



Caracterização petrográfica dos depósitos rochosos submersos entre São Bento do Norte e Macau – RN

I. Cabral Neto, V.C. Córdoba & H. Vital

Geologia UFRN - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Caixa Postal 1596, CEP. 59.072-970, Natal/RN, Brasil. Fone: ++55 84 3215-3808; Fax: 3215-3683 R-11. izaac_cabral@yahoo.com, vcordoba@geologia.ufrn.br, helenice@geologia.ufrn.br

Abstract Beachrock deposits are very common paralleling the present coastline of Northeastern Brazil. They work like a natural protection against coastal dynamic processes, and function as substrate for the growth of coral reef constructions. The Rio Grande do Norte State has a coast rich in such deposits, which can occur onshore or offshore. In the last decades, the onshore deposits have been object of many studies, while the offshore ones have received a few attention. With the objective of supplying this lacuna, this work focuses on the petrographic aspects of these submerged deposits, which are located at the north shelf of the Rio Grande do Norte State, between the cities of São Bento do Norte and Macau. They are located 25 km far from the coast and can reach up to 25 m depth, but they can emerge in some places during low tide. With satellite images it was possible to locate the rocky bodies, which are named on the nautical charts as Urca do Tubarão, Conceição and Minhoto. The composition of the collected samples as four main grain types: quartz, bioclasts, feldspars and rock fragments. The cement is carbonate which has growing as an acicular fringe around the grains and as spatic/micritic mosaics into the pores. The petrographic analyses of these submerged rock bodies are, thus, the base to others studies that will be performed in these offshore beachrocks.

Palavras-chave: Beachrock, petrografia, depósitos rochosos submersos.

INTRODUÇÃO O nordeste brasileiro possui um litoral marcado por abundantes depósitos rochosos, dispostos, predominantemente, paralelos à atual linha de costa e situados em regiões de intermaré a submaré (Vieira *et al.* 2005), apesar de muitas vezes aparecerem, também, em regiões *offshore*, como os encontrados na plataforma norte do Rio Grande do Norte (Viana *et al.* 1990, Testa & Bocense 1999, Caldas 2002, Santos *et al.* 2005). Tais depósitos podem ser compostos por sedimentos costeiros litificados – gerados a partir de origem inorgânica – ou formando os recifes de corais, donde provém de origem orgânica (Leão 1994).

Os depósitos rochosos encontrados em ambientes costeiros no estado do Rio Grande do Norte têm sido alvos de diversos estudos realizados principalmente nas últimas décadas, envolvendo desde aspectos descritivos e classificatórios (Vieira 2005), como também mapeamento (Santos *et al.* 2005), datação e correlação como indicadores de mudanças do nível do mar (Caldas 2002, Stattegger *et al.* 2004), identificação de fácies sedimentares (Vieira 2005), entre outros. Porém, grande parte desses estudos enfoca essencialmente os depósitos em *onshore* – situados em regiões de intermaré – que, em períodos de maré baixa, são encontrados quase que plenamente emersos. Os submersos ficaram em segundo plano, haja vista que os estudos realizados acerca dos depósitos em *onshore* poderiam ser utilizados como

análogos. No entanto, para que a analogia seja utilizada de forma adequada, há necessidade de estudos preliminares na porção submersa.

Com esse objetivo, serão abordados neste trabalho aspectos básicos de geologia, tais como descrição e classificação petrográfica enfocando primordialmente os depósitos da porção submersa da plataforma norte do estado do Rio Grande do Norte, mais especificamente na área entre os municípios de São Bento do Norte e Macau (Fig. 1).

ARCABOUÇO GEOLÓGICO E FISIOGRAFIA

A área em estudo está inserida no domínio submerso da bacia Potiguar, que compreende uma área total de aproximadamente 48.000 km², dos quais 40% são emersos e 60% são submersos limitada a norte e a leste pelo oceano Atlântico, a sul pelo embasamento cristalino e a noroeste pelo Alto de Fortaleza (Bertani *et al.* 1990).

