

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (SGB-CPRM)

PROGRAMA GESTÃO DE RISCOS E DESASTRES

MAPEAMENTOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS VOLTADOS PARA A PREVENÇÃO DE DESASTRES

AVALIAÇÕES GEOTÉCNICAS EM ATRATIVOS GEOTURÍSTICOS

Fernando de Noronha, PE

REALIZAÇÃO

**DEPARTAMENTO DE GESTÃO TERRITORIAL
DIVISÃO DE GEOLOGIA APLICADA**

2023

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (SGB-CPRM)
DIRETORIA DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL
I PROGRAMA GESTÃO DE RISCO E DESASTRES I

MAPEAMENTOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS
VOLTADOS PARA A PREVENÇÃO DE DESASTRES

AVALIAÇÕES GEOTÉCNICAS EM ATRATIVOS GEOTURÍSTICOS

Fernando de Noronha, PE

AUTORES

Ivan Bispo de Oliveira Filho
José Sidiney Barros
Gilmar Pauli Dias



Recife
2023

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

Ministro de Estado

Alexandre Silveira de Oliveira

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (SGB-CPRM)

DIRETORIA EXECUTIVA

Diretor-Presidente interino

Cassiano de Souza Alves

Diretor de Geologia e Recursos Minerais interino

Paulo Afonso Romano

Diretora de Hidrologia e Gestão Territorial

Alice Silva de Castilho

Diretor de Infraestrutura Geocientífica

Paulo Afonso Romano

Diretor de Administração e Finanças

Cassiano de Souza Alves

DEPARTAMENTO DE GESTÃO TERRITORIAL

Chefe do Departamento de Gestão Territorial

Diogo Rodrigues A. da Silva

Chefe da Divisão de Geologia Aplicada

Tiago Antonelli

Chefe da Divisão de Gestão Territorial

Maria Adelaide Mansini Maia

SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE RECIFE

Superintendente

Adriano da Silva Santos

Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial

Robson Carlo da Silva

Supervisor de Hidrologia e Gestão Territorial

Adson Brito Monteiro

**AVALIAÇÕES GEOTÉCNICAS EM ATRATIVOS
GEOTURÍSTICOS - FERNANDO DE NORONHA, PE**

REALIZAÇÃO

Departamento de Gestão Territorial – DEGET

Divisão de Geologia Aplicada – DIGEAP

COORDENAÇÃO TÉCNICA

Tiago Antonelli

Diogo Rodrigues A. da Silva

AUTORES

Ivan Bispo de Oliveira Filho

José Sidiney Barros

Gilmar Pauli Dias

EXECUÇÃO

Ivan Bispo de Oliveira Filho

José Sidiney Barros

Gilmar Pauli Dias

APOIO

Tiago Antonelli

Felipe Tomaz Augusto

APOIO TÉCNICO

Projeto Gráfico / Editoração

Divisão de Editoração Geral – DIEDIG

Andréia Continentino

Agmar Alves Lopes

Diagramação (DIEDIG)

Agmar Alves Lopes

Serviço Geológico do Brasil (SGB-CPRM)

www.cprm.gov.br

seus@sgb.gov.br

APRESENTAÇÃO

As ações desenvolvidas pelo Serviço Geológico do Brasil (SGB-CPRM), no âmbito do Departamento de Gestão Territorial, visam à coordenação, supervisão e execução de estudos do meio físico, na área das geociências, voltados para gestão territorial, geologia ambiental e geologia aplicada, como suporte aos gestores governamentais na elaboração de políticas públicas e no atendimento à sociedade em geral.

A Divisão de Geologia Aplicada propõe a promoção de estudos, projetos e programas relativos à geologia aplicada à engenharia, geotecnia e ocupação urbana, com foco em riscos geológicos.

As ações desenvolvidas visam identificar e caracterizar atributos do meio físico, de forma a orientar a tomada de decisões dos órgãos gestores em nosso território, para a redução dos danos materiais e/ou perdas de vidas humanas resultantes, principalmente, em decorrência de processos como deslizamentos, quedas e rolamentos de blocos, erosões, assoreamentos e inundações.

Atua, ainda, no desenvolvimento metodológico para o conhecimento desses processos destrutivos, capacitando agentes públicos por meio de variadas modalidades de cursos ofertados à sociedade.

Com esse espírito de inovação e com a responsabilidade de promover a ocupação e uso seguro e sustentável do solo, o SGB-CPRM recomenda a leitura e utilização do presente relatório em prol do bem-estar da sociedade brasileira.

Cassiano de Souza Alves

Diretor-Presidente interino

Alice Silva de Castilho

Diretora de Hidrologia e Gestão Territorial

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVOS	12
2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	12
3. JUSTIFICATIVAS	13
4. APLICABILIDADES E LIMITAÇÕES DE USO	13
5. CONTEXTO GEOLÓGICO E GEOMORFOLÓGICO	14
5.1. GEOLOGIA	14
5.1.1. FORMAÇÃO REMÉDIOS	17
5.1.2. FORMAÇÃO QUIXABA	18
5.1.3. FORMAÇÃO SÃO JOSÉ	18
5.2. RELEVO	20
6. METODOLOGIA	24
7. RESULTADOS E RECOMENDAÇÕES	28
7.1. ILHA DE SÃO JOSÉ	32
7.1.1. RECOMENDAÇÕES	37
7.2. PRAIA DO CACHORRO	38
7.2.1. RECOMENDAÇÕES	41
7.3. TRILHA COSTA AZUL	41
7.3.1. RECOMENDAÇÕES	44
7.4. PRAIA DO MEIO	44
7.4.1. RECOMENDAÇÕES	45
7.5. ILHA DA CONCEIÇÃO E PEDRA DO PIÃO	45
7.5.1. RECOMENDAÇÕES	48
7.6. PRAIA DA CONCEIÇÃO	48
7.6.1. RECOMENDAÇÕES	50

7.7. PRAIA DO BOLDRÓ	50
7.7.1. RECOMENDAÇÕES	50
7.8. PRAIA DO AMERICANO	52
7.8.1. RECOMENDAÇÕES	54
7.9. PRAIA DO BODE – QUIXABA - CACIMBA DO PADRE	54
7.9.1. RECOMENDAÇÕES	56
7.10. BAÍA DOS PORCOS	56
7.10.1. RECOMENDAÇÕES	59
7.11. PRAIA DO SANCHO	60
7.11.1. RECOMENDAÇÕES	63
7.12. MORROS DO PICO E DO PIQUINHO	64
7.12.1. RECOMENDAÇÕES	68
8. MODELAGEM DE PERIGO	69
8.1. BAÍA DOS PORCO E PRAIA DO SANCHO	69
8.2. MORRO DO PICO	70
9. CONCLUSÕES	71
REFERÊNCIAS	72
ANEXOS	74

1. INTRODUÇÃO

Em janeiro de 2022, dez pessoas morreram em função da queda de um bloco rochoso sobre uma embarcação turística no lago de Furnas, município de Capitólio-MG¹. Além de ter causado grande comoção popular, este evento serviu de paradigma, ao demonstrar que os desastres provocados por perigos naturais não se restringem aos centros urbanos, onde historicamente registram-se os impactos econômicos mais significativos e o maior número de perdas de vidas humanas (BANCO MUNDIAL, 2020). Como consequência, desde a tragédia ocorrida em Minas Gerais, o Serviço Geológico do Brasil (SGB) tem realizado avaliações geológico-geotécnicas em áreas onde são desenvolvidas atividades de ecoturismo, com vistas a contribuir para o aprimoramento das práticas de gestão ambiental e das condições de segurança dos turistas e demais profissionais que frequentam tais regiões (e.g. BARROS et al. 2022; OLIVEIRA et al. 2022; PEDRAZZI et al. 2022; SILVA et al. 2022).

Neste contexto, com intuito de atender à solicitação do Instituto Chico Mendes da Conservação da Biodiversidade – ICMBio, feita por meio do Ofício SEI nº 234/2022 - ICMBio Noronha, processo 48032.001992/2022-65, foi realizada a visita técnica para identificação e caracterização dos perigos geológicos na ilha de Fernando de Noronha – PE, em locais determinados pelo ICMBio, entre os dias 20 de novembro e 03 de dezembro de 2022, e 04 a 11 de fevereiro de 2023.

Os levantamentos de campo foram realizados pelos profissionais do SGB listados no quadro 1, com acompanhamento dos técnicos do ICMBio, Sr. Douglas Barents, Sr. Vanderlei Kimura, Sr Pedro Pereira, Sr Gilvânio Ferreira da Silva.

Quadro 1 - Profissionais do SGB que participaram dos levantamentos de campo

Nome completo	Cargo ou função
Ivan Bispo de Oliveira Filho	Pesquisador em Geociências – ERJ
Gilmar Pauli Dias	Pesquisador em Geociências – Sureg RE
José Sidiney Barros	Pesquisador em Geociências – RETE
Tiago Antonelli	Pesquisador em Geociências – Sureg SP
Felipe Tomaz	Técnico em Geociências – Sureg SP

Os trabalhos foram motivados por solicitação via Ofício do ICMBio, como referido anteriormente, fundamentado na necessidade de um diagnóstico referente à situação de risco e/ou perigo geológico proveniente das estruturas que compõem as falésias e encostas, em especial, nas praias da região do “mar de dentro” onde há concentração de grande número de turistas ao longo de todo o ano.

Dentre os locais visitados estão o Morro São José, Buraco do Galego, Lasca da Velha, Praia do Cachorro, Trilha Costa Azul, Praia do Meio, Ilha da Conceição, Praia da Conceição, Praia do Boldró, Praia do Bode, Praia da Quixaba, Baía dos Porcos, Praia do Sancho e do Morro do Pico.

Ao longo deste perfil nordeste – sudoeste, nas regiões que compõem as praias do mar de dentro, foram observadas variações litológicas, estruturais e de relevo que conferem características

¹Acidente em Capitólio (<https://g1.globo.com/mg/centro-oeste/noticia/2022/01/16/tragedia-em-capitolio-completa-uma-semana-relembra-os-principais-pontos.ghml>)

geotécnicas favoráveis à ocorrências de quedas de blocos e deslizamentos, principais tipos de movimentos gravitacionais de massa observados nas áreas visitadas e que serão descritos com maior detalhe mais adiante.

2. OBJETIVOS

O objetivo central deste trabalho foi avaliar os riscos e perigos geológicos existentes nos principais atrativos turísticos de Fernando de Noronha, conforme indicações de prioridade feitas pelo ICMBio. Espera-se que tal análise seja capaz de contribuir para o aprimoramento da gestão ambiental e, conseqüentemente, para a implementação de práticas de prevenção de desastres, estando em consonância com os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável² e com o marco pós 2015 para a redução do risco de desastres, também conhecido como Marco de Sendai³.

2.1. Objetivos Específicos:

- Realizar o levantamento de dados geológicos-geotécnicos, nas áreas indicadas pelo ICMBio, a fim de compreender os processos geológicos-geotécnicos existentes e se estes processos podem ou não expor turistas e moradores que frequentam as praias do mar de dentro a algum tipo de risco geológico.
- Realizar o mapeamento de perigo, com a delimitação das áreas críticas e de dispersão para atingimento de blocos, na Baía dos Porcos, Praia do Sancho e Morro do Pico, segundo metodologia proposta Pimentel *et al.* (2018),.
- Avaliar as condições geotécnicas na Ilha São José a fim de fornecer informações que possam auxiliar a administração na liberação ou não de visitação às Ruínas do Forte, localizada no topo da ilha.
- Elaborar produtos visuais derivados do levantamento com drone (Animações 3D, Imagens 360º graus e vídeos).
- Identificar pontos para a instalação de sensores geotécnicos de movimento na área do Morro do Pico e realizar testes de ancoragem dos suportes dos sensores.
- Subsidiar com informações técnicas os administradores e órgãos públicos na tomada de decisões voltadas à prevenção, mitigação e resposta a desastres provocados.

Os resultados expostos no presente relatório representam às condições observadas no momento da visita de campo, as quais podem se alterar ao longo do tempo.

O presente trabalho não constitui um mapeamento das áreas de risco geológico nem de áreas suscetíveis existentes em todo o território da ilha de Fernando de Noronha, mas sim uma caracterização apenas das áreas, habitadas ou não, indicadas pelo ICMBio que receba turistas em regiões suscetíveis

² Em setembro de 2015, líderes mundiais reuniram-se na sede da ONU, em Nova York, e decidiram um plano de ação para erradicar a pobreza, proteger o planeta e garantir que as pessoas alcancem a paz e a prosperidade: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, a qual contém o conjunto de 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – ODS (<https://odsbrasil.gov.br/>).

³ Marco adotado por diversos países na Terceira Conferência Mundial sobre a Redução do Risco de Desastres, realizada de 14-18 março de 2015, em Sendai, Miyagi, no Japão.

a algum processo geológico-geotécnico (queda ou tombamento de blocos, deslizamentos, inundações, erosões e etc...). Desta forma, não se descarta a possibilidade de existirem outras áreas de risco geológico na ilha não incluídas neste trabalho.

3. JUSTIFICATIVAS

O desenvolvimento de atividades de ecoturismo de forma não ordenada pode intensificar a depredação do patrimônio natural e, principalmente, potencializar a exposição dos turistas aos perigos naturais. Este cenário pode acarretar acidentes e desastres provocados por fenômenos geológicos, como aqueles registrados nos últimos anos na praia de Pipa-RN⁴, em Capitólio-MG¹ e em Paulo Afonso⁵.

A ilha de Fernando de Noronha reúne uma grande concentração de atrativos geoturísticos, os quais, em função de sua inestimável beleza, recebem a visita de um grande número de turistas ao longo do ano, especialmente no período compreendido entre os meses de setembro e fevereiro.

Em razão de sua grande relevância para o ecoturismo nacional, faz-se necessário a realização de estudos, especialmente no que diz respeito às políticas de acesso, segurança e conservação do patrimônio natural. Assim, esse trabalho se justifica a medida em que pretende contribuir com dados e informações geotécnicas que possibilitem auxiliar aos gestores da região na proposição de medidas que melhorem as condições de segurança e sustentabilidade das atividades turísticas desenvolvidas na região.

4. APLICABILIDADES E LIMITAÇÕES DE USO

Este trabalho pode ser utilizado para:

- Subsidiar o poder público na seleção das áreas prioritárias a serem contempladas por ações destinadas à prevenção dos desastres em áreas turísticas com componentes geológicas na paisagem;
- Contribuir para a elaboração de projetos de intervenção estrutural em áreas suscetíveis à ocorrência de processos geológicos ligados a desastres;
- Auxiliar na elaboração de planos de contingência;
- Auxiliar na construção de sistemas de monitoramento e alerta de desastres;
- Direcionar as ações da Defesa Civil e autoridades competentes.

Este trabalho não deve ser aplicada para:

- Qualquer aplicação incompatível com a escala cartográfica de elaboração;
- Substituir análises de estabilidade de taludes e encostas;

⁴ Em 2020, o colapso de uma falésia provocou a morte de um casal e um bebê de 7 meses na Praia e Pipa-RN (<https://g1.globo.com/rn/rio-grande-donorte/noticia/2020/11/17/parte-de-falesia-desaba-em-pipa-pm-confirma-mortes.ghtml>)

⁵ Uma mulher morreu e outra ficou ferida ao serem atingidas por blocos de rocha, no cânion do Rio São Francisco, em Paulo Afonso-BA (<https://g1.globo.com/ba/bahia/noticia/2022/09/26/mulher-morre-e-outra-ferida-apos-serem-atingidas-por-pedra-em-canon-do-rio-sao-francisco-nonorte-da-bahia.ghtml>)

- Substituir projetos de engenharia destinados à correta seleção, dimensionamento e implantação de obras estruturais nas áreas vistoriadas;
- Avaliar a pertinência e eficácia de obras de engenharia de qualquer natureza;
- Indicar quando ocorrerão eventos adversos nas áreas de risco.

5. CONTEXTO GEOLÓGICO E GEOMORFOLÓGICO

5.1. GEOLOGIA

O arquipélago de Fernando de Noronha tem seus primeiros estudos devido a Almeida (1955) que o insere no contexto das ilhas oceânicas brasileiras. O arcabouço geológico-estrutural de formação e instalação está relacionada a vulcões extintos de topo emerso originados a partir de um magmatismo mantélico intraplaca, de idade pleistocênica e em zonas dominadas por sistemas de fraturas e falhas transformantes, representados na figura seguinte (Almeida, 2006). Este processo envolve sucessivas erupções vulcânicas diretamente relacionadas à tectônica de placas, mais diretamente ao afastamento das placas Sulamericana e Africana, durante o evento de formação e abertura do oceano Atlântico. O deslizar dessa placa por sobre um hot spot com produção e emissão de grandes quantidades de magma reuniu condições necessárias e adequadas para a formação das inúmeras ilhas que integram este arquipélago.

É de consenso nos diferentes estudos sobre a região que o Arquipélago de Fernando de Noronha representa um vulcão extinto com uma base de 74 km de diâmetro, assentado a cerca de 4.200 m de profundidade e inativo há mais de 20 mil anos. Neste mesmo edifício vulcânico encontra-se, a aproximadamente 23 km a oeste e a uma profundidade de 60 m, o conhecido Alto do Drina uma elevação fortemente desgastada, durante o período de rebaixamento do nível do mar na última glaciação, pela erosão. Esse processo responde por uma plataforma de abrasão que posteriormente foi submersa com a subsequente elevação do nível do mar (Figura 1) (Teixeira *et al.*, 2003).

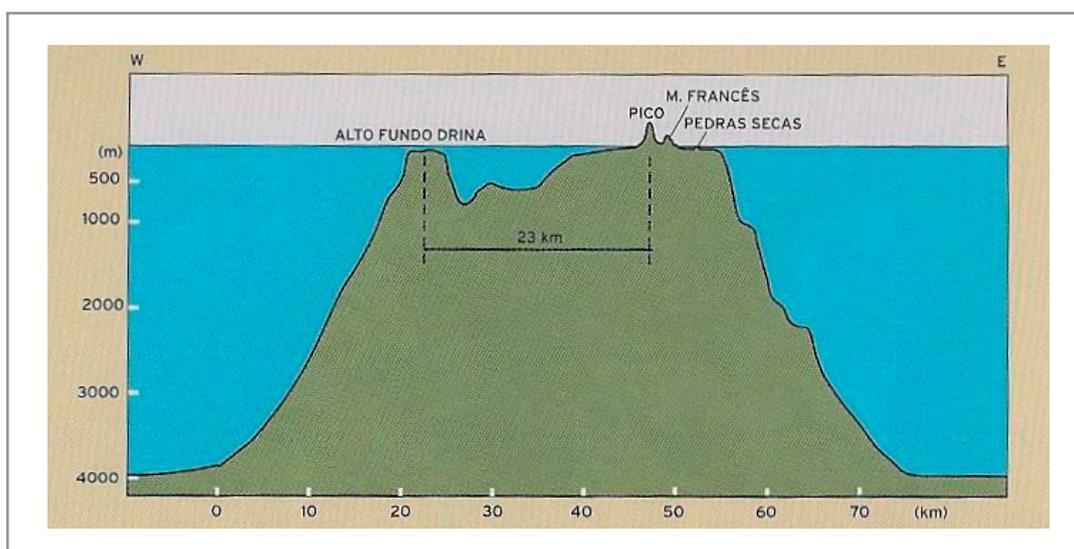


Figura 1 - Perfil esquemático E-O do edifício vulcânico de Fernando de Noronha. Fonte: Teixeira *et al.*, 2003.

Para Almeida (1955) a localização das ilhas oceânicas brasileiras estão caracterizadas pelas respectivas regiões onde foram formadas, associando à região tropical o arquipélago Martim Vaz e Ilha da Trindade e à região equatorial os arquipélagos de São Pedro e São Paulo, Fernando de Noronha e o Atol das Rocas. Ainda segundo o autor supracitado, o arquipélago de Fernando de Noronha tem sua localização estabelecida entre os paralelos $32^{\circ}28'$ - $32^{\circ}23'$ de longitude W e $3^{\circ}53'$ - $3^{\circ}48'$ de latitude sul (Figura 2). Estima para a ilha principal homônima uma área de $16,4 \text{ km}^2$ e mais vinte ilhas menores que constituem todo o arquipélago que, no total, apresenta uma área correspondente a $18,4 \text{ km}^2$.

De uma forma geral, as ilhas oceânicas representam porções emersas de edifícios vulcânicos que podem, no geral, atingirem dimensões consideráveis e posicionados, de forma mais frequente, longe das bordas das placas tectônicas. No caso específico de Fernando de Noronha, os derrames de lavas ali depositados estão representados, predominantemente, por lavas de melaneferinitos (ankaratritos), com baixo teor em sílica e inseridas no grupo das rochas ultramáficas e ultrabásicas. Este caráter alcalino e a predominância de melaneferinitos são tidos como únicos entre as ilhas do Atlântico Sul e encontrando semelhança apenas, segundo Gunn & Watkins (1976) e Weaver (1990) com o das ilhas de Cabo Verde.

