



**SERVIÇO GEOLÓGICO
DO BRASIL - CPRM**



AVALIAÇÃO GEOTÉCNICA DOS CÂNIONS DO RIO POTI

Buriti dos Montes, PI

Realização

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

2022

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

Ministro de Estado

Bento Albuquerque

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

José Sidiney Barros

José Milton de Oliveira Filho

Ivan Bispo de Oliveira Filho

Roberto José Amorim Rufino Fernandes

Jean Ricardo da Silva Nascimento

Diagramação (SUREG/SP)

Marina das Graças Perin

Foto da capa: Cânions do rio Poti.

Créditos: José Sidiney Barros

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

AVALIAÇÃO GEOTÉCNICA DOS CÂNIONS DO RIO POTI BURITI DOS MONTES, PI

ORGANIZAÇÃO

José Sidiney Barros
José Milton de Oliveira Filho
Ivan Bispo de Oliveira Filho
Roberto José Amorim Rufino Fernandes
Jean Ricardo da Silva Nascimento

SUMARIO

1. APRESENTAÇÃO	3
2. OBJETIVOS E METODOLOGIA	7
3. APLICABILIDADES E LIMITAÇÕES DE USO	8
4. DESCRIÇÃO DO EVENTO	9
4.1 Avaliação da Variação do Nível do Rio Poti.....	9
5. RESULTADOS - ANÁLISE DE RISCO.....	15
5.1 Caracterização das áreas associadas a movimentos gravitacionais de massa.....	16
5.2 Áreas a serem monitoradas (sem risco iminente)	40
6. SUGESTÕES.....	40
7. CONCLUSÕES.....	40
8. CONTATO	42
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	42

1. APRESENTAÇÃO

Este relatório apresenta os resultados da avaliação técnica realizada pelo Serviço Geológico do Brasil-CPRM no município de Buriti dos Montes, PI, no período de 14 a 25 de fevereiro de 2022, conforme solicitação do OFÍCIO GAB. Nº 008/22, de 11 de janeiro de 2022 de parte da Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado do Piauí, como consta do Processo SEI 48049.000066/2022-93

Os levantamentos de campo foram realizados pelos profissionais listados no quadro 1.

Quadro 1 - Profissionais que participaram dos levantamentos de campo.

Nome completo	Cargo ou função	Instituição
José Sidiney Barros	Pesquisador em Geociências	Serviço Geológico do Brasil – CPRM
José Milton de Oliveira Filho	Pesquisador em Geociências	Serviço Geológico do Brasil – CPRM
Ivan Bispo de Oliveira Filho	Pesquisador em Geociências	Serviço Geológico do Brasil – CPRM
Roberto José Amorim Rufino Fernandes	Pesquisador em Geociências	Serviço Geológico do Brasil – CPRM
Jean Ricardo da Silva Nascimento	Pesquisador em Geociências	Serviço Geológico do Brasil – CPRM

Os rios, ao contribuírem para o equilíbrio dinâmico através de erosão, transporte e sedimentação assumem, como um dos principais agentes geomorfológicos da superfície terrestre, importante papel na esculturação da paisagem e contribuem para a interpretação dos paleoambientes (CHRISTOFFOLETI, 1981).

Com a fissão do supercontinente Pangea há cerca de 100 Ma ocorreu a separação entre América do Sul e África, com o nordeste brasileiro como a última porção do território a desligar-se e a ser submetido a grandes esforços deformacionais com falhas e fraturas (BRITO NEVES, 1999), e subsequente soerguimento dos terrenos cristalinos e sedimentares que posteriormente seriam submetidos a processos evolutivos de suas paisagens naturais sob a ação de forte erosão. Na área limite entre os estados do Piauí e Ceará este processo de soerguimento coloca lado a lado terrenos sedimentares antigos da bacia com cerca de 430 milhões de anos e terrenos cristalinos antigos de 2,2 bilhões de anos. Em consequência os rios começam a aprofundar seu talvegue aproveitando os desníveis topográficos por volta de 90-80 milhões de anos atrás (CLAUDINO-SALES *et al.*, 2007).

Este processo de fissão datado do Paleozoico inferior (400 Ma) possibilitou a formação de bacias intracratônicas, suportadas por grabens, como a Província Parnaíba, uma sinéclise com sua porção maior orientada no sentido norte-sul (BRITO NEVES, 1999; BAHIA *et al.*, 2003; CLAUDINO-SALES & PEULVAST, 2007).

O rio Poti, um afluente do rio Parnaíba, situados na Província Parnaíba, tem o seu cânion constituindo-se numa das feições naturais mais importantes do Estado do Piauí, situando-se mais caracteristicamente nos municípios de Buriti dos Montes, Castelo do Piauí e Juazeiro do Piauí. Assim denominado desde 1720, este rio nasceu Itaim-Açu com sua nascente principal e mais longínqua localizada na Serra dos Cariris Novos, na Fazenda Jatobá, na localidade Olho-d'água da Gameleira, no município de Quiterianópolis, Ceará, a uma altitude próxima de 800 m na área de divisa entre os estados do Piauí e Ceará. Percorre mais de 80 km em terras cearenses na direção norte até ser capturado por um sistema de falhas do lineamento Transbrasiliano, passando a aprofundar seu leito como resultado da ação mecânica das águas sobre sedimentos da Bacia do Parnaíba, Formação Cabeças predominantemente. Da nascente à foz o percurso é de cerca de 538 km, sendo 180 km na forma de *canyon* com paredões atingindo valores de 60 m de altura em alguns trechos (BARROS, 2022). No seu percurso, o rio corta o sistema de serras da Ibiapaba e no trecho entre a Cachoeira da Lembrada e o Cânion da Pedalta estabelece o Cânion como feição típica, embora o seu leito apresente-se escarpado também por outros trechos até seu encontro com o rio Parnaíba na sua foz em Teresina (BARROS, 2022).

Com uma bacia hidrográfica de 52.270 km² de área, a bacia do rio Poti (figuras 01 e 02) ocupa terrenos de parte dos estados do Piauí e do Ceará com regime intermitente desde suas nascentes até a cidade de Prata do Piauí. No seu trajeto até o rio Parnaíba percorre litologias pré-cambrianas da Unidade Canindé no território cearense, e dos Grupos Serra Grande e dissecando a parte ocidental da borda da Província Parnaíba, localizado na divisa entre os estados do Ceará e Piauí, até desaguar no rio Parnaíba, na cidade de Teresina (RADAMBRASIL, 1973; CPRM, 2003; BARROS, 2022).

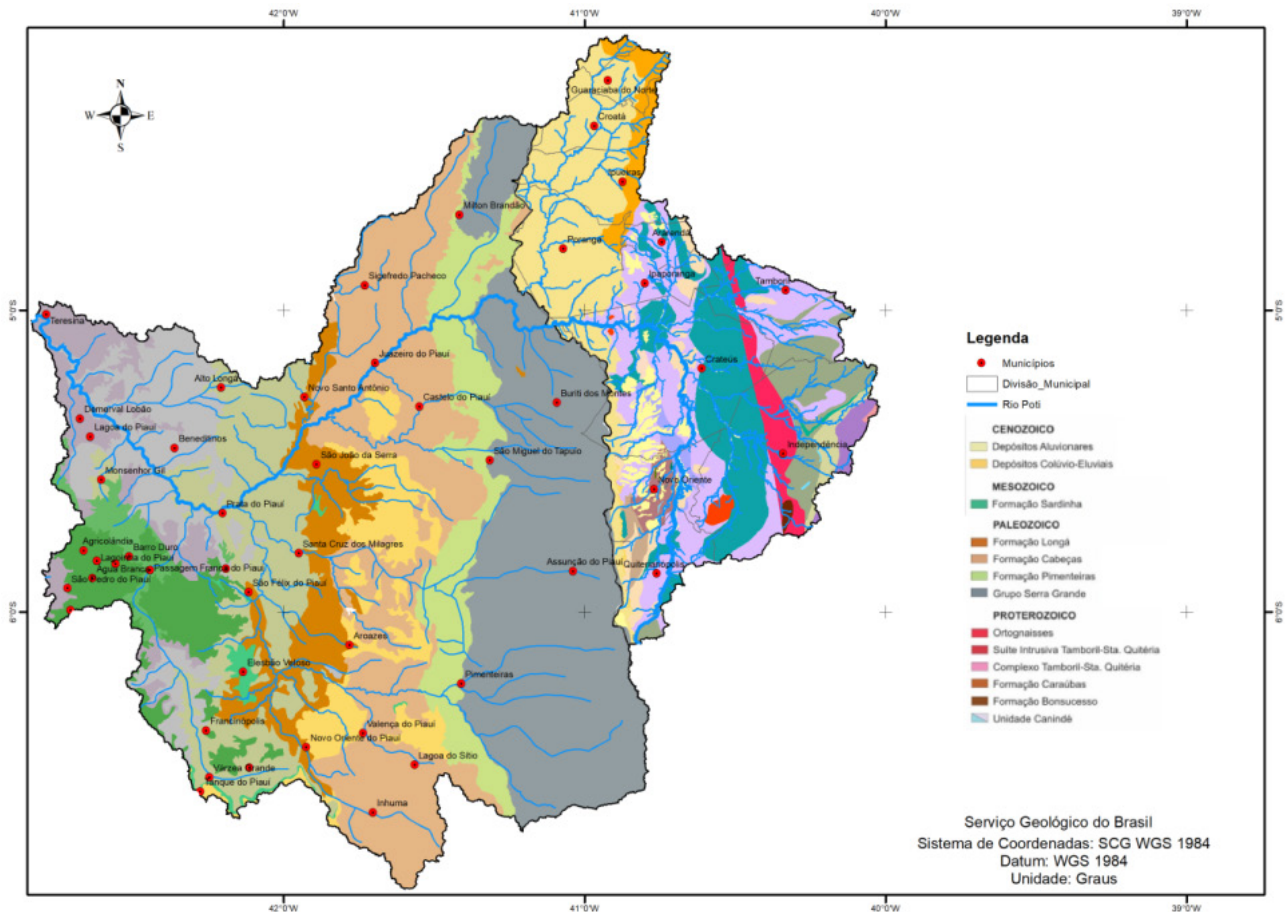


Figura 1 - Mapa geológico da bacia hidrográfica do Rio Poti. FONTE: Barros, 2022

A instalação inicial do leito desse rio tem início a cerca de 90-80 milhões de anos com o dissecar dos terrenos cristalinos e sedimentares (CLAUDINO-SALES, 2002). O forte controle estrutural e encaixe do rio Poti nas estruturas geológicas do substrato sobre o qual esculpiu seu leito e aprofundou o seu talvegue contribuiu para um traçado no terreno com direções quase que ortogonais ou fortemente angulosas quando da captura pelas estruturas de direção NW-SE do Lineamento Picos-Santa Inês ou de direção NE-SW do Lineamento Transbrasiliano. Esses lineamentos parecem ter exercido uma influência regional sobre toda a bacia do rio Poti (CARVALHO & SANTOS, 2009). No *glint* da Ibiapaba (BARRETO *et al.*, 2012; CLAUDINO-SALES & PEULVAST, 2007), no contato entre o cristalino e o sedimentar, os paredões do cânion chegam a 300 m de altura (LIMA, 1982; SADDI & TORQUATO, 1992; BARRETO *et al.*, 2011, 2012). Geomorfologicamente o cânion do rio Poti é definido como um segmento de *cuesta*, formado por um perfil côncavo em declive íngreme e do outro por um planalto sedimentar suavemente inclinado (PENTEADO, 1980; BARRETO *et al.*, 2011; BARRETO *et al.*, 2012).

