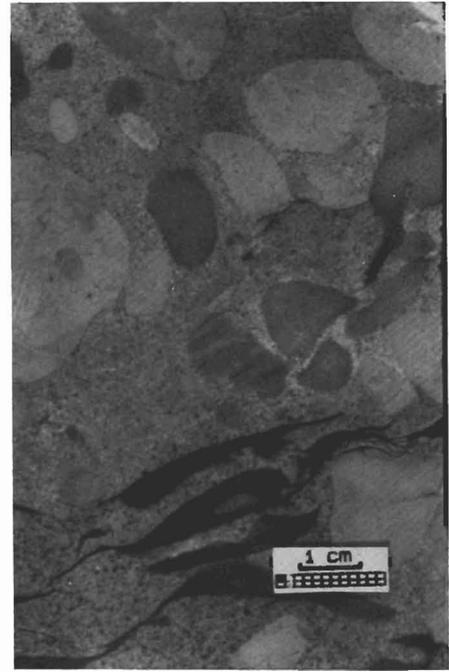


Foto 1f - Fácies Conglomerado Intraformacional (Cgl) - constituída por conglomerados formados por seixos de calcilutitos, margas, calcilutitos e arenitos, dispersos em uma matriz arenosa mal selecionada.

Photo 1f - Intraformational Conglomerate Facies (Cgl) - it is made up of conglomerate formed by calcilutite, pebbles, marls, calcilutites and sandstones, scattered in a poorly sorted matrix.

denominado "Dia 2" (foto 2c), é constituído por fragmentos de calcilutitos e margas dispersos em matriz areno-argilosa. Ambos são calcíticos, freqüentemente deformados, e com estruturas de escorregamento. O "Dia 1" constitui uma camada com espessura média de 12,5m, enquanto que o "Dia 2" possui espessura média de 3m.

Os dois tipos de diamictitos perfazem 4,5% do intervalo testemunhado (fig. 4). A distribuição do "Dia 1" é muito mais contínua, ocorrendo em quase todo o campo e adelgaçando-se para Leste. É de fácil identificação em perfis elétricos. Por outro lado, o "Dia 2", apesar da ampla distribuição, não pode ser facilmente identificado nos perfis elétricos.

O processo deposicional que gerou os diamictitos foi o escorregamento (*slump*) que evolui para o fluxo de detritos. O mecanismo de deposição deste tipo caracteriza-se pela "força da matriz" suportando os clastos (Lowe, 1982), ou *cohesive debris flow*, gerando a fácies F1 de Mutti (1992).

O "Dia 1" pode ser interpretado como produto de deslizamento de talude, decorrente de processo de instabilização regional, sendo mais espesso nos poços mais proximais ao talude da época.

O "Dia 2" parece estar associado a evento deposicional semelhante ao do "Dia 1", do tipo fluxo de detritos, porém de menor intensidade, ou menor volume

de sedimento envolvido, visto sua pequena espessura, além de retrabalhar sedimentos mais arenosos.

3.8 - Fácies Calcilutito, Folhelho e Marga (Clu, Flh, Mrg)

Esta fácies perfaz 8% do intervalo testemunhado. Os calcilutitos e as margas predominam sobre os folhelhos. Esta fácies possui ampla distribuição vertical e lateral no Campo de Albacora (fig 4). Estas três litologias ocorrem estreitamente associadas, algumas gradando entre si.

Os calcilutitos são esbranquiçados e fracamente laminados devido à intensa bioturbação dos tipos *Planolites*, *Helminthopsis* e, secundariamente, *Zoophycos* e *Thalassinóides* (foto 2d). São ricos em foraminíferos planctônicos e calcíferas.

As margas são ligeiramente mais acinzentadas devido à presença de argilas. São intensamente bioturbadas com traços fósseis do tipo *Planolites*, *Helminthopsis* e *Zoophycos*, igualmente ricas em foraminíferos e calcíferas.

Os folhelhos são pretos, laminados e bioturbados, com traços fósseis do tipo *Condrites* (foto 2d) As rochas desta fácies geralmente mostram estruturas de escorregamento, estilólitos, inclusive verticais, e estão piritizadas.

Cada litologia apresenta espessuras que variam de poucos centímetros a 1m, porém o intervalo total pode atingir até 4m. Esta associação litológica é típica de águas profundas e representa a deposição bacial, comprovada pela associação de icnofósseis e conteúdo fossilífero. Eventuais contribuições das correntes de turbidez somente introduzem frações argilosas no sistema.

4 - MODELO DEPOSICIONAL

A partir do final da década de 70, os conceitos e o enfoque do estudo de turbiditos sofreram mudanças substanciais. Passou-se a estudar detalhadamente leques submarinos modernos, cujas feições geométricas em planta são facilmente reconhecíveis e os processos sedimentológicos mais claramente identificáveis. Também nesta época, os pesquisadores passaram a realçar a importância de outros controles na deposição dos turbiditos, além dos estritamente sedimentológicos. Estes fatores controladores incluem, segundo Walker (1989): a) - tipo de crosta; b) - tamanho de grão e taxa de aporte de sedimentos na bacia; c) - aspectos tectônicos tais como tipo de margem e atividade tectônica na área-fonte; d) - flutuações relativas do nível do mar.

A partir desta mudança de tendências, surgiram

muitos trabalhos incorporando estas idéias. Mutti (1979), por exemplo, descreveu dos tipos de lobos arenosos, em sistemas turbidíticos distintos: a) - sistemas de baixa eficiência e ricos em areia, em que os lobos estão conectados aos canais; b) - sistemas altamente eficientes e pobres em areia, isto é, o espraio dos sedimentos é grande, gerando lobos separados de canais.

Posteriormente, Mutti (1985) definiu três tipos de sistemas deposicionais para turbiditos antigos. O sistema tipo I desenvolve-se em um nível de mar baixo, quando os pacotes de areia se depositam sob a forma de corpos alongados não-canalizados, nas porções mais externas do sistema deposicional. Este tipo relaciona-se com o sistema de alta eficiência (Mutti, 1979).

O sistema tipo II apresenta canais e lobos conectados, que se depositam durante um nível de mar baixo, ou mesmo ascendente. Reproduz o sistema de “baixa eficiência” (Mutti, 1979). Este sistema é quase totalmente constituído por depósitos canalizados, sendo que o decréscimo da granulometria dos sedimentos tende a favorecer o desenvolvimento de lobos associados.

