

DISTRIBUIÇÃO DOS ARENITOS NA BACIA DE TAUBATÉ – SP

Alexandre Campana VIDAL ¹, Flávio Luis FERNANDES ², CHANG Hung Kiang ³

(1) Departamento de Geologia e Recursos Naturais, Instituto de Geociências, UNICAMP. Rua Pandiá Calógeras, 51. CEP 13083-970. Campinas, SP. Endereço eletrônico: vidal@ige.unicamp.br. (2) LEBAC, Instituto de Geociências e Ciência Exatas, UNESP/Campus de Rio Claro. Avenida 24-A, 1515. CEP 13506-900. Rio Claro, SP. Endereço eletrônico: flaviofl@rc.unesp.br.

(3) Departamento de Geologia Aplicada, Instituto de Geociências e Ciência Exatas/UNESP, Campus de Rio Claro. Avenida 24-A, 1515. CEP 13506-900. Rio Claro, SP. Endereço eletrônico: chang@rc.unesp.br.

Introdução
Geologia
Metodologia e Resultados Obtidos
Discussão
Conclusões
Referências Bibliográficas

RESUMO – A Bacia de Taubaté é caracterizada pela heterogeneidade geológica, herança da tectônica do tipo rifte, que dividiu a bacia em compartimentos e condicionou a sedimentação, constituída por depósitos de leques aluviais associados à planície aluvial e sedimentos lacustres do tipo *playa-lake*. A distribuição dos arenitos na bacia foi estudada com a interpolação 3D da fácies arenito, identificada através das informações dos perfis de poços. A interpolação não apenas distingue, em subsuperfície, os depósitos relacionados às formações Resende e Tremembé, como também constata zonalidades locais nos compartimentos. Ao relacionar as feições estruturais do rifte com a interpolação realizada para os arenitos, foi possível inferir a distribuição dos arenitos entre três grupos. O primeiro grupo relacionado à fase rifte, o segundo a um evento de transição bem representado no Compartimento São José dos Campos e o terceiro grupo aos sedimentos depositados durante o Neógeno até o Recente.

Palavras-chaves: Bacia de Taubaté, fácies arenito, bacia rifte, eventos.

ABSTRACT – *A.C. Vidal, F.L. Fernandes, Chang, H.K. - Study of sandstones distribution in the Taubaté Basin.* The Taubaté Basin is characterized by geologic heterogeneity resulted from rift tectonics, which divided the basin into compartments and influenced the sedimentation, constituted by alluvial fans associated to alluvial plain and lacustrine deposits of *playa-lake* type. Sandstone distribution in the basin was studied using 3D interpolation of sandstones facies, identified in selected log wells. The interpolation distinguished deposits in subsurface related to the Resende and Tremembé formations, as local zones in the compartments. Comparative analysis of rift structures and sandstone interpolation was able to deduce the sandstone distribution in three groups. The first group is related to the rift period, the second to a transitional event, well represented in São José dos Campos Compartment, and the third one to sediments deposited during Neogene and Quaternary period.

Keywords: Taubaté Basin, sandstone facies, rift basin, events.

INTRODUÇÃO

A Bacia de Taubaté está localizada no Planalto Atlântico, posicionada entre as serras do Mar e Mantiqueira, apresentando forma alongada com cerca de 170 km de comprimento, largura média de 25 km e espessura máxima aproximada de sedimentos de 850 m. Situada no principal eixo de ligação entre os centros urbanos de São Paulo e Rio de Janeiro, esta bacia apresenta grande número de poços tubulares perfurados para captação de água subterrânea destinados ao abastecimento público (Figura 1).

A bacia apresenta seu arcabouço tectônico subdividido em três compartimentos, com geometria típica de bacias do tipo rifte (Fernandes & Chang, 2003). O preenchimento sedimentar é caracterizado pela formação de depósitos de leques aluviais e de planície aluvial e lacustre de idade paleogênica e por depósitos fluvial meandrante, aluvial e coluvial do Neógeno até o Quaternário (Riccomini, 1989).

A compreensão dos sistemas deposicionais implantados na bacia e, em particular, da distribuição dos arenitos, é de fundamental importância para definir a distribuição de rochas reservatórios e inferir os fatores que influenciam nesta distribuição, além de auxiliar nas estratégias de exploração dos recursos minerais disponíveis na bacia (DAEE, 1977; Saad, 1990; Campanha, 1994).

Em bacias rifte, a localização de arenitos associados a leques aluviais apresenta grande potencial para atuar como registro da tectônica durante a evolução da bacia (Gawthorpe & Colella, 1990; Gawthorpe & Leeder, 2000).

Nas últimas décadas, a Bacia de Taubaté tem sido alvo de grande número de trabalhos enfatizando a estratigrafia e sedimentologia (Suguio, 1969; Hasui & Ponçano, 1978; Vespucci, 1984; Riccomini, 1989; entre outros), porém, grande parte destes trabalhos foi



FIGURA 1. Mapa da Bacia de Taubaté e localização dos poços utilizados no trabalho. Localidades: JA - Jacareí, SJC - São José dos Campos, CP - Caçapava, TB - Taubaté, TR - Tremembé, PI - Pindamonhangaba, RO - Roseira, AP - Aparecida do Norte, GU - Guaratinguetá, LO - Lorena, CZ - Cruzeiro.

calçada na análise de informações de superfície.

Trabalhos realizados com informações de subsuperfície foram apresentados por Marques (1990) e Fernandes (1993) que, através da sísmica de reflexão, forneceram novas informações sobre o arcabouço da bacia e inferências sobre a variação litológica por meio da identificação de fácies sísmicas.

Visando fornecer novos dados para auxiliar na compreensão geológica da Bacia de Taubaté, buscou-se estudar, neste trabalho, a distribuição dos arenitos e avaliar os principais fatores condicionantes destes corpos em subsuperfície, tendo por base informações provenientes de perfis geofísicos e descrições litológicas de poços tubulares.

GEOLOGIA

A Bacia de Taubaté faz parte de um conjunto de bacias pertencentes ao Rift Continental do Sudeste do Brasil – RCSB – (Riccomini, 1989), relacionada à tectônica distensiva de idade terciária. Esta bacia assenta-se sobre rochas ígneas e metamórficas do Cinturão de Dobramentos Ribeira, datadas desde o Paleoproterozóico até o Neoproterozóico (Hasui & Ponçano, 1978).

A forma alongada da bacia está condicionada por descontinuidades antigas de direção geral ENE do embasamento, as quais favoreceram uma tectônica ressurgente. O arcabouço da bacia é formado por semigrábens separados por zonas de transferência ou de acomodação, com depocentros invertidos e leques aluviais associados às falhas de borda, em típica

geometria de bacia do tipo rifte.

