

MINERAÇÃO OCEÂNICA: UM ESTUDO PARA APROVEITAMENTO DE AREIAS MARINHAS PARA FABRICAÇÃO DE VIDROÍTULO

ROCHA, L.¹; DELBONI JÚNIOR, H.²

¹Mineração Jundu, Gerência de Tecnologia. email: luciano.rocha@mjundu.com.br

²Universidade de São Paulo (USP), Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo.
email: hdelboni@usp.br

RESUMO

O artigo aborda um tema relativamente novo e inovador, a importância dos recursos minerais depositados nos oceanos para utilização econômica. Neste caso real, é apresentado um estudo para aproveitamento de areia marinha para fabricação de vidros; areia industrial proveniente de uma jazida oceânica localizada no fundo do mar, na Baía de Guanabara (RJ).

O trabalho iniciou-se com o planejamento da etapa de sondagem, que foi executada utilizando o método Vibracore, amostragem que contemplou uma malha regular de 13 furos de sonda.

Os furos de sonda foram levados para um laboratório de processos e separados de metro a metro, gerando 74 amostras. Foram executados ensaios de caracterização tecnológica, visando produção de areia industrial, com as características físicas e químicas para fabricação de vidros.

Após a etapa de caracterização tecnológica preliminar, os resultados alimentaram um simulador de processos, permitindo a realização de análises estatísticas para definição de agrupamentos (*Cluster Analysis*). Definidos dois grupos distintos, baseando-se nos comportamentos tecnológicos das amostras, foi possível aprofundar nos estudos de caracterização tecnológica para definição de possíveis rotas de processo.

Ainda foi possível realizar testes exploratórios de fusão das areias marinhas com fundentes específicos para geração de vidro (em escala de laboratório), comparando-as com areias industriais de alto padrão do mercado brasileiro.

PALAVRAS-CHAVE: areia, vidro, mineração oceânica.

ABSTRACT

This article addresses a relatively new and innovative topic relative to exploration and beneficiation of submarine mineral resources. In this case a mineral sand submarine deposit located in the Guanabara Bay in Rio de Janeiro, RJ is considered as a resource for glass industry.

The work started with planning and conducting a survey campaign carried out with Vibracore method, including a regular grid of 13 drill holes.

The obtained cores were split according to 1 meter core length, thus resulting in 74 individual samples, which were then prepared for characterization tests as established for assessing both physical and chemical characteristics specifically for the glass industry.

Based on characterization test results processing simulations were carried out for determining the performance associated with each sample. Cluster analysis techniques were used to determine groups of similar performance and product characteristics. A technological criterion was thus adopted. Samples with similar performance were then blended for further characterization tests, as well as process development assessments.

Fusion tests carried out with selected blended samples were conducted and further compared with high typical high quality industrial sands used in Brazil.

KEYWORDS: sand, glass, ocean mining.

1. INTRODUÇÃO

Quando o navio de pesquisa britânico H.M.S. Challenger (Figura 1) içou nódulos de manganês do fundo do oceano durante a sua épica expedição em 1873, houve o primeiro despertar na curiosidade sobre minerais do fundo do mar. Anos, mais tarde, a expedição Albatross (1899–1900) realizou uma extensiva coleta destes nódulos na costa oeste dos Estados Unidos no Oceano Pacífico (SHARMA, 2010). Entretanto, somente após a Segunda Guerra Mundial, aqueles nódulos manganésíferos se tornaram mais importante do que apenas uma simples descoberta científica. O boom do pós-guerra ocasionou um aumento nos preços dos metais e, como resultado houve um real interesse, agora comercial, por minérios depositados no fundo do mar, principalmente para manganês, níquel e cobre que se tornaram bastante valiosos. Além disso, o interesse pela exploração do assoalho do Oceano Pacífico, principalmente para cobalto, aumentou consideravelmente, interesse este que se estendeu a outras regiões (GIBBONS et al., 1987). Mas somente nos anos 1960 que foi realmente estabelecido por Mero (1965) o grande potencial dos recursos minerais nas profundezas dos oceanos.

