

GRANULADOS LITOCLÁSTICOS

Cleverson G. Silva, Alberto G. Figueiredo Junior & Isa Brehme

Received August 22, 2000 / Accepted August 07, 2001

Granulados litoclásticos marinhos são as areias e cascalhos, originados do continente, depositados na plataforma continental e retrabalhados pela ação conjunta das ondas e correntes marinhas. A maioria dos depósitos são de granulados pretéritos, associados a episódios de nível de mar baixo, quando os canais fluviais e geleiras estendiam-se até a borda da plataforma continental, sendo posteriormente retrabalhados durante os eventos de elevação do nível do mar e remanescendo como depósitos afogados. Constituem importantes insumos minerais para uso industrial e para obras de engenharia costeira. A exploração destes bens minerais tem observado um aumento significativo nas últimas décadas, em associação com o decréscimo das reservas no continente. Representa uma indústria extrativa ativa, em diversas partes do mundo, onde destacam-se países como o Japão, Estados Unidos, Reino Unido, França e Dinamarca. No Brasil o conhecimento sobre estes recursos marinhos ainda é muito regional e os poucos projetos com utilização efetiva de granulados marinhos são para regeneração de praias em áreas metropolitanas com problemas de erosão costeira acentuada.

Palavras-chave: Processos sedimentares; Depósitos litoclásticos; Recursos minerais marinhos.

***SILICICLASTIC DEPOSITS** - Marine terrigenous clastics aggregates are composed of sand and gravel, of continental origin, deposited on the continental shelf and reworked by the combined effect of waves and coastal currents. Most deposits are associated with fluvial and glacial systems, which extended to the outer continental shelf during low-stands of the sea level. These deposits were further reworked during the subsequent marine transgression, remaining as relict drowned deposits on the present continental shelf. Today, they constitute important mineral source for industrial use and coastal restoration projects. The exploitation of these marine mineral deposits has experienced a significant increase during the last decades, in association with decreasing continental reserves. Today it represents an active mineral extraction activity in many continental shelves around the world, such as in Japan, United States, United Kingdom, France and Denmark, which are leading the world marine aggregates exploitation. The reconnaissance of the reserves in Brazilian waters is still very regional, and the use of marine aggregates is localized on metropolitan areas, associated with beach replenishment projects in severely eroded coasts.*

Key words: *Sedimentary processes; Lithoclastic deposits; Marine mineral resources.*

Universidade Federal Fluminense
Departamento de Geologia/Laboratório de Geologia Marinha – LAGEMAR
Av. Litorânea s.n., Gragoatá, Niterói, RJ, 24.210-340
Telefone e fax: (5521)2719-4241
Email: cleverson@igeo.uff.br

INTRODUÇÃO

Os sedimentos litoclásticos são originados pelo intemperismo e erosão de rochas ígneas, metamórficas e sedimentares e podem ser transportados para os ambientes litorâneos e marinhos por agentes continentais (rios, geleiras, vento) ou mesmo por eventos de escorregamentos de encostas, em regiões costeiras de relevo acentuado, concentrando-se na base de escarpas que atingem diretamente o litoral. Na linha de costa os minerais mais resistentes, conhecidos como “resistatos”, são concentrados pelos agentes marinhos, que promovem a deposição na foz de rios, planícies costeiras, praias e plataforma continental interna.

Na maior parte dos ambientes marinhos e litorâneos do mundo, os granulados litoclásticos são compostos predominantemente por areias quartzosas, de onde se deriva a denominação “siliciclástico”, em função da composição predominante SiO_2 , e secundariamente por outros minerais tais como feldspato, zirconita e ilmenita, bem como por fragmentos de rocha. Por possuírem granulometria variável, incluindo desde areias finas (0,250 – 0,125mm) até seixos (64,0 – 4,0 mm), emprega-se comumente o termo de “granulado” para descrição deste material detrítico.

