

COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA DA FRAÇÃO ARGILOSA NOS SEDIMENTOS SUPERFICIAIS DE FUNDO DA REGIÃO ESTUARINA DO COMPLEXO INDUSTRIAL E PORTUÁRIO DE SUAPE (PE)

Luciano Cintrão Barros¹
Lúcia Maria Mafra Valença^{1,2}
João Adauto Souza Neto^{1,2}

doi: 10.18190/1980-8208/estudosgeologicos.v25n1p165-174

¹Programa de Pós-Graduação em Geociências, CTG-UFPE, cintrao@yahoo.com.br

²Departamento de Geologia, CTG-UFPE, lmmv@ufpe.br, adauto@ufpe.br

RESUMO

A geologia da região do Complexo Industrial e Portuário de Suape é constituída basicamente por riolitos, traquitos, basaltos, (Suíte Ipojuca), embasamento cristalino (Rochas Metamórficas do Complexo Belém do São Francisco e as rochas graníticas neoproterozoicas), conglomerados, arenitos arcoseanos e siltitos (Formação Cabo), calcários (Formação Estiva), conglomerados, arenitos e argilitos (Formação Barreiras) e depósitos sedimentares quaternários. O objetivo principal desta pesquisa foi identificar os minerais presentes na fração fina ($< 4\mu\text{m}$) dos sedimentos superficiais de fundo da região estuarina de Suape, permitindo discutir a proveniência destes. Foram coletadas 13 amostras em estações de amostragem estrategicamente dispostas na área de estudo, visando uma melhor representatividade da região estuarina. Posteriormente foi analisada a fração fina destas amostras por difratometria de Raios-X, através da varredura pelo método de Pó (*Debye-Scherrer*), com faixa entre 2 a 50 ϕ . Os resultados identificaram a presença de quartzo, muscovita, calcita e ortoclásio, além de caulinita e esmectita. Quartzo e caulinita destacam-se como as fases minerais dominantes na região estudada, predominando em todas as amostras. A distribuição do quartzo foi condicionada pelos tributários que atravessam distintas formações geológicas, pela hidrodinâmica dos estuários, que favorece a acumulação deste mineral, e pelo retrabalhamento dos materiais das margens. A fonte da caulinita provavelmente são as rochas sedimentares da Formação Cabo, Formação Barreiras, rochas do embasamento cristalino e vulcânicas. Das amostras investigadas, 38 % apresentam calcita, que provavelmente tem sua origem relacionada à ocorrência das rochas sedimentares carbonáticas da Formação Estiva (Ilha de Cocaia). Alternativamente a calcita pode ter uma origem bioclástica, preferencialmente nas amostras coletadas nas proximidades da Baía de Suape e do Rio Tatuoca. Muscovita foi encontrada em 54% das amostras dos sedimentos estudados, e tem sua possível origem no intemperismo das rochas granítico-gnáissicas e rochas graníticas neoproterozoicas do embasamento cristalino presente a oeste da área de estudo. Ortoclásio foi encontrado em apenas uma amostra, que foi coletada na região próxima ao embasamento cristalino, do qual possivelmente foi originado. Esmectita foi encontrada nas imediações do Canal Retificado e no Riacho Ilha da Cana, ocorrendo em aproximadamente 23% das amostras. As possíveis fontes da esmectita na área de estudo estão relacionadas provavelmente à alteração de feldspatos constituintes das Formações Cabo e Barreiras e embasamento cristalino. Conclui-se que entre dos argilominerais encontrados na pesquisa, a presença das esmectitas coincide com local de maior potencial de retenção de metais pesados, tendo sido revelado a ocorrência na estação ao norte do Canal Retificado.

Palavras-chave: Sedimentos de fundo, composição mineralógica, difratometria de raios-x, metais pesados, Porto de Suape.

