



Revista de Gestão Costeira Integrada -
Journal of Integrated Coastal Zone
Management

E-ISSN: 1646-8872

rgci.editor@gmail.com

Associação Portuguesa dos Recursos
Hídricos

Wagner Alencar Castro, João

Ilhas oceânicas da Trindade e Fernando de Noronha, Brasil: Uma visão da Geologia
Ambiental

Revista de Gestão Costeira Integrada - Journal of Integrated Coastal Zone Management,
vol. 10, núm. 3, 2010, pp. 303-319
Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos
Lisboa, Portugal

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=388340130004>

- ▶ Como citar este artigo
- ▶ Número completo
- ▶ Mais artigos
- ▶ Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

Ilhas oceânicas da Trindade e Fernando de Noronha, Brasil: Uma visão da Geologia Ambiental *

Oceanic islands of Trindade and Fernando de Noronha, Brazil: Overview of the Environmental Geology

João Wagner Alencar Castro ¹

RESUMO

Os ambientes geológicos das ilhas oceânicas de Fernando de Noronha e da Trindade são constituídos por rochas alcalinas ultrabásicas a intermediárias e depósitos sedimentares pleistocênicos-holocênicos identificados por paleodunas (eolianitos), dunas, praias, aluviões, recifes algálicos e recifes de corais. As condições topográficas atuais, bastante diferentes dos maciços vulcânicos originais, evidenciam a presença de agentes intempéricos associados à erosão, que se acentuaram após a remoção da cobertura vegetal.

Variações no nível relativo do mar e do clima de ondas constituem outros processos geológico-oceanográficos que preocupam quanto à erosão costeira nestes ambientes insulares. Na ilha de Fernando de Noronha, registram-se problemas ambientais decorrentes do uso e ocupação do solo, principalmente aqueles relacionados à implantação de obras de engenharia costeira no porto de Santo Antonio, desmatamentos e uso e ocupação do solo. Em Trindade os processos erosivos são decorrentes dos desmatamentos provocados pela introdução de rebanhos de animais domésticos pelos colonizadores açorianos ainda no século XVIII.

ABSTRACT

Brazil has five truly oceanic archipelagos, emerging from deep sea: Atol das Rocas, Fernando de Noronha, São Pedro & São Paulo and Trindade & Martin Vaz. Thought emerging from the continental shelf, Abrolhos is also included in archipelagos program due to the oceanic nature of its biota.

The oceanic islands of Trindade and Fernando de Noronha are made up of subvolcanic bodies of ultrabasic to intermediate alkaline rocks and pyroclastic deposits belonging to different volcanic events. The older volcanic event produced phonolite domes and a variety of rock types,

1 - UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Laboratório de Geologia Costeira, Sedimentologia & Meio Ambiente, Departamento de Geologia e Paleontologia (Museu Nacional), Quinta da Boa Vista, São Cristóvão, Cep. 20940 - 040. Rio de Janeiro - Brasil. Phone: (55) 21 25626974. E-mail: castro@mn.ufrj.br

* Submissão – 12 Junho 2008; Aceitação – 20 Junho 2009; Recepção da versão revista – 16 Outubro 2009; Disponibilização on-line – 17 Fevereiro 2010

including lamprophyre dikes. The younger volcanic events (Quixaba Formation in Fernando de Noronha and Morro Vermelho, Valado and Vulcão do Paredão Formations in Trindade) are mainly comprised of melanephelinite flows and pyroclastic rocks.

The holocene sedimentary deposits represent a small parcel of the stratigraphic units in the studied islands. The aeolian (dunes) and alluvial fan deposits, algal reefs and beaches are distinguished. Environmental degradation processes in Fernando de Noronha are related to the soil use and occupation and construction of the Santo Antonio harbor. This island does not have perennial aquifers, which is a natural limitation to the human population, including the yearly number of tourist it can accommodate. Despite this fact, Noronha has been inhabited permanently since the 16th century (four centuries more than Trindade) and receives growing numbers of tourists attracted mainly to its marine biota and geology.

In Trindade Island erosive features have been caused by deforestations and introduction of domestic animals during the portuguese colonization. Due to desolate state in which Trindade was since the early 1700s up the 1994, substantial effort has been invested into the recovery of the island since then. The reversal of drastic erosion and depletion of vegetation by feral goats was achieved in 2005, after 11 years of effort. An ongoing reforestation project that we initially elaborated is apparently being carried out by the competent authorities, Brazilian Navy, National Environmental Authority - IBAMA and National Museum - Rio de Janeiro Federal University.

1. INTRODUÇÃO

O equacionamento dos problemas ambientais começou a ser contemplado em políticas públicas de países desenvolvidos de maneira sistemática a partir do inicio da década de 60. Nos anos 70, países em desenvolvimento começaram também a incorporar o tema em seus programas e planos de ações. Na década de 80, o assunto adquiriu expressão mundial, passando a ser considerado instrumento de políticas públicas por meio de exigências ambientais. Constitui marco significativo no Brasil à edição, em 1981, pela primeira vez na história do País, de uma Política Nacional de Meio Ambiente, cujas diretrizes inspiraram a maior parte das regulamentações legais e normativas (Bitar & Ortega, 1998).

Das ilhas oceânicas aqui estudadas, Fernando de Noronha é um Parque Nacional Marinho protegido legalmente pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio e Trindade é uma área gerenciada pela Marinha do Brasil. Ambas foram reconhecidas em 2001 pela Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleontológicos - SIGEP/UNESCO - como patrimônio geológico brasileiro. A grande distância que as separam do continente não garantem, por si, o equilíbrio ambiental (**Figura 1**).

As relações entre as condições geológicas e ecológicas são vulneráveis as intervenções antrópicas (Alves, 1998). Qualquer interferência externa, por meio da ocupação urbana, introdução de animais domésticos e outras espécies exóticas, turismo, desmatamento e implantação de obras de engenharia costeira, poderá agravar ainda mais os problemas

relacionados aos processos erosivos em encostas e praias.

A estrutura geológica de origem vulcânica, marcada por formas constituídas por planaltos, vertentes, planícies costeiras e linhas de rochas de praia, abrigam ambientes sensíveis à ação do homem, tais como depósitos de encostas, aluviões, dunas móveis, praias, recifes de corais, recifes de briozoários e biomas de relevância ecológica, como a Mata Atlântica em Trindade e a Caatinga em Fernando de Noronha (Castro e Antonello, 2006). Os processos relacionados ao intemperismo, erosão, transporte e deposição de sedimentos apontam para necessidade de adoção de medidas de controle e recuperação ambiental, principalmente em encostas constituídas por voçorocas e praias em erosão em ambas as ilhas.

A sistematização das pesquisas e o mapeamento geológico-geotécnico em escala cadastral poderão servir como instrumento de manejo e gerenciamento para a implementação de políticas de preservação e conservação, de forma a evitar a degradação ambiental. Ressalta-se ainda a importância dos recursos energéticos insulares advindos do aproveitamento do regime de marés, clima de ondas, regime de ventos e gradientes térmicos, que apresentam possibilidades de aproveitamento econômico futuro.

Considerando a Zona Econômica Exclusiva (ZEE) de 200 milhas náuticas e a importância estratégica das ilhas aqui estudadas, o presente trabalho tem como objetivo identificar os problemas ambientais à luz do conhecimento geológico, visando a implementação de uma política de controle ambiental e recuperação de áreas degradadas.