Estudos mais recentes apontam, em linhas gerais, para o arquipélago de Fernando de Noronha uma estrutura geológica definida por três formações de rochas ígneas posicionadas, da base para o topo, segundo a ordem que se segue: i) Formação Remédios, com basaltos alcalinos, essexitos, fonólitos, diques máficos e félsicos, rochas piroclásticas cortadas por diques com idades K-Ar

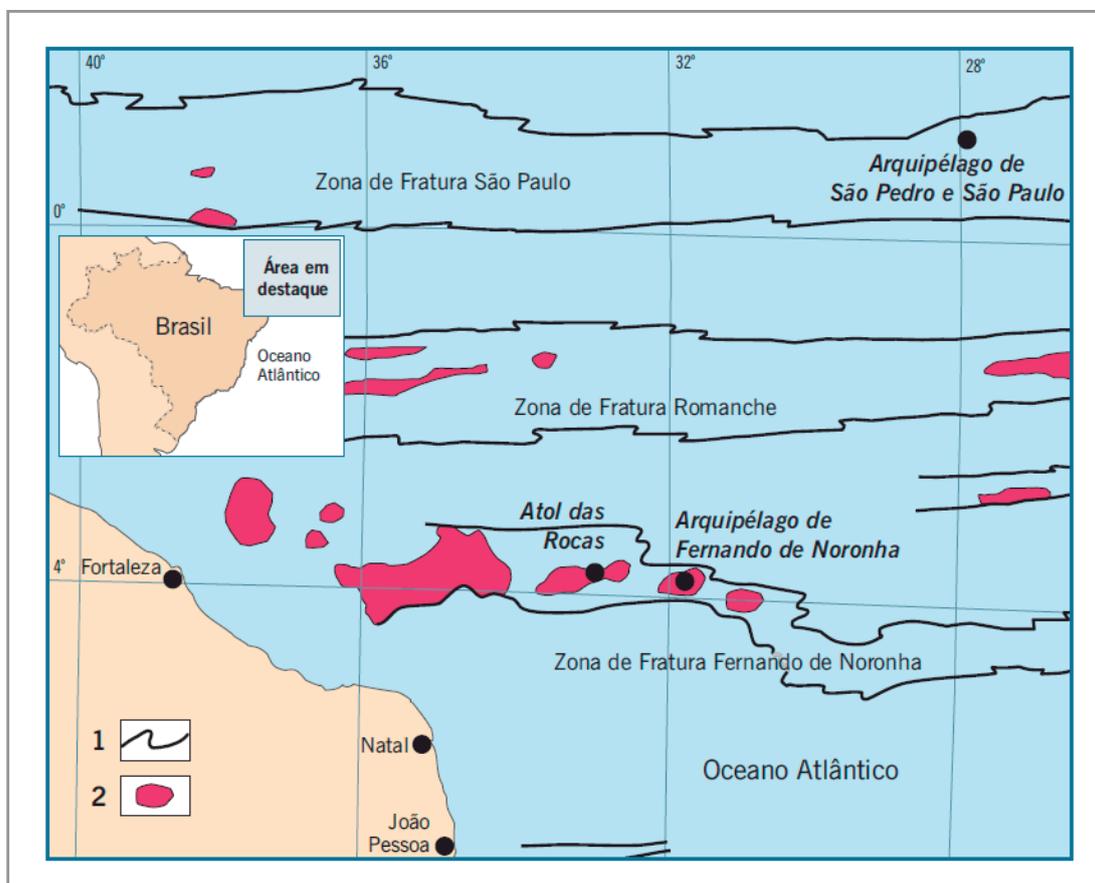


Figura 2 - Situação das ilhas oceânicas brasileiras e respectivas linhas de fraturas. Fonte: Almeida, 2006.

entre 8 a 12 Ma (CORDANI, 1970); ii) Formação Quixaba, maior derrame da ilha, com lavas melanocráticas ankaratríticas, (olivinas metanefelinitos, melilitos melanonefelinitos e os piroxênios melanefelinitos), com idades entre 1.7 e 3 Ma (CORDANI, 1970); e iii) a Formação São José, com basanitos, ankara-tritos e rochas piroclásticas de idade incerta mas com características geoquímicas de OIB (*oceanic island basalts*) (ALMEIDA, 1955) (Figura 3).

No contexto geológico e geodinâmico, os primeiros estudos de Almeida (1955), defendem para o arquipélago de Fernando de Noronha, duas hipóteses para a sua origem geológica. A primeira proposta tem seu embasamento no fato deste Arquipélago situar-se em uma zona de intenso fatu-ramento do assoalho oceânico que corresponde à Zona de Fratura de Fernando de Noronha, cujo vulcanismo tem idade compreendida entre 12 e 15 Ma. Com formulação baseada nos conceitos da Tectônica de Placas, a segunda hipótese relaciona a origem do arquipélago a uma pluma mantélica ou *hot spot* nas suas fases finais de evolução. A Cadeia Submarina de Fernando de Noronha teve sua formação a partir do deslocamento da placa Sul-Americana sobre essa anomalia mantélica.

Almeida (1955) refere-se a Fernando de Noronha como “...um pequenino arquipélago vulcânico perdido no Atlântico equatorial, 345 km afastado da costa do nordeste brasileiro...”, situando-o entre os paralelos 32°28’ - 32°23’ de longitude W e 3°53’ - 3°48’ de latitude sul. Estima para a ilha principal homônima uma área de 16,4 km² e mais vinte ilhas menores que constituem todo o arqui-pélago que, no total, correspondem a uma área de 18,4 km².

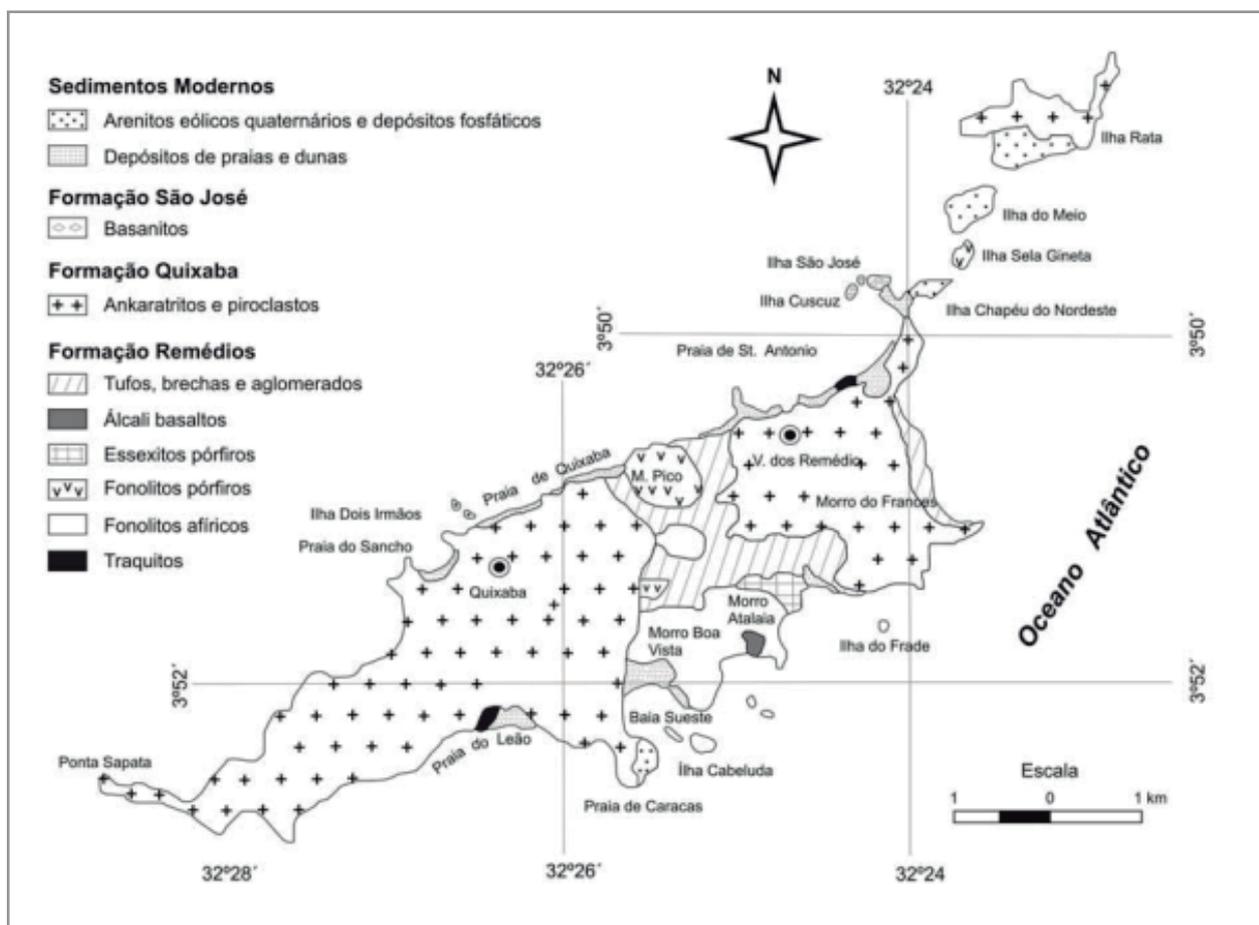


Figura 3 - Mapa geológico detalhado do Arquipélago de Fernando de Noronha (Almeida, 1955). Indicação em negrito dos basanitos nas escarpas da Baía do Sancho (Ulbrich & Ruberti, 1992).

5.1.1. Formação Remédios

As rochas que constituem a geologia do arquipélago foram depositadas ao longo de dois eventos eruptivos: ao mais antigo, que corresponde à Formação Remédios, estão associados domos, plugs e diques subverticais de rochas alcalinas, onde predominam os basanitos, tefritos, basaltos alcalinos, álcali latitos, traquitos e fonólitos. Os diques félsicos estão posicionados predominantemente nas direções N20-40W até N20E e são, geralmente, cortados pelos diques máficos. Essas intrusões ocorrem, preferencial e predominantemente, sobre depósitos piroclásticos de brechas e tufos (Almeida, 1955). É muito característico da Formação Remédios a presença de diques cortando os depósitos de rochas piroclásticas fortemente relacionados à própria origem desta formação por erupções, intrusões e piroclásticas (Figura 4).

Como rochas mais antigas da ilha, ocorrem em campo com um predomínio de coloração cinza, localmente esverdeado, com textura de média a grosseira e na forma de aglomerados, brechas e tufos. Os corpos fonolíticos e traquíticos com intrusões apresentam idades, segundo Cordani (2004) entre 12,5-9,4 Ma.

Após o primeiro evento eruptivo que deu origem à Formação Remédios, a região ficou submetida a processos erosivos que modelou os edifícios vulcânicos gerando superfícies rebaixadas onde predominava a ocorrência dos tufos ressaltando, com isso, as intrusões fonolíticas e traquíticas que passariam a se destacar na topografia. Após este intervalo erosivo, a região é submetida a novas erupções vulcânicas, agora mais violentas, com extensos derrames de melanafelinitos (ankaratritos), intercalados com níveis de depósitos piroclásticos (tufos, brechas, aglomerados), para além de derrames localizados de lavas basaníticas.

Os piroclastos da Formação Remédios encontram-se bastante alterados e localmente transformados em solos e contendo fragmentos de outras rochas vulcânicas e, neste caso, alguns destes fragmentos foram identificados como sendo de rochas não aflorantes no arquipélago (Ulbrich & Lopes 2000b).

Também estão associados a Formação Remédios diques de traquitos, traquiandesitos basálticos e de fonólitos como litologias predominantes.



Figura 4 - Diques máficos da Formação Remédios, na Praia do Meio. Foto: Autores.

5.1.2. Formação Quixaba

À Formação Quixaba estão associados derrames ankaratríticos que se alternam com rochas piroclásticas negras ou acastanhadas com estruturas esferoidais ou em blocos de forma irregulares com idades, segundo Cordani (2004), entre 6,2-1,3 Ma. Tufos e brechas vulcânicas, melilitos, melanefelinitos e basanitos constituem as principais litologias desta formação, intercalados com rochas piroclásticas de composição semelhante (Figura 5).

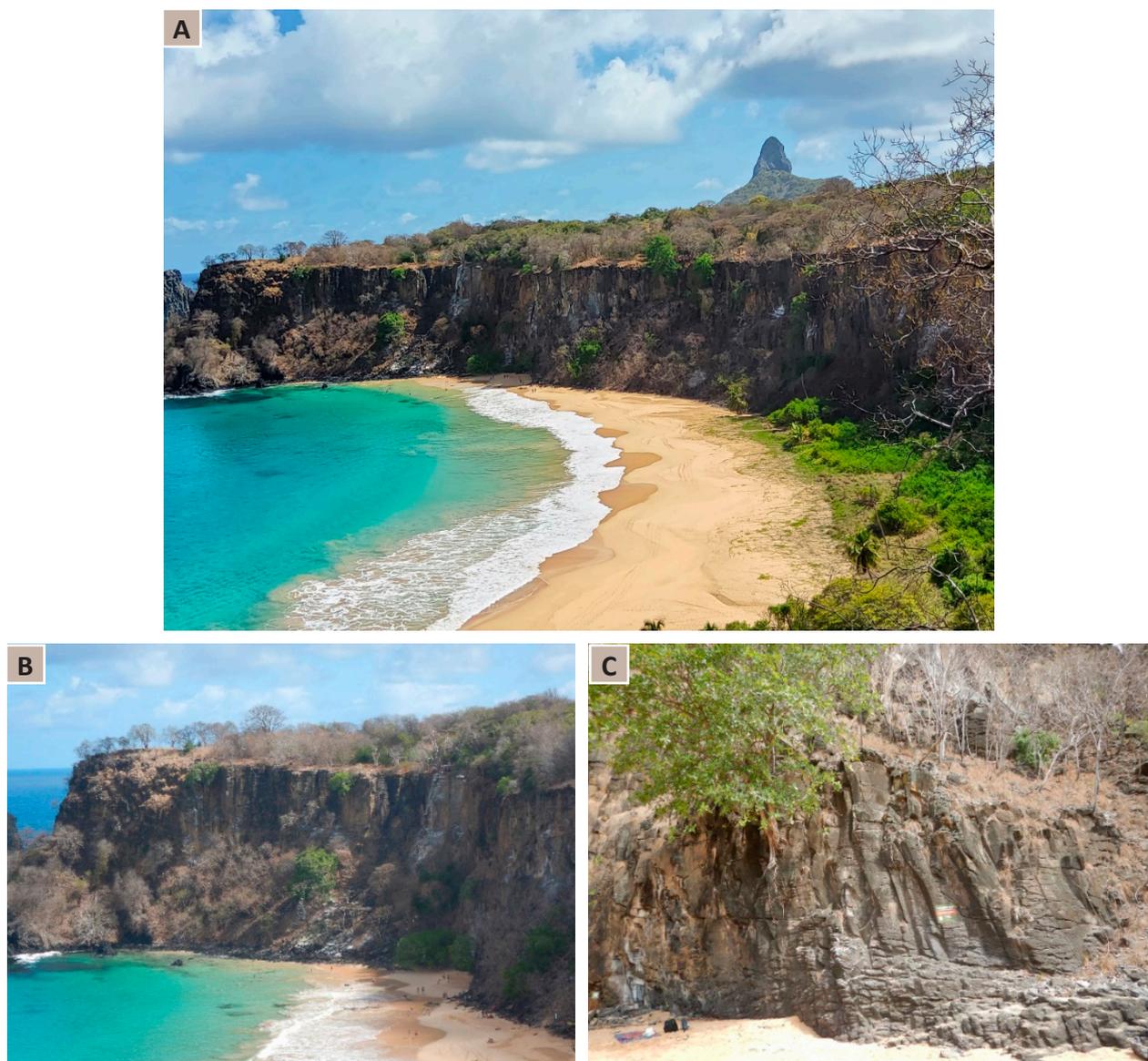


Figura 5 - Falésia da Baía do Sancho (A) com exposição de rochas piroclásticas e eruptivas (B) da Formação Quixaba, com contraste entre dois tipos de derrames (C). Foto: Autores.

5.1.3. Formação São José

Constituem a Formação São José basanitos em forma de derrame com presença de xenólitos mantélicos de um material vítreo rico em olivina, com disjunções colunares bem características, nefelina basanitos e sedimentos biogênicos e quaternários no topo (Figura 6).

A presença de xenólitos tem contribuído para a dificuldade de datação dessas rochas, no entanto, Cordani (2004) analisando amostras de um material vítreo atribui uma idade entre 9,0-9,5 Ma para as mesmas. Para este mesmo autor, ocorrências de derrames de basanitos, petrograficamente semelhantes aos da ilha principal, com xenólitos mantélicos que caracteristicamente ocorrem nas ilhas de São José, Cuscuz e de Fora (Figura 7) foram incluídos e denominados de Formação São José e tidos como representantes dos estágios finais do vulcanismo Quixaba (Ulbrich & Ruberti, 1992; Ulbrich, 1994; Lopes 2002). Perlingeiro et al., (2013), utilizando datações radiométricas defendem que as litologias da Formação São José pertencem, por idade, ao evento vulcânico dos Remédios.

Na baía do Sancho, esse derrame ankaratrítico apresenta uma particularidade, citada em Almeida (1955) e Lopes & Ulbrich (2015), que é a presença de basanitos fora da ilha de São José relacionados a uma possível chaminé vulcânica que corta os derrames (Figura 8). Este fato vem fortalecer a discussão sobre esses basanitos que estão intrudidos na Formação Quixaba no sentido de se seu posicionamento mais recente ou contemporâneo a esta Formação.



Figura 6 - Vista da Ilha de São José (A) com disjunções colunares de nefelina basanitos, suavemente onduladas e localmente sub-horizontais, com detalhes dos hexágonos colunares no topo do afloramento (B) e xenólitos na matriz microcristalina do basanito. Foto: Autores.



Figura 7 - Vista da Ilha de São José, com a pequena ilha do Cuscuz na extremidade esquerda, do Mar de Fora na extremidade direita da foto e exposição de calcarenitos na parte central. Foto: Autores.



Figura 8 - Basanitos na Baía do Sancho, possível chaminé vulcânica, cortando o derrame de ankaratritos. Foto: Autores.

5.2. RELEVO

A geologia da Ilha de Fernando de Noronha expressa-se através de um relevo diferenciado em quatro feições distintas e que Almeida (1955) identificou como domínios: a) Domínio Planalto Suave, com relevo suave de morros separados por vales representado pelos morros do Meio (150 m), do Sal (100 m), Boa Vista (100 m) e do Francês (195 m); b) Domínio de Vertentes Rochosas, com vertentes

íngremes de onde se erguem os picos fonolíticos como se observa no morro do Pico; c) Domínio Planície Costeira com grandes corpos fonolíticos, derrames e diques como encontrado nas pontas da Sapata, Capim Açú, Espinhaço e pontal da Macaxeira na ilha Rata e onde as praias são relativamente estreitas e individualizadas por saliências rochosas denotando os ambientes de enseadas e baías como os encontrados nas praias do Sancho, Quixaba, Conceição, Boldró, Sueste e Cachorro (Castro & Antonello, 2006); e d) Domínio Recifal, estendendo-se por toda a linha de costa, nomeadamente na zona da enseada da Caieira, praias do Leão e Boldró e ilha Rasa.

A beleza cênica paisagística do arcabouço geológico vulcânico do arquipélago de Fernando de Noronha resulta da ação efetiva dos agentes erosivos climáticos, marinhos e/ou fluvial. A atuação desses processos por períodos intercalados aos ciclos geológicos responde pelo rebaixamento da topografia primitiva do Arquipélago com valores em torno de 400 m (Teixeira et al. 2003) e representa, segundo Almeida (1955) uma alteração significativa no corpo vulcânico primitivo.

O relevo mais acidentado e que mais fortemente se sobressai na topografia corresponde à porção central e ocidental da ilha principal, onde os fonólitos ocorrem como rochas predominantes, podendo ser citados os morros do Pico (323 m), Atalaia (221 m), do Francês (198 m), Dois Irmão (191 m), Medeira (171 m), Curral (134 m), Santo Antônio (105 m) e Alto da Bandeira (160 m) (Teixeira et al. 2003).

Fernando de Noronha pode ser visto e estudado sob dois ângulos: um correspondente a face norte que está voltada para a América do Sul, conhecido como Mar de Dentro com um litoral pouco recortado, com praias arenosas, como praia do Cachorro, do Meio, da Conceição, do Boldró, do Americano, do Bode, da Quixabinha e da Cacimba do Padre.; e outro, face sul, com vistas para a África, denominado Mar de Fora, com encostas fortemente recortadas e submetidas a ação de fortes correntes, correspondendo ao trecho entre a Ponta da Sapata e a Ponta das Caracas, com um litoral abrupto e rochoso, como a praia do Leão local de desova das tartarugas do Projeto Tamar.

A ilha de Fernando de Noronha, ou ilha principal, apresenta um contorno irregular, fortemente evidenciado por reentrâncias e superfície ondulada onde estão instalados os planaltos, morros, depósitos fluviais e baixada litorânea. Processos erosivos respondem por um planalto de relevo suave na porção central da ilha, com altitudes entre 50-70 m, produto de ação fluvial (Almeida, 1958). Os morros representam as maiores altitudes da ilha, constituído por rochas vulcânicas resistentes à erosão e inseridas na Formação Remédios bem representado pelo Morro do Pico com 321 m de altitude (Figura 9).