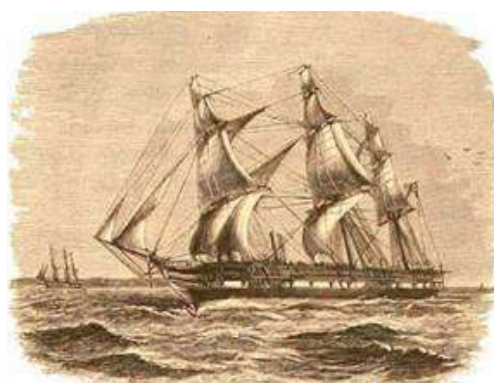


Figura 1: Navio de pesquisa H.M.S. Challenger (Tizard et al., 1885).

Ainda que os nódulos manganésíferos sejam reconhecidos como os primeiros recursos minerais marinhos, o descobrimento e produção de óleo e gás offshore no início dos anos 1940 nos Estados Unidos (estado de Louisiana) contribuíram imensamente para o reconhecimento do potencial econômico do fundo do mar (CLARK; CLARK, 1984).

Segundo Gibbons et al. (1987), a Segunda Guerra Mundial deixou um legado de capacidade tecnológica sem precedentes para a exploração dos oceanos. Oceanógrafos foram bastante beneficiados, pois naquele período foram desenvolvidos vários equipamentos de bordo e sensores de pesquisa. Era interesse dos militares expandirem suas pesquisas científicas no oceano, bem como a exploração comercial. Ao longo das últimas décadas, muito foi aprendido sobre os segredos dos oceanos; várias descobertas foram feitas.

De acordo com Rona (2002, 2003), as bacias oceânicas eram consideradas como contêineres passivos até a comprovação da teoria da tectônica de placas, nos anos 1960. De acordo com essa visão de que as bacias oceânicas são como contêineres passivos, os depósitos minerais de não metais / não combustíveis eram considerados derivados primariamente da erosão de rochas continentais que foram transportadas para os oceanos pelos rios, em forma de sedimentos particulados ou em fases dissolvidas. Esta visão explica adequadamente os minerais marinho conhecidos naquela época.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O material objeto deste estudo é areia marinha, retirada da Baía de Guanabara, na cidade do Rio de Janeiro (RJ). O uso inicialmente previsto para esta areia, após beneficiada, foi o industrial, mais precisamente na indústria da fabricação de vidros. A parte experimental do estudo focou o conhecimento das propriedades químicas, físicas e mineralógicas desta areia, bem como avaliações para utilização da areia marinha para fabricação de vidros.

2.1 CAMPANHA DE SONDAGEM DAS AREIAS MARINHAS DA BAÍA DE GUANABARA

Segundo Sharma (2011), a questão ambiental na mineração oceânica tem dupla implicação, tanto a mineração causa impactos no ambiente marinho, quanto o ambiente marinho causa impactos na mineração no fundo do mar.

Os efeitos do ambiente marinho causam grandes dificuldades aos estudos e operações no mar. Os principais fatores dificultadores na exploração e extração de minerais submarinos são: efeito das marés, ação dos ventos, ação das ondas, correntes marítimas, topografia do fundo marinho, profundidade do fundo marinho, efeito corrosivo das águas marinhas, profundidade que o furo precisa atingir, falta de iluminação, baixas temperaturas, distância da costa. (PERFURAÇÃO..., 2013).

Com o objetivo de se obter amostras representativas do depósito, foi programada uma campanha de sondagem no mar, obedecendo à poligonal registrada no Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM). Para tanto, foi contratado um serviço especializado em sondagem submarina.

