



**SERVIÇO GEOLÓGICO
DO BRASIL - CPRM**



AVALIAÇÃO GEOTÉCNICA NOS ATRATIVOS TURÍSTICOS NO PARQUE NACIONAL DA SERRA DA CANASTRA

SÃO ROQUE DE MINAS E DELFINÓPOLIS, MG

Realização

*Divisão de Geologia Aplicada - DIGEAP
Departamento de Gestão Territorial - DEGET*

2022

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

Ministro de Estado

Adolfo Sachsida

Secretário Executivo

Marisete Fátima Dadald Pereira

Secretário de Geologia, Mineração e Transformação Mineral

Pedro Paulo Dias Mesquita

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

DIRETORIA EXECUTIVA

Diretor Presidente

Esteves Pedro Colnago

Diretora de Hidrologia e Gestão Territorial

Alice Silva de Castilho

Diretor de Geologia e Recursos Minerais

Marcio José Remédio

Diretor de Infraestrutura Geocientífica

Paulo Afonso Romano

Diretor de Administração e Finanças

Cassiano de Souza Alves

COORDENAÇÃO TÉCNICA

Chefe do Departamento de Gestão Territorial

Diogo Rodrigues Andrade da Silva

Chefe da Divisão de Geologia Aplicada

Tiago Antonelli

Divisão de Gestão Territorial

Maria Adelaide Mansini Maia

EQUIPE TÉCNICA

Organização

Larissa Flávia Montandon Silva

Leandro Galvanese Kuhlmann

Lígia Maria de Almeida Leite Ribeiro

Diagramação (SUREG/SP)

Marina das Graças Perin

Foto da capa: Cachoeira Casca Danta.

Créditos: Larissa Flávia Montandon Silva

Serviço Geológico do Brasil – CPRM

www.cprm.gov.br

seus@cprm.gov.br

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM
DIRETORIA DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL

ATRATIVOS TURÍSTICOS NO PARQUE NACIONAL DA SERRA DA CANASTRA, MG

ORGANIZAÇÃO

Larissa Flávia Montandon Silva
Leandro Galvanese Kuhlmann
Lígia Maria de Almeida Leite Ribeiro

SUMARIO

| | |
|--|----|
| 1. INTRODUÇÃO | 3 |
| 2. JUSTIFICATIVA | 3 |
| 3. OBJETIVOS E METODOLOGIA | 4 |
| 4. APLICABILIDADES E LIMITAÇÕES DE USO | 5 |
| 5. PARQUE NACIONAL DA SERRA DA CANASTRA E SEU PATRIMÔNIO GEOLÓGICO | 5 |
| 6. RESULTADOS | 9 |
| 7. SUGESTÕES..... | 32 |
| 8. CONCLUSÕES | 34 |
| 9. CONTATO | 34 |
| AGRADECIMENTOS..... | 34 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 34 |

1. INTRODUÇÃO

Este relatório apresenta os resultados da avaliação técnica realizada pelo Serviço Geológico do Brasil-CPRM nos atrativos turísticos do Parque Nacional da Serra da Canastra, nos municípios de São Roque de Minas e Delmiópolis (MG), no período de 27 de abril a 05 de maio de 2022, conforme solicitação do Ofício SEI nº 51/2022-PARNA Serra da Canastra/ICMBio, de 14 de janeiro de 2022 de parte do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, Ministério do Meio ambiente, como consta do Processo SEI 48091.000229/2022-12

Os levantamentos de campo foram realizados pelos profissionais listados na Tabela 1.

Tabela 01 - Profissionais que participaram dos levantamentos de campo.

| Nome completo | Cargo | Instituição |
|--------------------------------------|---|---|
| Larissa Flávia Montandon Silva | Pesquisadora em Geociências | Serviço Geológico do Brasil – CPRM |
| Leandro Galvanese Kuhlmann | Pesquisador em Geociências | Serviço Geológico do Brasil – CPRM |
| Lígia Maria de Almeida Leite Ribeiro | Pesquisadora em Geociências | Serviço Geológico do Brasil – CPRM |
| Laura Valle França | Técnica Ambiental | Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade- ICMBio |
| Ézio Dornela Goulart | Agente Temporário Ambiental- Uso público | Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade- ICMBio |
| Guilherme Pezzin Vezalli | Agente Temporário Ambiental- Uso público | Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade- ICMBio |

Áreas de relevo acidentado e íngreme constituem locais com alta suscetibilidade a processos geológicos de movimentos gravitacionais de massa e hidrológicos de alta energia (enxurrada). Esses processos são naturais e refletem a dinâmica intrínseca à evolução do relevo, peculiares a regiões de serras e montanhas. Da mesma forma, essas áreas frequentemente possuem grande beleza cênica e compõem locais com forte potencial turístico (geoturístico), com inúmeros atrativos, nos quais se faz necessária a avaliação geológico-geotécnica para a caracterização e diagnóstico do perigo associado à movimentação de massa e enxurradas para subsidiar a tomada de decisão quanto à utilização segura da área para a exploração turística.

2. JUSTIFICATIVA

O Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil (SINPDEC) foi criado pela Lei 12.608/2012, que estabelece o Plano Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC), posteriormente regulamentado pelo Decreto 10.593/2020. Os dispositivos definem o escopo da atuação Federal nas ações de proteção e defesa civil e fornecendo o embasamento legal para a atuação do Serviço Geológico do Brasil - SGB/CPRM, enquanto Instituição de Ciência e Tecnologia, nas ações deste escopo no que se refere a estudos e suporte técnico científico.

No que diz respeito ao presente relatório, a avaliação foi motivada por solicitação via o Ofício do ICMBio supracitado, fundamentado na necessidade de “apoio do Serviço Geológico do Brasil na delimitação de áreas com perigo de enchentes e/ou processos de movimentação de massa/escorregamento (...)” (trecho transcrito do referido ofício). Esta inspeção foi motivada a partir do evento de tombamento de bloco rochoso em Capitólio-MG, área com contexto geológico-geomorfológico e uso turístico semelhante à área do PARNA Serra da Canastra, bem como proximidade geográfica.

3. OBJETIVOS E METODOLOGIA

O presente relatório tem por objetivo apresentar os resultados da avaliação de perigo geológico realizada pelo Serviço Geológico do Brasil-CPRM nos atrativos turísticos do Parque Nacional da Serra da Canastra, nos municípios de São Roque de Minas e Delfinópolis (MG), no período de 27 de abril a 05 de maio de 2022, os quais foram selecionados e indicados pelo ICMBio – PARNA Serra da Canastra. Os objetivos específicos da avaliação são:

- Registrar e caracterizar as principais áreas visitadas por turistas, indicadas pelo ICMBio, que contenham áreas suscetíveis à ocorrência de processos geológicos que possam culminar em desastres, colocando em risco a vida dos visitantes;
- Subsidiar os administradores e órgãos públicos na tomada de decisões voltadas à prevenção, mitigação e resposta a desastres naturais.

O Decreto 10.593 define desastre como:

“VII - desastre - resultado de evento adverso decorrente de ação natural ou antrópica sobre cenário vulnerável que cause danos humanos, materiais ou ambientais e prejuízos econômicos e sociais”
Capítulo 2, Art. 2.

A gestão integrada do ciclo de desastres é a abordagem que trata de maneira integrada com todas as atividades relacionadas a desastres, por vezes subdividida em gestão do risco e gestão do desastre em si. Os desastres testam ou extrapolam as capacidades de ação e resposta do grupo afetado, desde núcleos comunitários a grandes regiões ou países inteiros que passam a requerer suporte externo. Por esse motivo, a adoção de terminologia e vocabulário padronizados são um importante elemento para a construção de uma cultura resiliente a desastres.

O conceito de risco pode ser expresso matematicamente e geralmente envolve ao menos a probabilidade de ocorrência de um evento e sua consequência:

$$R=P*C$$

Onde R representa risco, P representa probabilidade e C representa consequência; a depender do nível de complexidade das informações disponíveis, essa representação pode englobar outros elementos como vulnerabilidade (V), grau de exposição (E), nível de perigo (H), grau de mitigação (M), entre outros:

$$R= (P*H*E*V)/M$$

Assim, nas localidades onde não há ocupação permanente, não se constituem áreas de risco, mas áreas de perigo. Nessas áreas a circulação de turistas cria uma situação temporária de risco.

O presente trabalho não constitui um mapeamento completo das áreas de perigo ou risco geológico existentes no PARNA Serra da Canastra, e sim uma avaliação técnica de um conjunto específico de atrativos turísticos indicados pelo ICMBio, localizados em áreas suscetíveis a processos geológicos (queda, rolamento ou tombamento de blocos, deslizamentos, enxurradas, etc). Desta forma, não se descarta a possibilidade de existirem nas dependências do parque outras áreas perigo geológico não incluídas neste trabalho, mas muito pelo contrário, deve-se observar que dentro do PARNA Serra da Canastra ocorrem muitas outras áreas com características semelhantes, mas de menor expressividade em termos de fluxo de turistas ou então localizadas em áreas privadas. De modo geral, a médio e longo prazo, é indicado que seja feita uma conscientização da população do entorno e dos turistas, para que compreendam de fato a natureza dos processos e que se relacionem com o meio ambiente de maneira consciente dos riscos envolvidos.

As ações de avaliação de perigo geológico na área do PARNA Serra da Canastra foram executadas por meio da vistoria visual dos atrativos turísticos pela análise das características estruturais geológico-geomorfológicas, tectônicas e ambientais para identificação de feições indicativas de instabilidade no terreno e subsequentes movimentos gravitacionais de massa que venham a oferecer risco aos usuários.

Para a coleta de dados *in loco* foi realizada uma análise visual expedita que incluiu a avaliação do contexto estrutural da escarpa incluindo identificação e interpretação dos *sets* de fraturas e sua correlação com processos de cimentação, lixiviação e crescimento de raízes, bem como foram utilizados veículo aéreo não tripulado (drone), medição de parâmetros estruturais com uso de bússola, altura e inclinação dos paredões com hip-sômetro. Todas essas informações, acrescido de levantamento bibliográfico, foram analisadas para posterior identificação e caracterização de pontos com eventuais fragilidades que possam caracterizar áreas de perigo. Ainda que a metodologia do Projeto GIDES (2018) não tenha sido aplicada integralmente, alguns dos parâmetros e critérios foram considerados de maneira aproximada, servindo como referência para estimativa do alcance em quedas de blocos, por exemplo.

Os resultados expostos no presente relatório representam as condições observadas no momento da vistoria de campo, as quais podem ser alteradas ao longo do tempo.

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;
- Embasar a elaboração de planos de contingência;
- Auxiliar o planejamento de sistemas de monitoramento e alerta de desastres;
- Direcionar as ações da Defesa Civil e as autoridades competentes na gestão de desastres naturais;

Este trabalho NÃO deve ser aplicado para:

- Indicar quando irão ocorrer eventos adversos nas áreas;
- Determinar a energia, alcance e trajetória de movimentos de massa, enxurradas e inundações;
- Substituir análises de estabilidade de taludes e encostas;
- Substituir projetos de engenharia destinados à correta seleção, dimensionamento e implantação de obras estruturais;
- Substituir a elaboração de Projeto Básico para licitações;
- Qualquer aplicação incompatível com a escala cartográfica de elaboração.

5. PARQUE NACIONAL DA SERRA DA CANASTRA E SEU PATRIMÔNIO GEOLÓGICO

O Parque Nacional da Serra da Canastra possui cerca de 72 hectares em área de cerrado e foi criado pelo Decreto nº 70.355, de 3 de abril de 1972, abrigando as nascentes das bacias dos rios São Francisco, Araguari e Santo Antônio. O nome Parque Nacional da Serra da Canastra, deve-se ao formato do relevo que compõe o chapadão do Diamante (chapadão que se destaca no relevo da área do parque) (Figura 1).

A história geológica da PARNA Serra da Canastra remonta ao Pré-cambriano, mais especificamente ao Neoproterozoico (entre 720 e 650 milhões de anos), associada a antigos mares. A evolução geológica é marcada por intenso tectonismo que deu origem a formas de relevo peculiares (Figura 2).



Figura 01 - Vista da escarpa do “Chapadão da Canastra” do mirante, próximo a São José do Barreiro - MG. O formato da serra remete a antigos baús denominados “canastra”.
 Fonte: Foto dos autores.

