

Dayvison Carlos de Campos Carvalho

**CARACTERIZAÇÃO PETROGRÁFICA DE UMA SUCESSÃO ESTRATIGRÁFICA
QUARTERNÁRIA NO DELTA DO RIO PARÍBA DO SUL**

Trabalho de Conclusão de Curso
(Bacharelado em Geologia)

**UFRJ
Rio de Janeiro
2009**



UFRJ

Dayvison Carlos de Campos Carvalho

**CARACTERIZAÇÃO PETROGRÁFICA DE UMA SUCESSÃO ESTRATIGRÁFICA
QUATERNÁRIA NO DELTA DO RIO PARÍBA DO SUL**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Geologia do Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, apresentado como requisito necessário para obtenção do grau de Bacharel em Geologia.

Orientador:

Leonardo Borghi

Rio de Janeiro

Janeiro 2009

Dayvison, Carlos de Campos Carvalho

Título: Caracterização petrográfica de uma sucessão estratigráfica no delta do rio Paraíba do Sul / Dayvison Carlos de Campos Carvalho - - Rio de Janeiro: UFRJ / IGeo, 2009.

xx, 32 p. : il.; 30cm

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geologia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Departamento de Geologia, ano.

Orientador: Leonardo Borghi

1. Geologia. 2. Setor da Graduação – Trabalho de Conclusão de Curso. I. Leonardo, Borghi UFRJ. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências,

Dayvison Carlos de Campos Carvalho

CARACTERIZAÇÃO PETROGRÁFICA DE UMA SUCESSÃO ESTRATIGRÁFICA NO
QUATERNÁRIA NO DELTA DO RIO PARÍBA DO SUL

Trabalho de Conclusão de Curso de
Graduação em Geologia do Instituto de
Geociências, Universidade Federal do Rio
de Janeiro – UFRJ, apresentado como
requisito necessário para obtenção do grau
de Bacharel em Geologia.

Orientador:

Leonardo Borghi

Aprovada em: 11 de Fevereiro de 2009

Por:

Orientador: Doutor Leonardo Borghi (UFRJ)

Doutor Carlos Jorge Abreu(UFRJ)

Doutor Renato Rodrigues Cabral Ramos (MN/UFRJ)

Dedico este aos meus pais Delson e Elenir por terem dado sempre o incentivo e a oportunidade de estudar e a minha irmã Danielli.

Agradecimentos

A minha família: A minha Mãe e ao meu Pai por terem me ensinado todos os bons princípios da vida, pelo apoio e ensino que sempre me deram e a minha irmã por todo apoio.

A Angeli Marques por dedicar sua atenção e incentivo.

Aos meus parentes que sempre me apoiaram e ajudaram nesta caminhada, a família do geólogo Igor Neves, pela amizade e pelo apoio em momentos importantes.

Ao amigo e orientador Leonardo Borghi, pela sua amizade, dedicação, orientação e pelo aprendizado fornecido ao longo destes anos.

Ao professor Carlos Jorge Abreu, pela amizade, aprendizado e por ter fornecido o material de estudo através do projeto FINEP / CPETRO/UFRJ nº 65.2000.0038.00, intitulado “Análise integrada do sistema área fonte, by-pass, zona de acumulação do sistema turbidítico Almirante Câmara, Recente, bacia de Campos.

Ao professor Renato Rodrigues Cabral Ramos pelo aprendizado e por aceitar o convite para avaliar este trabalho

Aos professores Júlio César Mendes e Isabel Ludka, por ter cedido o microscópio para elaboração deste trabalho.

A geóloga Juliana Iemine pela colaboração na parte do programa estatístico usado neste trabalho.

Ao amigo e professor Cláudio Limeira Mello, pela orientação acadêmica e de vida ao longo destes cinco anos.

A Professora Roberta Ramalho, pela amizade e incentivo inicial.

Aos amigos do Lagesed, pela amizade, convivência e aprendizado.

A Turma de Geologia 2004 pelos amigos feitos e pelos bons momentos vividos.

Ao departamento de Geologia da UFRJ.

A Todos que me ajudaram de forma direta e indireta me incentivando em todos os momentos, na busca do meu progresso, eu digo muito obrigado.

Resumo

Carvalho, Dayvison. **Caracterização petrográfica de uma sucessão estratigráfica quaternária no delta do rio Paraíba do Sul no estado do Rio de Janeiro** 2009. xx, 31 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geologia) – Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

A área do atual delta do rio Paraíba do Sul pode ser considerada uma área de estacionamento de sedimentos provenientes de uma ampla região do SE do Brasil, em trânsito para a bacia de Campos, na margem continental Leste. Assim, o estudo petroográfico da sucessão estratigráfica neocenozóica nesse delta fornece importantes informações a respeito da qualidade de areias turbidíticas acumuladas em águas profundas nessa bacia (sítio final de acumulação), do ponto de vista de reservatórios petrolíferos. Assim, o presente estudo busca caracterizar, em termos de petrofácies, amostras de areia (18 amostras) em um intervalo estratigráfico de um testemunho obtido em sondagem terrestre nesse delta além de utilizar petrozonas correlacionáveis a um perfil de Raio Gama interpretada por Bitencourt (2006) (projeto CTPETRO "CANYON", UFRJ/ FINEP/ Petrobras). Na caracterização petrográfica, identificam-se todos os seus constituintes, básicos (Q_{mo}, Q_{mr}, Q_p, P, K, LS, LI, LM etc.) ou acessórios (minerais pesados), bioclastos além da matriz e parâmetros texturais (seleção e arredondamento/ angulosidade), pela contagem de 300 pontos em lâmina delgada. Os dados são trabalhados pela análise de agrupamento (modos Q e R), para a definição das petrofácies (modo Q) e possíveis áreas/rochas-fonte (modo R). Desse modo o trabalho colabora com o entendimento para a evolução do delta do Rio Paraíba do Sul caracterizando fontes graníticas e gnaissicas na sua construção.

Palavras-chave: Quaternário; Delta do Paraíba do Sul; Petrofácies.

Abstract

Carvalho, Dayvison. **Petrographic Characterization of the stratigraphic quaternary succession in the Paraíba of South Delta, state of Rio de Janeiro.** 2009. xx, 31 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geologia) – Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

The current area of study in the delta of the Paraíba do Sul river can be considered an area of parking of sediments with great source in south-eastern Brazil, in traffic to the Campos Basin, on Brazilian eastern coast. Thus the petrographic study of stratigraphic Cenozoic succession provides information about the quality of turbidites sands accumulated in deep water (end site of accumulation), in the vision of petroliferous reservoir. This study intends to characterize, in terms of petrofacies, eighteen samples of sands, in the stratigraphic interval at the core obtained over a terrestrial hole Driller besides correlate petrozones in a Gamma Ray profile interpreted by Bitencourt (2006) (project CTPetro "CANYON", UFRJ/ Finep/ Petrobras). In the petrographic characterization, all basic grains (Q_{mo}, Q_{mr}, Q_p, P, K, LS, LI, LM) and accessory grains (heavy minerals), including bioclastic material were indentified, not to mention matriz and textural analysis (sorting, roundness and unroundness) have been identified through the calculation of 300 points on thin blade. The data was processed through a grouping analysis (way Q and R) to petrofacies definition (way Q) and possible source rocks (Way R). Thus, this work contributes for understanding in the construction this delta, through of the characterization of two sources granite and gnaiss.

Key-Words: Quaternary; Paraíba of South Delta; Petrofácies

Lista de figuras

- Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo e vias de acesso. [p.3]
- Figura 2 - Domínio tectono-magmáticos do Estado do Rio de Janeiro, potenciais áreas-fonte para os sedimentos do delta do rio Paraíba do Sul. (Fonte: CPRM, 2001) [p.6]
- Figura 3 - Parâmetros texturais das amostras analisadas em lâmina delgada, distribuídos por profundidade. [p.9]
- Figura 4 - Distribuição textural dos sedimentos do delta do Paraíba do Sul, plotados no diagrama de Folk (1974). Observar a variação textural no campo das areias, areias argilosas e argilas. [p.12]
- Figura 5 – Distribuição composicional das areias, plotados no diagrama de Folk (1974), observar que as amostras distribuem-se nos campos de subarcósio e quartzarenito. [p.16]
- Figura 6 - Dendograma I - Modo R. Relacionado aos valores de moda, mineralogia, e profundidade. Observe IV grupos identificados os quais são interpretados como petrofácies (P I a P IV). [p.18]
- Figura 7 - Dendrograma 2, modo R, relação entre os minerais. Observe dois grupos identificados que correspondem as rochas fontes interpretadas. [p.19]
- Figura 8 - Petrofácies 1 – Observar a alta porcentagem de quartzo, matriz argilosa presença de bioclastos e moda predominante de areia fina. Profundidade 32,9m nicol cruzado, aumento 2,5x. [p. 19]
- Figura 9. Petrofácies 2 – Observar a variação da moda das areias e o domínio de quartzo monocristalino. Profundidade 40,3m nicol cruzado, aumento 10x. [p.20]
- Figura 10 – Petrofácies 3 - Areia média a grossa com predominância de microclina, Qp e Qm. Profundidade 105m, nicol cruzado, aumento 2,5x. [p.21]
- Figura 11. Petrofácies 4 – Maior proporção de quartzo policristalino em relação às amostras anteriores e granulometria média a grossa. Profundidade 118,8m, nicol cruzado, aumento 2,5x. [p.21]
- Figura 12 – Distribuição composicional das areias plotadas no diagrama de Dickinson (1985), indicando o predomínio de petrofácies de interior cratônico. [p.23]
- Figura 13 - Petrofácies I. Profundidade 36,05m, nicol cruzado, aumento 2,5x. [p.29]

Lista de figuras

Figura 14 - Petrofácies II. Profundidade 58m nicol cruzado, aumento 2,5x. [p.29]

Figura 15 - Petrofácies III, profundidade 54,3m, nicol cruzado. Aumento 2,5x. [p.30]

Figura 16 - Petrofácies III, profundidade 78,5m, nicol cruzado. Aumento 10x. [p.30]

Figura 17 - Petrofácies IV, profundidade 66,3m, nicol cruzado. Aumento 2,5x. [p.31]

Figura 18 - Petrofácies IV, profundidade 74,7m, nicol cruzado. Aumento 2,5x. [p.31]

Lista de tabelas

Tabela 1 - Valores de mineralogia [p.10]

Tabela 2 - Valores de granulometria e parâmetros estatísticos. [13]

Lista de Quadros

Quadro 1- Síntese das petrofácies e sua proveniência. [p.17]

Quadro 2 - Síntese das petrofácies, proveniência e petrozonas. [p.28]

Sumário

Agradecimentos	vi
Resumo	vii
<i>Abstract</i>	viii
Lista de figuras.....	ix
Lista de figuras.....	x
Lista de tabelas.....	xi
Lista de Quadros.....	xii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 MATERIAL E MÉTODO.....	3
3 CONTEXTO GEOLÓGICO.....	6
4. CARACTERÍSTICAS TEXTURAIS.....	9
4.1 Seleção.....	9
4.2 Granulometria.....	9
4.3 Angulosidade e circularidade	11
4.4 Trama	11
5 CARACTERÍSTICAS COMPOSICIONAIS.....	13
6 CARACTERIZAÇÃO DA FONTE.....	17
6.1 Petrofácies.....	18
6.2 Proveniência.....	24
7 DISCUSSÃO.....	27
8 CONCLUSÕES.....	32
Anexo A- Parâmetros estatísticos de análise granulométrica	
Anexo B - Modelos de evolução da planície costeira do delta do rio Paraíba do Sul	
Apêndice A - Estampas de ilustração das lâminas petrográficas	

1 INTRODUÇÃO

Na petrologia sedimentar o estudo da proveniência (do francês *provenir*) refere-se ao reconhecimento da área fonte de sedimentos. Assim, o estudo petrográfico de sedimentos e rochas sedimentares através de lâmina delgada revela muito sobre a sua história desde a rocha-fonte até aspectos fisiográficos da área fonte, incluindo o transporte. Desta forma é fonte de informação tanto para a caracterização da qualidade de rochas reservatório, quanto para a compreensão diagenética dos processos, (i.e., porosidade secundária por dissolução, matriz secundária, compactação e cimentação.)

Os ambientes flúvio-deltaicos são de grande importância como área de estacionamento de sedimentos e área fonte secundária para a plataforma, e por conseguinte para a região de águas profundas onde se acumulam por processos gravitacionais como turbiditos. Estes depósitos são de vital importância para o cenário de exploração de petróleo no Brasil, principalmente na bacia de Campos onde contribuem com aproximadamente 80% das reservas brasileiras (Bruhn,1998).

O complexo deltaico do rio Paraíba do Sul vem sendo observado desde os estudos de Lamago (1955, *apud* Bitencourt 2006) cujo autor reconheceu quatro fases de progradação deltaica. Desde então diversos estudos sedimentológicos de superfície (Martin *et al.*, 1984) (Anexo A, quadro 1) e geomorfológico (Bitencourt 2006) foram elaborados discutindo-se aspectos da evolução paleoambiental ao longo de sua história quaternária.

Bitencourt (2006) elaborou o primeiro estudo sobre uma sucessão estratigráfica nesse delta pela análise de eletrofácies, através de perfis geofísicos em um furo de sondagem.

As amostras estudadas visam uma correlação com o trabalho de Bitencourt (2006). No qual utilizou eletrosequências associadas a um perfil de raio gama para identificação de diferentes ambientes deposicionais.

O presente estudo objetiva complementar o estudo de Bitencourt (2006) pela caracterização petrográfica de amostras de sedimentos discutindo petrofácies, petrozonas, possíveis fontes sedimentares e suas características (relevo e clima), incluindo os fatores texturais, além dos processos pós-deposicionais que podem influenciar na composição das amostras.

Com isso, este trabalho busca dentro do contexto de compreensão e evolução do complexo deltaico do rio Paraíba do Sul uma correlação com uma das eletrosequências de Bitencourt (2006) através da caracterização petrográfica.

Na realização do trabalho foram analisadas 18 lâminas petrográficas de amostras de sedimento obtidas em um testemunho no intervalo da profundidade (32,5m até 118m), do poço canyon I, próximo à região de Lagoa Feia (coordenadas: 7573378,88/ 278961,84 UTM, WGS, 1984) sondado pelo projeto FINEP/CPETRO/UFRJ.

Este testemunho alcançou a profundidade de 200 metros, atravessando toda a sucessão estratigráfica holocênica do delta e registrando, na sua maior parte, depósitos arenosos do Pleistoceno. O testemunho foi descrito através de perfil estratigráfico na escala de 1:40, o qual serviu de base para a amostragem. O testemunho apresenta baixa recuperação (~75%) em função do material ser inconsolidado (Bitencourt 2006).