O sistema tipo III caracteriza-se por pequenos canais preenchidos por areia fina/média, em meio a uma seqüência argilosa nas porções internas do sistema deposicional. Deposita-se em nível de mar ascendente. Equivale aos complexos “canais-diques marginais” modernos.

Recentemente, Weimer (1990) e Walker (1992) esboçaram modelos deposicionais para leques turbidíticos,

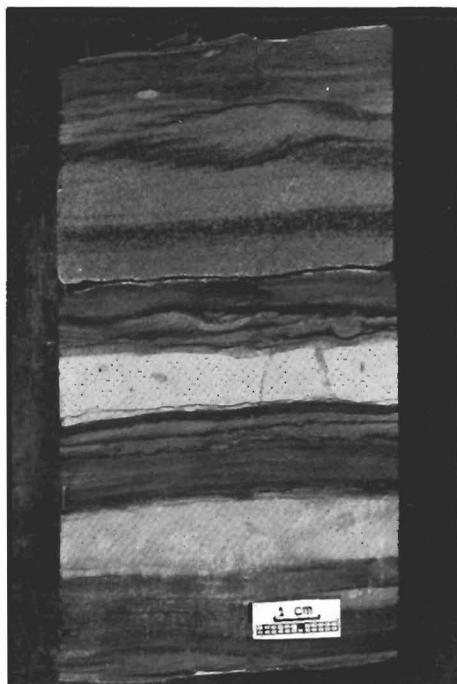


Foto 2a - Fácies Interlaminaada (I) - é uma associação de delgadas camadas de arenitos muito finos/finos e médios, intercaladas com folhelhos, margas e calcilutitos.

Photo 2a - Interlaminated Facies (I) - it is an association of thin layers of very fine/fine-grained and medium-grained arenites, intercalated with shales, marls and calcilutites.

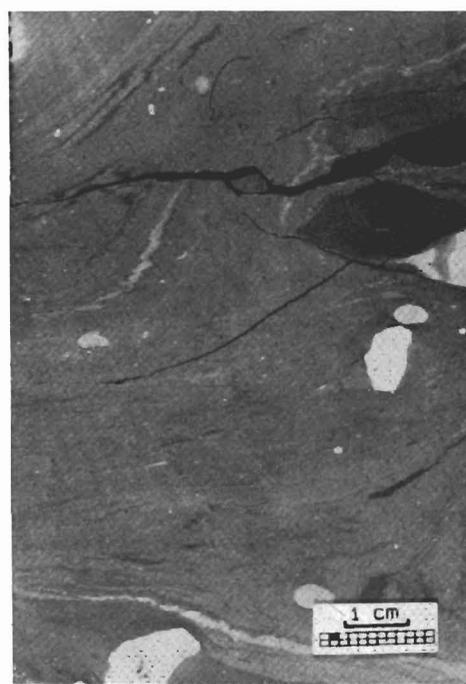


Foto 2b - Fácies Diamictito - “Dia 1” - constituída por seixos de calcilutitos, margas e folhelhos, dispersos em matriz argilosa.

Photo 2b - Diamictite Facies - “Dia 1” - it is made up of calcilutite, marl and shale pebbles, scattered in an argillaceous matrix.

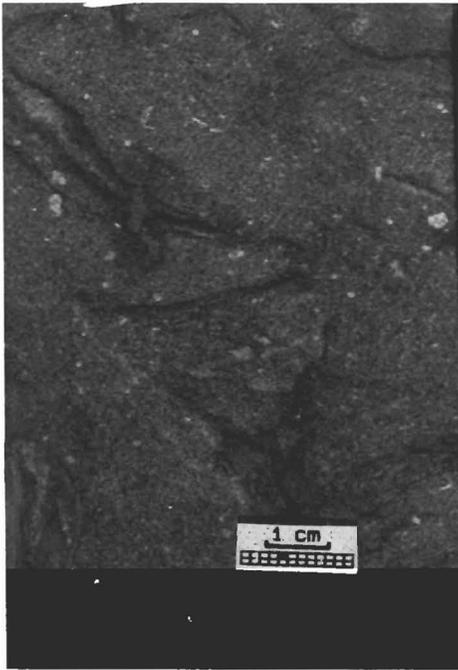


Foto 2c - Fácies Diamictito - "Dia 2" - semelhante ao "Dia 1", exceto pela matriz mais arenosa.
Photo 2c - Diamictite Facies - "Dia 2" - it is similar to "Dia 1" except for a more sandy matrix.

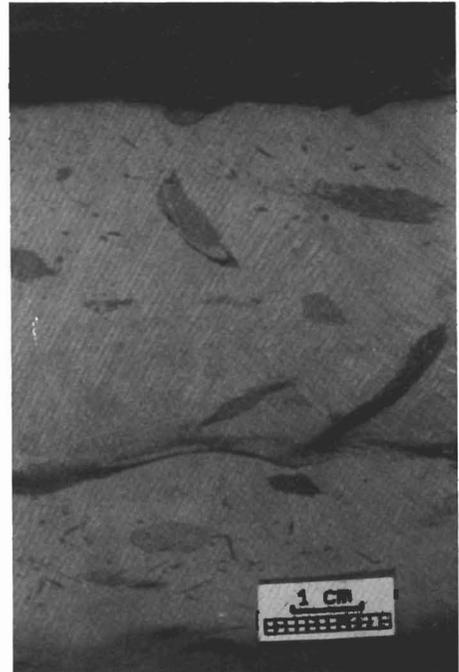


Foto 2d - Fácies Calcilutito/Folhelho/Marga (Clu/Flh/Mrg) - é uma associação de litologias, que podem gradar entre si. Ocorre comumente bioturbada.
Photo 2d - Calcilutite, Shale, Marl Facies (Clu/Flh/Mrg) - it is an association of lithologies that may grade among themselves. It usually is bioturbated.

baseados em estudos de leques submarinos recentes da foz de grande rios, tais como o Amazonas, Magdalena, Mississipi e Indus. Neste modelo, os leques turbidíticos são formados por um canal profundo próximo à fonte alimentadora de sedimentos, que gradualmente ramificam-se em vários outros canais que se tornam rasos. Portanto, os corpos arenosos tornam-se delgados à medida que aumenta a distância da área-fonte. O canal, na parte proximal, e o complexo de canais da parte mediana, são marginalmente envolvidos por diamictitos, oriundos do talude. São mantidos no modelo os diques marginais associados aos canais. Além destes depósitos, podem ocorrer também areias na forma de lençol no leque inferior, posicionadas na base do sistema "canal-dique marginal", podendo representar a deposição por correntes de turbidez não-canalizadas.