A bacia Potiguar repousa discordantemente sobre o embasamento cristalino pré-Cambriano da Província Borborema (Almeida *et al.* 1977) e possui um arranjo estrutural composto principalmente por quatro feições morfo-estruturais: *grabens*, altos internos, plataformas rasas do embasamento e talude. Tais feições foram originadas durante a fase de evolução tectônica, que se sucedeu em três etapas: fases *rift*, transicional e deriva continental (Bertani *et al.* 1990).

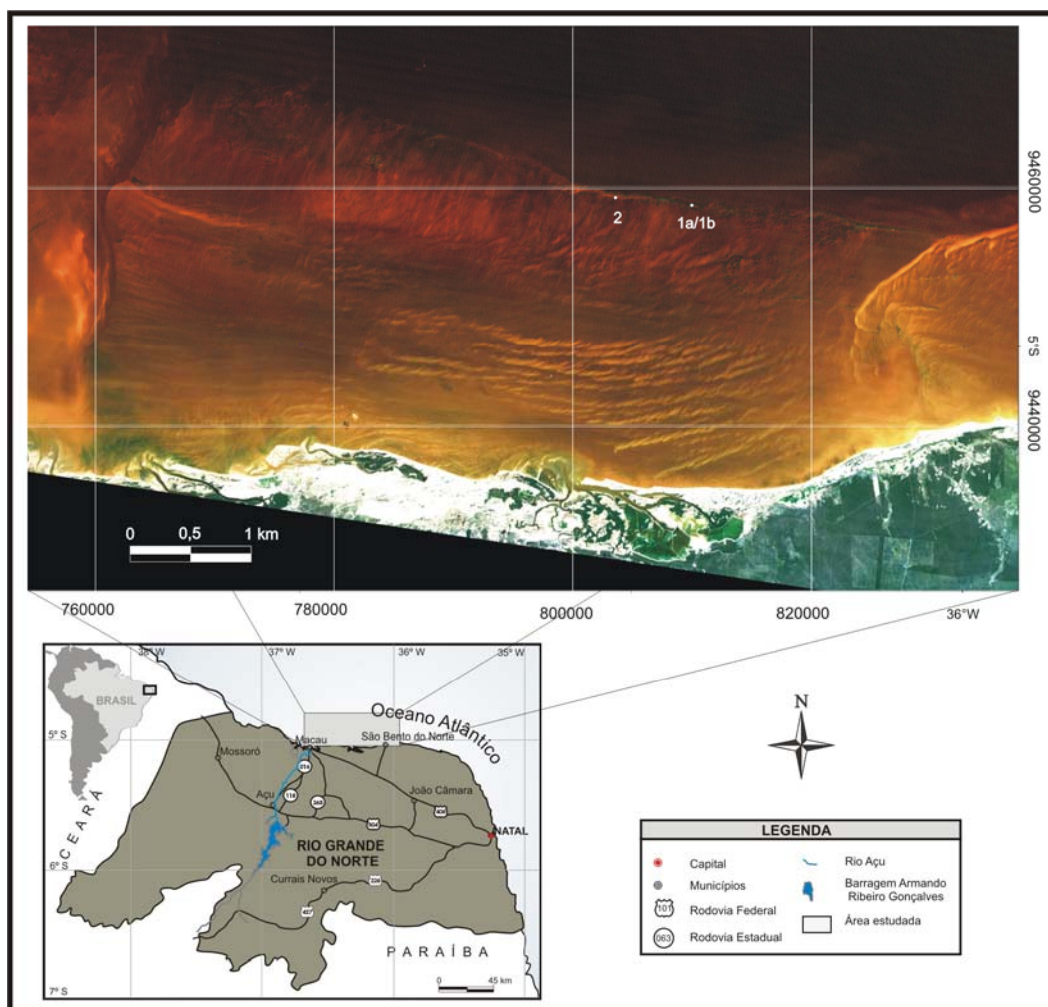


Figura 1. Mapa de localização da área em estudo indicando as estações de amostragem “1a”, “1b” e “2” ao longo dos corpos rochosos submersos visualizados no recorte da cena 215-063 do Landsat 7ETM+ com composição RGB-123