O intervalo da análise petrográfica no presente estudo foi escolhido com base na interpretação de eletrofácies, e caracterização de uma eletrossequências de Bitencourt (2006) representada pelo raio gama como ambientes lagunares e cordões arenosos.

A confecção das lâminas foi realizada com volume de aproximadamente 40 gramas de sedimento utilizando-se somente a fração areia fina e média presente nas amostras arenosas 74,7m e 101,10m, para análise granulométrica por tamização. As amostras areno-lamosas são originalmente inderformadas do testemunho. Isso permite a comparação dos resultados entre as diversas amostras, eliminando-se o problema do controle textural sobre a composição (*q.v.* Basu, 1985), o que ainda permite classificar petrofácies em diagramas QmFL de Dickinson (1985). Como estudos análogos ao presente, pode-se citar o de Savage *et al.* (1988) para a Baixada de Jacarepaguá em escala local, e o de Potter (1986, 1994) em escala regional, para a costa atlântica e pacífica da América do Sul.

O trabalho baseou-se na contagem de 300 pontos em lâmina delgada. Para cada ponto inclui composição e textura. Nesta parte do trabalho foi utilizado o microscópio Carl Zeiss AXIOPLAN 40, e posteriormente a planilha Excel para o cálculo dos dados de granulometria, composição, média, moda e desvio padrão. Após esta etapa os dados de composição e moda

foram tratados com a utilização do *Software* Statistica, para a análise de agrupamento modo Q e modo R, no qual consiste em uma técnica classificatória multivariada utilizada para identificar as similaridades entre indivíduos ou casos (modo Q) e entre variáveis ou descritores (modo R). O objetivo desta técnica é organizar as informações disponíveis sobre as variáveis ou casos de modo a reuni-los em grupos discretos e relativamente homogêneos (baixa variação intra-grupos), assim como distinguir heterogeneidade ou descontinuidades entre eles (alta variação inter-grupos).

Neste estudo foi possível obter 4 grupos distintos (Modo Q) (Dendograma I), relacionado aos valores de moda, mineralogia, e profundidade. O modo R (Dendograma II), foi relacionado aos valores percentuais entre os minerais, agrupando amostras por grau de semelhança entre variáveis e indivíduos. Assim o modo R determina área fonte, enquanto o modo Q petrofácies. Além destes os dados de granulometria e composição foram plotados em diagramas triangulares de Folk (1974), e por fim no diagrama de petrofácies de Dickinson (1985).

Outra etapa abordada no trabalho é a caracterização de petrozonas com o auxílio de um perfil de raio gama utilizado por Bitencourt (2006), usado na modelagem de eletrofácies e caracterização de eletrossequências na planície quaternária do rio Paraíba do Sul.

3 CONTEXTO GEOLÓGICO

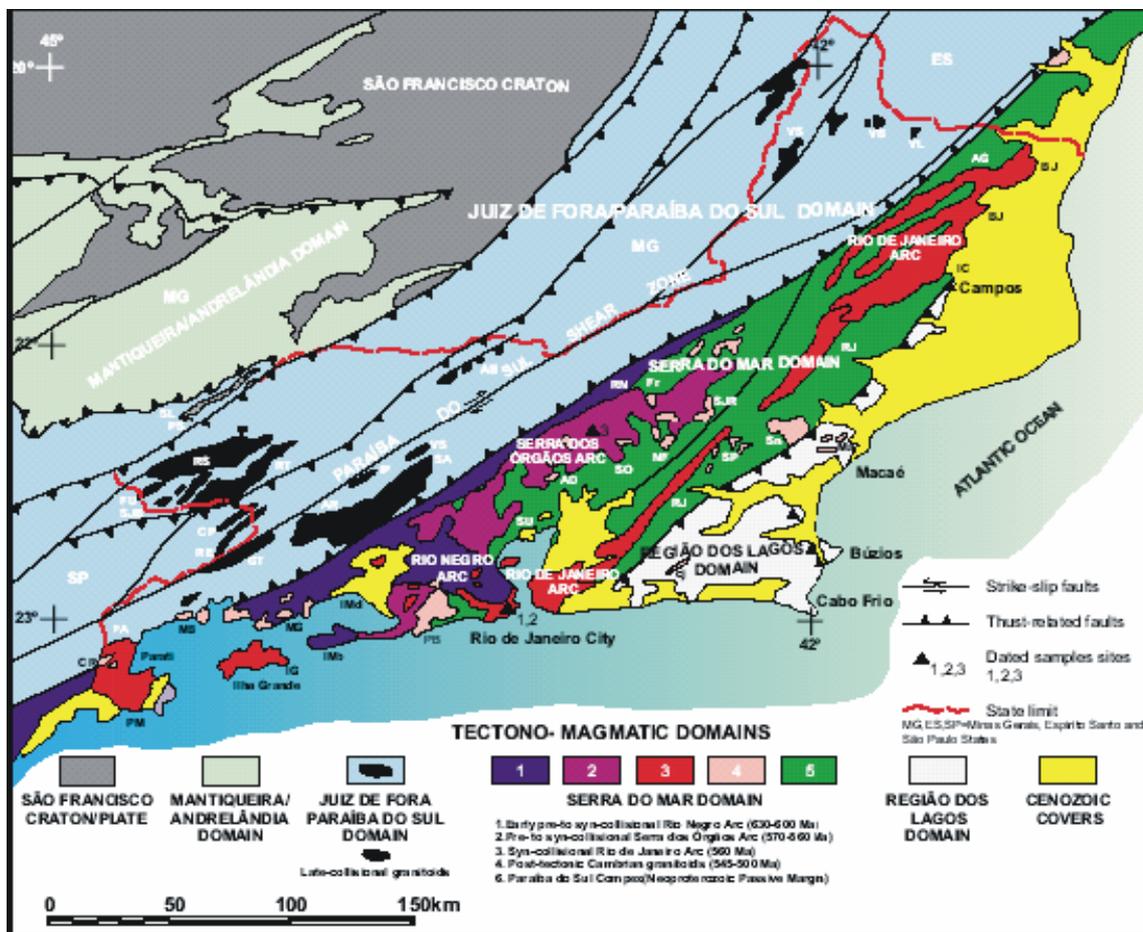


Figura 2 – Domínio tectono-magmáticos do Estado do Rio de Janeiro, potenciais áreas-fonte para os sedimentos do delta do rio Paraíba do Sul. (Fonte: CPRM, 2001).

As possíveis área-fonte das areias da planície litorânea podem ser caracterizadas pelos domínios tectono-magmáticos: Juiz de Fora/ Paraíba do Sul, Serra do Mar, e Região dos Lagos, além de coberturas cenozóicas individualizados no Estado do Rio de Janeiro, (Figura 2). Estes domínios constituem-se de ortognaisses, paragnaisses e metassedimentos variados (xistos, quartzitos, mármore, etc.) (CPRM, 2001), os quais caracterizam províncias típicas de interior cratônico ou embasamento soergido (*sensu* Dickinson, 1985), no contexto da evolução da Serra do Mar.

Outra importante área-fonte, representada pela Formação Barreiras, possui extensão da região norte até o Estado do Rio de Janeiro. Esta formação é constituída por sedimentos argilosos, arenosos e argilo-arenosos inconsolidados, formados por processos de transporte fluvial durante os períodos de variações climáticas do Neógeno e início do Quaternário, que preencheram uma alongada e estreita bacia ao longo da costa, (*q.v.* Bigarella , 1975, *apud* Silva, 1987). A planície do rio Paraíba do Sul é representada por depósitos quaternários de origem fluvial, lagunar, além de terraços marinhos pleistocênicos e holocênicos. Os terraços holocênicos são bem desenvolvidos na parte norte da planície em ambos os lados da desembocadura do rio Paraíba do Sul e são mais recentes que 5.100 A.P. Os terraços pleistocênicos são bem desenvolvidos na parte sul da planície. Na porção central, entre São Tomé e Lagoa Feia, ocorrem sedimentos argilo-orgânico ricos em conchas. Datações por rádio-carbono revelaram que conchas presentes apresentam idades entre 7.000 e 5.000 A.P., o que corresponde ao período de submersão caracterizado pela existência do complexo ilhas barreiras nesta área Martin *et al.*, (1984). A porção central da planície é ocupada por sedimentos fluviais repousando diretamente sobre sedimentos lagunares. Estes sedimentos apresentam todas as características de um antigo delta construído pelo rio Paraíba do Sul dentro de uma antiga laguna. Diversos autores já estudaram a região. Lamêgo (1955) discutiu a possibilidade de quatro fases principais de progradação do “delta”. Argento (1979), com base em estudos geomorfológicos e com base em fotografias aéreas, identificou quatro lobos antigos e um atual do rio Paraíba do Sul. Bacocoli (1971) e Dias & Gorini (1980), entre outros, classificaram a planície atual com um clássico delta dominado por ondas ao que Lamêgo (1955) denominou de delta “tipo Paraíba”. Martin *et al.*,(1984) através de estudos geológicos em detalhe e datações de radio-carbono, estudou a influência das variações do nível do mar propondo um modelo de evolução em quatro fases. Posteriormente, Martin *et al.*, (1993) propuseram um novo modelo de evolução paleogeográfico para as planícies costeiras

situadas entre Macaé (RJ) e Maceió (AL), baseado em estudos sedimentológicos, biológicos e datações de radio-carbono, caracterizando uma alternância de fases construtivas e destrutivas na planície costeira do rio Paraíba do Sul, resultantes das modificações no sentido da corrente de deriva litorânea.

Silva (1987) (Anexo A, Quadro 2) propôs um modelo de evolução para a região da Lagoa Feia e planície costeira do rio Paraíba do Sul, caracterizado pela formação de sequencias arenosas progradantes (formação de cristas de praia) e retrogradantes (formação de ilhas barreiras e cordões litorâneos) sobrepostas pela sedimentação lagunar e fluvial. Esses eventos são resultados de oscilações eustáticas, atividade tectônica, direção da corrente de deriva litorânea e variações climáticas.

Coleman & Wright (1967, apud Dominguez, 1990) consideram que as variações do nível do mar, direção da corrente de deriva litorânea, regime de ondas atuantes (NE e S-SE), tenham um importante papel no transporte litorâneo de sedimentos para a planície considerada.

Tomaz (2005) realizou o mapeamento de paleocanais ao longo da planície costeira do rio Paraíba do Sul através de fotografias aéreas e, na plataforma continental, utilizando o modelo batimétrico da bacia de Campos, discutindo a possível relação com paleocânion Almirante Câmara. O mesmo autor identificou uma feição de lobo turbidítico recente que constitui o principal receptor de sedimentos desta porção da bacia de Campos.

Bitencourt (2006), com base em estudo de modelagem de eletrofácies no mesmo testemunho aqui estudado reconheceu uma sucessão de três eletrossequências composta por três eletrofácies dada por perfis geofísicos caracterizando intervalos estuarinos, fluviais e cordões arenosos.

4 CARACTERÍSTICAS TEXTURAIS

4.1 Seleção

As amostras estudadas apresentam um grau de seleção variado (tabela II) com valores de desvio padrão entre $0,63 \phi$ (moderadamente selecionado) e $3,89 \phi$ (pobrememente selecionado). Sedimentos areno-argilosos e argilo-arenosos, caracterizados pelos valores mais altos de desvio padrão (figura 3) resultam de infiltração de argila, através de perfis de alteração de solo, por ação de organismos (bioturbação).

4.2 Granulometria

As amostras que ocorrem nas profundidades de 32,5m a 58m, são representadas pela fração areia muito fina a argila (tabela 1). De 58m até 118m a granulometria varia entre areia fina e areia grossa (tabela 1). Em todos os casos os valores de média são fortemente influenciados pela presença de argila. (figura 4).

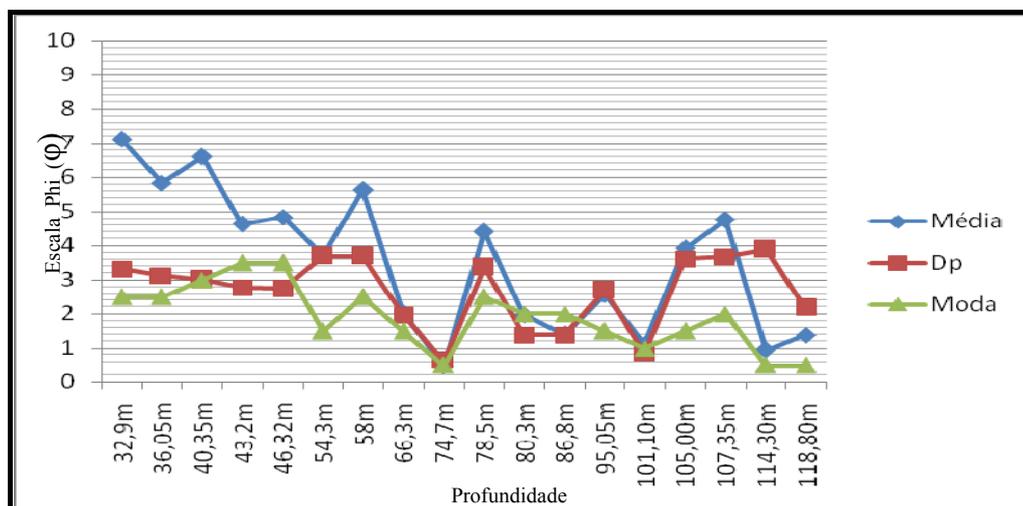


Figura 3 – Parâmetros texturais das amostras analisadas em lâmina delgada, distribuídos por profundidade.