O relevo do Planalto Central da Ilha de Fernando de Noronha reflete o forte controle que sobre ele é exercido pelos corpos rochosos de dimensões variadas. Estes são corpos que ressaltam e que normalmente respondem pelos pontos mais elevados, como o Morro do Pico com 321 m cujo formato está associado à ação de processos erosivos aos quais se associam quedas de blocos individualizados e instabilizados por fraturas de diferentes direções.

O vulcanismo geológico, quer seja explosivo ou efusivo, define formas de exposição topográfica em função da composição das rochas onde aquelas de composição fonolíticas estão representadas pelos picos bem evidenciados na topografia, como ilhas do Frade, Sela Gineta, Cabeluda, e aos derrames na forma de lavas respondendo por formas mais planas ou tabulares como se vê nas ilhas da Rata e de São José. Também são encontradas na Ilha, rochas de composição bem diferente como os calcarenitos encontrados nas áreas mais rebaixadas de relevo tabular como as ilhas do Meio e Rasa. Ou ainda, os rochedos escarpados com disjunções colunares basaníticas das ilhas Dois Irmãos (Figura 10).



Figura 9 - Morro do Pico, um domo fonolítico da Formação Remédios com cerca de 321 m, constituindo a maior elevação da Ilha de Fernando de Noronha. Foto: Autores.



Figura 10 - Ilhas Dois Irmãos, portais da Baía dos Porcos, com representativas disjunções colunares de lavas basaníticas da Formação Quixaba. Foto: Autores.

A configuração morfológica do arquipélago é representada no mapa de padrões de relevo da Figura 11, que está compartimentado em oito unidades, descritas a seguir:

Os *Morros*, que são constituídos de rochas vulcânicas mais resistentes à erosão, representam as principais elevações do conjunto de ilhas, cujas declividades muito acentuadas formam muitas vezes picos monolíticos destacados da paisagem, a exemplo do morro do Pico (cartão postal da ilha), ponto culminante do arquipélago, com 323 m de altitude. Na ilha principal, além do morro do Pico, destacam-se os morros da Atalaia (221 m), do Francês (198 m), do Madeira (171 m) e do Alto da Bandeira (160 m). Formando pequenas ilhotas, é de se notar o morro Dois Irmãos (outro cartão postal da ilha), ilhas Morro da Viúva, Morro do Leão, Cabeluda e Sela Gineta.

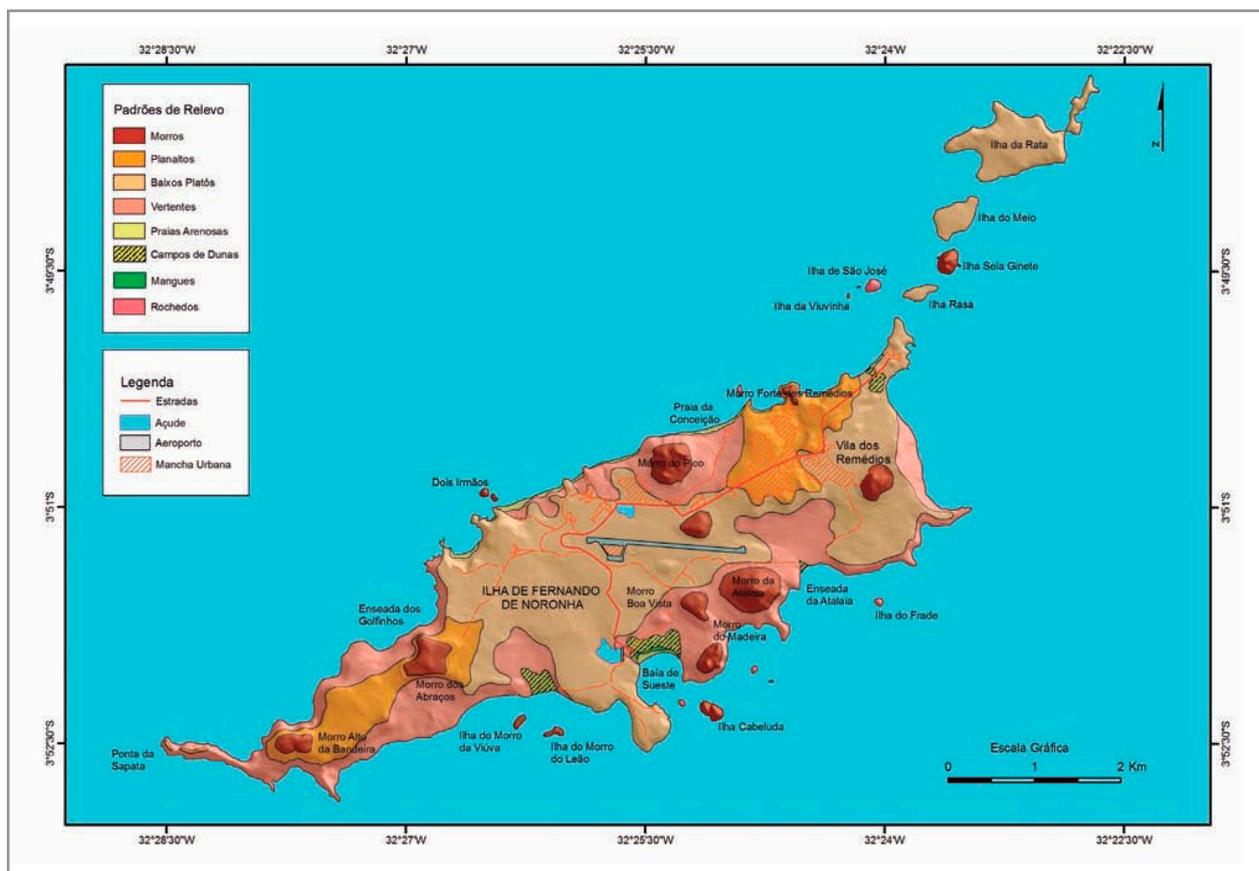


Figura 11 - Mapa de Padrões de Relevo de Fernando de Noronha. Escala 1:25.000.
Elaborado por Rogério Valença Ferreira - SGB.

Os *Planaltos* são superfícies de terreno pouco acidentadas, constituindo relevo posicionado em cotas mais elevadas que as superfícies adjacentes, que apresentam duas unidades na ilha principal: os planaltos da Vila dos Remédios e da Quixaba, o primeiro na área que compreende a parte urbanizada e o segundo entre os morros dos Abraços e Alto da Bandeira.

Os *Baixos Platôs* são superfícies planas a pouco onduladas, em patamar inferior aos planaltos, que representam a principal unidade de relevo do arquipélago em termos de área. Além de recobrir boa parte da ilha principal, constitui as ilhas Rasa, do Meio e Rata.

As *Vertentes* representam compartimento de relevo de declives topográficos acentuados, que margeia as unidades dos baixos platôs e planaltos, conectando-os diretamente com as praias arenosas existentes na ilha principal e na maioria das vezes com o oceano, formando falésias (em cujas bases se encontram depósitos de tálus) e costões rochosos. As *Praias* são formadas por fragmentos das rochas vulcânicas (calhaus e seixos) e areias predominantemente bioclásticas (provenientes de carapaças de animais marinhos, a exemplo das conchas). São localizadas exclusivamente na ilha principal, que possui 10 praias no Mar de Dentro (praias do Porto, do Cachorro, do Meio, da Conceição, do Americano, do Bode, do Boldró, da Cacimba do Padre, da Baía dos Porcos e do Sancho) e quatro praias no Mar de Fora (*praias* do Leão, da Baía de Sueste, da Atalaia e das Caieiras).

Assim como as praias arenosas, os *Campos de Dunas* são depósitos arenosos bioclásticos, que foram transportados e depositados pela ação dos ventos e que hoje se encontram fixos. Também estão localizados na ilha principal, junto à praia da Caieira, na enseada da Atalaia, na baía de Sueste

e na praia do Leão. Nas imediações da baía de Sueste existe uma diminuta mancha de vegetação de *Mangue*, que está assentada sobre sedimentos arenosos formando uma pequena planície, onde deságua o riacho Maceió, que em conjunção com a água proveniente das marés altas, alimenta esse ecossistema único em ambientes insulares do Atlântico Sul. No entorno da ilha principal, além das ilhas secundárias, existe um conjunto de pequenos *Rochedos* emersos que representam os topos de elevações de menor porte, refletindo o movimentado relevo da plataforma insular.

Dentre as feições de padrão de relevo apresentadas, as falésias são as de motivo de maior preocupação, pois estão presentes na maioria das praias e, em algumas delas, ocupam toda a extensão da praia atingindo alturas significativas. Por serem falésias formadas por rochas de origem vulcânicas, rochas que se formam a partir do rápido resfriamento do magma ao entrar em contato com a água, possuem características geotécnicas que devem ser observadas a fim de se analisar se constituem ou não algum risco aos turistas e frequentadores.

A Ilha de Fernando de Noronha constitui uma área de proteção integral inserida em duas Unidades de Conservação Federal – UCs, neste caso o Parque Nacional Marinho de Fernando de Noronha criado em 1988 e a Área de Proteção Ambiental de Fernando de Noronha instituída em 1986. Ao Parque Nacional corresponde 70% da área do arquipélago e os restantes 30% à APA. Na base da criação dessas duas UCs está a necessidade de proteger a biodiversidade do arquipélago, aqui incluídas espécies endêmicas e outras sob ameaças de extinção. O reconhecimento como Patrimônio Natural de Humanidade pela UNESCO ocorreu em 2001 justificado pela excepcionalidade e fragilidade dos seus aspectos biológicos (UNESCO, 2016b).

6. METODOLOGIA

As ações de mapeamento de risco geológico nas praias da Ilha de Fernando de Noronha foram executadas com coleta de dados e informações das características estruturais, geológico-geomorfológicas, tectônicas e ambientais para posterior identificação de feições indicativas de alguma, ou mesmo nenhuma, instabilidade no terreno e subsequentes movimentos gravitacionais de massa que venham a oferecer risco aos turistas.

Para a coleta de dados *in loco* foram utilizados veículo aéreo não tripulado (drone), levantamento litológico, medição de parâmetros estruturais com uso de bússola, altura e inclinação dos paredões com hipsômetro. Todas essas informações, acrescidas de levantamento bibliográfico, foram analisadas para posterior identificação e caracterização de pontos com eventuais fragilidades que possam configurar riscos potenciais.

As análises de perigo de queda de blocos de rocha apresentadas neste trabalho foram realizadas a partir de adaptações do método proposto por Pimentel et al. (2018). Com o intuito de embasar tais avaliações, durante os trabalhos de campo, foram empregados métodos expeditos para descrever detalhadamente o contexto estrutural das escarpas/encostas, incluindo identificação e interpretação dos *sets* de fraturas e sua correlação com processos de cimentação, lixiviação e crescimento de raízes *in loco*. De igual maneira, foram registrados os processos erosivos e de movimento de massa identificados na área de estudo.

Conforme Pimentel et al. (2018), a avaliação de perigo consiste na compartimentação da encosta analisada em áreas críticas e de dispersão, cuja definição é apresentada no quadro 2. Neste trabalho,

esta análise foi empregada na Baía dos porcos, Praia do Sancho e Morro do Pico, locais onde há grande movimentação de turistas e onde as falésias em rocha possuem amplitudes significativas e condições geotécnicas que apontam a extrema fragilidade das encostas frente ao processo de quedas de blocos.

O processo de quedas de blocos é subdividido em três grupos na metodologia de mapeamento de perigo proposta por Pimentel *et al.* (2018), grupos estes definidos em função da inclinação do maciço rochoso e da existência ou não de rampa, na base da encosta, uma vez que a presença da rampa influencia consideravelmente no alcance e na trajetória do bloco rochoso (Figura 12). Assim, estabeleceu-se que os macios rochosos que apresentarem rampa corresponderiam ao grupo I (Figura 13), e os macios rochosos sem rampa corresponderiam aos grupos II e III, a depender de suas inclinações. O primeiro, denominado Grupo II, corresponde às encostas com inclinação de 50° a 70°; o segundo, chamado Grupo III, refere-se às encostas cuja inclinação é superior a 70° (Figura 14).

Quadro 2 - Caracterização de áreas crítica e de dispersão.

Análise de Perigo de Escritório (APE)	Área Crítica (AC)	Área com maior probabilidade à deflagração de movimentos gravitacionais de massa (MLIT, 1988, Ministry of Construction, 1996, Ministry of Construction, 2009) e atingimento do material mobilizado (MLIT, <i>op.cit.</i> , Ministry of Construction, <i>op. cit.</i>). Considera-se que a energia potencial do movimento ocorra de forma concentrada na área afetada (Ministry of Construction, <i>op. cit.</i> , Hayashi <i>et. al.</i> , 2000).
	Área de Dispersão (AD)	Área sujeita a deposição do material mobilizado durante um movimento gravitacional de massa (MLIT, 1988, Ministry of Construction, 1996, Ministry of Construction, 2009). Considera-se que a energia potencial do movimento ocorra de forma dispersa na área afetada (Ministry of Construction, <i>op. cit.</i> , Hayashi <i>et. al.</i> , 2000).

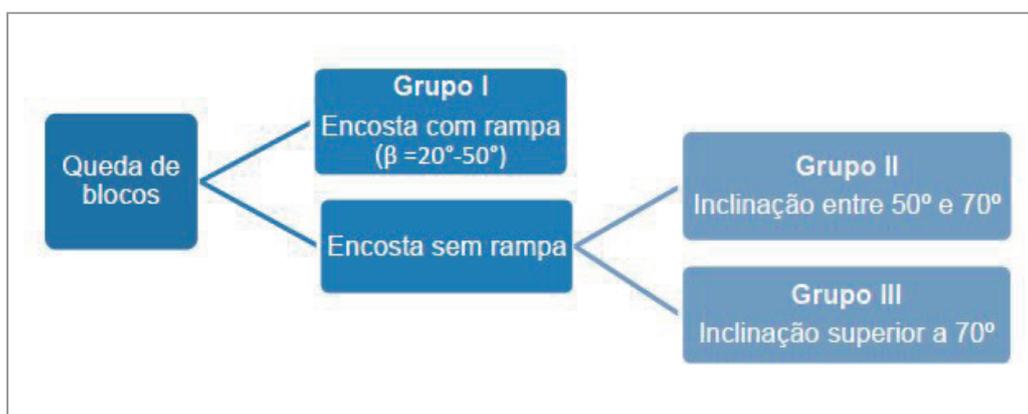


Figura 12 - Grupos referentes ao processo de queda de blocos.

Fonte: Pimentel et al. (2018).

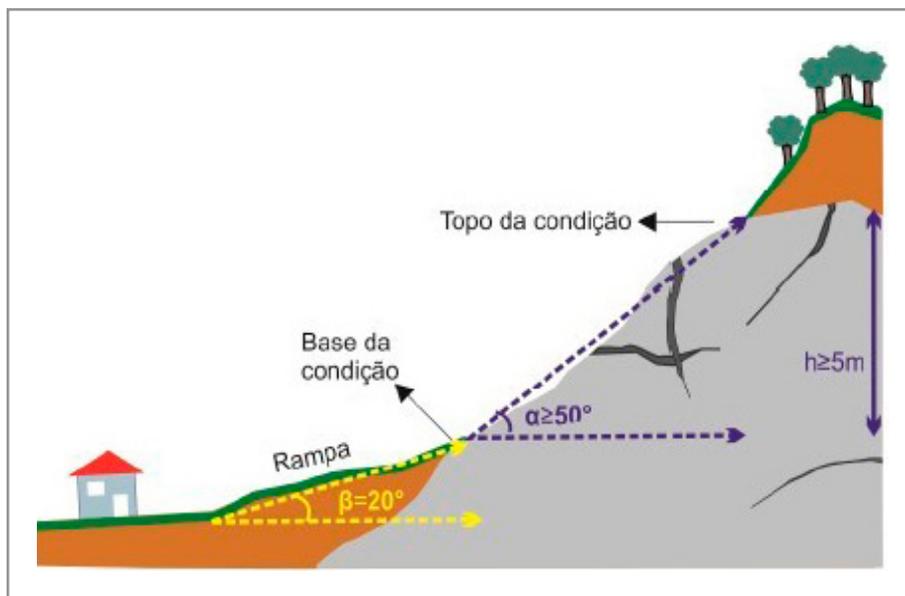


Figura 13 - Encosta com presença de rampa. Fonte: Pimentel *et al.* (2018).

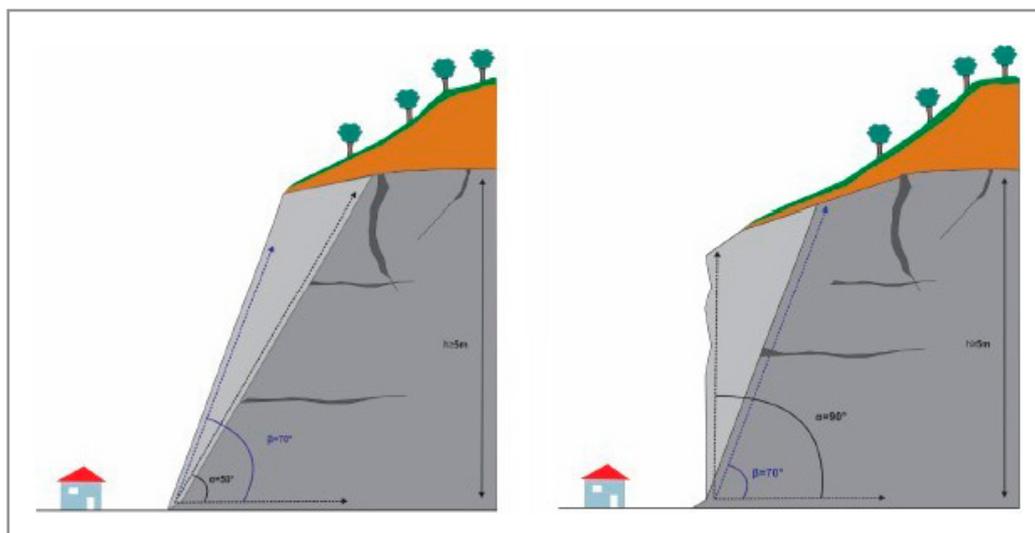


Figura 14 - Esquema de encostas sem rampa. À esquerda, configuração do grupo II, com inclinação variando de 50° a 70°; à direita, o grupo III, com inclinação superior a 70°. Fonte: Pimentel *et al.* (2018).

Após identificado o grupo em que se encontram as encostas da Baía dos Porcos, Praia do Sancho e Morro do Pico, foram aplicados os parâmetros observados no Quadro 3.

A fim de verificar se a utilização da metodologia de mapeamento de perigo, preconizada no trabalho de Pimentel *et al.* (2018), poderia ser aplicada nas áreas visitadas na Ilha de Fernando de Noronha, foram observados *in loco* os registros existentes dos depósitos de acumulação de blocos próximos às encostas das áreas vistoriadas (Figuras 15).

Os registros dos depósitos de acumulação observados próximos às encostas indicam que as distâncias percorridas pelos blocos, na maior parte dos casos, são inferiores a 1/3 (um terço) da altura das encostas. Porém, eventualmente, observam-se alguns blocos a distâncias maiores.

Quadro 3 - Síntese das regras de delimitação de áreas Críticas (AC) e de Dispersão (AD).