O principal aspecto econômico ligado a essa bacia se refere à exploração de petróleo e gás natural. Com uma produção de 80 mil barris/dia de óleo e 3 milhões m³/dia de gás (estatística de maio de 2003) ela se torna a primeira produtora em terra e a segunda maior produtora nacional (Soares *et al.* 2003).

Os corpos rochosos submersos encontram-se a uma distância de aproximadamente 25 km da costa norte do Rio Grande do Norte e estão a profundidades inferiores a 25 m (Santos *et al.* 2005). Esses corpos são relatados nas cartas náuticas da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) como Urcas de Minhoto, Conceição e Tubarão. Porém, apesar de serem três diferentes denominações, eles podem constituir um único corpo (Santos *et al.* 2005).

O clima presente na região em estudo é do tipo tropical, quente e semi-árido (Nimer 1989), com temperaturas médias do ar variando entre 26°C a 28°C e umidade média relativa de 65%. As precipitações

pluviométricas anuais variam entre 600 mm a 1000 mm em média, tendo um período de 7 a 0 meses de seca, entre os meses de junho a janeiro e 03 a 04 meses de chuva, entre os meses de fevereiro a maio (Cestaro 1994).

A região é marcada por um regime de marés variando de meso a micro marés, alcançando amplitudes máximas de 3 m, em marés de sizígia, e mínimas de 0,8 m, em marés de quadratura (Riedel 2000). As ondas variam de 0,75 m, em média, para a região de Macau (DHN 1974) e de 1,35 m a 0,20 m para a região de São Bento do Norte (Tabosa 2000).

Segundo Tabosa & Vital (2005) as correntes presentes na região da plataforma de São Bento do Norte têm um *trend* principal de direção NE-SW, com certa constância na intensidade. Os ventos provêm principalmente de NE e de SE, onde os primeiros apresentam maior velocidade, chegando a alcançar no máximo 36,7 km/h, enquanto que os provenientes de



SE alcançam no máximo 21,8 km/h (Tabosa & Vital 2005).

ASPECTOS METODOLÓGICOS O presente trabalho integra a fase inicial de um projeto de pesquisa mais amplo, que tem como objetivo caracterizar petrográfica e petrologicamente os depósitos em *offshore* na plataforma norte do estado do Rio Grande do Norte, bem como, num futuro breve, correlacioná-los com paleolinhas de costa.

No que se refere à organização, a fase inicial foi subdividida em três etapas: (1) consulta bibliográfica da área de interesse e aquisição de dados de campo; (2) análise e interpretação dos dados obtidos, e (3) compilação e exposição desses resultados em forma de trabalhos publicados e relatórios parcial e final, de acordo com o andamento do estudo.

A primeira etapa tem como metas principais a identificação e a localização dos corpos rochosos submersos entre os municípios de São Bento do Norte e Macau-RN, e a coleta de amostras. Para alcançar tais objetivos, além da consulta bibliográfica de trabalhos realizados anteriormente, foi utilizado um recorte da cena 215-063 do *Landsat 7ETM+* (Fig. 1), cujos vértices estão localizados pelas coordenadas 725775,000E, 9487124,500N (canto superior esquerdo) e 837300,000E, 9426149,500N (canto inferior direito). A partir desse recorte, diversas composições coloridas RGB foram feitas para se obter um maior aproveitamento da imagem. Chegou-se a um resultado no qual a composição para uma melhor visualização dos corpos rochosos submersos é a RGB-123 (Fig. 1) – já utilizada anteriormente por Frazão (2005) para caracterizar a plataforma – utilizando-se

dos artifícios de realce que o programa de geoprocessamento fornece. Nesse caso em particular, foi empregado o *software* ENVI versão 3.5.