Entretanto, Mutti (1992) criticou enfaticamente a adoção de um modelo deposicional único para turbiditos como um esquema preditivo geral para o estudo destes depósitos, tanto modernos quanto antigos, e afirma que tal modelo pode significar a disposição de ignorar diferentes condicionamentos geológicos, tais como: margens divergentes, convergentes e colisionais, o interrelacionamento complexo entre fluxos de gravidade, tectônica, eustasia e sedimentação ao longo do tempo geológico. Ainda, segundo este autor, o modelo "eustático", baseado na estratigrafia de seqüências, investe maciçamente na expressão sísmica e nas características

por perfis de poços mas infelizmente negligencia fácies, associações de fácies e processos sedimentares. Assim, é fácil prever que os modelos "eustáticos" para sistemas turbidíticos siliciclásticos de águas profundas podem se tornar limitados como os modelos "sedimentológicos". Na realidade, atualmente acredita-se que não existem modelos gerais disponíveis que possam descrever e interpretar a variedade de modelos deposicionais observados, tanto no registro sedimentar antigo quanto para os depósitos do Recente.

4.1 - Modelo Depositional do Arenito Namorado

Barros *et al.* (1982) sugeriram que a deposição dos turbiditos albo-santonianos da Bacia de Campos fez parte de um sistema turbidítico de baixa eficiência, onde os sedimentos arenosos tiveram distribuição restrita, depositando-se próximos dos sistemas alimentadores - *attached lobes* - conforme definido por Mutti (1979).

O Reservatório Namorado do Campo de Cherne foi subdividido por Winter (1989) em duas grandes seqüências, que constituem um sistema retrogradacional. A seqüência inferior, de idade Albiano Superior (?)/Cenomaniano, é constituída por pacotes arenosos; conglomeráticos, caracterizando um complexo de preenchimento de canais

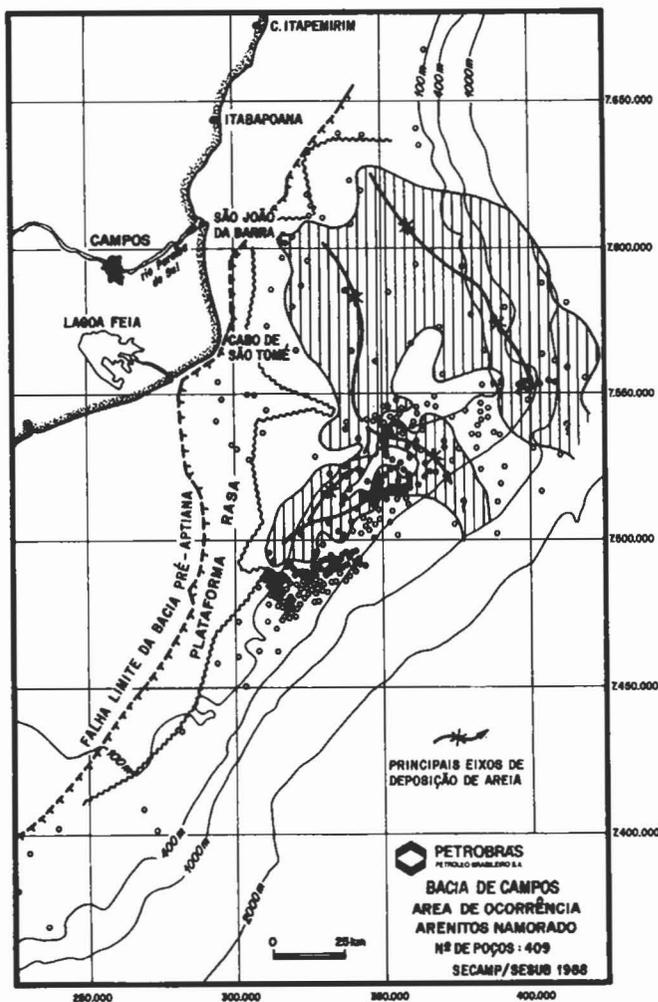


Fig. 5 - Mapa de ocorrência do Arenito Namorado na Bacia de Campos, mostrando os principais eixos de deposição de areia (DEPEX/DIRSUL).

Fig. 5 - Occurrence map of the Namorado Sandstone, Campos Basin, showing the main depositional axis of sand (DEPEX/DIRSUL).

(zona 2) e a seqüência superior, de idade cenomaniana, é formada por lobos canalizados (zona 1). O Arenito Namorado do Campo de Albacora, datado por meio de nanofósseis, pertencem à biozona N-250 (112 - 95,5M.a, Albiano Superior) pode ser comparado, em termos de sistema deposicional, à seqüência superior de Cherne.

Bruhn e Moraes (1989), estudando afloramentos e analisando dados de poços de várias bacias brasileiras definiram cinco famílias de depósitos turbidíticos: a) - complexos de canais; b) - lobos canalizados; c) - lobos não-canalizados; d) - franjas; e) - cunhas clásticas. Sob o ponto de vista de produção de petróleo, os lobos canalizados são os melhores reservatórios em termos de qualidade permoporosa, e também de comunicabilidade. Segundo estes autores, o principal tipo de depósito do Arenito Namorado no Campo de Albacora é constituído por lobos canalizados, formados a partir do espriamento de areia

pela movimentação de canais em um gradiente baixo. A contínua migração destes canais rasos e efêmeros deu origem a corpos de arenito maciço amalgamados, e acarretou baixa preservação dos depósitos de interlobos nas proximidades dos eixos deposicionais do campo. Os lobos canalizados são, portanto, originados pelo somatório dos depósitos de vários canais, compondo, individualmente, de modo geral, corpos arenosos com grande extensão areal, superior a 4km². Os complexos de lobos canalizados ocorrem distribuídos em áreas superiores a 10km².

No Campo de Albacora, os lobos canalizados de Bruhn e Moraes (1989) podem ser denominados de lobos confinados em calhas para evitar confusão com o termo canalizado (canais). Caracterizam-se pela predominância da fácies Arenito Maciço, com acamamento gradacional normal. Esta fácies é composta por areias finas a muito finas, arranjadas sob a forma de ciclos amalgamados, que formam pacotes de areia de até 15m de espessura.

O mapa de ocorrência do Arenito Namorado em toda a bacia (fig. 5), gerado a partir dos dados de 409 poços exploratórios, sugere que durante o Albo-cenomaniano, as áreas-fonte estavam situadas preferencialmente a NW (Martins *et al.* 1988). No campo de Albacora, o eixo deposicional tem orientação NW/SE.