Tabela 1 - Valores de granulometria e de parâmetros estatísticos analisados petrograficamente

Profundidade	-0,50	0,50	1,50	2,50	3,50	6	10	Total	Média	Dp	Moda	Areia	Silte	Argila	Total
32,9m	0,00	0,00	0,00	12,00	8,80	7,20	72,00	100,00	7,11	3,32	2,5	20,8	7,2	72	100
36,05m	0	0	0	40	7,4	3,6	49	100	5,83	3,13	2,5	47,4	3,6	49	100
40,35m	0	1,6	1,2	17,6	17,6	2	60	100	6,6	3,01	3	38	2	60	100
43,2m	1,4	2	5	17	45,6	2	27	100	4,62	2,77	3,5	71	2	27	100
46,32m	0	0	2	26,6	38	4,2	29,2	100	4,84	2,73	3,5	66,6	4,2	29,2	100
54,3m	5,3	17	33,2	11,6	0	0	32,9	100	3,7	3,69	1,5	72,2	0	32,9	100
58m	0	0	0	37	11	8	44	100	5,63	3,69	2,5	48	7,5	44	100
66,3m	4,48	24,68	33,88	19,08	7,88	5	5	100	2,03	1,97	1,5	90	5	5	100
74,7m	21	60	19	0	0	0	0	100	0,48	0,63	0,5	100	0	0	100
78,5m	0	13	16	26	6	6	33	100	4,4	3,36	2,5	61	6	33	100
80,3m	0,2	21	33,8	36	3	4	2	100	1,97	1,39	2	94	4	2	100
86,8m	18,4	23	28	27,6	0	0	3	100	1,403	1,39	2	69	0	31	100
95,05m	2	18	43	23	0	0	14	100	2,56	2,69	1,5	86	0	14	100
101,10m	8	37	41	13	1	0	0	100	1,12	0,85	1	100	0	0	100
105,00m	7	14	23	21	1	2	32	100	3,91	3,61	1,5	66	2	32	100
107,35m	3,2	12,2	17,2	19,8	6	0	41,6	100	4,75	3,67	2	58,4	0	41,6	100
114,30m	19,5	61,93	9,7	3,87	0	0	5	100	0,94	3,89	0,5	95	0	5	100
118,80m	10	57,2	15	5	4,6	2,2	6	100	1,38	2,18	0,5	91,8	2,2	6	100

4.3 Angulosidade e Circularidade

Os grãos de quartzo são em geral angulosos a subarredondados, com baixa circularidade na fração areia fina a muito fina. Os grãos de quartzo na granulometria média a grossa apresentam-se subarredondados e com circularidade de moderada a alta. O mesmo pode dizer para a microclina. Os grãos de plagioclásio apresentam forma angulosa e com baixa circularidade. O ortoclásio apresenta em geral subarredondado e esfericidade moderada.

4.4 Trama

Os tipos de contatos entre os grãos em todo material analisado é predominantemente aberto. A trama é sustentada pela matriz nos sedimentos argilo-arenosos e em parte nos sedimentos areno-argilosos, este último dependendo da proporção de argila na amostra (> 15% wacke).

Na maioria das amostras a presença de argila mascara a orientação de grãos. Nas amostras com menor proporção de argila é possível observar gradações granulométricas com bimodalidade das areias e orientações de grãos (Apêndice C, Estampa II, fotomicrografias 1 e 2).

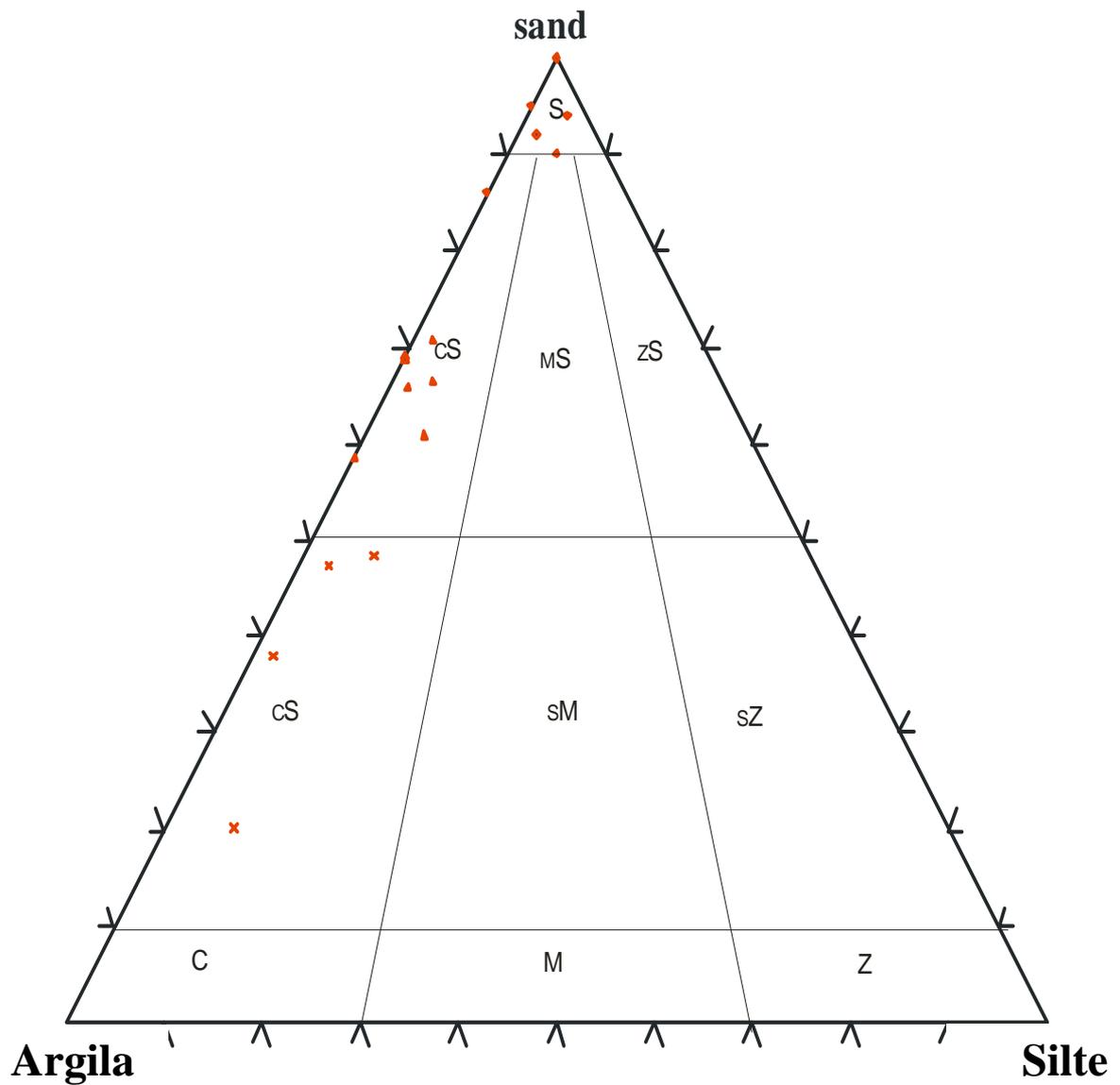


Figura 4 – Distribuição textural dos sedimentos do delta do Paraíba do Sul, plotados no diagrama de Folk (1974). Observar a variação textural no campo das areias, areias argilosas e argilas.

5 CARACTERÍSTICAS COMPOSICIONAIS

De acordo com a contagem de pontos foi possível obter uma tabela com os valores dos minerais presentes nas 18 amostras (Tabela 2).

Tabela 2 - Valores de mineralogia, analisados petrograficamente

Profundidade	MINERALOGIA														Total
	Qm Ext. rta	Qm Ext. Ond	Qp	Plagioclasio	Ortoclasio	Microclina	Irumalina	Granada	Opaco	Zircão	Apatita	Muscovita	Biotita	Total	
32,9m	24,68	55,62	0	7,88	0	0	0	0	5,91	0	5,91	0	0	100	
36,05m	17,55	48,49	0	6,11	0	0	1,14	0	22,9	3,81	0	0	0	100	
40,35m	13,87	69,99	3,23	0	0	6,45	3,23	0	3,23	0	0	0	0	100	
43,2m	6,04	85,83	3,72	0	0	1,39	0	0,35	2,32	0,35	0	0	0	100	
46,32m	5,6	89,59	0	0,71	0	0	0	2,8	0,65	0	0,65	0	0	100	
54,3m	5,21	84,9	4,17	3,38	0	0	0,78	1,56	0	0	0	0	0	100	
58m	2,75	65,17	0	0	0	0	0	0	2,16	0	1,54	16	12,38	100	
66,3m	1,15	91,09	1,64	2,18	0	0	1,15	1,64	1,15	0	0	0	0	100	
74,7m	1,13	90,406	3,95	0	0	0	0,56	1,69	0	0	0	2,26	0	100	
78,5m	2,05	87	4,11	4,11	0	2,73	0	0	0	0	0	0	0	100	
80,3m	5,6	74,1	5,6	3,19	0	0,36	3,6	1,2	0,35	0	0	2	4	100	
86,8m	0	87,84	0	9,49	0	0,53	0	1,07	0,53	0	0	0,54	0	100	
95,05m	0	87,72	0,65	8,77	0	2,19	0	0,67	0	0	0	0	0	100	
101,10m	0,5	86,45	2,51	2,01	0	5,02	0,5	3,01	0	0	0	0	0	100	
105,00m	7,41	83,11	1,11	6,15	1,11	0	0	1,11	0	0	0	0	0	100	
107,35m	0	88,55	0	1,36	2,73	1,36	0	6	0	0	0	0	0	100	
114,30m	0	86,29	0,59	5,21	0	6,74	0	1,17	0	0	0	0	0	100	
118,80m	0	90,63	1,36	1,36	0	5,29	0	0,68	0	0	0	0	0,68	100	

As areias estudadas no intervalo são quartzosas e subarcósias (figura 5). Para o topo do intervalo foi possível observar uma boa proporção de bioclastos a partir da profundidade (58m) nas amostras areno-argilosas e argilosas. Estes estão em torno de (25%) (Apêndice C, Estampa 1, fotomicrografia 1, 2, 3, 4, 5) e são constituídos por fragmentos de conchas, algas calcárias, moluscos, foraminíferos, espículas de esponja, gastrópodes, briozoários, fragmento de equinodermo (Bitencourt 2006). Bioclastos, identificados em lâmina petrográfica apresentam alto grau de importância na avaliação dos resultados, pois permitem caracterizar um Paleoambiente com influência marinha.

O mineral mais abundante é o quartzo que se apresenta nos tipos monocristalino com extinção ondulante (em torno de 80%), quartzo monocristalino com extinção reta (5,2%), quartzo policristalino (1,8%), no topo do intervalo estudado nas profundidades 32,9m a 40,35m o percentual de quartzo monocristalino com a extinção reta é maior em relação as demais profundidades, sendo este ausente nas profundidades 107,35m, 114,30m e 118,80m. Os grãos de quartzo apresentam-se em boa parte fraturados e alguns grãos possuem revestimento de óxido de ferro.

Os feldspatos ocorrem com uma frequência em média de 5,4% sendo representados por plagioclásio (3,4%) microclina (1,8%) e ortoclásio (0,2%). O plagioclásio ocorre com maior frequência nas profundidades 32,5m, 36,05m, 86,08m e 95,05m. A microclina apresenta baixo grau de alteração, e poucos apresentam feições de dissolução.

A suíte de minerais pesados pouco frequente é expressa pela presença de apatita, turmalina e zircão e opacos.

Micas encontradas nas amostra apresentam baixa frequência.

Níveis de cimentação nas amostras pode ser caracterizado pela presença de hematita (apêndice C, estampa II, fotomicrografia 3 e 4) que, por vezes, forma uma película avermelhada no entorno de grãos de quartzo.

Feições diagenéticas nas amostras estão relacionadas a processos eodiagenéticos ou telodiagenéticos associados a presença de água meteórica, causando dissoluções em alguns grãos de plagioclásio (apêndice C, estampa III, fotomicrografia 5). Ocorrem também nos bioclastos substituições por pirita framboidal (apêndice C, estampa I, fotomicrografia 6) caracterizando um ambiente redutor no topo do intervalo estudado.

A porosidade das amostras é baixa de maneira geral e é dada em parte por processos eodiagenéticos. Alguns grãos apresentam porosidade intragranular (fraturas e dissolução) e nos sedimentos arenosos ocorre porosidade intergranular.

Os sedimentos presentes no intervalo estudado pelas características texturais e composicionais, refletem a ação de processos estuarinos, litorâneos (cordões arenosos) e fluvial meandrante (paleocanais) predominante na região, sendo que a dinâmica fluvial do Rio Paraíba do Sul é mais evidente, representado pela alta razão lama/areia presente nas amostras.

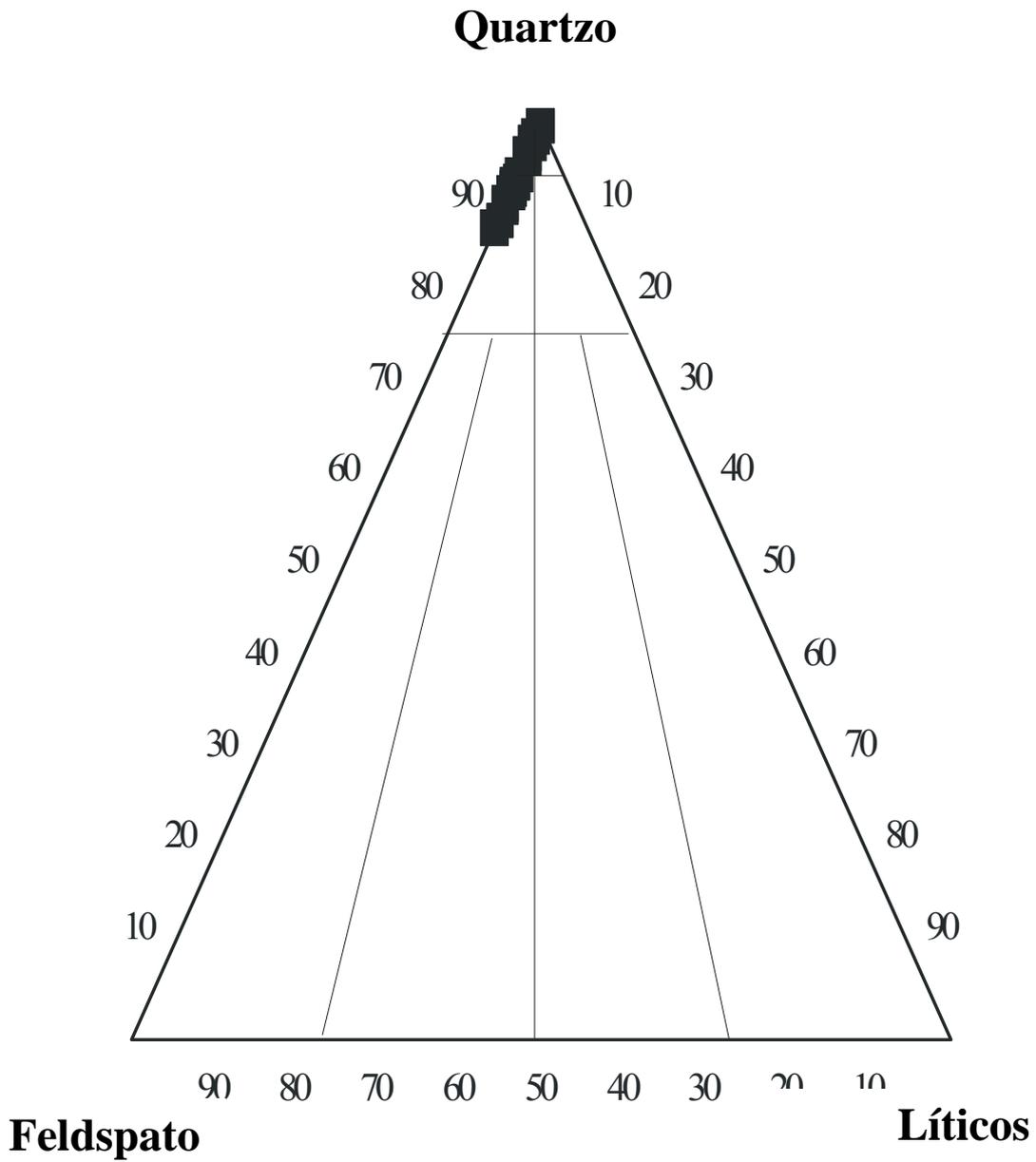


Figura 5 – Distribuição composicional das areias, plotados no diagrama de Folk (1974), observar que as amostras distribuem-se nos campos de subarcósio e quartzarenito.