Depois de obtida a imagem com a localização dos corpos rochosos, fez-se o planejamento da malha contendo as possíveis estações de amostragem. Um total de sete amostras foi coletado em dois locais previamente escolhidos: estação “1” – subdividida em “1a” e “1b” – e estação “2”. Na estação “1a” estão localizadas as lâminas “Minhoto 2.1” e “Minhoto 2.2”; na estação “1b” estão as lâminas “Minhoto 2.3” e “Minhoto 2.4”; enquanto que na estação “2” estão localizadas as lâminas “Minhoto 3.1, 3.2, 3.3 e 3.4” (Tabela 1).

Os pontos de amostragem dessa etapa inicial estão inseridos na Urca do Minhoto, que se encontra na porção setentrional da área de interesse, entre as Urcas da Conceição (a leste) e do Tubarão (a oeste). A coleta se deu de maneira lateralmente espaçada umas das outras e teve auxílio de embarcação motorizada e mergulhador. Com o objetivo de se obter uma possível relação vertical das amostras, pensou-se, inicialmente, em coletá-las, também, ao longo da coluna do corpo de rocha em cada estação. No entanto, não foi possível realizar essa operação devido as condições de trabalho no ambiente submerso, nessa fase inicial.

Nas amostras coletadas foi realizada inicialmente, uma descrição petrográfica preliminar e, posteriormente, a confecção de lâminas delgadas para a descrição com auxílio de microscópio de luz transmitida e contador de pontos – a síntese da descrição está apresentada na Tabela 1.

Lâmina	Estação 1				Estação 2		
	1a		1b		Minhoto 3.1	Minhoto 3.2	Minhoto 3.3
	Minhoto 2.1	Minhoto 2.2	Minhoto 2.3	Minhoto 2.4			
Principais Constituintes	Qz(75%); Fld(10%); Bio(12%); FRX(3%)	Qz(80%); Fld(5%); Bio(10%); FRX(5%)	Qz(85%); Fld(7%); Bio(3%); FRX(5%)	Qz(90%); Bio(5%); FRX(5%)	Qz(56%); Fld(7%); Bio(31%); FRX(6%)	Qz(80%); Fld(5%); Bio(10%); FRX(5%)	Qz(85%); Fld(5%); Bio(4%); FRX(6%)
Granulometria	Areia Média a Areia Grossa	Areia Fina a Areia Grossa	Areia Fina a Areia Média	Padrão 1: Areia Fina Padrão 2: Areia Muito Grossa a Grânulo	Areia Grossa	Areia Muito Fina a Areia Grossa	Areia Fina a Areia Média
Selecionamento	Moderadamente Selecionada f 1	Moderadamente Selecionada f 1	Moderadamente a Bem Selecionada f 1 - 0,5	Muito Pobremente Selecionada f 1-2	Bem Selecionada f 0,5	Pobremente Selecionada f 1,5	Moderadamente a Bem Selecionada f 1 - 0,5
Arredondamento e Esfericidade	Subangulosos a Subarredondados / Esferic. Moderada a Baixa	Subarredondados a Arredondados / Esferic. Moderada	Subangulosos a Subarredondados / Esferic. Moderada	1. Angulosos a Muito Angulosos / Esferic. Média a Alta. 2. Sub-arredondados a Arredondados / Esferic. Baixa	Subarredondados a Arredondados / Esferic. Moderada a Baixa	Angulosos a Muito Angulosos e Esferic. Moderada a Baixa	Subangulosos / Esferic. Moderada a Baixa
Contato entre Grãos	Pontuais e Retos (P), Flutuantes (R)	Flutuantes (P), Pontuais e Retos (R)	Flutuantes (P), Pontuais (C), Retos (R)	Flutuantes (P), Pontuais e Retos (R)	Flutuante (P), Pontuais (C) e Retos (R)	Flutuantes (P), Pontuais (R)	Flutuante (P), Pontuais (R)
Empacotamento	Normal	Frouxo	Frouxo	Frouxo	Frouxo	Frouxo	Frouxo
Maturidade Mineralógica	Submatura	Submatura	Submatura	Matura	Submatura	Submatura	Matura / Submatura
Maturidade Textural	Submatura	Submatura	Matura	Submatura	Supermatura	Matura	Submatura
Classificação (McBride, 1963)	Subarcócio	Subarcócio / Sublitoarenito	Sublitoarenito	Sublitoarenito	Subarcócio	Subarcócio / Sublitoarenito	Sublitoarenito