A marcante homogeneidade granulométrica em todo o Arenito Namorado (fração areia fina), com espessuras de até 120m, sugere que a área-fonte para este sistema deposicional já possuía bom selecionamento granulométrico, tal como sedimentos costeiros e de plataforma terrígena amplamente retrabalhados. A influência de material calcário na plataforma deve ter sido localizada, observando-se teores relativamente baixos de bioclastos e fragmentos calcários.

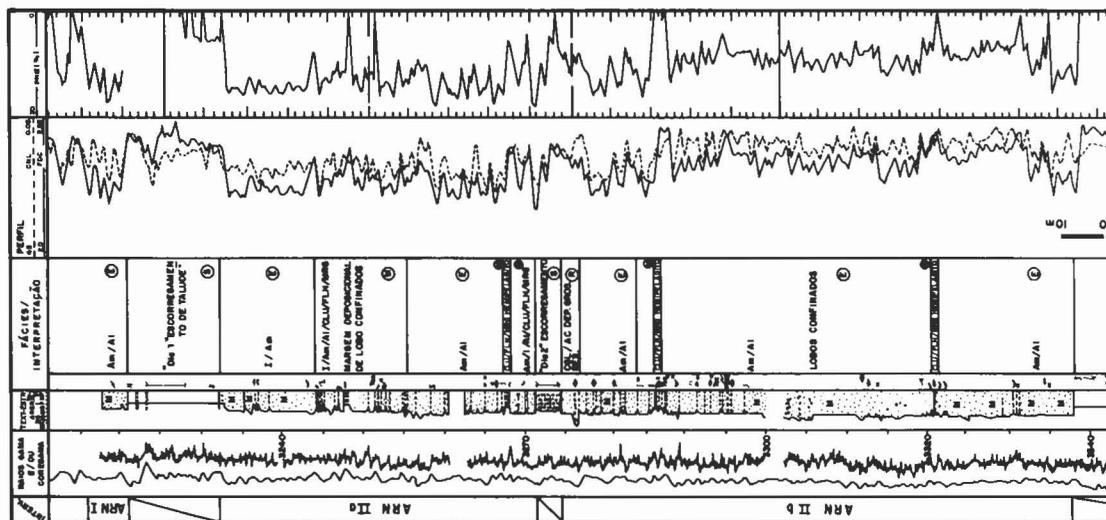
4.1.1 - Tipos de Depósitos do Arenito Namorado no Campo de Albacora

Foram aqui identificados três tipos de depósitos (figs. 6, 7, 8):

- depósitos de eixo de lobos confinados;
- depósitos de margens de lobos confinados;
- depósitos grosseiros residuais - tipo "depósitos de lag".

Cada depósito caracteriza-se pelo predomínio de uma determinada fácies, ou por um conjunto específico de fácies (fig. 9). Os depósitos de eixos e de lobos confinados ocorrem tanto no Arenito Namorado IIa, quanto no IIb (fig. 6).

Os mapas de distribuição em planta dos depósitos de eixo e de margem de lobos confinados dos Arenitos Namorado IIa e IIb mostraram relativa superposição da região dos depósitos de eixo de lobos canalizados com o depocentro sedimentar do campo nos dois intervalos (fig.



ESTRUTURAS		LEGENDA		FACIES	
M	MACIÇO	/	SLUMP	Am	ARENITO MACIÇO
	LAMINAÇÃO PLANO-PARALELA	~	BIOTURBAÇÃO FRACA	Al	ARENITO LAMINADO
~	GLISSINGO - RIPPLES	~	BIOTURBAÇÃO MODERADA	Cg1	CONGLOMERADO
U	PRATO ESCAPE	~	FRAGMENTO DE FOLHELHO	Ac	ARENITO CONGLOMERATIVO
				Z	INTERLARIADO
				G1/G2/Brp	GALUTITO, FOLHELHO E BARRA
				Dia	DIAMICTITO
INTERPRETAÇÃO					
①	EIXO DEPOSICIONAL DE LOBO CONSTRUÍDO POR CANAIS RASOS AMALGAMADOS - LOBOS CONFINADOS				
②	MARGEM DEPOSICIONAL DE LOBO CONSTRUÍDO POR CANAIS RASOS AMALGAMADOS				
③	DEPÓSITOS GROSSEIROS RESIDUAIS				
④	ESCORREGIMENTO				
⑤	HEMIPELÂMCO				

Fig. 6 - Análise seqüencial de testemunhos do poço A.
Fig. 6 - Core sequential analysis for well A.

12). Estes mapas devem ser considerados, aqui, como um exercício inicial para o entendimento da faciologia do reservatório, já que atualmente existem apenas dez poços perfurados, distantes entre si, em média, 2.5 km.

a) Depósitos de Eixos de Lobos Confinados

Estes depósitos correspondem a eixos de lobos construídos por canais rasos amalgamados que se entrecortam de forma semelhante a um sistema fluvial do

tipo anastomosado, em calhas que possivelmente tiveram controle halocinético.

São os depósitos mais abundantes, constituindo cerca de 70% do volume de rocha testemunhada. Caracterizam-se por uma sucessão de camadas amalgamadas de areia muito fina/fina, pertencentes à Facies Arenito Maciço (figs. 8a e 9). Os lobos individuais formam pacotes de até 20m de espessura. A razão Arenito/ Folhelho destes depósitos é muito alta, em torno de 90%. A geometria externa dos lobos confinados é tabular, sendo que a área estimada de um lobo confinado, na região central do campo é de 6km².

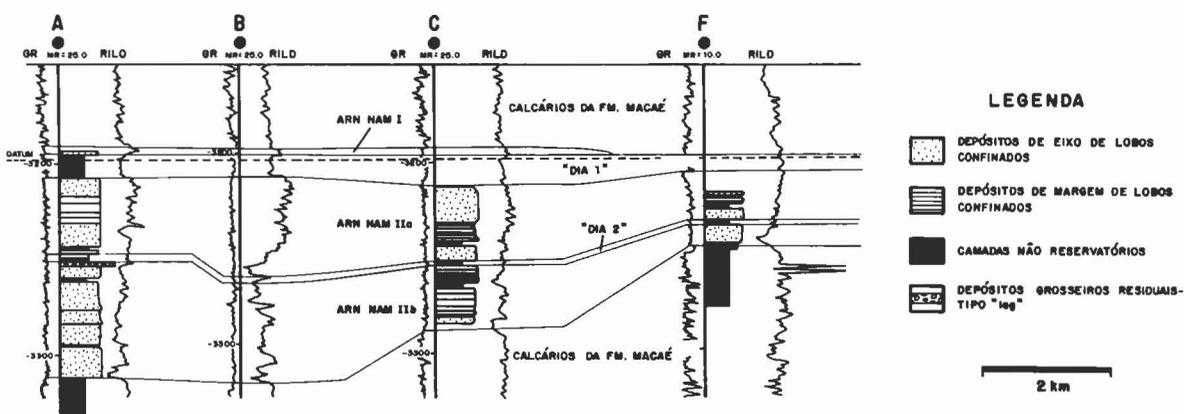


Fig. 7 - Seção estratigráfica dip, em relação a costa atual, do Arenito Namorado.
Fig. 7 - Dip stratigraphic section, related to the present coastal line, Namorado Sandstone.