6 CARACTERIZAÇÃO DA FONTE

Quadro 1 – Quadro síntese das petrofácies e sua proveniência.

Profundidade	Petrofácies	Proveniência
32,9m	P1	Granítico
36,05m	P1	Granítico
40,35m	P2	Granítico
43,2m	P3	Granítico
46,32m	P3	Granítico
54,3m	P3	Metamórfico
58m	P2	Metamórfico
66,3m	P3	Granítico
74,7m	P4	Granítico
78,5m	P3	Granítico ou Metamórfico
80,3m	P2	Granítico
86,8m	P4	Granítico
95,5m	P4	Metamórfico
101,10m	P4	Metamórfico
105m	P3	Metamórfico
107,35m	P4	Metamórfico
114,30m	P4	Metamórfico
118,80m	P4	Metamórfico

6.1- Petrofácies

O termo petrofácies indica as mudanças na proveniência do terreno e a evolução geológica através do tempo. (*q.v.* Dickinson, 1985) e pode ser definido com base em Borghi (2000) como um termo usado para caracterizar e distinguir uma massa de sedimento ou de rocha sedimentar das demais pela composição (litologia), fósseis e por petrotrama, sendo estes usados para a petrografia sedimentar.

Para a região estudada, foram distinguidas através do *software* Estatística quatro petrofácies (figura 6) caracterizadas pela composição (assembléia mineralógica) e moda, retratando duas fontes distintas (figura 7) para o intervalo estudado no delta do Paraíba do Sul, além de três petrozonas (intervalo estratigráfico definido com base na análise petrográfica).

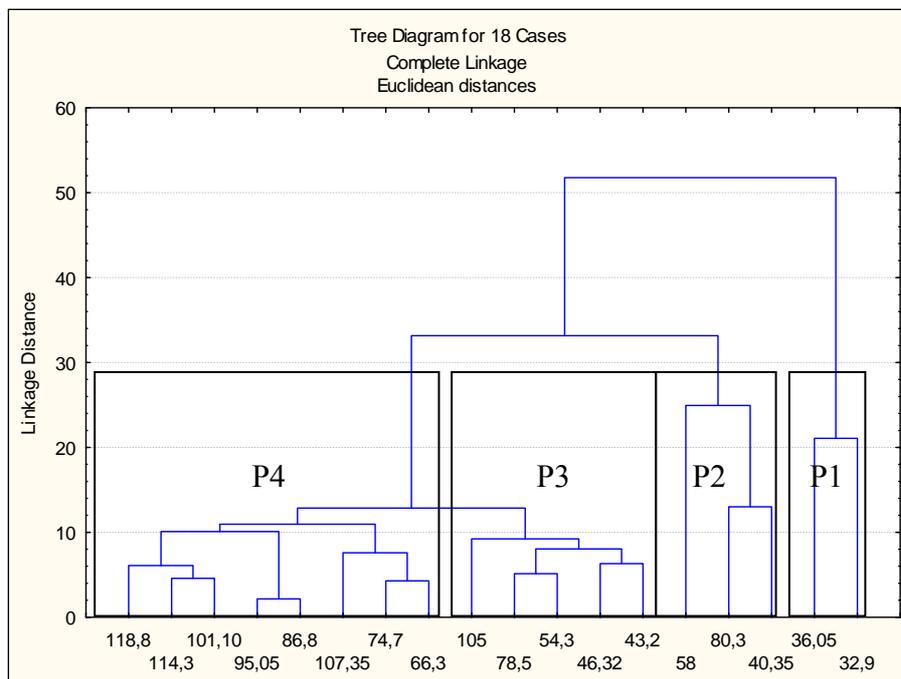


Figura 6 - Dendrograma I - Modo R. Relacionado aos valores de moda, mineralogia, e profundidade. Observe quatro grupos identificados os quais são interpretados como petrofácies (P I a P 4).

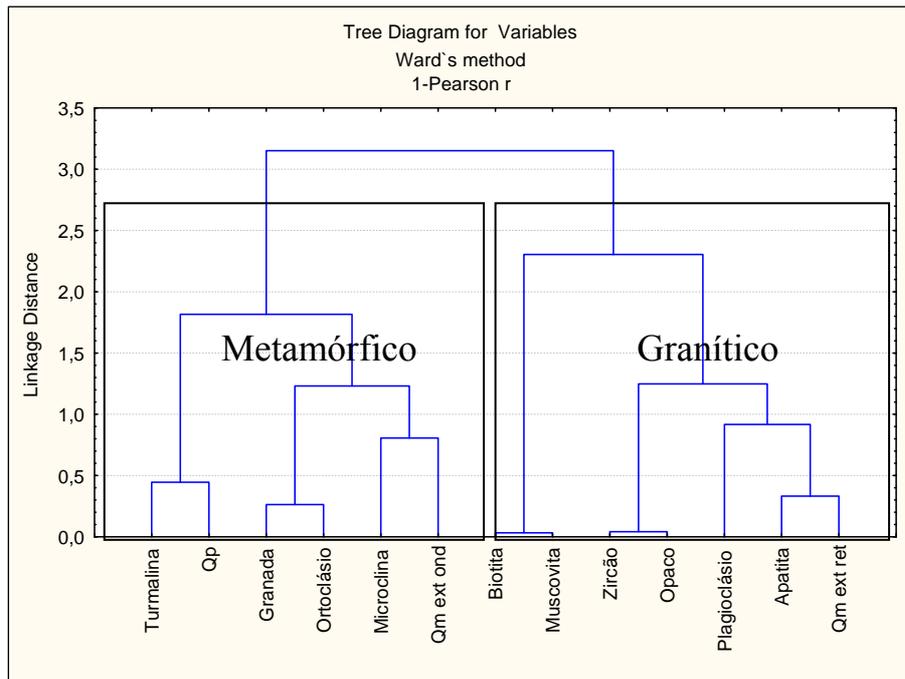


Figura 7 - Dendrograma 2, modo R, relação entre os minerais. Observe 2 grupos identificados que correspondem a rocha fonte interpretada.

A petrofácies P1 (Figura 8) possui argila (72%) e boa proporção de bioclastos (25%), sua moda aponta as classes ϕ (3,5 a 8), indicando a granulometria muito fina a fina. Como assembléia mineralógica, possui quartzo monocristalino com a extinção reta (24,7%), quartzo monocristalino com extinção ondulante (55,6%), plagioclásio (7,88%), opaco (5,9%), e apatita (5,9%), caracterizando uma fonte granítica (figura 7).

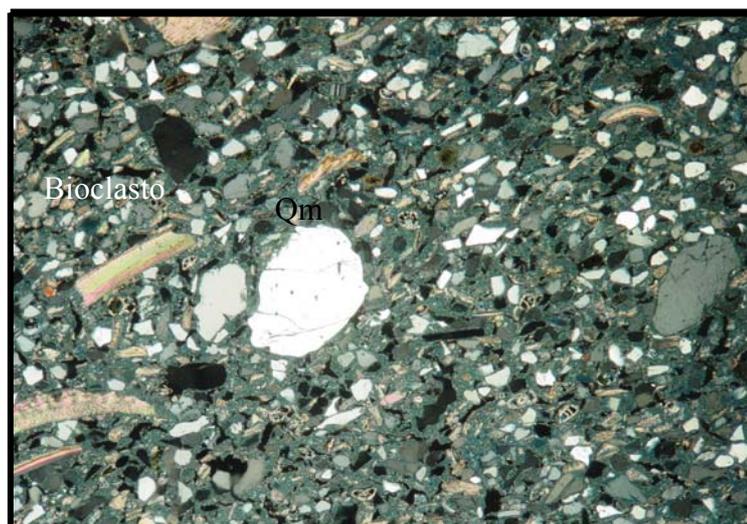


Figura 8. Petrofácies P1 – Observar a alta porcentagem de quartzo, matriz argilosa presença de bioclastos e moda predominante de areia fina. Profundidade 32,9m. Nicol cruzado, aumento 2,5x.

A petrofácies P2 (Figura 9) mostra uma variação entre as classes ϕ (3 e 2) (Apêndice B estampa II fotografia 1), indicando o domínio de areia média e areia fina. Sua assembléia mineralógica é constituída por quartzo monocristalino com extinção brusca (17,55%), quartzo monocristalino com extinção ondulante (48,49%), plagioclásio(6,11%) , opaco (22,9%), zircão (3,81%) indicando fonte granítica (figura 7).

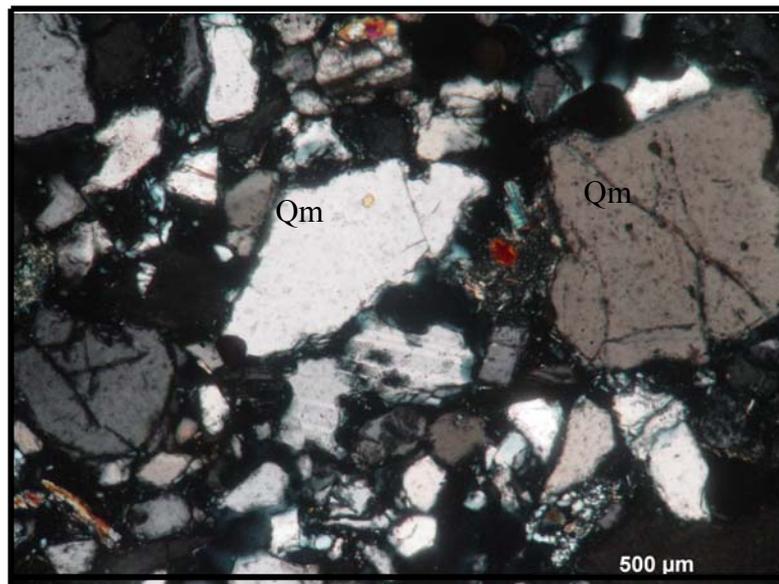


Figura 9. Petrofácies P2 – Observar a variação da moda das areias e o domínio de quartzo monocristalino. Profundidade 40,3m. Nicol cruzado, aumento 10x.

A petrofácies P3 (Figura 10) é representada pelas classes (ϕ) 3,5 e 1,5 (areia muito fina a areia média) (Apêndice B estampa II fotografia 2). A assembléia mineralógica é formada por quartzo monocristalino com extinção brusca, Qm extinção ondulante, Quartzo policristalino, plagioclásio, microclina e granada. Caracterizando uma mistura de fonte granítica e metamórfica (Figura 3).

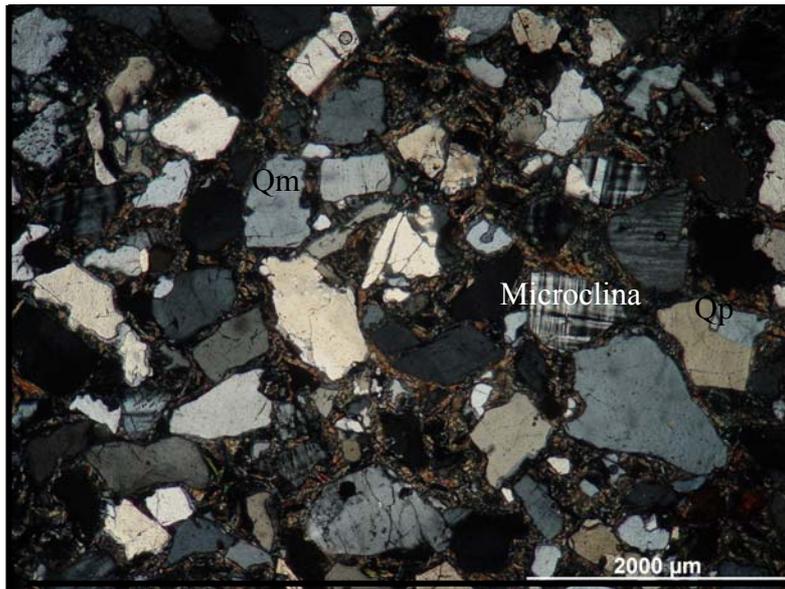


Figura 10 – Petrofácies P3 - Areia média a grossa com predominância de microclina, Quartzo policristalino e Quartzo monocristalino. Profundidade 105m. Nicol cruzado, aumento 2,5x.

A petrofácies P4 (figura 11) possui domínio de classes areia média e grossa (2 e 0,5 φ). Apresenta ausência de quartzo monocristalino com extinção brusca nas profundidades 86,8m, 95,05m, 107,35m, 114,30m e 118,8m. A assembléia mineralógica é composta de quartzo monocristalino com extinção ondulante, quartzopolicristalino, microclina plagioclásio e granada, caracterizando uma fonte metamórfica (figura 3).



Figura 11 - Petrofácies P4 – Maior proporção de quartzo policristalino em relação as amostras anteriores e granulometria média a grossa. Profundidade 118,8m. Nicol cruzado, aumento 2,5x.

Todas as amostras plotam no diagrama de petrofácies (Dickinson, 1985) no campo de interior cratônico (Figura 12), indicando uma grande quantidade de quartzo, menores proporções de feldspatos e fragmentos líticos. Isto pode representar uma área fonte com relevo baixo ou atenuado por superfícies erosivas, intenso intemperismo diretamente ligado ao clima tropical úmido na área fonte, fatores eodiagenéticos devido a infiltração de água meteórica dissolvendo os grãos de feldspato, não deixando de mencionar a ausência da tectônica para reciclar o cráton.