Tabela 1. Síntese da descrição petrográfica das amostras das estações “1” e “2”

RESULTADOS Em todas as lâminas analisadas estão presentes, predominantemente, quatro tipos de constituintes que formam o arcabouço da rocha (Fig. 2A), sendo eles: quartzo (em suas formas mono e policristalina), feldspato, bioclastos e fragmentos de rochas. Dentre esses constituintes, o que prevalece em todas com maior percentual é o quartzo, seguidos pelos bioclastos, que são comparativamente um pouco mais expressivos que os feldspatos, e por último na ordem de percentual vêm os fragmentos de rochas.

A granulometria dessas lâminas varia dentro da faixa “areia”, de areia muito fina até areia muito grossa, salvo apenas a composição da lâmina “Minhoto 2.4”, pertencente à estação “1b”, que possui dois padrões bastante distintos de granulometria, tendo um padrão mais fino e outro bem mais grosso, representado por sedimentos de tamanho “grânulo” (Fig. 2B).

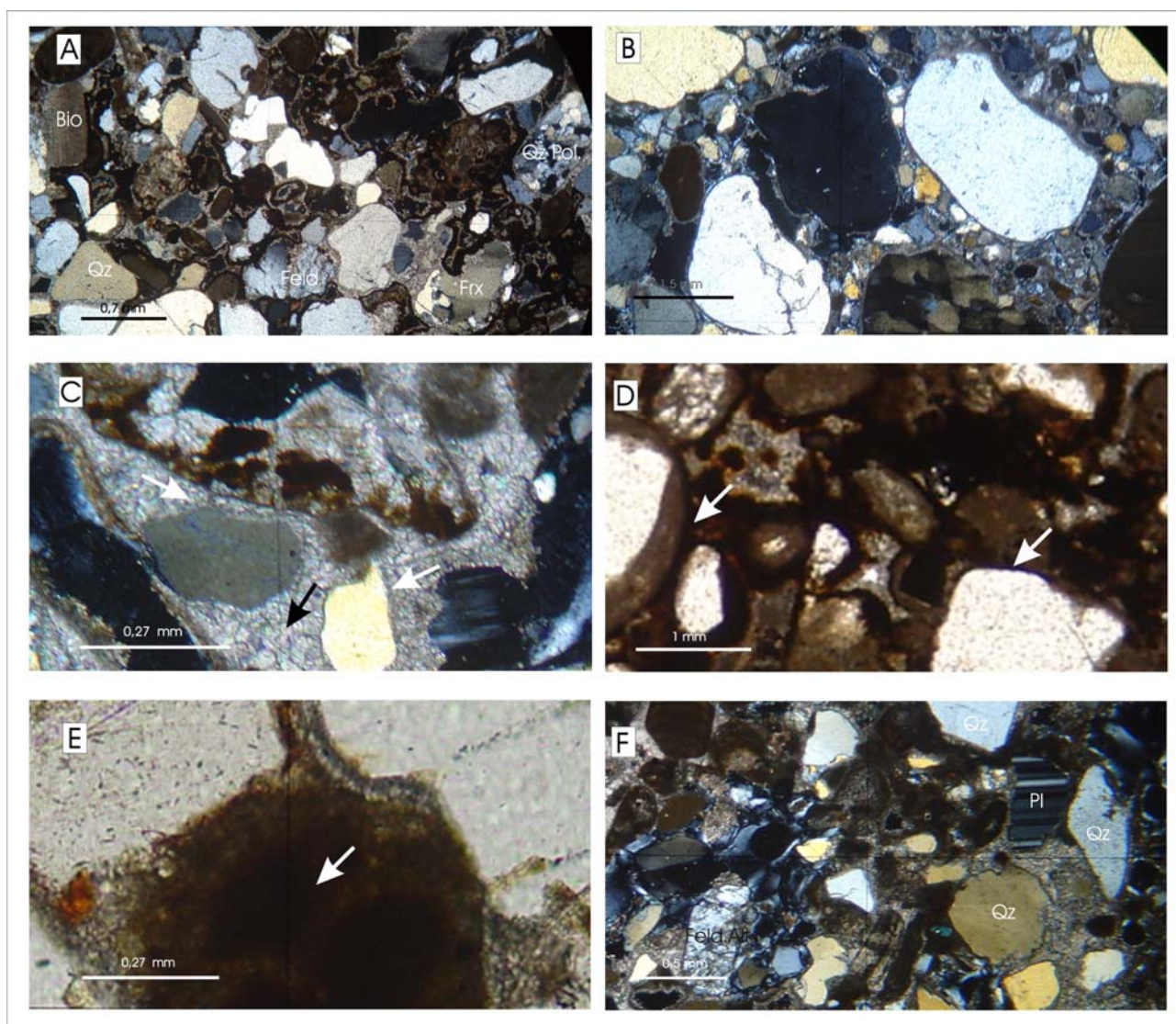


Figura 2. (A) Constituintes principais presentes nas lâminas, fotografados com nicóis cruzados. Qz: quartzo; Qz.Pol.: quartzo policristalino; Bio: bioclasto; Feld: feldspato e FRX: fragmento de rocha. (B) Padrões distintos de granulometria na lâmina “Minhoto 2.4”, mostrando-se um na fração areia fina e outro na fração areia muito grossa/grânulo. (C) Franjas carbonáticas ao redor dos grãos indicadas pelas setas brancas e cimento de calcita espática indicado pela seta preta. (D) Película de óxido envolvendo os grãos, fotografada com nicóis paralelos. (E) Miliolídeo bastante micritizado. É