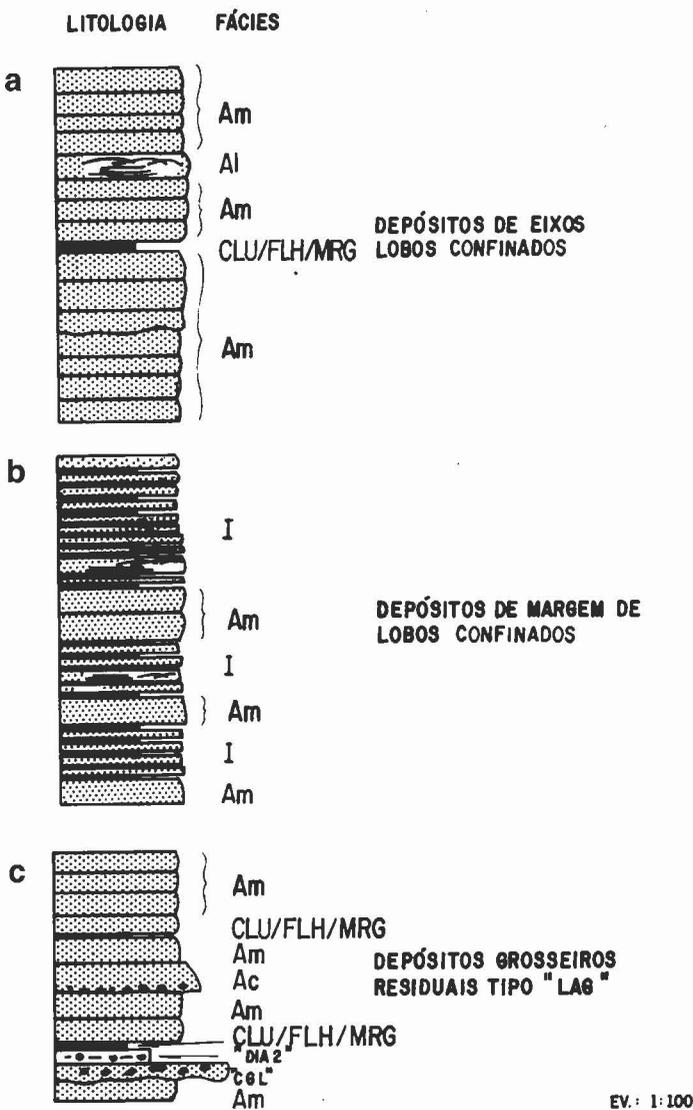


Fig. 8 - Representação esquemática dos tipos de depósitos do Arenito Namorado.
 Fig. 8 - Schematic representation of the Namorado Sandstone types of deposits.

Na análise seqüencial do poço A (fig. 6), observa-se que, no Arenito IIb, predominam os depósitos de lobos confinados, formando pacotes de 20m de areia, separados por níveis de calcilutitos/folhelhos e margas, que marcam a separação entre os lobos. De modo geral, os eixos de lobos confinados predominam tanto no Arenito Namorado IIa como no IIb.

Em perfis de densidade/neutrão observa-se um padrão do tipo "caixote" de excelentes porosidades, em pacotes homogêneos de areia, mas serrilhado devido às concreções de calcita.

b) Depósitos de Margem de Lobos Confinados

Estes depósitos caracterizam-se pela predominância da Fácies Interlaminada (I), cujas camadas de arenitos ocorrem em níveis pouco espessos, intercalados com calcilutitos/folhelhos/margas (figs. 8b e 9). Secundariamente, observa-se a Fácies Arenito Laminado (AI).

Os depósitos de margem de lobos confinados ocorrem nas porções laterais e/ou distais daqueles lobos, onde há maior preservação dos sedimentos mais finos do sistema deposicional e das estruturas de bioturbação. Estes depósitos são, até certo ponto, semelhantes às franjas de lobos dos modelos clássicos de turbiditos.

A determinação do número de camadas não-reservatório, quantificadas por meio de testemunhos e perfis densidade/neutrão, mostrou que a freqüência destas camadas é maior nos depósitos de margem de lobos canalizados do que nos de eixo de lobos confinados, reforçando a idéia da maior deposição e/ou preservação de sedimentos finos nas margens dos lobos confinados.

O empilhamento destes depósitos forma pacotes de até 15m, como no caso do poço C (fig. 8b), onde estes depósitos são muito representativos. No poço A (figs. 6 e 7), os depósitos de margem ocorrem no Arenito Namorado IIa, com espessuras de 10m. A razão arenito/folhelho (70%) é relativamente mais baixa do que nos depósitos de eixos de lobos (90%).

A geometria externa se assemelha aos depósitos do tipo franjas, isto é, em lençol. Em perfis de densidade/neutrão, nota-se um padrão mais serrilhado, indicando maior alternância de tipos litológicos. Algumas vezes, o efeito de cimentação dificulta esta interpretação.

c) Depósitos Grosseiros Residuais - Tipo "depósitos lag"

São constituídos pela Fácies Conglomerado Infraformacional (Cgl), composta por fragmentos de folhelho e calcilutitos em uma matriz arenosa. Sua espessura é de cerca de 50cm (figs. 8c e 9).