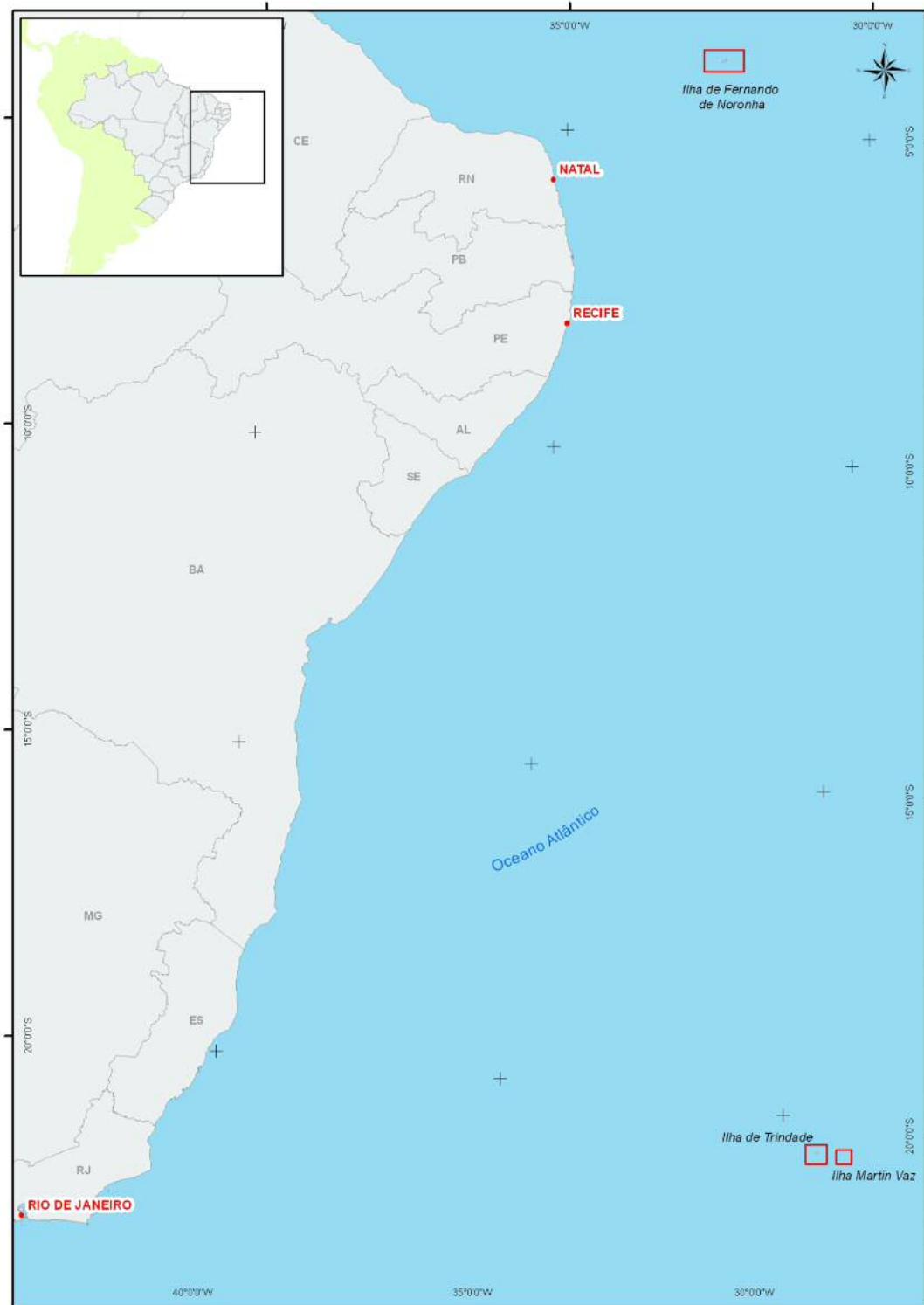


Figura 1. Localização das ilhas de Fernando de Noronha e Trindade em relação à costa brasileira.

Figure 1. Location of the Fernando de Noronha and Trindade Islands at the Brazilian coast.

2. ILHA DA TRINDADE

2.1. Diagnóstico ambiental

A ilha oceânica da Trindade, com superfície de 13 km², situa-se no oceano Atlântico sul, aproximadamente no paralelo de Vitória, Estado do Espírito Santo, afastada 1.140 km da linha de costa (Figura 2). Caracteriza-se por relevo íngreme associado a uma zona de fratura transversal de montes vulcânicos submarinos (Barros, 1959). A parte emersa da ilha, em forma de um cimo erodido, repousa sobre o assoalho oceânico a quase 5.500 m de profundidade (Castro & Antonello, 2006).



Figura 2. Localização da ilha da Trindade em relação à costa sudeste brasileira. Fonte: Almeida (1961).

Figure 2. Location of the Trindade Island at the southeast Brazilian coast. Source Almeida (1961)

Os pontos mais altos apresentam altitudes de aproximadamente 600 m. Os ambientes geológicos são caracterizados por rochas vulcânicas fortemente sódico-alcalinas e piroclastos diversos, recifes de algas, praias estreitas, depósitos eólicos móveis (dunas escalonares) e pequenos depósitos fluviais. Segundo Almeida (1961), é o único local em território brasileiro em que ainda se pode reconhecer parte de um cone vulcânico.

A diversidade de solos é profundamente relacionada com as variações do material de origem vulcânica e posição altimétrica (Ramos, 1950). De maneira geral, os solos apresentam alta fertilidade

natural e grau de intemperismo pouco acentuado (Castro & Antonello, 2006). O clima é do tipo oceânico tropical, com temperatura média anual de 25°C, sendo o mês de fevereiro o mais quente (30°C) e o de agosto o mais frio, com temperatura em torno de 17°C (Soares, 1964). O sistema de drenagem é pouco expressivo e de baixa vazão. Em relação aos processos de degradação ambiental, registram-se problemas relacionados a incisões erosivas (voçorocas) decorrentes dos desmatamentos provocados pela introdução de rebanhos de animais domésticos por colonizadores açorianos, ainda no Século XVIII. O Reino Unido ocupou por duas vezes a ilha, mas acabou por reconhecer, em 1896, a soberania brasileira. Foi utilizada como presídio político em 1924, desde 1958, a Marinha do Brasil mantém uma base meteorológica na referida ilha (Marliere, 2006).

2.2. Litoestratigrafia

São aqui descritos os registros litoestratigráficos ocorrentes na ilha da Trindade, constituídos por seis unidades geológicas individualizadas por Almeida (1961 *apud* Castro & Antonello, 2006): Complexo Trindade, Seqüência Desejado, Formação Morro Vermelho, Formação Valado, Vulcão do Paredão e Depósitos Holocénicos.

O **Complexo Trindade** caracteriza-se por um conjunto heterogêneo de rochas intrusivas piroclásticas (tufos de lapilli e bombas), representando a mais antiga manifestação vulcânica visível acima do nível do mar.

A **Seqüência Desejado** constitui-se por derrames de fonólito, nefelinito e grazinito com intercalações de piroclastos de composição equivalente, alguns deles de nítida deposição subaquosa, mas não marinha; os derrames alcançam cerca de 400 m de espessura na seção entre a Praia dos Portugueses e o pico do Desejado.

A **Formação Morro Vermelho** resulta de uma erupção explosiva com derrames de lava ankaratírica, variedade melanocrática de olivina nefelinito contendo biotita; o vulcanismo manifestou-se no alto vale da região central da Ilha, preenchido por espessura superior a 200 m de lavas e piroclastos.

A **Formação Valado** caracteriza-se por depósitos aluviais do córrego do Valado entre as praias dos

Cabritos e dos Portugueses, no norte da ilha, e intercala piroclastos e derrames de lavas provenientes de um centro emissivo situado no topo do vale; neste trecho de litoral ocorrem piroclastos constituídos de corpos discóides, filamentos de lava, bombas rotacionais e massas de lavas sobre solo em estado pastoso.

O **Vulcão do Paredão**, na extremidade oriental da ilha, representa as ruínas de um cone vulcânico parcialmente destruído pela ação das ondas, mas percebem-se restos das vertentes originais, assim como da borda de sua cratera (Almeida, 1961); próximo à entrada do túnel aberto pela ação marinha, existem restos de lava que parecem preenchimento da chaminé; a maior parte da encosta é formada por tuhos lapilíticos contendo blocos e bombas rotacionais.