O delineamento do contorno do topo estrutural do embasamento e a definição dos altos estruturais foram analisados por vários autores (DAEE, 1977; Hasui & Ponçano, 1978; Marques, 1990). Fernandes & Chang (2003), baseados em dados gravimétricos, definem dois altos estruturais ou zonas de transferência que provocaram a formação de três compartimentos.

As zonas de transferências, representadas pelos altos de Caçapava e de Pindamonhangaba, subdividiram a bacia nos compartimentos: (a) São José dos Campos, posicionado a oeste do alto de Caçapava; (b) Taubaté, posicionado entre os altos de Caçapava e Pindamonhangaba; (c) Compartimento Aparecida, a leste do alto de Pindamonhangaba (Figura 2A).

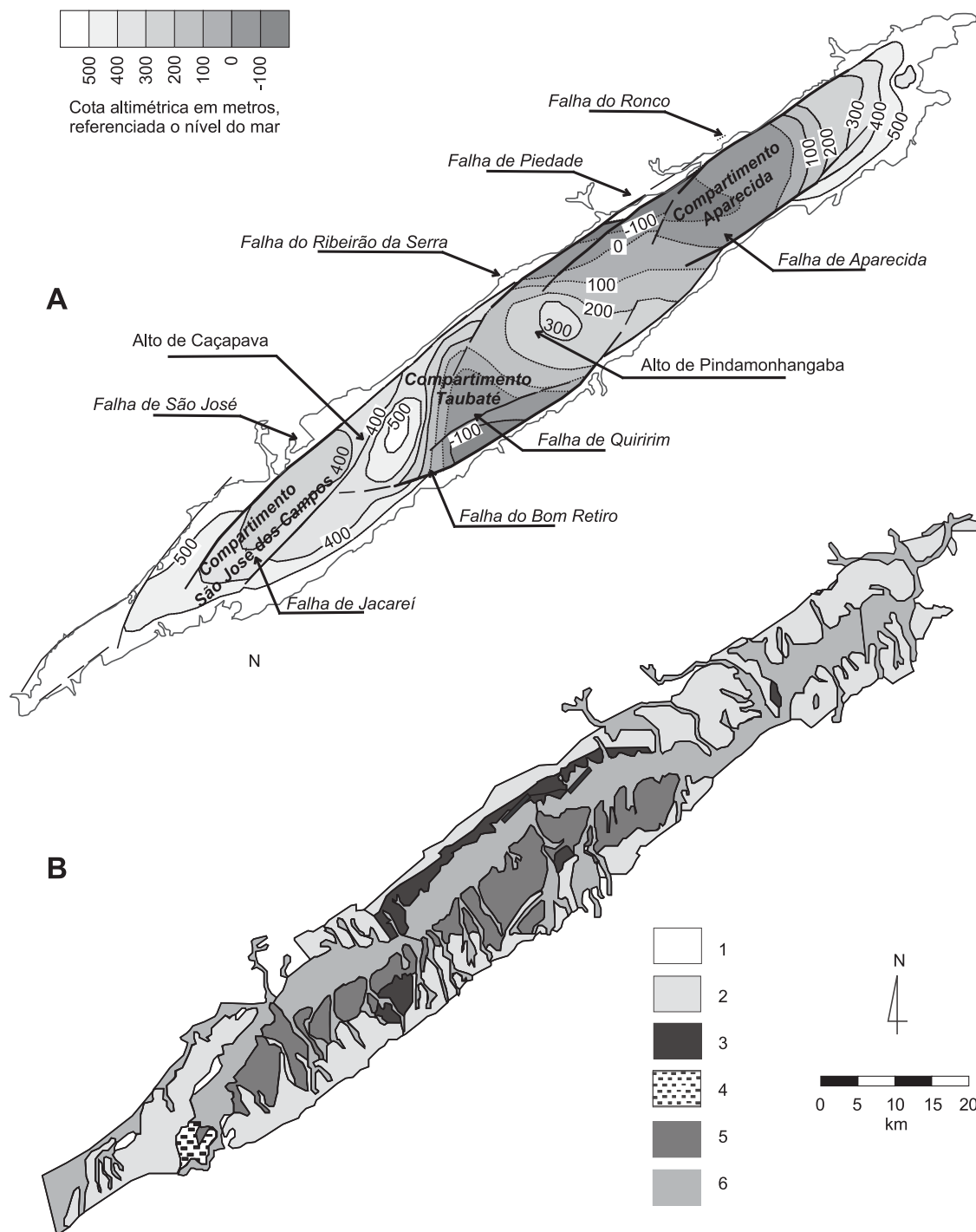


FIGURA 2. (A) Mapa do arcabouço estrutural da Bacia de Taubaté (adaptado de Fernandes & Chang, 2003). (B) Mapa geológico esquemático da Bacia de Taubaté. (1) rochas do embasamento; (2) Formação Resende; (3) Formação Tremembé; (4) Formação São Paulo; (5) Formação Pindamonhangaba; (6) sedimentos quaternários (adaptado de Riccomini, 1989).

Em grande número de trabalhos desenvolvidos na bacia, o pacote sedimentar foi subdividido em duas formações, a Formação Caçapava (Carneiro et al., 1976) associada a depósitos fluviais e a Formação Tremembé (Almeida, 1958), referente aos pelitos lacustres.

Com a evolução no conhecimento da bacia, surgiram novas propostas estratigráficas (Riccomini,

1989; Campanha, 1994). Segundo Riccomini (1989), o preenchimento da bacia pode ser dividido em duas fases: a primeira, sintectônica ao rifte, com a deposição dos sedimentos do Grupo Taubaté; e a segunda, posterior à tectônica diastrófica, com a deposição da Formação Pindamonhangaba e depósitos aluviais e coluviais (Figura 3).