Os trabalhos de sondagem no mar foram executados no município do Rio de Janeiro (RJ), entre a Ilha de Cotunduba e o Pão de Açúcar, dentro da Baía de Guanabara. A Figura 2 a localização da poligonal dentro da Baía, curvas de níveis (relativo à altura da lâmina d'água) obtidas pela batimetria realizada pela embarcação amostradora, bem como o posicionamento da malha de sondagem.



Figura 2: Detalhe da localização da poligonal (Google Earth, 2014, adaptado pelo autor)

A locação dos furos se baseou em uma malha regular de sondagem que abrangesse toda a poligonal. Foi selecionada a malha de 200 x 200 m.

Antes do início da campanha de sondagem, foram solicitadas ao Centro de Hidrografia da Marinha (CHM) que fossem incluídas no “Aviso aos Navegantes” as informações relativas às atividades de sondagem realizadas para este estudo. Os Avisos aos Navegantes são publicações periódicas, que são editadas em forma de folhetos, visando fornecer aos navegantes informações destinadas à atualização de cartas e publicações náuticas brasileiras, em cumprimento à Regra 9 do Capítulo V da Convenção Internacional para a Salvaguarda da Vida Humana no Mar (INTERNATIONAL CONVENTION FOR THE SAFETY OF LIFE AT SEA - SOLAS, 1974).

Para a realização da campanha de sondagem utilizou-se de uma embarcação equipada com amostrador Vibracore. O equipamento é composto por um dispositivo de vibração (vibracorer), uma torre e tubos amostradores de alumínio de 6 m de comprimento por 76,2 mm de diâmetro. A locação dos furos foi obtida por meio de GPS. O método Vibracore foi escolhido pela capacidade de atingir maiores profundidades, obtendo informações suficientes para a geração de um modelo geológico. A figura 3 o dispositivo Vibracore sendo recolhido para dentro da embarcação, após a sondagem de um furo.



Figura 3: Içamento do Vibracore do mar, após a realização da amostragem (Geodrill, 2013)

2.2 ANÁLISES ESTATÍSTICAS PARA DEFINIÇÃO DE AGRUPAMENTOS (CLUSTER ANALYSIS)

As amostras (13 furos de sonda) foram transportadas para o Laboratório de Processos da Mineração Jundu (Descalvado – SP) e separadas metro a metro em cada tubo; gerando 74 amostras. As amostras seguiram por um fluxo de caracterização tecnológica, contemplado por análises granulométricas e químicas, separação magnética em alto campo, determinação de teor de argila, sendo possível, por meio de software específico de processamento mineral, calcular os rendimentos mássicos e módulos de finura dos materiais. Optou-se, neste momento, para a realização de uma análise por agrupamento que possibilitasse distinguir “grupos de amostras” que fossem semelhantes, sob o ponto de vista de comportamento tecnológico.

Foi utilizado o Agrupamento Hierárquico Aglomerativo de Ward, que utiliza uma análise de variância para avaliar as distâncias entre os conjuntos. A adesão é avaliada pelo cálculo da soma dos desvios quadrados com base na média de um cluster. Este método é muito utilizado quando se deseja estudar a dissimilaridade

entre as amostras, e não suas similaridades, razão pela qual este foi o método escolhido neste estudo.

2.1.1 Variáveis discriminantes

Para cada amostra foi utilizado o seguinte conjunto de dados:

Porcentagem retida simples em 13 frações granulométricas distintas: 3,35 mm; 1,70 mm; 1,00 mm; 0,850 mm; 0,600 mm; 0,425 mm; 0,300 mm; 0,212 mm; 0,150 mm; 0,106 mm; 0,075 mm; 0,053 mm e finos; posição (cota), módulo de finura; porcentagem do material na fração vidreira; altura da lâmina d'água; rendimentos mássicos; teores químicos: Fe_2O_3 , Al_2O_3 , TiO_2 , SiO_2 , MnO , MgO , CaO , K_2O , Na_2O , P_2O_5 , ZrO_2 e perda ao fogo.