Os **Depósitos Holocênicos** representam uma pequena parcela das unidades estratigráficas ocorrentes na ilha da Trindade (Castro & Antonello, 2006), destacando-se os depósitos eólicos, praias, aluviões, recifes algálicos e depósitos de encosta; os depósitos eólicos escalonares (dunas) são provenientes das contribuições exclusivas de tuhos vulcânicos, materiais piroclásticos e recifes algálicos.

2.3. Geomorfologia

A estrutura geológica do edifício vulcânico da ilha da Trindade apresenta um conjunto de formas diferenciadas caracterizadas por: a) Domínio Planalto Axial (Almeida, 1961); b) Domínio de Vertentes Costeiras (Almeida, 1961 *apud* Castro & Antonello, 2006) e; c) Domínio Litorâneo (Castro & Antonello, 2006). Grandes intrusões fonolíticas, diques, derrames de diversos tipos de lavas, massas de piroclastos e depósitos holocênicos caracterizam as formas de relevo.

O Domínio Planalto Axial representa as maiores elevações da ilha, onde se originam todos os cursos de água importantes, assim como numerosas incisões que drenam as escarpadas vertentes. Fazem parte da estrutura do planalto, derrames fonolítico, graziníticos e nefeliníticos, que se mostram intercalados em tuhos. O planalto ergue-se acima de 350 m e caracteriza-se por um relevo de morros separados por profundos vales. Destacam-se, no centro da ilha, cristas elevadas, principais divisoras de águas, sustentadas em derrames

fonolíticos constituídas pelos picos do Desejado (600 m), Trindade (590 m), Verde (553 m), São Bonifácio (570 m) e Grazinas (477 m).

O Domínio de Vertentes Costeiras caracteriza-se por superfícies rochosas abruptas que descem ao mar, das quais se erguem os picos fonolíticos que emprestam a ilha da Trindade notáveis paisagens geomorfológicas (Almeida, 1961 *apud* Castro & Antonello, 2006). O vulcão do Paredão é outra notável feição morfoestrutural da ilha, constituindo-se nas ruínas de um edifício vulcânico alto, de pouco mais de 200 m, semidestruído pelo mar. A sul, há restos da antiga superfície do alto do cone, caracterizados por paredões de tuhos, falésias verticais com altura de aproximadamente 200 m; a oeste, as vertentes voltadas para os morros fonolíticos caem suavemente, em quase perfeita coincidência com a superfície original do cone vulcânico. Os declives caracterizam-se, em geral, por escarpas abruptas, principalmente na face voltada para o quadrante sudoeste (**Figura 3**). A rede de drenagem caracteriza-se por caráter torrencial de mediana competência. A periodicidade do fluxo é limitada ao período chuvoso. Na estação seca, as vazões dos córregos são pouco expressivas.

O Domínio Litorâneo reflete de certa forma, a resistência da estrutura em que se estabeleceu. As saliências, geralmente, acham-se suportadas por rochas eruptivas que se destacam no traçado geomorfológico. As mais proeminentes pontas são caracterizadas por grandes corpos fonolíticos, diques, como ocorrem nas pontas da Crista do Galo, Cinco Farilhões, Sul e Noroeste. Destacam-se também antigos condutos vulcânicos (*necks*) constituídos pelo morro Pão de Açúcar (392 m) e as pontas do Príncipe e Monumento (Castro & Antonello, 2006). A plataforma de abrasão esculpida pela ação marinha é relativamente estreita e descontínua, destacando o baixo Sueste como a mais expressiva. As pontas do Túnel e Paredão participam da mais destacada saliência do litoral da Trindade. A **Figura 4** mostra uma visão geral da geomorfologia da ilha.

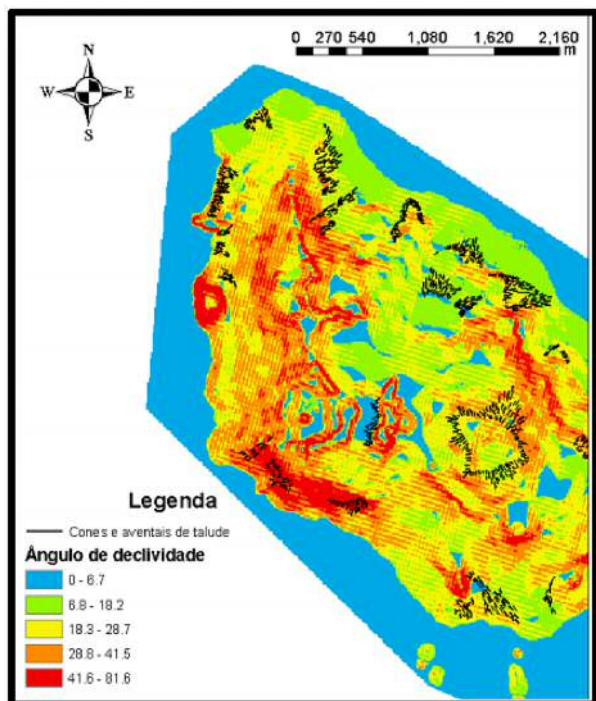


Figura 3. Mapa de declividade da ilha da Trindade, Brasil.
Figure 3. Slope map of the Trindade island, Brazil.



Figura 4. Visão geral da geomorfologia da ilha da Trindade, Brasil.

Figure 4. Geomorphology overview of the Trindade island, Brazil

2.4 Geologia costeira

A descrição e interpretação geológica do restrito ambiente insular definiu os principais tipos de processos naturais que impulsionaram sua evolução até o presente momento, prevendo, de certa forma, o comportamento futuro. Os primeiros trabalhos sobre os ambientes holocênicos da ilha da Trindade foram realizados por Almeida (1961), Castro (2003), Castro (2005) e Castro & Antonello (2006). O primeiro aborda as características morfológicas e evolução geológica da planície litorânea local, e os outros enfocam aspectos relacionados ao transporte de sedimentos induzidos por ondas e ventos e suas relações com concentrações de minerais pesados na face da praia.

A linha de costa na ilha da Trindade reflete, em seus menores detalhes, a resistência da estrutura geológica em que se estabeleceu. As reentrâncias e enseadas acham-se suportadas por rochas eruptivas que se destacam no traçado morfológico. Os promontórios mais proeminentes são sustentados por grandes corpos fonolíticos e diques. As plataformas de abrasão esculpidas pelo mar ao nível atual são, em geral, muito estreitas. Na Praia do Andrade, seguimento nordeste da ilha, os derrames de analcita-ankaratrito (Formação Morro Vermelho) posicionam-se na zona de arrebentação como uma barreira natural às ondas provenientes do quadrante nordeste e sudeste (Figura 5).

Na retaguarda dos referidos derrames (face da praia), os sedimentos caracterizam-se por uma granulometria de média a grossa. O material é constituído por olivinas, magnetitas, piroxênios, biotitas, anfibólios e rutilo. A diferença altimétrica entre a face da praia e pós-praia é de aproximadamente 1,20 a 1,50 m acima do nível do mar atual. Atribui-se para o domínio de pós-praia idade entre 1.500 a 2.000 anos A.P (área do Posto Oceanográfico Ilha da Trindade (POIT).

De modo geral, os sedimentos inconsolidados encontrados nas praias da ilha da Trindade caracterizam-se por depósitos de *placeres* (minerais pesados) em camadas lenticulares. O processo deposicional é resultado do transporte sedimentar de curta distância entre a rocha fonte e a praia (Castro & Antonello, 2006). A energia do espraiamento das ondas promove a seleção hidráulica das partículas

sedimentares de acordo com a densidade dos grãos, produzindo acúmulos de minerais pesados na parte superior da face da praia. Estas observações foram verificadas nas praias do Príncipe e Eme (sudoeste da ilha) e Tartarugas, Portugueses e Túnel no segmento nordeste (**Figura 6**).



Figura 5. Derrame de analcita-ankaratrito posicionado na zona de arrebentação das ondas, Praia do Andrada, ilha da Trindade.