ABSTRACT

The geology of the region of the Port and Industrial Complex of Suape is composed essentially of rhyolites, trachytes and basalts (Ipojuca Suite), crystalline basement (metamorphic rocks of the Belém do São Francisco Complex and Neoproterozoic granitic rocks), conglomerates, feldspatic sandstones and silt (Cabo Formation), limestone (Estiva Formation), conglomerates, sandstones and clays (Barreiras Formation) and sedimentary Quaternary deposits. The main goal of this research was to identify the minerals in the fine fraction ($< 4\mu\text{m}$) of bottom top sediments from the estuary region of Suape, favoring the discussion of provenience. Thirteen samples were collected covering the study area, aiming its better representativeness. The fine fraction was analyzed using X-ray diffractometer, trough scanning using the dust method (*Debye-Scherrer*), in the interval from 2 to 50 ϕ . The results show the occurrence of quartz, muscovite, calcite and orthoclase, besides kaolinite and smectite. Quartz and kaolinite are the main mineral phases in all studied samples. The distribution of quartz was controlled by the tributary rivers that cross distinct geologic formations, by the hydrodynamics of the estuary that favors the accumulation of this mineral, and by the reworking of the margins materials. The source of kaolinite is probably the sedimentary rocks of the Cabo and Barreiras Formations, crystalline basement and volcanic rocks. From the analyzed samples 38% have calcite, that has its origin related to the occurrence of carbonatic sedimentary rocks of the Estiva Formation (Cocaia island). As an alternative the calcite may have a bioclastic origin, mainly in the samples collected in the vicinities of the Suape bay and Tatuoca river. Muscovite was found in 54 % of the samples and has its possible origin from the weathering granitic-gneissic and Neoproterozoic granitic basement in the western portion of the study area. Orthoclase was found in only one sample that was collected in a region close to the crystalline basement. Smectite was found in the vicinities of the rectified channel and in the stream of Ilha da Cana, occurring in approximately 23% of the samples. The probable sources of smectite in the study area are probably related to weathering of feldspars from the Cabo and Barreiras Formations and crystalline basement. Among the clay minerals found in this research the occurrence of smectite coincides with the region of the greatest potential for retention of heavy minerals, with one occurrence located in the sampling station to the north of the rectified Chanel.

Keywords: Bottom sediments, mineralogical composition, x-ray diffractometry, heavy metals, Suape Port.

INTRODUÇÃO

Os estuários são sistemas extremamente resistentes à ação antrópica, regidos pela interação de diversos processos físico-químicos, hidrodinâmicos, morfológicos e biológicos, por isso torna-se de suma importância o estudo deste ambiente com um todo.

Apesar da relevância dos estuários tropicais, tais como, funções ecológicas (servem de refúgio para

diversas espécies) e socioeconômicas (abrigam cidades e portos), ainda há grande escassez de dados e informações acerca dos processos físicos, químicos, biológicos e hidrológicos que controlam a sustentabilidade destes ambientes (Kitheca et al., 2004; Wolanski & Spagnol, 2003 in Dias, 2007). Entretanto, poucos estuários são efetivamente conhecidos ao ponto de permitir que este conhecimento forneça bases para tomadas de decisões visando

o seu desenvolvimento e exploração de forma sustentável (Schettini, 2002).

De acordo com Rodrigues (2009) o aporte de nutrientes dos estuários é imprescindível para a produção primária, colocando esses sistemas entre os mais produtivos do planeta, com elevadas taxas de produção primária e teores de biomassa autótrofa e heterótrofa.

A área de estudo desta pesquisa está localizada no limite sul da Região Metropolitana do Recife (RMR), na divisa entre os municípios do Cabo de Santo Agostinho e Ipojuca (Pernambuco), compreendendo os estuários dos rios Tatuoca e Massangana, riachos Ilha da Cana e Algodoais, Baía de Suape e Canal Retificado (Fig. 1), abrangendo uma área de aproximadamente de 136 km².

CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DA ÁREA DE ESTUDO

O clima na região de estudo é quente e úmido pseudo-tropical, do tipo As', segundo a classificação de Köppen. O índice pluviométrico oscila entre 1.850 a 2.364 mm anuais. A temperatura regional anual média é da ordem de 24°C, com umidade relativa anual média acima de 80% e predominância de ventos de sudeste (Nimer, 1979).