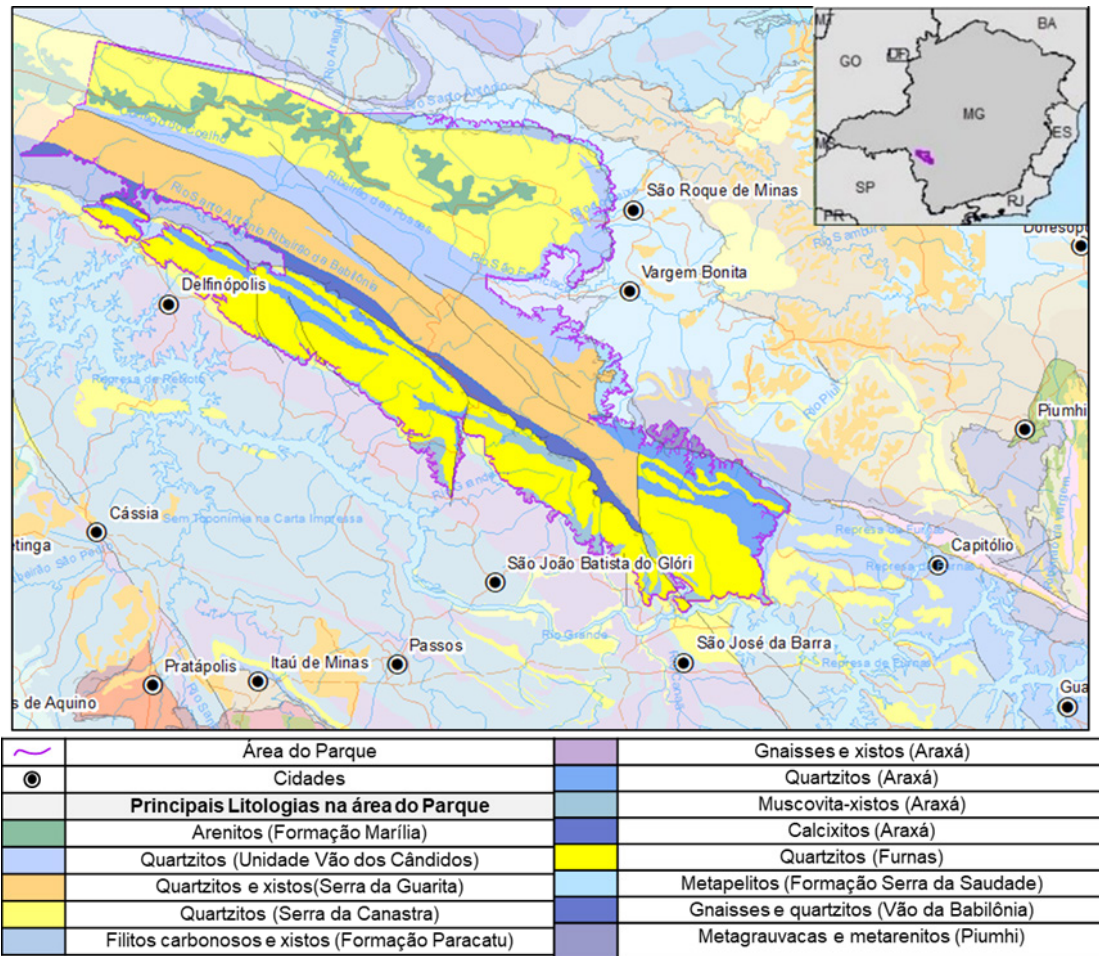


Figura 02 - Geologia simplificada da área do PARNA Canastra com destaque para as litologias que ocorrem na área do parque.
 Fonte: adaptado de (Silva et al. 2020): <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/21828>.

De acordo com Nazar (2019) o relevo da área do PARNA da Serra da Canastra destaca-se como um monumento geomorfológico, evidenciando-se entre as escarpas abruptas que formam o relevo regional. A região é formada por planalto, serras e vales com altitudes variando de 750 a 1250 metros.

As rochas que sustentam a relevo são, na maior parte, metassedimentos (rochas metamórficas) dos Grupos Canastra, Araxá e Bambuí representados por quartzitos, filitos e xistos que estão estruturados em amplas dobras anticlinais e sinclinais, intensamente fraturadas e falhadas (Heineck et al., 2003) (Figura 3 e 6).



Figura 03 - Quartzitos com forte controle estrutural por falhas e fraturas Cachoeira Rasga Canga.
Fonte: Foto dos autores.



Figura 04 - Blocos de quartzito foliados e dobrados na trilha para a Cachoeira dos Rolinhos.
Fonte: Foto dos autores.



Figura 05 - Paredão com queda de 180m na parte baixa da Cachoeira Casca D'Anta. No paredão observam-se as camadas de quartzito.
Fonte: Foto dos autores.



Figura 06 - Trilha que leva da entrada do parque até a cachoeira com destaque para a placa que aponta o risco de afogamento no poço da queda principal da cachoeira.
Fonte: Foto dos autores.

Os aspectos geológicos e geomorfológicos da região constituem o Patrimônio Geológico do PARNA da Serra da Canastra. Este patrimônio possui vários locais de interesse científico, educativo e turístico que podem ser de interesse aos turistas e cientistas.

Por patrimônio geológico, de acordo com o conceito de Brilha (2005), entende-se a ocorrência de um ou mais elementos da geodiversidade (rochas, solos, formas de relevo, fósseis, processos geológicos etc.), bem delimitados geograficamente e aos quais se associa um valor singular, seja ele intrínseco, científico, turístico, educativo, cultural, econômico, funcional, etc.

- Locais de Interesse do Patrimônio Geológico

O principal atrativo do parque é a Cachoeira Casca D’Anta, formada em quartzitos micáceos do Grupo Canastra com aproximadamente 180 m de queda d’água. A cachoeira já é cadastrada como um sítio SIGEP (SIGEP nº. 27) e seu cadastro consta na plataforma Geossit (<https://www.cprm.gov.br/geossit/geossitios/ver/2039>). É amplamente visitada pelo público, com dois pontos principais para visitação: a parte baixa da cachoeira, acessada via portaria 4 do parque. O segundo ponto de visitação da Casca D’Anta fica na parte alta do parque, acessado pela portaria 1 (Figura 7 e 8).



Figura 07 - Poço principal na parte alta da cachoeira Casca D’Anta, com placas alertando para perigo de enxurrada, ou inundação brusca.
Fonte: Foto dos autores.



Figura 08 - Corredeiras estruturadas ao longo das discontinuidades dos quartzitos, principalmente os planos de foliação.
Fonte: Foto dos autores.

Além dos dois pontos de visitação é possível percorrer uma trilha de 2,5 km que liga as partes alta e baixa da cachoeira, no entanto, é uma trilha de dificuldade alta com partes de grande declividade (Figura 9 e 10).



Figura 09 - Placa indicativa que separa a trilha que liga a parte alta da parte baixa da cachoeira da Casca D’Anta.
Fonte: Foto dos autores.



Figura 10 - Trecho da trilha de dificuldade alta entre as partes alta e baixa da cachoeira Casca D’Anta.
Fonte: Foto dos autores.

Outros atrativos possuem potencial para representar o patrimônio geológico do parque, tais como a Cachoeira Paraíso II, Trilha Casca D’Anta e Curral de Pedras. Entretanto necessitam ser melhor avaliados quanto ao interesse geoturístico. Para tanto sugere-se a realização do inventário do Patrimônio Geológico de toda a área do Parque.

6. RESULTADOS

Na legislação federal atual, não são conhecidos dispositivos que definem ações específicas no que se refere à gestão de áreas de perigo geológico ou de risco ao usuário de áreas turísticas. Desse modo cabe aos gestores do PARNA Serra da Canastra a tomada de decisão final em termos de estratégias para prevenção de desastres e acidentes. O presente trabalho apresenta algumas considerações a título de sugestão e recomenda que dentro do possível, seja promovido um alinhamento para com as instituições municipais de Defesa Civil dos municípios abrangidos pelo parque.

Os paredões de rocha são feições geomorfológicas que comumente possuem alta suscetibilidade à ocorrência de quedas de blocos ou tombamento. No entanto, também costumam formar belas paisagens de relevo, que se configuram como pontos de atração turística.

O acompanhamento e avaliação contínua do perigo geológico de formações rochosas com forte potencial para atrativo paisagístico deve constituir-se em prática constante em áreas que se tornam destinos turísticos. Da mesma maneira, a eventual identificação de perigo não impossibilita a atividade turística nestes locais, entretanto exige práticas seguras que orientem gestores e visitantes quanto aos cuidados para acessibilidade e permanência nas proximidades das áreas com potencial de ocorrência de processos geológicos/hidrológicos.

Falhas geológicas são planos de fraqueza nas rochas. A interação dos diferentes planos de fraqueza nas rochas em zonas de falhas e fraturas é responsável por isolar blocos de diferentes tamanhos (Figuras 11 a 14). A interação desses planos também pode formar condutos de alta permeabilidade, a água, ao atingir as porções internas do maciço rochoso, causa intemperismo químico, o que diminui a coesão da rocha. O maciço fragilizado pode dar origem a quedas localizadas ou movimentos de massa de maior porte.

O forte controle de lineamentos estruturais observado segundo dois sistemas com assinaturas de disposição NE-SW, predominantemente mais marcante em extensão e frequência, e NW-SE, de forma secundária, para além de exercer uma forte compartimentação do maciço com individualização de prismas rochosos, planos de fraturas bem expostos e marcados pela lixiviação, atuam como forte condicionador e definidor das fragilidades imprimidas ao maciço rochoso. A suscetibilidade do material à ação de processos geológicos, como movimentos de massa, tem forte relação com as características do substrato rochoso, intensidade do intemperismo, natureza da alteração e grau de faturamento.

Localmente, foram observados diversos pontos de formação de reentrâncias e saliências rochosas resultantes da ação da água que penetra na rocha, ou mesmo que escorre sobre a encosta, o que potencializa quedas e deslizamentos de blocos, predominantemente. Este processo resulta na formação de depósitos ao pé da encosta do material colapsado – o que na maioria dos pontos vistoriados, se trata da área do poço para banho nas cachoeiras. Estes depósitos são formados por blocos decimétricos a métricos, os quais evidenciam a área de atingimento dos processos de queda, rolamento e/ou tombamento de blocos rochosos. A depender da altura e inclinação da vertente, os blocos podem atingir grandes distâncias, além do poço, as quais também se configuram como áreas de perigo aos referidos processos.

A identificação, caracterização e delimitação das áreas de perigo foram realizadas com base no levantamento de dados em campo de: fraturas, deslocamentos, tombamentos, deslizamentos, blocos em balanço, cicatrizes de deslizamentos, feições erosivas, dentre outras, conforme metodologia da CPRM (2018).

Faz-se necessário chamar a atenção para o perigo oferecido pelos blocos soltos no topo das vertentes quando nesses locais são desenvolvidas atividades esportivas, como a prática de rapel, trilhas, etc. De modo geral, dentre os atrativos turísticos vistoriados, a presença de blocos rochosos em situação de instabilidade é bastante significativa. Este tipo de movimento de massa é de difícil previsão e com alto grau de incerteza, no que se refere à trajetória, além da dificuldade quanto ao alcance do material movimentado. Isso porque apresentam movimentos rápidos e que podem ser potencializados ou induzidos por eventos biológicos (crescimento de raízes) e climáticos (tanto pelo excesso de volume de chuvas quanto pela grande amplitude térmica durante dias ensolarados e noites frias), ambos com atuação muito localizada.

Como referido na metodologia, as ferramentas básicas de definição do perigo foram aquelas estabelecidas pelo Projeto GIDES (2018), adaptando-as ao modo e contexto pontual, utilizadas em atividades pelo Serviço Geológico do Brasil-CPRM. Dos tipos principais de movimentos de massa mais frequentemente estabelecidos



Figura 11 - Reconstituição digital de superfície a partir de levantamento de drone. Cachoeira da Casca D'Anta.

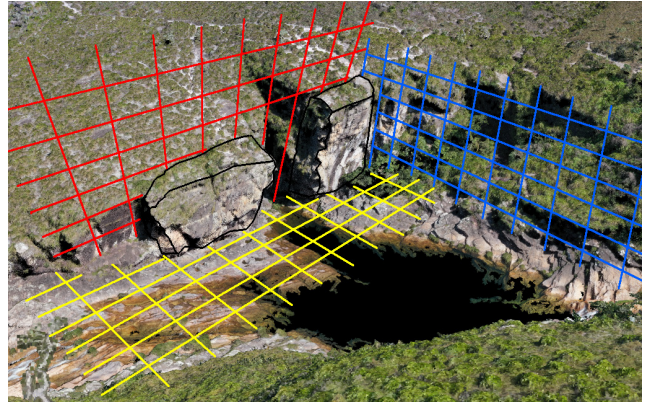


Figura 12 - Representação esquemática de planos de falhas e fraturas. Cachoeira da Casca D'Anta.