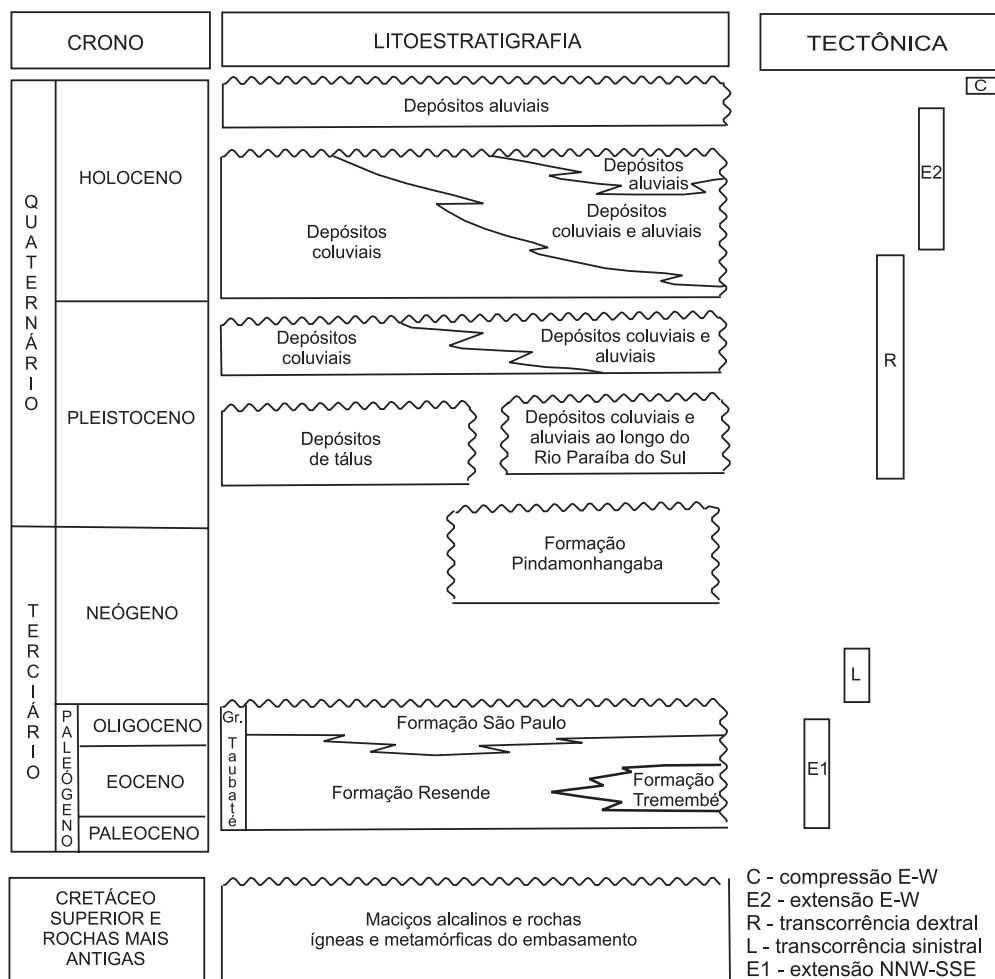


FIGURA 3. Quadro litoestratigráfico e evolução tectono-sedimentar do RCSB. Ilustração adaptada de Riccomini (1989), Salvador (1994) e Mancini (1995).

Depositado durante o Paleógeno (Eoterciário), o Grupo Taubaté é subdividido nas formações Resende, Tremembé e São Paulo.

A Formação Resende é constituída por um sistema de leques aluviais associados à planície fluvial de rios entrelaçados. As fácies proximais são compostas por conglomerados polimíticos, interdigitados com arenitos e lamitos arenosos de leques aluviais, oriundos de corridas de lama. Nas porções distais predominam os sedimentos formados em ambiente de planície aluvial, que correspondem a arenitos intercalados com lamitos.

A Formação Tremembé interdigita-se lateral e

verticalmente com os depósitos da Formação Resende, constituindo-se na unidade mais significativa da porção central da bacia. Esta formação, depositada em ambiente lacustre do tipo *playa-lake* (Riccomini, 1989), é composta por: argilitos verde maciços; dolomitos tabulares; ritmitos formados pela alternância de folhelhos e margas; arenitos com estratificação cruzada sigmoidal e granodecrescência de areia média até silte; e arenitos grossos, arcoseanos.

A Formação São Paulo compreende um sistema fluvial meandrante, sendo as principais fácies sedimentares compostas por arenitos grossos, conglomeráticos,

com abundante estratificação cruzada, siltitos e argilitos laminados e arenitos médios e grossos gradando para sedimentos mais finos. Na Bacia de Taubaté, a ocorrência desta formação está restrita à porção sudoeste.

Sobrepostos em discordância ao Grupo Taubaté, ocorrem os sedimentos da Formação Pindamonhangaba. Depositada no Neoterciário, esta formação corresponde aos depósitos de sistema fluvial meandrante, bem desenvolvidos na porção central da Bacia de Taubaté (região entre São José dos Campos e Pindamonhangaba), aflorante numa faixa alongada situada ao sul do Rio Paraíba do Sul.

METODOLOGIA E RESULTADOS OBTIDOS

O trabalho foi desenvolvido com a utilização das informações dos poços tubulares profundos, perfurados para captação de água subterrânea. Ao todo foram selecionados 304 poços, que apresentaram as informações necessárias para o estudo, tais como coordenadas, profundidade, cota do terreno e, principalmente, descrições litológicas detalhadas, sendo 139 poços acompanhados de perfis geofísicos.

A distribuição dos poços não é regular na bacia, o maior número ocorre na região oeste, área que inclui os municípios de Jacareí, São José dos Campos e Caçapava e, a nordeste, região referente aos municípios de Lorena e Guaratinguetá. A maior densidade de poços está condicionada à ocorrência dos sedimentos da Formação Resende, ao contrário do que ocorre na Formação Tremembé.

A utilização das descrições litológicas baseadas nas amostras de calha encontra problemas devido à imprecisão das informações sobre as profundidades destas amostras, além da incoerência na interpretação dos diversos litotipos, principalmente para os sedimentos de menor granulometria.

Com o intuito de minimizar tal imprecisão das informações, a análise foi baseada apenas na porcentagem do tipo faciológico arenito para intervalos de 10 m. Os demais litotipos descritos foram agrupados na fácies não-reservatório, representadas principalmente por lamitos, folhelhos, siltitos e argilitos.

Quanto às ocorrências de rochas cristalinas do embasamento, descritas nas bordas e nos altos estruturais da bacia, estas não foram agrupadas na fácies não-reservatório, sendo utilizadas para limitar a interpolação dos dados.

A partir desta base de dados, foram calculadas as porcentagens de arenitos para 54 intervalos de 10 m, sendo os limites destes intervalos posicionados entre as cotas altimétricas de 160 e 700 m, referenciadas ao nível do mar.

Por fim, ocorrem os sedimentos aluviais e coluviais quaternários posicionados ao longo das drenagens principais dos rios da região. A Figura 2B ilustra a distribuição em superfície das unidades litoestratigráficas descritas.

Quanto à participação em volume dos depósitos de cada formação, pode-se considerar a maior parte dos sedimentos pertencentes às formações Resende e Tremembé, uma vez que a Formação São Paulo é de ocorrência restrita e a Formação Pindamonhangaba e depósitos quaternários, embora de ampla distribuição espacial, apresentam pouca espessura.