É bem marcado o forte controle estrutural na organização da drenagem diante do número significativo de falhas e fraturas observadas na área estudada (LIMA, 1982; CEPRO, 1995; CARVALHO, 2012; BARROS, 2022) assumindo, este fato, um importante papel na evolução do relevo ao facilitar a erosão vertical, dissecar os terrenos e gerar cânions (CHRISTOFFOLETI, 1981, PENTEADO, 1980).

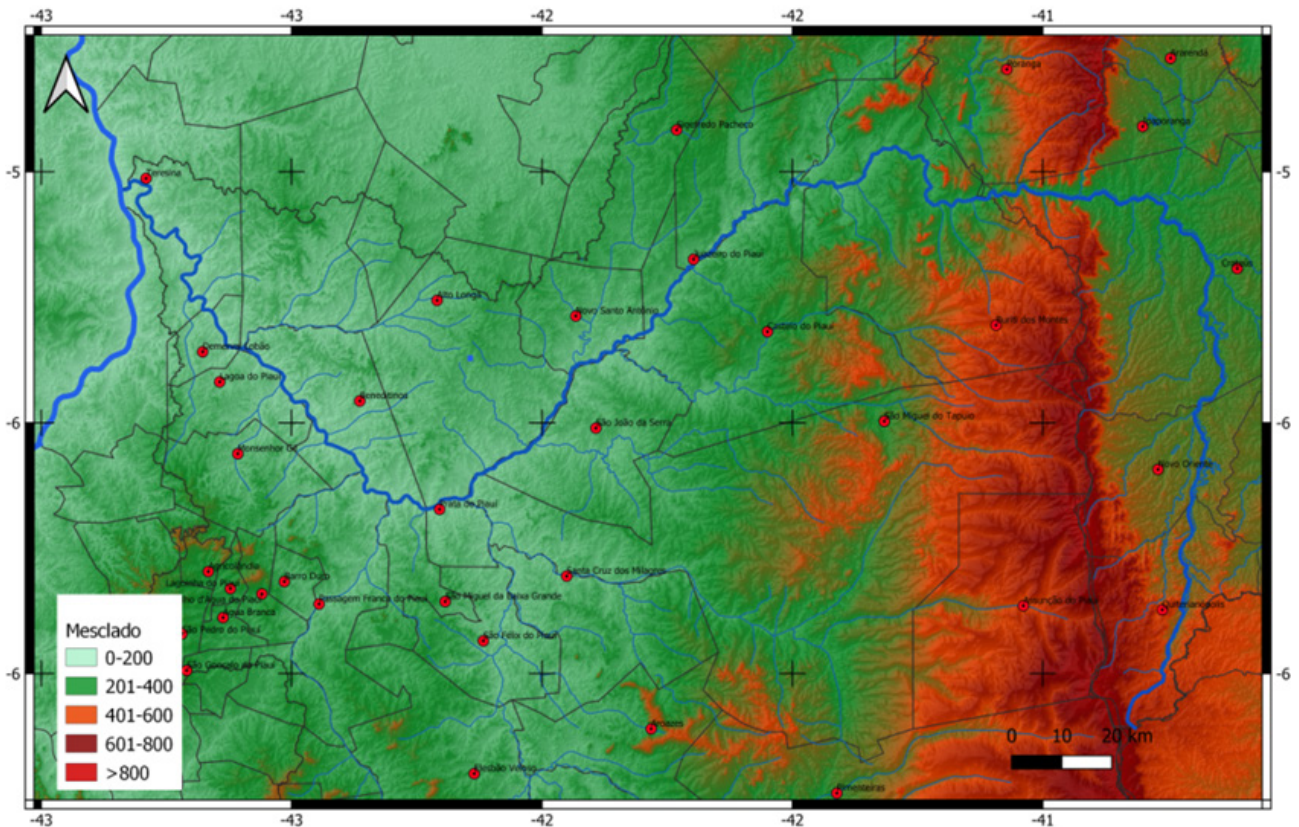


Figura 2 - Mapa altimétrico do traçado do leito do rio Poti no seu percurso da nascente à foz. FONTE: Barros, 2022

Uma feição típica dos cânions é ter a base mais escavada do que as paredes como processo normal do alargamento do rio que vai, no caso específico e particular do rio Poti, aproveitar das fraturas, especialmente nos períodos chuvosos onde o volume de água aumenta, para escavar e aprofundar seu leito. Base mais escavada que o topo é uma feição comumente encontrada em regiões de cânions e quando associado à presença de feições instáveis ou em balanço ou com relevos negativos o risco é maior frente a ação da gravidade. A falta desse suporte embaixo constitui uma ação própria da natureza para diminuir as irregularidades dos terrenos e transformar os paredões em algo mais suave, ao longo do tempo. Com o passar do tempo e contribuição do clima, mais especificamente chuva e temperatura elevada, o espaço entre os blocos aumenta, ampliando o espaçamento das fraturas, levando à fragmentação e potencialização de movimentos. No caso de cânions em geral, e o do Poti não foge à regra, a inclinação de encosta muito elevada, podendo atingir os 90° e localmente com relevo negativo, tornam-se regiões problemáticas, instáveis e fáceis de desmoronar principalmente quando ocorre a conjugação de fatores potencializadores desses eventos como chuvas intensas, temperatura elevada, características dos terrenos, etc.

Necessário se faz esclarecer que o termo genérico fratura quando aqui utilizado refere-se ao conjunto formado pelas juntas, falhas e diáclases e que, em geotecnia, essas feições são comumente denominadas de descontinuidades.

No caso específico do cânion do rio Poti há, e é de fácil visualização, a presença de diversos pontos com marcas de fraturas e descolamentos e que podem, ou não, num futuro serem focos de movimentação de massa. A obtenção de dados mais seguros e representativos passa por mapeamento geológico-geotécnico e acompanhamento sistemático e contínuo pelos profissionais habilitados, geralmente os geólogos, que possibilitará o entendimento e caracterização de alguns parâmetros geotécnicos como velocidade de abertura, sanidade do bloco rochoso, sinais de movimentação, risco de descolamento, dentre outros, para alertar sobre movimentação ou possibilidade de tombamento ou queda de blocos que vai permitir liberar ou isolar a região ou pontos específicos. Esse trabalho de monitoramento reveste-se de suma importância como garantia de segurança para os usuários e de não instalação de acidentes com danos materiais e humanos.

A instalação do cânion do rio Poti na área de estudo expõe litologias da Formação Cabeças na forma de tabuleiros com escarpas abruptas, e posicionamento horizontal a sub-horizontal. A sedimentação da Formação Cabeças esteve condicionada a dois eixos deposicionais: um de direção NE-SW responsável pelos pacotes de maior espessura – Lineamento Transbrasiliiano – e outro NW-SE – Lineamento Picos-Santa Inês (Figura 03). A sua posição estratigráfica está estabelecida entre os folhelhos marinhos da Formação Pimenteira (subjacente) e os arenitos e folhelhos da Formação Longá (sobrejacente). Essa formação é descrita como constituída por camadas arenosas mais espessas de textura média a grosseira com intercalações delgadas de siltitos e folhelhos, com presença de estratificação cruzada tabular e acanalada.

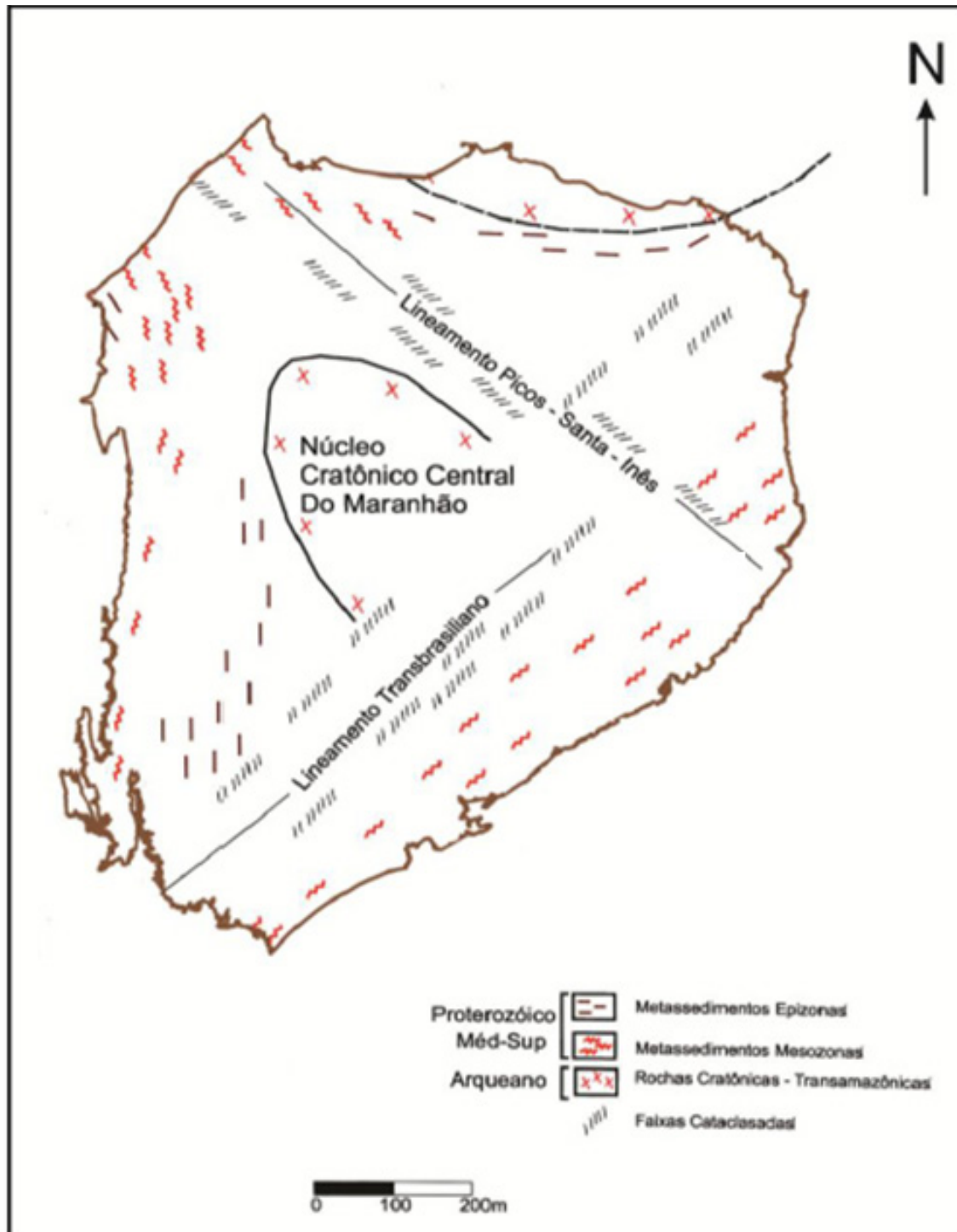


Figura 3 - Localização e disposição das estruturas de controle tectônico na região: Lineamento Transbrasiliiano e o Linemento Picos- Santa Inês (modificado de Cunha, 1986).