Na plataforma continental, a maioria dos depósitos litoclásticos são de areias relíquias, isto é, “areias remanescentes de ambiente anterior distinto do atual”, conforme a definição de Emery (1952, 1968). Estas areias foram depositadas na plataforma continental por processos continentais associados a canais fluviais e geleiras, durante eventos pretéritos de rebaixamento do nível do mar que ocorreram durante os períodos glaciais. Nestas fases, quase toda a plataforma continental estava exposta e os depósitos fluviais e glaciais se estendiam até a atual plataforma continental externa, ou mesmo atingiam a região de quebra da plataforma e o talude continental através de cânions submarinos. Estes depósitos de nível de mar baixo podem ter sido parcialmente retrabalhados e afogados pelos diferentes eventos transgressivos que ocorreram durante o Período Quaternário, sendo então denominados de sedimentos “palimpsestos” (Swift et al., 1971).

Normalmente os granulados litoclásticos marinhos são utilizados na construção civil, no aterro hidráulico, na indústria química, na indústria de vidro, em abrasivos e para moldes de fundição. Mundialmente, depois dos hidrocarbonetos de petróleo, são atualmente os depósitos marinhos mais extraídos do fundo dos oceanos. Seus depósitos usualmente medem de dezenas a centena de metros de largura, centenas de quilômetros de extensão e 10 a 20 metros de espessura (Reineck and Singh, 1980).

GÊNESE DOS DEPÓSITOS

Os granulados litoclásticos ao alcançarem o litoral, são retrabalhados pelos agentes oceânicos, como as ondas, correntes marinhas e correntes de maré. Este processo origina os principais tipos de depósitos arenosos costeiros, como os cordões litorâneos e ilhas barreiras, os bancos de areia de desembocadura fluvial que compõem a frente deltaica e os deltas de maré enchente e vazante comumente presentes nas desembocaduras de canais de maré em sistemas lagunares e estuarinos (Fig. 1). A geometria e extensão destes depósitos são função de diversos fatores, dentre os quais o volume e disponibilidade do suprimento sedimentar, a granulometria e composição mineralógica dos sedimentos, a topografia antecedente do local de sedimentação e a intensidade e frequência dos agentes energéticos do meio receptor, acrescentando-se a tudo isto a recorrência da ação destes processos ao longo do tempo geológico.

Nas plataformas continentais em todo o mundo, a maioria dos depósitos litoclásticos é decorrente das mudanças do nível de mar relativo, que causaram a migração da linha de costa e a exposição ou afogamento da plataforma continental, respectivamente durante os eventos regressivos e transgressivos que se sucederam ao episódio de sedimentação. A estes eventos associam-se os processos de retrabalhamento, acúmulo, dispersão e seleção granulométrica dos sedimentos.

Em associação com os eventos de subida e descida do nível do mar, são reconhecidos, na planície costeira, dois principais arranjos estratigráficos, que correspondem respectivamente às seqüências