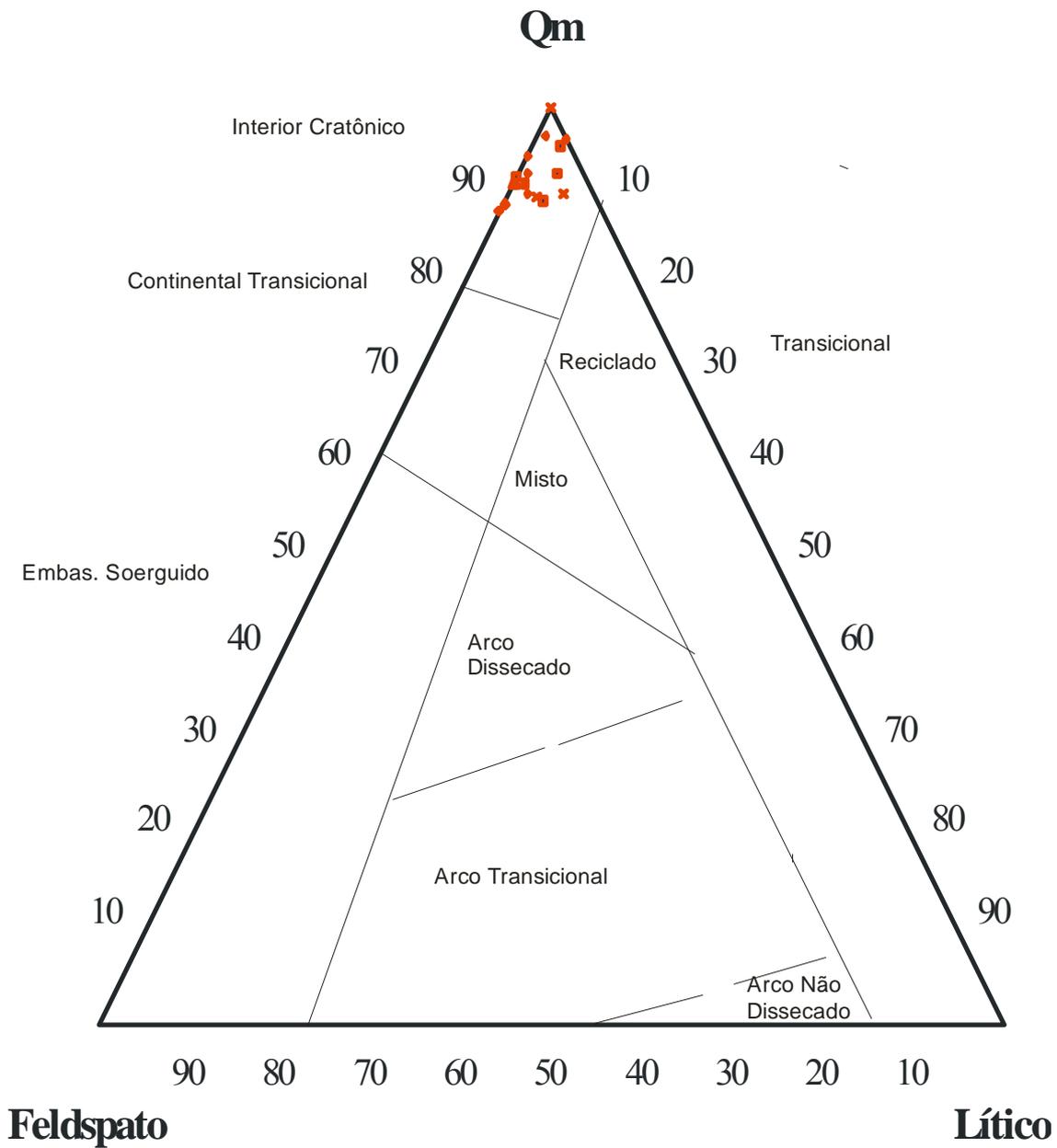


Figura 12 – Distribuição composicional das areias plotadas no diagrama de Dickinson (1985), indicando o predomínio de petrofácies de interior cratônico.

6.2 PROVENIÊNCIA

A área de estudo possui um clima tropical úmido o que favorece um elevado intemperismo químico e erosão na rocha fonte alterando mais a composição original do que em climas áridos, causando um maior enriquecimento de quartzo em relação à feldspatos e fragmentos de rocha, que possuem uma menor estabilidade química. Esta característica de composição é mencionada na literatura (Basu, 1985); porém, esta relação pode ser aplicada para relevos suaves, ou relevo elevado porém aplainados por superfície de erosão. A taxa de intemperismo excede a capacidade dos agentes de transporte de remover o material; com isso, espessas camadas de solo podem se desenvolver, aumentando o tempo de residência dos minerais e do solo, propiciando uma maior interação com águas superficiais modificando a composição detrítica. Em regiões escarpadas os processos de transporte removem com maior velocidade o material intemperizado na área fonte, resultando na formação de camada de solo pouco espessa e menor tempo de residência dos minerais e do solo, resultando em areias que representam a composição da rocha fonte (Fontanelli, 2007).

A suíte de minerais presentes no intervalo estudado pode indicar as possíveis rochas fontes da área de estudo. O quartzo é o mineral mais abundante e é dividido em três tipos como já mencionado no trabalho. Estes diferentes tipos de quartzo podem indicar possíveis rochas fontes com base nas características de cada sub-tipo. O quartzo monocristalino com extinção reta pode ser interpretado como original de fonte ígnea, além de conter inclusões de apatita e zircão o que comprova a fonte mencionada (Apêndice B, Estampa III, fotomicrografia 1). Krynine (1940), Folk (1974), Basu *et al* (1975). O quartzo com extinção ondulante (ângulo de extinção $> \sim 5$ graus). Pode ser interpretado como originário de uma fonte metamórfica. O quartzo policristalino (apêndice B, estampa III, fotografia 2) têm como

origem uma fonte metamórfica por possui poligonização e formação de novos cristais com extinção brusca associados a processos metamórficos.

O plagioclásio (apêndice B, estampa II, fotografia 5 e 6 e estampa III, fotomicrografia 5) pode ser considerado pertencente tanto a rochas vulcânicas como ígneas plutônicas e metamórficas; porém, na área de estudo, pode estar associado as duas últimas. A microclina e ortoclásio são originais de rochas ígneas félsicas, pegmatitos, gnaisses e rochas metamórficas de alto grau. O ortoclásio pode ser distinguido no microscópio da microclina por não apresentar macla em grelha.

A presença dos minerais secundários (biotita e muscovita) (apêndice B, estampa III, fotomicrografia 3 e 4), indica uma fonte que pode ser de xistos e gnaisses de origem pelítica, ou semi-pelíticas (metawackes). Outras fontes podem ser de granitóides ou pegmatitos. A biotita também pode ocorrer como original de Plutônica básicas (gabros) ou de rochas vulcânicas básicas; porém não é relacionada a rochas de origem básica neste trabalho.

Os minerais pesados como turmalina, zircão, apatita, e opacos, indicam a presença de fonte ígneas ácidas, ou sedimentos retrabalhados (q .v Boggs, 1988 p. 327). A granada é pouco freqüente e um importante indicador de proveniência, porque pode dar informação dos tipos litológicos na área fonte, como rochas metamórficas, granitos e pegmatitos. Todavia minerais opacos também ocorrem na forma de óxidos e sulfetos (pirita), estes caracterizando um ambiente redutor fraco (Apêndice B, Estampa I, fotomicrografia 6). Os minerais opacos sob condições oxidantes podem passar a hematita indicando exposições subaéreas, caracterizado também pelo retrabalhamento de paleossolos (Apêndice B Estampa II, fotomicrografia 3), presença de fragmentos líticos sedimentares (Apêndice B, estampa II, fotomicrografia 4), que revela esta região como uma importante zona de “bypass” de sedimentos para a bacia de Campos.

Com os dados já mencionados a respeito de proveniência é possível indicar o Domínio Serra do Mar, na porção centro oriental do estado do Rio de Janeiro, constituídos pelos arcos Rio Negro (630 Ma), Serra dos Órgãos (570 – 560 Ma) e Rio de Janeiro (560 Ma) a suíte de minerais metamórficos e graníticos (figura 4) como o maior responsável de área-fonte, além de sedimentos da Formação Barreiras. O domínio Serra do Mar é constituído por metassedimentos detriticos, pelitos grauvaqueanos, mármore granulito e rochas calcissilicáticas, além da presença de granitóides da fase tardi-colisional 560-545 Ma tipo S e granitóides tipo I da fase pós – colisional (Heibron *et al.*, 2000 e Heibron & Machado, 2003). A Formação Barreiras é constituída por sedimentos arenosos, argilosos e argilo-arenosos. O Domínio Juíz de fora/Paraíba do Sul, também pode ser representado como possível fonte, sendo este constituído por ortogneisses, xistos, quartizitos, metamorfisados na fácies anfíbolito e granulito, além de ortogneisses tonalíticos do Complexo Juíz de fora. O domínio Região dos Lagos (terreno Cabo Frio em especial), apresenta menor contribuição para a evolução da planície quaternária do Paraíba do Sul, pela ausência de minerais metamórficos de paragênese de alta temperatura e pressão média a alta (cianita + K-feldspato) e silimanita, além de sua posição geográfica a sul da área de estudo. Outra importante característica observada em lâmina delgada é ausência de fragmentos de rochas metamórficas de baixo grau como ardósias, filitos e xistos, e ausência de minerais que formam paragênese (cloritóide, clorita e epidoto) indicando que processos erosivos já removeram completamente as rochas supracrustais, expondo a crosta gnáissico–granítica.

7 DISCUSSÃO

A identificação de petrozonas permite um apoio à estratigrafia através do zoneamento mineralógico de um dado intervalo estratigráfico. Neste trabalho foi possível caracterizar três petrozonas (quadro 2) correlacionáveis ao perfil de raio gama ao longo do poço.

A petrozona I é composta pelas petrofácies P1 e P2, e pelo padrão em funil e serrilhado no intervalo (64m até 72m) do perfil de raio gama cujos valores são altos a médios sendo interpretado como paleoambiente lagunar por Bitencourt (2006) com fonte granítica, e metamórfica.

A petrozona II é associada à petrofácies P3. Possui padrão em funil do perfil de raio gama e serrilhado (64m até 72m), dado pelos valores altos a médios de raio gama e foi interpretada como paleolagunas, e cordões arenosos por Bitencourt (2006) associado a fontes metamórficas e ígneas plutônicas.

A petrozona III é representada pela petrofácies P4, apresenta padrão em funil e maior contribuição do perfil serrilhado (64m até 72m e acima de 80m), devido aos valores altos e médios do perfil do raio gama, interpretado por Reuters (2006) como cordões arenosos. Associado a fontes ígneas plutônicas e metamórficas.

Através desta divisão (quadro 2) é possível observar a contribuição de duas fontes que por vezes se misturam, dificultando a distinção entre os minerais característicos de uma fonte metamórfica ou de origem ígnea plutônica, devido a estas rochas apresentarem uma composição mineralógica semelhante.

A fonte granítica é individualizada devido a presença de minerais pesados (apatita, zircão, visto que, a turmalina não é o melhor indicador para diferenciar esta, podendo estar associada a fontes metamórficas.

Quadro 2 – Síntese das petrofácies, fontes e petrozonas.

Profundidade	Petrofácies	Fonte	Petrozona
32,9m	P1	Granítico	Petrozona 1
36,05m	P1	Granítico	Petrozona 1
40,35m	P2	Granítico	Petrozona 1
43,2m	P3	Granítico	Petrozona 2
46,32m	P3	Granítico	Petrozona 2
54,3m	P3	Metamórfico	Petrozona 2
58m	P2	Metamórfico	Petrozona 1
66,3m	P3	Granítico	Petrozona 2
74,7m	P4	Granítico	Petrozona 3
78,5m	P3	Granítico ou metamórfico	Petrozona 2
80,3m	P2	Granítico	Petrozona 1
86,8m	P4	Granítico	Petrozona 3
95,05m	P4	Metamórfico	Petrozona 3
101,10m	P4	Metamórfico	Petrozona 3
105m	P3	Metamórfico	Petrozona 3
107,35m	P4	Metamórfico	Petrozona 3
114,30m	P4	Metamórfico	Petrozona 3
118,80m	P4	Metamórfico	Petrozona 3

PETROZONA I

Poço 2-CA-1-RJ

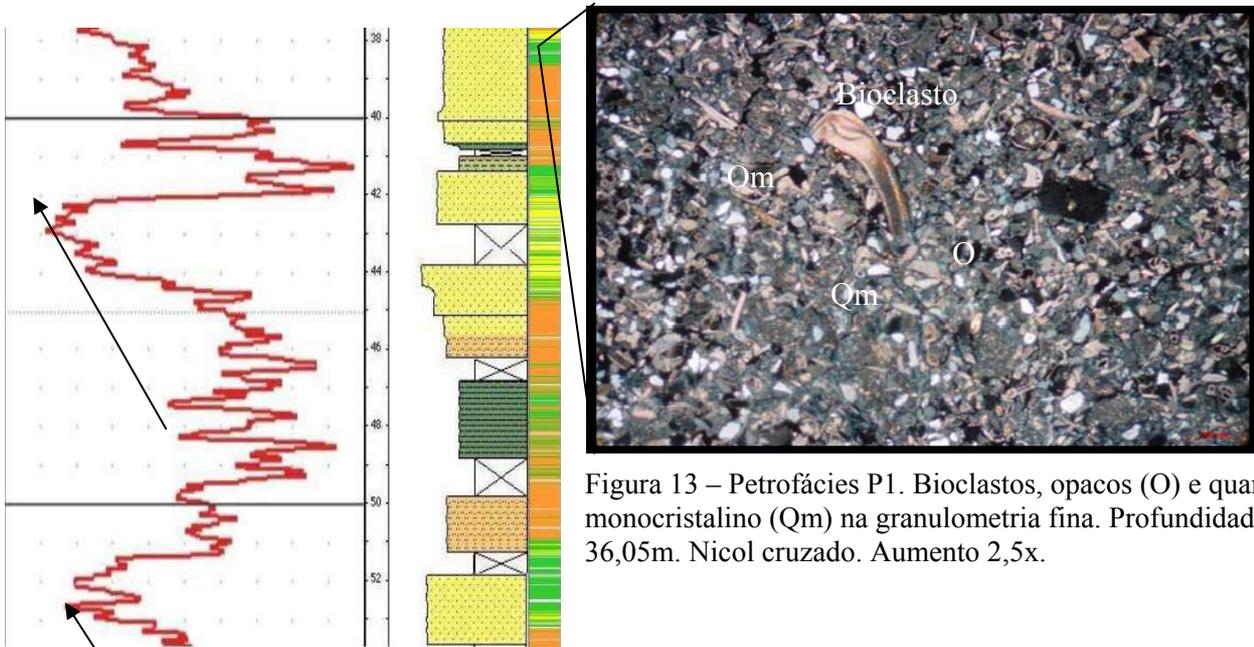


Figura 13 – Petrofácies P1. Bioclastos, opacos (O) e quartzo monocristalino (Qm) na granulometria fina. Profundidade 36,05m. Nicol cruzado. Aumento 2,5x.