Figure 5. Analcite-ankaratritic lava flows at surf zone position, Praia do Andrada, Trindade island.



Figura 6. Acúmulo de minerais pesados na face da Praia do Túnel, ilha da Trindade.

Figure 6. Heavy minerals accumulation of the shore face, Praia do Tunel, Trindade island.

Visando o estudo das concentrações de minerais pesados na ilha da Trindade, foram selecionadas seis praias, sendo duas posicionadas em relação ao quadrante sudoeste - oeste (voltadas para o Brasil) e quatro posicionadas em relação ao quadrante nordeste - leste (voltadas para a África). Em cada uma das praias foram coletadas duas amostras, sendo a primeira na zona de arrebentação das ondas e a segunda próxima à linha de preamar no limite com a pós-praia. Para análise dos minerais pesados utilizou-se um processador com peneiras variando de 2,0 mm a 0,037 mm, onde cada amostra foi processada na posição oito, durante 10 min. As amostras foram analisadas individualmente por meio de uma lupa binocular, com o intuito de identificar a composição mineralógica e granulométrica dos sedimentos. A partir desta análise, foi possível comprovar que o material estudado possui diferentes composições mineralógicas.

Nas praias voltadas para o quadrante sudoeste-oeste (Príncipe e Eme), registraram-se a ocorrência de magnetitas (70% das amostras), bioclastos de aragonita, zircão, concreções hematíticas e concreções goethíticas (depósitos de placeres). Já na face voltada para o quadrante nordeste-leste (praias do Túnel, Tartarugas, Portugueses e Cabritos), ocorre uma mineralogia que reflete a rocha adjacente (piroclastos de fonólito e tufo vulcânicos), ou seja, magnetitas (90% das amostras), concreções hematíticas, zircão e rutilo (depósitos de placeres).

Em relação à granulometria do material sedimentar analisado, observou-se que as praias voltadas para o quadrante oeste-sudoeste apresentam uma composição granulométrica de média a grossa. Já na face litorânea voltada para leste-nordeste, os sedimentos variam de fino a médio. Comparando ambas as faces litorâneas, observou-se que nas praias do segmento oeste-sudoeste (voltadas para o Brasil), os sedimentos são mais grossos em função da rocha fonte ser muito próxima.

As ondas de sudoeste (marulho), mesmo incidindo diretamente sobre a Praia do Príncipe, não são capazes de remobilizar frações significativas de minerais pesados. Tal fato deve-se ao processo de seleção hidráulica das partículas, no qual os minerais que apresentam maiores densidades tendem a serem depositados na linha de preamar máxima. De certa forma, o processo erosivo local é inibido em função

da alta concentração de minerais pesados na linha de preamar. Já no segmento nordeste-oeste (voltados para África), as praias ficam relativamente abrigadas em relação ao clima de ondas proveniente de sudoeste, e as áreas fontes são um pouco mais afastadas.

A partir desta análise comparativa, é possível aferir que as praias do Túnel, Tartarugas, Portugues e Cabritos, voltadas para nordeste-oeste, apresentam menor probabilidade de processos erosivos decorrentes da ação de ondas de sudoeste, ao passo que a face voltada para nordeste-oeste (praias do Príncipe e Eme), a possibilidade de erosão costeira é maior em decorrência da linha de costa se encontrar exposta a ondas de tempestades (Castro, 2005). Tal fato pode ser comprovado pela presença de escarpas de praia muito bem caracterizadas nestas últimas praias. Ressalta-se a importância estratégica de um levantamento de detalhe do potencial mineral (*placeres*) da ilha da Trindade, visando estudos de geologia econômica e ambiental.

Os depósitos sedimentares holocênicos representam uma pequena parcela das unidades estratigráficas ocorrentes na ilha da Trindade (Castro & Antonello, 2006). Destacam-se os depósitos eólicos, praias, aluviões, recifes algálicos e depósitos de encosta. Os depósitos eólicos escalonares (dunas) da ilha são provenientes das contribuições exclusivas de tufos vulcânicos, materiais piroclásticos e recifes algálicos. A zona de alimentação do sistema eólico é totalmente dependente da rocha encaixante e das condições climáticas locais. Conforme observações em imagens de satélite e método direto no terreno verificou-se que a taxa de transporte eólico varia em função das dimensões da pista de vento (*fetch*) da Praia das Tartarugas e aporte sedimentar. Na ilha da Trindade, a estimativa de taxa de transporte eólico é de 0,5 m³/m/ano, considerada pouco expressiva (Castro, 2003).

As transformações ocorridas à retaguarda do campo de dunas, entre estas o processo de soterramento contínuo de vegetação, são decorrentes de causas naturais, principalmente relacionadas ao regime de vento unimodal nordeste e a quantidade de sedimentos trazidos para a zona de retenção eólica.

As praias, em geral, são relativamente estreitas, principalmente na face voltada para sudoeste (Brasil). Observou-se, durante a expedição realizada em

fevereiro de 2003, a ocorrência de um terraço de cascalho a cerca de 1,0 m acima do nível de preamar atual nas praias do Príncipe e Cabritos. A base do terraço é formada por conglomerados fonolíticos com ampla predominância de seixos de pirocláticos diversos. O tamanho médio dos clastos é de 8,0 cm (fração callhau fino - entre 6,4 e 12,8 cm - segundo Blair & Mcpherson, 1999), sendo observada uma classe textural maior (fração matacão fino – entre 25 e 50 cm) e outra menor (fração seixo grosso a muito grosso – entre 1,5 e 6,0 cm). Foram observados alguns clastos cujo diâmetro maior alcança até 60 cm (fração matacão médio). A espessura aflorante do estrato de conglomerados é de 1,0 m.

Na base do estrato conglomerático, ocorrem depósitos de praia constituídos por sedimentos bioclásticos provenientes da decomposição dos recifes algálicos (antepraia) e minerais pesados transportados das encostas por chuvas torrenciais episódicas. Considerando que o nível médio do mar situa-se entre 0,40 a 0,60 m abaixo da linha média de preamar, e o topo do afloramento conglomerático entre 1,20 a 1,50 m acima deste nível, atribui-se, para o referido terraço, idade correspondente a 2.000 a 1.500 anos A.P. (Figura 7).



Figura 7. Depósito de matacões situado acima do nível do mar, possivelmente relacionado à última transgressão marinha na ilha da Trindade.

Figure 7. Boulder deposit above sea level probably related to last marine transgression in Trindade island.

Em outras praias, foram identificados arenitos calcíferos (calcarenitos) que consistem principalmente de fragmentos de algas calcáreas, como a sanidina. O comportamento detritico deste material é similar às areias de praias atuais da ilha. Caracterizam-se por plataforma plana aferindo um posicionamento do nível do mar pretérito de 1,0 a 1,5 m acima do nível atual. Analisando os registros geológicos no litoral da ilha da Trindade, verificou-se que o rebaixamento do nível do mar nos últimos 2.000 anos A.P. contribuiu para a formação das pequenas planícies costeiras situadas entre as praias das Tartarugas e Andrada.

2.5. Riscos ambientais

O processo de evolução dos fenômenos erosivos, evidenciados em grandes incisões (voçorocas) na ilha da Trindade, apesar de conhecido, ainda não foi estudado do ponto de vista geológico-geotécnico (Castro & Antonello, 2006). Disto, resulta a ausência de programas de monitoramento contínuo e, consequentemente, impossibilidade de solução do problema. Em Trindade, as voçorocas ocorrem por toda a ilha, principalmente na face voltada para as praias do Andrada, Portugueses e Cabritos. As incisões paralelas ao eixo de fraturas e linhas de drenagem devem-se aos desmatamentos ocorridos ao longo dos anos e a introdução de rebanhos de animais domésticos pelos colonizadores açorianos, ainda no Século XVIII. As terras inicialmente ocupadas por espécies vegetais da Mata Atlântica hoje apresentam um panorama erosivo que envolve áreas consideráveis (Figura 8).