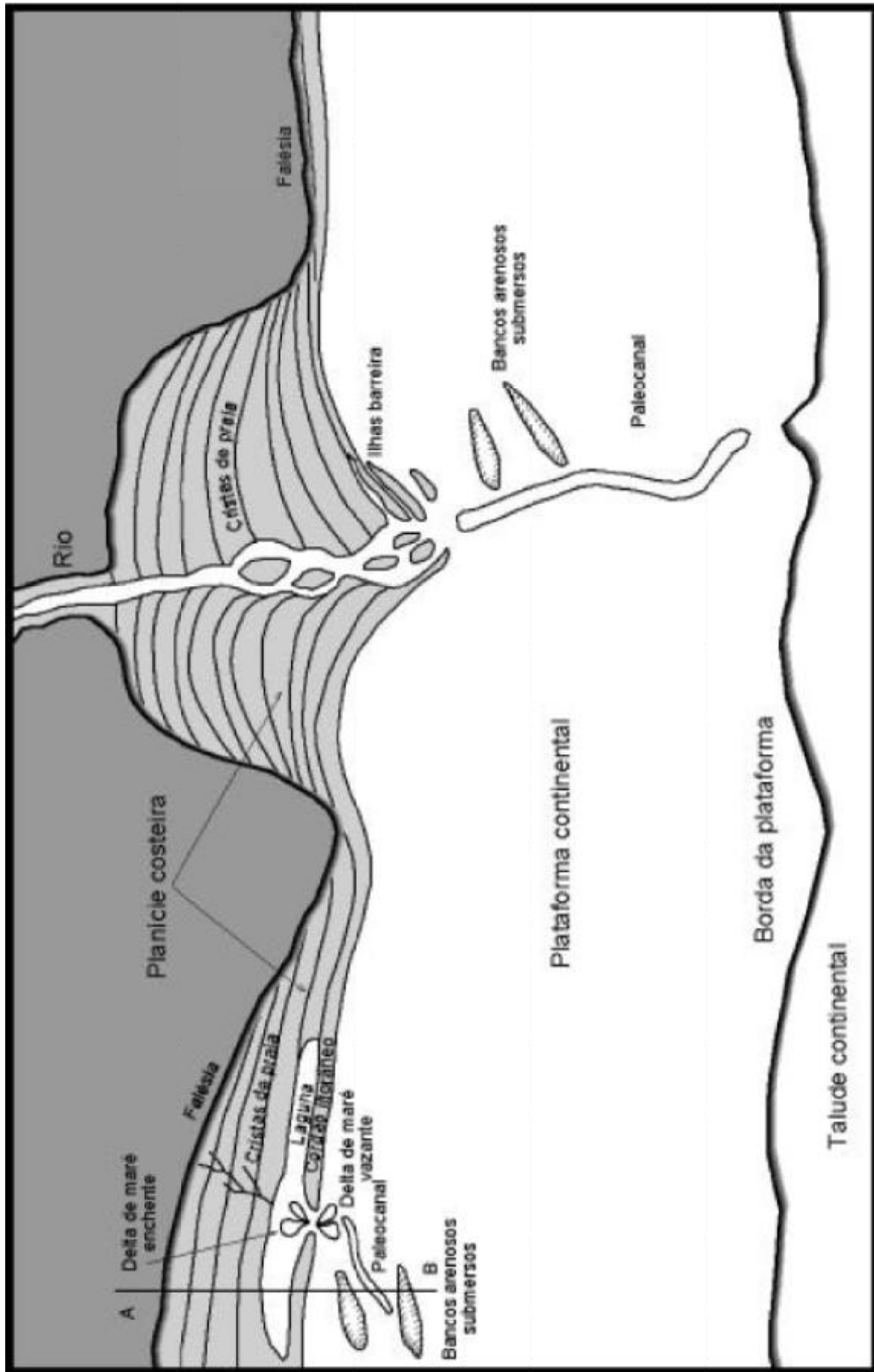


Figura 1 – Ambientes de sedimentação costeira e principais depósitos arenosos associados. Em função das mudanças do nível de mar relativo, a plataforma continental pode ficar exposta durante as fases de mar baixo e ambientes fluviais se estendem até a zona de quebra da plataforma. Estes ambientes são retrabalhados durante os eventos subsequentes de elevação do nível do mar, remanesecendo como depósitos arenosos afogados na plataforma, na forma de paleo-canais submersos e bancos arenosos submersos.