O Cânion do Rio Poti, no trecho de maior visitação, ocorre como um geomonumento, abrigando o maior conjunto de escarpas da região, com um vale escarpado de aproximadamente 9 km de extensão e altura média de 30-40 m nas encostas que margeiam o leito principal. As rochas aflorantes estão inseridas nas litologias da Formação Cabeças do Devoniano. A visitação pelo interior do cânion de escarpas íngremes é realizada seguindo o leito do Rio Poti, com uso de embarcações de porte médio tendo em vista o volume de água e uma profundidade média de cerca de 30 m.

Todo o maciço rochoso do cânion é formado predominantemente por arenitos bem acamadados com intercalações de siltitos e folhelhos da Formação Cabeças do Grupo Canindé da Província Parnaíba (Mapa Geológico do Piauí, escala 1:1.000.000 – CPRM, 2006). O maciço rochoso apresenta-se extremamente fraturado sob a influência de dois sistemas de falhas regionais posicionados ortogonalmente, com fraturas subverticais que associadas ao antigo acamamento sub-horizontal condicionam a ocorrência de processos gravitacionais de massa do tipo tombamento, deslocamento e queda de blocos. Na base dos paredões são encontrados depósitos de tálus com blocos de tamanhos variados que foram se desprendendo e se movimentando ao longo do tempo geológico recente. Os paredões ocorrem com amplitude local variável que oscila entre valores de 30 a 40 m de altura e excepcionalmente mais de 60 m onde se observa a presença de diferentes patamares. O início do cânion ou da sua incisão nos terrenos sedimentares está marcado pela cachoeira da Lembrada, ponto de visitação turística da região. Cachoeiras menores são formadas em outros pontos dos paredões com sinais evidentes de desgaste local da rocha e ampliação das fraturas como resposta à percolação da água que funciona como um fator condicionador e acelerador do processo de intemperismo permitindo uma maior e mais fácil movimentação dos prismas individualizados pelo sistema de faturamento local. Estes processos contribuem para a instabilidade local de alguns trechos do cânion tornando-os suscetíveis a movimentos gravitacionais de massa, nomeadamente os acima mencionados.

A própria natureza e condição de um cânion por si só já descarta a probabilidade de risco zero para atividades ali desenvolvidas já que processos de movimentos gravitacionais de massa complexos, intensos, dinâmicos e que evoluem diariamente na área estão inseridas nas características próprias e particulares nesse tipo de ambiente geológico natural.

2. OBJETIVOS E METODOLOGIA

OBJETIVO GERAL

Em áreas de relevo acidentado e íngreme que constituem locais de forte atrativo turístico faz-se necessário a realização de diagnóstico técnico-científico, e mais especificamente do tipo geológico-geotécnico, para caracterização e diagnóstico do grau de suscetibilidade a riscos de movimentação de massa para subsidiar tomada de decisão quanto à utilização segura da área para o turismo local.

O presente relatório tem por objetivo maior apresentar o resultado dos estudos realizados em campo entre os dias 14 e 25/02/2022 na porção do leito do rio Poti correspondente à feição de cânion, em seu trecho mais expressivo e situado na área inserida no Parque Estadual do Cânion do Rio Poti. Os estudos e investigações geológico-geotécnicas realizados em campo foram executados por pesquisadores em geociências do Serviço Geológico do Brasil-CPRM especialistas em riscos geológicos já mencionados.

Objetivos específicos

Dentre os principais objetivos específicos podem ser citados:

- Identificação das áreas com suscetibilidade a risco geológico;
- Estratigrafia das áreas com maior potencial a movimentos de massa.
- Dados de cobertura e uso do solo nas imediações dos paredões mais críticos a desmoronamento.
- Registrar e caracterizar as principais áreas visitadas por turistas, indicadas pela Defesa Civil Municipal ou autoridade competente, que contenham áreas suscetíveis a ocorrências de processos geológicos que possam culminar em desastres, colocando em risco população que frequenta tal localidade.

- Subsidiar os administradores e órgãos públicos na tomada de decisões voltadas à prevenção, mitigação e resposta a desastres provocados;
- Contribuir com a definição de critérios para disponibilização de recursos públicos destinados ao financiamento de intervenções nas áreas afetadas por movimentos de massa, enchentes, inundações e enxurradas.

É importante ressaltar que:

Os resultados expostos no presente relatório representam as 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 no município, mas sim uma caracterização apenas das áreas, habitadas ou não, que receba turistas em regiões suscetíveis a algum processo geológico (queda, rolamento ou tombamento de blocos, deslizamentos, inundações, erosões). Desta forma, não se descarta a possibilidade de existirem no município outras áreas de risco geológico não incluídas neste trabalho.

METODOLOGIA

As ações de mapeamento de risco geológico na área do cânion do rio Poti foram executadas com coleta de dados e particularidades 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 usuários.

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, acrescido de levantamento bibliográfico, foram analisadas para posterior identificação e caracterização de pontos com eventuais fragilidades que possam configurar riscos potenciais.

Nos trabalhos de campo, foram empregados métodos expedidos para descrever detalhadamente o contexto estrutural da escarpa, incluindo identificação e interpretação dos *sets* de fraturas e sua correlação com processos de cimentação, lixiviação e crescimento de raízes *in loco*.

Por fim, da estreita relação entre risco e perigo encontrado em Projeto GIDES (2018) e Tominaga (2012) foi desenvolvido uma análise das feições geológicas, processos erosivos, movimento de massa ou instabilidade de encostas para posterior indicação quanto ao perigo, vulnerabilidade e dano potencial encontrado em cada trecho analisado (Cartograma em anexo).

3. 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 a ocorrência de processos geológicos ligados a desastres;
- Embasar a elaboração de planos de contingência;
- Auxiliar a 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;

- 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;
- Determinar a energia, alcance e trajetória de movimentos de massa, enxurradas e inundações.

4. DESCRIÇÃO DO EVENTO

Os trabalhos foram motivados por solicitação via Ofício da SEMAR-PI, referido no item 1 Apresentação, fundamentado na necessidade de “*um diagnóstico referente à situação geológica das estruturas que compõem o vale rochoso no local, em especial, onde se concentram os passeios turísticos*” (trecho transcrito do ofício referido). Essa inspeção foi fundamentada a partir dos acontecimentos em Capitólio-MG em área com características e uso semelhantes.

4.1 Avaliação da Variação do Nível do Rio Poti

Considerando as estações fluviométricas existentes na área do Parque do Cânion do Poti, a que está mais próxima da área em estudo é Bebedouro, código nacional 34742000, instalada no rio Poti em abril de 2014. A estação faz parte da Rede Hidrometeorológica Nacional - RHN, sendo mantida pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA e operada pela Residência de Fortaleza do Serviço Geológico do Brasil – REFO/SGB-CPRM. A localização das estações próximas ao Parque é mostrada na Figura 04.



Figura 4 - Estações fluviométricas próximas ao Parque do Cânion do Poti.

Na estação, além do monitoramento do nível são realizadas medições de descarga líquida e avaliação da qualidade da água. Desde a sua instalação a estação também dispõe de uma plataforma de coleta de dados (PCD), que permite a transmissão horária dos dados coletados com discretização de 15 em 15 minutos.

Os dados do monitoramento convencional podem ser obtidos no Portal Hidroweb, ferramenta do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH) mantido pela ANA para disponibilização dos dados da Rede Hidrometeorológica Nacional.

O cotograma de níveis médios mensais e as envoltórias de cotas máximas e mínimas observados na estação entre 2014 e 2021 estão apresentados na Figura 05. Como se pode perceber, as cotas médias sofrem pequena variação ao longo do ano, com o maior valor ocorrendo em abril, 223 cm, e o mínimo em setembro, 140 cm. Em relação às envoltórias, a cota máxima foi observada em março, 749 cm, enquanto a mínima histórica, 124 cm, foi registrada em diversos meses, tanto no trimestre agosto-outubro, período mais seco, quanto no mês de fevereiro, durante o período mais chuvoso na região.

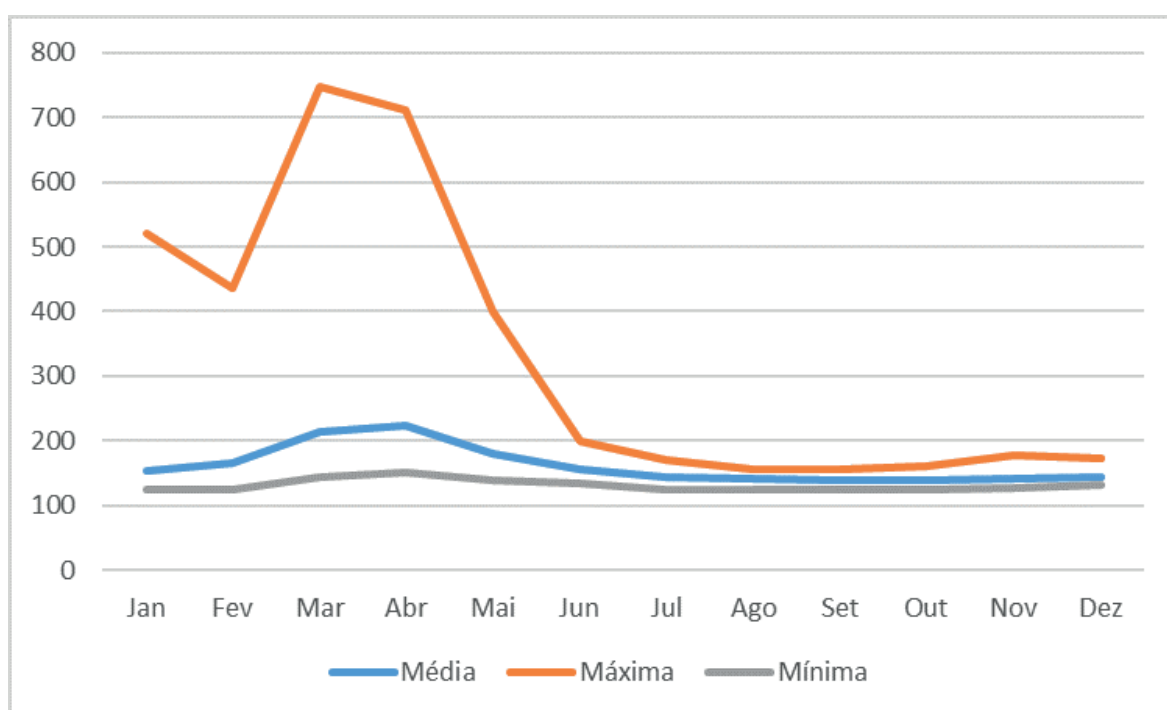


Figura 5 - Cotogramas da estação fluviométrica Bebedouro (34742000).

Considerando a pequena extensão da série de dados, optou-se por realizar uma análise estatística a partir do ajuste de distribuição teórica de probabilidades para avaliar as cotas máximas e mínimas esperadas para diversos tempos de recorrência. O tempo de recorrência corresponde ao tempo médio, em anos, em que um evento extremo, de máximo ou de mínimo, é igualado ou superado.

Tanto para a série de cotas máximas quanto para a de cotas mínimas, optou-se pelo ajuste de uma distribuição Gumbel. Também conhecida como Fisher-Tippet tipo I, ou ainda dupla exponencial, a distribuição de extremos do Tipo I é a distribuição extremal mais usada na análise de frequência de variáveis hidrológicas (Naghettini e Pinto, 2007).