A compartimentação geomorfológica da região de Suape reconhece três compartimentos distintos: domínio colinoso, rampas de colúvio e a planície costeira (Neumann,

1991). Segundo Guerra (1998) predominam no local os seguintes tipos de solos: Latossolos Amarelos, Argissolos (Amarelos, Vermelho-Amarelos), Nitossolos (Terra Roxa), Gleissolos, Espodossolos (Podzol), Organossolos (solos de mangue) e Neossolos (areias quartzosas e areias quartzosas marinhas). As unidades geológicas que ocorrem na região são constituídas basicamente por riolitos, traquitos, basaltos, granitos, etc. (Suíte Ipojuca), conglomerados, arenitos arcoseanos e siltitos (Formação Cabo), calcários (Formação Estiva) e Formação Barreiras e depósitos quaternários (Lima Filho, 1998).

Do ponto de vista oceanográfico, o regime de maré na região de Suape caracteriza-se pelo tipo semi-diurna, com período médio de 12 h e 30 min., apresentando duas preamares e duas baixa-mares por dia. Os valores representativos da altura da maré são: 2,40 m para sizígia máxima, 2,10 m para sizígia média, 1,10 m para maré intermediária e 0,70 m para quadratura. Enquanto o regime de ondas observado prevalece no período de outono e primavera, há uma predominância de valores em torno de 1,0 m. No verão oscilam entre 0,85 e 1,0 m, e no inverno alcançam os maiores valores anuais, em torno de 1,25 m. A altura significativa média anual na área já referida atinge 1,11 m. Os períodos das ondas ficam em torno de 6,5 s, para as condições de outono, inverno, primavera, e 5,0 s, no verão, sendo que o período médio é de 6,28 s.