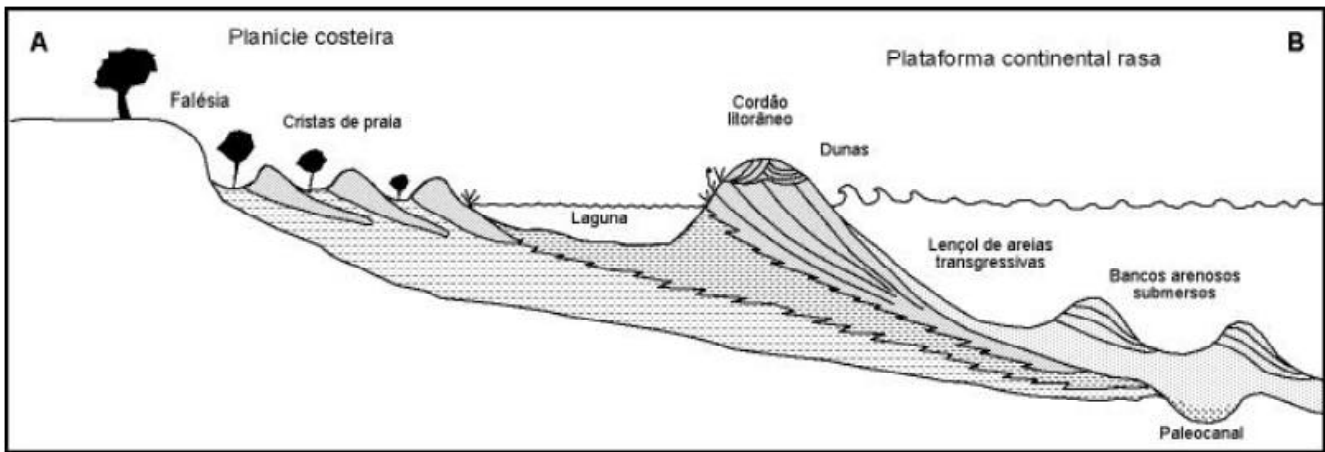


Figura 2 – Perfil esquemático mostrando a disposição de uma seqüência estratigráfica em ambiente costeiro transgressivo. Observar a presença do lençol de areias transgressivas na plataforma continental e dos bancos arenosos submarinos. A localização do perfil em mapa é situada na figura 1.

marinhas transgressivas e regressivas. Nas primeiras, a linha de costa é demarcada por cordões arenosos litorâneos (barriers) e/ou ilhas barreiras (barrier islands) que, durante o curso transgressivo, migram em direção ao continente, superpondo-se aos sistemas lagunares e estuarinos (Fig. 2). As seqüências regressivas associam-se a linhas de costa progradantes, onde ocorrem sistemas, ou planícies de cristas de praia que progradam em direção ao oceano, recobrando lamas ou areias relíquias de plataforma.

Durante os eventos de transgressão marinha, estes sistemas litorâneos são também retrabalhados pelas ondas, correntes marinhas e correntes de maré, remanescendo como depósitos arenosos na plataforma continental. Nestas fases transgressivas, o deslocamento do cordão arenoso litorâneo em direção ao continente gera um lençol de areias transgressivas, cuja espessura diminui em direção à plataforma continental externa. A redistribuição das areias na plataforma pelas ondas e correntes marinhas pode dar origem a cristas arenosas de grandes dimensões, que podem apresentar quilômetros de largura por dezenas de quilômetros de extensão e alturas variando entre 5 e 10 metros (Figueiredo, 1984). Sua composição varia de areias médias à finas com cascalhos nas depressões entre cristas. Elas são comuns em plataformas largas, de baixo gradiente, associadas a planícies costeiras amplas e em áreas de micro a meso marés.

Outros depósitos de granulados litoclásticos comuns nas plataformas continentais em todo o

mundo, se associam a paleo-canais afogados pelos eventos de elevação do nível do mar. Devido à competência do fluxo fluvial, os canais tendem a ser preenchidos por cascalho na sua base, passando a sedimentos de menor granulometria para o topo. Com a subida do nível do mar, estes paleo-canais podem ser parcialmente preenchidos por sedimentos do lençol arenoso transgressivo, porém, alguns não são totalmente preenchidos e ainda apresentam alguma expressão topográfica negativa (Fig. 1).

Em áreas de latitudes mais elevadas, durante os períodos glaciais, depósitos de tilitos e cascalhos desenvolveram-se também nas regiões expostas da plataforma continental durante as fases de nível de mar baixo, marcando a extensão do avanço das geleiras. Estes depósitos foram parcialmente afogados pelos eventos transgressivos subsequentes, sendo igualmente retrabalhados pelas ondas e correntes e remanescendo como importantes depósitos de granulados litoclásticos na plataforma continental.