As coordenadas dos poços e dos mapas, do topo do embasamento e do limite da bacia em superfície foram rotacionadas 35° no sentido horário, de forma a otimizar a interpolação e a manipulação dos dados, diminuindo o número de células inativas no *grid*.

A interpolação em três dimensões foi realizada utilizando o método do inverso do quadrado da distância (IQD), com malha definida de 60x20x54, totalizando 64.800 blocos. A dimensão de cada bloco é de 2,58 km, 1 km e 10 m, iniciando o eixo vertical na altitude de 160 m em relação ao nível do mar.

Após a interpolação, os dados foram filtrados com relação ao contorno do topo do embasamento e da superfície da bacia. Com isso, o número de blocos ativos passou a ser de 16.993, totalizando volume estimado de 438 km³. As células inativas, inseridas na bacia, não foram estimadas por estarem além do alcance de interpolação entre os poços, em áreas com ausência de dados. Para a apresentação dos resultados foram confeccionados mapas e perfis (Figuras 4 e 5).

As interpolações realizadas para as altitudes inferiores a 310 m, e também para as superiores a 620 m, apresentaram distribuições pontuais e, por isso, não foram representadas nos mapas e seções.

Apesar das limitações da interpolação e da escala de pesquisa, pode-se verificar a boa representatividade da análise para a região oeste, área referente ao Compartimento São José dos Campos e Alto de Caçapava. Neste caso, a profundidade do topo do embasamento não ultrapassa 400 m e a densidade de informações é elevada.

As áreas do Compartimento Taubaté e Alto de Pindamonhangaba apresentam boa distribuição dos poços, porém são regiões em que o topo do embasamento está a elevada profundidade. O Compartimento Aparecida é o mais prejudicado para análise, pois além de apresentar grande espessura sedimentar, a maioria dos poços está posicionada ao longo de estreita faixa da borda sul e no extremo leste da bacia (Figura 1).

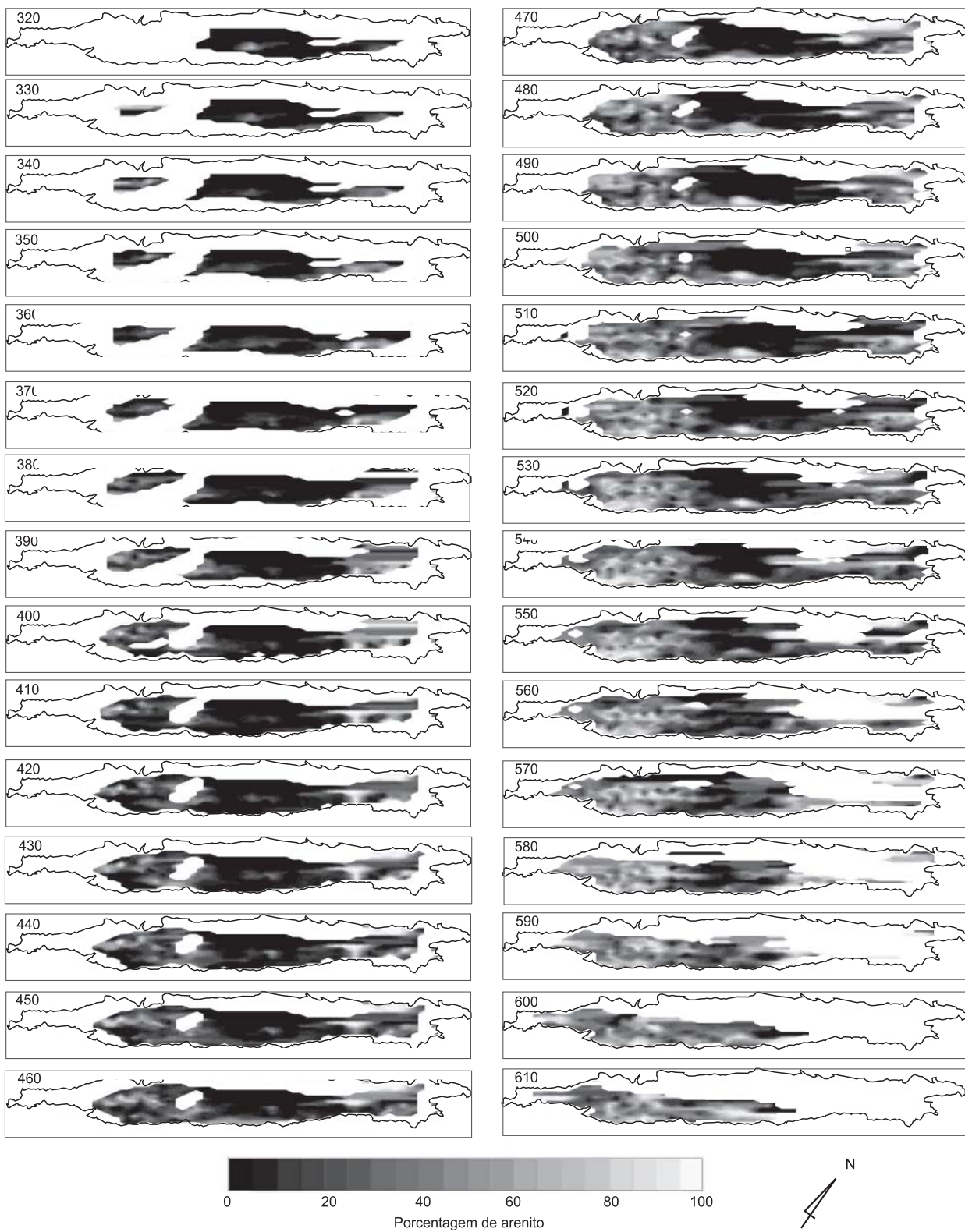


FIGURA 4. Mapas referentes à superfície de algumas altitudes definidas na interpolação, representadas no canto superior esquerdo de cada mapa. As células inativas estão representadas em branco.