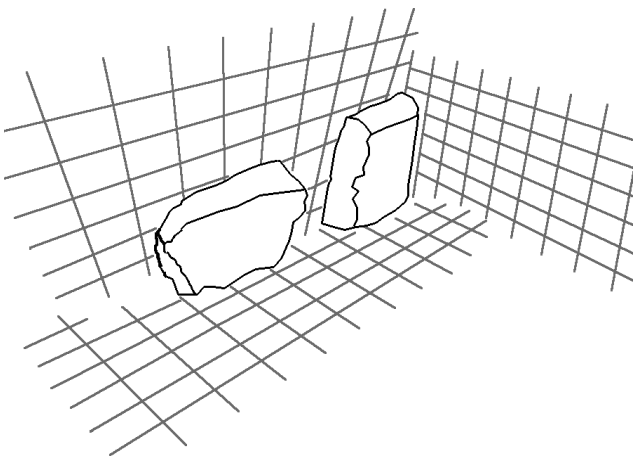


Figura 13 - Representação esquemática dos planos de falha e fratura, destaque para blocos que são isolados do maciço por estes planos.



Figura 14 - Visão lateral dos blocos. Cachoeira da Casca D'Anta.

em pesquisas neste campo geológico-geotécnico foram identificados processos de deslizamento de solo, rolamento, tombamento e queda de blocos. Para a identificação e caracterização dos movimentos de massa, foram consideradas as cicatrizes, feições pré e pós-colapsos, compartimentação estrutural do maciço rochoso e presença de blocos e camadas movimentadas.

- As enxurradas, também conhecidas como cabeças d'água, trombas d'água, inundações súbitas, inundações bruscas ou "flash flood", são processos naturais de acumulação e subida do nível d'água em drenagens permanentes ou intermitentes. Diferentemente das inundações lentas de grandes rios que atingem vastas planícies de inundação, os processos de enxurrada são mais intempestivos e concentrados e ocorrem em regiões de elevado gradiente hidráulico, como as cabeceiras de drenagens. As enxurradas possuem alta energia e como o nível d'água sobe muito rapidamente, apresentam elevado grau de perigo para visitantes das cachoeiras. Em geral a exposição de rocha nos arredores dos rios servem como um indicativo razoável da área atingida por esses processos, devido à alta energia, os solos que eventualmente cobririam essas rochas são erodidos e carregados nos eventos de enxurradas.

O estudo e caracterização do perigo geológico na região do PARNA Serra da Canastra foi realizado nos atrativos turísticos indicados pela coordenação do ICMBio, sendo um total de 21 pontos avaliados com potencial de ocorrência de processos geológicos e hidrológicos que apresentem ameaça à vida dos visitantes. A Tabela 2 apresenta um resumo dos processos geológicos identificados em cada um dos pontos e grau de perigo, em função da possibilidade de ocorrência. Em seguida, as figuras 15 e 16 apresentam o mapa de localização dos pontos de avaliados.

Tabela 02 - Quadro resumo dos atrativos turísticos e graus de perigo avaliados.

| Identificação do Atrativo Turístico | Processo | Grau de Perigo |
|---|---|----------------|
| Cachoeira da Casca D'Anta – Parte Alta (Poço Fundo) | Queda e tombamento de bloco rochoso; enxurrada | Alto |
| Cachoeira da Casca D'Anta – Parte Baixa | Queda, tombamento e rolamento de bloco rochoso; enxurrada | Alto |
| Trilha Difícil | Deslizamento de solo; queda e rolamento de bloco rochoso | Alto |
| Trilha Saint-Hilaire | Deslizamento de solo; queda e rolamento de bloco rochoso | Baixo |
| Poço da Trilha Saint-Hilaire | Enxurrada | Alto |
| Cachoeira do Fundão | Queda, tombamento e rolamento de bloco rochoso; enxurrada | Alto |
| Cachoeira da Mata | Queda de bloco rochoso; enxurrada | Alto |
| Cachoeira Triângulo | Queda e rolamento de bloco rochoso; enxurrada | Alto |
| Cachoeira Vai quem Pode | Queda de bloco rochosos; enxurrada | Alto |
| Cachoeira das Borboletas | Queda e rolamento de bloco rochoso; enxurrada | Alto |
| Cachoeira dos Lambaris | Enxurrada | Alto |
| Cachoeira Coqueirinhos | Queda e rolamento de bloco rochoso; enxurrada | Alto |
| Cachoeira do Sofazinho | Enxurrada / queda de bloco rochosos | Alto / Baixo |
| Cachoeira Paraíso | Enxurrada | Alto |
| Cachoeira Paraíso II | Enxurrada | Alto |
| Nascente do Rio São Francisco | Enxurrada | Baixo |
| Cachoeira Rasga Canga | Enxurrada / queda e rolamento de bloco rochoso | Alto / Baixo |
| Cachoeira dos Rolinhos e Poço | Enxurrada / queda e rolamento de bloco rochoso | Alto / Baixo |
| Cachoeira da Ana e Poço Raso | Enxurrada | Alto |
| Trilha do Cerrado | Queda de blocos rochosos | Baixo |
| Curral de Pedras | Queda de blocos rochosos | Baixo |
| Condomínio de Pedras | Queda de blocos rochosos | Alto |

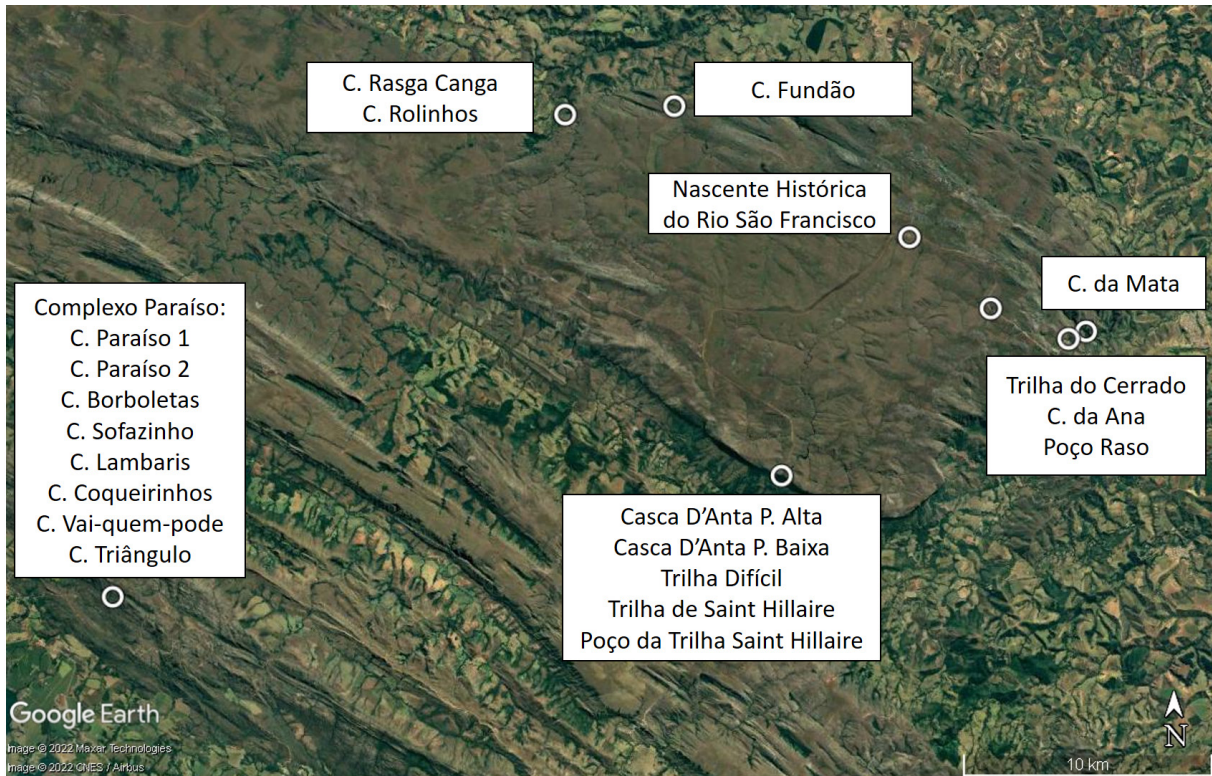


Figura 15 - Localização dos pontos de avaliação. Imagem: Google Earth.

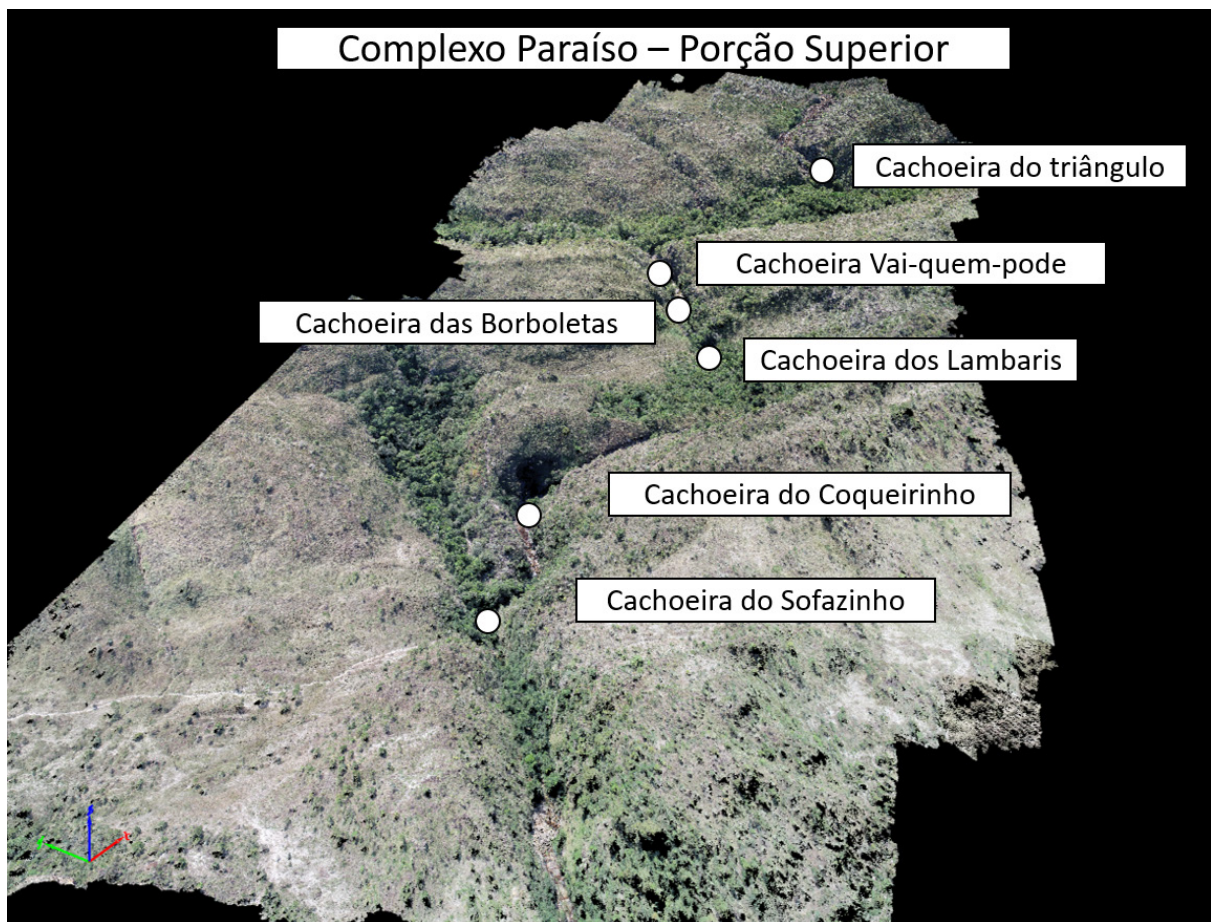


Figura 16 - Localização das cachoeiras na porção superior do Complexo Paraíso. Imagem: restituição fotogramétrica de levantamento de drone.