PRINCIPAIS OCORRÊNCIAS E ATIVIDADES EXPLORATÓRIAS MUNDIAIS E NO BRASIL

Dentre os principais países envolvidos na exploração de granulados marinhos, destacam-se os Estados Unidos, Japão, Inglaterra, França, Países Baixos e Dinamarca. Os cascalhos e areias litoclásticos são utilizados principalmente na indústria da construção e para projetos de regeneração de praias.

Estima-se que na plataforma continental dos Estados Unidos ocorram mais de 21 bilhões de toneladas de areia e cascalho a uma distância de 5 km da costa (US Congress, 1987 In: Cronan, 1992). Neste país, a utilização de areias da plataforma continental para projetos de regeneração (“engordamento”) de praias, vem sendo realizado há várias décadas. As iniciativas exploratórias e a busca por novas jazidas são fomentadas pelo Ministério do Interior, através da divisão de recursos minerais marinhos (Minerals Management Services). Na costa leste, em estados pequenos, como Delaware, que possui uma linha de costa com somente 39 km de extensão, os projetos de dragagem de areias da plataforma para recuperação de praias envolveram mais de 6 milhões de m³ de areias desde 1962. No estado de Nova Jersey, está em desenvolvimento o maior projeto de recuperação de praias já executado nos Estados Unidos, com previsão para finalização ainda este ano. Este projeto envolve a dragagem de mais de 15 milhões de m³ de areias, para recuperação

Para a investigação de recursos minerais marinhos é fundamental a aplicação de ferramentas que possam coletar dados sobre a espessura, arranjo e composição dos corpos sedimentares.

Os métodos de prospecção incluem principalmente a sísmica de reflexão de alta resolução

para identificação da espessura e geometria dos depósitos (Fig. 3) e métodos de batimetria (incluindo batimetria por multi-feixe) e sonografia para observação da extensão lateral dos depósitos e das características superficiais da distribuição. A batimetria é também constantemente refeita para a identificação do volume e controle de dragagem durante a fase de exploração. As sondagens com coleta de amostras são realizadas com o objetivo de obter dados sobre a composição mineralógica e natureza granulométrica dos sedimentos.

A exploração é feita por intermédio de dragas de caçamba ou dragas hidráulicas, que retiram o material do fundo submarino para grandes barcaças e navios, ou por dragagem hidráulica diretamente para o local de interesse, no caso de projetos de recuperação de praias.

Existem dois tipos de dragas hidráulicas principais: dragas fixas, que são indicadas para retirada de material de reservas espessas, localizadas, como no caso de canais fluviais submersos; e dragas móveis, que operam sempre em movimento, dragando o material do fundo em jazidas esparsas e de pequena espessura. Estas dragas utilizam bombas potentes, com capacidade para bombear cerca de 2.600 toneladas de material por hora, em lâminas d’água de até 50 m.

País	Regulamentação
França	Dragagem liberada após 3 km da linha de costa e em profundidades superiores a 20 m.
Reino Unido	Dragagem proibida a distâncias inferiores a 600 metros da costa e em profundidades inferiores a 19 m.
Japão	Dragagem proibida a distâncias inferiores a 1 km da costa e a profundidades menores de 20 m.
Malásia	Permissões apenas em profundidades superiores a 10 m e a distâncias superiores a 2 km da costa.
Holanda	Permissões apenas em profundidades superiores a 20 m.
Estados Unidos (Nova Iorque)	Permissões apenas em profundidades superiores a 18 m.

Tabela 1 – Regulamentação para concessão de áreas de dragagem de agregados marinhos em diferentes países (Hilton, M.J., 1993, In: <http://www.seafriends.org.nz>).