Estes depósitos são raros, sendo observáveis apenas no poço A (figs. 6 e 7) e E. Representam os depósitos mais grosseiros trazidos pelas correntes de turbidez, análogos a deposição residual de lags conglomeráticos fluviais. Associam-se comumente com a Fácies Arenitos Conglomeráticos (Ac). A geometria externa destes depósitos é lenticular.

d) Evolução Sedimentar do Arenito Namorado

A Bacia de Campos apresentou, no Albiano Superior, uma fase de movimentação halocinética, resultante do progressivo basculamento da bacia, que ocasionou a formação de domos salinos, com falhas do tipo rollover associadas (Dias *et al.* 1990). Este processo modificou a

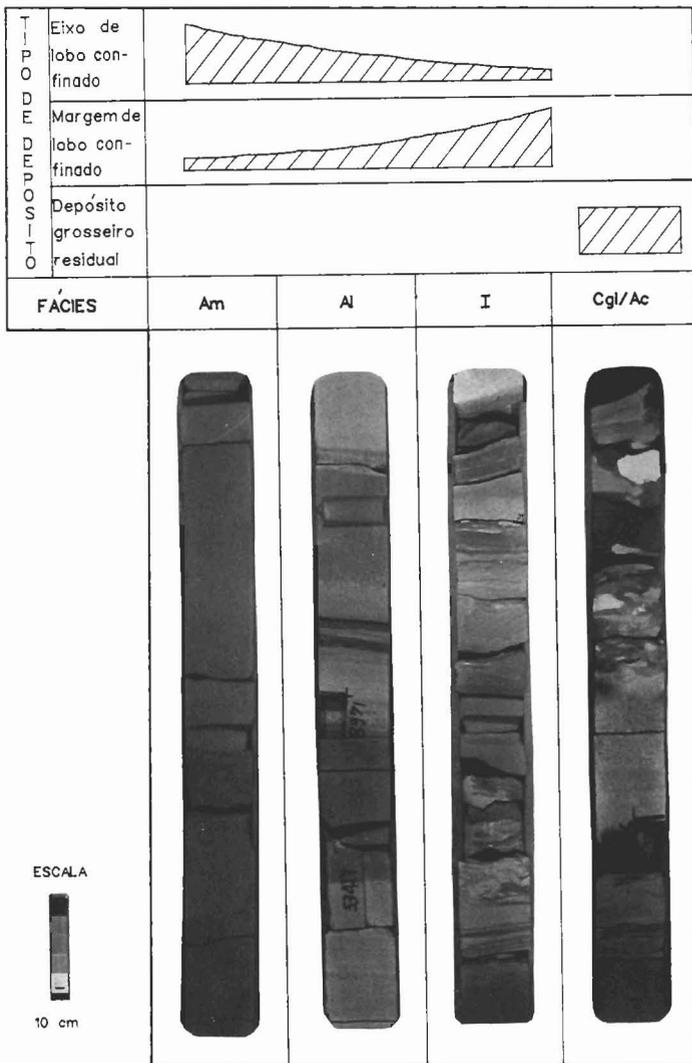


Fig. 9 - Distribuição das fácies por tipos de depósitos.
Fig. 9 - Facies distribution by types of deposits.

paleotopografia de fundo desta bacia, constituída na área, por calcários de água profunda da Formação Macaé. Nas calhas assim geradas encaixaram-se os primeiros arenitos turbidíticos, que constituem a base do Arenito Namorado no Campo de Albacora, (Arenito Namorado IIb), depositados provavelmente em um nível de mar baixo (Barros *et al.* 1982).

O acentuado adelgaçamento do Arenito Namorado IIb para Leste do campo e a sua ocorrência restrita deve-se ao condicionamento tectônico atuante nesta época.

Os níveis de calcilutitos observados neste intervalo marcam pausas no aporte de sedimentos clásticos. Com base nestes níveis, foram individualizados três grandes lobos confinados na região do poço A. Lateralmente, ocorrem os depósitos de margem de lobos confinados.

Posteriormente, implantou-se um sistema mais

confinado (Fácies Cgl), de distribuição bastante localizada, preferencialmente na região do poço A. Associado a este nível ocorre um diamictito arenoso (Dia 2), que pode representar o produto de deslizamentos do talude. Este diamictito, ainda que descontínuo espacialmente, pode marcar uma superfície de deposição contemporânea em toda a área, já que acima do mesmo é comum a presença de calcilutitos de até 50cm de espessura.

O Arenito Namorado IIa depositou-se a seguir, em uma época em que a paleotopografia de fundo da bacia já era mais plana, o que explica sua maior distribuição areal no campo.

O "Diamictito1", que separa o Arenito Namorado I do Arenito II, pode representar uma instabilização regional do talude da época, visto a sua boa continuidade lateral e características litofaciológicas, quais sejam, fragmentos de calcilutitos englobados por matriz argilosa.

O Arenito Namorado I apresenta espessura bastante reduzida e ocorrência restrita nos poços mais proximais. Este intervalo representa, portanto, os últimos fluxos turbidíticos importantes de areias no Albiano, durante nível de mar relativamente mais alto ao que existia durante a deposição da base do reservatório.

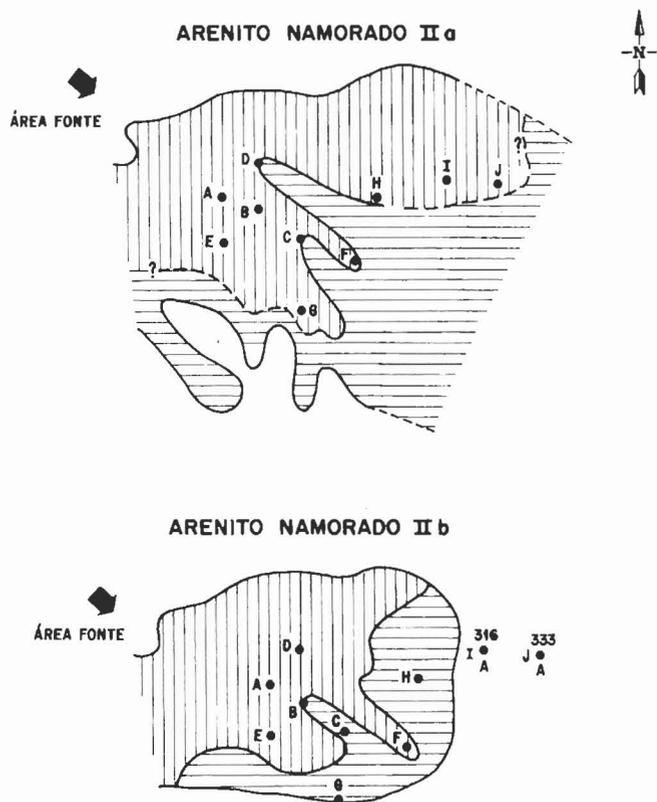


Fig. 10 - Mapa esquemático dos principais tipos de depósitos do Arenito Namorado no Campo de Albacora.

Fig. 10 - Schematic map of the main types of deposits of the Namorado Sandstone, Albacora Field.