MGM		APE	Limite			
			Superior	Inferior	Laterais	
Deslizamento	Planar	AC	[Topo + 10m]	[Base + 1H (Máx 30m)]	Fim da Condição Topográfica	
		AD	Final AC	[Base + 2H (Máx 50m)]	Fim da Condição Topográfica	
	Rotacional	AC	Estreitamento CN (Topo)	[L1 + (0.2 x L2)]	Fim da Condição Topográfica	
		AD	Final AC	[0,8 x L2 (Máx 250m)]	Fim da Condição Topográfica	
Fluxo de Detritos		AC	PI	INC ≈ 7° (intervalo: 200 m)	Confinado Não_Confinado [H > 5m ← (LF) → H > 5m] [20m ← (LF) → 20m]	
		AD	PE	INC ≈ 2° (intervalo: 200 m)	Semi-Confinado Não_Confinado [H > 5m ← (LF) → H > 5m] [∇30° ou H > 5m] ← (LF) → [∇30° ou H > 5m]	
Queda de Blocos		Grupo 1 (rampa) (Inc: 20°-50°)	AC	Topo (RX)	Final da Rampa (Inc: 20°) [∇20°] ← (Fim Condição Topográfica Lateral) → [∇20°]	
			AD	Final da Rampa (Inc: 20°)	2 H (Máx 200m) [∇20°] ← (Fim Condição Topográfica Lateral) → [∇20°]	
		Grupo 2 (Inc: 50°-70°)	AC	Topo (RX)	1/2 H (Máx 100m)	Fim da Condição Topográfica
			AD	FINAL AC	1 H (Máx 200m)	Fim da Condição Topográfica
		Grupo 3 (Inc: 70°-90°)	AC	Topo (RX)	1/3 H (máx 50m)	Fim da Condição Topográfica
			AD	FINAL AC	1 H (Máx 100m)	Fim da Condição Topográfica

Legenda: AC (área crítica), AD (área de dispersão), H (altura), CN (Curva de Nível), L1 (comprimento do deslizamento rotacional), L2 (projeção do comprimento do deslizamento rotacional), PI (Ponto de início do fluxo), PE (ponto de espriamento), INC (inclinação), LF (linha de fluxo), ∇30° (ângulo de dispersão = 30°), RX (aflorentamento de rocha e/ou campo de blocos, depósito de tálus), ∇20° (ângulo de dispersão lateral = 20°)

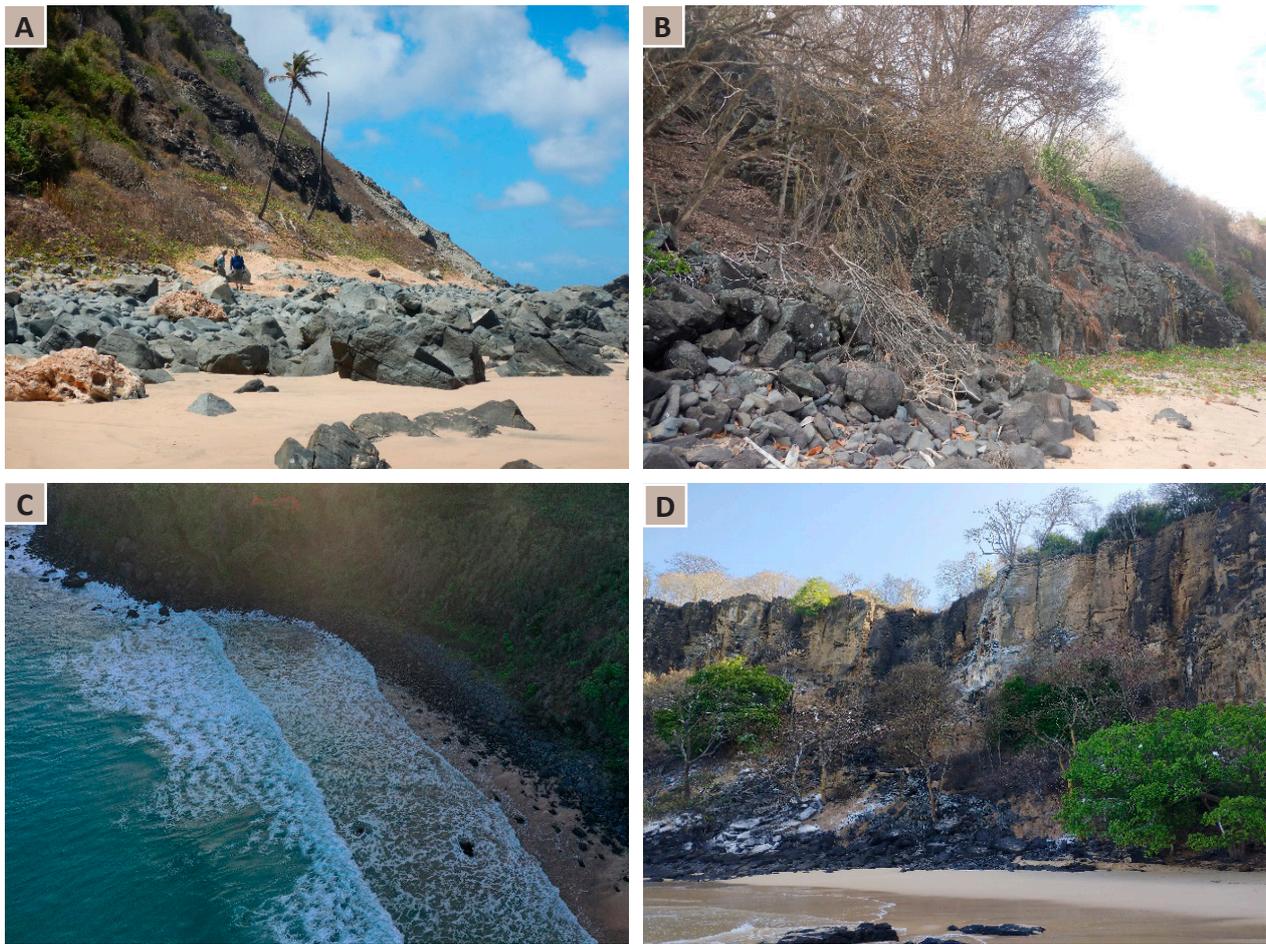


Figura 15 - Depósitos acumulação. Praia da Conceição (A); Praia do Boldró (B); Praia do Meio (C); Praia do Sancho (D).

A partir das observações de campo pode-se afirmar que a aplicação da metodologia de mapeamento de perigo, com a demarcação das áreas críticas e de dispersão para atingimento de blocos apresentada no Pimentel *et al.* (2018), atende de forma satisfatória a um dos objetivos deste trabalho.

7. RESULTADOS E RECOMENDAÇÕES

O Arquipélago de Fernando de Noronha - PE foi declarado Parque Nacional em 1988 e, reconhecido pela UNESCO como Patrimônio Natural Mundial em 2001, título esse como reconhecimento por abrigar as maiores colônias reprodutivas de aves tropicais marinhas do Oceano Atlântico para além de garantir a alimentação e reprodução de outras espécies como atum, tubarão, tartaruga e mamíferos marinhos. Outra característica inerente e natural de Fernando de Noronha à excepcionalidade do seu patrimônio geológico por representar um dos únicos vulcanismos alcalinos do Brasil e que é utilizado na prática do geoturismo.

As Unidades de Conservação não encontram, na legislação federal atual, dispositivo normatizador de ações relativas à gestão de perigo geológico ou de risco ao usuário de suas áreas turísticas.

Com isto, fica a cargo dos gestores a definição e implantação de estratégias voltadas para a prevenção de desastres e acidentes suscetíveis de ali ocorrerem.

No caso específico da Ilha de Fernando de Noronha onde há, pela própria origem e formação geológica, uma predominância de paredões rochosos a probabilidade de ocorrência de quedas de blocos, tombamento e/ou deslizamentos é significativamente elevada diante das feições geomorfológicas e características estruturais ali encontradas conferindo, a algumas regiões, elevada suscetibilidade para os processos acima mencionados, como ilustrados na figura seguinte (Figura 16).

Diante dos acontecimentos recentes de acidentes em áreas de forte potencial e uso turístico fica evidente a necessidade de uma prática constante de avaliação dos riscos e perigos geológico que essas formações rochosas oferecem ao visitante.

Deve ficar entendido que a identificação do perigo não necessariamente concorre para a interdição das atividades turísticas nestes pontos, mas levanta a necessidade da implementação de práticas seguras que venham fornecer aos visitantes e gestores os devidos cuidados que devem ser postos em prática quando da visita e/ou permanência nessas áreas onde processos geológicos são tidos como de elevado potencial de risco ou perigo à integridade do visitante.

A presença de um sistema de falhas e fraturas geológicas com diferentes direções e a forte interação dos respectivos planos de fraqueza do maciço rochoso, com subsequente isolamento e individualização



Figura 16 - Tipos de riscos geológicos de grau muito alto associados a movimentos de blocos em pontos de visitação turística (A - queda de blocos; B - escorregamento; C - rolamento de blocos; D - queda e tombamento de blocos).

Foto: Autores.

de blocos de diferentes tamanhos, funciona como planos ou superfícies de elevada permeabilidade para a água. Nesta situação, a água tem seu caminho até o interior do maciço rochoso facilitado bem como uma ação mais efetiva do intemperismo químico responsável pela diminuição da coesão da rocha facilitando, assim, a instalação de movimentos de massa ou quedas de blocos localizados de grande porte e alcance.

Diante do número significativo de descontinuidades e estruturas tectônicas encontradas em todas as áreas levantadas neste estudo, foram tomadas medidas de direções dos principais sistemas de fraturas. São fraturas que se cortam ortogonalmente ou com ângulos menores correspondendo, no geral, a esforços tectônicos ou devidas ao resfriamento dos diferentes derrames das rochas vulcânicas e neste caso respondem pelas descontinuidades próximas da horizontal e por isso com mergulhos mais suaves (Figura 17).

Com relação a essas fraturas observou-se uma maior frequência nas direções NE-SW e NW-SE, com variações para NEE-SSE, NE-SSE com mergulhos que oscilam entre o próximo do vertical (80° a 89°) até mergulhos mais suaves em torno de 52° (Figura 18).

Os lineamentos estruturais observados nos maciços rochosos em Fernando de Noronha ocorrem segundo dois sistemas predominantes NE-SW e NW-SE que respondem pela compartimentação do maciço, individualizando os blocos e prismas rochosos e instalando, nos mesmos, fragilidades condicionadoras e definidores dos processos de movimentação de massa observados em cada local. Esta suscetibilidade aos processos geológicos imprimida a cada maciço rochoso está diretamente relacionada às características do seu substrato, do intemperismo, alteração e intensidade do faturamento. As diferentes reentrâncias instaladas e que servem de divisor entre as diversas praias e baías presentes na região parecem refletir o efeito e potência da ação das ondas, tendo como resultado quedas e deslizamento de blocos bem representado pelos depósitos deste material ao pé das encostas.



Figura 17 - Sistemas de fraturas que se inter cruzam nas mais diferentes direções com presença constante em todos os maciços rochosos da área pesquisada.

Foto: Autores.



Figura 18 - Representação dos sistemas de falhas/fraturas que compartimentam e individualizam blocos e cujos planos ou descontinuidades sob a ação dos agentes erosivos contribuem para o elevado grau de risco a quedas e rolamentos desses blocos por todo o maciço rochoso. Foto: Autores.

A presença marcante desses processos de movimentação de massa constitui pontos de preocupação diante do risco e perigo oferecidos pelos mesmos, tendo em vista que os blocos movimentados observados *in situ* chegam a atingir dimensões métricas e com áreas de atingimento consideráveis dependendo da altura e inclinação da vertente que no geral é bem elevada ou quase vertical na sua grande maioria.

O levantamento de dados geológico-geotécnico nas diferentes áreas que constituem o objeto deste estudo, nomeadamente identificação, delimitação e caracterização geológica e estrutural dos pontos visitados, seguiram uma metodologia desenvolvida pela CPRM (2018). Os dados obtidos em campo de fraturas e/ou falhas, deslizamentos, rolamento de blocos, cicatrizes de quedas de blocos, blocos em balanço, depósito de tálus e erosão, principalmente, forneceram informações que fundamentaram e embasaram a caracterização geológico-geotécnica desses pontos.

No caso específico da Baía do Sancho necessário se faz reforçar o perigo oferecido pelos blocos soltos, não apenas no topo das vertentes como ao longo do corpo dos paredões, quando das práticas de esporte radical como o rapel, trilhas, observação de aves, etc. É de fácil observação a presença frequente de blocos rochosos em situação de instabilidade constituindo aquelas situações para as

quais a previsão e grau de incerteza é significativo não só para a trajetória a ser seguida como para a distância alcançada pelo bloco em movimento.

O estudo, identificação e caracterização dos riscos e perigos geológicos na área da Ilha de Fernando de Noronha, foi desenvolvido seguindo uma lista de atrativos turísticos indicados pelo ICMBio. Esses pontos foram avaliados quanto ao potencial ou suscetibilidade à instalação de processos geológicos que representassem perigo ou ameaça à integridade física dos visitantes.

A seguir serão descritas os processos geológicos-geotécnicos, potenciais e instalados, identificados nas áreas visitadas, bem como, o respectivo grau de risco.

No caso da Baía dos Porcos, Praia do Sancho e Morro do Pico, será apresentado o resultado da *Modelagem de Perigo com delimitação da área crítica e da área de dispersão* para atingimento de blocos.

7.1. Ilha de São José

A ilha São José (Figura 19), dentre as ilhas secundárias do arquipélago, é a única que tem parte de sua área liberada para visitação. O acesso a ilha pode ser feito andando, quando a maré está baixa, por um tómbolo formado por calhaus de basalto que a liga a ilha principal (Figura 20), a nado ou de barco.

A geologia da Ilha de São José está representada por afloramentos de basanitos em forma de disjunção colunares, de coloração cinza escuro e textura fina, correspondentes a Formação Quixaba. As disjunções colunares (Figuras 21 e 22) estão muito bem representadas e passíveis de observação com posicionamento tanto na vertical quanto horizontal na forma representativa do fluxo. A observação *in situ* destes dois tipos de disjunções colunares sugere a ocorrência de dois derrames diferentes. São frequentes a presença de xenólitos mantélicos, de cor esverdeada e formas arredondadas a subangulosas, ricos em olivina e predominantemente encontrados na parte basal do derrame (Figura 23).

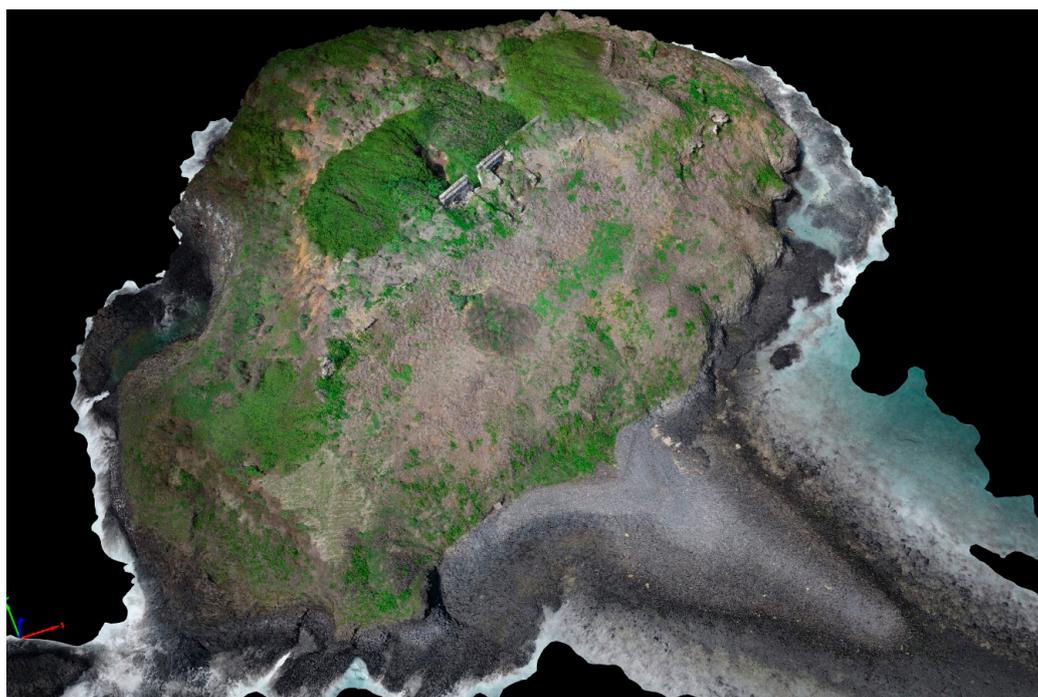


Figura 19 - Imagem 3D da Ilha São José. Fonte: Autores



Figura 20 - A linha em vermelho indica o caminho de acesso sobre calhaus de basalto percorrido por turistas entre a ilha principal de Fernando de Noronha, norte da foto, a ilha São José, sul da foto. Foto: Autores

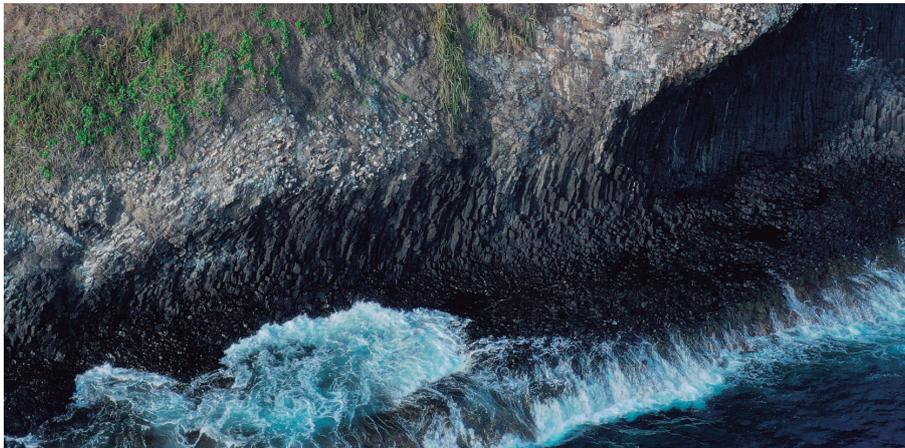


Figura 21 - Vista lateral das disjunções colunares que formam a ilha de São José. Foto: Autores.



Figura 22 - Vista de topo das disjunções colunares na Ilha de São José. Foto: Autores.



Figura 23 - Xenólitos mantélicos. Foto: Autores.

Dentre os principais atrativos da ilha São José estão as ruínas de um Forte, chamado de Forte São José (Figura 24), e seus canhões apontando para diferentes direções do mar (Figuras 25). Atualmente a visitação ao topo da ilha, onde estão as ruínas e os canhões, não está liberada ao público em geral, estando restrita apenas a pesquisadores.

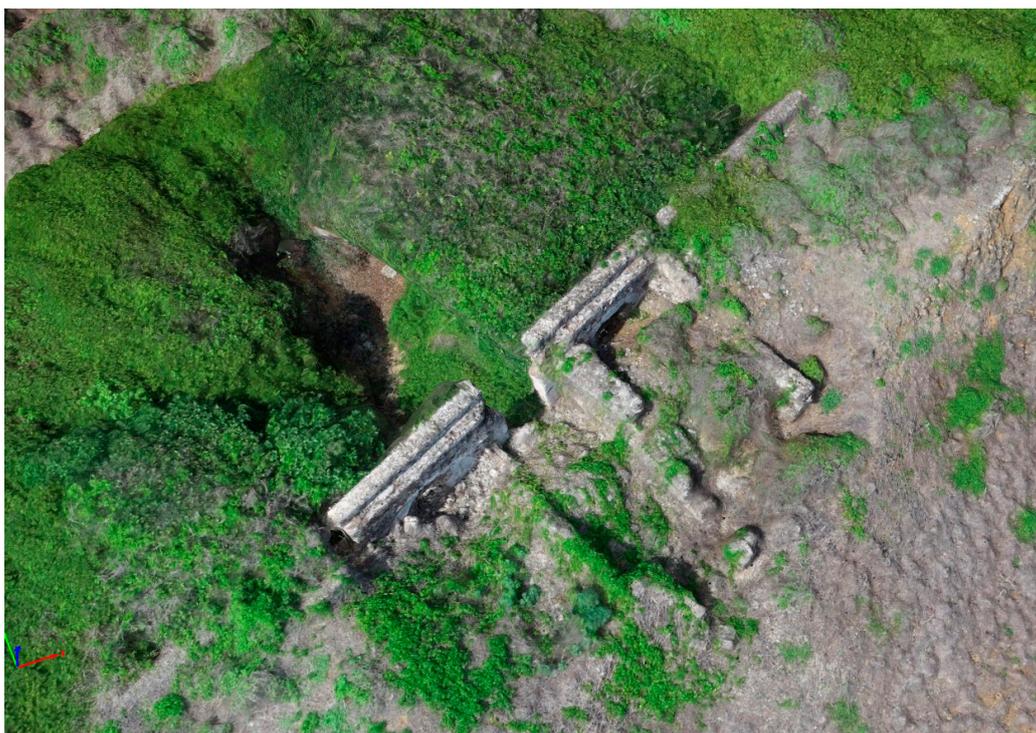


Figura 24 - Imagem 3D em detalhe das ruínas da Ilha São José. Fonte: Autores.



Figura 25 - Canhões no topo da Ilha São José. Foto Autores.

O acesso ao topo da ilha é feito seguindo por uma trilha na lateral de uma encosta na face sul da ilha (Figura 26), com inclinações em alguns trechos superiores a 60° e com uma cobertura de solo muito fina e recente sobre as rochas basálticas. Estas condições associadas a ventos fortes, comuns na ilha, podem tornar de alto risco a caminhada ao topo da ilha.

No topo da ilha, no centro do topo, onde se encontram os atrativos, não foram observadas condições geológico-geotécnicas que possam ser consideradas de alto risco, contudo, nas bordas do topo da ilha, existem diversas trincas abertas no solo, indicando alto grau de instabilidade (Figura 27).

Outro atrativo bastante visitado na ilha São José é formado por uma piscina natural localizada na base da face leste, que possui águas cristalinas e é tida como uma das mais bonitas de Fernando de Noronha (Figura 28). O acesso é feito caminhando pela lateral da ilha junto à encosta durante a maré baixa.



Figura 26 - Face da ilha São José que está a trilha de subida ao topo (Em vermelho). Foto: Autores.



Figura 27 - Trincas no solo próximo as bordas da ilha. Foto: Autores.