O estudo da dinâmica de transporte de sedimento, associada à classificação de risco geológico, poderá indicar com precisão áreas vulneráveis à propagação dos processos erosivos, o que é relevante para o programa de reflorestamento da ilha implementado pelo Museu Nacional/UFRJ, Marinha do Brasil e ICNbio, bem como para outros futuros projetos ambientais (Figura 9).

A presença de pontos de monitoramento de voçorocas servirá de amparo para a tomada de decisão quanto à viabilidade de planos de manejo e reflorestamento co-localizado. Para que ocorra uma desaceleração no processo erosivo, é necessário adotar medidas de mitigação específicas para cada ponto em erosão. No trecho das encostas voltadas para a Praia



Figura 8. Processos erosivos nas encostas da ilha da Trindade.

Figure 8. Erosion processes on the slopes in Trindade island.



Figura 9. Programa de reflorestamento da ilha da Trindade, implementado pelo Museu Nacional/UFRJ, Marinha do Brasil e IBAMA.

Figure 9. Reforestation program in Trindade island, implemented by Museu Nacional/UFRJ, Marinha do Brasil and IBAMA.

do Andrada, algumas medidas já foram implementadas por meio do plantio de espécies nativas.

A manutenção dos recursos hídricos na ilha da Trindade decorre de mecanismos naturais de controle, desenvolvidos ao longo de processos evolutivos da paisagem, predominantemente de origem vulcânica.

Um destes mecanismos é a relação existente entre a cobertura vegetal e a água, especialmente nas cabeceiras dos pequenos córregos. Esta condição natural de equilíbrio dinâmico foi alterada pelos desmatamentos, provocados principalmente pela introdução de caprinos. Considerando-se a propagação das voçorocas, registradas por toda a ilha, não há dúvida de que os impactos ambientais destas transformações começam a ameaçar a sustentabilidade dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos.

Durante a expedição ocorrida em fevereiro de 2003, verificou-se a ocorrência de movimento de massa (*landslides*) em superfície, induzido principalmente por gravidade, na vertente sudeste da Praia do Túnel (**Figura 10**).

Na Crista do Galo (segmento nordeste), registrou-se a ocorrência de deslocamentos, decorrentes de desprendimentos de lascas ou placas de rochas formadas a partir de estruturas de acamamento, provocados por variações térmicas ou alívio de tensão. No arco praial dos Cabritos, próximo à ponta do Valado, observou-se movimentos de blocos rochosos em superfícies inclinadas, os quais encontram-se depositados sobre o terraço marinho posicionado entre 1,20 a 1,50 m acima do nível do mar. Em alguns casos, tais blocos se encontram parcialmente submersos, destacando-se do talude devido à perda de apoio.

Em relação aos processos de erosão costeira, as praias da ilha da Trindade apresentam duas situações



Figura 10. Movimento de massa nas encostas da Praia do Túnel, ilha da Trindade.

Figure 10. Landslides on the slopes in Praia do Túnel, Trindade island.

quanto à dinâmica sedimentar: a) praias com balanço sedimentológico relativamente estável, com reposição do estoque de sedimentos após episódios erosivos mais intensos, praia do Príncipe (face sudoeste da ilha) e; b) praias onde perturbações no balanço local de sedimentos resultam em erosão e recuo de linha de costa; tais perturbações podem ser verificadas em determinados trechos da Praia dos Portugueses (face nordeste).

O processo de recuo da linha de costa próximo ao Posto Oceanográfico (POIT) deve-se à remoção parcial da linha de rochas de praia constituída por derrames de analcita-ankaratrito, ocorrido para possibilitar a atracação de barcos. A estimativa de recuo da linha de praia após esta remoção foi de 20 m. Durante a passagem de ondas de tempestades, o local tornou-se mais vulnerável ao processo de erosão costeira. Para um cenário futuro, se confirmadas as mudanças climáticas globais devido a fatores como o efeito estufa e a sobre-elevação do nível do mar, a pequena planície costeira voltada para nordeste envolvendo as praias dos Cabritos, Portugueses, Tartarugas e Andrada serão as mais afetadas por processos de recuo de linha de praia (**Figura 11**).



Figura 11. Planície costeira da Praia do Andrada, nordeste da ilha da Trindade.

Figura 11. Coastal plain of Praia do Andrada, Trindade island.

Na ocorrência de uma mudança climática que torne o clima mais úmido que o atual, espera-se um cenário de maior propagação dos agentes erosivos, por meio das voçorocas, traduzindo-se em uma maior

carga de sedimento transportado das encostas para as praias, causando a eliminação de comunidades algais que dependem de baixos níveis de turbidez na água para se desenvolver. Por outro lado, o efeito contrário – um clima mais árido – pode favorecer o desenvolvimento dos depósitos eólicos (dunas) na Praia das Tartarugas, provocando o soterramento da vegetação (**Figura 12**). Estas possíveis mudanças em um cenário futuro devem ser analisadas com especial interesse, devido à importância ambiental e estratégica da ilha.



Figura 12. Dunas escalonares sobre a vegetação nativa da Praia das Tartarugas, ilha da Trindade.

Figure 12. Climbing dunes over the native vegetation, Praia das Tartarugas, Trindade island.

Do ponto de vista sismológico, apesar da ilha da Trindade se encontrar em uma zona de fratura transversal à cadeia meso-oceânica (área de ruptura litosférica), não foram registrados sismos ou terremotos de origem tectônica no local durante a operação da estação sismológica, que foi desativada.

3. ILHA DE FERNANDO DE NORONHA

3.1. Diagnóstico ambiental

A ilha oceânica de Fernando de Noronha tem 18,4 km², situa-se no oceano Atlântico sul equatorial, afastada 350 km de Natal, Rio Grande do Norte, e 545 km de Recife, Pernambuco. A natureza geológica caracteriza-se por relevo irregular associado a uma zona de fratura transversal de montes vulcânicos

submarinos. Este relevo participa de um alinhamento de orientação E-W que se projeta em direção à costa do Estado do Ceará (**Figura 12**).

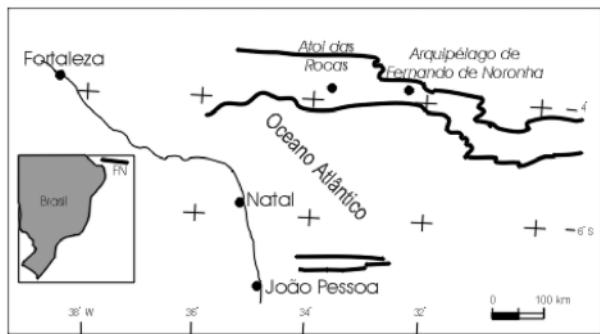


Figura 13. Localização da ilha da Trindade em relação à costa brasileira. Fonte: Almeida (1961).

Figure 13. Location of the Fernando de Noronha island at the Brazilian coast. Source: Almeida (1961).

A morfologia é constituída por um monte cônico que repousa sobre o assoalho oceânico a quase 4.000 m de profundidade. A porção emersa é representada por 21 ilhas, ilhotas e rochedos de natureza vulcânica, o maior eixo com cerca de 10 km e a largura máxima de 3,5 km, perfazendo um perímetro de aproximadamente 60 km. Os ambientes geológicos são constituídos por rochas vulcânicas, depósitos eólicos (eolianitos e dunas atuais), recifes algálicos e de corais, praias de larguras variáveis, depósitos lacustres e fluviais.

O clima é tropical do tipo Aw do sistema Köppen de classificação, marcado pelo domínio oceânico. A média anual das temperaturas situa-se em torno de 25°C, consequência da influência dos ventos alíseos. O índice de precipitação pluviométrica anual é de aproximadamente 1.400 mm, com grande variabilidade interanual, caracterizado por duas estações bem distintas, sendo o período chuvoso de março a julho e o déficit hídrico mais acentuado de agosto a janeiro.