5 - CONCLUSÕES

Foram reconhecidas sete fácies sedimentares nos Arenito Namorado do Campo de Albacora: Fácies Arenito Maciço (Am); Fácies Arenito Laminado (Al); Fácies Arenito Conglomerático (Ac); Fácies Conglomerado Intraformacional (Cgl); Fácies Interlaminada (I); Fácies Diamictito ("Dia") e Fácies Calcilito/Folhelho/Marga (CLU/(Clu/Fih/Mrg).

A marcante homogeneidade granulométrica (fração areia fina) em todo o Arenito Namorado, com espessura de até 120m, sugere que a área-fonte para este sistema deposicional já possuía bom selecionamento granulométrico, tal como sedimentos costeiros e de plataforma, amplamente retrabalhados.

O reservatório foi subdividido em quatro intervalos estratigráficos, não necessariamente contínuos, denominados, do topo para a base, de Arenito Namorado Zero, I, IIa e IIb, os quais estão separados principalmente por camadas de diamictitos.

O depocentro sedimentar do Arenito Namorado sempre esteve localizado na região central do campo, ficando delineado um eixo deposicional alongado no sentido NW/SE.

Com base na associação de fácies foram definidos três tipos de depósitos no Arenito Namorado, que fazem parte de um sistema deposicional turbidítico: a) depósitos de eixos de lobos confinados, b) depósitos de margem de lobos confinados, c) depósitos grosseiros residuais - tipo "depósitos de lag".

Os depósitos de eixos de lobos confinados são construídos a partir de uma deposição em canais rasos e efêmeros que se entrecortam, originando o amalgamento dos corpos de areia. A principal fácies destes depósitos é a Fácies Arenito Maciço (Am, possuindo razão arenito/folhelho muito alta, cerca de 90%. O padrão geométrico nos perfis de densidade/neutrão é o de "caixotes" de areia. A geometria externa destes depósitos é tabular, sendo que a área estimada de um lobo confinado, na região do poço A é de 6 km². Constituem aproximadamente 70% do volume total de rocha testemunhada e são os melhores reservatórios.

Os depósitos de margem de lobos confinados são constituídos predominantemente pela Fácies Interlaminada, formada por camadas delgadas de arenitos, intercaladas com a Fácies Clu/Fih/Mrg, sendo que as Fácies Am e Al também são comuns. A razão arenito/folhelho é de aproximadamente 70% e o padrão geométrico nos perfis de densidade/neutrão é serrilhado, devido à maior alternância de arenito com sedimentos finos. A geometria externa destes depósitos se assemelha aos depósitos do tipo lençol. Constituem cerca de 20% do volume total da rocha testemunhada. Representam o espraiamento distal e/ou lateral da deposição dos lobos confinados, onde a taxa de preservação de sedimentos finos é maior, relativamente à região de eixos de lobos confinados.

Os depósitos grosseiros residuais, tipo lag, representam a fração mais grosseira da base dos ciclos turbidíticos e são volumetricamente inexpressivos.

A Fácies Diamictito ("Dia 1" e "Dia 2") pode ser interpretada como produto de deslizamento de talude, resultado de um processo de instabilização regional, explicando assim sua ocorrência por quase todo o campo e podendo ser utilizado como marco estratigráfico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARROS, M. C. de, GUEIROS, E., APPI, C., DELLA FÁVERA, J.C., FREITAS, L.C. *Distribuição e modelo deposicional das areias albo-santonianas e Campo-Maestrichtianas da Bacia de Campos*. Rio de Janeiro: PETROBRAS. DEPEX. DIVIB. SECASU, 1982. 2v (Relatório interno).
- BJORKUM, P. A., WALDERHAUG, O. Lateral extent and continuity of calcite cemented layers in shallow marine sandstones. In: SEMINAR ON RECOVERY FROM THIM OIL ZONES, 1988, Stavanger: [Proceedings...] Stavanger: Norwegian Petroleum Directorate, 1988. 4p.
- BRUHN, C. H. L., MORAES, M. A. S. *Análise geométrica de reservatórios e mapeamento de heterogeneidades. Fase 1 - Turbiditos*. Rio de Janeiro: PETROBRAS. DEPEX. SEIDER, 1989. 159f (Relatório interno).
- CÂNDIDO, A. Desenvolvimento e estratégia de produção do Campo de Albacora. *Boletim de Geociências da PETROBRAS*, Rio de Janeiro, v.4, n.2, p.175-181, 1990.
- CÂNDIDO, A. The Marlin and Albacora giant fields, Campos Basin, Offshore Brasil. In: *GIANT oil and gas fields of the decade 1978-1988*. Tulsa: American Association of Petroleum Geologists, 1992. 526 p. p.123-135. (APPG Memoir, 54).
- CARMINATTI, M., DIAS, J. L., SEARTON, J. C. Aspecto da evolução tectono-sedimentar, a ocorrência de hidrocarbonetos e perspectivas exploratórias da Bacia de Campos. In: SEMINÁRIO SOBRE ORIGEM E EVOLUÇÃO DAS BACIAS SEDIMENTARES, 1988, Nova Friburgo. [Trabalhos técnicos...] Rio de Janeiro: PETROBRAS. SEDES, 1988. 1v. cap.21.
- DIAS, J. L., SCARTON, J.C., ESTEVES, F.R., CARMINATTI, M., GUARDADO, L.R. Aspectos da evolução tectono-sedimentar e a ocorrência de hidrocarbonetos na Bacia de Campos In: RAJA GABAGLIA, G., MILANI, E. (COORD.) *Origem e evolução de bacias sedimentares*. Rio de Janeiro: PETROBRAS. SEREC. CEN-SUD, 1991. 415 p., p.333-360.