A função de probabilidades acumulada de uma distribuição Gumbel pode ser expressa por:

$$(1-P) = e^{-e^{-Y}} \quad (\text{Equação 1})$$

onde:

$$Y = \frac{X - X_m}{0,7797 \cdot \sigma} \quad (\text{Equação 2})$$

sendo: $(1 - P)$ a probabilidade da variável X ser maior ou igual a um dado valor; e é base dos logaritmos Neperianos; X é a vazão máxima anual; X_m é o parâmetro de posição da distribuição de Gumbel dado por:

$$X_m = \bar{X} - 0,45 \cdot \sigma \quad (\text{Equação 3})$$

onde: σ é o desvio padrão e " \bar{X} " é a média da série de cotas máximas/mínimas anuais.

Tomando-se a transformada bi logarítmica da Equação 1 tem-se:

$$Y = -\ln(-\ln(1-P)) \quad (\text{Equação 4})$$

Considerando-se uma certa probabilidade de excedência, pode-se calcular o valor anual associado por:

$$X = 0,7797 \cdot \sigma \cdot Y + X_m \quad (\text{Equação 5})$$

A Tabela 01 apresenta a série de cotas máximas e mínimas anuais, bem como os valores de média, desvio padrão e moda, de acordo com os dados observados do rio Poti em Bebedouro (34742000). Já a Tabela 02 traz as cotas esperadas para diversos tempos de recorrência de acordo com as distribuições ajustadas.

Tabela 01 - Série de cotas máximas e mínimas anuais em Bebedouro (34742000).

Ano	Cota (cm)	
	Máxima	Mínima
2014	-	124*
2015	246	129
2016	520	133
2017	437	127
2018	712	124
2019	443*	146*
2020	749	143
2021	440*	-
Média	507	132
Desvio Padrão	174,3	8,9
Moda	428,3	128,3

Tabela 02 - Cotas máximas e mínimas para diversos tempos de recorrência (TR).

TR	Cota (cm)	
	Máxima	Mínima
2	478	131
5	632	125
10	734	122
15	792	121
20	832	121
25	863	120
50	959	119
100	1054	118

Conforme os dados da Tabela 02, há pouca variação em termo de cota mínima. Ao contrário, a cota máxima sofre grande influência da raridade do evento. Considerando a probabilidade de excedência de 50%, que corresponde ao tempo de retorno de 2 anos, a amplitude esperada seria da ordem de 3,47 m, com a cota variando entre 1,31 m e 4,78 m.

A amplitude cresce de acordo com o tempo de recorrência, chegando a 6,12 m para 10 anos, 7,43 m para 25 anos e 9,36 m para 100 anos.

Ressalta-se que os valores devem ser considerados em relação à ordem de grandeza, dada a pequena extensão da série histórica disponível.

1. Análise da Ocorrência de Chuvas Intensas

Chuvas intensas são aquelas que registram um grande volume de água precipitado em um curto espaço de tempo (DAVIS, 2000). A avaliação de sua ocorrência é importante devido ao grande poder erosivo associado às mesmas, bem como à possibilidade de gerar eventos extremos de escoamento superficial.

A intensidade de uma precipitação representa a velocidade com que ela ocorre, sendo dada pela razão entre a altura precipitada, em geral expressa em milímetros, e a duração da precipitação, usualmente tomada em minutos ou horas. Por outro lado, as chuvas são mais intensas quanto menor for sua frequência de ocorrência, ou seja, quanto maior for seu tempo de recorrência.

Davis (2000) apresenta uma série de limites para que uma chuva seja considerada intensa em função de sua altura precipitada e da sua duração. Para chuvas com duração de 24 h, o valor mínimo a ser considerado é de 55 mm.

Tendo em vista a limitação de dados pluviográficos na região do Parque Estadual do Cânion do Poti, trabalhou-se com os dados de precipitações diárias acumuladas registradas a partir de pluviômetros.

Consultando o banco de dados a ANA, identificou-se que a estação pluviométrica que melhor caracteriza a chuva na área do Parque de acordo com os polígonos de Thiessen é a estação Oiticica (541012), conforme mostrado na Figura 06.

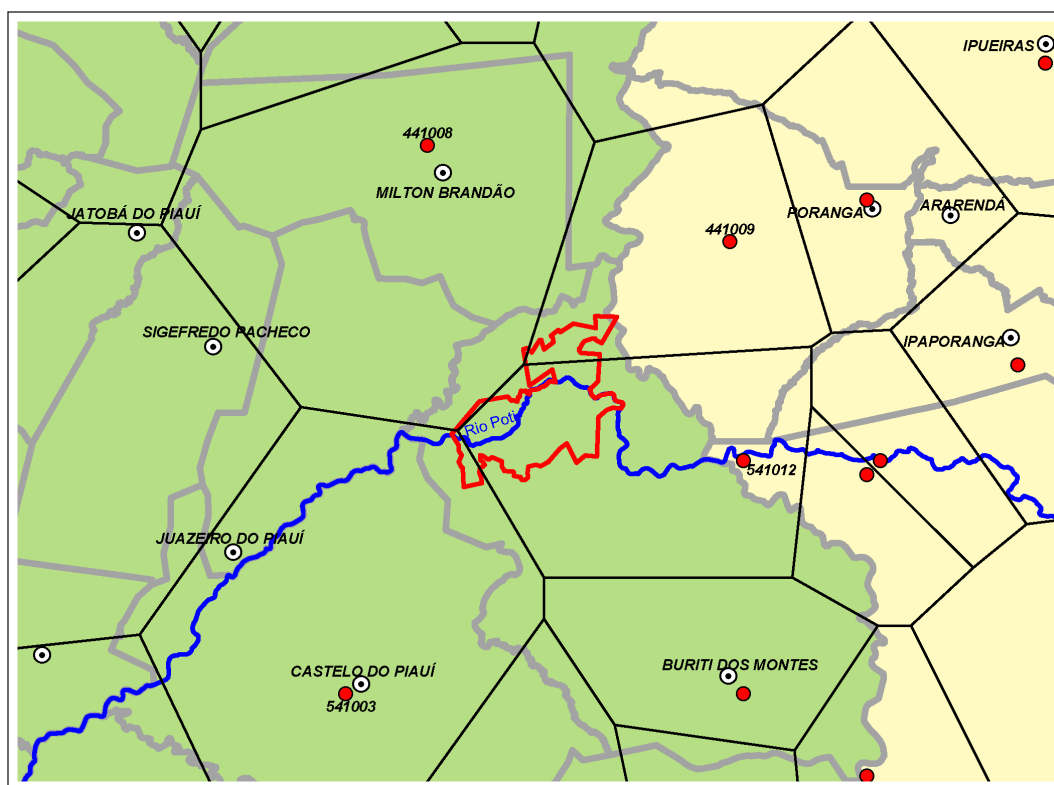


Figura 6 - Pluviômetros existentes nas proximidades do Parque e área de influência de acordo com os polígonos de Thiessen.

A Estação Oiticica foi instalada pela SUDENE em 1962 na cidade de Crateús, no estado do Ceará, tendo funcionado até o ano de 1988. Os valores mensais disponíveis no Hidroweb estão apresentados na Tabela 03.

Tabela 03 - Precipitações mensais observadas na estação Oitiica (541012).

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1962	94,4	38,3	109,9	31,5	41,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	88,0	403,8
1963	363,8	189,7	341,8	125,5	0,0	0,0	0,0	2,4	0,0	5,6	0,0	104,9	1133,7
1964	164,6	71,8	183,9	262,4	43,2	7,4	0,0	4,0	0,0	0,0	0,0	7,0	744,3
1965	54,4	136,4	306,7	238,9	49,8	7,6	0,0	0,0	0,0	12,0	0,0	0,0	805,8
1966	19,0	223,0	54,6	163,0	16,0	5,5	10,4	0,0	2,8	0,0	78,0	71,9	644,2
1967	84,1	126,8	178,5	184,3	84,5	12,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,2	86,4	761,8
1968	67,1	55,4	144,0	149,6	111,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	32,6	88,5	648,7
1969	99,1	139,3	257,5	53,2	35,9	21,9	12,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	619,8
1970	49,1	91,9	142,0	43,9	5,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	57,6	0,0	390,5
1971	142,4	19,4	161,6	148,9	41,8	22,4	0,8	5,2	0,0	15,5	0,0	12,6	570,6
1972	58,1	35,7	82,6	126,0	17,6	0,3	0,0	8,1	0,0	0,0	0,0	107,3	435,7
1973	127,6	139,6	79,1	363,0	60,8	38,7	41,4	0,0	4,3	12,3	6,8	135,7	1009,3
1974	252,3	114,2	157,4	357,2	168,8	5,0	0,0	0,0	6,2	2,9	0,0	70,5	1134,5
1975	66,4	101,9	382,2	243,6	68,1	61,1	37,2	3,0	0,0	4,5	4,0	60,4	1032,4
1976	25,8	282,6	113,5	128,8	11,4	26,8							
1977													
1978									32,1	0,0	17,6	69,8	
1979	101,7	140,9	85,8	203,4	64,2	5,4	0,0	15,2	0,0	0,0	49,8	36,2	702,6
1980	94,8	230,9	40,8	16,6	0,0	5,4	0,0	0,0	0,0	0,0	12,6	6,8	407,9
1981	86,6	20,0	346,0	89,4	0,0	0,0	0,0	1,4	0,0	0,0	0,0	85,6	629,0
1982	61,5	81,0	99,4	70,5	16,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	40,5	368,9
1983		120,2	51,6	35,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,4	
1984	81,8	98,2	238,2	276,0	53,4	0,0	0,0	0,0	0,0	100,5	0,0	0,0	848,1
1985	192,0	272,0	577,0	499,0	77,0	61,0	15,5	3,5	0,0	0,0	0,0	165,4	1862,4
1986	134,0	156,4	340,3	107,4	21,0	63,4	0,0	12,0	0,0	0,0	4,0	0,0	838,5
1987	15,0	139,0	271,0										
1988	131,0	117,0	535,0	130,0								95,0	
Média	106,9	125,7	211,2	168,6	42,9	15,0	5,4	2,5	2,0	6,7	11,7	55,9	754,4

Fonte: ANA.

A precipitação média anual é da ordem de 754 mm, dos quais 94,3% ocorrem no semestre dezembro-maio. O mês mais chuvoso é março, representando, em média, 28,0% do total anual. O trimestre mais chuvoso é fevereiro-abril, contemplando 67,0% da chuva anual média. Por outro lado, o mês menos chuvoso é setembro, representando apenas 0,3% do total anual.

Para a análise da ocorrência de chuvas intensas, foram trabalhadas três classes:

- I) Chuvas intensas – ao menos 55 mm precipitados no dia;
- II) Chuvas muito intensas – ao menos 75 mm precipitados no dia;

III) Chuvas extremamente intensas – ao menos 100 mm precipitados no dia.

Tomando-se a série histórica de precipitações diárias, identificou-se a ocorrência das chuvas intensas de acordo com as classes definidas, obtendo-se os valores apresentados na Tabela 04. Já a Tabela 05 apresenta a frequência de ocorrência de ao menos um evento de cada classe por ano.

Tabela 04 - Ocorrência de chuvas intensas na estação Oiticica (541012).