Considerada o Havaí brasileiro, Fernando de Noronha conta com uma população fixa de aproximadamente 2700 habitantes, concentrada principalmente na localidade de Vila dos Remédios no litoral norte da ilha. A principal atividade econômica é a pesca e o turismo. A agricultura se

limita a pequenas lavouras de milho, feijão, mandioca e batata doce. Há rebanhos de bovinos, caprinos e suínos que atendem às necessidades locais, mas são inexpressivos em número (Marliere, 2006).

3.2. Litoestratigrafia

Almeida (1955) descreve detalhadamente os episódios vulcânicos ocorridos em Fernando de Noronha, caracterizando três unidades estratigráficas bem definidas pela Formação Remédios (mais antiga), Formação Quixaba (intermediária) e Formação São José (mais recente). Acrescenta-se a estas unidades os Depósitos Quaternários constituídos por eolianitos (dunas cimentadas por carbonato de cálcio), dunas, praias, aluviões, recifes algálicos e de corais e depósitos flúvio-lacustres. As primeiras datações radiométricas das rochas de Fernando de Noronha foram efetuadas por Cordani (1970), utilizando o método K-Ar, e posteriormente por Ulbrich & Ruberti (1992), por meio dos métodos Ar-Ar e K-Ar.

Formação Remédios: as rochas referentes a esta unidade estratigráfica são eruptivas intrusivas em produtos piroclásticos (Almeida, 1955). Constituem as elevações da área central da ilha principal. Afloram ao longo da costa norte entre a Praia da Biboca até as proximidades do córrego do Boldró. Segundo Ulbrich *et al.* (2004), as rochas da Formação Remédios forneceram idade de resfriamento entre 12,3 e 8,0 Ma, sendo que as mais antigas foram obtidas em amostras de domos e *plugs* de álcali basalto (12,3 Ma), fonólito afríco (11,2 Ma) e álcali traquito (10,8 Ma).

Formação Quixaba: os depósitos piroclásticos são caracterizados por tufos, lapilli-tufos, tufos-brechas e aglomerados. Constituem-se unicamente de componentes essenciais e partículas de rochas ankaratítica previamente consolidada. No interior da ilha, esta unidade apresenta-se em planaltos escalonados obedecendo aos declives originais dos derrames (Almeida, 1955). A posição das camadas da Formação Quixaba na região ocidental da ilha indica a existência de condutos vulcânicos situados a norte da enseada do Carreiro de Pedra. Conforme as datações de Ulbrich *et al.* (2004), as rochas correspondentes a esta unidade apresentam idade entre 4,2 e 1,5 Ma.

Formação São José: caracteriza-se por derrames de nefelina basanito que sustenta a ilha de São José e

duas ilhas vizinhas, Cuscuz e Fora. Embora não se verifique continuidade geográfica entre a área ankaratírica da península de Santo Antônio e as ilhas basaníticas, a conformação geral dos derrames na extremidade norte-oriental de Fernando de Noronha, onde as camadas se inclinem para nordeste, consideram-se as rochas desta unidade estratigráfica mais recente em relação aos ankaratritos na ilha do Chapéu. Segundo Almeida (1955), as ilhas da Formação São José são talhadas em um único derrame de nefelina basanito com espessura de 25 m.

Depósitos Quaternários: os depósitos sedimentares quaternários representam aproximadamente 8,0% das unidades estratigráficas ocorrentes na ilha de Fernando de Noronha. Destacam-se os eolianitos, dunas atuais, praias, aluviões, recifes algálicos e de corais e depósitos fluviais e lacustres. Os eolianitos descritos por Branner (1890) e Almeida (1955) localizam-se na baía de Sueste, mais precisamente na ponta das Caracas e na Praia de Atalaia. Valença *et al.* (2005) descrevem com detalhe as características petrográficas e geoquímicas destes sedimentos de origem eólica. O material é constituído por bioclastos, algas coralíneas, fragmentos de corais, fragmentos de braquiópodes, foraminíferos e alguns poucos artrópodes. Em relação ao nível médio do mar atual, encontra-se bem abaixo em relação ao período de desenvolvimento dos eolianitos (paleodunas). Tomando-se como referência as idades mínimas de aproximadamente 30.000 A.P. – que corresponde ao topo e/ou parte superior das áreas estudadas por Valença *et al.* (2005) – o mar estava a aproximadamente 30 m abaixo do atual, fornecendo, assim, condições necessárias de pista de vento “*fetch*” para o desenvolvimento destes depósitos. As dunas móveis das praias de Santo Antonio, Sueste e Leão caracterizam-se por material bioclastico de composição granulométrica fina. A zona de estirâncio (praia) é constituída predominantemente por material bioclastico e fragmentos de rochas de origem calcárea de granulometria média a fina. O percentual de minerais pesados é baixo, caracterizado por grãos de augita, olivina, magnetita e limonita. Os recifes algálicos e de corais apresentam exuberante desenvolvimento ao longo do litoral sul e oriental, principalmente na enseada da Caieira, Saco da Atalaia e Praia do Leão. Os depósitos aluviais caracterizam-

se por reduzido entulhamento com material pobramente selecionado. Os leitos dos córregos existentes apresentam desniveis significativos em relação ao nível do mar atual.

3.3. Geomorfologia

A geologia da ilha de Fernando de Noronha apresenta um conjunto geomorfológico diferenciado, constituído por: a) Domínio Planalto Suave (Almeida, 1955); b) Domínio de Vertentes Rochosas; c) Domínio Planície Costeira e; d) Domínio Recifal. Rochas piroclásticas e eruptivas, diques, derrames de lavas e depósitos quaternários diversos caracterizam as formas de relevo.

O Domínio Planalto Suave na área de Quixaba e Três Paus, os efeitos químicos da meteoração conduzem a rigolitos profundos. Os fonólito são cobertos por solos rasos de cor creme-claro, pedregoso, enquanto que nas áreas ankaratícas mostram-se mantos mais espessos, com aproximadamente 3,0 m de profundidade, e de coloração marrom (Almeida, 1955). O planalto suave ergue-se acima de 40 m, caracterizando-se por relevo de morros separados por vales abertos. Destaca-se, no centro da ilha, o morro do Meio (150 m), o morro do Sal (100 m), o morro Boa Vista (100 m) e o morro do Francês (195 m).

O Domínio de Vertentes Rochosas caracteriza-se por superfícies abruptas que descem ao mar, das quais se erguem os picos fonolíticos que emprestam a ilha notáveis paisagens de origem vulcânica; o morro do Pico, caracterizado por um domo fonolítico entre as praias da Conceição e Boldró, é um destes. A rede de drenagem é pouco expressiva, de caráter torrencial e baixa competência. A periodicidade do fluxo é limitada ao período chuvoso. Na estação seca, as vazões dos córregos são de baixa competência.

O Domínio Planície Costeira reflete de certa forma, a resistência da estrutura geológica em que se estabeleceu. As saliências geralmente estão suportadas por rochas eruptivas que se destacam no traçado geomorfológico. As mais proeminentes pontas são caracterizadas por grandes corpos fonolíticos, derrames e diques, como ocorrem nas pontas da Sapata, Capim Açu, Espinhaço e pontal da Macaxeira na ilha Rata. Nas proximidades da Vila dos Remédios,

registram-se a ocorrência de dois tómbolos, o primeiro localizado entre a ilha da Conceição e a praia de mesmo nome (tômbolo simples) e o segundo caracterizado por uma tripla conexão entre as ilhas de São José, Cuscús e Rasa com a ponta de Santo Antonio. As praias são relativamente estreitas e limitadas por pontas rochosas, caracterizando ambientes de enseadas e baías. O transporte de sedimentos induzido por ondas é restrito aos domínios das unidades fisiográficas separadas por promontórios ou pontas rochosas. Destacam-se as praias do Sancho, Quixaba, Conceição, Boldró, Sueste e Cachorro (Castro & Antonello, 2006).