- **Cachoeira da Casca D’Anta – Parte Alta (Poço Fundo)**

Perigo Alto para processos gravitacionais de massa e enxurradas

A parte alta do atrativo turístico da cachoeira da Casca D’Anta é composta por um poço para banho mais raso (Figuras 17 e 18), de fácil acesso, sem perigo de queda/rolamento de blocos, e pelo Poço Fundo, o qual apresenta perigo alto de queda/tombamento de bloco rochoso. Neste local, é bem evidente o controle estrutural na individualização de blocos ou prismas rochosos, bem como a estreita relação entre o canal de drenagem e falhas/fraturas (Figuras 19 a 21). O paredão sul do poço fundo apresenta significativa compartimentação rochosa em função da intersecção de fraturas verticais a subverticais e foliação subhorizontal. Esta configuração tem potencial de gerar, além de blocos centimétricos a métricos, grandes prismas rochosos com altura do paredão e alguns metros de largura, o que caracteriza o tombamento rochoso, acidente geológico com muito alto potencial de causar danos graves, constituindo grave ameaça à vida dos visitantes. A área de cabeceira de drenagem é um ambiente geomorfológico que proporciona a ocorrência de enxurradas. As ocorrências deste tipo de fenômeno no local foram relatadas pelos próprios responsáveis do ICMBio e existem placas alertando para a ocorrência desse tipo de processo no local.



Figura 17 - Vista da área do poço para banho da parte alta da Casca D’Anta, porção do atrativo sem perigo de movimentos gravitacionais de massa de grande porte.
Fonte: Foto dos autores.



Figura 18 - Vista da área do poço para banho da parte alta da Casca D’Anta, porção do atrativo sem perigo de movimentos gravitacionais de massa de grande porte.
Fonte: Foto dos autores.



Figura 19 - Vista do Poço Fundo, local com perigo de atingimento do processo de queda e tombamento do bloco rochoso.
Fonte: Foto dos autores.

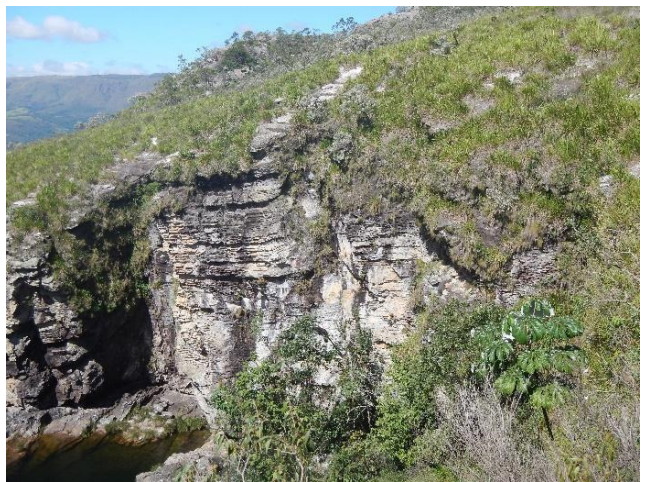


Figura 20 - Vista do paredão rochoso no Poço Fundo, que apresenta alto potencial para o processo de queda e tombamento do bloco rochoso.
Fonte: Foto dos autores.

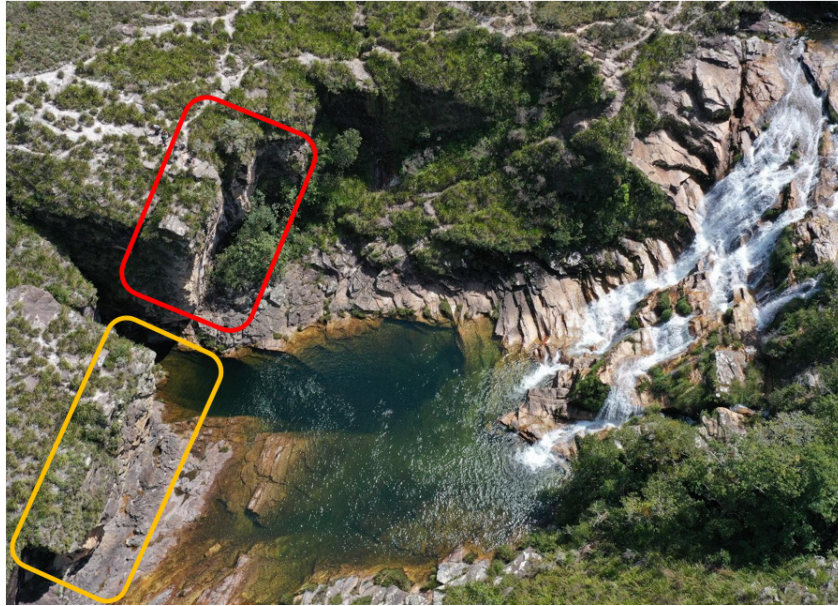


Figura 21 - Vista aérea do drone na região do Poço Fundo, na parta alta da Casca D’Anta. No canto superior esquerdo da foto, em vermelho, observa-se a trinca no solo, que juntamente com demais fraturas da rocha podem delimitar um bloco rochoso de dimensões aproximadas de 10 metros de largura por 15 metros de altura, o que pode provocar o movimento do tipo tombamento rochoso, com grande constituindo grave ameaça à vida dos visitantes. É um evento análogo ao ocorrido em Capitólio. A porção em amarelo mostra uma porção do maciço rochoso, que apesar de não mostrar trincas evidentes no solo, também está sujeita ao desenvolvimento do mesmo processo.

Fonte: Foto dos autores.

Sugere-se sinalizar o perigo de queda e tombamento rochoso no início da trilha de acesso ao Poço Fundo (Figura 22). Deve-se informar a qual tipo de perigo o local está sujeito, bem como frisar que o processo de queda e tombamento rochoso pode ocorrer sem aviso prévio, independente de períodos chuvosos, e constituindo grave ameaça à vida dos visitantes.

Recomenda-se também o monitoramento das fraturas observadas no solo no topo do paredão (Figura 23), principalmente aquelas paralelas à linha do paredão. Um modo simples e eficaz de acompanhar uma eventual abertura da descontinuidade na rocha é instalar uma régua, fixada em uma das partes, e realizar medições periódicas. Quanto mais aberta a fratura, maior a facilidade de percolação da água, o que potencializa a fragmentação e individualização dos blocos rochosos.



Figura 22 - Local sugerido para instalação da placa com informações sobre alto perigo de tombamento de bloco rochoso no interior do “Poço Fundo”.

Fonte: Foto dos autores.



Figura 23 - Fraturas no topo do paredão rochoso que compõem a área que cerca o Poço Fundo.

Fonte: Foto dos autores.

- **Cachoeira Casca D’Anta – Parte Baixa**

Perigo Alto para processos gravitacionais de massa e enxurradas

O poço para banho, e áreas adjacentes, da parte baixa do atrativo turístico cachoeira da Casca D’Anta localiza-se em área de perigo de queda, tombamento e rolamento de blocos rochosos. Trata-se de um ponto com forte controle estrutural pela presença de uma foliação bem marcante, uma falha geológica de empurrão, e inúmeras famílias de fraturas ortogonais entre si. Estas descontinuidades, em conjunto, são responsáveis pela marcante fragmentação do maciço rochoso (Figuras 24 a 26), gerando blocos centimétricos a decamétricos com danos potenciais graves. A presença de blocos rochosos angulares nas adjacências do poço e cicatrizes de movimentações rochosos evidenciam ocorrência pretérita dos processos de queda, tombamento e rolamento de blocos (Figuras 27 e 28). A metodologia de atingimento por queda de blocos utilizada no Projeto GIDES prevê critérios distintos para encostas com declividade acima ou abaixo de 70°, assim, caso fosse aplicada, diferentes trechos da encosta se enquadrariam em ambas as categorias e devido ao desnível total, a área prevista de atingimento seria dos valores máximos da metodologia, entre 50 e 100m de distância da encosta.

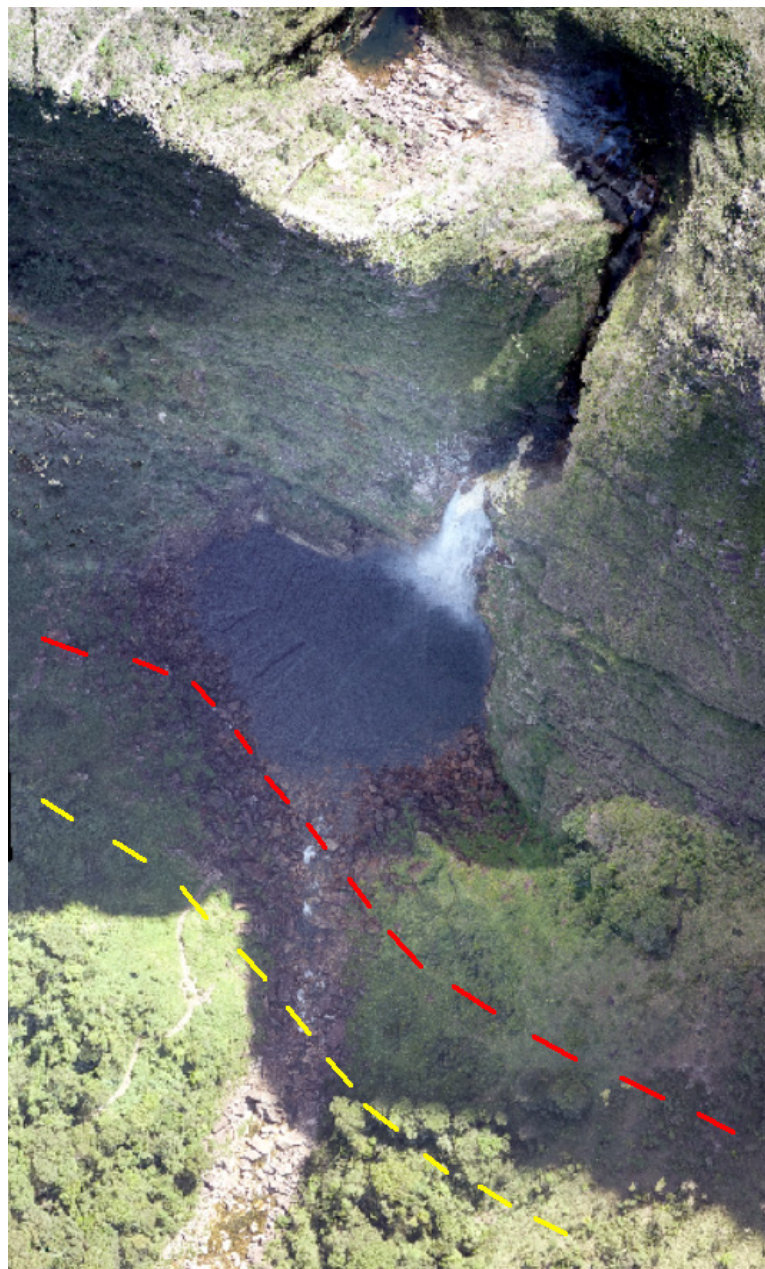


Figura 24 - Linhas de atingimento de 50m (amarelo) e 100m (vermelho) no sopé da encosta, estimadas de maneira aproximada, com base nas diretrizes do Projeto GIDES. Imagem de restituição fotogramétrica de levantamento por drone.



Figura 25 - Vista da cachoeira Casca D'Anta, parte baixa. Observa-se linhas sub horizontais e verticais, algumas delas realçadas em amarelo, na face do paredão rochoso, as quais compõem as descontinuidades da rocha e que em conjunto formam blocos rochosos de dimensões métricas.

Fonte: Foto dos autores.

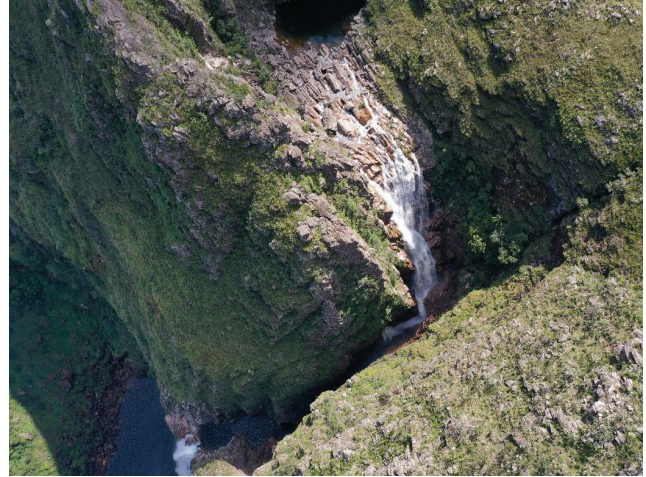


Figura 26 - Vista aérea de drone da região da fenda pela qual a Casca D'Anta faz sua última queda. O caminho que a água faz coincide com uma falha geológica de empurrão, estrutura que gera um maciço rochoso com inúmeros planos de fraquezas/descontinuidades, que podem ser observadas na foto delimitando blocos rochosos de dimensões métricas.

Fonte: Foto dos autores.