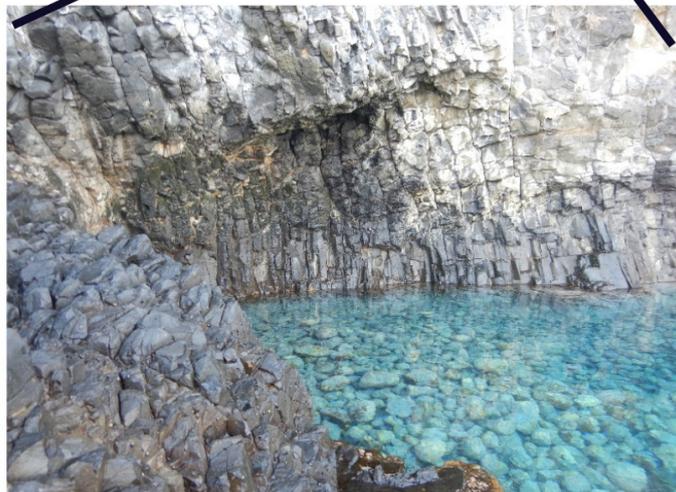
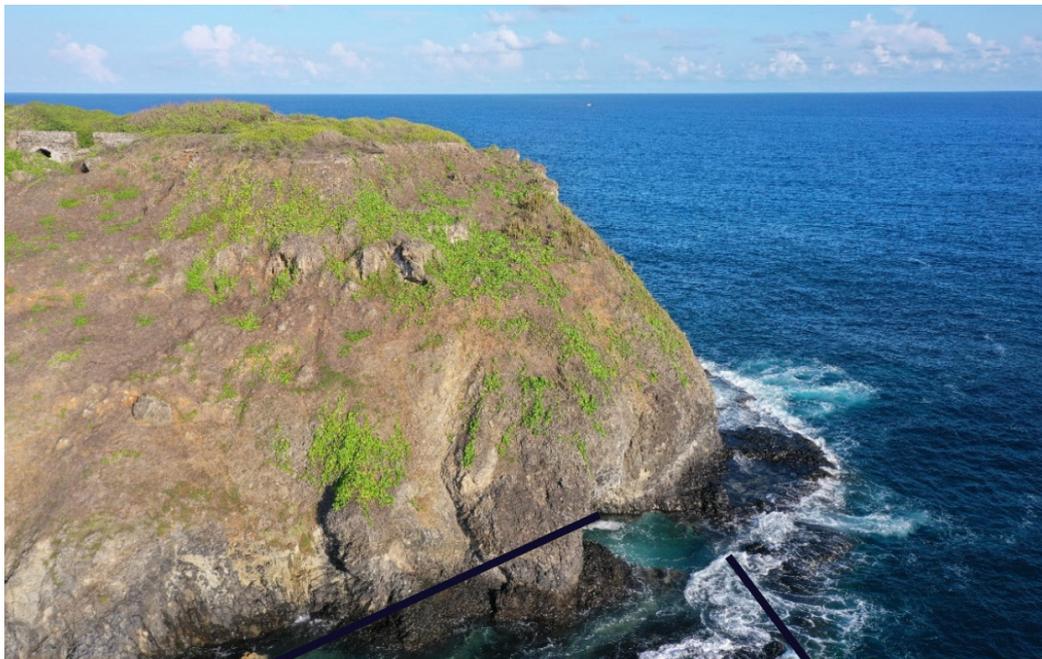


Figura 28 - Face leste da ilha São José com detalhe da piscina natural formada na base. Foto: Autores.

Uma característica da piscina natural é possuir cobertura parcial, formada por uma cavidade na face da encosta. Esta cobertura apresenta grande risco de desprendimento de pequenos blocos que podem atingir os frequentadores do local.

Os principais perigos geológicos observados na ilha de São José estão relacionados a quedas de blocos e deslizamentos de solo (Figura 29), principalmente na piscina natural; no caminho de acesso a ilha, que envolve riscos de quedas e acidentes; e nas bordas do topo, que possuem muitas trincas no solo.

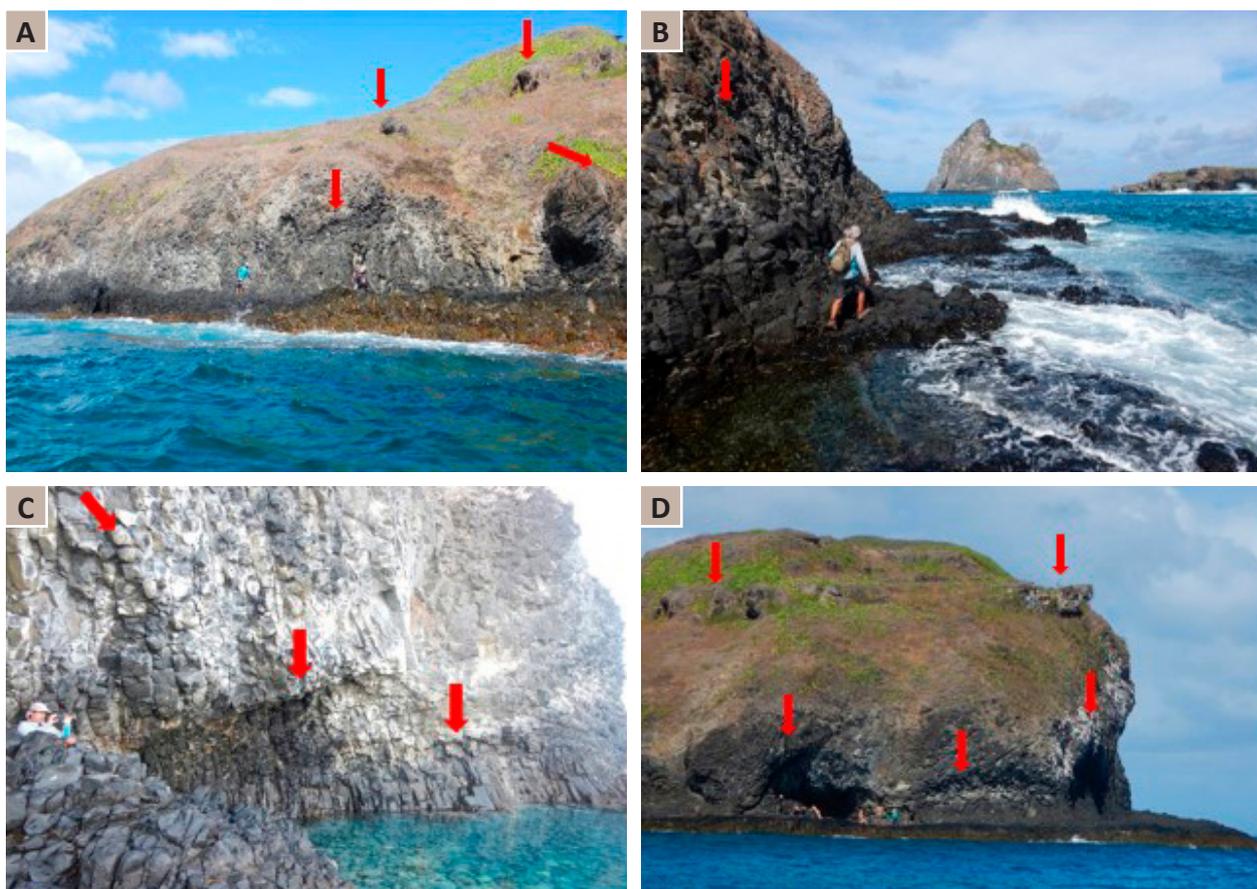


Figura 29 - Ilha de São José com pontos de visitação turística com elevado grau de risco de acidentes (setas indicativas) com possibilidades de quedas e rolamentos de blocos (A, B, C e D). Foto: Autores.

7.1.1. Recomendações

Avaliar a possibilidade de intervenção com a implementação de medidas de contenção/estabilização dos blocos instáveis no teto da piscina natural e no trecho da encosta acima dela. A escolha do(s) melhor(es) método(s) de contenção de blocos deve ser definida a partir de um estudo de mapeamento geológico-geotécnico detalhado que indique as áreas mais críticas a serem consideradas. Estas medidas de contenção/estabilização devem levar em consideração o mínimo de impacto na paisagem, fauna e flora.

Não permitir a visitação pelo caminho de calhaus de basalto quando a maré estiver alta, pois as correntes podem movimentar os blocos de fundo e tornar a travessia extremamente perigosa com riscos de quedas e acidentes.

Instalação de placas informativas e orientações aos turistas sobre o tipo de risco a que eles estarão expostos durante a visita à ilha.

Apesar de não ter sido observada condição de perigo geológico na área das ruínas do forte, no topo do morro, que possam colocar os visitantes em risco, caso seja liberada sua visita para o público em geral, colocar placas informativa, ou mesmo, cordões de isolamento a fim de manter os visitantes a uma distância mínima de 25m das bordas do morro.

7.2. Praia do Cachorro

A praia do Cachorro (Figura 30), nome originado a partir de uma fonte com cara de um cachorro ali encontrada, é uma das praias mais visitadas da ilha. Sua localização, próxima à Vila dos Remédios, além do fácil acesso, faz com que a praia seja uma das mais movimentadas da ilha.

Uma particularidade da praia do cachorro é ter suas areias removidas durante o verão por ação das fortes ondas expondo, assim, as rochas antes encobertas e depois fazendo a engorda da praia no baixo “swell”.

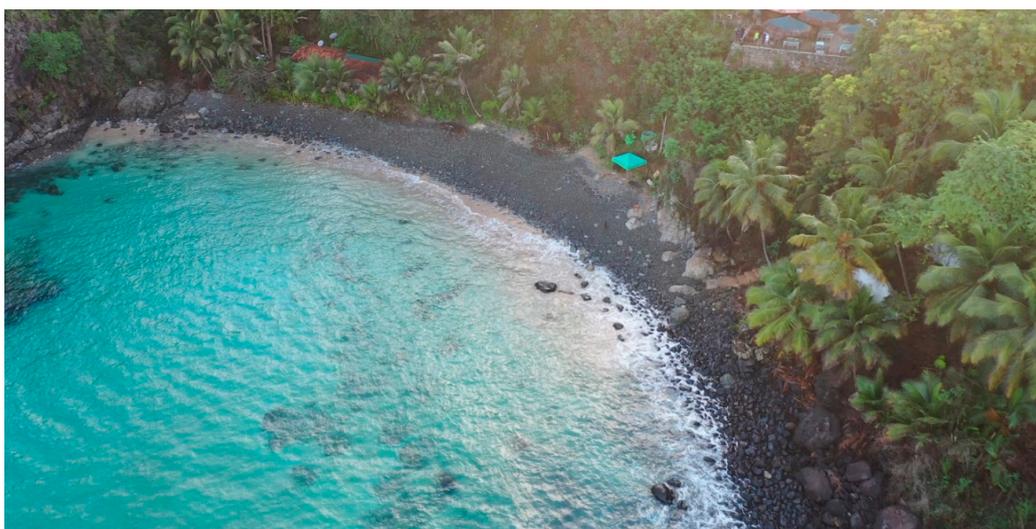


Figura 30 - Praia do cachorro completamente tomada por fortes ondulações. Foto: Autores.

Como principais atrativos turísticos da região da praia do Cachorro podemos destacar as feições geológicas denominadas Lasca da Velha, Rugido do Leão e Buraco do Galego (Figura 31), esta última uma piscina natural escavada na rocha pela ação abrasiva da água durante as marés, com 3 m de profundidade por 2,5 m de diâmetro.

O maciço rochoso encontra-se submetido a um conjunto de fraturas em diferentes direções relacionadas com a compartimentação desta feição em blocos de dimensões variadas, ocasionalmente métricos, significativamente instabilizados e fortemente sujeitos a movimentação que podem atingir os visitantes em caso de queda (Figura 32).

O acesso ao Buraco do Galego (Figura 33) e a Lasca da Velha (Figura 34) é feito segundo uma trilha no canto direito da praia sobre blocos de rochas compartimentados e instáveis, onde o perigo de quedas de blocos é considerável com grande possibilidade de atingir os frequentadores do local.



Figura 31 - Localização dos atrativos, Rugido do Leão, Lasca da Velha e o Buraco do Galego no maciço, lado direito da praia do Cachorro. Foto: Autores.



Figura 32 - Maciço rochoso com individualização e consequente instabilização de blocos angulosos, em área de visitação, pela forte presença de descontinuidades, que se interceptam, potencializadoras de movimentação com possíveis danos físicos aos visitantes. Foto: Autores.



Figura 33 - Buraco do Galego. Vista dos turistas no Buraco do Galego. As linhas em tracejado amarelo indicam planos de fraturas na rocha ilustrando o perigo de queda de blocos na piscina natural. Foto: Autores.

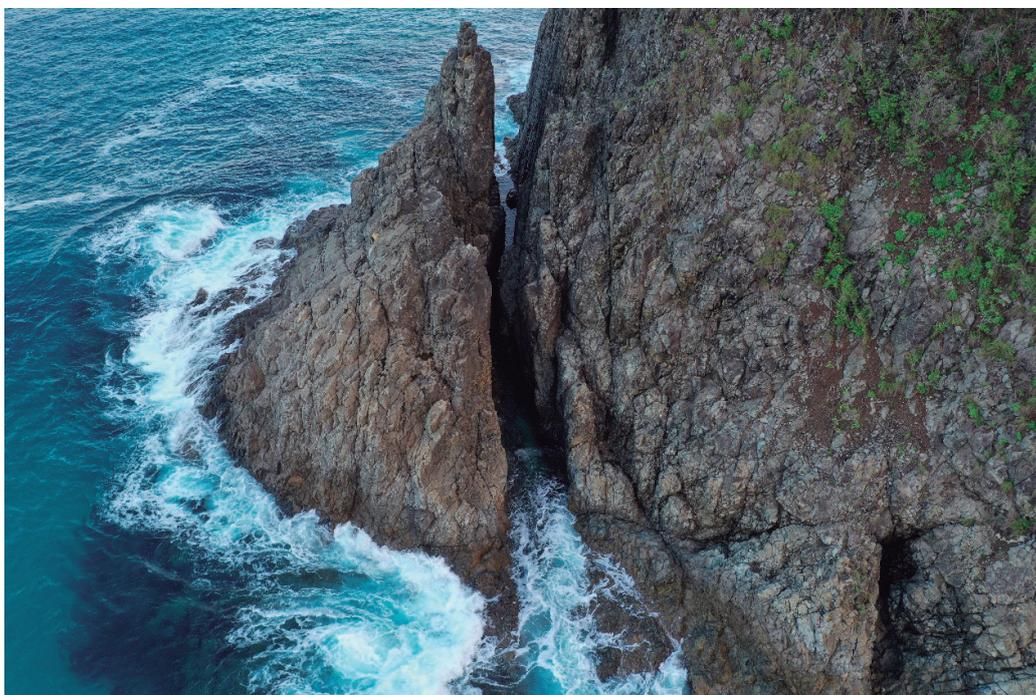


Figura 34 - Lasca da Velha. Formada a partir da erosão em fratura pré existente. Foto: Autores.

Já o acesso ao local denominado de Rugido de Leão (Figura 35), que possui este nome devido ao som emitido quando as ondas se chocam com uma cavidade no maciço, é feito de barco pelo mar, onde a distância favorece a segurança do local.



Figura 35 - Vista de frente para o Rugido do Leão. Notar bloco de rocha tombado ao centro da figura e outros instabilizados no topo. Foto: Autores.

7.2.1. Recomendações

Avaliar a possibilidade de intervenção com a implementação de medidas de contenção/estabilização dos blocos instáveis na lateral da encosta do trecho de acesso ao Buraco do Galego e a Lasca da Velha. A escolha do(s) melhor(es) método(s) de contenção de blocos deve ser definida a partir de um estudo de mapeamento geológico-geotécnico detalhado que indique as áreas mais críticas a serem consideradas. Estas medidas de contenção devem levar em consideração o mínimo de impacto na paisagem, fauna e flora.

Não permitir à visitação a estes atrativos quando a maré estiver alta e/ou com fortes ondulações.

Instalação de placas informativas e orientações aos turistas sobre o tipo de risco a que eles estarão expostos durante visitação ao geotratativo.

7.3. Trilha Costa Azul

A trilha Costa Azul é uma trilha que se inicia na praia do Cachorro e vai até a praia do Boldró, passando pela praia do meio e praia da Conceição. Em alguns trechos a trilha é feita sobre depósito de blocos de rocha, principalmente nos trechos entre a praia do Cachorro e a praia do Meio, e entre a praia da Conceição e a praia do Boldró. É uma trilha largamente utilizada durante a maré baixa para a travessia entre as praias.

No trecho entre a praia do Cachorro e a praia do Meio a trilha se caracteriza-se por ser constituída por calhaus de basalto, de tamanhos e formas variadas, e ladeada por encosta de 10 a 15 mts de altura e inclinações superiores a 50º Graus (Figura 36).

Os calhaus de basalto, dispostos de forma instável e irregular ao longo de todo o sopé da encosta, são constantemente retrabalhados pela ação das ondas fazendo com que haja um arredondamento de suas arestas (Figura 37).

Outro trecho importante e que merece atenção na Trilha Costa Azul fica entre a praia da Conceição e a praia do Boldró (Figura 38). Neste trecho a trilha se encontra localizada às margens da face norte



Figura 36 - Trecho da Tilha Costa Azul, entre a praia do Cachorro e a praia do Meio, parcialmente encoberto pelas águas do mar. Foto: Autores.



Figura 37 - Depósitos de calhaus de basalto com arestas arredondadas pela ação das ondas. Foto: Autores.

do Morro do Pico, onde há um grande depósito de acumulação de blocos de rocha, de dimensões variadas e envoltos em uma matriz de solo com sedimentos siltico-argilosos, oriundos das encostas do morro do Pico (Figura 39).

A presença de cicatrizes de deslizamentos anteriores e a instabilidade observada no grande volume de blocos e sedimentos acomodados ao longo de toda a encosta, somados a alta declividade e amplitude da encosta, evidenciam a alta suscetibilidade à ocorrência de novos deslizamentos (Figura 40). Caminhar por este trecho da trilha Costa Azul pode se tornar extremamente perigoso.



Figura 38 - trecho da Trilha Costa Azul fica entre a Praia da Conceição e a Praia do Boldró. Foto: Autores.

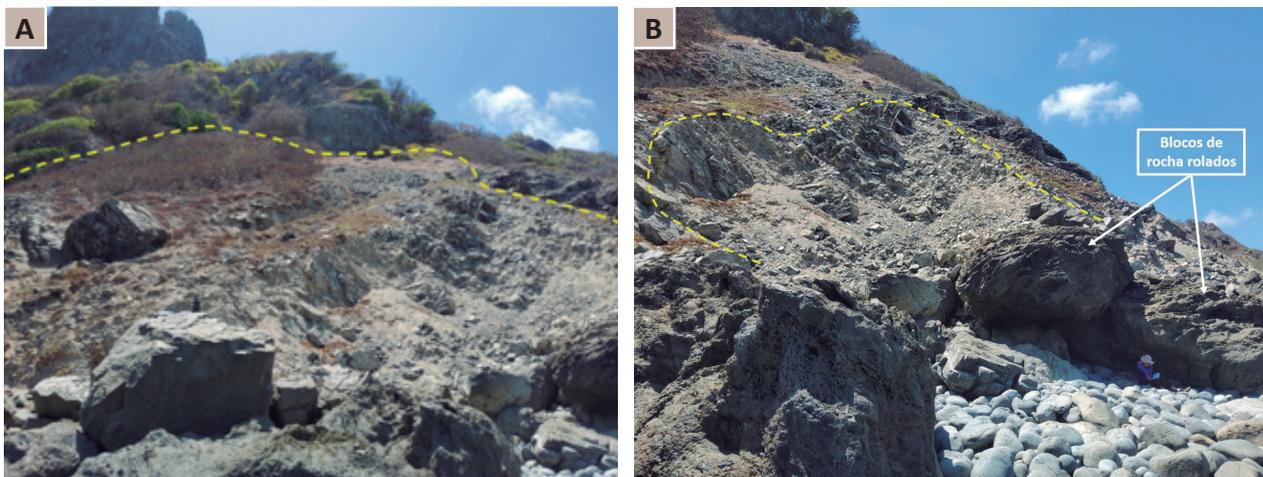


Figura 39 - A: Vista da encosta localizada na trilha entre as praias da Conceição e Boldró. Linha tracejada em amarelo indica limite da encosta rochosa (acima) e o depósito de tálus (abaixo). Foto: Autores. B: Vista para cicatriz de deslizamento. Notar bloco de rocha movimentado neste evento. Foto: Autores.



Figura 40 -: Cicatrizes de deslizamentos e grande volume de material instável acomodado na encosta. Foto: Autores.

7.3.1. Recomendações

No trecho da trilha entre a praia do Cachorro e a praia do Meio não permitir a travessia quando a maré estiver alta, pois isso faria com que os turistas caminhassem mais próximos a encosta, onde há grande risco de queda de blocos.

A travessia no trecho entre a Praia da Conceição e a Praia do Boldró também deve ser evitada em períodos de mares altas e durante/após chuvas intensas, pois a encosta do Morro do Pico possui alta suscetibilidade a deslizamentos e a quedas de blocos.

Instalação de placas informativas e orientações aos turistas sobre o tipo de risco a que eles estarão expostos durante a travessia entre as praias.

7.4. Praia do Meio

Localizada entre a Praia do cachorro e a Praia da Conceição, a Praia do meio é caracterizada por possuir ao longo de toda a sua extensão uma faixa composta por blocos de rocha de tamanhos variados disposta paralelamente ao longo de toda a base da encosta (Figura 41). O grande volume de material indica que a encosta adjacente possui alta suscetibilidade à ocorrência de quedas de blocos.

Na figura abaixo é possível observar a utilização de local próximo da base da encosta para montagem de barracas e tendas. Este local está dentro de uma área crítica para perigo de quedas e rolamentos de blocos.