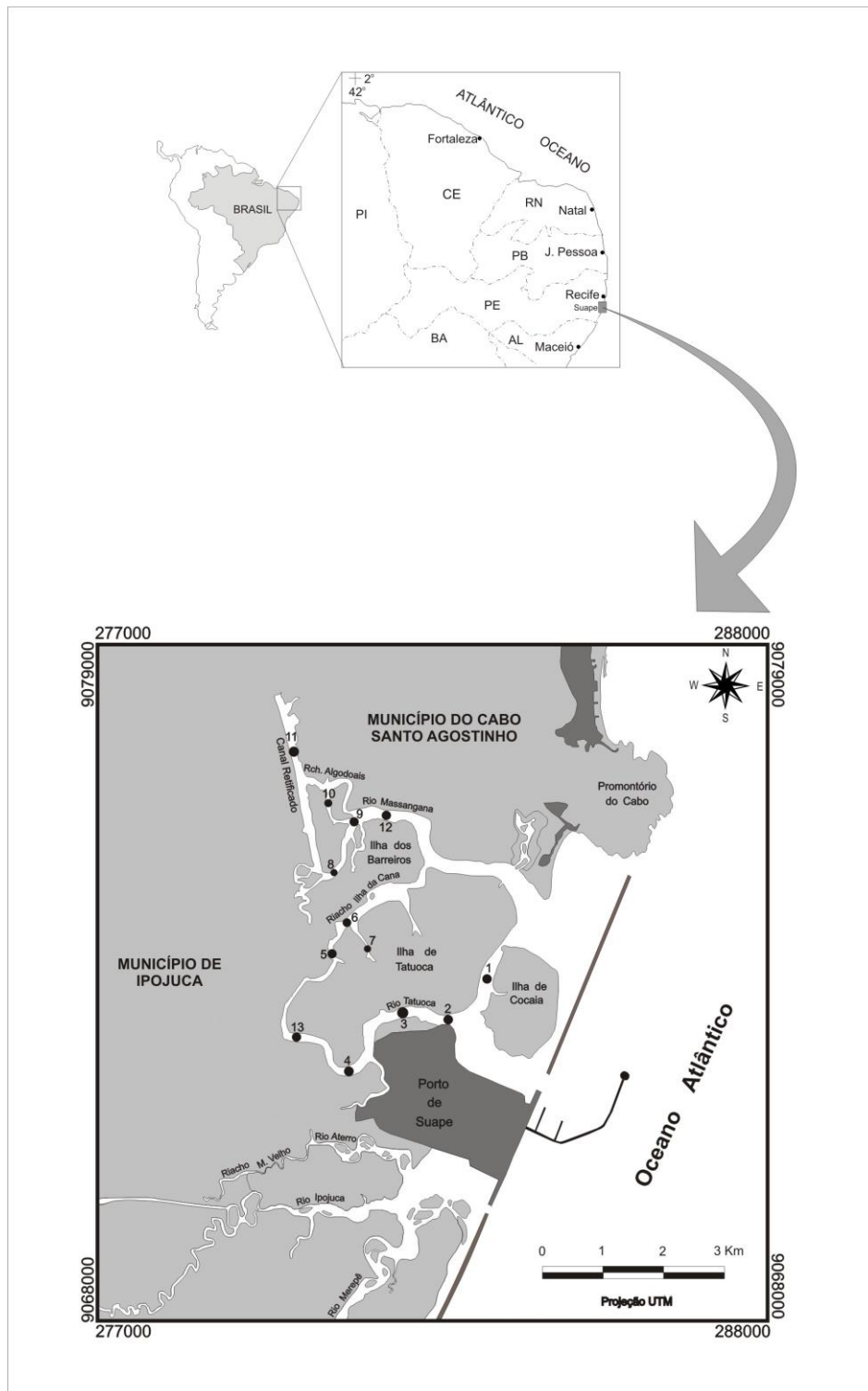


Figura 1. Mapa de localização da região estuarina de Suape com as estações de amostragem de sedimento de fundo superficial, no canal do rio Tatuoca (2, 3, 4 e 13), no rio Massangana (8, 9 e 12), riacho Ilha da Cana (5, 6 e 7), riacho Algodoais (10), Canal Retificado (11) e Baía de Suape (1). Fonte: FIDEM (2002).

MATERIAIS E MÉTODOS

Em junho de 2006 (estação chuvosa) foram realizadas 13 coletas de amostras na região estuarina de Suape em estações estrategicamente localizadas para representar espacialmente toda área de estudo. Durante a coleta utilizou-se um amostrador do tipo *Van Veen* na região central dos canais estuarinos, em locais com predominância da fração lamosa. A distribuição das amostras ocorreu da seguinte forma: duas no estuário do rio Massangana (estações 8, 9 e 12), quatro no estuário do rio Tatuoca (estações 2, 3, 4 e 13), três no Riacho Ilha da Cana (estações 5, 6 e 7) e uma no Canal Retificado (estação 11), no Riacho Algodoados (estação 10) e na Baía de Suape (estação 1) (Fig. 1). As amostras foram armazenadas em sacos plásticos e transportadas para o laboratório. Em seguida foram secas a temperatura ambiente para caracterização granulométrica.

A determinação granulométrica das amostras teve como finalidade a separação da fração fina ($< 4\mu\text{m}$) para realização nas análises de Difratometria de Raios-X (DRX), visando à determinação da mineralogia dos argilominerais, que usualmente encontram-se nesta fração granulométrica. A separação granulométrica foi realizada com material seco, com auxílio de peneiras metálicas.

As análises de Difratometria de Raios-X (DRX) foram realizadas no Laboratório de Difratometria de Raios-X, Departamento de Física da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), através do método de Pó (*Debye-Scherrer*). Por este método, 1g de cada amostra foi colocado em lâminas de vidro. Com as lâminas preparadas, foram realizadas as análises difratométricas em um difratômetro da

marca Siemens modelo 5000, que dispõe do programa conhecido como EVA, com versão de 9.0 da Diffrac-AT, com velocidade de varredura $1\phi/\text{m}$, faixa de varredura de 2 a 50ϕ , com procura automática de picos e suavização de curvas (APHA, 2005).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os argilominerais são as mais importantes fases que controlam os contaminantes químicos no meio ambiente, pois, contêm o potencial de reter elementos químicos. O tipo de argilomineral é determinante, em relação ao maior ou menor potencial de reter elementos químicos em sua estrutura cristalina (e.g. caulinita menor retenção de elementos químicos do que esmectita-montmorilonita).