Figura 27 - Fraturas subverticais no paredão rochoso que compõem a queda d'água da cachoeira Casca D'Anta – parte baixa. Essa característica de descontinuidades muito persistentes favorece movimentos gravitacionais do tipo tombamento rochoso.

Fonte: Foto dos autores.



Figura 28 - Blocos rochosos de dimensões métricas depositados nas adjacências do poço para banho da cachoeira Casca D'Anta, o que demonstra a ocorrência frequente de quedas de blocos rochosos no local.

Fonte: Foto dos autores.

A área de cabeceira de drenagem é um ambiente geomorfológico que proporciona a ocorrência de enxurradas. A ocorrência deste tipo de fenômeno no local foi relatada pelos próprios responsáveis do ICMBio.

Sugere-se sinalizar o perigo de queda e tombamento rochoso no início e final da trilha de acesso a cachoeira Casca D'Anta. A placa deve conter informações sobre o tipo de perigo que o local está sujeito, bem como frisar que o processo de queda e tombamento rochoso pode ocorrer sem aviso prévio, independente de períodos chuvosos, constituindo grave ameaça à vida dos visitantes.

- **Trilha Difícil**

Perigo Alto para processos gravitacionais de massa

A trilha de acesso entre a parte alta e a parte baixa da cachoeira da Casca D’Anta possui aproximadamente 3.300 metros de distância. O trecho mais íngreme da trilha (entre os pontos de coordenadas UTM 340185E/7754790S e 340325E/7754415S) apresenta alto perigo de queda e rolamento de blocos rochosos, bem como deslizamento de solo. Ao longo deste trecho, a trilha atravessa a meia encosta, com a presença de muitos blocos soltos, sujeitos a movimentação, em função do desmantelamento rochoso, resultado da ação conjunta da interseção entre os planos de descontinuidades e a ação do intemperismo químico e físico (Figuras 29 a 30). Há histórico de dois deslizamentos de solo recentes – ocorridos nos últimos anos – de porte médio a grande (Figuras 31 a 33). Este processo tem relação direta com eventos de alta pluviosidade, portanto, recomenda-se restrição de acesso a trilha em período de chuvas muito intensas.



Figura 29 - Vista aérea do drone da porção da Trilha Difícil, onde ela percorre a meia encosta de alta declividade, a qual apresenta blocos rochosos com potencial de se movimentarem.
Fonte: Foto dos autores.



Figura 30 - Vista local da encosta de alta declividade, com presença de blocos rochosos soltos, com alto potencial de se movimentarem.
Fonte: Foto dos autores.



Figura 31 - Vista da Trilha Difícil, na porção onde há blocos soltos na encosta de alta declividade, com possibilidade de se movimentarem.
Fonte: Foto dos autores.



Figura 32 - Imagem aérea do drone das cicatrizes de deslizamentos de solo, em amarelo mais antiga e vermelho mais recente, nas proximidades da Trilha Difícil.
Fonte: Foto dos autores.



Figura 33 - Vista do local do deslizamento de solo mais recente, que atingiu parcialmente a Trilha Difícil.
Fonte: Foto dos autores.

- **Trilha Saint-Hilaire**

Perigo baixo a inexistente de movimentos de massa

A trilha de Saint Hilaire é localizada no acesso à parte baixa da Casca d’Anta, é uma trilha circular, majoritariamente em terreno plano, percorre um trecho curto de fácil acesso em meio a mata, margeando poços para banho do Rio São Francisco. Uma porção da trilha passa pela base de talude natural de alta declividade, com histórico de deslizamento de solo (Figuras 34 e 35).



Figura 34 - Porção da encosta onde ocorreu o deslizamento de solo, que atingiu parcialmente a Trilha Saint-Hilaire. Nota-se a presença de lixo enterrado, que potencializa o processo, da antiga ocupação humana da região.
Fonte: Foto dos autores.



Figura 35 - Detalhe da presença de blocos rochosos em meio ao solo, o que agrava dos danos potenciais de eventuais deslizamentos de solo.
Fonte: Foto dos autores.

- **Cachoeira do Fundão**

Perigo Alto para processos gravitacionais de massa e enxurradas

Este atrativo turístico está cercado por paredão rochoso, com aproximadamente 150 metros de altura, fortemente compartimentado com fraturas verticais a subverticais e horizontais, além da foliação da rocha, descontinuidades estas que em conjunto individualizam prismas de blocos rochosos de dimensões métricas a decamétricas (Figuras 36 a 39). Além disso, próximo a queda d’água, fraturas e foliação subverticais potencializam

a formação de placas de rocha sujeitas ao processo de tombamento (Figura 40). Em função da grande amplitude do paredão rochoso, a área de atingimento dos blocos que eventualmente possam se desprender da encosta é muito ampla, compreendendo todo o poço para banho e também as margens adjacentes (Figura 41).

A área de cabeceira de drenagem é um ambiente geomorfológico que proporciona a ocorrência de enxurradas, a ocorrência deste tipo de fenômeno no local foi relatada pelos próprios responsáveis do ICMBio.

Recomenda-se sinalizar o perigo de enxurrada e de queda de blocos rochosos no início da trilha de acesso e nas proximidades do poço para banho. Deve-se informar a qual tipo de perigo o local está sujeito, bem como frisar que o processo de queda de blocos pode ocorrer sem aviso prévio, independente de períodos chuvosos, constituindo grave ameaça à vida dos visitantes.



Figura 36 - Vista do paredão rochoso e queda d'água da cachoeira do Fundão, o qual apresenta-se muito fraturado, com potencial de formação de blocos rochosos de dimensões métricas e movimentação pelos processos de queda ou tombamento de blocos.
Fonte: Foto dos autores.



Figura 37 - Detalhe do paredão rochoso que circunda o poço da cachoeira do Fundão, visto do drone, com blocos rochosos delimitados, na iminência de queda. Em função da altura e dimensão dos blocos, trata-se de um evento potencial com alto dano associado.
Fonte: Foto dos autores.



Figura 38 - Detalhe do alto grau de fraturamento da rocha que compõe o paredão rochoso da cachoeira do Fundão.
Fonte: Foto dos autores.

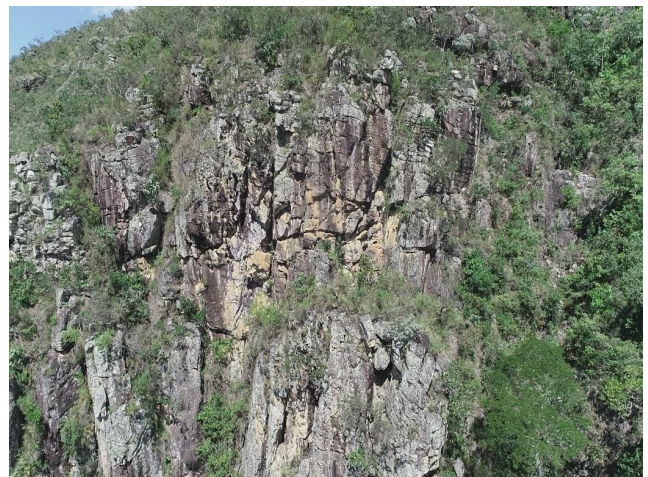


Figura 39 - Detalhe do alto grau de fraturamento da rocha que compõe o paredão rochoso da cachoeira do Fundão, visto do drone.
Fonte: Foto dos autores.



Figura 40 - Detalhe da porção do paredão rochoso, que em função da existência de descontinuidades verticais, apresenta potencial de ocorrência do evento de tombamento rochoso.
Fonte: Foto dos autores.



Figura 41 - Blocos rochosos de dimensões métricas, localizados após o poço para banho da cachoeira do Fundão, caracterizando toda a área com potencial de ser atingida pelos blocos que se desprendem do paredão rochoso.
Fonte: Foto dos autores.

- **Cachoeira da Mata**

Perigo Alto para processos gravitacionais de massa e enxurradas

A configuração da interseção das descontinuidades das rochas – planos de fraturas e foliação – que formam o atrativo turístico da cachoeira da Mata, delimitam majoritariamente blocos centimétricos, os quais apresentam potencial de se desprenderem do paredão e atingirem grande parte da área do poço para banho (Figuras 42 a 45). Apesar da menor dimensão dos blocos rochosos, este material em queda livre de aproximadamente de 20 metros de altura, constitui grave ameaça à vida dos visitantes.

A área de cabeceira de drenagem é um ambiente geomorfológico que proporciona a ocorrência de enxurradas. A ocorrência deste tipo de fenômeno no local foi relatada pelos próprios responsáveis do ICMBio.

Recomenda-se avaliar a possibilidade de realizar o desmonte manual de um bloco específico, que pode se desprender do paredão, constituindo área de perigo (Figuras 46 e 47).

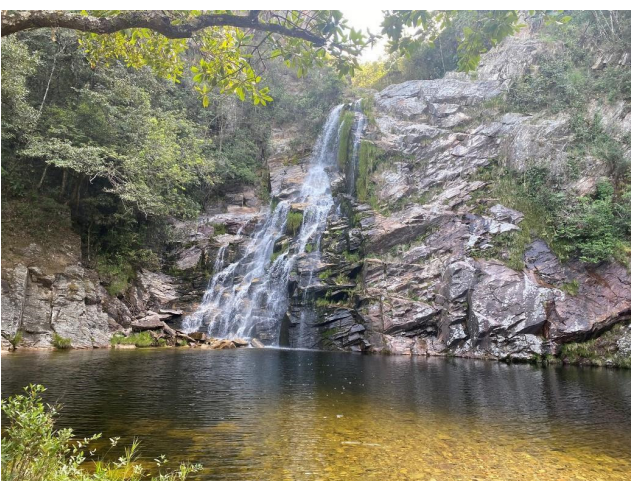


Figura 42 - Vista geral do paredão rochoso que compõe a queda d'água da cachoeira da Mata. Observa-se alto grau de fraturamento da rocha.
Fonte: Foto dos autores.

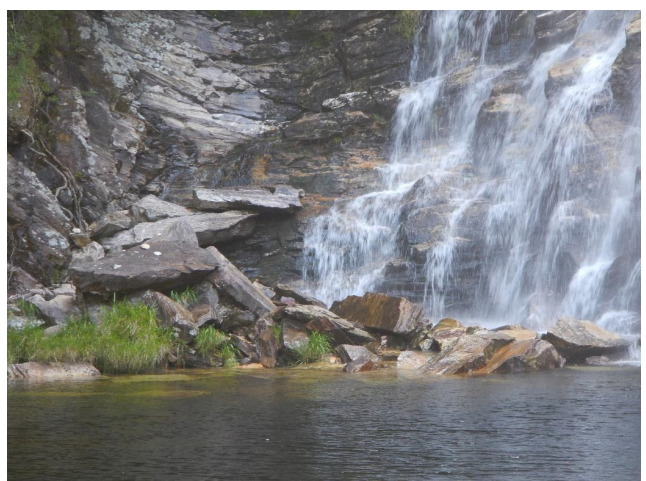


Figura 43 - Detalhe dos blocos rochosos que se desprenderam do paredão rochoso e caíram nas proximidades do paredão, indicando a área como sujeita ao atingimento de blocos.
Fonte: Foto dos autores.



Figura 44 - Vista do drone, da porção superior do maciço rochoso, com planos de fratura subverticais e acamamento subhorizontais, os quais delimitam blocos rochosos de dimensões métricas, com alto potencial de queda.
Fonte: Foto dos autores.

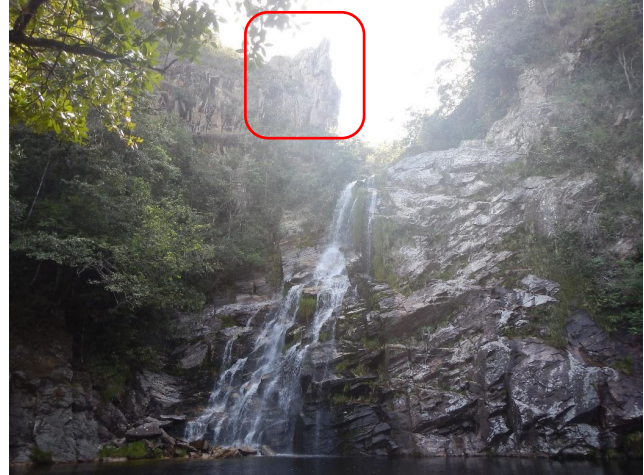


Figura 45 - Detalhe da altura da porção proeminente, com blocos em perigo de queda de blocos.
Fonte: Foto dos autores.



Figura 46 - Vista do drone, da porção proeminente, que apresenta perigo de queda de blocos.
Fonte: Foto dos autores.