O Domínio Recifal constitui um dos mais notáveis elementos geomorfológicos do litoral de Fernando de Noronha. Desenvolve-se ao longo da linha de costa, principalmente na zona de antepraia da enseada da Caieira, praias do Leão e Boldró e ilha Rasa. A morfologia é constituída por franjas de barreiras que mergulham abruptamente em direção ao mar aberto. Segundo Almeida (1955), a superfície superior, quando exposta em maré baixa, apresenta uma largura média de 10 m. Entre esta unidade geomórfica e o ambiente de praia, ocorrem pequenas lagunas mais ou menos represadas em maré baixa, como no saco do Atalaia à sudeste de Tamandaré. A **Figura 14** mostra os declives e descontinuidades topográficas da ilha de Fernando de Noronha.

3.4. Riscos Ambientais (Erosão costeira)

No Brasil, embora os problemas relacionados à erosão costeira venham chamando atenção da mídia e de autoridades ligadas ao poder público há, ao menos, 30 anos, somente nos últimos 15 anos a comunidade científica vinculada à área de geologia costeira e marinha passou a estudar o problema, suas causas e consequências.

Na ilha de Fernando de Noronha, apesar das evidências erosivas observadas principalmente na região do porto de Santo Antonio e em outras praias, ainda não foi possível realizar um trabalho de campo sistemático, com o uso de receptor GPS geodésico para execução de perfis de praia e estudos de estimativas de balanço sedimentar, em função das condições operacionais e logísticas.

Os principais indicadores naturais de erosão costeira na ilha de Fernando de Noronha são: remobilização de sedimentos de praia na enseada Caieira pela ação eólica (dunas de Tamandaré); interferência dos promontórios rochosos do Espinhaço e Carreiro de Pedra sobre o transporte longitudinal de sedimentos induzidos por ondas e; alterações sazonais dos perfis de praia em condições de tempestades. As causas antrópicas disto se referem à construção do molhe (porto) na baía de Santo Antonio. Na **Figura 15** observa-se processo deposicional à retaguarda da bacia de evolução

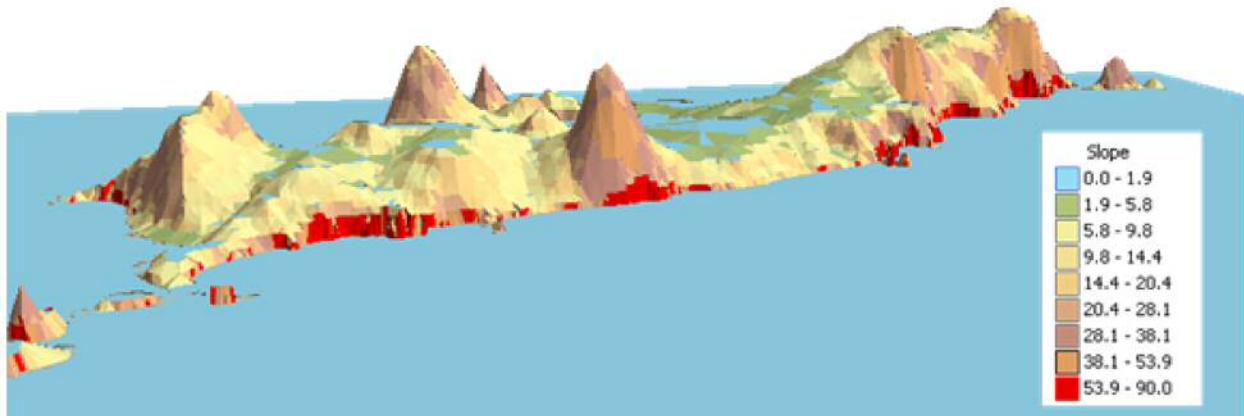


Figura 14. Mapa de declividade da ilha de Fernando de Noronha, Brasil.

Figure 14. Slope map of the Fernando de Noronha island, Brazil.

portuária (assoreamento) e processo erosivo no segmento nordeste e sudoeste da Praia de Santo Antonio.

As principais fontes de sedimento para alimentação das praias em Fernando de Noronha provêm principalmente do interior da ilha, através do intemperismo e dissecação das unidades estratigráficas que constituem a Formação Remédios (mais antiga), Formação Quixaba (intermediária), Formação São José (mais recente) e Depósitos Quaternários constituídos por eolianitos, aluviões e sedimentos flúvio-lacustres. A contribuição da estreita plataforma continental é mínima, devendo-se principalmente a ação das ondas sobre os recifes algálicos e de corais. A crescente urbanização e intensificação das atividades turísticas em Fernando de Noronha, aliada a mobilidade das feições morfológicas e estratigráficas,

poderão acelerar os processos erosivos aqui identificados.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As ilhas oceânicas de Trindade e Fernando de Noronha, antes locais (sítios) distantes da costa brasileira e de difícil acesso, hoje têm *status* de áreas estratégicas para o Brasil, tanto politicamente, no que tange a expansão da Zona Econômica Exclusiva - ZEE, quanto no que se refere à sua geodiversidade e biodiversidade única. Assim, essas ilhas têm hoje algum nível de proteção, sejam como unidades de conservação ambiental ou como áreas reconhecidas em 2001 pela Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleontológicos (SIGEP/UNESCO) como patrimônios geológicos marinhos.

Apesar de suas reconhecidas geodiversidades,

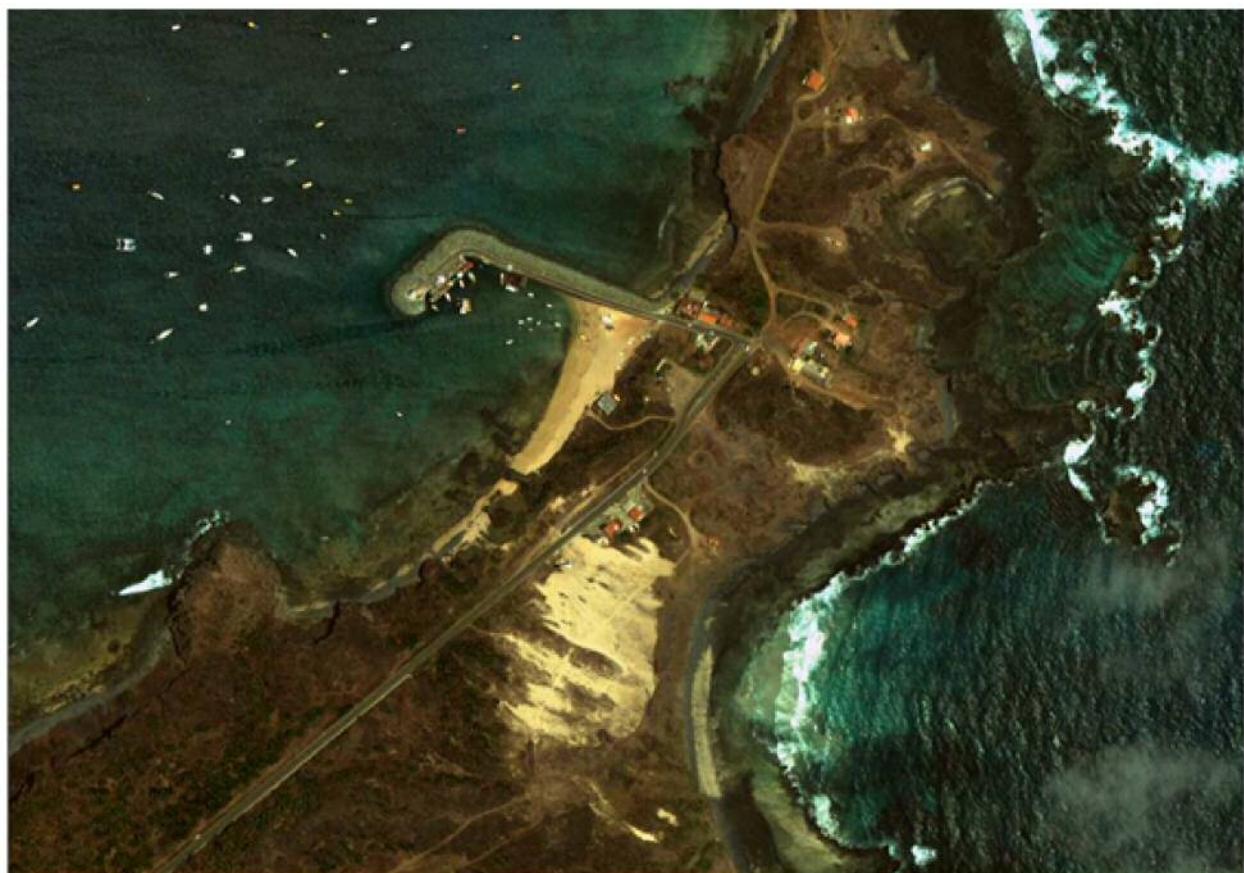


Figura 15. Processo deposicional na área da bacia de evolução do porto de Santo Antonio, ilha de Fernando de Noronha.