Ano	Nº de Ocorrências		
	Chuvas Intensas (≥ 55 mm)	Chuvas Muito Intensas (≥ 75 mm)	Chuvas Extremamente Intensas (≥ 100 mm)
1962	0	0	0
1963	5	0	0
1964	1	0	0
1965	2	0	0
1966	3	0	0
1967	1	0	0
1968	1	0	0
1969	2	0	0
1970	0	0	0
1971	1	1	1
1972	0	0	0
1973	3	1	1
1974	3	0	0
1975	4	2	0
1976	-	-	-
1977	-	-	-
1978	-	-	-
1979	2	1	0
1980	1	1	0
1981	1	1	0
1982	1	0	0
1983	-	-	-
1984	2	1	1
1985	11	6	2
1986	4	2	0

Tabela 05 - Frequência de ocorrência de chuvas intensas na estação Oiticica (541012).

Número de Anos	%	
Série Histórica	21	100,0
Chuvas Intensas	18	85,7
Chuvas Muito Intensas	9	42,9
Chuvas Extremamente Intensas	4	19,0

5. RESULTADOS – ANÁLISE DE RISCO

Os resultados obtidos pelo estudo realizado estão relatados a seguir.

Instabilidade e suscetibilidade dos paredões em áreas de relevo íngreme são características e atributos inerentes e sempre presentes nessa forma do terreno, não representando, por si só, um problema tendo em vista que estas áreas constituem paisagens exuberantes e atrativas para milhares de visitantes. O problema ou demanda por cuidado passa a existir em função do uso e forma de ocupação dessas áreas. A ocorrência de acidentes não tem como tomada de decisão imediata o isolamento ou impedimento de acesso mas, decisiva e prioritariamente, de ordenar as formas seguras de seu uso. A necessidade de acompanhamento e avaliação contínua de risco geológico de formações rochosas de forte atrativo paisagístico deve constituir-se numa prática em áreas que se tornam destinos turísticos.

A identificação de risco eventual não impossibilita a atividade turística nesses locais mas exige prática segura quanto aos locais ou trechos com boa e segura trafegabilidade. A recomendação é que a estruturação e definição de qualquer rota nesses locais passem, ou deveriam passar, por um mapeamento prévio de risco geológico.

A ação conjunta dos diferentes *sets* de fraturas associados aos lineamentos Transbrasiliano e Picos-Santa Inês é responsável por locais de alta permeabilidade formando condutos verticais planares por onde a água pode atingir certas porções internas do maciço rochoso, diminuindo a coesão da rocha e individualizando e fragilizando blocos que se movimentam por ação da gravidade ou da inclinação das camadas, resultando em colapsos do meio da encosta para a base ou do maciço como um todo.

Foram observados diversos pontos de formação de reentrâncias e saliências rochosas resultantes da ação da água que penetra na rocha, ou mesmo escorre por sobre a encosta, e que em ação conjunta com a base escavada do paredão potencializa quedas e deslizamentos de blocos, predominantemente. Este processo resulta na formação de depósitos do material colapsado na forma de blocos decimétricos a métricos e que, dependendo do ponto, altura e inclinação da vertente, podem atingir o leito do rio ou posicionarem-se muito próximos à margem de ambos os lados configurando áreas de risco.

O forte controle estrutural observado segundo dois sistemas com assinaturas de disposição NE-SW e NW-SE, predominantemente, para além de exercer uma forte compartimentação do maciço com individualização de prismas rochosos, planos de fraturas bem expostos e marcados pela lixiviação, atua 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.

A identificação e sinalização da(s) área(s) de maior perigo e risco foi delimitada, considerando os conceitos de Severo (2005), Lima *et al.*, (2020), Projeto GIDES (2018) e Tominaga (2012a), com base no levantamento de dados em campo como feições erosivas e de pré-colapso, fraturas, deslocamentos, tombamentos, deslizamentos, blocos em balanço e cicatrizes de colapso, dentre outras.

Necessário se faz chamar a atenção para o risco oferecido pelos blocos soltos no topo das vertentes quando nesses locais são desenvolvidas atividades esportivas, como a prática de rapel fortemente disseminada na região pesquisada. Os locais e números de blocos em situação de instabilidade estão presentes de forma significativa. Este tipo de movimento de massa é de difícil previsão e incertezas quanto à(s) trajetória(s), para além da dificuldade quanto ao alcance por apresentarem movimentos rápidos e que podem ser potencializados ou induzidos por eventos climáticos e biológicos atuando de modo muito localizado.

Como referido na metodologia, as ferramentas básicas de definição do risco 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 em pesquisas nesse campo geológico-geotécnico foram possíveis de identificação deslizamento, rolamento, tombamento de blocos, queda de blocos e erosão pluvial. Para a identificação e caracterização dos movimentos de massa, foram consideradas as cicatrizes erosivas, feições pré e pós-colapsos, compartimentação estrutural do maciço rochoso e presença de blocos e camadas movimentadas.

5.1 Caracterização das áreas associadas a movimentos gravitacionais de massa

O estudo e caracterização de parte da área do cânion do rio Poti, englobada no Parque Estadual do Cânion do Rio Poti, uma Unidade de Conservação Integral, criada pelo decreto nº 17.429/2017, foi feito segundo uma divisão por trechos, em número de 15, conforme escala e cobertura mais adequada para geração de ortofotos a partir de voos com drone.

A descrição desses trechos está listada como se segue:

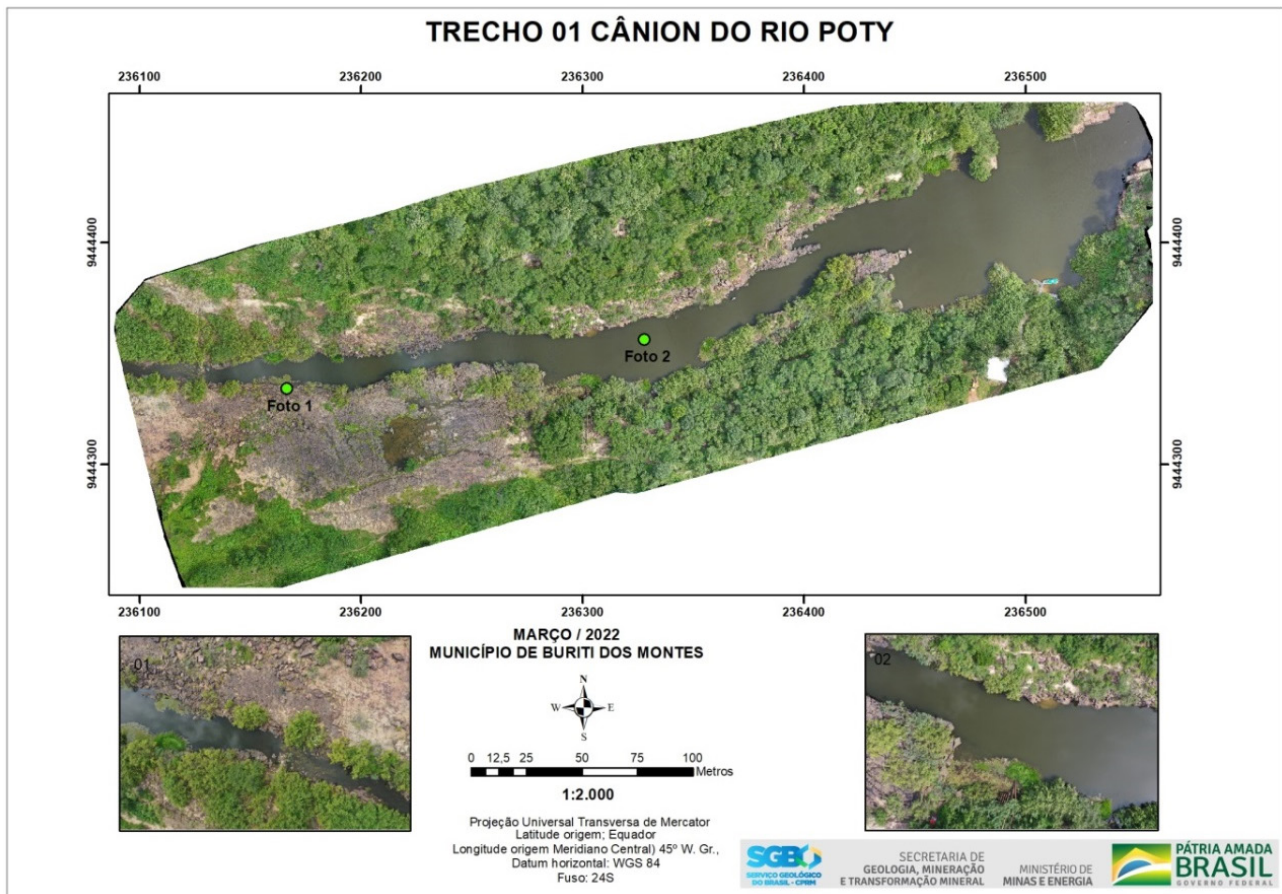


Figura 7 - Trecho 01 Cânion do rio Poti

Trecho 01 (Figura 07) onde o canal do rio apresenta uma menor profundidade aquém do ponto onde uma falha de gravidade se instala e o talvegue do rio começa a aprofundar em direção à cachoeira da Lembrada e onde fica bem evidente o forte controle estrutural na individualização de blocos ou prismas rochosos (Figura 08). Neste trecho a topografia das margens não sobressai no terreno e o encaixe do rio é menos irregular com decomposição da rocha e formação de uma cobertura de solo raso (Figura 09). Fica evidente a estreita relação entre drenagem e fraturas (Figura 10). Presença de muitos blocos soltos como resultado do dismantelamento rochoso resultado da ação conjunta de fraturas ortogonais e ação do intemperismo químico mas sem indicativo de risco iminente (Figura 11).



Figura 8 - Ponto com feição tectônica onde o leito do rio se posiciona ao nível do terreno.



Figura 9 - Margens do rio com relevo muito baixo das margens e formação de solo por decomposição das rochas



Figura 10 - Fraturamento das rochas com encaixe da drenagem.



Figura 11 - Desmantelamento da rocha por ação do forte fraturamento.



Figura 12 - Trecho 02 Cântion do rio Poti

Trecho 02 (Figura 12) de forte compartimentação rochosa com fraturas verticais a subverticais e horizontais com individualização de prismas de blocos de arenitos (Figura 13), com presença de material alterado nos contatos entre as camadas aqui configurando descontinuidades litológicas e rolamentos de blocos (Figura 14). As camadas da base ocorrem como arenitos tabulares sobrepostos por camadas areníticas mais espessas com estratificação cruzada acanalada com intercalações de camadas mais finas onduladas de arenitos (Figura 15). Presença de fraturas fechadas e abertas, estas com movimentos laterais dos blocos (Figura 16). É nítido o forte controle estrutural por fraturas individualizando blocos, deixando-os instáveis e potencializando movimentos dos mesmos pela encosta íngreme.



Figura 13 - Compartimentação rochosa por fraturas verticais a subverticais.



Figura 14 - Individualização de prismas com material alterado nas descontinuidades e rolamento de blocos.



Figura 15 - Fraturas abertas e fechadas com individualização e instabilização de blocos.



Figura 16 - Evidente controle estrutural em encosta rochosa suscetível a movimentação de massa.



Figura 17 - Trecho 03 Cântion do rio Poti

Trecho 03 (Figura 17) de paredões com declividade baixa, mas com blocos rolados nas proximidades da margem do rio (Figura 18) e presença de cicatrizes indicativas de queda de blocos. Ocorrência de blocos em balanço ou descalçados com fraturas verticais e suscetíveis a quedas (Figura 19). Camadas finas tabulares fraturadas com sinais de decomposição como resultado da erosão e blocos rolados de arenito das camadas superiores mais grosseiras e com estratificação cruzada acanalada (Figura 20). Presença de blocos tabulares individualizados. Fraturas verticais de direção predominante N10°W. Forte atuação do intemperismo químico (Figura 21).