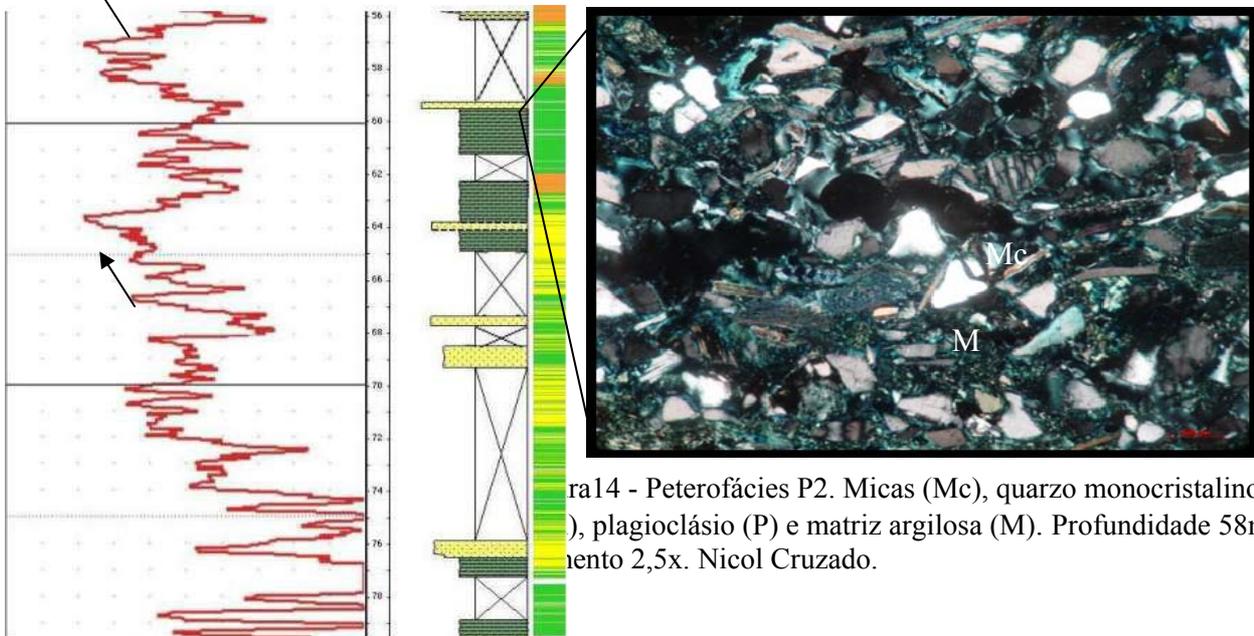


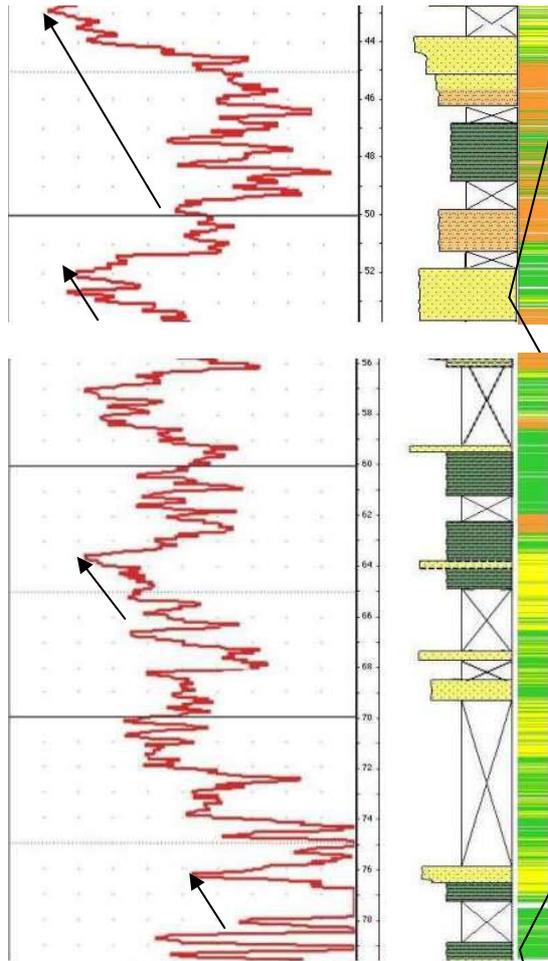
Figura 14 - Petrofácies P2. Micas (Mc), quartzo monocristalino (Qm), plagioclásio (P) e matriz argilosa (M). Profundidade 58m. Aumento 2,5x. Nicol Cruzado.

Perfil de Raio Gama, padrão em funil e Serrilhado (Bitencourt 2006).

-  Areia
-  Silte
-  Argila

PETROZONA II

Poço 2-CA-1-RJ



Perfil de raio Gama, padrão em funil e serrilhado (Bitencourt 2006).

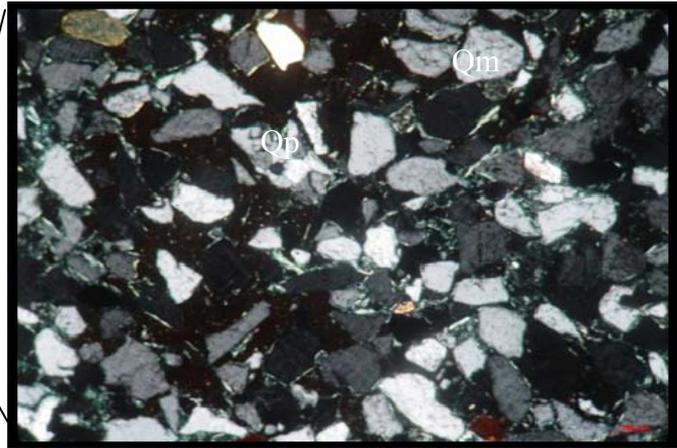
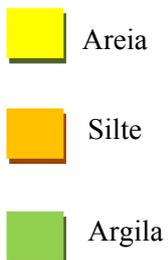


Figura.15 – Petrofácies P3. Grãos de quartzo monocristalino e poucos grãos de quartzo policristalino (Qp) na profundidade de 54,3m. Nicol cruzado. Aumento 2,5x.

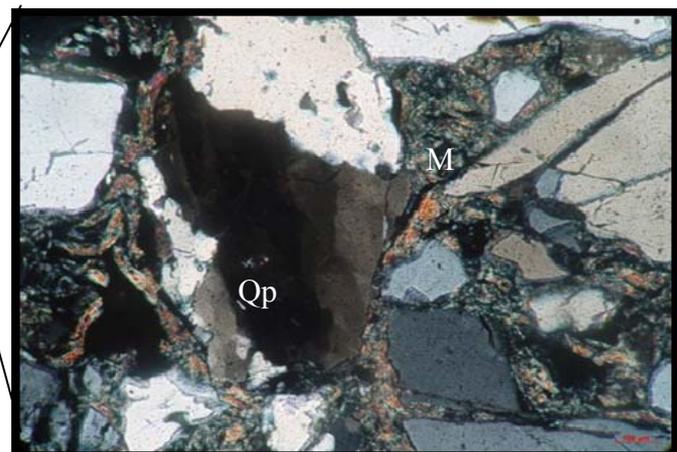
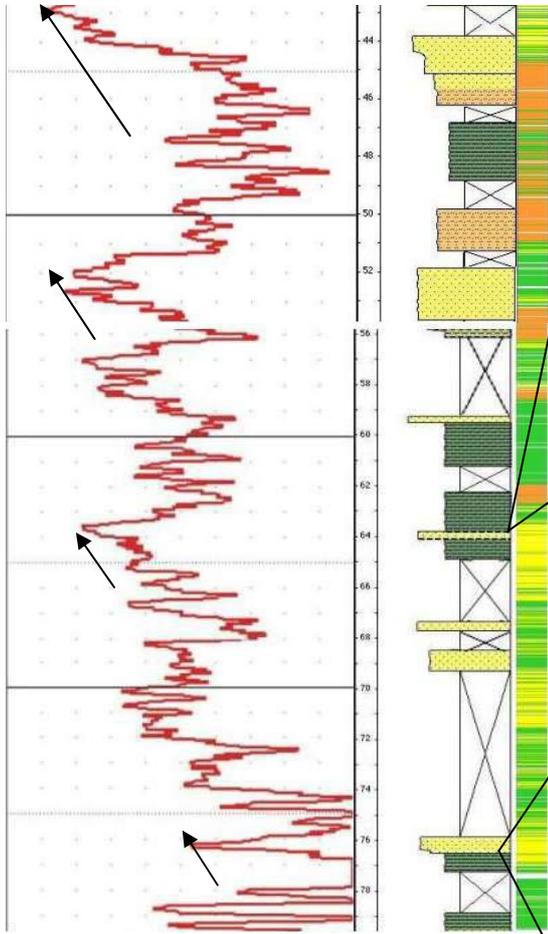


Figura.16- Petrofácies P3. Grão de quartzo policristalino (Qp), grãos de quartzo monocristalino e matriz argilosa (M). profundidade 78,5m. Nicol cruzado. Aumento 10x.

PETROZONA III

Poço 2-CA-1-RJ



Perfil de raio gama, padrão em funil e Serrilhado (Bitencourt 2006).

- Areia
- Silte
- Argila

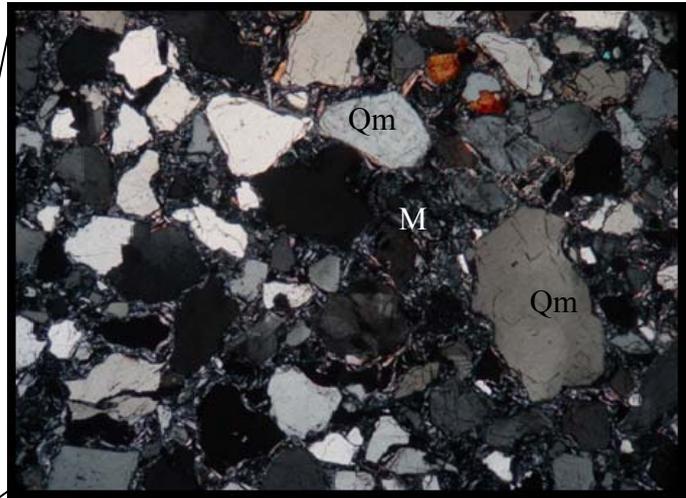


Figura.17- Petrofácies P4. Grãos de quartzo monocristalino, granada, e matriz argilosa. Profundidade 66,3m. Nx. 2,5x.

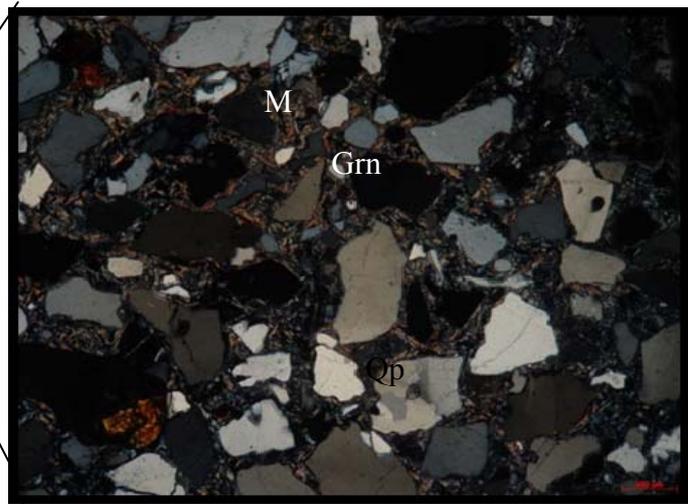


Figura.18- Petrofácies P4. Grãos de quartzo policristalino, monocristalino, granada e matriz argilosa. Profundidade. 74,7m. Nicol cruzado.

8 CONCLUSÕES

Este estudo amplia o conhecimento da região com base na caracterização petrográfica de acordo com a textura e composição das amostras, visto que, modelos anteriormente propostos a Reuters (2006) não dispuseram de dados geológicos de subsuperfície.

A composição das amostras permite a análise da proveniência dos sedimentos depositados nos terraços arenosos e paleolagunas durante flutuações do nível do mar (regressão - transgressão) no pleistoceno - holoceno, além de apresentar uma baixa resolução das petrofácies de Dickinson (1985) devido a divisão em quatro petrofácies das amostras, indicando que intensos processos intempéricos na área fonte e o relevo baixo, podem ser fatores geológicos responsáveis pela composição quartzosa das areias que recebem contribuição de fontes ígneas plutônicas e metamórficas.

A utilização de petrozonas pode ser também uma importante ferramenta no auxílio a estratigrafia, corroborando com o trabalho de Reuters (2006). No qual foi possível posicionar as petrozonas correlacionadas a uma eletrosequência daquele trabalho interpretada com o raio gama, identificando um intervalo lagunar para o topo do intervalo, devido a presença de bioclastos e material argiloso que ocorrem neste ambiente, associada a última fase transgressiva com formação de um sistema laguna, ilhas-barreiras (7.000 a 5.100 A. P.) e formação dos cordões arenosos pleistocênicos durante a fase de regressão marinha que permite a construção da planície costeira pleistocênica progradante (Martin *et al.*, 1983,1984), garantindo desse modo, eficiência a análise petrográfica utilizada neste trabalho.

Referências bibliográficas

- ALMEIDA, A.G.; FIGUEIREDO JR., A.G.; RIBEIRO, G.P. 2005. Estratigrafia do quaternário da planície deltaica ao sul do rio Paraíba do Sul, RJ. In: SIMPOSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE, 7, Niterói, 2005. *Resumos expandidos...* Niterói, SBG-RJ/ES. CD-ROM, 5p.
- BACOCOLI, G. Os deltas marinhos holocênicos brasileiros-uma tentativa de classificação. Boletim técnico da Petrobrás. Rio de Janeiro, n.14 p.5-38, 1971.
- BASTOS, A.C. & SILVA,C.G.. Evidências de períodos erosivos cíclicos na planície de cristas de praia do rio Paraíba do Sul, RJ. In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 39., 1996, Salvador. Anais, Salvador: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 1996. p.379-383.
- BASU, A. 1985. Influence of climate and relief on compositions of sands released at source areas. In: ZUFFA, G.G. (ed.) Provenance of arenites. Dordrecht, D. Reidl Publ., p.1-18. (NATO Series).
- BITENCOURT.R.P 2006. Contribuição à análise de fácies de uma sucessão estratigráfica no delta do Rio Paraíba do Sul (RJ). Trabalho de conclusão de curso. 74p, Instituto de Geociências. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro.
- BOGGS JR.S. 1992. Petrology of Sedimentary Rocks (ed) MACMILLAN. New York. p.707
- BORGHI, L. 2000. Visão geral da análise de fácies sedimentares do ponto de vista da arquitetura deposicional. Bol. Mus. Nac., N.S., Geol., Rio de Janeiro, (53): 26p.
- BRUHN, C.H.L.; BARROSO, A.S.; LOPES, M.R.F.; Sarzenski, D.J.; ABREU, C.J.; SILVA, C.M.A. High-resolution stratigraphy and reservoirheterogeneities of upper Albian turbidite reservoirs of Albacora field, Campos Basin, offshore Brazil. In: AAPG Annual Convention, 1998, Salt Lake City. Extended Abstracts. 1, paper A96, 4p.
- DIAS, G.T.M.; SILVA C.G.; MALSCHITZKY, I.H.; PIRMEZ, C. 1984a. A planície deltaica do Rio Paraíba do Sul; seqüências sedimentares subsuperficiais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33. Rio de Janeiro, 1984. *Resumos expandidos*, Rio de Janeiro, SBG, v4, p.1565 – 1576.
- DIAS, G.T.M.; SILVA, C.G.; MALSCHITZKY, I.H.; PIRMEZ, C. 1984b. A frente deltaica do rio Paraíba do Sul; fisiografia submarina e distribuição sedimentar.1984a In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33. Rio de Janeiro, 1984. *Resumos expandidos*, Rio de Janeiro, SBG, v1, p.83-84.
- DICKINSON, W.R. 1985. Interpreting provenance relation from detrital modes of sandstones. In: ZUFFA, G.G. (ed) Provenance of arenites. Dordrecht, D. Reidl Publ., p.333-361. (NATO Series).
- DOMINGUEZ, J.M.L. Delta dominados por ondas: críticas às idéias atuais com referência

particular ao modelo de Coleman & Wright. *Revista Brasileira de Geociências*, Rio de Janeiro. V. 20, p.352-361, 1990.