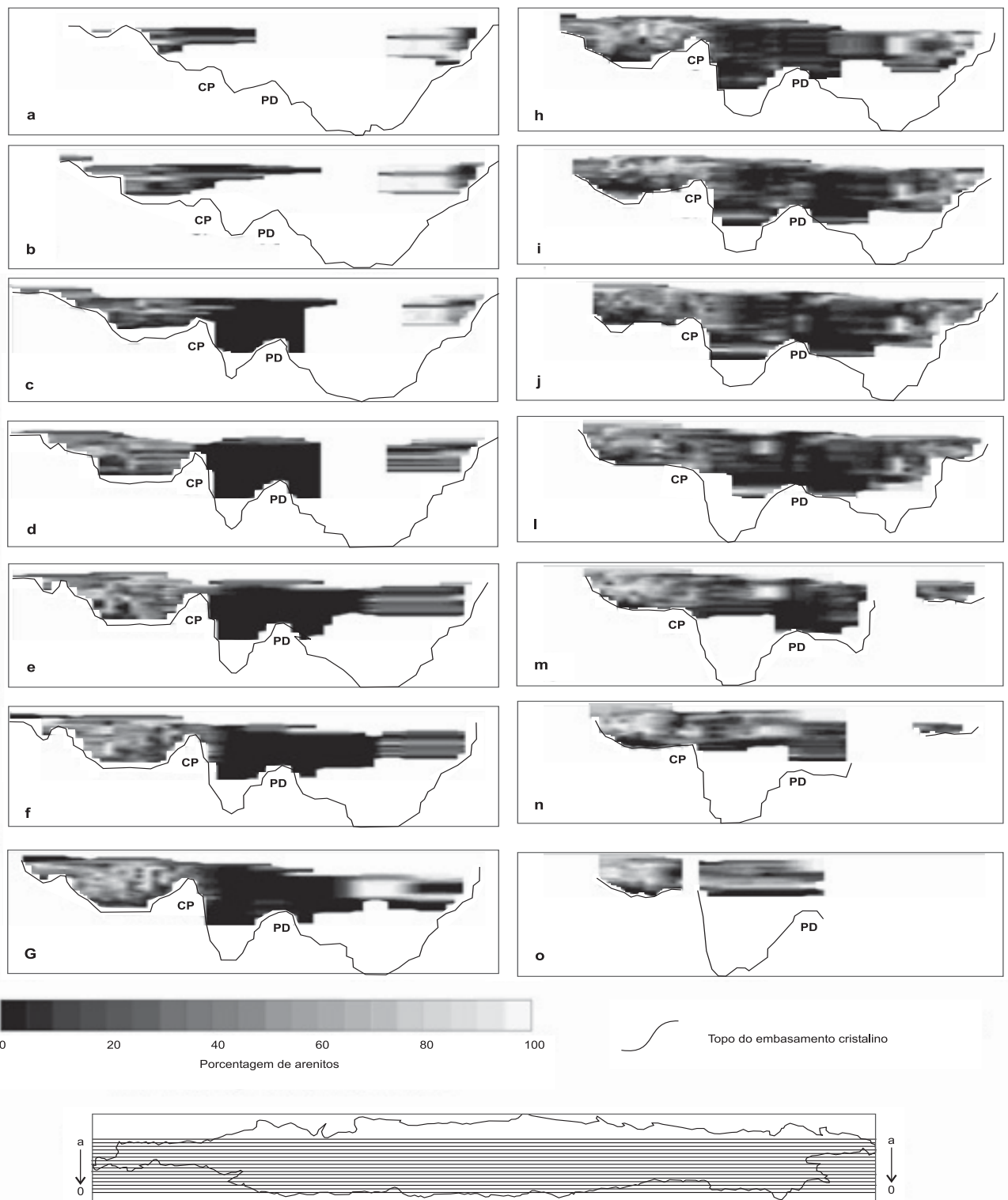


FIGURA 5. Seções E-W da Bacia de Taubaté indicando a porcentagem de arenito e contorno do embasamento estrutural, CP = Alto de Caçapava e PD = Alto de Pindamonhangaba. Nestas seções, é possível observar o volume não estimado para a bacia, representado em branco.

Como esperado, as figuras geradas ilustram o marcante zoneamento da bacia do ponto de vista do predomínio de arenitos. Assim, as regiões a oeste do Alto de Caçapava e extremo leste da bacia, apresentam predomínio de arenitos, enquanto na região central, a participação de arenitos é baixa, devido à ocorrência de depósitos lacustres da Formação Tremembé.

Arenitos ocorrem também nas bordas da bacia e como corpos isolados nas regiões onde predominam os sedimentos lacustres próximos aos altos estruturais.

Ao observar as regiões de predomínio da rocha-reservatório nota-se que, mesmo nestas regiões, ocorrem diferenciações quanto a concentração de arenitos, principalmente quando se avalia os resultados das interpolações obtidas próximas à superfície em relação aos resultados das porções basais.

Como descrito anteriormente, o preenchimento da bacia ocorreu associado a diferentes eventos tectônicos, sendo a deposição durante a fase extensional inicial a responsável por grande parte dos depósitos presentes na bacia.

A distribuição dos leques aluviais e, conseqüentemente, dos principais corpos arenosos em bacias rifte são diretamente influenciadas pela tectônica (Gawthorpe & Leeder, 2000). Visando avaliar a relação entre as principais feições estruturais relacionadas ao rifte com a distribuição de arenitos, foi realizada análise comparativa entre estes dois atributos.

Para as informações sobre as feições estruturais do rifte, foi interpolado um mapa com valor de 1 próximo às principais falhas e altos estruturais, representados no mapa estrutural (Figura 2A), e zero para a região central de cada compartimento da bacia. A distribuição dos arenitos foi definida para os blocos com porcentagens de arenitos superiores a 50%, considerando-se nulos aqueles que apresentaram porcentagens inferiores a este valor.

Esta análise foi realizada apenas para a região a oeste do Alto de Pindamonhangaba, uma vez que a leste deste alto há significativa ausência de informações na borda norte, junto às falhas de Ribeirão da Serra e de Piedade, região referente ao depocentro do Compartimento Aparecida.

A comparação foi realizada através do somatório do quadrado das diferenças dividido pelo número de blocos utilizados na comparação, distribuição de arenitos e mapa estrutural. Com isso, foi possível obter os valores do somatório das diferenças para cada cota altimétrica, que foram plotados na forma gráfica através do somatório das diferenças *versus* cota altimétrica (Figura 6).

Este gráfico mostra a alta correlação ($r^2 = 0,82$) entre o aumento das diferenças estimadas com a

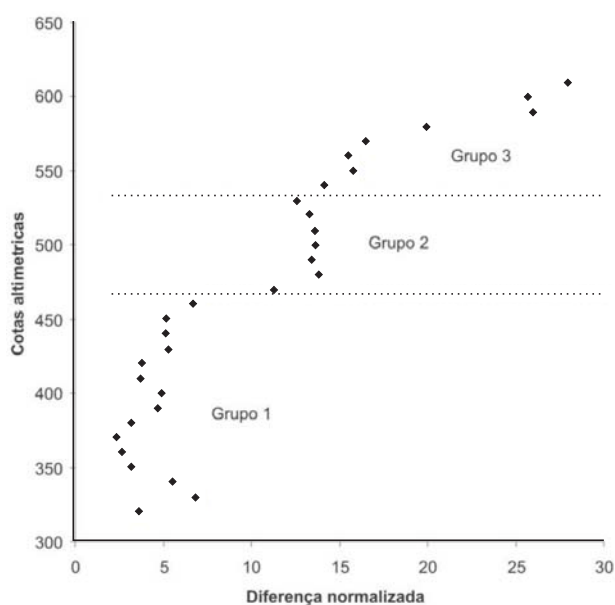


FIGURA 6. Somatório das diferenças entre o mapa estrutural relacionado ao rifte e a distribuição das células dos *grids* com concentrações superiores a 50% de arenitos.

elevação da cota altimétrica dos mapas de distribuição de arenitos.