Figure 15. Depositional process in the evolution basin of the Santo Antonio harbor, Fernando de Noronha island.

biodiversidades, importância histórica e estratégica, as ilhas oceânicas da Trindade e de Fernando de Noronha ainda nos desafiam em função dos ricos geológicos e ambientais ocorrentes. O histórico das duas ilhas mostra como a ocupação por colonizadores açorianos na ilha da Trindade e o turismo em Fernando de Noronha trouxe graves impactos ambientais, destacando-se a degradação do solo, movimentos de massa e problemas de erosão costeira. Na ilha da Trindade vêm sendo realizado um trabalho de recuperação ambiental das encostas em estágio avançado de erosão através do plantio de espécies nativas pelo Departamento de Botânica (Museu Nacional) da Universidade Federal do Rio de Janeiro em parceria com a Marinha do Brasil e o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio. A ação de replantio deve ser continuada com o apoio de levantamentos geológicos - geotécnicos, visando a implementação de outras medidas de remediação como a contenção de encostas das áreas mais íngremes.

Os problemas relacionados à erosão costeira na região do porto de Santo Antonio em Fernando de Noronha e na região do Posto Oceanográfico da Trindade, apesar de conhecidos, ainda não foram suficientemente estudados. Estão previstos a execução de perfis de praias através de receptores GPS geodésico em ambas as ilhas, visando, estudos de estimativas de balanço sedimentar e solução do problema. As condições operacionais e logísticas ainda são os principais obstáculos.

Quanto ao turismo em Trindade, apesar da beleza cênica da geodiversidade, a ilha não comporta ecoturismo por ser muito distante da costa, só acessível por mar, de desembarque difícil e destituída de alojamentos adequados. Em Fernando Noronha, o turismo foi estabelecido a partir da década de setenta, havendo vôos regulares, partindo das cidades de Recife e Natal. A geodiversidade da paisagem, o clima agradável, o espetáculo dos golfinhos, as tartarugas marinhas e as belas praias constituem grandes atrativos turísticos. As limitações impostas ao turismo e a vigilância exercida pelos fiscais do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio é uma das garantias de preservação ambiental da biodiversidade e da geodiversidade local.

AGRADECIMENTOS

À Marinha do Brasil (1º Distrito Naval), pelo apoio logístico e operacional; ao Professor José Carlos Sicole Seoane (Departamento de Geologia/UFRJ), pelas discussões e confecção de mapas de declividades.

BIBLIOGRAFIA

- Almeida, F.F.M. (1955) - *Geologia e Petrologia do Arquipélago de Fernando de Noronha*. 181p., Ministério das Minas e Energia, DNPM - Departamento Nacional de Produção Mineral, Monografia XIII, Rio de Janeiro, Brasil.
- Almeida, F.F.M. (1961) - *Geologia e Petrologia da Ilha da Trindade*. Monografia XVIII, Div. Geol. Mineral, DNPM, Ministério das Minas e Energia, 197p., Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- Alves, R.J.V. (1998) - *Ilha da Trindade e Arquipélago Martin Vaz - Um Ensaio Geobotânico*. 143p., Serviço de Documentação da Marinha, Rio de Janeiro, Brasil.
- Barros, J.A.L. de (1959) - *Relatório prévio sobre a expedição João Alberto à ilha da Trindade*. 75 p., Rio de Janeiro. (não publicado).
- Bitar, O.Y. & Ortega, R.D. (1998) - Gestão Ambiental. In: Oliveira, A.M.S.; Brito, S.N. (Org.), *Geologia de Engenharia*, Org. Oliveira, A.M.S. & Brito, p. 499-508, ABGE - Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, São Paulo, Brasil.
- Branner, J.C. (1890) - The eolian sandstone of Fernando de Noronha. *American Journal of Science*, XXXIX: 247-257.
- Castro, J.W.A. & Antonello, L.L. (2006) - Geologia das ilhas oceânicas brasileiras. In: Alves, R.J.V. & Castro, J.W.A. (Eds.), *Ilhas Oceânicas Brasileiras: da Pesquisa ao Manejo*. p. 29-57, Ministério do Meio Ambiente, Brasília, Brasil.
- Castro, J.W.A. (2003) - Campos de dunas escalonares “Climbing Dunes” do litoral do Estado do Rio de Janeiro e ilha oceânica da Trindade: *Congresso Brasileiro de Geologia*, 42, Livro de Resumos. 64p., Araxá, MG, Brasil.
- Castro, J.W.A. (2005) - Depósitos holocénicos da ilha da Trindade: Gênese e Controle Ambiental. *Workshop Ilhas Oceanicas Brasileiras: Pesquisa e Manejo*, 1º, Museu Nacional/UFRJ, Livro de Resumos, p.24, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

- Cordani, U.G. (1970) - Idade do vulcanismo do Oceano Atlântico Sul. *Boletim IGA*, 1:9-75, Instituto de Geociências e Astronomia, São Paulo, SP, Brasil.
- Marliere, E.R. (2006) - Ilhas Oceânicas: Sentinelas Avançadas do Brasil. In: Alves, R.J.V. & Castro, J.W.A. (eds.), *Ilhas Oceânicas Brasileiras I: da Pesquisa ao Manejo*, p.19-25, Ministério do Meio Ambiente, Brasília, DF, Brasil. (ISBN: 85-87166-91-3).
- Ramos, J.R. de A. 1950. Expedição à ilha da Trindade. *Revista da Escola de Minas* 15(6): 5-14.
- Soares, L. de C. (1964) - As ilhas oceânicas. In A. de Azevedo (ed.) *Brasil, a Terra e o Homem*, volume 1 Bases Físicas., pp. 341-378, Companhia Editora Nacional, São Paulo, SP, Brasil.
- Ulbrich, M.N.C & Ruberti, E. (1992) - Nova ocorrência de rochas basaníticas no Arquipélago de Fernando de Noronha. Congresso Brasileiro de Geologia, Resumos Expandidos, 2:83-84, São Paulo, SP, Brasil.
- Ulbrich, M.N.C., Marques, L.S & Lopes, R.P. (2004.) -As ilhas vulcânicas brasileiras: Fernando de Noronha e Trindade. In: Mantesso-Neto, V., Bartorelli, A., Carneiro, C.D.R. & Brito Neves, B.B. (eds) *Geologia do continente sul-americano: Evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*, pp.555-573 p., Editora Beca , São Paulo, SP, Brasil. (ISBN 85-87256-45-9)
- Valença, M.L.M., Neumann, V.H., Menor, E.A & Santos, C.E.R.R. (2005) - Eólianitos de Fernando de Noronha: Uma análise integrada de estudos petrográficos e geoquímicos. *10º Congresso Brasileiro da ABEOQUA*, Resumos, pp.37-39, Guarapari, ES, Brasil.