De acordo com os resultados obtidos nos difratogramas (Fig. 2) a assembléia mineralógica da fração argilosa encontrada nos sedimentos estuarinos é formada por seis fases minerais principais, a saber: por quartzo, caulinita, muscovita, calcita, esmectita e ortoclásio. Os resultados revelaram que as amostras possuem pouca heterogeneidade (Tab. 1). A amostragem foi conduzida apenas na estação chuvosa.

As amostras possuem a predominância de quartzo e caulinita sobre os demais minerais encontrados. A fonte do quartzo e da caulinita encontrados é possivelmente as rochas que afloraram na área de estudo, que são compostas principalmente por arenitos, folhelhos e conglomerados. Estes minerais chegam às regiões estuarinas através dos cursos d'água oriundos do interior das zonas continentais ou através de mecanismos antropogênicos, tais como processos erosivos oriundos de desmatamentos e dragagens dos canais.

COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA DA FRAÇÃO ARGILOSA NOS SEDIMENTOS SUPERFICIAIS...

O quartzo (SiO₂) foi identificado nas amostras de sedimento de fundo de todas as estações investigadas, indicando assim que sua presença pode estar relacionada a intensos processos de transporte, ou seja, percorrido

distâncias maiores ao longo do rio, em função da sua resistência ao intemperismo. Não foi possível observar a proveniência do quartzo no estudo realizado.

Tabela 1. Distribuição dos minerais identificados por difratometria de raios-X nas amostras de sedimento de fundo superficial da Região Estuarina de Suape.

Amostra \ Mineral	Quartzo	Caulinita	Muscovita	Calcita	Esmectita	Ortoclásio
Estação 01 (Baía de Suape)	X	X		X		
Estação 02 (Rio Tatuoca)	X	X	X			
Estação 03 (Rio Tatuoca)	X	X		X		
Estação 04 (Rio Tatuoca)	X	X		X		
Estação 05 (Riacho Ilha da Cana)	X	X			X	
Estação 06 (Riacho Ilha da Cana)	X	X			X	
Estação 07 (Riacho Ilha da Cana)	X	X		X		
Estação 08 (Rio Massangana)	X	X	X			
Estação 09 (Rio Massangana)	X	X	X			
Estação 10 (Riacho Algoduais)	X	X		X		
Estação 11 (Canal Retificado)	X	X	X		X	
Estação 12 (Rio Massangana)	X	X	X			X
Estação 13 (Rio Tatuoca)	X	X	X			