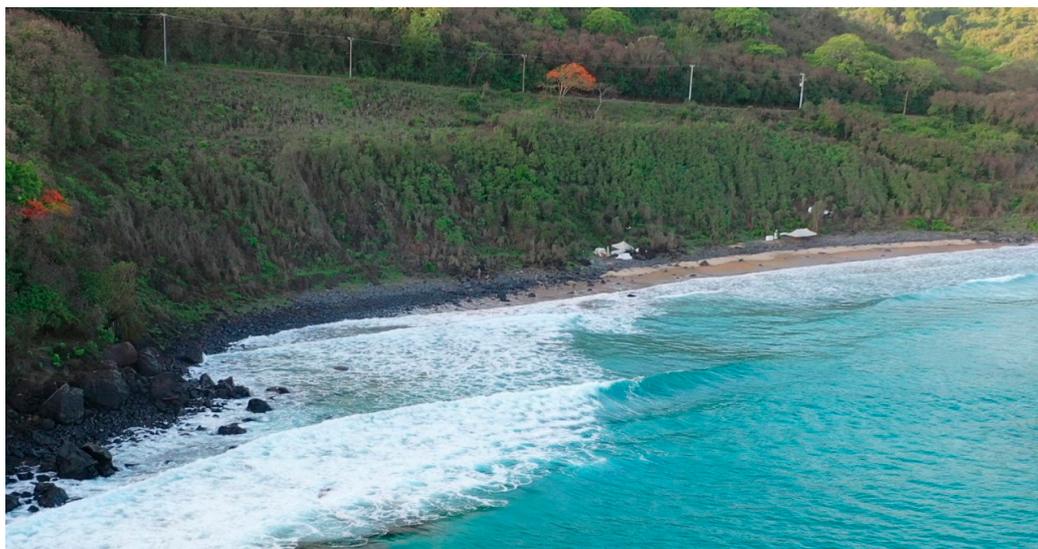


Figura 41 - Praia do Meio. Foto: Autores.

7.4.1. Recomendações

Avaliar o posicionamento das barracas e/ou tendas atualmente instaladas, afastando-as o máximo possível da encosta.

Avaliar a possibilidade da implementação de sistema de drenagem pluvial, por meio de calhas na região de crista do encosta, a fim de evitar que o fluxo seja direcionado sobre a face do talude.

Adicionalmente, realizar mapeamento de detalhe com o objetivo de identificar blocos de rocha soltos no topo da encosta ou instáveis em meia encosta e, caso hajam, avaliar a necessidade de contenção/estabilização destes blocos.

7.5. Ilha da Conceição e Pedra do Pião

A Ilha da Conceição, localizada entre a Praia do Meio e a Praia da Conceição é uma feição que se destaca na região (Figura 42). A ilha **é** muito visitada por turistas que buscam acessar uma bela piscina natural formada na maré baixa no lado leste da ilha (Figura 43),

Para acessar a piscina natural os visitantes caminham pela lateral da encosta, onde há risco de quedas de blocos devido ao elevado grau de faturamento do maciço rochoso (Figura 44).

Ainda no caminho para a Ilha da Conceição encontra-se o monólito da Pedra do Pião, monumento constituído por um grande bloco rochoso da Formação Remédios (Figura 45) que se destaca na topografia devido sua forma quadrangular. Esta feição peculiar apresenta-se intensamente fraturada e com sinais de deslocamentos de pequenos fragmentos de rocha, além de estar sustentado por uma base estreita, com multiplas fraturas e significativamente solapada pela ação abrasiva das ondas. O monumento em questão apresenta uma condição de equilíbrio bastante comprometida, constituindo uma situação de risco iminente de tombamento (Figura 46).

Do ponto de vista geológico-geotécnico a sua condição atual de ainda manter-se erguido sugere que há uma certa estabilidade sísmica ao longo dos milhares de anos no arquipélago. Aliás, esta conclusão



Figura 42 - Vista aérea da Ilha da Conceição. Foto: Autores.



Figura 43 - Piscina natural no lado leste da Ilha da Conceição. Foto: Autores.



Figura 44 - Em amarelo visitantes andando pelo caminho de acesso a piscina natural. Notar blocos instáveis na porção média do maciço rochoso. Foto: Autores.



Figura 45 - Pedra do Pião. Foto: Autores.



Figura 46 - Vista em detalhes da Pedra do Pião (A). Notar base de sustentação rochosa pouco robusta e fraturas principais subverticais favorável ao tombamento (B). Cicatrizes de queda de bloco recentes (B) e presença de blocos descalçados ou em balanço (A, B). Foto: Autores.

fica evidenciada por quase toda a Ilha diante de situações localizadas de grandes blocos que ainda não sofreram movimentação por conta dessa, aparente, estabilidade tectônica da região.

A forma de pião nem sempre é predominante ao se avistar o monumento, isso vai depender do ângulo de observação em que se avista o monumento. Por outra perspectiva, vista pelo mar, a forma pode se assemelhar a uma cabeça humana com um turbante ou chapéu; ou podendo até ser comparado à figura de um “Moai” como os encontrados na Ilha de Páscoa, localizada na Polinésia Oriental, a Oeste do Chile.

7.5.1. Recomendações

Caso permaneça liberada a visitação na piscina natural avaliar a possibilidade da implementação de medidas de contenção/estabilização dos blocos instáveis, apenas no trecho da encosta em que há passagem de turistas, no lado leste da ilha. A escolha do(s) melhor(es) método(s) de contenção/estabilização de blocos deve ser definida a partir de um estudo de mapeamento geológico-geotécnico de detalhe para a encosta, indicando áreas mais críticas a serem consideradas. As medidas de contenção/estabilização devem levar em consideração o mínimo de impacto na paisagem, fauna e flora.

Instalação de placas informativas e orientações aos turistas quanto aos riscos inerentes à visitação da piscina natural. Considerar também a possibilidade de reforço na base da Pedra do Pião ou medidas que permitam aos turistas manter certo afastamento do monumento.

7.6. Praia da Conceição

A praia da Conceição, com seus aproximadamente 800m de extensão (Figura 47), possui forma de meia lua e tem seu nome devido a uma fortificação existente no local – Forte Nossa Senhora da Conceição. É local de exposição de rochas das formações Remédios e Quixaba, e está posicionada, em parte, aos pés das encostas do fonólito do Morro do Pico, onde há exposição de rochas piroclásticas e brechas vulcânicas de cor avermelhada com pontos/inclusões preto-esverdeados. Nas encostas é fácil de se observar a forte relação de alternância entre vulcanismo efusivo-explosivo-efusivo, nessa ordem da base para o topo.



Figura 47 - Vista aérea da Praia da Conceição. Foto: Autores.

Uma particularidade que sobressai na topografia é a presença de grandes blocos de brecha vulcânica de coloração avermelhada fortemente impregnada de inclusões preto-esverdeadas. Segundo informações coletadas *in situ* os maiores blocos dessa brecha só estão expostos no período de fortes ressacas do mar que retira grande parte da areia que as recobre (Figura 48).



Figura 48 - Rochas piroclásticas no Morro do Pico, fortemente fraturado com individualização de grande bloco (A) e rocha brechoide cor alaranjada (B, C). Foto: Autores.

7.6.1. Recomendações

Instalação de placas informativas sobre o perigo de ficar próximo às encostas devido a possibilidade de quedas e rolamentos de blocos oriundos da encosta do Morro do Pico, principalmente no lado esquerdo da praia.

7.7. Praia do Boldró

A Praia do Boldró (Figura 49), local de desova de tartarugas marinhas, e por isso com restrições de acesso após as 18hs, expõe em seus paredões rochas piroclásticas, tufo e derrames ankaratríticos na mais frequente e constante alternância de eventos explosivos-efusivos-explosivos do vulcanismo na base da formação do Ilha de Fernando de Noronha (Figura 50). Ao longo de seus 600m de extensão são encontradas rochas das formações Remédios e Quixaba.

Os paredões rochosos nesta praia não apresentam alturas significativamente elevadas, mas o elevado nível de faturamento, comum nas litologias presentes é intenso, com as diversas famílias de descontinuidades resultando na individualização e instabilização de blocos (Figura 51).

7.7.1. Recomendações

O perigo inerente a esta praia está diretamente associado aos promontórios laterais que a individualizam e que estão submetidos a um forte controle estrutural conferindo instabilidade ao maciço, com risco de quedas e rolamentos de blocos.

As recomendações estão relacionadas ao perigo de movimentação de blocos, como se observa através da presença dos mesmos dispersos na base da encosta até porção média da praia, necessitando de ser adotado um afastamento lateral destes pontos críticos, garantindo, assim, uma distância segura da área de atingimento caso algum bloco venha a se desprender do maciço.

Por se tratar de praia com faixa de areia ampla, as recomendações para esta praia visam incentivar os turistas, por meio de placas informativas, a evitarem a permanência próxima às encostas.



Figura 49 - Vista aérea da Praia do Boldró. Foto: Autores



Figura 50 - Alternância de eventos explosivos-efusivos-explosivos de forte incidência na Ilha (A), com tufos e forte fraturamento e blocos rolados (B) e diques que cortam as litologias (C). Foto: Arquivo dos autores.



Figura 51 - Paredões rochosos da praia do Boldró, com sistemas de fraturas tectônicas e de resfriamento dos derrames e blocos fortemente individualizados e instáveis. Foto: Arquivo dos autores.

7.8. Praia do Americano

A Praia do Americano (Figura 52) foi assim designada por corresponder a área utilizada pelos americanos durante os anos de 1957 a 1965 quando ocuparam a Ilha pela segunda vez durante o projeto de rastreamentos no 11º Posto de Observação de Mísseis Teleguiados ali instalado. O acesso é feito pela praia do Bode, por uma trilha com algum nível de dificuldade, diante do número de blocos soltos e instáveis, ou pela zona costeira que a separa da praia do Boldró.

É uma praia de pequena extensão mas possuidora de uma beleza cênica ímpar com vista para os dois monumentos mais importantes da Ilha, os morros do Pico e Dois Irmãos, e o fato de uma baixa procura pelos visitantes transmite a impressão de se estar em uma ilha deserta. Na maré alta chega a ficar completamente isolada.

O maciço rochoso, mais significativamente presente nos promontórios laterais que definem os seus limites, com a praia do Boldró (Figura 53) e com a praia do Bode (Onde fica o mirante) (Figura 54), apresentam-se fortemente compartimentado por fraturas e falhas de diferentes direções e de

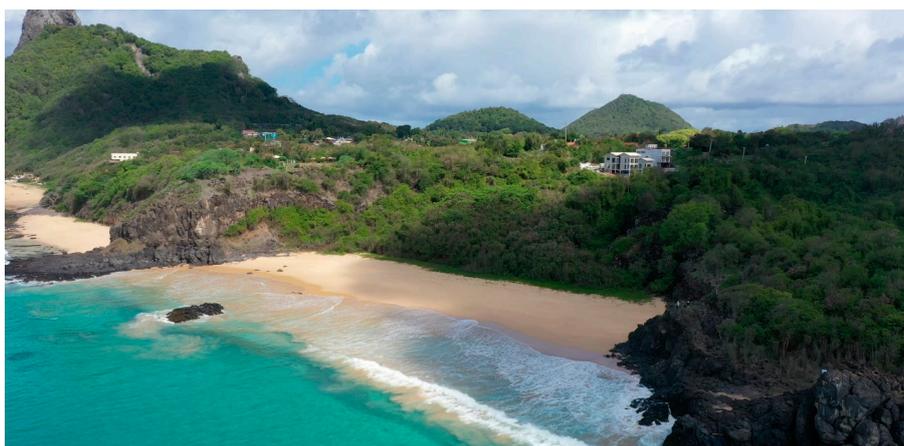


Figura 52 - Vista aérea da praia do Americano. Foto: Autores



Figura 53 - Promontório lateral entre a praia do Boldró e a praia do Americano. Foto: Autores.

comportamento paralelo entre si até aquelas que se inter cruzam de forma ortogonal ou em ângulos menores. Essas estruturas imprimem nas rochas um nível de faturamento elevado, com individualização de blocos métricos com formas angulosas ou até mesmo colunares (Figura 55). Nestes locais o risco



Figura 54 - Promontório lateral entre a praia do Americano e a praia do Bode, onde fica o Mirante. Foto:Autores.



Figura 55 - Maciço rochoso sob forte controle estrutural com fraturas/falhas de diferentes direções que se inter cruzam ortogonalmenet ou formando ângulos menores, individualizando e instabilizando blocos sujeitos a quedas e rolamentos como bem se observa do material depositado no sopé das encostas. Foto: Autores.

de movimentação de massa na forma de quedas e rolamentos de blocos é muito elevado. Indicativos desta ação estão representados no número significativos de blocos encontrados ao pé dos paredões.

7.8.1. Recomendações

Por se tratar de praia com faixa de areia ampla, as recomendações para esta praia visam incentivar os turistas, por meio de placas informativas, a evitarem a permanência próxima às encostas, pois há risco de quedas de blocos.

7.9. Praia do Bode – Quixaba - Cacimba do Padre

As praias do Bode, Quixaba e da Cacimba do Padre, formam, quando em período de maré alta, uma única praia que só se individualizam na maré baixa. A praia do Bode está localizada entre a praia do Americano e a pequena praia da Quixaba, que por sua vez está entre a praia do Bode e a praia da Cacimba do Padre, esta última é conhecida como o “Havaí brasileiro” pelas suas ondas altas e excelentes para a prática do surf. No total estas três praias possuem em torno de 900 m de extensão e largura média de 170 m (Figura 56).

As areias desta área são tidas como de composição bioclástica e as falésias servem de limites e individualização entre essas três praias. Outra feição característica e possível de ser observada nesta área é a presença de um “caos de blocos” como resultado da alteração das rochas magmáticas ali depositadas, bem como uma forte disseminação de manchas arredondadas e esbranquiçadas de colônias de líquenes instaladas nas superfícies da rocha (Figura 57).

Na zona de separação entre as praias do Bode e da Cacimba do Padre encontra-se um depósito de lavas vesiculares, amigdaloidais, de aglomerados e fluxo piroclástico da Formação Quixaba, evidenciando mais uma vez a incidência e alternância dos eventos efusivos-explosivos-efusivos bem presentes nas erupções vulcânicas do magmatismo alcalino do Fernando de Noronha. De modo localizado a ação erosiva sobre os derrames de lavas assume a forma de erosão esferoidal. O arrefecimento rápido dos derrames imprime nas rochas um sistema de fraturas que, juntamente com aquelas de origem tectônica, compartimenta os maciços rochosos elevando, significativamente, o nível de suscetibilidade e instabilidade desses blocos com potenciais movimentos de massa que oferecem risco e perigo aos frequentadores dessas praias (Figura 58).



Figura 56 - Vista das praias do Bode, Quixaba e da Cacimba do Padre em sequência. Foto: Autores.



Figura 57 - Paredões íngremes com instabilidade de blocos e risco muito alto aos visitantes, com exposição de derrames de lavas (A), localmente nas formas amigdaloidais (B), de aglomerados e fluxo piroclástico (C) da Formação Quixaba. Foto: Autores.



Figura 58 - Paredões nas praias do Bode e Cacimba do Padre (A, B, C), com sistemas de fraturas condicionando a instabilidade de blocos (setas vermelhas – A, B, C) e subsequentes quedas e rolamentos, como se observa pelos depósitos ao pé desses paredões (C). Foto: Autores.

7.9.1. Recomendações

Por se tratar de praia com faixa de areia ampla, as recomendações para esta praia visam incentivar os turistas, por meio de placas informativas, a evitarem a permanência próxima às encostas, pois há risco de quedas de blocos.

7.10. Baía dos Porcos

A Baía dos Porcos é uma região de beleza cênica extraordinária (Figura 59), não à toa a praia ali formada é uma das mais visitadas da Ilha de Fernando de Noronha, sobretudo, por dali também poder se admirar o Morro Dois Irmãos, cartão postal da Ilha.

A visita a Baía dos Porcos, principalmente nos meses de alta temporada, pode exigir agendamento prévio, travessia em uma pequena trilha e utilização de capacetes. Também é comum a praia da Baía dos Porcos ficar fechada quando a maré está alta ou com intensidade elevada. Portanto, ao se programar para visita é necessário consultar previamente o ICMBio para saber dos horários de abertura e condições do mar.

A beleza encontrada na Baía dos Porcos é resultado das características das rochas que a formam, bem como dos processos erosivos atuantes, sejam eles marinhos, provocados pela ação das ondas, ou mesmo, pluviais ou eólicos.

Do ponto de vista geológico, desde o acesso a praia feito pela Praia Cacimba do Padre (Figura 60), observa-se a alternância de processos efusivos e explosivos representados pelas lavas ou derrames de basanitos (Figura 61) e rochas piroclásticas, estas na forma de tufos (Figura 62) e tufos lapilíticos, da Formação Quixaba.

A configuração geológica somada às características das estruturas de fraturamentos existentes permitem que a ação do intemperismo nas rochas que formam a Baía dos Porcos resulte na formação de belíssimas falésias, feições estas que possuem altura, declividade e características geológico-geotécnicas que quando conjugadas acabam por tornar o local suscetível às ocorrências de deslizamentos e/ou queda de blocos, isso pode ser observado no depósito de acumulação (tálus) formado na base das encostas (Figura 63).



Figura 59 - Vista da Baía dos Porcos do Mirante do Dois Irmãos. Foto: Autores.



Figura 60 - Início da trilha de acesso à Baía dos Porcos. Foto: Autores.



Figura 61 - Diferentes tipos de eventos magmáticos frequentes nas erupções vulcânicas na Ilha, com nítidas alternâncias entre explosivos-efusivos-explosivos (linhas tracejadas). Foto: Autores.



Figura 62 - Tufos de rochas piroclásticas.
Foto: Autores.



Figura 63 - Encosta da Baía dos Porcos com a formação de depósitos de acumulação na base da encosta. Foto: Autores.

Os depósitos de acumulação formados na base das encostas formam rampas com volume expressivo de material de granulometria diversa e indica que as quedas de material das encostas são constantes, mesmo em períodos onde a pluviosidade é baixa ou nula. As rampas podem contribuir para que o bloco de rocha que se desprenda da encosta ganhe velocidade e energia e percorra uma distância ainda maior.

As encostas da Baía dos Porcos, em formas de falésias, possuem uma altura média entre 50 e 60m e caracterizam-se por apresentar sistemas de fraturas horizontais e verticais, que se inter cruzam provovendo a individualização de blocos de dimensões variadas. A contribuição do resfriamento rápido na geração do intenso faturamento pode ser observado na base da encosta onde os derrames ocorrem com uma leve inclinação para NE. Na porção esquerda do topo do maciço rochoso as rochas estão submetidas a um forte processo de intemperismo contribuindo para a instabilização de blocos.

Uma feição peculiar em forma de cicatriz de deslizamento pode ser vista logo no acesso a praia (Figura 64). Diferentemente do que ocorre nas falésias, onde a declividade atinge valores próximos a 90 graus, esta feição possui declividade em torno de 50 a 60 graus, formando uma rampa de sedimentos soltos que deslizam pela encosta com o simples movimentar de pequenos animais, segundo informações locais. Neste local, talvez seja correto afirmar que o deslizamento de solos com pequenos fragmentos de rocha fazem um contraponto aos processos de quedas de blocos que são predominantes na Baía dos porcos.

O risco a que ficam submetidos os visitantes desta área é de grau muito alto diante do número significativo de blocos soltos e em situação de movimento, inclusive com históricos recentes de atingimento a visitantes em 2022.

O lado esquerdo da praia parece igualmente perigoso, isso pode constatado devido a grande quantidade de material acumulado na base da encosta tomando toda a faixa de areia (Figura 65).



Figura 64 - Cicatriz no setor esquerdo da Baía dos Porcos com marcas de movimentação de massa. Foto: Autores.



Figura 65 - Encosta lado esquerdo da Baía dos Porcos. Foto: Autores.

Em suma, os riscos a que os visitantes estão expostos na Baía dos Porcos são de fácil percepção e estão evidenciados sob diversas formas, seja na forma de depósitos na base das encostas, no elevado grau de fraturamento do maciço, em cicatrizes recentes, ou mesmo, em blocos de rocha em equilíbrio limite, como pode ser vistos em diversos pontos da encosta (Figuras 66).