- GUARDADO, L. R., GAMBOA, L. A. P., LUCCHESI, C. F. The petroleum geology of the Campos Basin, Brazil, a model for a producing Atlantic type Basin. In: *DIVERGENT, passive margin basins*. Tulsa: American Association of Petroleum Geologists, 1989. 252 p. p.3-79. (AAPG Memoir, 48).
- LOWE, D. R. Sediment gravity flows: II depositional models with special reference to the deposits of high density turbidity currents. *Journal of Sedimentary Petrology*, Tulsa, v.52, p.279-297, 1982.
- MARTINS, F. de A. L., SAD, A.R.E., SCARTON, J.C., OLIVEIRA, J.Q. de., MOREIRA, J.L.P. Mapeamento regional dos turbiditos da Bacia de Campos do Neo-Albiano ao Mioceno. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PETRÓLEO, 4., 1990, Rio de Janeiro. [*Trabalhos técnicos...*] Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Petróleo, 1990. 9 p.
- MIDDLETON, G. V. Experiments on density and turbidity currents III. *Canadian Journal Earth Science*, Ottawa, v.4, p.475-505, 1967.
- MUTTI, E. Turbidite systems and their relations to depositional sequences. In: ZUFF, Giangaspere (Ed.) *Provenance of arenites*. Dordrech: D. Reidel Publishing, 1985. 408 p. p.65-93
- MUTTI, E. Turbidites et cones sous-margins profonds. In: HOMEWOOD, P. (Ed.) *Sedimentation détritique (fluviale, littorale et marine)*. [s. l.]: Inst. Geol. Univ. de Fribourg, 1979. p.353-419.
- MUTTI, E. *Turbidite sandstones*. Parma: Instituto de Geologia Università di Parma, 1992. 275 p.
- PICKERING, K.T., HISCOTT, R. N., HEIN, F. J. *Deep marine environments: clastic sedimentation and tectonics*. London: V. Hyman, 1989. 416p.
- SOUZA, J. M. SCARTON, J.C., CÂNDIDO, A., SOUZA CRUZ, C.E., CORÁ, G.A.G. The Marlin and Albacora Fields: geophysical, geological, and reservoir aspects. In: OFFSHORE TECHNOLOGY CONFERENCE, 21., 1989, Houston, *Proceedings...* Houston: Offshore Technology Conference, 1989. v.1, p.109-118.
- WALKER, R. *Facies models: response to sea level change*. 3. ed. Newfoundland: Geological Association of Canada, 1992, 409 p.
- WALKER, R. *Turbidite and turbidite currents: introduction, facies, sequences and models*. [s. l.]: [s. n.], 1989. 160p.
- WEIMER, P. Sequence stratigraphy, facies geometries, and depositional history of the Mississippi Fan, Gulf of Mexico. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, Tulsa; v.74, p.425-453, 1990.
- WINTER, W. R. Estudo faciológico e características permoporosas do sistema turbidítico Namorado- Campo de Cherne, Macaé. Rio de Janeiro: PETROBRAS. DESUD. DINTER. SELAB, 1989. (Comunicação técnica DESUD. DINTER. SELAB 016/89).

EXPANDED ABSTRACT

This paper is concerned with the study of the Albian turbiditic sandstones of the Albacora Field, Namorado Sandstone, with the objective to geologically characterize the reservoirs of this field, and to establish its depositional model. Facies and facies association were described, and stratigraphic correlations were made using gamma ray and resistivity well logs. It was possible to subdivide the reservoir, from top to base, in four stratigraphic intervals: Namorado Sandstone Zero, Namorado Sandstone I, Namorado Sandstone IIa, and Namorado Sandstone IIb, separated by diamictite and calcilutite layers. A geological model for these units is also presented.

Using 457m of core from nine wells, seven sedimentary facies were individualized based mainly on grain size, sedimentary structures and vertical lithological association.

The Massive Sandstone Facies (Am) represents 67% of the total cored sections, and it is characterized by well sorted very fine/fine-grained sandstones, and subordinately by medium-grained sandstones. Although massive, it may show gradational bedding and fluidization features, and the average thickness of the beds is 1m. However, when the beds are amalgamated they may reach thicknesses up to 20m. The Laminated Sandstone Facies (Al) represents 3% of the total cored section, and it is represented by very fine/fine-grained sandstones, with parallel laminations and climbing ripple.

The Conglomeratic Sandstone Facies (Ac) has a restrict distribution, representing only 0.3% of the cored section, and it is formed by granitoid grains and pebbles, and bioclasts are abundant. This facies is typical of the base of the Am Facies packages, with an average thickness of 20cm.

The Intraformational Conglomerate - Facies (Cgl), represents 0.2% of the cored section, and it is formed by shale, marls, and calcilutite fragments scattered in a sandy matrix. The maximum thickness of this facies is 50cm.

The Interlaminated Facies (I) represents 17% of the cored rocks, and it is represented by thin layers of very fine/fine-grained sandstones which may be massive or laminated, usually they are bioturbated, intercalated with marls, calcilutites and shales.

The Diamicite Facies (Dia) represents 4.5% of the cored section, and it is represented by sandstone, calcilutite and shale fragments in sandy-argillaceous matrix (Dia 1) and argillaceous-sandy matrix (Dia 2).

The Calcilutite, Shale and Marl Facies represents 8% of the cored rocks, and it is represented by an association of lithologies (Clu, Flh, Mrg), with great continuity in the Albacora Field, representing a basin deposition.

The reservoir thickness varies from 25m to 125m. The Namorado IIb Sandstone is fitted in the paleotopography, while the Namorado IIa Sandstone is more widely distributed in the field, and both grow thin to east/southeast. The Sandstones Zero and I are found in more restricted areas than Sandstones IIa and IIb.

Based on the facies association and stratigraphic correlation, three types of deposits were identified:

a) Deposits of the axis of confined lobes

They are composed by the Facies Am, and they were generated by the amalgamation of several superimposed sandy flows. The individual lobes make up packages up

to 20m thick, where the sandstone/shale ratio is 90%. Their external geometry is tabular, and the pattern of the density/neutron well-logs is of sand "boxes". The estimated area of the lobes, in the central portion of the field, is of 6km² and they make up the best reservoirs.

b) Deposits of the margin of confined lobes

They are composed mainly by the Facies I, and they are present in the lateral and/or distal portions of the lobes, representing the distal extension of deposition of the confined lobes, where the finest of the fine-grained sediments is preserved. They may be 15m thick. The sandstone/shale ratio is 70%, and the geometric pattern in density/neutron well-logs shows intercalation of sand and shale. The sheet-like external geometry is typical of these deposits.

c) Residual coarse-grained deposits (lag gravel type deposits)

They are rare, composed by Facies Cgl, with a maximum thickness of 50cm, representing the most coarse-grained fraction transported by the turbidity currents.

The remarkable grain homogeneity along the Namorado Sandstone, essentially composed by fine sand fraction, suggests that the source of these deposits was already well sorted, as well as the coastal sediments and the terrigenous platform sediments that were widely reworked.

Isopach and facies maps, besides general data collected in the basin, indicate that the source-area was located preferentially to the NW. Maps of distribution of the axis and the margin of confined lobes deposits, clearly suggest a NW/SE depositional axis, and the sedimentary depocenter of the Namorado Sandstone, probably has always been located in the central portion of the field.