Figura 18 - Encosta com inclinação baixa mas fortes sinais de movimentação de blocos.



Figura 19 - Encosta com inclinação média com rochas alteradas, fraturadas e cicatrizes de quedas de blocos. Presença de blocos rolados.



Figura 21 - Ritimitos basais, fraturados e presença de blocos roladas das camadas superiores. Presença de descontinuidades estruturais com sinais de intemperismo químico (decomposição).



Figura 22 - Fraturas verticais com blocos métricos mobilizados por instabilidade entre as descontinuidades que apresentam sinais de decomposição e solução dos materiais alterados.



Figura 20 - Trecho 04 Cântion do rio Poti

Trecho 04 (Figura 22) com presença de ritmitos basais com blocos tabulares de arenitos com estratificação cruzada acanalada, tombados, instáveis e em balanço em ambas as encostas das margens do rio (Figura 23). Encosta com indicativos de forte instabilidade dos blocos individualizados em prismas por fraturas horizontais e verticais. Presença de “casa de pedras” ou blocos em balanço instalados em área com intensa movimentação de blocos demonstrando a instabilidade rochosa nesse trecho (Figura 24). Ausência de sustentação basal em camadas do arenito formando blocos em balanço também observados na porção superior da encosta, ficando sujeitos a quedas por ação da gravidade (Figura 25). Ritmitos basais com alternância de arenitos médios a finos com argila e silte na forma de camadas tabulares centimétricas a milimétricas, definindo estratificação plano-paralela e onde geralmente se observam deslocamentos destas alternâncias rítmicas onde se instalam as denominadas “casa de pedras” utilizadas como abrigo temporário por pescadores locais. Locais estes que oferecem algum risco por conta dos deslocamentos (Figura 26).



Figura 23 - Fraturas verticais e horizontais, com blocos métricos mobilizados, instáveis, com cicatrizes de quedas de blocos em balanço sujeitos à ação da gravidade.



Figura 24 - Encosta com indicativos de significativa movimentação de blocos, com fraturas verticais e horizontais, estas favorecendo a alteração da rocha nas discontinuidades.



Figura 25 - Encosta movimentada com camadas descalçadas e blocos em balanço com sinais de decomposição de rochas e fragilidade entre camadas ao longo das discontinuidades.



Figura 26 - Ritmitos com predomínio de areia intercalada com finos, com espessamento das camadas arenosas para o topo. Visão de uma “casa de pedra”.

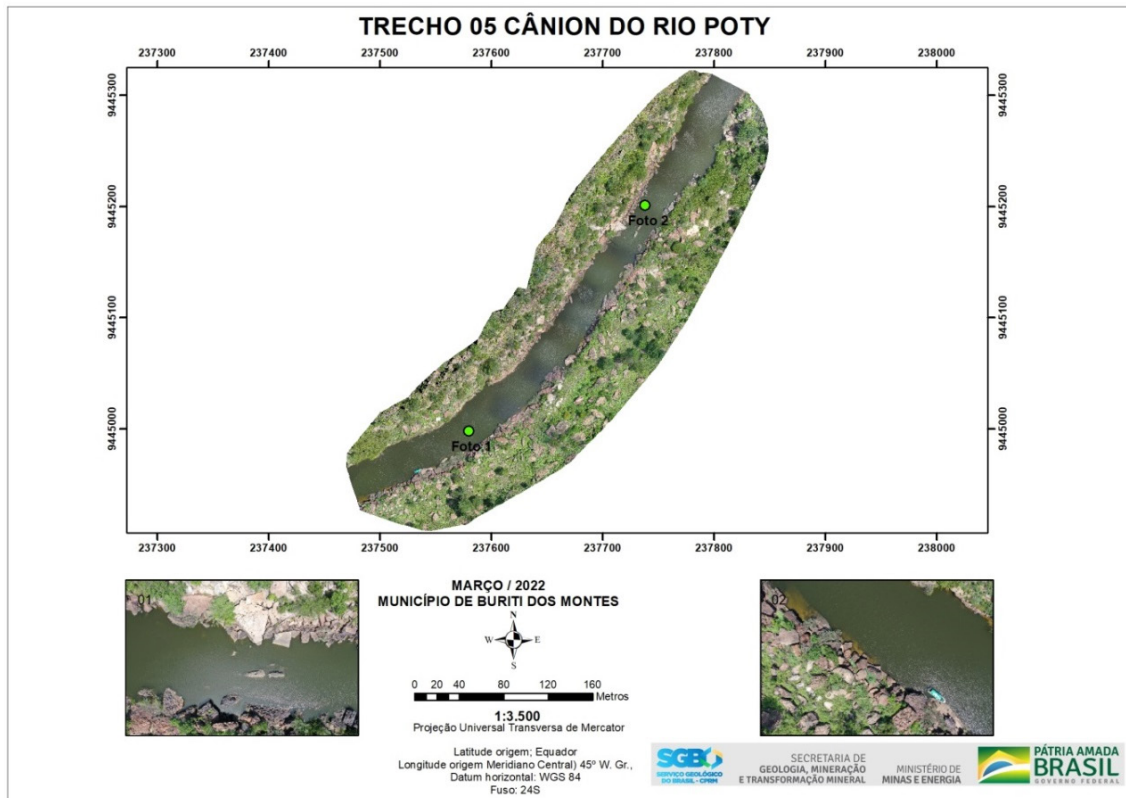


Figura 27 - Trecho 05 Cãnion do rio Poti

Trecho 05 (Figura 27) com encosta apresentando instabilidade de blocos, com tombamentos e blocos em balanço sujeitos a quedas por gravidade (Figura 28). A superfície de contato entre os blocos com estratificação cruzada acanalada de grande porte apresentam sinais de movimentação horizontal ao longo dos planos que parecem corresponder à fratura horizontal o que facilita o deslizamento e tombamento desses blocos (Figura 29). Muitos blocos em balanço sujeitos a quedas por ação da gravidade. Presença de fraturas abertas de modo bem expressivo. O número de blocos movimentados e instabilizados é expressivo a ponto de constituírem o que se denominaria de caos de blocos (Figura 30). Presença de cicatrizes de quedas de blocos e de decomposição do material nas descontinuidades entre camadas facilitando o escorregamento dos prismas individualizados pelas fraturas. Esse é um ponto com parada para banho não recomendado em período chuvoso. As fraturas apresentam orientações preferenciais N80°E, N90°E e N10°E (Figura 31).



Figura 28 - Encosta movimentada com camadas descalçadas e blocos em balanço com sinais de evidentes de instabilidade.



Figura 29 - Encosta movimentada com deslocamento e deslizamentos ao longo das descontinuidades intemperizadas pela ação da água que lubrifica e fragiliza este contato. Camadas mais espessas e intabilizadas no topo.



Figura 30 - Encosta movimentada com blocos em balanço e contatos entre camadas alterados, potencializando movimento de massa..



Figura 31 - Encosta íngreme, com camadas e blocos instáveis e rolados. Sinais de intemperismo e alteração do material rochoso e vegetação aproveitando as fraturas para sua instalação.

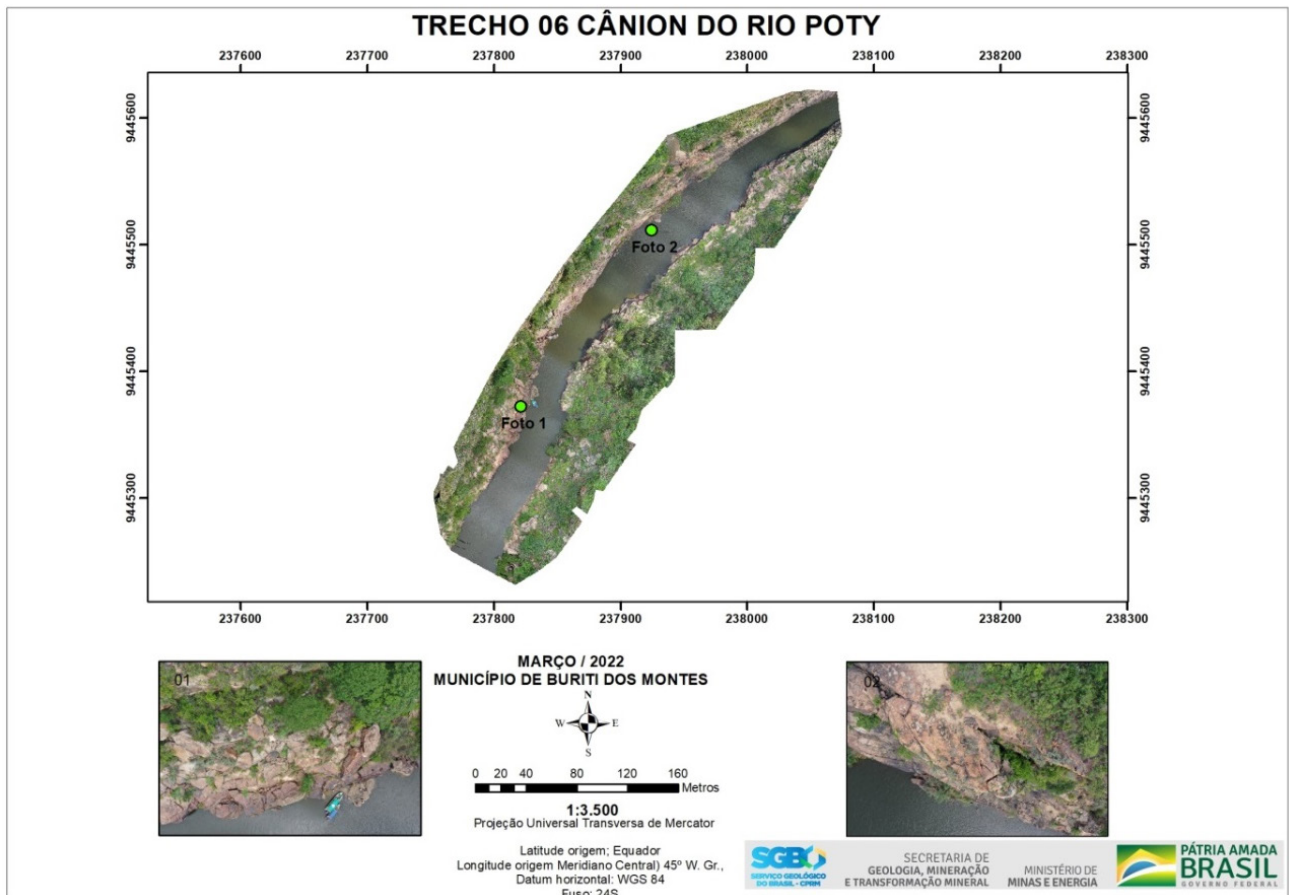


Figura 32 - Trecho 06 Cântion do rio Poti

Encosta íngreme, trecho 06 (Figura 32), com inclinação de 71°, com muitos blocos rolados à margem do canal e com probabilidade de escorregar no topo (Figura 33). Trecho com blocos em balanço no topo que sob efeito da gravidade podem cair. Fraturas abertas que individualizam blocos no topo de arenitos com camadas espessas (Figura 34). Encosta com fortes indicativos da ação erosiva da água, relevo negativo ou blocos em balanço ou casa de pedra utilizada pelos pescadores locais para descansar (Figura 35). A ação da água como agente erosivo é denotada pela retirada de material mais fino depositado entre as camadas de arenitos mais espesso, descalçando as camadas superiores que podem sofrer deslocamento. Em alguns pontos e de modo localizado observa-se cicatrizes de quedas de blocos por efeito da gravidade recentes que ainda não sofreram o efeito da ação da água por ausência de sinais de oxidação na superfície externa da rocha exposta (Figura 36).