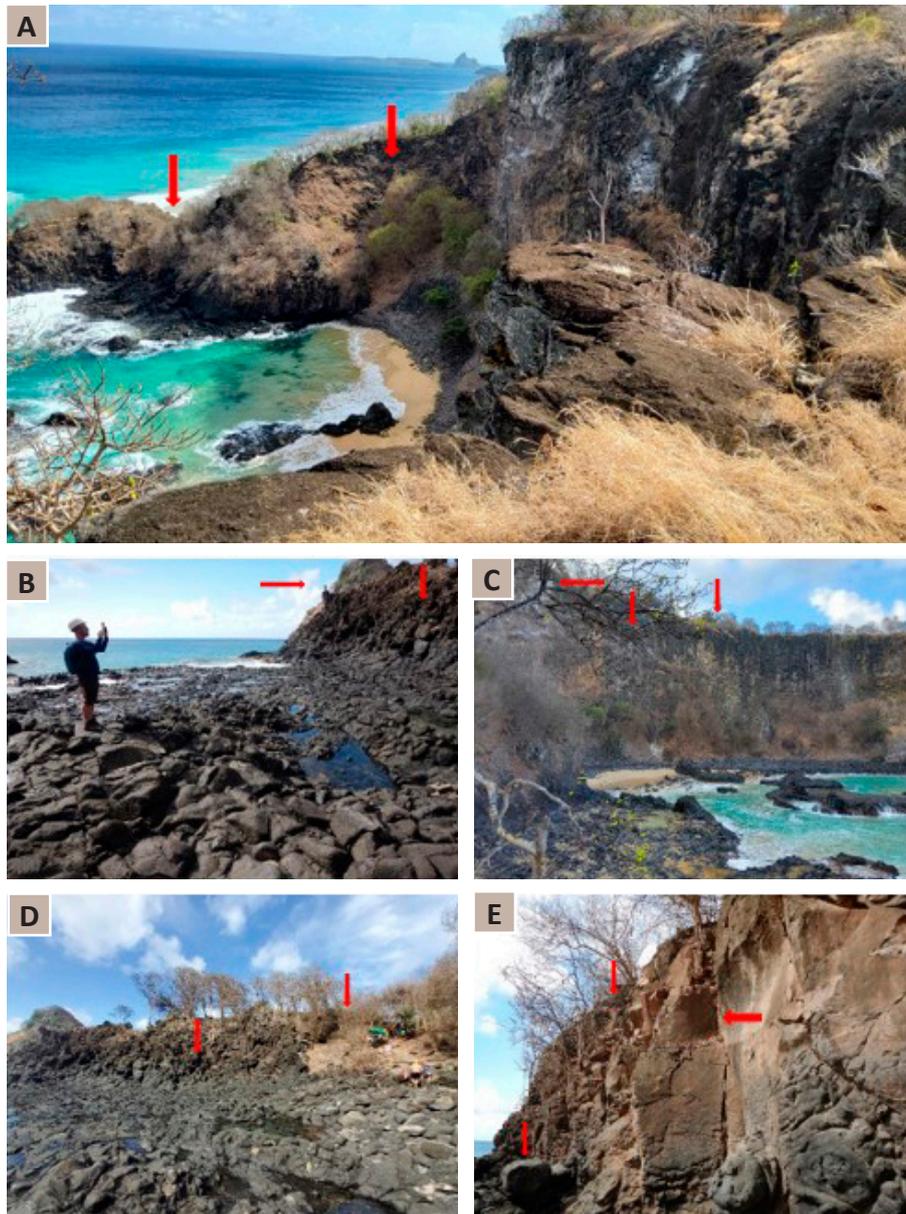


Figura 66 - Vista de toda a enseada da Baía dos Porcos com acesso principal e cicatriz de deslizamento (A) com paredões apresentando blocos soltos sujeitos a quedas (B, C, D, E). Foto: Autores.

7.10.1. Recomendações

Por se tratar de uma praia com estreita faixa de areia, onde os turistas ficam submetidos a um risco de grau muito alto, inclusive com histórico de acidentes, é recomendado evitar o acesso a esta praia. Por se tratar de uma de uma região de beleza cênica extraordinária, recomenda-se que as atividades nesta praia sejam apenas de contemplação por meio de trilhas e mirantes na região de crista da encosta.

O mapeamento de perigo realizado nesta praia, que será apresentado mais a frente neste trabalho, indica que é muito alto o perigo existente nesta praia, pois praticamente toda a faixa de areia é considerada área crítica para atingimento de blocos.

7.11. Praia do Sancho

A praia do Sancho, talvez seja a mais famosa de todo o arquipélago de Fernando de Noronha, foi eleita por diversas vezes a praia mais bonita do mundo. Antes mesmo de chegar a praia já é possível contemplar toda sua beleza (Figura 67) e percorrer o acesso à praia é uma aventura que requer certa coragem do visitante.

Assim, como na Baía dos Porcos, o acesso à praia do Sancho é controlado e administrado pelo ICMBio, pois além de estar dentro dos limites do Parque Nacional de Fernando de Noronha o acesso a praia necessita ser feito com um certo nível de controle e organização.

Após percorrer o caminho que leva da entrada principal ao ponto de descida à praia, o visitante desce por dois lances de escadas de ferro instaladas em uma grande fenda aberta no maciço de aproximadamente 1m largura (Figura 68). Ao passar por estas escadas o visitante ainda tem que descer por uma outra escadaria construída sobre um grande depósito de acumulação/tálus próximos à encosta e ladeados por grandes blocos individualizados do maciço em uma situação de risco iminente de queda (Figura 69).

Paredões íngremes expõem rochas da Formação Quixaba ao longo de toda a extensão da praia do Sancho (Figura 70) que apresenta uma forma arredondada ou de meia lua. Ao longo das falésias é possível observar-se camadas de derrames de lavas que, segundo Ulbrich e Ruberti (1992), têm composição ankaratríticas, pertencentes à Formação Quixaba. Ainda de acordo com estes autores foram identificadas rochas basaníticas intrudidas nos ankaratritos, permitindo-lhes advogar que as atividades magmáticas da Formação Quixaba gerou tanto manifestações de melanfelinitos, como de basanitos, e que as rochas da Ilha São José poderiam ser contemporâneas ou mais jovens, mas do mesmo evento efusivo.



Figura 67 - Lado direito praia do Sancho visto da escadaria de acesso. Foto: Autores.

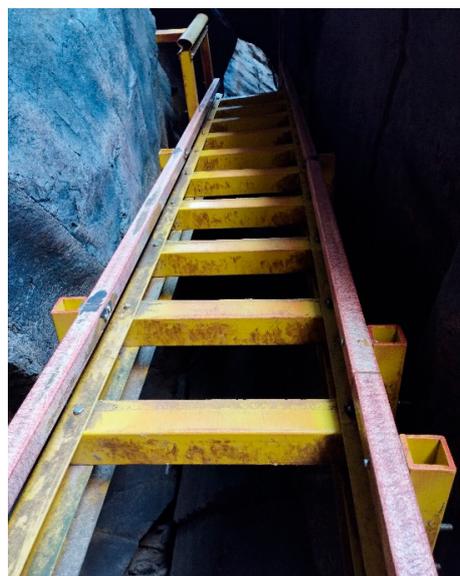


Figura 68 - Escada de acesso à praia do Sancho. Foto: Autores.



Figura 69 - Blocos blocos de rochas individualizados instáveis próximos a escadaria. Foto: Autores.



Figura 70 - Paredões íngrimes com exposição de rochas da Formação Quixaba. Foto: Autores.

O forte controle estrutural imprimido ao maciço rochoso na praia do Sancho deriva da origem tectônica, deposição e rápido resfriamento dos derrames magmáticos. Esta dinâmica responde por um intrincado sistema de fraturas desde paralelas a ortogonais ou com pequenos ângulos entre elas, compartimentando e individualizando blocos, ou mesmo colunas inteiras, de rocha de dimensões centimétricas a métricas (Figura 71).

As diversas cicatrizes na encosta indicam que são constantes os desprendimentos de blocos da encosta, inclusive, durante o levantamento de dados para elaboração deste trabalho um pequeno fragmento de rocha se despreendeu da encosta quase nos acertando a uma distância de aproximadamente de 10m (Figura 72).



Figura 71 - Maciço rochoso fortemente inclinado com colunas de rochas individualizadas e instabilizadas pelo forte sistema de fraturas verticais e horizontais. Observar um depósito de tálus na base da encosta de volume considerável. Foto: Autores.

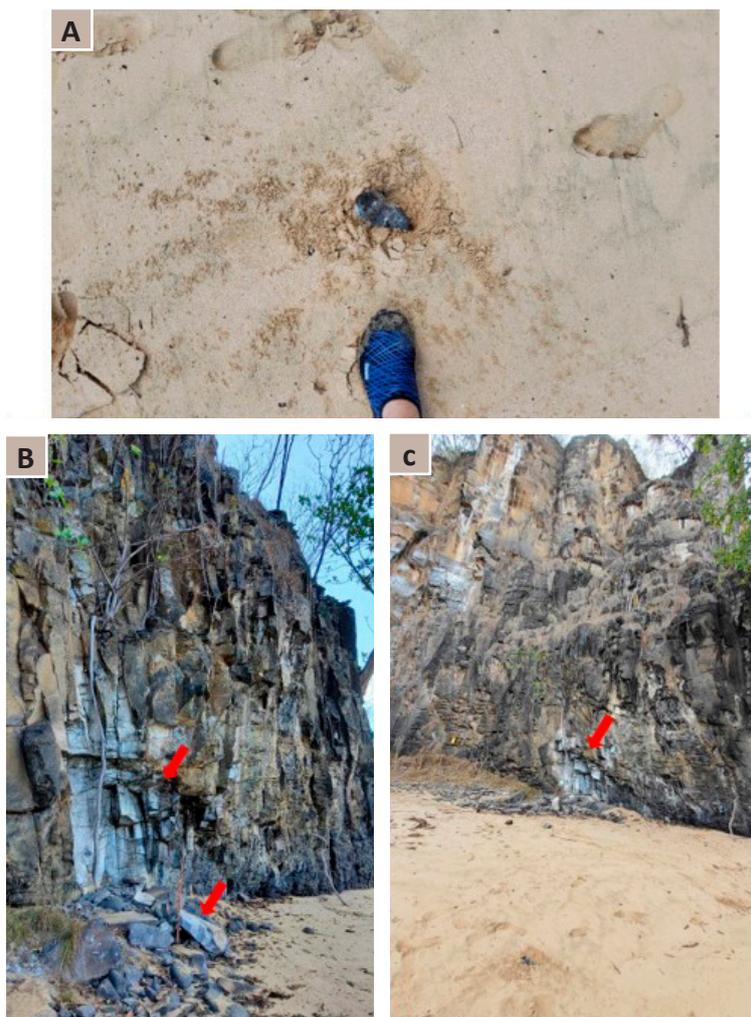


Figura 72 - Imagem de bloco que se despreendeu do maciço fortemente fraturado, com inclinação elevada em torno de 82° , quando deste levantamento (A) e de cicatrizes de queda recente de blocos e outros tantos que estão descalçados ou em balanço (setas - B, C). Foto: Autores.

A altura, inclinação e descontinuidades, representadas por um intenso grau de fraturamento no maciço, evidenciam uma situação de alto perigo para quedas de blocos na praia. Além de existir muitos blocos prestes a se desprender da meia encosta, também há no topo, próximo a borda da encosta, diversos blocos instáveis de tamanhos diversos (Figura 73).

Esta fragilidade geotécnica observada nas encostas do maciço rochoso, coloca em risco os frequentadores da praia, principalmente no lado direito da praia, onde a faixa de areia é mais estreita, o acaba fazendo com que os visitantes fiquem mais próximos da encosta e mais facilmente possam ser atingidos por blocos e lascas de rochas.

No capítulo a seguir deste trabalho, que trata da *Modelagem das Áreas Críticas e de Dispersão para atingimento de blocos*, poderemos ver que o lado direito da praia é bastante perigoso para ficar.



Figura 73 - Vista dos paredões íngremes na Praia do Sancho (A) com sinais de escorregamento de rocha (seta - B) e blocos instáveis sujeitos a rolamento no topo (seta - C). Foto: Autores.

7.11.1. Recomendações

Avaliar a possibilidade de intervenção para contenção/estabilização dos blocos instáveis ao longo da encosta, principalmente, no lado direito da praia e no lado esquerdo da escada de descida, pois nestes locais foram observados diversos blocos de rocha em condição crítica de estabilidade.

Caso não seja feita intervenção de contenção/estabilização dos blocos e lascas ao longo da encosta no canto direito da praia do Sancho, avaliar a possibilidade de impedir a permanência dos visitantes, seja por meio de placas informativas, ou mesmo, com cordões de isolamento. Estas medidas são de extrema importância, uma vez que, o mapeamento de perigo realizado na praia, e que será apresentado no capítulo seguinte, apontou que o canto direito é uma área crítica para atingimento de blocos.

Promover ancoragem por meio de cabos ou mesmo a retirada da árvore de grande porte que se encontra ao lado do ponto de descida para a praia.

7.12. Morros do Pico e do Piquinho

O Morro do Pico é outro monumento geológico local e o ponto mais alto do arquipélago com 321m de um domo de rocha alcalina fonolítica, produto de atividades magmáticas e que foi formado, segundo Almeida (1955), há cerca de 9 milhões de anos atrás, inserindo-se na Formação Remédios.

O Morro do Pico e do Piquinho representam as formas de exposição das rochas mais presentes na Ilha de Fernando de Noronha, na forma de fonólitos com uma coloração típica cinza esverdeada. Numa observação mais de perto é possível notar-se estruturas de fluxo ou fenocristais dentro de uma massa afanítica. Possíveis de observação, mesmo de forma não muito representativas, são alguns níveis de basanitos mais comum e caracteristicamente bem representados nas baías do Sancho e dos Porcos bem como nas pequenas ilhas de São José, Cuscuz e de Fora.

A forma assumida é resultado de longos e fortes processos erosivos e intempéricos e tem sido responsável pela queda de blocos de tamanho significativo por todos esses milhões de anos, processos esses ainda observados e presentes nos dias atuais cujos indicativos estão no corpo do domo e em blocos rolados possíveis de serem observados nas proximidades das prais ao seu entorno. Assim como descrito para a Pedra do Pião, a forma assumida neste caso pode variar, dependendo do ângulo de visão, indo desde uma grande sereia com uma vasta cabeleira, passando por um macaco até a de um chefe indígena, dentre outras (Figura 74).

Este morro de origem vulcânica apresenta declividades muito acentuadas a verticalizadas (nas áreas dos picos) e intensamente fraturado. É facilmente observado, em qualquer lugar da ilha, a compartimentação de dois megablocos, um voltado para leste e outro voltado para oeste da ilha, individualizados por grandes fraturas verticais (Figura 75).

O bloco maior, voltado para leste/nordeste, além apresentar-se “descolado” do Pico, ainda possui uma base negativa (Figura 77), indicando alta suscetibilidade para tombamento.

O Morro do Piquinho é outro ponto de interesse que necessita de grande atenção. O acesso ao Piquinho é dado por meio de trilha com vários trechos em que se observam a necessidade de algum tipo de intervenção.



Figura 74 - Morro do Pico, mais representativo fonólito da formação Remédios e que, dependendo do ângulo de visão, assume formas diferentes. Fonte: Moreira, 2008.

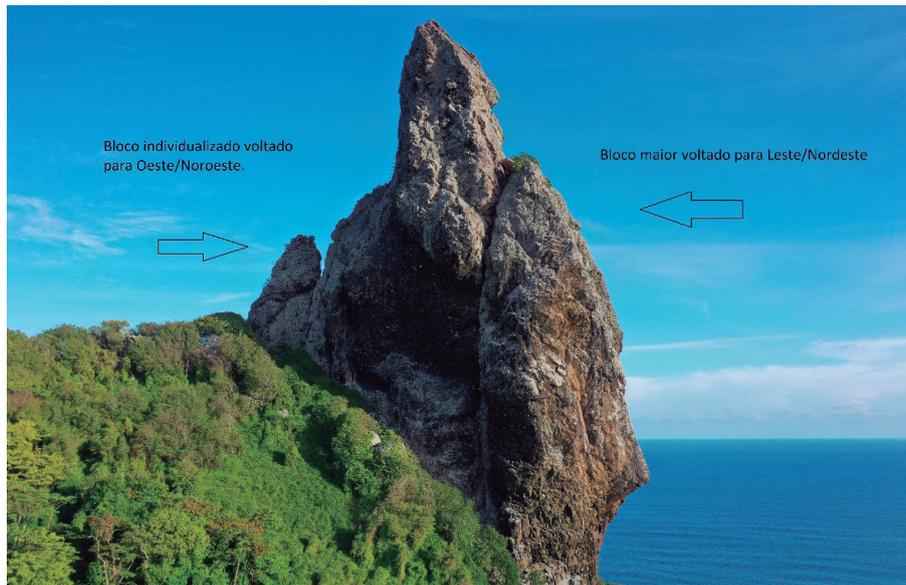


Figura 76 - Morro do Pico com dois megablocos individualizados. Foto: Autores.



Figura 77 - Detalhe da base intensamente fraturada e “negativa” do bloco voltado para ENE.

Trata-se de um fonolito com estruturas típicas de atividades vulcânicas, formando colunas em forma de hexágonos, por vezes soltos e facilmente fragmentados (Figura 78). Além destas estruturas são observadas famílias de fraturas que também favorecem a compartimentação do maciço em blocos (Figura 79).

Ainda na trilha do Piquinho, há um ponto de observação da paisagem em que o acesso é dado por fenda no paredão de rochas (Figura 80). Blocos instáveis também são observados neste ponto no final da fenda onde blocos em perigo eminente de queda estão sendo sustentado por blocos maiores ruiformes (Figura 81).

Chegando no Piquinho, se observa um grande bloco despreendido do maciço rochoso, com base de sustentação que pode ser considerado insuficiente para garantir o mínimo de estabilidade encontrando-se em perfeito estado de movimentação (Figuras 82 e 83). Em toda a região do entorno do Piquinho se observam blocos soltos suscetíveis a quedas e rolamentos (Figura 84).



Figura 78 - Paredão de rocha localizado na trilha em direção ao Piquinho. Notar blocos de rocha soltos, formados pelas estruturas em colunas que são típicas deste tipo de rocha. Foto: Autores.

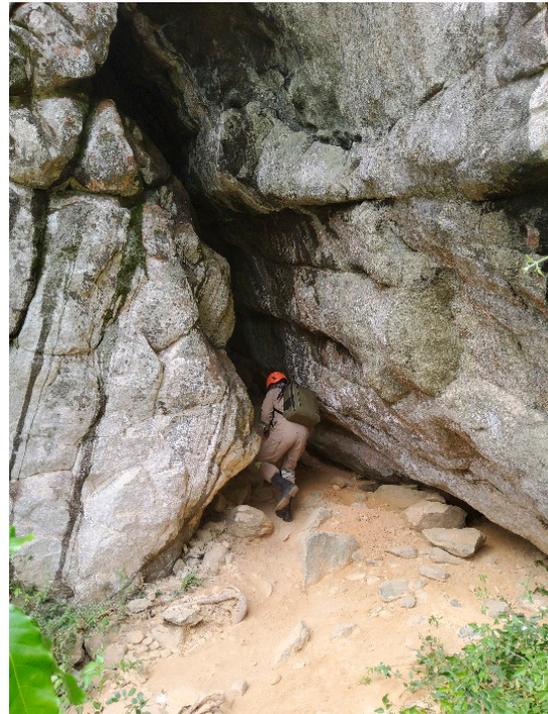


Figura 80 - Passagem por meio de fenda na rocha para visitaçao em ponto de observaçao da paisagem na trilha do Piquinho. Foto: Autores.

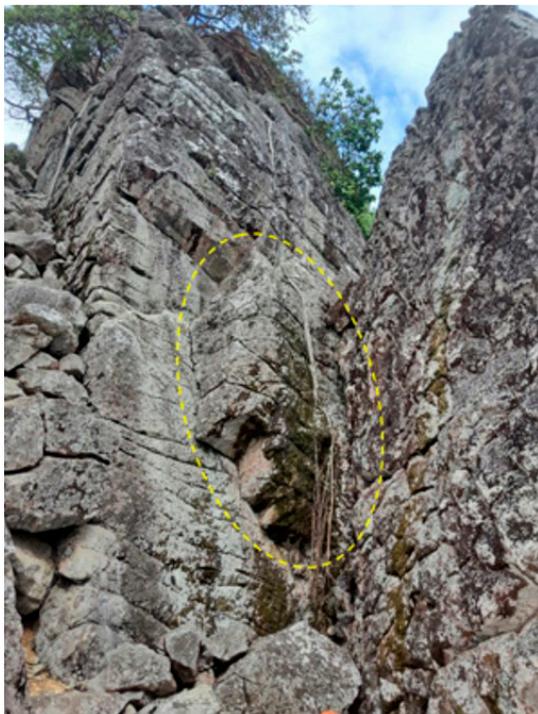


Figura 79 - Paredão de rocha localizado na trilha em direção ao Piquinho. Notar ao centro da imagem cunha formada entre os planos de fratura indicando ponto de instabilidade do maciço. Foto: Autores.



Figura 81 - Bloco de rocha instável localizado na fenda de passagem para o ponto de observaçao da paisagem. Trilha do Morro do Piquinho. Foto: Autores.

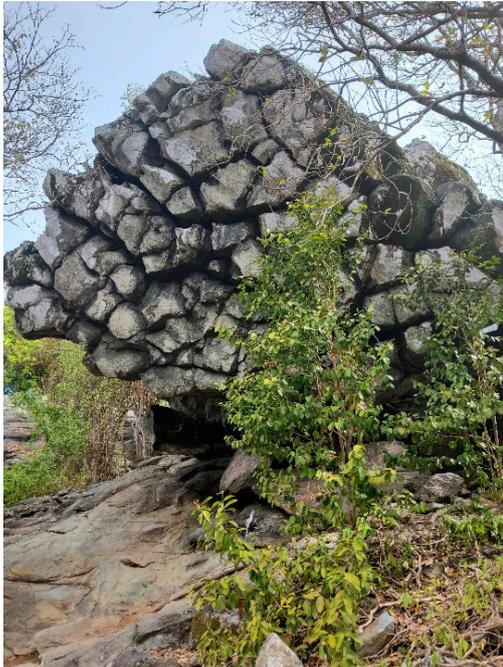


Figura 82 - Bloco de rocha desprendido do maciço rochoso, com fortes sinais de erosão que individualizam polígonos suscetíveis a queda. Foto: Autores.