possível diferenciar a cavidade interna das paredes da borda, onde a primeira apresenta-se mais escura (indicada pela seta) e envolta a ela (um pouco menos escura) estão as bordas. (F) Plagioclásio aparece como principal feldspato presente nas lâminas, ocorrendo com geminação polissintética e em alguns casos aparecem bastante alterados. Pl: plagioclásio; Feld.Alt.: feldspato alterado



O quartzo presente na maioria das lâminas é formado por grãos mono e policristalinos, onde nesses últimos é comum a extinção ondulante e estrutura do tipo alongada e equigranular, diferente do que ocorre nos grãos monocristalino onde prevalece a extinção simples. Também é comum a presença de uma fina película escura envolta aos grãos bem como o crescimento de uma franja carbonática em alguns casos. Essas franjas são bem visíveis nas lâminas das estações “1a” e “1b” (Fig. 2C e D), enquanto que nas lâminas da estação “2” as franjas são mais incipientes e destacam-se películas escuras envolvendo os grãos.

Os principais bioclastos presentes nas lâminas são fragmentos de algas, *miliolídeos* e bivalves, variando de 3% a 12%, sendo que a estação “1a” contém o maior percentual. Grãos de bioclastos micritizados são comuns, principalmente os fragmentos de *miliolídeos* (Fig. 2E). Em alguns casos ocorre também a precipitação de franja carbonática ao redor dos grãos de bioclastos, semelhante às que ocorrem nos grãos de quartzo. Os bioclastos juntamente com outros grãos formam os fragmentos de rochas presentes na lâmina, muitos deles representativos no percentual total da lâmina.