Figura 33 - Encosta íngreme, fortemente alterada, com relevo negativo ao longo de todo o paredão e blocos no topo descalçados em forte condição de instabilidade.



Figura 34 - Encosta com blocos instáveis no topo e sinais indicativos de forte alteração erosiva ao longo de camadas mais frágeis. Camadas dos ritmitos da base com processos de deslocamento.



Figura 35 - Encosta fragilizada por efeito de ação erosiva da água, instabilizando blocos com tombamentos e deslocamento, com configuração de "casa de pedra".



Figura 36 - Encosta movimentada desde os ritmitos basais fraturados com deslizamento das camadas descalçadas e cicatrizes de queda de blocos recentes denotado por ausência de manchas de alteração.

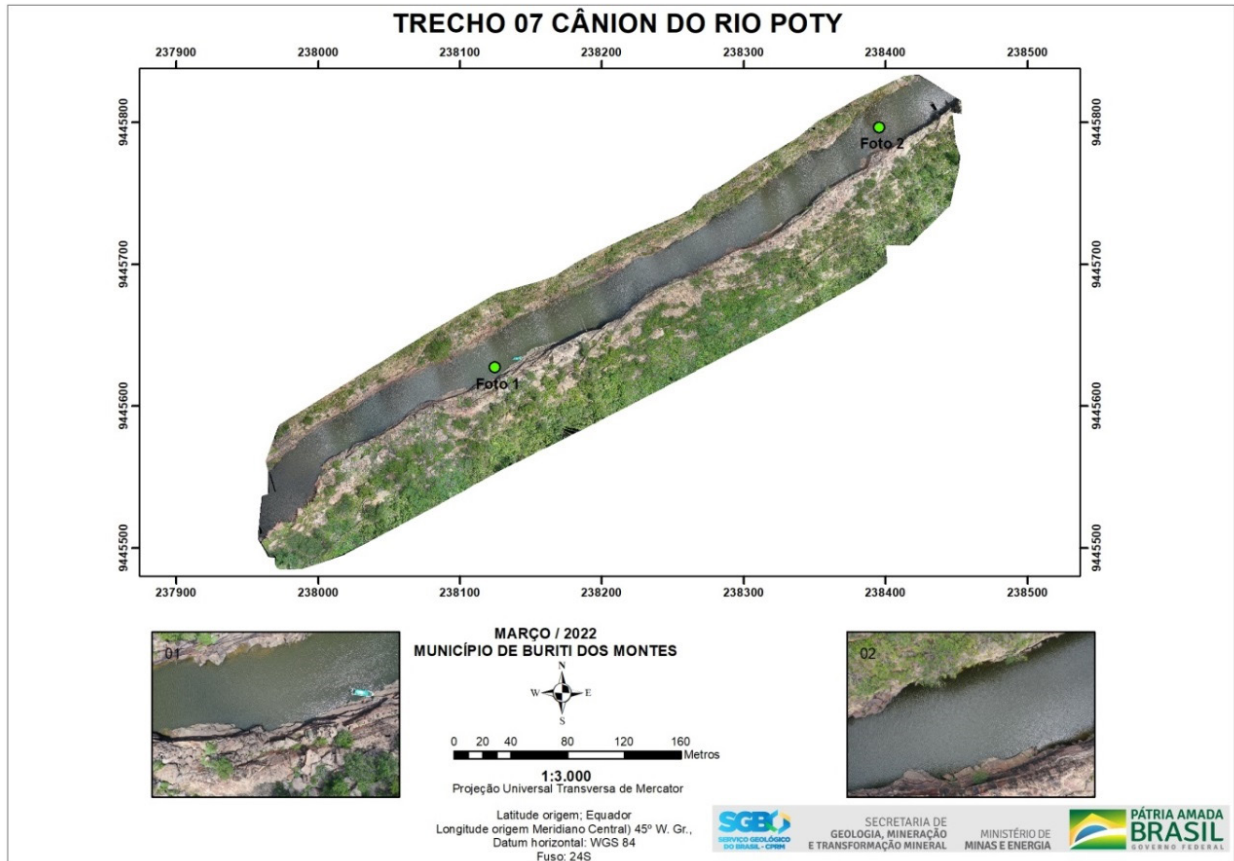


Figura 37 - Trecho 07 Cântion do rio Poti

Trecho 07 (Figura 37) com encosta íngreme com ritimitos na base e porção superior com camadas de arenitos com estratificação cruzada acanalada de grande porte com blocos soltos na porção superior e nítidas superfícies de discontinuidades com material alterado entre camadas o que possibilita a movimentação de blocos (Figura 38). Cicatrizes de queda de bloco recente, evidenciada pela ausência de manchas de oxidação no local, na porção média da encosta e outros com feições de forte instabilidade (Figura 39). Abrigos ou casa de pedras estão presentes e com dimensões consideráveis (Figura 40). Este é um trecho muito complicado, com muitos indicativos de movimentos de massa na encosta, instabilidade de blocos e blocos em balanço e sem sustentação e tendência para queda (Figura 41).



Figura 38 - Encosta movimentada desde os ritimitos basais fraturados com deslizamento das camadas descalçadas e cicatrizes de queda de blocos recentes com muitos blocos instáveis no topo.



Figura 39 - Encosta movimentada marcada por blocos em balanço na base e porção média, camadas descalçadas, rolamento de blocos e outros em forte instabilidade no topo.



Figura 41 - Paredão com blocos em balanço, forte deslocamento de grandes blocos com feições de “casa de pedra” ao longo de grande extensão da porção basal.



Figura 42 - Encosta com fortes sinais de movimentação de massa com blocos em balanço instáveis, descontinuidades alteradas e blocos instáveis no topo.

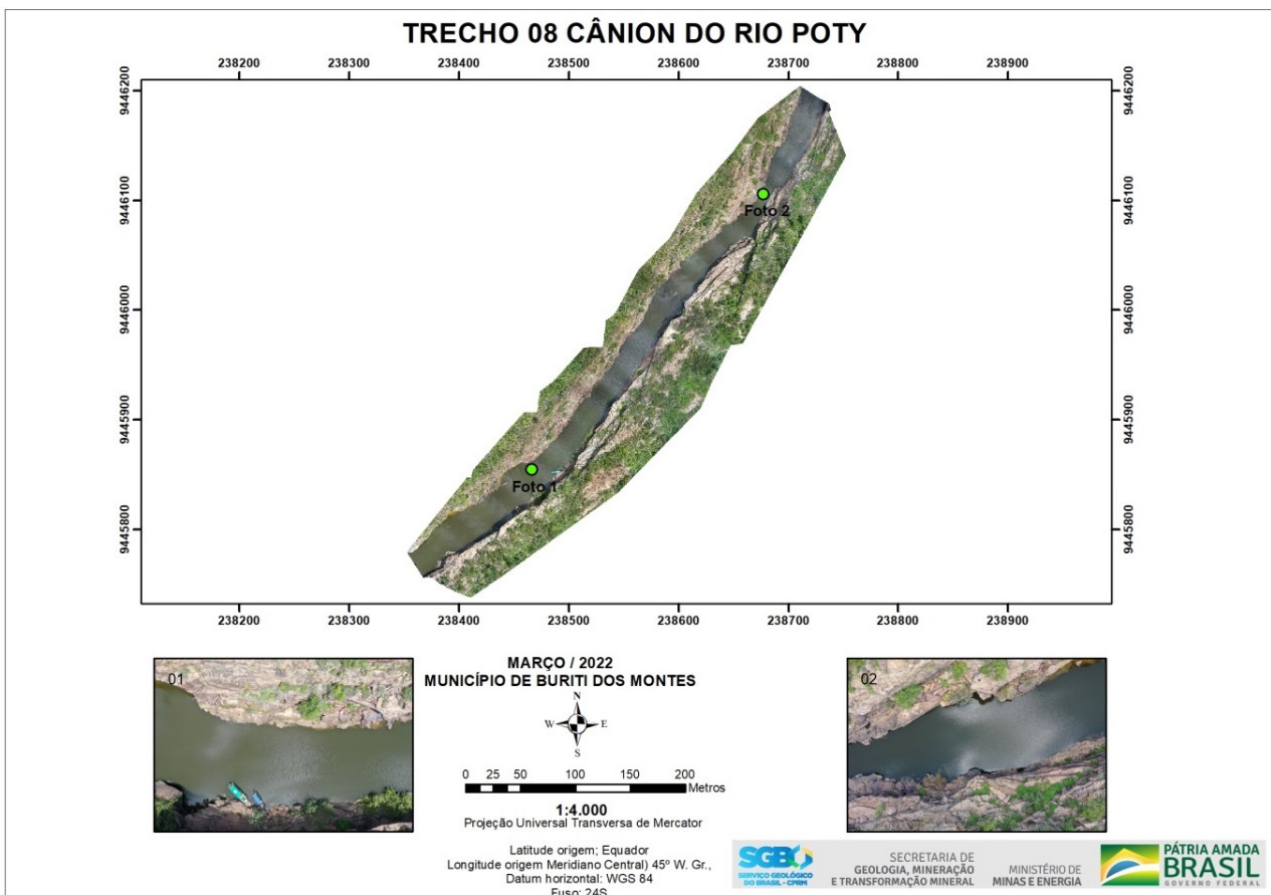


Figura 40 - Trecho 08 Cânion do rio Poty

Trecho 08 (Figura 42) com encosta fortemente inclinada, quase vertical, com cicatrizes de queda de bloco recente, evidenciada pela ausência de manchas de oxidação no local, na porção média da encosta (Figura 43). Ocorrência de relevo negativo gerado por queda de blocos sob ação da gravidade e outros na eminência de tombarem (Figura 44). Individualização de camadas compartimentadas em prismas por ação do encontro de fraturas verticais e horizontais, gerando fragilidades dos mesmos e probabilidade maior de quedas e escorregamento de blocos (Figura 45). A presença de camadas milimétricas de composição silto-argilosas, mais facilmente alteradas pela ação da água, intercaladas entre outras arenosas gera uma superfície de movimentação e instabilidade entre camadas (Figura 46).



Figura 43 - Encosta de forte inclinação, cicatrizes de quedas de blocos e camadas em balanço de ambos os lados da encosta com sinais de deslocamentos e deslizamentos de blocos.



Figura 44 - Encosta com forte instabilidade de blocos, relevo negativo nos pontos de "casa de pedra", blocos tombados no leito do rio e na encosta.



Figura 45 - Encosta íngreme com sinais de movimentação de massa por deslocamento, quedas e deslizamento de blocos.



Figura 46 - Movimentação de blocos individualizados pelo processo de fraturamento. A presença de camadas mais finas e plásticas, facilmente alterada e movimentada pela ação da água, gera superfície de deslizante entre camadas e movimentos de massa na encosta.