Baseado no padrão de distribuição dos valores do somatório das diferenças para cada cota altimétrica pode-se inferir a divisão dos dados em três grupos. O primeiro agrupamento refere-se aos valores de diferenças obtidas entre os *grids* posicionados no intervalo de 310 a 460, neste caso as diferenças calculadas são sempre inferiores a 10. O segundo agrupamento está representado pelos *grids* posicionados entre as cotas altimétricas de 470 e 530 m. Para este grupo, os valores das diferenças apresentam pouca variação, entre 13 e 14. O terceiro grupo é o que contém os maiores valores das diferenças, com contínuo aumento dos valores em direção à superfície.

Os blocos com porcentagem de arenitos acima de 50% foram interpolados conforme os três grupos definidos (Figura 7). A divisão mostra a clara relação entre a distribuição de arenitos e as principais feições estruturais do rifte para as interpolações inseridas no grupo 1, na porção oeste da bacia. Para a distribuição do grupo 2, ocorre a maior presença de arenitos, principalmente no Compartimento São José dos Campos. Na porção central da bacia ainda persiste a predominância de sedimentos finos, e com isso a ausência de arenitos. Por fim, o grupo 3 se destaca pela maior distribuição em área de arenitos, sem qualquer relação observável com os falhamentos presentes no mapa estrutural.

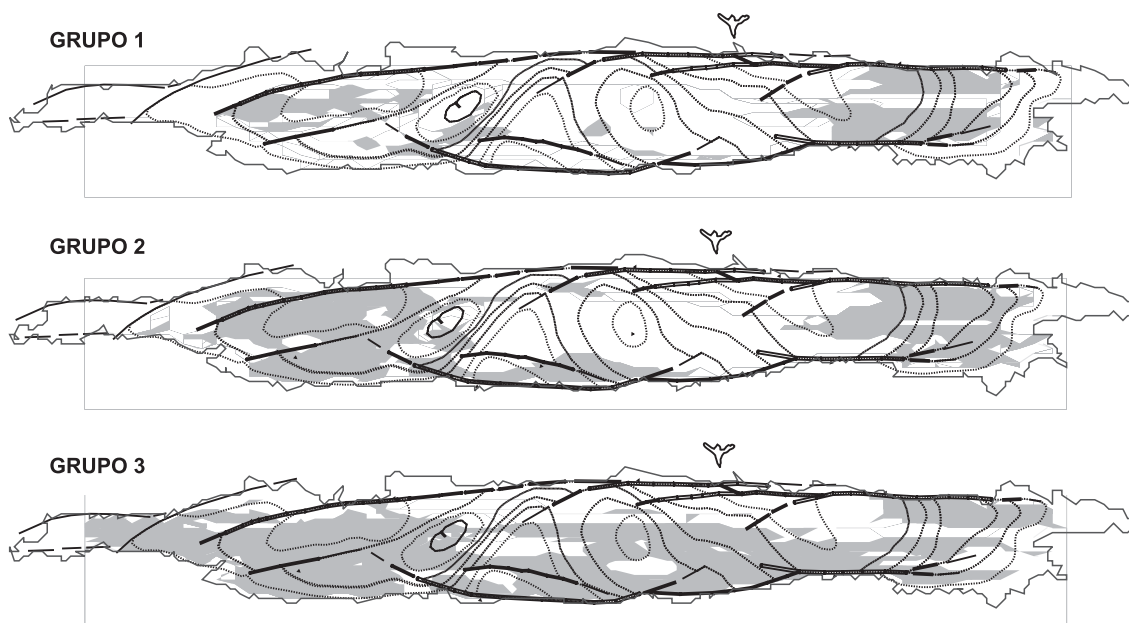


FIGURA 7. Interpolações dos três grupos definidos na análise de correlação das feições estruturais da bacia com a distribuição de arenitos. Em cinza estão representadas as interpolações das células do *grid* com porcentagens acima de 50% de arenitos. As linhas tracejadas no interior da bacia correspondem ao topo do embasamento cristalino na bacia.

DISCUSSÃO

Bacias com estruturação do tipo rifte são compostas por semigrábens assimétricos separados por zonas de transferência onde a polaridade das falhas é reversa. Durante a formação destes grábens ocorre a subsidência criando, com isso, depocentros e fonte de sedimentos para a formação de leques aluviais tanto nas bordas das principais falhas, como na zona de flexura da borda oposta (Leeder, 1995).

O sistema deposicional de leques aluviais é afetado por tectonismo sin-sedimentar, onde as falhas de borda e a subsidência flexural criam fonte de sedimentos e depocentros. A subsidência assimétrica associada com o desenvolvimento de semigráben afeta a forma externa e a relação estratigráfica entre sucessivas seqüências de leques. A escala vertical do deslocamento da falha é caracterizada pela alternância de períodos de atividade tectônica e quiescentes, influenciando na estratigrafia dos depósitos formados por leques aluviais (Gawthorpe & Colella, 1990).

A localização dos leques aluviais está relacionada à topografia e batimetria, os quais, por outro lado, controlam a localização dos depocentros, os pontos de entrada de sedimentos e o potencial de produção do sedimento. Gawthorpe & Colella (1990) definem locais para a ocorrência de leques aluviais: associados aos principais falhamentos de borda; derivados da borda flexural; leque axial associado à zona de transferência; e leques associados a falhamentos intrabaciniais.

Os principais corpos de arenitos nos sedimentos do Grupo Taubaté estão relacionados aos leques aluviais da Formação Resende, enquanto os arenitos depositados durante o Neógeno até o recente correspondem aos sedimentos da Formação Pindamonhanga e depósitos quaternários (Riccomini, 1989).

Dentro dos limites da interpolação realizada neste trabalho, foi possível relacionar a distribuição dos arenitos aos leques aluviais associados à estruturação rifte, para as estimativas realizadas nas menores cotas altimétricas, intervalos referentes ao grupo 1.