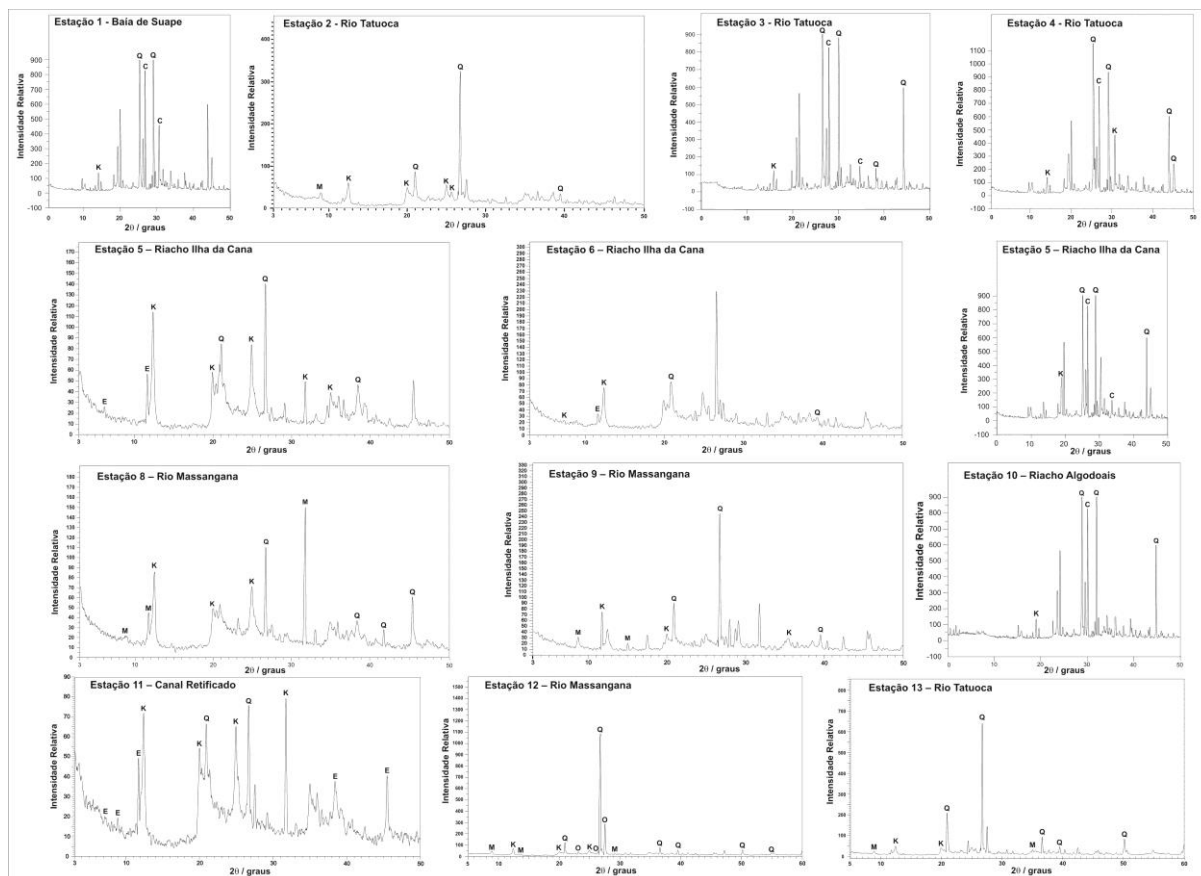


Figura 2. Difratomogramas de raios – X das amostras de sedimentos de fundo superficiais das várias estações de amostragem investigadas na região estuarina de Suape (PE). Abreviações: C: Calcita, E: Esmectita, K: Caulinita, M: Muscovita, O: Ortoclásio e Q: Quartzo.

Calcita (CaCO_3) foi encontrada em 38% das amostras estudadas, e provavelmente tem sua origem relacionada à ocorrência dos sedimentos carbonáticos da Formação Estiva (ocorre na Ilha de Cocaia, por exemplo: Estação 01 e Fig.01). Pode ter também sua origem bioclástica, especificamente nas amostras localizadas nas proximidades da Baía de Suape e do rio Tatuoca, onde se encontra bancos de fragmentos bioclásticos. Na região do rio Tatuoca (Estações 3 e 4) sua presença pode estar associada a fontes antrópicas, tais como o despejo de restos de conchas, por parte dos pescadores da região.

Muscovita ($\text{KAl}_3\text{SiO}_{10}(\text{OH})_2$) presente na maior parte dos sedimentos estuarinos pode estar associada ao

produto do intemperismo das rochas granítico-gnáissicas do embasamento cristalino presente a oeste da área de estudo segundo, uma vez que estas rochas são as que possuem este mineral dentre as que ocorrem na região à montante segundo Valença (1993). A muscovita pode ser encontrada na fração fina, visto que a falta de (Fe) em sua composição não favorece as reações de oxidação tornando-a relativamente mais resistente ao intemperismo. Sua presença foi detectada principalmente nas imediações da Formação Cabo no estuário do rio Massangana (Estações 8, 9 e 12) e no rio Tatuoca (Estações 2 e 13), aparecendo em 54% das estações de amostragem investigadas na região.