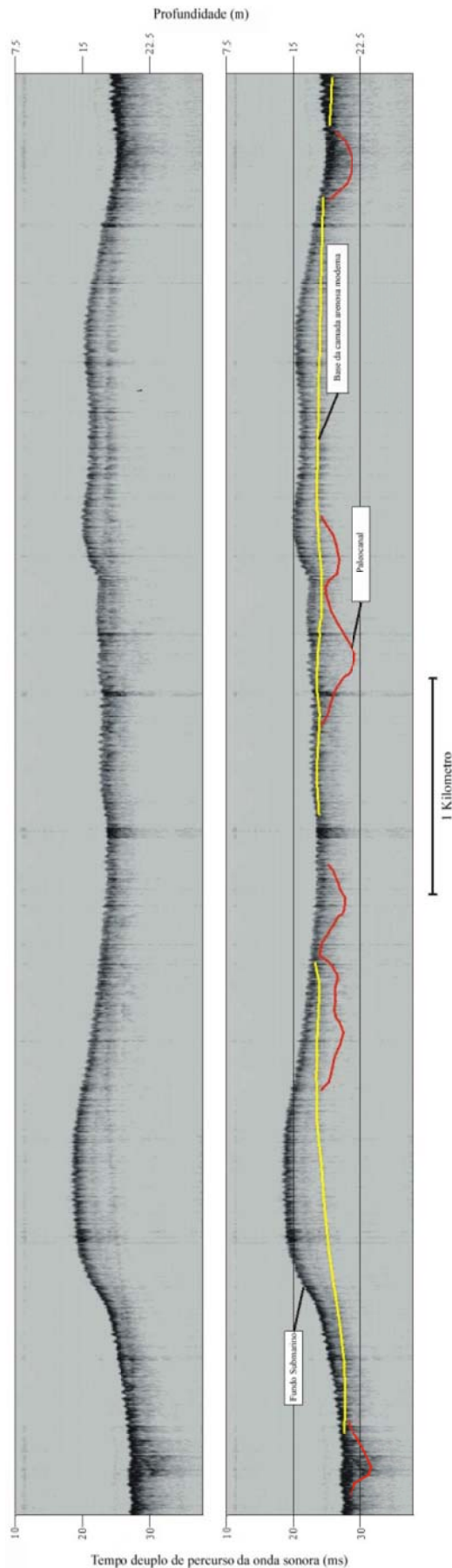


Figura 3(ao lado) - Seção sísmica de alta resolução mostrando depósitos arenosos na plataforma continental leste dos Estados Unidos. A imagem inferior mostra a seção interpretada, contendo os limites entre a camada superior de areias modernas e a discordância erosiva, que marca o fundo dos paleo-canais recobertos pelas areias modernas do lençol transgressivo. <http://pubs.usgs.gov/openfile/of99-559/>

IMPACTOS AMBIENTAIS

O impacto ambiental da atividade de dragagem é principalmente localizado na área de extração, afetando diretamente os organismos bentônicos, no entanto, pode também implicar em alterações na qualidade, temperatura e turbidez da água, podendo atingir os organismos planctônicos em uma área mais extensa do que aquela diretamente atingida pela exploração. Existe também a possibilidade de modificação do padrão de ondas e de transporte de sedimentos, afetando a linha de costa adjacente e causando erosão costeira.

As informações a respeito do impacto na área de extração são distintas e dispersas. A recuperação biológica do fundo marinho pode ocorrer em períodos relativamente curtos, cerca de 6 a 8 meses, ou longos, que variam de 2 a 10 anos (Newell et al., 1998).

A legislação ambiental e os mecanismos de controle para a exploração de granulados marinhos são bastante diversificados dentre os países envolvidos nesta atividade. A tabela 1, mostra a diversidade de critérios utilizada para autorização das áreas sob licenciamento em diferentes países.

CONCLUSÕES

A extração de granulados litoclásticos marinhos é uma atividade crescente em diversas margens continentais de todo o mundo, sendo uma das principais fontes de material para projetos de engenharia costeira, principalmente em regeneração de praias erodidas.