DOMINGUEZ, J.M.L.; BITTENCOUT, A.C.S.P.; MARTIN, L. O papel da deriva litorânea de sedimentos arenosos na construção das planícies costeiras associadas à desembocadura dos rios São Francisco (SE/AL), Jequitinhonha (BA), Doce (ES) e Paraíba do Sul (RJ). *Revista Brasileira de Geociências*, Rio de Janeiro, vol. 13, n. 2, p. 93-105, 1983.

SUGUIO, K.; MARTIN, L.; ABÍLIO C.S.P. BITTENCOURT.; JOSÉ. M.L. DOMINGUEZ.; FLEXOR. J.-M.; AZEVEDO. E.G.A Flutuações do nível relativo do mar durante o quaternário superior ao longo do litoral brasileiro e suas implicações na sedimentação costeira. *Revista Brasileira de Geociências*, Rio de Janeiro, V.15, p.273-286, 1985.

FOLK, R.L. 1974. *Petrology of Sedimentary rocks*. 2.ed. Austin, Hemphill Publ. Co., 184p.

FONTANELLI, R.P. 2007. Proveniência dos arenitos-reservatórios de água profunda do campo de Jubarte, Bacia de Campos, Margem Continental Brasileira. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Dissertação de Mestrado, 119p.

HEILBRON. M. *et al.* A Orogênese Brasileira no segmento Central da Faixa Ribeira, Brasil, Rio de Janeiro, *Revista Brasileira de Geociências*. Rio de Janeiro, v.25, n.4, p.249-266,1995.

LAMEGO, A.R. 1955. Geologia das Quadrículas de Campos , São Tomé , Lagoa Feia e Xexé. Rio de Janeiro, DNPM/ DGM, Boletim 154: 1-60.

MARTIN, L.; SUGUIO, K.; FLEXOR, J.-M.; DOMINGUEZ, J.M.L. As flutuações de nível do mar durante o Quaternário Superior e a evolução geológica de "deltas "brasileiros". Boletim IG - USP, São Paulo: Publicação Especial 15, 1993. 186pp.

MARTIN, L.; SUGUIO, K.; FLEXOR, J.-M.; DOMINGUEZ, J.M.L.; AZEVEDO, A.E.G. 1984. Evolução da planície costeira do rio Paraíba do Sul (RJ) durante o Quaternário: influência das variações do nível do mar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33, Rio de Janeiro, 1984. *Resumos expandidos*, Rio de Janeiro, SBG, v.1, p.84-97.

SILVA, C.G. 1987. Estudo da evolução geológica e geomorfologia da região da Lagoa Feia, RJ. Dissertação de Mestrado, 160p, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

TOMAZ, E.A. 2005. Mapeamento de paleocanais ao longo da planície costeira do rio Paraíba do Sul e plataforma continental da bacia de Campos e sua possível relação com a evolução do canyon Almirante Câmara. Dissertação de Mestrado, 89p. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

Anexo A - Parâmetros estatísticos de análise granulométrica

A aplicação dos parâmetros estatísticos, descreve quantitativamente as feições das curvas granulométricas; esses valores podem ser tabulados e até indicadores de ambientes de sedimentação diferentes.

Folk (1968), define que moda é uma propriedade que representa o diâmetro da partícula que mais ocorre em uma dada distribuição granulométrica.

Este parâmetro estatístico apresenta importância na avaliação da gênese do sedimento, transporte de sedimentos, principalmente quando duas ou mais fontes contribuem. O diâmetro modal tende a permanecer constante em algumas áreas, enquanto que em outras pode variar bastante. Além disso, esta propriedade é difícil determinar independente do tamanho do grão do resto dos sedimentos.

Segundo Folk (1968), a média é determinada através da medida gráfica dada pela fórmula: $Mz = (\phi 16 + \phi 50 + \phi 84)/3$.

Os valores resultantes da média são superiores à mediana porque é baseado em três pontos e apresenta uma melhor distribuição de valores. Folk (1968), afirma que as medidas de tendência central são avaliadas para determinar a uniformidade de distribuição e seleção dos sedimentos.

Desvio padrão é uma ótima medida de seleção dos grãos, apesar de apenas considerar os dois valores centrais da curva. O cálculo é dado pela fórmula: $S_i = (\phi 84 - \phi 16)/4 + (\phi 95 - \phi 5)/6,6$. Esta fórmula inclui 90% da distribuição dos sedimentos e a seleção, sendo a média do desvio calculado para $\phi 16$ e $\phi 84$ e $\phi 5$ e $\phi 95$.

Tabela 1 - Valores de seleção e grau de classificação

Valores de ϕ	Seleção
> 0,35	Muito bem selecionado
0,35 – 0,50	Bem selecionado
0,5 – 0,71	Moderamente bem selecionado
1,0 – 2,0	Moderamente selecionado
2,0 – 4,0	Pobremente selecionado
< 4,0	Muito pobremente selecionado

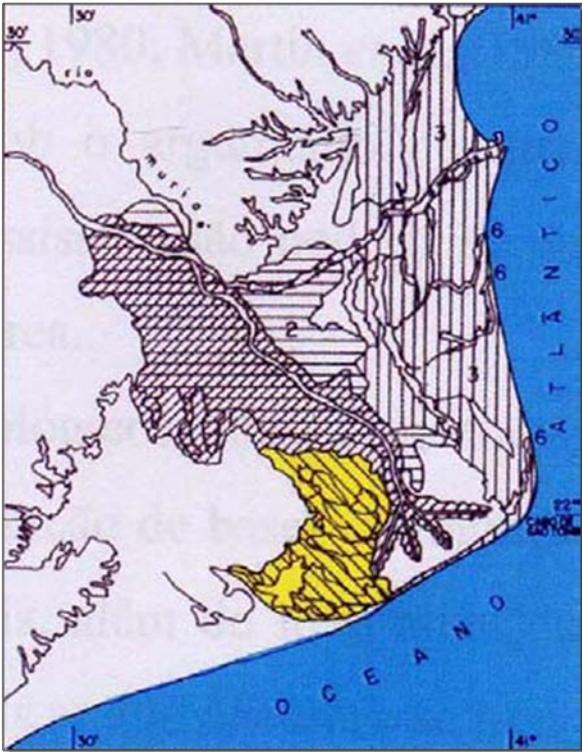
Anexo B - Modelos de evolução da planície costeira do delta do rio Paraíba do Sul.

Figura 1-Fases de progradação deltáica do rio Paraíba do Sul (modificado por Lamego,1955).

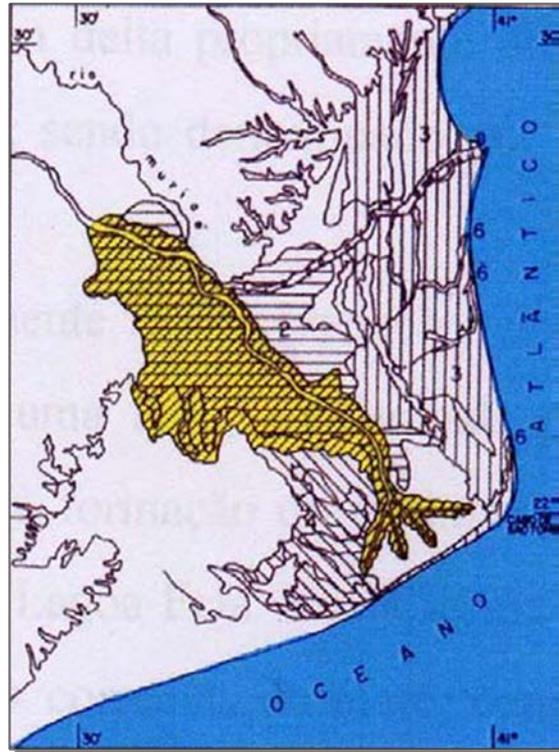
Figura 2-Esquema evolutivo, durante os últimos 120 ka das planícies de cordões litorâneos associadas às desembocaduras dos Rios São Francisco, Jequitinhonha, Doce e Paraíba do Sul (segundo Dominguez, 1990).

Quadro 1-Esquema de evolução do complexo deltaico do rio Paraíba do Sul (Segundo, Martin et al., 1983,1984)

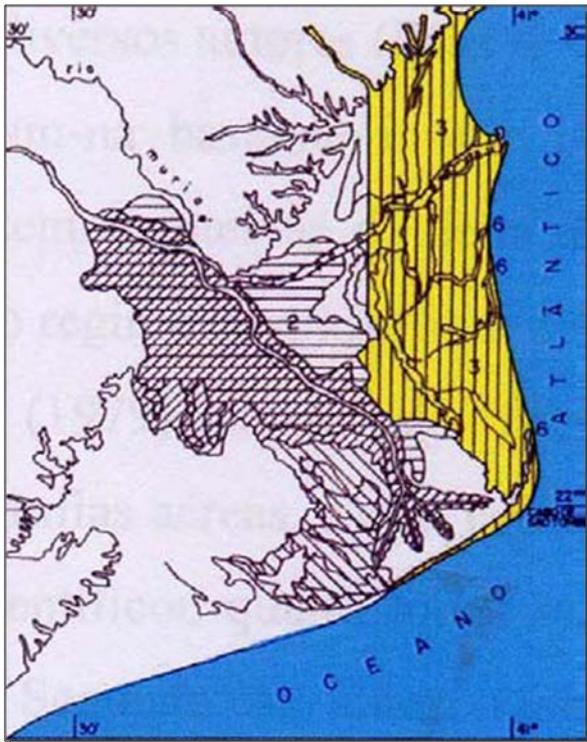
Quadro 2- Esquema de evolução para a região de Lagoa Feia e complexo deltaico do rio Paraíba do Sul (Silva, 1987).



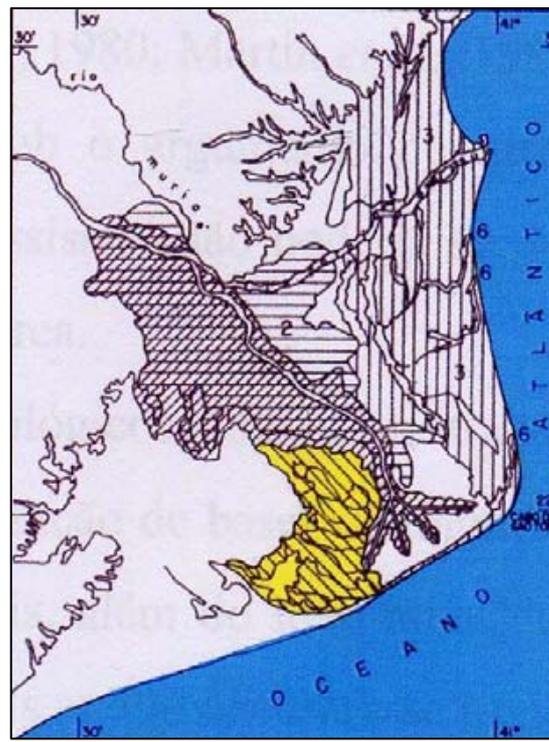
1ª Fase de evolução delta tipo Mississípi



2ª Fase de evolução delta tipo Ródano



3ª Fase de evolução, delta do tipo Paraíba



4ª Fase de evolução delta de maré da lagoa Feia

Figura 1-Fases de progradação deltáica do rio Paraíba do Sul (modificado por Lamego, 1955).

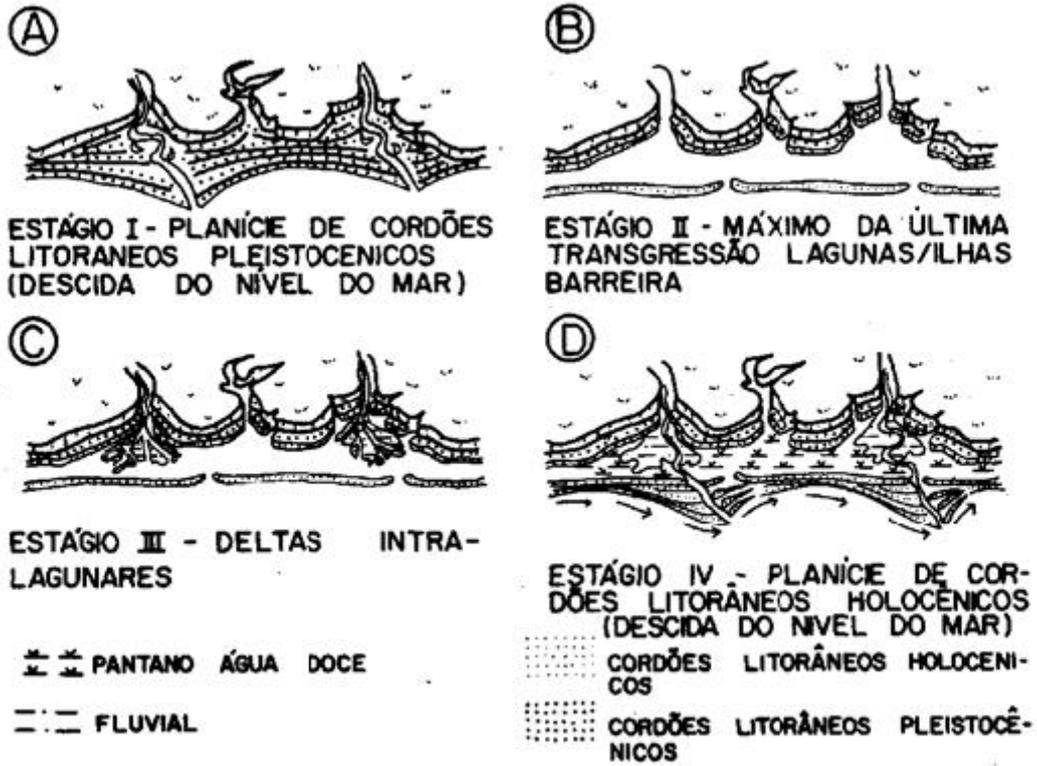
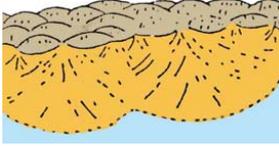
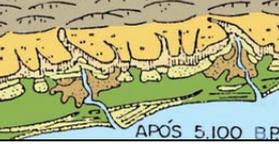
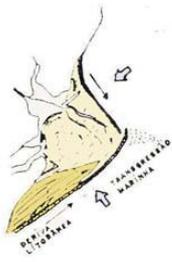


Figura 2 - Esquema evolutivo, durante os últimos 120 ka das planícies de cordões litorâneos associadas às desembocaduras dos Rios São Francisco, Jequitinhonha, Doce, e Paraíba do Sul (segundo Dominguez, 1990).