A estimativa relacionada ao grupo 1 apresenta concentração de corpos arenosos posicionados junto à Falha de São José na região do Alto de Caçapava, ao longo de toda a borda sul da região de Taubaté junto à Falha do Bom Retiro, e em grande área no extremo NE do Compartimento de Aparecida.

A relação com as feições estruturais é nítida quando observado o alinhamento da ocorrência dos corpos de arenitos junto à falha de São José e Bom Retiro. Nota-se a distribuição destes corpos por quase todo o prolongamento destas falhas. O mesmo ocorre em relação ao Alto de Caçapava, onde os depósitos ricos em arenitos se distribuem acompanhando o alinhamento deste alto (Figura 7).

Esta distribuição dos arenitos do grupo 1 é compatível com a esperada para os arenitos associados a leques aluviais em bacias rifte, onde as falhas de

borda da bacia e os altos internos geram condições para a deposição dos leques e a decorrente ausência de arenitos no centro da bacia e na região referente à borda flexural.

A pequena freqüência de arenitos associados ao Alto de Pindamonhangaba está certamente relacionada à posição mais profunda deste alto na bacia, fora de grande parte da estimativa realizada.

Com relação ao extremo leste da bacia, há a ocorrência de extensa área com predomínio de arenitos e que se prolonga praticamente até a superfície. Como observado, através das seções (Figura 5), estes arenitos estão posicionados sobre o embasamento com elevada inclinação, o que pode sugerir aporte não apenas das bordas sul e norte, mas também de sentido leste-oeste. Entretanto, qualquer análise do Compartimento Aparecida fica muito prejudicada devido à ausência de dados e por conter o maior volume não estimado na bacia.

A boa correlação dos sedimentos do grupo 1 com a estruturação do rifte pode auxiliar na previsão de ocorrência das fácies sedimentares das porções não estimadas neste trabalho. Na região referente ao Compartimento Taubaté, pode-se inferir o prolongamento dos leques aluviais até a base da Falha do Bom Retiro e, no Compartimento de Aparecida, junto às falhas de Ribeirão da Serra, Piedade e do Ronco.

Com relação ao intervalo referente às estimativas do grupo 2 (entre 470 e 530 m), observa-se relativa constância na distribuição dos arenitos para as regiões do Compartimento Taubaté e Aparecida. No Compartimento Taubaté há maior ocorrência de arenitos na borda sul e próximo à borda flexural.

Significativa mudança ocorre para a região do Compartimento São José dos Campos, onde há a distribuição de arenitos em grande área do compartimento, inclusive na região central. Certamente, as feições estruturais do rifte, utilizadas para a análise comparativa, exercem menor influência na distribuição destes arenitos. Os mapas e seções apresentam claramente o aumento na porcentagem de arenitos para a porção do *grid* referente a este intervalo.

Este grupo pode caracterizar uma zonalidade no pacote sedimentar do Compartimento São José dos Campos, com a distribuição de arenitos posicionados apenas próximos a feições estruturais relacionados ao grupo 1 e intervalo superior com distribuição de arenitos por todo o compartimento, referente ao grupo 2 (Figura 5h, i, j).

Dentro da escala de investigação utilizada, e com base no tipo de informação obtida neste trabalho, torna-se difícil inferir quais os fatores controladores da distribuição destes arenitos no Compartimento São José dos Campos.

As interpolações referentes ao grupo 3 ilustram a distribuição de arenitos por grande extensão em área. Estes arenitos passam a ocorrer na região central da bacia, em áreas onde os estratos inferiores apresentam o predomínio de sedimentos finos. Estes corpos estão relacionados aos sedimentos da Formação Resende, posicionados na borda da bacia, e aos depósitos da Formação Pindamonhangaba, encontrados na região central.

Os depósitos relacionados à Formação Pindamonhangaba não apresentam condicionamento com a tectônica extensional referente à estruturação rifte (Riccomini, 1989; Mancini, 1995). Estes corpos correspondem a depósitos de sistema fluvial meandrante separável do Grupo Taubaté pela existência de discordância angular.

As espessuras encontradas para os arenitos do centro da bacia são semelhantes às descritas por Riccomini et al. (1991), que definem a geometria destes arenitos como extensos corpos planares com espessura máxima de 30 m. Na interpolação realizada, os corpos relacionados à Formação Pindamonhangaba podem ser identificados apenas na porção central da bacia, quando recobrem os sedimentos finos da Formação Tremembé (Figura 5e, f, g, h).

Além das informações de aplicação direta para o melhor conhecimento da estratigrafia da bacia, os resultados apresentados ajudam a entender as zonalidades hidroquímicas e hidrológicas presentes na bacia (DAEE, 1977; Teissedre & Mariano, 1978; Vidal & Chang, 2002). A compreensão da variabilidade geológica em subsuperfície é de grande importância para o gerenciamento do aquífero como para o entendimento das condições de fluxo regional.

Deve-se ressaltar a simplicidade e a característica regional da análise comparativa entre a distribuição de arenitos e as feições estruturais da bacia. Como exemplo, mapas estruturais de bacias com estruturação rifte, como a bacia do Recôncavo e Suez, ilustram a complexidade no arranjo estrutural e quanto ao número de falhas (Figueiredo et al., 1994; Schutz, 1994).

A análise realizada utilizou apenas a comparação com as feições estruturais; no entanto, a presença e forma dos leques aluviais não está restrita ao fator estrutural, mas por variações eustáticas do nível de base (Gawthorpe & Colella, 1990).

Os resultados apresentados devem ser analisados tendo em mente as limitações impostas pela base de dados e pelo método de interpolação utilizado. Certamente, a incorporação de novas informações de poços e mudanças no método de estimativa poderão gerar modificações nos resultados obtidos. Além disso, alguns problemas na estimativa podem estar ligados às simplificações impostas pelo modelo utilizado, tais

como a análise baseada apenas nas fácies arenito e não-reservatório e o cálculo das porcentagens realizado em intervalos de 10 m, mascarando variações de arenitos inferiores a esta espessura.

A adoção de método de interpolação IQD deve-se à decisão de utilizar um método de interpolação único para toda a bacia. A incorporação de modelos variográficos para a estimativa da distribuição de arenitos implicaria identificação genética dos diversos corpos de arenitos. Por exemplo, arenitos de turbiditos lacustres, leques aluviais e de depósitos fluviais meandrantas apresentam corpos com geometrias distintas.

A análise da distribuição dos arenitos em 3D, embora de forma parcial, é o primeiro passo para a utilização de técnicas geoestatísticas mais apuradas. A compreensão do padrão de distribuição litológica em subsuperfície implicará melhor definição dos métodos de interpolação.