A exploração destes recursos marinhos é facilitada pela proximidade entre os grandes centros consumidores, que em sua maior parte situam-se na zona costeira, e pela facilidade de acesso ao local de extração e de transporte de grandes volumes de material diretamente para o local de utilização. A maioria das reservas e áreas de extração situam-se na plataforma continental interna, muitas vezes em

profundidades inferiores a 50 m, o que é perfeitamente recuperável usando-se a tecnologia corrente de dragas mecânicas e hidráulicas.

No Brasil as atividades de exploração destes recursos minerais é pontual e inconstante, principalmente destinada a projetos de recuperação de praias nas principais áreas metropolitanas. As informações a respeito das jazidas de granulados litoclásticos em nossa margem continental são ainda de caráter regional, carecendo-se ainda de estudos de detalhe para caracterização dos depósitos e determinação dos volumes envolvidos.

Sugere-se que a caracterização das jazidas de granulados litoclásticos marinhos seja dirigida para a determinação de depósitos nas proximidades das grandes regiões metropolitanas, e principalmente para a identificação de jazidas localizadas, de grande espessura, uma vez que estas fornecem maior custo/benefício em termos de facilidades de extração e menor impacto ambiental.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Sidney Mello, companheiro de trabalho, pelo incentivo na organização do Seminário sobre Recursos Minerais Marinhos na UFF e por seu entusiasmo para a preparação deste artigo. À FAPERJ e SBGf, pelo apoio institucional e financeiro.

REFERÊNCIAS

- AMARAL, C.A.B., 1979.** Recursos minerais da margem continental brasileira e das áreas oceânicas adjacentes. Projeto REMAC, vol. 10, Petrobras, Rio de Janeiro: 112p.
- CRONAN, D.S., 1992.** Marine Minerals in exclusive economic zones. Chapman & Hall, London, 209 pp.
- EMERY, K.O., 1952.** Continental Shelf sediments of Southern California, Geol. Soc. Amer. Bull., Boulder, Colo., 63: 1105 – 1108.

- EMERY, K.O., 1958.** Relict sediments on continental shelves of the world. AAPG Bulletin, Tulsa, Okla., 52: 445 – 464.
- FIGUEIREDO JR., A.G., 1984.** Submarine sand ridges: geology and development, New Jersey, U.S.A., Ph.D. dissertation, University of Miami, unpublished, 408 pp.
- NEWELL, R.C.; SEIDERER, L.J. & HITCHCOCK, D.R., 1998.** The impact of dredging works in the coastal waters: a review of the sensitivity to disturbance and subsequent recovery of biological resources on the seabed, Oceanography and Marine Biology: an Annual Review, 36: 127 - 178.
- REINECK, H.E. & SINGH, I.B., 1980.** Depositional Sedimentary Environments. Springer-Verlag, 549 pp.
- SWIFT, D.J.P., STANLEY, D.J. & CURRAY, J.R., 1971.** Relict sediments on continental shelves: a reconsideration. J. Geol., Chicago, 79: 322 – 346.

<http://www.bmapa.org> – Web page da “British Marine Aggregates Producers Association”.

<http://www.sandandgravel.com> – Web page da “Marine Sand and Gravel Information Services – MAGIS”

<http://pubs.usgs.gov/openfile/of99-559/> – Stratigraphic Framework Maps of the Nearshore Area of Southern Long Island from Fire Island to Montauk Point, New York. David S. Foster, B. Ann Swift, William C. Schwab U.S. Geological Survey derived from Open File Report 99-559

<http://www.mms.gov> – Web page da seção “Minerals Management Services” do “Department of the Interior” dos EUA.

<http://www.seafriends.org.nz> – Web page da organização não-governamental Seafriends, Nova Zelândia.