Quadro 1 - Esquema de evolução do complexo deltaico do rio Paraíba do Sul (Segundo, Martin *et al.*, 1983,1984).

Fases de evolução	Descrição evolutiva	Esquema evolutivo
A	Clima semi-árido, nível relativo do mar abaixo do atual e deposição de sedimentos da Formação Barreiras	
B	Subida relativa do nível do mar impede a sedimentação da Formação Barreiras demarcando por vales entalhados, e formando uma linha de falésias.	
C	Regressão marinha, dá início à formação de depósitos de leques aluviais incostados nas falésias esculpidas na Formação Barreiras.	
D	Máximo da penúltima transgressão marinha (123.000 A .P.), erode as planícies costeiras depositadas anteriormente. Os vales fluviais são afogados e originam lagunas e estuários.	
E	Fase de regressão marinha permite a construção da planície costeira pleistocência progradante.	
F	Corresponde ao máximo da última transgressão marinha (7.000 a 5.100 A. P.), provoca a erosão dos terraços arenosos pleistocênicos e inicia-se a formação de lagunas e ilhas – barreira.	
G	Construção de deltas intralagunares provoca o assoreamento das lagunas.	
H	Inicia-se a construção dos terraços marinholocênicos e a transformação das lagunas em lagoas, devido a inserção de água Salgada na fase anterior.	

Quadro 2 - Esquema de evolução para a região de Lagoa Feia e complexo deltaico do rio Paraíba do Sul (Silva, 1987).

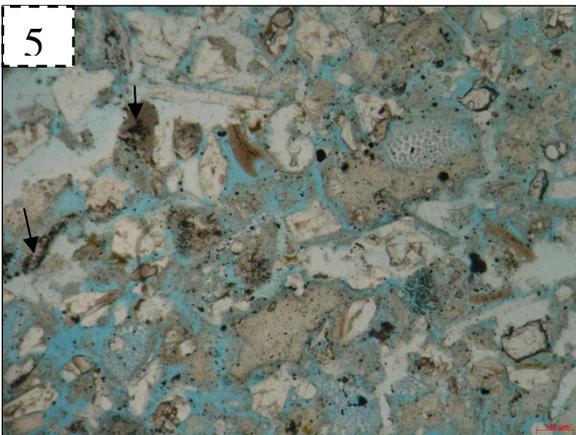
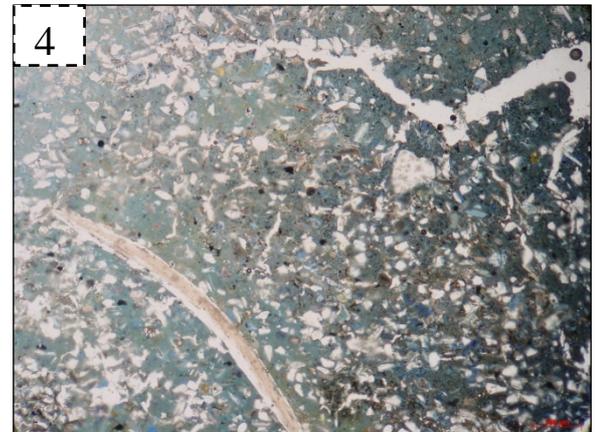
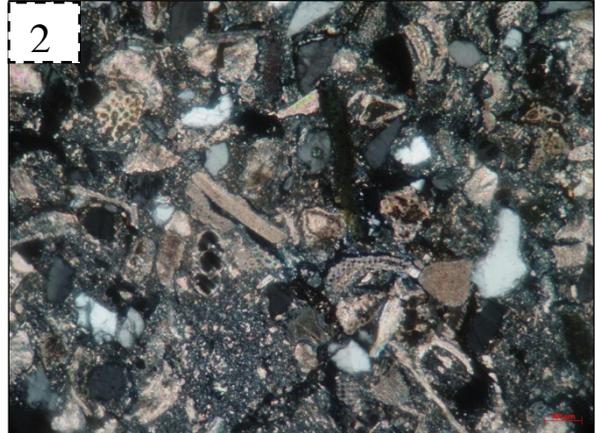
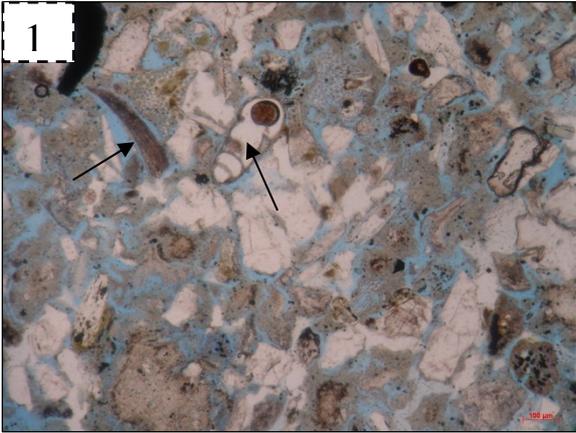
Fases de evolução	Descrição evolutiva	Esquema evolutivo
A	Transgressão provoca o afogamento e erosão parcial da Formação Barreiras	
B	Regressão permite a formação de cristas de praia paralelas à orientação das paleofalésias da Formação Barreiras	
C	Transgressão marinha (120.000 anos A.P.) provoca o truncamento das cristas de praia formadas anteriormente	
D	Regressão marinha (15.000 anos A.P.), iniciase a formação de um novo sistema de cristas de praia remanescente da Lagoa Feia, que truncou o sistema de cristas de praia formadona fase B.	
E	Última transgressão holocênica (5.000 anos A.P.) provocou o afogamento de grande parte das planícies de cristas arenosas formadas na fase D, individualizou uma extensa laguna que originou a Lagoa Feia. Ocorreu a mudança na orientação do rio Paraíba do Sul para a posição atual.	
F	A fase atual é caracterizada pelo assoreamento progressivo da Lagoa por sedimentação fluvial, e como conseqüência a formação de deltas intralagunares	

Apendice A – Estampas de ilustração das lâminas petrográficas

Estampa 1

- (1) Fotomicrografia de moluscos e foraminíferos. Nicol paralelo.
Profundidade 36,05m, aumento 2,5x
- (2) Fotomicrografia de foraminíferos e gastrópodes. Nicol cruzado.
Profundidade 32,05m. Aumento 2,5x
- (3) Fotomicrografia de bioclastos. Nicol paralelo.
Profundidade 32,05m. Aumento 2,5x
- (4) Fotomicrografia de bioclasto. Nicol paralelo. Profundidade 32,5m.
Aumento 2,5x
- (5) Fotomicrografia de pirita framboidal substituindo bioclastos.
Nicol paralelo. Profundidade 36,05m. Aumento 2,5x.

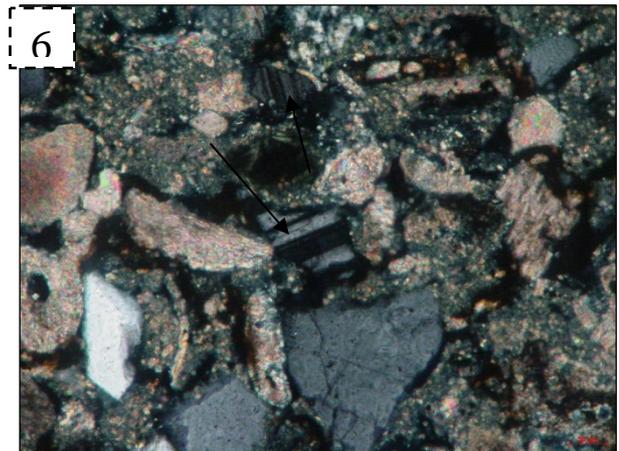
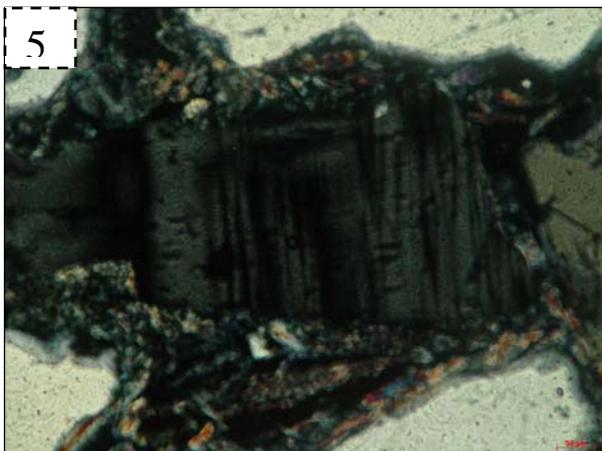
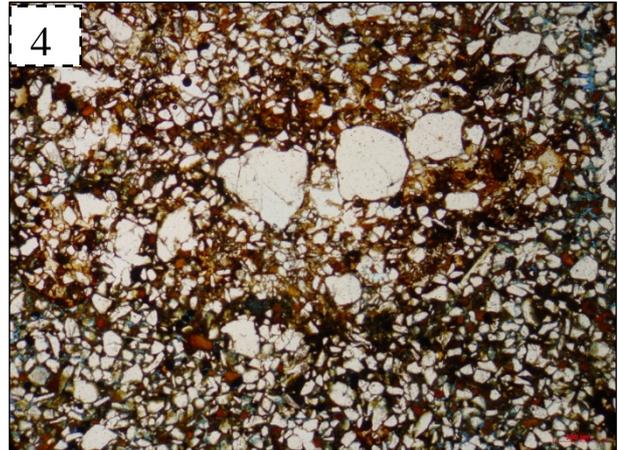
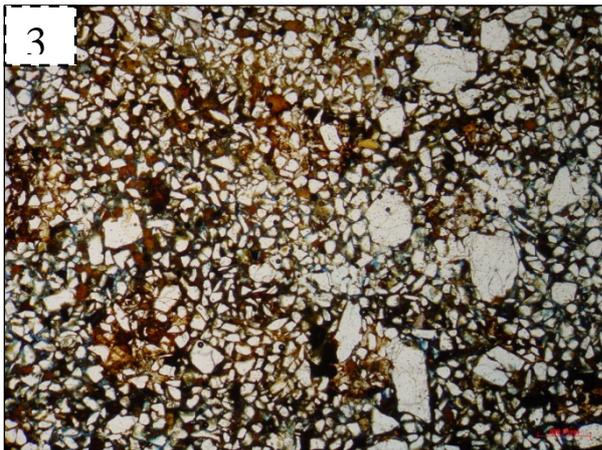
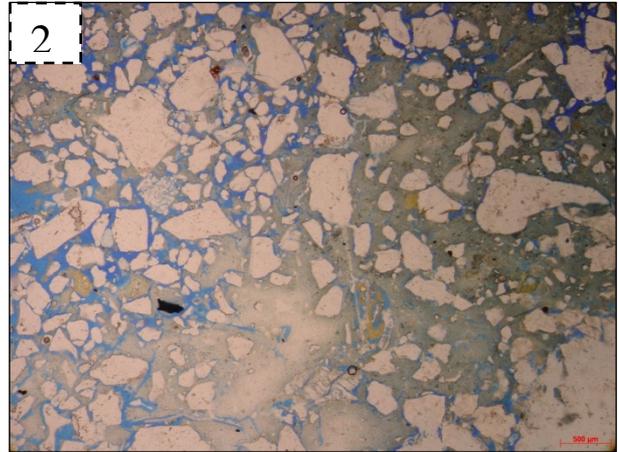
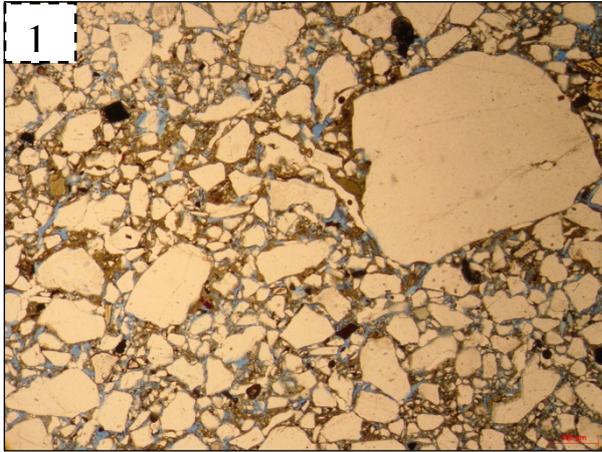
Estampa I



Estampa II

- (1) Fotomicrografia da bimodalidade das areias. Nicol paralelo. Profundidade 80,3m. Aumento 2,5x.
- (2) Fotomicrografia da bimodalidade das areias. Nicol paralelo. Profundidade 54,3m. Aumento 2,5x.
- (3) Fotomicrografia de cimentação por hematita. Nicol paralelo. Profundidade 54,3m. Aumento 2,5x
- (4) Fotomicrografia de litoclasto. Nicol paralelo. Profundidade 54,3m. Aumento 2,5x.
- (5) Fotomicrografia de plagioclásio. Nicol cruzado. Profundidade 118,80m. Aumento 10x.
- (6) Fotomicrografia de plagioclásio. Nicol cruzado. Profundidade 33,05m. Aumento 10x.

Estampa II



Estampa III

- (1) Fotomicrografia de grãos de quartzo monocristalino com inclusões de zircão e apatita. Nicól cruzado. Profundidade 80,3m. Aumento 10x.
- (2) Fotomicrografia de grão de quartzo policristalino. Nicol cruzado. Profundidade 74,7m. Aumento 2,5x.
- (3) Fotomicrografia de micas. Nicóis paralelos. Profundidade 58m. Aumento 2,5x.
- (3) Fotomicrografia de micas. Nicol cruzado. Profundidade de 58m. Aumento 2,5x.
- (5) Fotomicrografia de plagioclásio dissolvido. Nicol cruzado. Profundidade 36,05m. Aumento 10x
- (7) Fotomicrografia de microclina euédrica. Nicol cruzado. Profundidade 36,05m. Aumento 10x.

Estampa III