Os resultados apresentados correspondem à distribuição das porcentagens de arenitos, na escala de alcance dos poços, definindo as principais zonas encontradas na bacia com relação a esta fácies. Análise da estratigrafia e distribuição dos diversos litotipos encontra-se em fase de preparação (Fernandes et al., em preparação).

CONCLUSÕES

A interpolação realizada para a porcentagem de arenitos, com base em dados de poços, possibilitou visualizar o predomínio de arenitos nas bordas e extremo leste e oeste da bacia, refletindo as regiões de ocorrência dos sedimentos das formações Resende e Tremembé, em subsuperfície.

A análise comparativa, realizada em relação à porcentagem de arenitos e às feições estruturais da fase rifte, permitiu a divisão do intervalo estimado em

três grupos. O grupo 1 refere-se à estimativa dos intervalos mais profundos com estreita relação com a estruturação do rifte. O grupo 3, referente a estimativa da porção superior, está relacionado em grande parte aos sedimentos da Formação Pindamonhangaba. O grupo 2, posicionado entre os grupos descritos anteriormente, é melhor caracterizado pelo aumento na participação de arenitos no Compartimento São José dos Campos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALMEIDA, F.F.M. Vale do Paraíba. In: Relatório Anual do Diretor da Divisão de Mineralogia e Geologia. Rio de Janeiro, Departamento Nacional da Produção Mineral, **Boletim**, 1958, n. 241, 36 p.
2. CAMPANHA, V.A. **A arquitetura deposicional da Bacia Sedimentar de Taubaté, SP, como subsídio à delimitação das zonas de produção mineral**. Rio Claro, 1994. v. 1, 193 p. e v. 2, 91 p. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto Geociências e Ciência Exatas, Universidade Estadual Paulista.
3. CARNEIRO, C.D.R.; HASUI, Y.; GIANCURSI, F.D. Estrutura da Bacia de Taubaté na região de São José dos Campos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 29, 1976, Ouro Preto. **Anais...** Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Geologia, 1976, v. 4, p. 247-256.
4. DAEE - DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. **Estudo de águas subterrâneas da Região Administrativa 3 (São José dos Campos e Faixa Litorânea), SP**. São Paulo, DAEE, 1977, 175 p.
5. FERNANDES, F.L. **Arcabouço estrutural e evolução da Bacia de Taubaté - SP**. Ouro Preto, 1993. 147 p. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto.
6. FERNANDES, F.L. & CHANG, H.K. Arcabouço estrutural da Bacia de Taubaté. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS, 9, 2003, Búzios. **Boletim de Resumos...** Búzios: Sociedade Brasileira de Geologia, 2003, p. 367-370.
7. FIGUEIREDO, A.M.F.; BRAGA, J.A.E.; ZABALAGA, J.C.; OLIVEIRA, J.J.; AGUIAR, G.A.; SILVA, O.B.; MATO, L.F.; DANIEL, L.M.F.; MAGNAVITA, L.P.; BRUHN, C.H.L. Recôncavo Basin, Brazil: A prolific intracontinental rift basin. In: LANDON, S.M (Editor), **Interior rift basins**. Tulsa: American Association of Petroleum Geologist Memoir, 1994, n. 59, p. 157-203.
8. GAWTHORPE, R.L. & COLELLA, A. Tectonic controls on coarse-grained delta depositional systems in rift basins. In: COLELLA, A. & PRIOR, D.B. (Editors), **Coarse-Grained deltas**, International Association of Sedimentologists, Special Publication, 1990, v. 10, p. 113-127.
9. GAWTHORPE, R.L. & LEEDER, M.R. Tectono-sedimentary evolution of active extensional basins. **Basin Research**, v. 12, p. 195-218, 2000.
10. HASUI, Y. & PONÇANO, W.L. Organização estrutural e evolução da Bacia de Taubaté. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30, 1978, Recife. **Anais...** Recife: Sociedade Brasileira de Geologia, 1978, v. 1, p. 368-381.
11. LEEDER, M.R. Continental rifts and proto-oceanic rift troughs. In: BUSBY, C.J & INGERSOLL, R.V. (Editors), **Tectonics of sedimentary basins**, Blackwell Science, 1995, p. 119-148.
12. MANCINI, F. **Estratigrafia e aspectos da tectônica deformadora da Formação Pindamonhangaba, Bacia de Taubaté, SP**. São Paulo, 1995. 107 p. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo.
13. MARQUES, A. Evolução tectono-sedimentar e perspectivas exploratórias da Bacia de Taubaté, SP, Brasil. **Boletim de Geociências da Petrobrás**, v. 4, n. 3, p. 253-262, 1990.

14. RICCOMINI, C. **O Rift Continental do Sudeste do Brasil**. São Paulo, 1989. 256 p. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
15. RICCOMINI, C.; COIMBRA, A.M.; SUGUIO, K.; MIHÁLY, P.; MATURANA, E.C. Nova unidade litoestratigráfica cenozóica da Bacia de Taubaté, SP: Formação Pindamonhangaba. **Boletim de Resumos Expandidos do IG/USP**, v. 9, p. 141-149, 1991.
16. SAAD, A.R. **Potencial econômico da Bacia de Taubaté (Cenozóico do Estado de São Paulo) nas regiões de Jacareí, Taubaté, Tremembé e Pindamonhangaba**. Rio Claro, 1990. 173 p. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.
17. SALVADOR, E.D. **Análise da neotectônica da região do Vale do Rio Paraíba do Sul compreendida entre Cruzeiro (SP) e Itatiaia (RJ)**. São Paulo, 1994. 129 p. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo.
18. SCHUTZ, K.I. Structure and stratigraphy of the Gulf of Suez, Egypt. In: LANDON, S.M (Editor), **Interior rift basins**, Tulsa, American Association of Petroleum Geologist Memoir, 1994, n. 59, p. 57-96.
19. SUGUIO, K. **Contribuição à geologia da Bacia de Taubaté, Vale do Paraíba – Estado de São Paulo**. São Paulo, 1969. 106 p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo.
20. TEISSEDRE, J.M. & MARIANO, I.B. Possibilidades hidrológicas da Bacia de Taubaté. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 6, p. 3003-3011, 1978.
21. VESPUCCI, J.B.O. **Sistemas deposicionais e evolução tectono-sedimentar da Bacia de Taubaté – SP**. São Paulo, 1984. 98 p. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geologia, Universidade São Paulo.
22. VIDAL, A.C. & CHANG, H.K. Caracterização hidroquímica dos aquíferos da Bacia de Taubaté. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 32, n. 2, p. 267-276, 2002.