Como resultado, obtiveram-se dois grupos distintos de amostras, representados pelo dendograma da Figura 4, denominados Grupo 1 e Grupo 2.

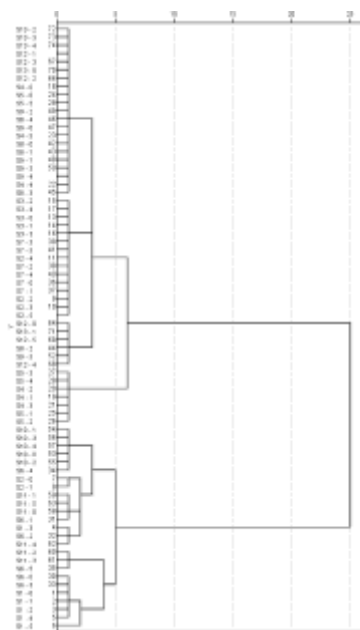


Figura 4: Dendograma usando ligação de Ward, apresentando os dois grupos (do autor, 2014)

2.3 ENSAIOS QUALITATIVOS PARA FABRICAÇÃO DE VIDROS

Possivelmente um dos usos mais nobres das areias é para a fabricação de vidros. Este trabalho verificou a potencialidade da areia marinha para a fabricação de vidros. Uma forma preliminar de se avaliar a qualidade de uma areia para a fabricação de vidros é por meio de ensaios laboratoriais nos quais se promove a fusão da areia estudada com outras matérias-primas vidreiras, possibilitando a análise visual do vidro formado. Pode-se, assim, observar a presença de grãos infundidos (indicação de que a formulação requer de maior energia térmica para promover a fusão), bem como a coloração ou tonalidade do vidro formado. O parâmetro cor indica a potencialidade da areia para produzir vidros transparentes, podendo indicar, ou não, a necessidade de maiores investimentos de separação mineral para tratamento do minério de areia. Desta forma, os ensaios realizados neste estudo são de natureza puramente qualitativa.

Para os ensaios qualitativos para fabricação de vidros em escala laboratorial foram selecionadas amostras correspondentes ao Grupo 1 e Grupo 2, bem como duas areias padrão vidreira da Mineração Jundu, provenientes das Minas de Descalvado e Analândia, com teores de Fe_2O_3 de aproximadamente 0,035% – 0,040% e com granulometria semelhante.

A “composição vidreira” foi formada com areia (4 amostras), feldspato, calcário dolomítico (dolomita), calcário calcítico, carbonato de sódio (barrilha), sulfato de sódio e coque de carvão.

Cerca de 60 - 70 g de cada composição foram acondicionadas individualmente nos cadinhos (Figura 5), com 4% de umidade.



Figura 5: Amostras (composição vidreira) preparadas para o ensaio de fusão (do autor, 2014)

Para a realização das fusões foi utilizado um forno especial para altas temperaturas, dotado de uma plataforma de alimentação elevatória, pré-aquecido a 800 °C.

Como o forno permite acomodar até 4 cadinhos simultaneamente, as quatro amostras foram ensaiadas no mesmo processo. A Figura 6 apresenta o momento do enforramento das quatro amostras.



Figura 6: As quatro amostras sendo levadas ao forno (do autor, 2014)

Foram realizados 5 ensaios distintos, variando-se a temperatura final do teste de 1.280 °C a 1.380 °C e o tempo de fusão de 30 a 60 minutos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados referentes aos ensaios laboratoriais de fusão das areias para fabricação de vidros são qualitativos e se baseiam apenas em observações a olho nu em parâmetros como: aspecto do vidro formado (vitrificação), coloração do vidro e presença ou não de materiais infundidos no vidro (minúsculos grãos visualizados na superfície do vidro formado). A Figura 7 apresenta os 4 vidros formados em um dos ensaios.