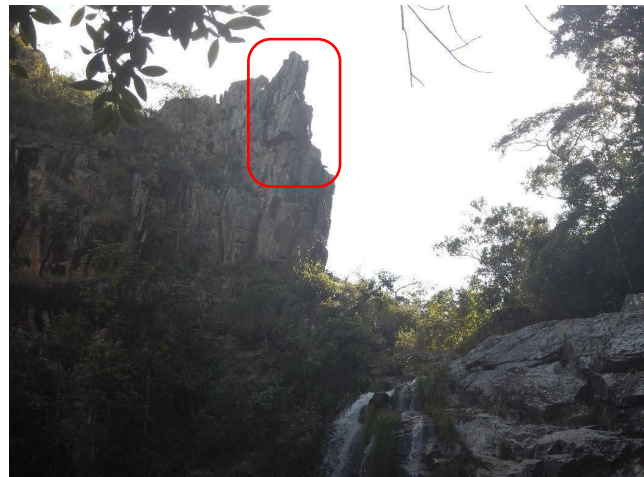


Figura 47 - Detalhe da porção proeminente, com blocos com perigo de queda.
Fonte: Foto dos autores.

Sugere-se sinalizar o perigo de enxurrada e de queda de blocos rochosos no início da trilha de acesso e nas proximidades do poço para banho. Deve-se informar qual tipo de perigo no local, bem como frisar que o processo de queda de blocos pode ocorrer sem aviso prévio, independente de períodos chuvosos, constituindo grave ameaça à vida dos visitantes.

- **Cachoeira do Triângulo**

Perigo Alto para processos gravitacionais de massa e enxurradas

O atrativo da cachoeira do Triângulo é caracterizado por uma vertente de alta declividade, com acamamento/foliação da rocha concordante/paralelo com a inclinação da encosta. Isso faz com que os blocos que eventualmente se desprendam do maciço rochoso escorreguem por sua face e atinjam o poço para banho nas proximidades da queda d'água (Figuras 48 a 50). Além disso, as áreas adjacentes à cachoeira estão sujeitas a serem atingidas por blocos rolados das encostas vegetadas ao redor (Figura 51), que facilmente camuflam a presença de material solto com grande potencial de se movimentar.

A área de cabeceira de drenagem é um ambiente geomorfológico que proporciona a ocorrência de enxurradas, a ocorrência deste tipo de fenômeno no local foi relatada pelos próprios responsáveis do ICMBio.



Figura 48 - Vista da cachoeira do Triângulo. Nota-se que o formato triangular, que dá o nome ao atrativo, formou-se pela interseção de famílias de fraturas e acamamento.
Fonte: Foto dos autores.



Figura 49 - Detalhe do afloramento que forma a cachoeira.
Fonte: Foto dos autores.



Figura 50 - As discontinuidades presentes no maciço rochoso (fraturas e foliação) delimitam blocos, predominantemente centimétricos, que se movem ao longo do paredão, e atingem as proximidades da queda d'água, no poço para banho.
Fonte: Foto dos autores.



Figura 51 - Vista das encostas adjacentes a cachoeira e poço para banho, contento blocos rochosos no paredão, e eventualmente soltos, os quais podem se movimentar e atingir a área do atrativo turístico.
Fonte: Foto dos autores.

Sugere-se sinalizar o risco a enxurrada e a queda e rolamento de blocos rochosos nas proximidades do poço para banho. Deve-se informar a qual tipo de perigo o local está sujeito, bem como frisar que o processo de queda de blocos pode ocorrer sem aviso prévio, independente de períodos chuvosos, constituindo grave ameaça à vida dos visitantes.

- **Cachoeira Vai quem Pode**

Perigo Alto para processos gravitacionais de massa e enxurradas

O poço para banho e a queda d'água deste atrativo encontram-se entre dois paredões rochosos verticais, com cerca de 15 metros de altura, compostos por maciço rochoso muito fraturado, o qual apresenta inúmeros blocos rochosos centimétricos com alto potencial de se desprenderem do paredão (Figuras 52 a 55). Como o poço para banho está em uma área restrita entre os dois paredões, ele está completamente sujeito ao atingimento de blocos rochosos. A área de cabeceira de drenagem é um ambiente geomorfológico que proporciona a ocorrência de enxurradas. A ocorrência deste tipo de fenômeno no local foi relatada pelos próprios responsáveis do ICMBio. O confinamento da área entre os paredões de rocha pode dificultar ou impedir o auto salvamento dos usuários durante episódios de enxurradas.



Figura 52 - Vista da cachoeira Vai quem Pode e poço para banho, compreendida entre paredões rochosos, com alto grau de fraturamento.
Fonte: Foto dos autores.



Figura 53 - Paredão rochoso com fraturas subhorizontais e subverticais, que delimitam blocos rochosos centimétricos a métricos, com grande potencial de queda na área de visitação da cachoeira.
Fonte: Foto dos autores.



Figura 54 - Blocos rochosos formados pela interseção das descontinuidades da rocha.
Fonte: Foto dos autores.



Figura 55 - Detalhe de blocos rochosos descalçados, com potencial de queda e atingimento da área de visitação e poço da cachoeira Vai quem Pode.
Fonte: Foto dos autores.

Recomenda-se sinalizar o perigo de queda de blocos rochosos dos paredões laterais nas proximidades do poço para banho. Deve-se informar, por meio de figuras representativas do local e texto, a qual tipo de perigo o local está sujeito, bem como frisar que o processo de queda de blocos pode ocorrer sem aviso prévio, independente de períodos chuvosos, constituindo grave ameaça à vida dos visitantes.

- **Cachoeira das Borboletas**

Perigo Alto para processos gravitacionais de massa e enxurradas

O atrativo turístico da cachoeira das Borboletas apresenta conformação das descontinuidades das rochas – planos de fraturas e foliação – que delimitam majoritariamente blocos centimétricos, os quais apresentam potencial de se desprenderem do paredão e atingirem a porção próxima a queda d’água no poço para banho (Figuras 56 a 59). Apesar da menor dimensão dos blocos rochosos, este material em queda livre de aproximadamente de 12 metros de altura, constitui grave ameaça à vida dos visitantes.

A área de cabeceira de drenagem é um ambiente geomorfológico que proporciona a ocorrência de enxurradas. A ocorrência deste tipo de fenômeno no local foi relatada pelos próprios responsáveis do ICMBio.



Figura 56 - Vista da parte de cima da cachoeira das Borboletas. Observa-se o alto grau de fraturamento da rocha, com a formação de blocos rochosos centimétricos a métricos.
Fonte: Foto dos autores.



Figura 57 - Detalhe de bloco rochoso com grande potencial de queda do topo da cachoeira das Borboletas, atingindo o poço para banho, com alto dano associado.
Fonte: Foto dos autores.



Figura 58 - Paredão rochoso que compõe a cachoeira das Borboletas, com alto grau de fraturamento e potencial de formação de blocos rochosos centimétricos a métricos.
Fonte: Foto dos autores.



Figura 59 - Vista da cachoeira das Borboletas e poço para banho. Observa-se as fraturas na rocha, que delimitam placas rochosas com potencial de se desprenderem e atingirem o poço.
Fonte: Foto dos autores.

Sugere-se sinalizar o perigo de enxurrada e de queda de blocos rochosos nas proximidades do poço para banho. Deve-se informar a qual tipo de perigo o local está sujeito, bem como frisar que o processo de queda de blocos pode ocorrer sem aviso prévio, independente de períodos chuvosos, constituindo grave ameaça à vida dos visitantes.

- **Cachoeira Coqueirinhos**

Perigo Alto para processos gravitacionais de massa e enxurradas

Os afloramentos rochosos que compõem o atrativo da cachoeira Coqueirinhos apresenta acamamento subhorizontal, paralelo ao teto da cavidade em que se encontra o poço para banho (Figuras 60 a 63). Tal estrutura, em conjunto com fraturas subverticais, individualizam blocos rochosos centimétricos a métricos, com grande potencial de se desprender do teto da cavidade e atingirem as áreas adjacentes do poço imediatamente abaixo, uma vez que o plano de maior fraqueza da rocha é subhorizontal.

As áreas próximas ao poço estão sujeitas ao atingimento de blocos rochosos, em função do rolamento desses materiais que encontram-se soltos nas encostas íngremes em meio a vegetação (Figura 42).

A área de cabeceira de drenagem é um ambiente geomorfológico que proporciona a ocorrência de enxurradas. A ocorrência deste tipo de fenômeno no local foi relatada pelos próprios responsáveis do ICMBio.



Figura 60 - Afloramento rochoso que compõe as adjacências do poço para banho da cachoeira Coqueirinhos. Observa-se a interseção das fraturas subverticais com o acamamento subhorizontal, que delimitam blocos rochosos, com grande potencial de se desprenderem do teto, atingindo o poço.
Fonte: Foto dos autores.



Figura 61 - Detalhe da interseção das fraturas subverticais com o acamamento subhorizontal, que delimitam blocos rochosos, com grande potencial de se desprenderem do teto, atingindo o poço.
Fonte: Foto dos autores.



Figura 62 - Detalhe de placas rochosas descalçadas, com grande potencial de quebrarem e atingirem o poço para banho.
Fonte: Foto dos autores.



Figura 63 - Vista do drone das áreas adjacentes ao poço para banho da cachoeira Coqueirinhos, com vegetação densa que pode esconder blocos soltos, com potencial de se movimentarem a atingirem a área de visitação turística.
Fonte: Foto dos autores.

Recomenda-se sinalizar o perigo de queda de blocos rochosos no início da descida da trilha de acesso e nas proximidades do poço para banho. Deve-se informar, por meio de figuras e textos, a qual tipo de perigo o local está sujeito, bem como frisar que o processo de queda de blocos pode ocorrer sem aviso prévio, independente de períodos chuvosos, constituindo grave ameaça à vida dos visitantes.

- **Condomínio de Pedras**

Perigo Alto para processos gravitacionais de massa

Formação geológica natural, composta por campos de blocos ruiniformes (Figuras 64 a 66). As formações com diversos paredões ou torres apresentam diversos blocos instáveis e descontinuidades verticais a subverticais que podem isolar lascas maiores (Figuras 67 a 69); caracterizando portanto perigo alto de quedas de blocos e de tombamentos. Como sugestão, orienta-se instalar placas informando os riscos aos usuários.



Figura 64 - Blocos ruiformes do atrativo turístico Condomínio de Pedras, próximo a estrada que corta o local.
Fonte: Foto dos autores.



Figura 65 - Vista do drone da área composta por campos de blocos ruiformes.
Fonte: Foto dos autores.



Figura 66 - Restituição 3D dos blocos rochosos, onde se observa o grau fraturamento e as fraturas subverticais.
Fonte: Foto dos autores.



Figura 67 - Bloco ruiforme, com acamamento horizontal e feições erosivas, que delimitam blocos centimétricos a métricos.
Fonte: Foto dos autores.



Figura 68 - Detalhe do aspecto instável dos blocos ruiforme, em função da interseção entre as descontinuidades e a erosão.
Fonte: Foto dos autores.



Figura 69 - Bloco rochoso com perigo de queda, em meio aos blocos ruiforme.
Fonte: Foto dos autores.

- **Curral de Pedras**

Perigo baixo a inexistente de queda de blocos

Estrutura antrópica feita de rochas remobilizadas, que hoje formam a estrutura de cercado/curral. A formação geológica natural ajuda a compor o cercado e apresenta baixo perigo de queda de blocos. (Figuras 70 e 71).



Figura 70 - Formação geológica natural que compõe o Curral de Pedra, caracterizada por blocos rochosos *insitu* e afloramento rochoso.
Fonte: Foto dos autores.



Figura 71 - Vista de cima do afloramento rochoso, da área do Curral de Pedra, de onde se avista a formação antrópica dos blocos rochosos, que compõem o cercado do curral.
Fonte: Foto dos autores.

- **Cachoeira da Ana, Cachoeira Paraíso, Cachoeira Paraíso II, Cachoeira Sofazinho e Cachoeira dos Lambaris**

Perigo baixo a inexistente de queda de blocos, perigo alto de enxurradas

Cachoeiras com quedas d’água em maciço rochoso de baixa amplitude e/ou declividades suaves (Figuras 72 e 73). A intersecção das famílias de fraturas com o acamamento delimitam blocos de tamanhos reduzidos com atingimento mais limitado (Figuras 74 a 79). Devido a esta configuração, estas cachoeiras apresentam baixo perigo de queda de blocos.

A área de cabeceira de drenagem é um ambiente geomorfológico que proporciona a ocorrência de enxurradas. A ocorrência deste tipo de fenômeno no local foi relatada pelos próprios responsáveis do ICMBio.