Ortoclásio (KAlSi_3O_8) é o constituinte comum da maioria dos

granitos e outras rochas ígneas félsicas, como aquelas presentes no embasamento da unidade geológica da Suíte Ipojuca, que ocorrem nas imediações da região de estudo. É o mineral considerado mais resistente ao intemperismo dentre os demais do grupo dos feldspatos. Foi encontrado em apenas uma amostra, justamente nas áreas mais próximas ao embasamento cristalino (Estação 12). Isto pode representar proximidade da área fonte deste mineral, pouca distância de transporte, portanto, que não é suficiente para provocar a degradação ou decomposição deste mineral.

Os argilominerais identificados na área de estudo foram a caulinita ($\text{Al}_4(\text{Si}_4\text{O}_{10})(\text{OH})_8$) e a esmectita ($((\text{OH})_4\text{Al}_4\text{Si}_8\text{O}_{20} \cdot x\text{H}_2\text{O})$). A caulinita é um argilomineral estável comum em sedimentos marinhos de baixas latitudes (Schulz & Zabel, 2006). Sua presença foi constatada em todas as amostras analisadas. A abundante presença deste filossilicato pode estar associada à intensa distribuição regular de precipitação pluviométrica anual nesta região, o que levaria à existência de soluções de solo desprovidas de sílica e bases nos solos continentais que cercam a área de estudo favorecendo sua formação (Righi & Meunier, 1995). Suas possíveis áreas-fontes na área de estudo seriam os sedimentos da Formação Cabo, Formação Barreiras, ou ainda alteração de feldspatos das rochas do Embasamento Cristalino e Vulcânicas (Valença, 1993).

Esmectita é considerada um argilomineral instável, ou seja, sofre constantes alterações ao longo do tempo. Podem se formar a partir da transformação de micas, feldspatos ou então diretamente da solução do solo (neogênese) (Borchardt, 1989). Outra fonte de esmectita seria o aporte por meio dos sistemas hídricos atuantes (rio e maré) o que definiria as esmectitas

detrítas (Fanning et al., 1989; Kelly & Webb, 1999; Harris & Whiting, 2000). A esmectita foi encontrada nas imediações do Canal Retificado (Estação 11) e no riacho Ilha da Cana (Estações 5 e 6), perfazendo aproximadamente 23% das amostras totais analisadas. Suas possíveis fontes na área de estudo estão relacionadas à Formação Cabo, Formação Barreiras e Embasamento Cristalino (Valença, 1993). As rochas cristalinas não apresentaram esmectitas, entretanto, as mesmas apresentam feldspatos que pode gerá-la. As rochas sedimentares podem ter esmectitas ou caulinita formadas por alteração de micas e feldspatos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A distribuição das fases minerais na fração fina dos sedimentos na região estuarina de Suape é constituída por quartzo, caulinita, muscovita, calcita, esmectita e ortoclásio.

Os minerais detríticos (quartzo e argila) foram originados provavelmente de rochas mãe da região à montante da região estudada e composta principalmente por arenitos, folhelhos, conglomerados e gnaisses do embasamento cristalino, os quais devem ter chegado a esta região estuarina através do transporte em ambiente fluvial.

Verificou-se a predominância de quartzo e de caulinita em todas as amostras analisadas da fração pelítica, possivelmente provenientes do intemperismo das rochas fontes e transportados pelos cursos d'água, e no caso da caulinita, também pela argilização de minerais instáveis presentes no embasamento cristalino, como também pelo retrabalhamento do material das margens estuarinas (sedimentos da planície de inundação ou solos) e da própria entrada de

sedimentos detríticos oriundos da plataforma interna.

Estes resultados contribuem para a compreensão de importantes processos geoquímicos que ocorrem no ambiente estuarino de Suape, e servem de futuros prognósticos do potencial para a retenção de metais pesados nestes sedimentos.

A baixa concentração relativa de metais encontrados na região estuarina de Suape pode ter influência direta da abundante presença da caulinita nos sedimentos estudados, visto que, é uma fase mineral que apresenta uma baixa capacidade de troca catiônica segundo Kesler (1994), tendo portanto com pequena capacidade de troca de elementos com a coluna d'água e retenção de elementos químicos. Por outro lado, a presença de esmectita, em alguns locais indica sítios com maior potencial para retenção de metais pesados, tais como aqueles encontrados ao norte do Canal Retificado, segundo os dados de Barros (2009).