Os feldspatos aparecem mais freqüentemente na forma de “plagioclásio” com geminação polissintética típica (Fig. 2F), porém em alguns casos ocorre com geminação “albita x periclina” típica da microclina. Eles ocorrem em proporção relativamente pequena e geralmente estão alterados, seja ao longo das maclas ou das bordas (Fig. 2F).

O cimento presente é composto principalmente por calcita espática (Fig. 2C) e/ou por calcita micrítica, desenvolvida nos espaços intraporosos e nas bordas dos grãos como franja carbonática, podendo ser de calcita ou de aragonita. As rochas das estações “1a” e “1b” apresentam um cimento mais espático, enquanto que as da estação “2” apresentam um tipo mais micrítico.

CONCLUSÕES Apesar de poderem constituir um único corpo (Santos *et al.* 2005) as rochas submersas encontradas na plataforma norte do estado do Rio Grande do Norte podem apresentar diferentes características petrográficas, podendo representar, dessa forma, estágios de evolução na formação da mesma distintos/diferentes entre si. Tais diferenças são melhores representadas pelos aspectos texturais constituintes e granulometria (Tabela 1).

De acordo com os resultados obtidos nas descrições petrográficas pode-se chegar a algumas conclusões, dentre elas:

- a energia de deposição e o meio deposicional que atuaram nesses sedimentos não foram uniformes para todas as estações, implicando, para algumas, um selecionamento mais eficiente e, para outras, um menos eficiente;

- as estações “1a” e “1b” sugerem um retrabalhamento maior dos grãos que compõem o arcabouço da rocha exceto pela amostra “Minhoto 2.4”, que apresenta dois tipos de padrões granulométricos, possivelmente implica em dois tipos diferentes de fonte para os sedimentos, enquanto que as amostras da estação “2” sugerem um retrabalhamento menor do que os encontrados nas amostras das estações “1a” e “1b”;

- com exceção da estação “1a” em todas as outras, os grãos apresentaram contatos flutuantes como sendo predominante juntamente com um empacotamento do tipo frouxo, o que sugere um soterramento pouco profundo, inibindo a ação das compactações, tanto mecânica quanto química, que são pouco notadas nas lâminas, e

- a maturidade mineralógica das amostras sugere que as mesmas, embora muito ricas em quartzo, apresentam quantidades significativas de feldspato, bioclastos e fragmentos de rochas, indicando que a ação intempérica não foi suficientemente elevada para a inibição total dos grãos menos resistentes (feldspatos e fragmentos de rochas).

PERSPECTIVAS Tem-se como objetivo o prosseguimento das pesquisas e a ampliação dessa gama de informações acerca das rochas estudadas, a fim de classificá-las com base em parâmetros petrográficos e petrológicos, e possivelmente correlacioná-las com os depósitos praias encontrados na costa norte do estado.

Para a etapa seguinte pretende-se fazer a descrição das amostras da Urca da Conceição e Urca do Tubarão, correlacionando-as com as amostras da Urca do Minhoto, descritas nesse trabalho.

Agradecimentos Gostaríamos de deixar nossos sinceros agradecimentos ao PRH-22 – Programa de Formação em Geologia, Geofísica e Informática para o Setor Petróleo e Gás (ANP) - UFRN, aos projetos de apoio à pesquisa MAR-RN, “Grupo de Pesquisa em Ciências do Mar e Ambientais” (FINEP/CTINFRA), e PETRORISCO-REDE 05, “Monitoramento Ambiental de Áreas de Riscos a Derrames de Petróleo e seus Derivados” (FINEP/CNPq/CTPETRO/PETROBRAS), pelo suporte e financiamento às atividades de campo, e ao Laboratório de Geoprocessamento do Departamento de Geologia – UFRN, pelas imagens cedidas e suporte computacional.