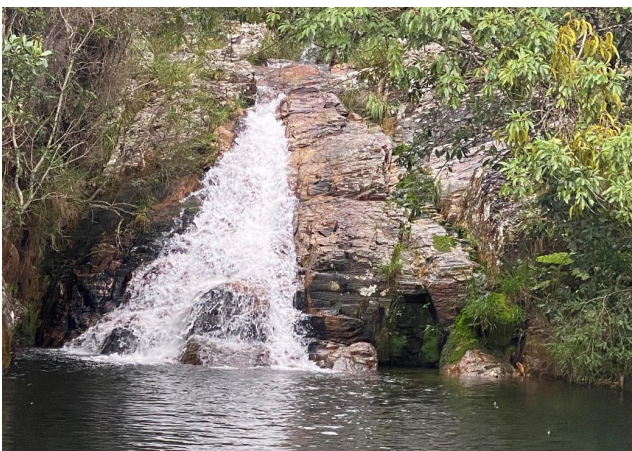


Figura 72 - Detalhe do afloramento que compõem a cachoeira dos Lambaris. Sua baixa amplitude e declividade, bem como confinamento dos planos de descontinuidades, faz com o que o perigo de queda de blocos e danos associados sejam baixos.
Fonte: Foto dos autores.



Figura 73 - Cachoeira dos Lambaris. Sua baixa amplitude e declividade, bem como confinamento dos planos de descontinuidades, faz com o que o perigo de queda de blocos e danos associados seja baixo.
Fonte: Foto dos autores.



Figura 74 - Porção do atrativo da cachoeira Sofazinho, onde ocorre a queda de blocos rochosos centimétricos. Orienta-se que o local seja evitado como área de descanso, por exemplo, apesar do baixo dano potencial associado ao processo.
Fonte: Foto dos autores.



Figura 75 - Vista da cachoeira Sofazinho. Há menor perigo de queda de blocos rochosos devido ao confinamento das descontinuidades, o que dificulta a livre movimentação dos blocos eventualmente formados.
Fonte: Foto dos autores.



Figura 76 - Detalhe das descontinuidades da rocha que compõe a Cachoeira Paraíso.
Fonte: Foto dos autores.



Figura 77 - Vista da Cachoeira Paraíso. A baixa amplitude e declividade do afloramento rochoso, bem como o confinamento dos planos de fratura, caracterizam o atrativo turístico como de baixo perigo de queda de blocos.
Fonte: Foto dos autores.



Figura 78 - Detalhe das descontinuidades da cachoeira Paraíso II, que formam blocos rochosos de dimensões predominantemente centimétricas, com queda geralmente restrita às proximidades da queda d'água.
Fonte: Foto dos autores.



Figura 79 - Vista da Cachoeira Paraíso II. Sua baixa amplitude e declividade faz com o que o perigo de queda de blocos e danos associados seja baixo, e o atingimento se restrinja as proximidades da queda d'água.
Fonte: Foto dos autores.

- **Trilha do Cerrado, Cachoeira da Ana e Poço Raso**

Perigo baixo a inexistente de queda de blocos, perigo baixo de enxurradas

As cachoeiras da Ana e Poço Raso tem quedas d’água em maciço rochoso de baixa amplitude e/ou declividades suaves (Figuras 80 e 81). A intersecção das famílias de fraturas com o acamamento delimitam blocos de tamanhos reduzidos com atingimento mais limitado. Devido a esta configuração, estas cachoeiras apresentam baixo perigo de queda de blocos. A trilha do Cerrado é localizada em região de aclives e declives suaves (Figuras 82 e 83), não tendo sido identificados perigos geológicos na mesma.



Figura 80 - Vista do drone da Cachoeira da Ana.
Fonte: Foto dos autores.

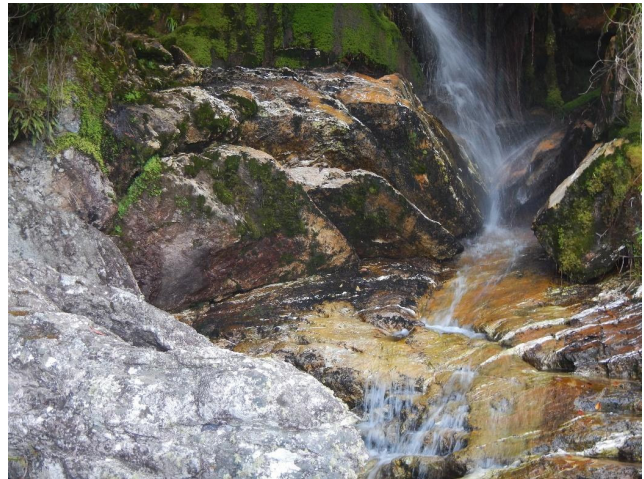


Figura 81 - Detalhe do confinamento das discontinuidades da rocha na cachoeira da Ana, característica que dificulta a livre movimentação dos blocos eventualmente formados, diminuindo o perigo e dano associado ao processo de queda de blocos rochosos.
Fonte: Foto dos autores.



Figura 82 - Visão da Trilha do Cerrado.
Fonte: Foto dos autores.



Figura 83 - Visão da Trilha do Cerrado.
Fonte: Foto dos autores.

- **Cachoeira Rasga Canga e Rolinhos**

Perigo baixo de queda de blocos, perigo baixo de enxurradas

Cachoeiras com quedas d’água em maciço rochoso de baixa amplitude e/ou declividades suaves (Figuras 84 a 88). A intersecção das famílias de fraturas com o acamamento delimitam blocos de tamanhos reduzidos com atingimento mais limitado. Devido a esta configuração, estas cachoeiras apresentam baixo perigo de queda de blocos.

Na cachoeira Rolinhos, sugere-se impedir o acesso a porção da corredeira próxima ao paredão rochoso, visto que neste local o perigo de movimentação de blocos rochosos é maior, existindo, alternativamente, outras áreas propícias para banho com perigo baixo a inexistente (Figura 86).



Figura 84 - Vista do afloramento rochoso que forma a cachoeira Rasga Canga, com baixa amplitude e descontinuidades confiadas, o que diminui o potencial dos blocos rochosos, eventualmente formados, atingirem grandes distâncias em função de quedas.
Fonte: Foto dos autores.



Figura 85 - Poço para banho e pequena queda d'água da cachoeira Rolinhos, sem perigo de queda de blocos rochosos.
Fonte: Foto dos autores.



Figura 86 - Porção da Cachoeira Rolinhos, onde sugere-se impedir o acesso, visto que existe a possibilidade de movimentação de bloco rochoso, e os demais poços para banho atendem a atividade turística, com baixo perigo de queda de blocos.
Fonte: Foto dos autores.



Figura 87 - Detalhe do confinamento das descontinuidades na cachoeira Rasga Canga, o que diminui o perigo a queda de blocos, com atingimento muito distantes – o movimento se restringe às proximidades do afloramento rochoso/queda d'água.
Fonte: Foto dos autores.

- **Nascente do Rio São Francisco**

Perigo baixo de enxurradas

A nascente histórica do Rio São Francisco é localizada no parque, muito embora haja contestação da nascente geográfica. Localizada em área relativamente plana, possui registros de eventos de inundações bruscas. No entanto, devido ao gradiente hidráulico mais baixo, o processo não traz perigo alto aos turistas. Existe grande facilidade de acesso e a exposição ao processo pode ser facilmente evitada pelos turistas, muito embora a possibilidade de acidente nunca seja nula, no caso de atitudes muito incautas perante esse tipo de evento.



Figura 88 - Cachoeira Rasga Canga. Restituição digital de modelo de terreno a partir de levantamento de drone.

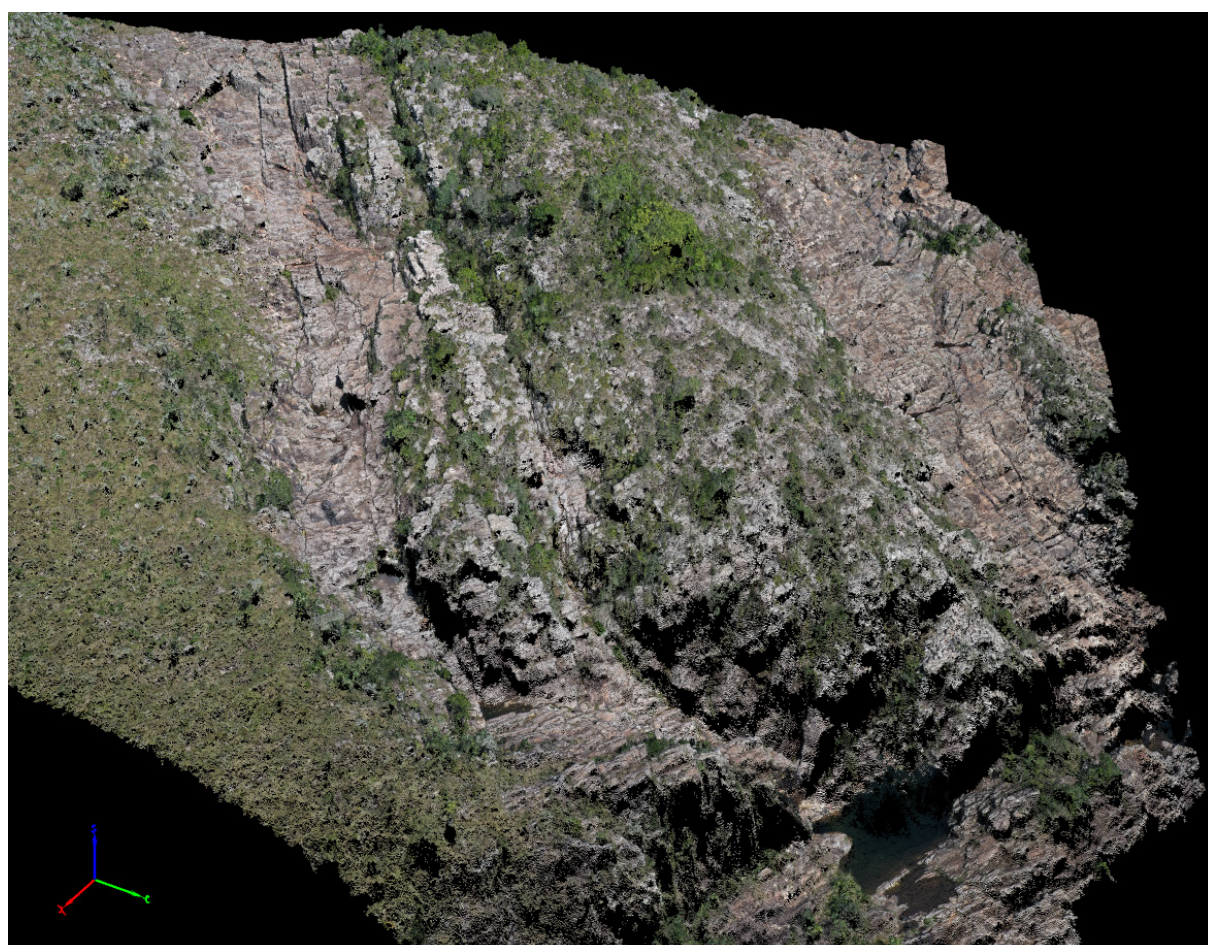


Figura 89 - Cachoeira Rolinhos, trecho inferior. Restituição digital de modelo de terreno a partir de levantamento de drone.

7. SUGESTÕES

Neste capítulo são apresentadas sugestões baseadas nas situações verificadas durante a vistoria de campo e caracterizadas no presente trabalho.

É de suma importância esclarecer que as medidas de intervenção apresentadas constituem orientações gerais, não-mandatárias, que objetivam nortear a administração do PARNA Serra da Canastra e autoridades competentes a respeito de possíveis formas de atuação para evitar a exposição dos visitantes aos perigos geológicos identificados. Dessa forma, em nenhuma hipótese, as propostas apresentadas dispensam a realização de estudos e projetos que, em função das características específicas de cada região, indiquem a viabilidade, o tipo e as formas de implantação de medidas de intervenção específicas.

Seguem as sugestões:

1. Restringir ou interditar o acesso aos atrativos turísticos durante períodos de alta pluviosidade;
2. Instalar placas informativas dos perigos geológicos a que cada atrativo turístico está sujeito, com orientações de como proceder e rotas de fugas em caso de acidentes;
3. Instalação de pluviômetros nas cabeceiras de drenagens, com transmissão automática e sistema de alerta antecipado para enxurradas;
4. Elaboração de atividades educativas, painéis, etc para a educação e fomento de uma cultura mais resiliente a desastres;
5. Aproximação junto às Defesas Civas Municipais, divulgação dos resultados e fomento do engajamento das Defesas Civas nas avaliações de perigo e medidas de redução e mitigação de riscos nos demais atrativos turísticos da região.