NOTE ABOUT THE AUTHORS

Cleverson G. Silva

Geólogo formado pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) em 1982. Em 1987, obteve o grau de Mestre em Geologia pela UFRJ e, em 1991, o de doutor em Geologia Marinha pela Universidade de Duke, Carolina do Norte, EUA. Atualmente é professor e

coordenador de Pós-Graduação do Depto. de Geologia/LAGEMAR-UFF ministrando na pós-graduação as disciplinas de Geologia do Petróleo e Seminários de Campo em Geologia Sedimentar. Participou e coordenou diversas expedições oceanográficas no Brasil e no exterior voltadas ao estudo sobre sedimentação e estrutura da

plataforma continental. Seu interesse de pesquisa envolve processos geológicos costeiros, recursos minerais marinhos e processos sedimentares em plataforma e talude.

Alberto Garcia de Figueiredo Jr.

Geólogo formado pela UFRJ em 1972, mestrado no Centro de Estudos Costeiros e Oceânicos(CECO) da UFRGS em 1975, doutorado na Rosenstiel School of Marine Science da Universidade de Miami em 1984, pós-doutorado no Marine Science Center da State University of New York

em Stony Brook em 1992. Professor titular e pesquisador do Laboratório de Geologia Marinha(LAGEMAR), Depto. de Geologia da UFF, pesquisador 1 do CNPq.

Isa Brehme

Geóloga formada pela UFRJ em 1977, Mestrado em Geologia no Laboratório de Geologia Marinha (LAGEMAR) da UFRJ em 1984, Doutorado em Geociências na Universidade de Bremen, Alemanha, em 1991. Professor adjunto. Área de atuação: sedimentação de mar profundo.

Ciências Espaciais e Atmosféricas – CEA

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

Missão

A missão da área de Ciências Espaciais e Atmosféricas - CEA é gerar conhecimentos científicos, formar e treinar pessoal especializado, desenvolver tecnologia e assessorar órgãos governamentais e empresas privadas em assuntos relativos às ciências e tecnologias espaciais e atmosféricas.

Objetivo

O objetivo da CEA é a realização de pesquisas básicas e aplicadas com a finalidade de entender os fenômenos físicos e químicos que ocorrem na atmosfera e no espaço, de interesse para o país. Atualmente a CEA está estruturada em três Divisões - **Aeronomia, Astrofísica e Geofísica Espacial e um Setor de Lançamento de Balões**. Os pesquisadores e a maioria do pessoal técnico da área fica na sede do INPE, em São José dos Campos, onde também estão instalados vários dos equipamentos de pesquisa. Porém os diversos grupos da CEA possuem também laboratórios e equipamentos de pesquisa instalados em outros locais do Brasil onde o INPE tem facilidades, tais como: Cachoeira Paulista - SP, Natal - RN, Euzébio e Itaitinga - CE, São Luís - MA, Cuiabá - MT e também na Estação Antártica Comandante Ferraz. Através de colaborações com outros grupos de pesquisa e de Universidades, a CEA mantém também equipamentos científicos em São João do Cariri - PB, Campo Grande - MS, Ribeirão Preto - SP, Blumenau - SC, Porto Alegre e Santa Maria - RS, La Paz - Bolívia, e Punta Arenas - Chile, cobrindo, dessa forma, grande parte do território nacional e algumas outras localidades da América do Sul.

Curso de pós graduação

O Curso de Mestrado e Doutorado em Geofísica Espacial do INPE tem por objetivo a formação de pessoal graduado preferencialmente nas áreas das ciências exatas e engenharias capacitando-os a atuar nas áreas de Ensino, Pesquisa e Aplicações em Universidades, Institutos de Pesquisa e Empresas, em questões que envolvam o conhecimento direto de ciência ou de tecnologias associadas ou advindas do desenvolvimento da Pesquisa Espacial, com aplicações em Geofísica.

As Linhas de Pesquisa em que atuam os Docentes do Curso são:

- Alta Atmosfera
- Eletricidade Atmosférica
- Geomagnetismo
- Ionosfera
- Luminescência Atmosférica
- Magnetosfera-Heliosfera
- Média e Baixa Atmosfera