Referências

- ALMEIDA F.F.M., HASUI Y., BRITO NEVES B.B., FUCK R.A. 1977. Províncias estruturais brasileiras. In: *Anais 2º Simpósio de Geologia do Nordeste*, 242-258, Campina Grande, PB.
- BERTANI R.T., COSTA I.G., MATOS R.M.D. 1990. Evolução tectono-sedimentar, estilo estrutural e habitat do petróleo na Bacia Potiguar. In: RAJA CABAGLIA G.P., MILANI E.J. (eds), *Origem e evolução das bacias sedimentares*. Rio de Janeiro, PETROBRAS, p 291-391.
- CALDAS L.H.O. 2002. *Late Quaternary coastal evolution of the northern Rio Grande do Norte coast, NE Brazil*. University of Kiel, Kiel, Germany. Ph.D. Thesis, 98 p.
- CESTARO L.A. 1994. Os elementos do clima de Galinhos, RN, como recursos naturais à disposição do Homem. *Cadernos Norte-rio-grandense de Temas Geográficos*, 8(1): 13- 28.
- DHN. 1974. Carta náutica 700 - Brasil Costa Norte de Fortaleza a PTI. Marinha do Brasil, Diretoria de Hidrografia e Navegação - DHN, Rio de Janeiro. 2nd Edition.
- FRAZÃO E.P. 2005. *Caracterização morfoestratigráfica e hidrodinâmica da plataforma continental do Rio Grande do Norte: sistemas Açú e Potengi*. Exame de Qualificação de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geofísica, UFRN. 38 p.
- LEÃO Z.M.A.N. 1994. The coral reefs of southern Bahia. In HETZEL B. & CASTRO C.B. (eds.) *Corals of Southern Bahia*, Rio de Janeiro, Editora Nova Fronteira, 151-159.
- NIMER E. 1989. *Climatologia do Brasil*. Rio de Janeiro, RJ: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Departamento de Recursos Naturais e Ambientais.
- RIEDEL K. 2000. *Untersuchungen zur küstendynamik und küstenentwicklung bei Sao Bento*. Christian-Albrechts Universität, Kiel, Master Thesis, 55 p.
- SANTOS C.L.A., VITAL H., AMARO V.E., KIKUCHI R.K.P. 2005. Mapeamento de recifes submersos na costa do Rio Grande do Norte, NE Brasil: Macau a Maracajau. *Revista Brasileira de Geofísica*. 23(3).
- SOARES U.M., ROSSETTI E.L, CASSAB R.C.T. 2003. Bacia Potiguar. *Bacias Sedimentares Brasileiras. Fundação Paleontológica Phoenix*. 5(56) Agosto de 2003.
- STATTEGGER K., CALDAS L.H.O., VITAL H. 2004. Holocene coastal evolution of the northern Rio Grande do Norte Coast, NE Brazil. *Journal of Coastal Research*, Special Issue 39.
- TABOSA W.F. 2000. *Dinâmica costeira da Região de São Bento do Norte e Caiçara do Norte - RN*. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Relatório de Graduação, 76 p.
- TABOSA W.F. & VITAL H. 2005. Aspectos hidrodinâmicos e impactos ambientais costeiros e marinhos na região de São Bento do Norte - RN. X ABEQUA, Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, Guarapari, ES.
- TESTA V. & BOSENCE D.W.J. 1999. Physical and biological controls on the formation of carbonate and siliciclastic bedforms on the north-east Brazilian shelf. *Sedimentology*, 46(2): 279-301.
- VIANA M.L., SOLEWICZ R., CABRAL A.P., TESTA V. 1990. Sandstream on the northeast Brazilian shelf. *Continental Shelf Research*, 11(6):509-524, 1991.
- VIEIRA M.M. 2005. *Aspectos sedimentológicos e petrológicos dos beachrocks do estado do Rio Grande do Norte*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Tese de Doutorado.