Figura 7: Vidros formados a partir das quatro composições vidreiras (do autor, 2014)

A conclusão do ensaio laboratorial preliminar é de que a areia marinha vitrificou sem necessidade de energia térmica adicional, em comparação com a areia padrão. O vidro formado pela areia marinha foi similar ao formado pela areia de Descalvado, com boa transparência, sem tendência à coloração e baixíssima presença de grãos infundidos. Importante ressaltar que o ensaio laboratorial não simula exatamente as fases de fabricação de vidros em escala industrial.

Não há diferença visual em relação à presença de infundidos nas quatro amostras. Quanto à coloração, a amostra de vidro formada com areia proveniente do Grupo 1 apresentou coloração tendendo para o verde, devido ao maior teor de Fe_2O_3 contido na areia.

4. CONCLUSÕES

A Mineração Oceânica é, sem dúvida, a nova fronteira da mineração; porém não a última. Explorações iniciadas no alto mar dão a indicação da vastidão, diversidade e riqueza dos recursos minerais depositados em leito submarino. As duas chaves para o amadurecimento, consolidação e sucesso da mineração oceânica são o desenvolvimento tecnológico desafiador que as profundezas marinhas exigem, bem como o cuidado ambiental associado a elas.

Na parte experimental do trabalho ficaram evidentes as dificuldades enfrentadas, desde a etapa de sondagem até a caracterização tecnológica.

Os estudos de caracterização tecnológica mostraram que o material em estudo carrega um ótimo potencial de aproveitamento industrial. Teores compatíveis com os que o mercado industrial exige foram atingidos com métodos de separação mineral adequados.

Foram utilizadas técnicas consagradas da indústria de produção de areias industriais e da fabricação de vidros, experiências industriais estas que enriqueceram o

trabalho. Conclui-se, após análise dos resultados experimentais, que a areia estudada da Baía de Guanabara possui grande potencial para utilização na indústria produtora de vidros.

Os depósitos minerais que a sociedade necessita para assegurar sua qualidade de vida também estão lá, no fundo do mar. Faz parte da natureza humana aceitar desafios. Cabe a nós dar o rumo que a civilização e nossa consciência exigem.

6. REFERÊNCIAS

CLARK, A. L.; CLARK, J. C. Marine metallic mineral resources of the Pacific basin. In: MARINE RESOURCES ECONOMIC WORKSHOP, 1., 1984, Crane. **Proceedings...** Crane: Russak, 1984. p. 45-62.

GIBBONS, J. H. et al. **Marine minerals: exploring our new ocean frontier.** Washington: Congress of the United States/Office of Technology Assessment, 1987.

GOOGLE EARTH. Disponível em: <<http://www.google.com.br/intl/pt-BR/earth/>>. Acesso em: 10 out. 2014.

INTERNATIONAL CONVENTION FOR THE SAFETY OF LIFE AT SEA. **Secretary-General of the Intergovernmental Maritime Consultative Organization (IMO).** London, 1974.

MERO, J. L. **The mineral resources of the sea.** Amsterdam: Elsevier, 1965. 312 p.

PERFURAÇÃO no mar. Disponível em: <http://histpetroleo.no.sapo.pt/perf_mar.htm>. Acesso em: 18 maio 2013.

RONA, P. A. Marine minerals for the 21st century. **Episodes - Journal of International Geoscience**, Bangalore, v. 25, n. 1, p. 2-12, 2002.

RONA, P. A. Resources of the sea floor. **Science**, New York, v. 299, p. 673-674, 2003.

SHARMA, R. First nodule to first mine-site: development of deep-sea mineral resources from the Indian Ocean. **Current Science**, New Delhi, v. 99, n. 6, p. 750-755, Sept. 2010.

SHARMA, R. Deep-sea mining: economic, technical, technological and environmental considerations for sustainable development. **Marine Technology Society Journal**, Washington, v. 45, n. 5, p. 28-41, 2011.

TIZARD, T. H. et al. **The Voyage of H.M.S Challenger: during the years 1873-76.** New York: Johnson Press, 1885. v. 1. (Repor Scientific Results).