Figura 83 - Base do bloco de rocha com sinais recentes de quedas de blocos e outros em estado eminente de movimentação, fragilizados pela ação erosiva. Foto: Autores.



Figura 84 - Bloco de rocha solto, com sistemas de fraturas que individualizam blocos menores suscetíveis a queda e rolamento. Foto: Autores.

Segundo relatos do Corpo de Bombeiros, há histórico de rolamentos de blocos neste morro. Observando a imagem disponível pelo Google Earth (2022) é possível visualizar o trajeto do bloco (Figura 85).

Em todo o morro do Piquinho é possível observar diversas situações geotécnicas que apresentam perigo e que podem colocar os visitantes em risco. Os pontos críticos observados e descritos neste

trabalho são de conhecimento da administração da ilha, do ICMBio e do corpo de Bombeiros, que realiza constantemente treinamentos de resgate e socorro no local.

Diante da possibilidade da ocorrência de eventos de grande magnitude em caso da queda e/ou rolamentos dos grandes blocos de rocha do Pico e Piquinho, se faz extremamente importante o monitoramento destes com a utilização de sensores de movimento instalados nos maiores e mais críticos blocos.

Durante as atividades de campo para obtenção de dados para este trabalho, técnicos do SGB fizeram um teste de ancoragem do suporte dos sensores de movimento (Figura 86) que deverão ser instalados em futuro próximo.

No próximo capítulo deste trabalho é apresentado o mapeamento de perigo com a delimitação das áreas críticas e de dispersão para atingimento de blocos do morro do Pico e Piquinho.



Figura 85 - Vista da região de entorno do Piquinho mostrando bloco de rocha rolado. A destruição na vegetação é um indicativo do trajeto do bloco durante sua movimentação. Imagem: Google Earth, 2022.



Figura 86 - Teste de ancoragem do suporte dos sensores de movimento. Foto: Autores.

7.12.1. Recomendações

Instalação de placas informativas sobre os perigos existente na trilha que possam colocar os turistas em situação de risco.

Avaliar a possibilidade de intervenção estrutural com obras de conteção/estabilização dos blocos críticos no Piquinho.

Instalação de sensores de movimento no Piquinho e Pico.

Elaborar plano de contingência com efetivo treinamento da população em caso de queda/tombamento de parte do morro do Pico.

Observar o mapeamento de perigo realizado com a delimitação das áreas críticas e de dispersão (Capítulo 8) e coibir a construção de edificações em áreas que se sobreponham a estas delimitações no entorno do morro.

8. MODELAGEM DE PERIGO

Conforme descrito no capítulo 6 a avaliação de perigo a queda de blocos de rocha na Baía dos Porcos, praia do Sancho e no Morro do Pico se embasou no método preconizado por Pimentel *et al.* (2018), o qual, sinteticamente, utiliza critérios topográficos para definir as zonas mais propensas à deflagração de movimentos gravitacionais de massa e indicar o provável alcance dos materiais mobilizados. Nestes locais, o zoneamento das áreas críticas e de dispersão foi produzido a partir de um modelo digital de elevação ortométrico, com resolução espacial de 1 metro, obtido por aerolevantamento a *laser*, com resolução radiométrica de 32 bits (ASSIS, 2014).

Considera-se como Área Crítica (AC) a área com maior probabilidade à deflagração de movimentos gravitacionais de massa e atingimento do material mobilizado (MLIT, 1988, Ministry of Construction, 1996, Ministry of Construction, 2009). Neste compartimento é esperado que a energia potencial do movimento ocorra de forma concentrada na área afetada (Ministry of Construction, *op. cit.*, Hayashi *et al.*, 2000).

Considera-se como Área de Dispersão (AD) a área sujeita a deposição do material mobilizado durante um movimento gravitacional de massa (MLIT, 1988, Ministry of Construction, 1996, Ministry of Construction, 2009). Nesta zona, a energia potencial do movimento tende a ocorrer de forma dispersa na área afetada (Ministry of Construction, *op. cit.*, Hayashi *et al.*, 2000).

8.1. Baía dos Porco e Praia do Sancho

Para a demarcação das áreas de perigo na Baía dos Porcos e Praia do Sancho foi considerado que a configuração das encostas correspondem ao grupo III do manual de mapeamento de perigo proposto Pimentel *et al.* (2018), com inclinações superiores a 70° Graus (Figura 87) e com uma altura média da encosta em torno de 50m, onde 17m a partir da base da encosta corresponde a Área Crítica (AC), e 50m a área de Dispersão (AD) (Figuras 89 e 90).

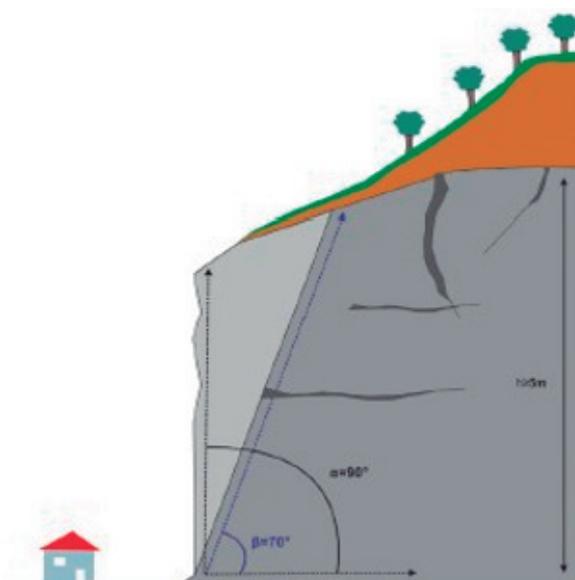


Figura 87 - Encosta com inclinação superior a 700 Graus.



Figura 88 - Área Crítica (vermelho) e Área de Dispersão (amarelo) para atingimento de blocos na Baía dos Porcos. Imagem Google Earth.

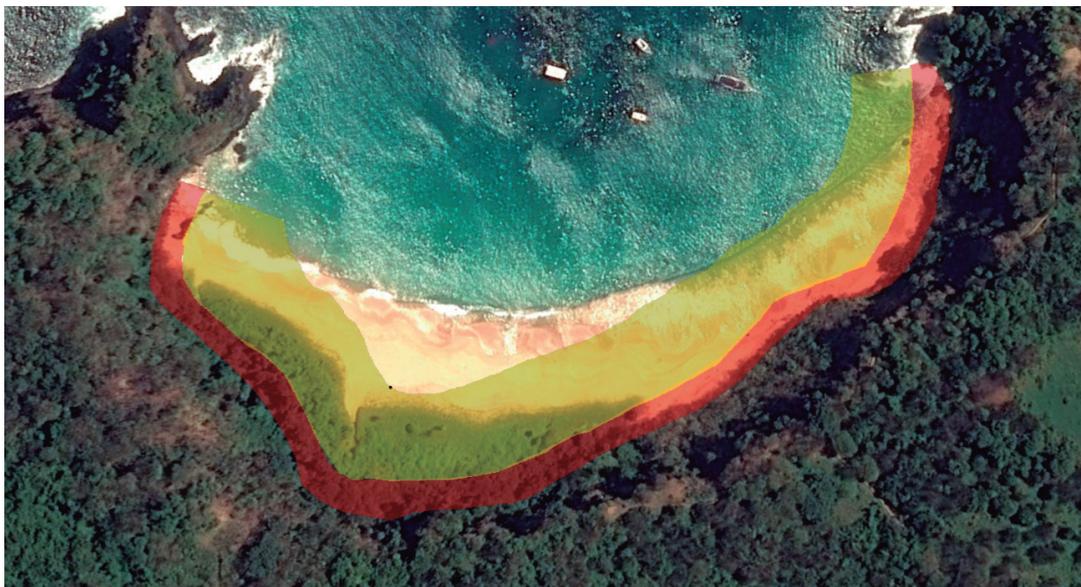


Figura 89 - Área Crítica (vermelho) e Área de Dispersão (amarelo) para atingimento de blocos na Praia do Sancho. Imagem Google Earth.

8.2. Morro do Pico

A configuração espacial do Morro do Pico enquadra esta feição no grupo I da metodologia proposta por Pimentel *et al.* (2018) (Figura 90). Neste local a área crítica corresponde às porções territoriais cuja declividade média supera os 50° e não se limita apenas ao maciço que constitui o pico principal, mas também engloba os demais fragmentos rochosos localizados nas porções mais íngremes da encosta, em um compartimento conhecido como rampa.

Na base do morro, a suavização da encosta para declividades inferiores a 20° caracteriza o início da área de dispersão, que corresponde a uma zona de 200 metros de largura, medida a partir do contato com a área crítica (Figura 91). Exceção é feita na porção norte do Morro do Pico, onde a área de dispersão foi reduzida, uma vez que eventuais blocos desprendidos na área crítica terão seu movimento cessado ao atingirem o mar.

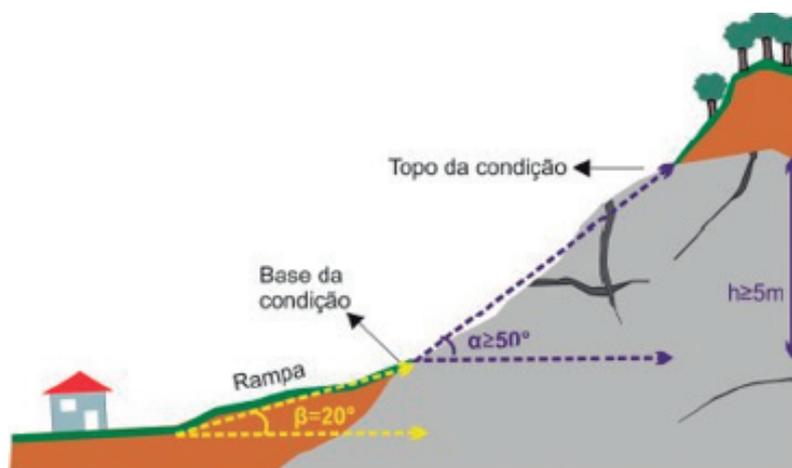


Figura 90 - Encosta com inclinação superior a 700 Graus.



Figura 90 - Área Crítica (vermelho) e Área de Dispersão (amarelo) para atingimento de blocos na Praia do Sancho. Imagem Google Earth.

9. CONCLUSÕES

Os perigos e riscos geológicos encontrados em Fernando de Noronha são resultados de diversos fatores que quando conjugados acabam por exigir atenção, tanto dos turistas e moradores quanto das administrações do Parque Nacional e da APA.

As sinalizações de risco e perigo geológico, por meio de placas informativas e orientação dos administradores da ilha junto aos frequentadores nos diversos locais visitados, já podem em muitos casos evitar que tragédias aconteçam.

É de extrema importância que as sugestões de intervenções estruturais ou não estruturais indicadas ao longo do relatório sejam postas em prática, pois elas podem mitigar ou eliminar os riscos e perigos existentes em muitos dos casos.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, F.F.M. Geologia e petrologia do Arquipélago de Fernando de Noronha. Rio de Janeiro, Departamento Nacional da Produção Mineral, 1958. 181p.
- ALMEIDA, FERNANDO FLÁVIO MARQUES DE (2006) Ilhas oceânicas brasileiras e suas relações com a tectônica atlântica. Terra Didática, 2:3-18
- ALMEIDA, FERNANDO FLÁVIO MARQUES DE (1955). Geologia e petrologia do arquipélago de Fernando de Noronha. 1955. Tese (Livre Docência) – Universidade de São Paulo, São Paulo.
- ASSIS, H. M. B. (Coord.) et al. Modelo digital de terreno da Plataforma Insular do Arquipélago de Fernando de Noronha. Recife: CPRM, 2014. 1 mapa color., 97,00 x 75,75cm, Escala: 1:18.000 (Programa Mar, Zona Costeira e Antártica).
- ANCO MUNDIAL. Relatório de danos materiais e prejuízos decorrentes de desastres naturais no Brasil: 1995 – 2019. Banco Mundial. Global Facility for Disaster Reduction and Recovery. Fundação de Amparo à Pesquisa e Extensão Universitária. Centro de Estudos e Pesquisas em Engenharia e Defesa Civil, 2 ed., 2020, 156p
- BARROS, J. S.; OLIVEIRA FILHO, J. M.; OLIVEIRA FILHO, I. B.; FERNANDES, R. J. A. R.; NASCIMENTO, J. R. S. Avaliação Geotécnica dos Cânions do Rio Poti, Buriti dos Montes, Piauí. Serviço Geológico do Brasil, 2022, 43p.
- 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.
- CORDANI, UMBERTO G. et al. Novas determinações de idade pelos métodos K-Ar e Ar-Ar para o arquipélago de Fernando de Noronha. Revista da Faculdade de Ciências., n. 1, p. 167-178, 2004 Tradução . . Disponível em: <https://repositorio.usp.br/directbitstream/e58ea5f0-4823-447a-884d-ad9a16d48255/1449113.pdf>. Acesso em: 17 mar. 2023.
- CORDANI, U.G. 1970. Idade do vulcanismo no Oceano Atlântico Sul. Instituto de Geociências e Astronomia, Boletim IGA, 1, 9-75.
- CPRM/SGB. Serviço Geológico do Brasil. Manual de Mapeamento de Perigo e Risco a Movimentos Gravitacionais de Massa – Projeto de Fortalecimento da Estratégia Nacional de Gestão Integrada de Desastres Naturais – Projeto GIDES. (livro eletrônico): CPRM (2018) - Coordenação: Jorge Pimentel e Thiago Dutra dos Santos. – Rio de Janeiro: CPRM/SGB – Serviço Geológico do Brasil, 2018.
- GUNN, B.M.; WATKINS, N.D. 1978. Geochemistry of the Cape Verde Islands and Fernando de Noronha. Geological Society of America Bulletin, 87, 1986 - 1199.
- IBAMA; PNUD; TETRPLAN. Plano de Manejo APA Fernando de Noronha-

- LOPES & ULBRICH. 2015. Geochemistry of the alkaline volcanic-subvolcanic rocks of the Fernando de Noronha Archipelago, southern Atlantic Ocean
- LOPES R.P. 2002. O vulcanismo do Arquipélago de Fernando de Noronha, PE: química mineral e geoquímica. Doctorate Thesis, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 168 p. and Tables. Disponível em <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/44/44135/tde-17092013-095935/pt-br.php>
- MOREIRA, J. C. 2008. Patrimônio Geológico em Unidades de Conservação: atividades interpretativas, educativas e geoturísticas. TESE DE DOUTORADO. Universidade Federal de Santa Catarina.
- OLIVEIRA, M. A.; ANDRETTA, E. R.; OLIVEIRA FILHO, I. B.; MARMOS, J. L.; SOUZA, A. G. H. Avaliação Geotécnica nos Atrativos Geoturísticos de Presidente Figueiredo, AM. Serviço Geológico do Brasil, 2022, 43p.
- PEDRAZZI, A. C.; CUNHA, F. L. B.; DIAS, R. Avaliação Geotécnica da Região dos Cânions do Xingó. Serviço Geológico do Brasil, 2022, 96p.
- PERLINGEIRO G., VASCONCELOS P.M., KNESEL K.M., THIEDE D.S., CORDANI U.G. 2013. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ geochronology of the Fernando de Noronha Archipelago and implications for the origin of alkaline volcanism in the NE Brazil. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 249:140-154. Disponível em <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S037702731200265X?via%3Dihub>. Acessado em 31.12.2022.
- PIMENTEL, J.; SANTOS, T. D. dos.; PEIXOTO, D. D.; SILVA, D. R.; LANA, J. C.; MENEZES, I. P. de.; SILVA, L. F. M.; LOPES, N. D.; PFALTZGRAFF, P. A. S.; RIBEIRO, R. S.; ARAUJO, R. S. Manual de Mapeamento de Perigo e Risco a Movimentos Gravitacionais de Massa. [Rio de Janeiro]: CPRM, 2018. 200p. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/20452>. Acesso em: 04 jan. 2022.
- SILVA, L. F. M.; KUHLMANN, L. G.; RIBEIRO, L. M. A. L.; Avaliação geotécnica nos atrativos turísticos no Parque Nacional da Serra da Canastra: São Roque de Minas e Delfinópolis, MG. Serviço Geológico do Brasil, 2022, 34
- TEIXEIRA, W., CORDANI, U. G., MENOR, E. A., TEIXEIRA, M. G., & LINSKER, R. (2003). Arquipélago de Fernando de Noronha. O paraíso do Vulcão. Tempos do Brasil. São Paulo: Terra Virgem Editora
- ULBRICH, M.N.C; RUBERTI, E. 1992. Nova ocorrência de rocha basanítica no Arquipélago de Fernando de Noronha. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 37, São Paulo, 1992, SBG. Anais, 2: 83-84.
- ULBRICH, M. N. C. 1994. Petrography of alkaline volcanic-subvolcanic rocks from the Brazilian Fernando de Noronha Archipelago, Southern Atlantic Ocean. *Geoch. Bras.* 8 (1), 21-29).
- ULBRICH M. N. C., LOPES R. P. 2000. Xenólitos de origem subvulcânica na Formação Remédios, Arquipélago de Fernando de Noronha: petrografia, textura e química mineral. *Geochimica Brasiliensis*, Rio de Janeiro, v. 14, n. 1, p. 97-114.
- UNESCO. Convenção para Protecção do Patrimônio Mundial, Cultural e Natural. Disponível em: <https://whc.unesco.org/archive/convention-pt.pdf> Acesso em: 05.02.2023. 2016b.
- WEAVER, B.L. 1990. Geochemical of the highly-undersaturated ocean island basalt suites from the South Atlantic Ocean Fernando de Noronha and Trindade *Contributions to Geology and Petrology*(1990), 105, 502-515.

ANEXOS

Arquivos digitais (Animações 3D do Morro São José e Ilha da Conceição, Fotos 360o, Videos)

O SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM E OS OBJETIVOS PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL - ODS

Em setembro de 2015 líderes mundiais reuniram-se na sede da ONU, em Nova York, e formularam um conjunto de objetivos e metas universais com intuito de garantir o desenvolvimento sustentável nas dimensões econômica, social e ambiental. Esta ação resultou na *Agenda 2030*, a qual contém um conjunto de *17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável - ODS*.

A Agenda 2030 é um plano de ação para as pessoas, para o planeta e para a prosperidade. Busca fortalecer a paz universal, e considera que a erradicação da pobreza em todas as suas formas e dimensões é o maior desafio global, e um requisito indispensável para o desenvolvimento sustentável.

Os 17 ODS incluem uma ambiciosa lista 169 metas para todos os países e todas as partes interessadas, atuando em parceria colaborativa, a serem cumpridas até 2030.



O Serviço Geológico do Brasil – CPRM atua em diversas áreas intrínsecas às Geociências, que podem ser agrupadas em quatro grandes linhas de atuação:

- Geologia
- Recursos Minerais;
- Hidrologia; e
- Gestão Territorial.

Todas as áreas de atuação do SGB-CPRM, sejam nas áreas das Geociências ou nos serviços compartilhados, ou ainda em seus programas internos, devem ter conexão com os ODS, evidenciando o comprometimento de nossa instituição com a sustentabilidade, com a humanidade e com o futuro do planeta.

A tabela a seguir relaciona as áreas de atuação do SGB-CPRM com os ODS.

Áreas de atuação do Serviço Geológico do Brasil – CPRM e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – ODS

ÁREA DE ATUAÇÃO GEOCIÊNCIAS

LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS



LEVANTAMENTOS AEROGEOFÍSICOS



AVALIAÇÃO DOS RECURSOS MINERAIS DO BRASIL



LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS MARINHOS



LEVANTAMENTOS GEOQUÍMICOS



LEVANTAMENTOS BÁSICOS DE RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS



SISTEMAS DE ALERTA HIDROLÓGICO



AGROGEOLOGIA



LEVANTAMENTOS BÁSICOS DE RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS



RISCO GEOLÓGICO



GEODIVERSIDADE



PATRIMÔNIO GEOLÓGICO E GEOPARQUES



ZONEAMENTO ECOLÓGICO-ECONÔMICO



GEOLOGIA MÉDICA



RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS PELA MINERAÇÃO



ÁREA DE ATUAÇÃO SERVIÇOS COMPARTILHADOS

GEOPROCESSAMENTO E SENSORIAMENTO REMOTO



TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO



LABORATÓRIO DE ANÁLISE MINERAIS



MUSEU DE CIÊNCIAS DA TERRA



PALEONTOLOGIA



PARCERIAS NACIONAIS E INTERNACIONAIS



REDE DE BIBLIOTECAS



REDE DE LITOTECAS



GOVERNANÇA



ÁREA DE ATUAÇÃO PROGRAMAS INTERNOS

SUSTENTABILIDADE



PRÓ-EQUIDADE



COMITÊ DE ÉTICA





MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