Agradecimentos

Os autores são expressam gratidão ao CNPq, pelo apoio financeiro e pela concessão da bolsa de doutorado (Processo N^o 141.725/2005-2) ao primeiro autor, essencial para o desenvolvimento desta pesquisa. Agradecem em especial às professoras Lucila Ester Prado Borges e Carlinda Campelo Farias e ao técnico "Sr. João", respectivamente pela interpretação e realização dos difratogramas, no Laboratório de Difractometria de Raios-X do Departamento de Física, da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

REFERÊNCIAS

- APHA, 2005. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 21^a ed. Washington: American Public Health Association. 1082p.
- Barros, L.C. 2009. *Estudos sedimentológicos, batimétricos e geoquímicos na região interna do Porto de Suape – PE*. Recife. Tese de Doutorado. Curso de Pós-Graduação em Geociências/UFPE. 186p.
- Borchardt, G.A. 1977. *Montmorillonite and other smectite Minerals*, 293-330pp. In: (eds. J Dixon & S Weed.). *Minerals in Soil Environment*. S.S.S.A. Misc. Publ. Madison, WI.
- Dias, F.J.S. 2007. *Modelagem hidrodinâmica das descargas fluviais para o estuário do rio Jaguaribe (CE)*. Dissertação de Mestrado. Instituto de Ciências do Mar. Universidade Federal do Ceará. 112pp.
- Fanning, D. S., Keramidas, V. Z., EL-Desoky, M. A. 1989. *Micas*. In: Dixon, J.B. & Weed, S.B., eds. *Minerals in soils environments*. 2.ed. Madison, Soil Science Society of America, 551-634p.
- FIDEM, 2002. *Carta de Nucleação Sul da Região Metropolitana do Recife*. Escala 1:20.000.
- Harris, L.C. & Whiting, B.M. 2000. *Sequence-stratigraphic significance of Miocene to Pliocene glauconite-rich layers, on-and offshore of the US mid - atlantic margin*. *Sedimentary Geology*, 34: 129-147.
- Kelly, J.C. & Webb, J.A. 1999. *The genesis of glaucony in the Oligo - Miocene Torquay group, southeastern Australia: petrographic and geochemical evidence*. *Sedimentary Geology*. v. 125, p. 99-114.
- Kesler, S.E. 1994. *Mineral resources, Economics and the Environment*.

- New York: MacMillan College Publishing Company, 391p.
- Lima Filho, M. 1998. *Análise Estratigráfica e Estrutural da Bacia Pernambuco*. Instituto de Geociências - USP, São Paulo. Tese de Doutorado, 180 p.
- Neumann, V.H.M.L. 1991. *Geomorfologia e sedimentologia quaternária da área de Suape, Pernambuco (Brasil)*. Recife. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-Graduação em Geociências/UFPE. 95p.
- Nimer, E. 1979. *Pluviometria e recursos hídricos dos estados de Pernambuco e Paraíba*. Rio de Janeiro: IBGE, 117p.
- Righi, D. & Meunier, A. 1995. *Origin of clays by rock weathering and soil formation*, 43-161 pp. In: Velde, B. (Ed.). *Origin and mineralogy of clays. Clays and the environment*. Berlin, Springer-Verlag.
- Rodrigues, C. S. P. 2009. *Perfil da comunidade microbiana e distribuição de nutrientes ao longo do estuário do rio Cachoeira (Ilhéus – Bahia)*. Dissertação de Mestrado. Ilhéus, BA: UESC. 42p.
- Schettini, C.A.F. 2002. *Caracterização física do estuário do rio Itajaí-Açu*. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Vol 7, p. 123-142.
- Schulz, H.D. & Zabel, M. 2006. *Marine Geochemistry*, 2nd revised, updated and extended edition. Editora Springer, 4, 125-168p.
- Valença, L. M. M. 1993. *Étude des altérations météoriques du littoral oriental du Nor-Est du Brésil*. Tese de Doutorado. Université Louis Pasteur, Strasb