Abaixo, apresentamos figuras ilustrativas dos processos de movimentos gravitacionais de massa com potencial de ocorrência nos atrativos turísticos do PARNA Serra da Canastra, bem como modelo de placa informativa de perigos geológicos. As figuras dos processos podem orientar a elaboração das placas que deverão ser instaladas nos acessos e proximidades dos pontos vistoriados sujeitos a ocorrência de processos geológicos com capacidade de causar danos graves/mortes.

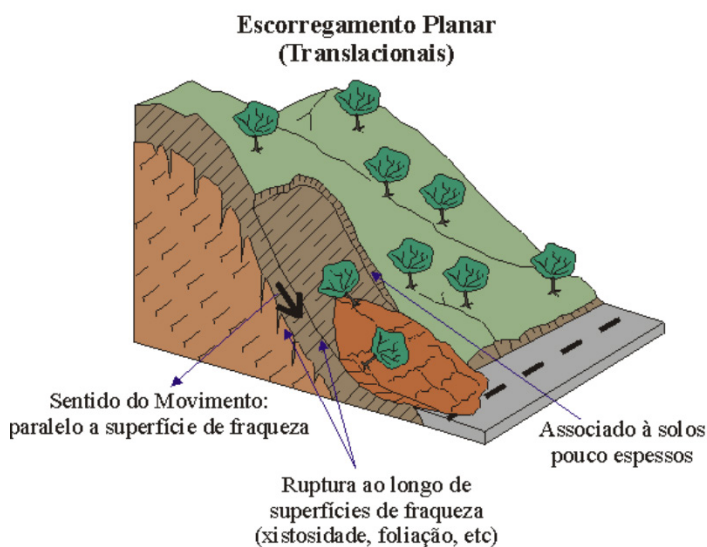


Figura 90 - Modelo esquemático de deslizamento planar em solo, evento ocorrido na Trilha Difícil (modificada de Infanti Jr. & Fornasari Filho, 1998, retirada de <http://igeologico.com.br/processos-de-dinamica-superficial-movimentos-de-massa/>, em 13/06/2022).

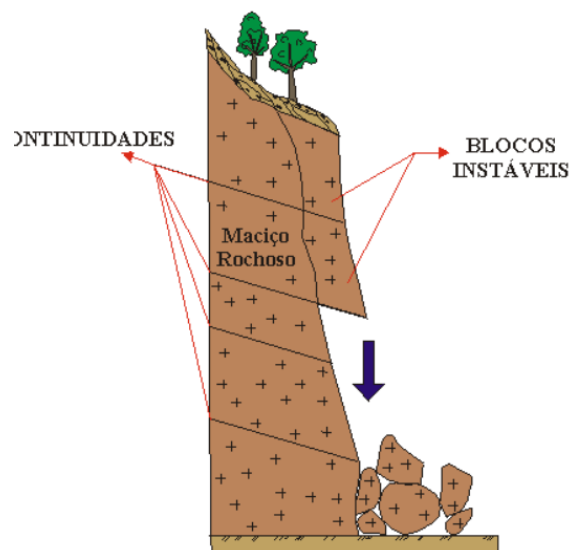


Figura 91 - Modelo esquemático de queda de bloco rochosos, evento ocorrido /com potencial de ocorrência em diversas cachoeira do parque (modificada de Infanti Jr. & Fornasari Filho, 1998, retirada de <http://igeologico.com.br/processos-de-dinamica-superficial-movimentos-de-massa/>, em 13/06/2022).

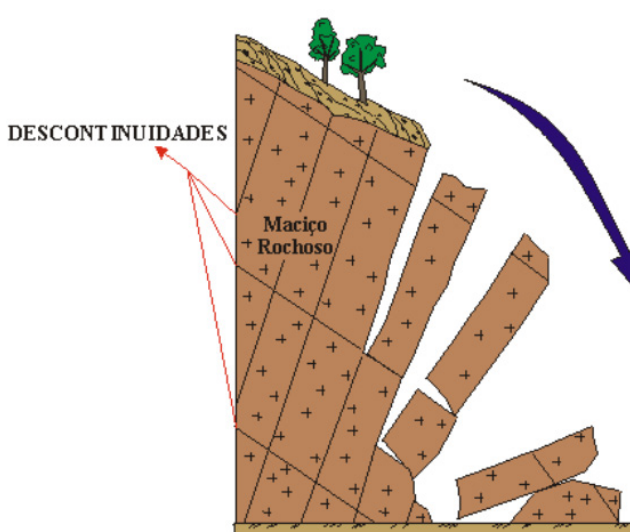


Figura 92 - Modelo esquemático de tombamento rochoso, evento ocorrido em Capitólio e com potencial de ocorrer em algumas cachoeira do parque, entre elas no Poço Fundo da parte alta da Casca D’Anta (modificada de Infanti Jr. & Fornasari Filho, 1998, retirada de <http://igeologico.com.br/processos-de-dinamica-superficial-movimentos-de-massa/>, em 13/06/2022).

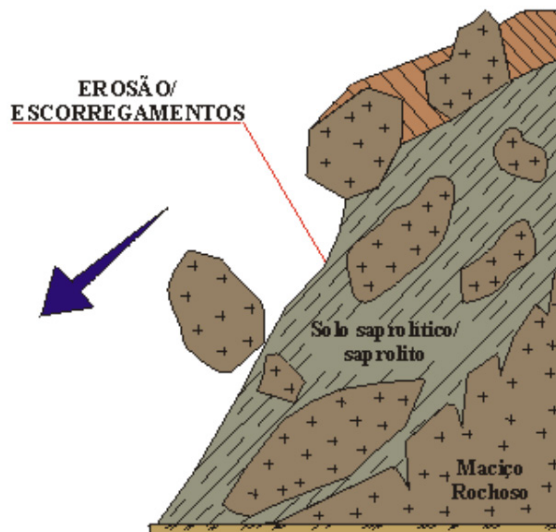


Figura 93 - Modelo esquemático de rolamento de bloco rochoso, com potencial de ocorrer, por exemplo ao longo do trecho em meia encosta da Trilha Difícil (modificada de Infanti Jr. & Fornasari Filho, 1998, retirada de <http://igeologico.com.br/processos-de-dinamica-superficial-movimentos-de-massa/>, em 13/06/2022).



Figura 94 - Exemplo de placa informativa de perigo geológico, tradução: “PERIGO. Queda de Blocos Rochosos! Não ultrapasse este ponto! Rochas podem cair sem aviso prévio causando danos graves ou morte.” Fonte: Departamento da Terra e Recursos Naturais do Hawaii – Estados Unidos.

8. CONCLUSÕES

É importante ressaltar que existe risco inerente na realização de atividades turísticas em áreas de perigo, como cachoeiras e trilhas que percorrem encostas rochosas de alta declividade. O ambiente geológico natural tem processos de movimentos gravitacionais de massa complexos, intensos, dinâmicos e com evolução quase que diária.

Quaisquer recomendações acerca de cuidados no desenvolvimento de atividades nestas áreas tem o propósito de orientar, prevenir e minimizar os riscos aos turistas e todos os colaboradores que trabalham na área.

Entretanto, trata-se de um patrimônio natural da geodiversidade, representante da dinâmica natural de nosso planeta, que deve ser conhecido e conservado. Estas áreas devem ser abertas à visitação do público para que possam conhecer e compreender sua importância, e se tornarem conscientes dos riscos associados, não somente as áreas de cachoeiras, mas em qualquer atividade que seja desenvolvida em ambiente natural.

Os principais processos que criam situações de perigo são enxurradas, deslizamentos de solo e quedas, tombamentos e rolamentos de blocos de rocha. Dos 21 pontos vistoriados, 18 apresentaram perigo alto a um ou mais desses processos.

As recomendações de intervenção para minimizar os riscos aos usuários do parque possuem caráter sugestivo, compondo sinalização, alerta e eventual restrição de acesso durante condições climáticas desfavoráveis.

9. CONTATO

Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio
Parque Nacional da Serra da Canastra – PARNA Serra da Canastra
Carlos Henrique Bernardes – Chefe do Parque
Avenida Presidente Tancredo Neves, nº 498
CEP: 37.928-000 - São Roque de Minas - MG
E-mail: parnacanastra@icmbio.gov.br
Telefone: (37) 3433-1324/1326

AGRADECIMENTOS

Os autores expressam seus agradecimentos àqueles que contribuíram de forma efetiva e muito importante no apoio ao trabalho de campo, o que permitiu uma maior segurança e agilidade na aquisição dos dados, ao acesso e movimentação ao longo de toda a área vistoriada. Por isso somos gratos e aqui ficam os agradecimentos a técnica ambiental Laura Valle França, aos agente temporário ambiental Ézio Dornela Goulart e Guilherme Pezzin Vezalli e ao gerente do Complexo Paraíso Wallace de Melo Lucas. O nosso muito obrigado a todos!

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CPRM/SGB – Serviço Geológico do Brasil (2018). Manual de Mapeamento de Perigo e Risco a Movimentos Gravitacionais de Massa. Projeto de Fortalecimento da Estratégia Nacional de Gestão Integrada de Desastres Naturais- GIDES. Coordenação: Jorge Pimentel e Thiago Dutra. Rio de Janeiro. Versão 1.213 218p (pdf).
- DLNR- Departamento da Terra e Recursos Naturais do Hawái – Estados Unidos (2014). Disponível em: <https://dlnr.hawaii.gov/blog/2014/05/10/nr14-055/>
- HEINECK, C.A.; Leite, C.A.S.; Silva, M.A.; Vieira, V.S. 2003. Mapa Geológico do Estado de Minas Gerais, Escala 1:1.000.000. Belo Horizonte, Convênio COMIG/CPRM, 1 folha.
- NAZAR T. I. S. M., Rodrigues, S. C. 2019. Relevo do chapadão do Diamante, Serra da Canastra/ MG, Brasil: Compartimentação e análise a partir dos aspectos geomorfométricos. Revista Brasileira de Geomorfologia. V. 20, n. 1.
- SILVA, M. A., Pinto, C. P., Pinheiro, M. A. P., Marinho, M. S., Lombello, J. C., Pinho, J. M. M., Goulart, L. E. A., Magalhães, J. R. Mapa geológico do Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte. CPRM, 2020. Escala 1:1.000.000.

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 três grandes linhas de atuação:

- Geologia e Recursos Minerais;
- Geologia Aplicada e Ordenamento Territorial;
- Hidrologia e Hidrogeologia.

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.

ÁREA DE ATUAÇÃO GEOCIÊNCIAS

LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS



LEVANTAMENTOS AEROGEOFÍSICOS



AVALIAÇÃO DOS RECURSOS MINERAIS DO BRASIL



LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS MARINHOS



LEVANTAMENTOS GEOQUÍMICOS



LEVANTAMENTOS BÁSICO DE RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS



PREVISÃO DE ALERTA DE CHEIAS E INUNDAÇÕES



AGROGEOLOGIA



LEVANTAMENTOS BÁSICO 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



ÁREA DE ATUAÇÃO PROGRAMAS INTERNOS

SUSTENTABILIDADE



PRÓ-EQUIDADE



COMITÊ DE ÉTICA



Maiores informações: <http://www.cprm.gov.br/publique/Sobre-a-CPRM/Responsabilidade-Social/Objetivos-de-Desenvolvimento-Sustentavel---ODS-319>

Sede Brasília
Setor Bancário Norte - SBN
Quadra 02, Asa Norte
Bloco H - Edifício Central Brasília
Brasília - DF - CEP: 70040-904
Tel.: (61) 2108-8400

Escritório Rio de Janeiro – ERJ
Av. Pasteur, 404 – Urca
Rio de Janeiro – CEP: 22290-255
Tel.: (21) 2295-0032

Diretoria de Hidrologia e Gestão
Territorial
Tel.: (21) 2295-8248
(21) 2546-0214

Departamento de Gestão
Territorial
Tel.: (21) 2295-6147
(21) 2546-0419

Divisão de Geologia Aplicada
Tel.: (31) 3878-0304

Divisão de Gestão Territorial
Tel.: (71) 3878-0304

Ouvidoria
Tel.: 21 2295-4697
ouvidoria@cprm.gov.br

Serviço de Atendimento
ao Usuário – SEUS
Tel.: 21 2295-5997
seus@cprm.gov.br

www.cprm.gov.br

2022



SECRETARIA DE
GEOLOGIA, MINERAÇÃO
E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

MINISTÉRIO DA
ECONOMIA