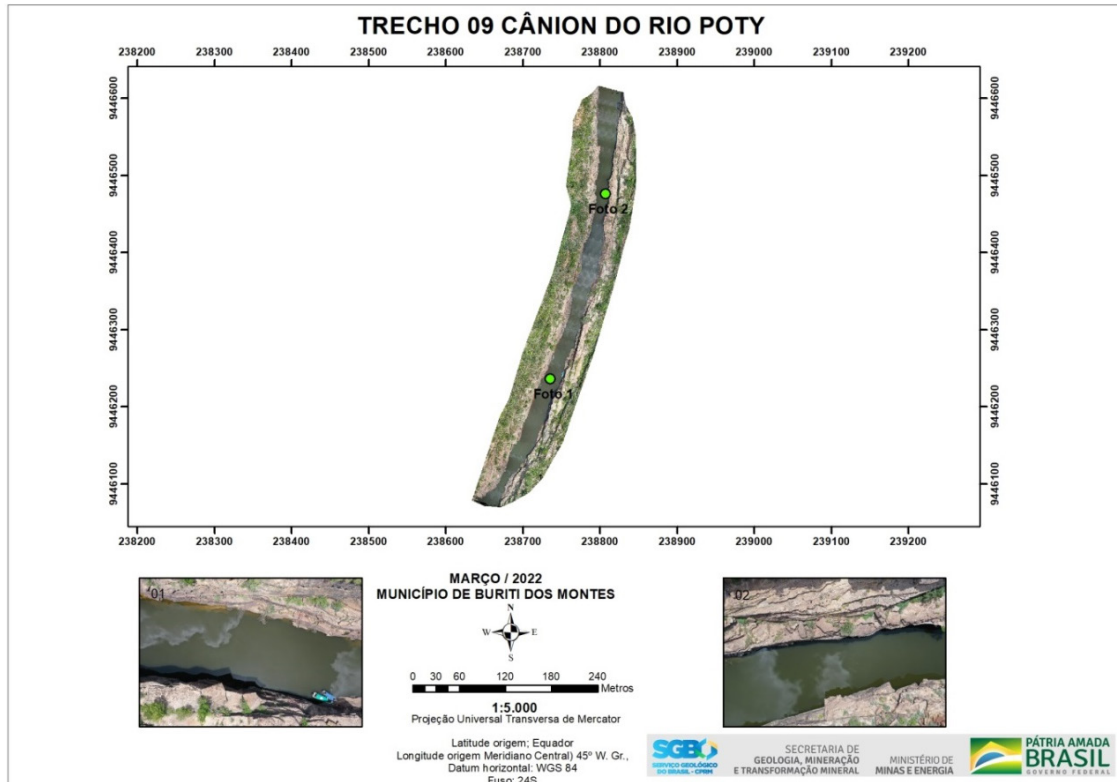


Figura 47 - Trecho 09 Cânion do rio Poti

Trecho 09 (Figura 47) com encosta com fortes indícios de movimentação de massa pela presença de blocos caídos, em balanço, tombados e cicatrizes de queda de blocos “recente” e sem sinais ou manchas de água e oxidação. Há uma concentração desses blocos caídos na borda das encostas laterais e íngremes do cânion (Figura 48). Este trecho, com parada para banho, é considerável o número de feições de movimentação de blocos na encosta, com relevo negativo ou casas de pedras ou blocos em balanço (Figura 49). Em outro ponto utilizado como área para banho neste mesmo trecho é significativa a presença de blocos instáveis na quebra de relevo da encosta e blocos em balanço ou cicatrizes de queda de blocos (Figura 50). Entre este trecho e o trecho 10 há um ponto de banho onde está situada uma extensa “casa de pedra”, nas proximidades de uma encosta íngreme fortemente movimentada com cicatrizes de queda de blocos na porção média e blocos instáveis no topo (Figura 51). Trecho com locais utilizados para banho e prática de rapel com encosta fortemente movimentada e, portanto, não recomendada em períodos chuvosos e pós-chuva, com necessidade de monitoramento.



Figura 48 - Encosta de elevada inclinação com movimentação de blocos, muito posicionando-se na borda do patamar do relevo com forte tendência a deslizar ou simplesmente tombar



Figura 49 - Encosta íngreme com cicatrizes de quedas de blocos e deslocamento para o que contribui a inclinação natural das camadas com estratificação cruzada acanalada bem marcada nos ritmitos basais.



Figura 50 - Superfície denotativa de quedas de blocos posicionados na quebra de relevo da encosta com forte tendência a movimentação; presença de blocos em balanço e ação da vegetação aproveitando as fraturas para se instalarem.



Figura 51 - Feição de relevo “casa de pedra”, denominação local para esses abrigos em rocha que constituem relevo negativo formado pelo deslocamento predominantemente nos ritmitos basais. Blocos no topo instáveis e com probabilidade de movimentação.

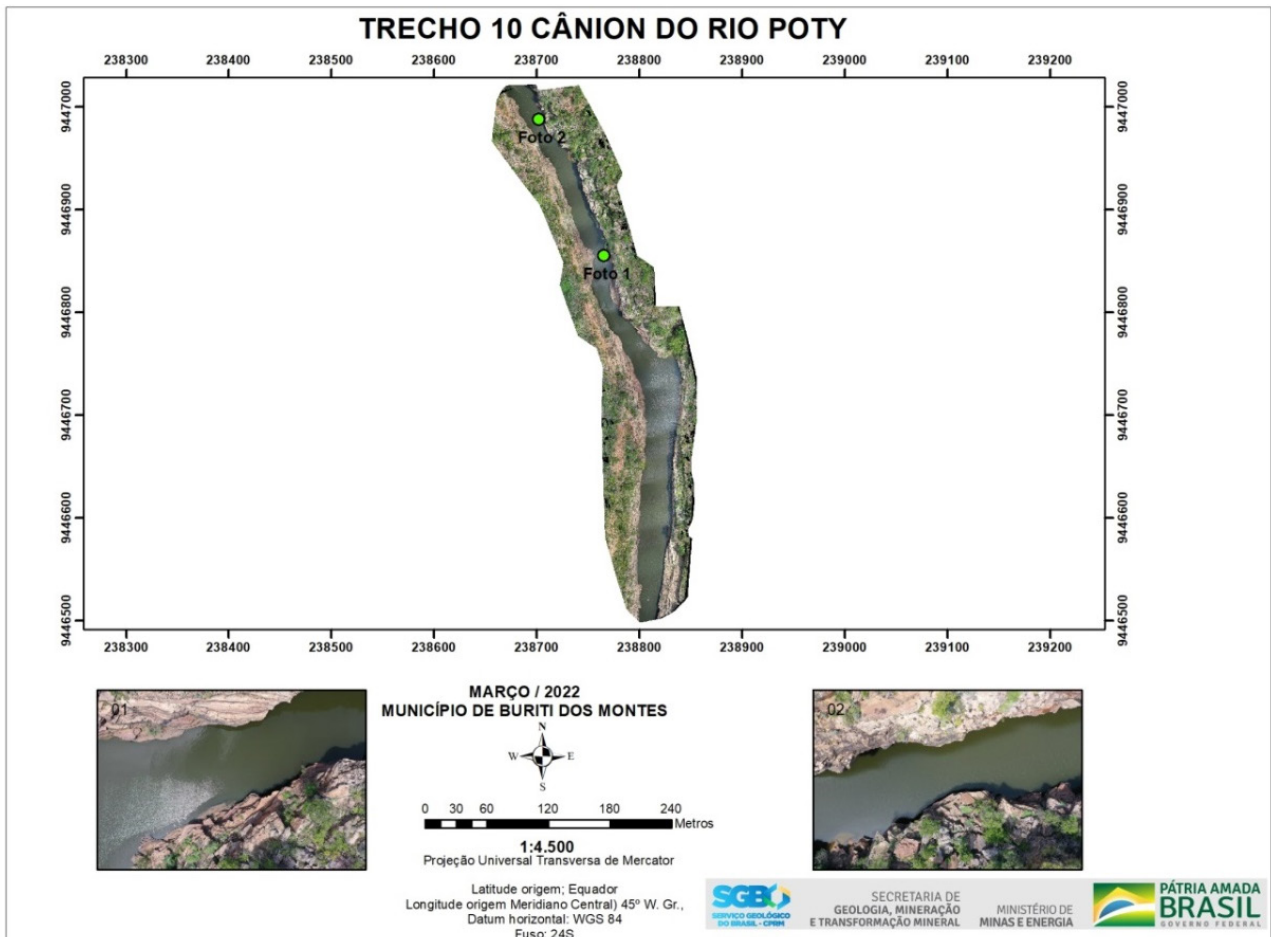


Figura 52 - Trecho 10 Cântion do rio Poti

Trecho 10 (Figura 52) marcado por feição de intemperismo biológico por ação das raízes de plantas instaladas nas aberturas das fraturas, com direção preferencial de N10°W (Figura 53). Este é um outro ponto de parada para banho onde são visíveis blocos rolados e soltos e completamente instáveis na porção média e superior da encosta (Figura 54) e indícios de forte ação dos processos de intemperismo físico e químico na individualização e instabilização de blocos nos paredões íngremes (Figura 55). Observa-se o forte efeito causado pela erosão da água na base da encosta ao deixar estas porções sem sustentação e com possibilidade de queda ou desmoronamento (Figura 56).



Figura 53 - Encosta movimentada por ação da tectônica local, com ação biológica da vegetação alargando e ocupando os pontos de fragilidade da rocha.



Figura 54 - Encosta com descontinuidade na forma de falha que movimentou o relevo, onde ocorre ação biológica da vegetação alargando as fendas e aproveitando para se instalarem. Forte ação da água sobre as camadas mais finas.



Figura 55 - Encosta movimentada por ação da tectônica local, com ação biológica da vegetação alargando e ocupando os pontos de fragilidade da rocha.



Figura 56 - Encosta com descontinuidade na forma de falha que movimentou o relevo, onde ocorre ação biológica da vegetação alargando as fendas e aproveitando para se instalarem. Forte ação da água sobre as camadas mais finas.



Figura 57 - Trecho 11 Cãnion do rio Poti

Trecho 11 (Figura 57) com encosta de inclinação elevada com presença de blocos soltos e instáveis no topo e outros tombados e basculados na base (Figura 58). Maciço rochoso bastante tectonizado com fraturas abertas, presença de abrigos, blocos em balanço e cicatrizes de queda de blocos (Figura 59). Nota-se a presença de blocos rolados desde o topo até a base da encosta neste trecho com sets de fraturas predominantemente verticais imprimindo feiçõs estrutrais de movimentação tectônica (Figura 60). Marcas de significativa ação erosiva da água gerando ravinas na encosta íngreme. Este trecho caracteriza-se pela presença significativa de blocos instáveis no topo de toda a encosta e sujeitos a processos de tombamento em local utilizado como abrigo (casa de pedra) (Figura 61).



Figura 58 - Encosta íngreme com sinais de forte movimentação por queda de blocos, deslocamento e deslizamento e ação erosiva da água na base.



Figura 59 - Encosta com descontinuidade na forma de fraturas abertas e forte ação da água com retirada de finos e instabilizando os planos de estratificação da rocha. Presença de blocos em balanço.



Figura 60 - Encosta com significativa individualização de prismas rochosos pelos sets de fraturas da base ao topo, com blocos instáveis e fortemente suscetíveis a movimentação.



Figura 61 - Marcar erosivas por ação da água no corpo da encosta que apresenta, ao longo de toda a extensão superior, presença de blocos instáveis rolados dos patamares anteriores ao vértice do paredão.

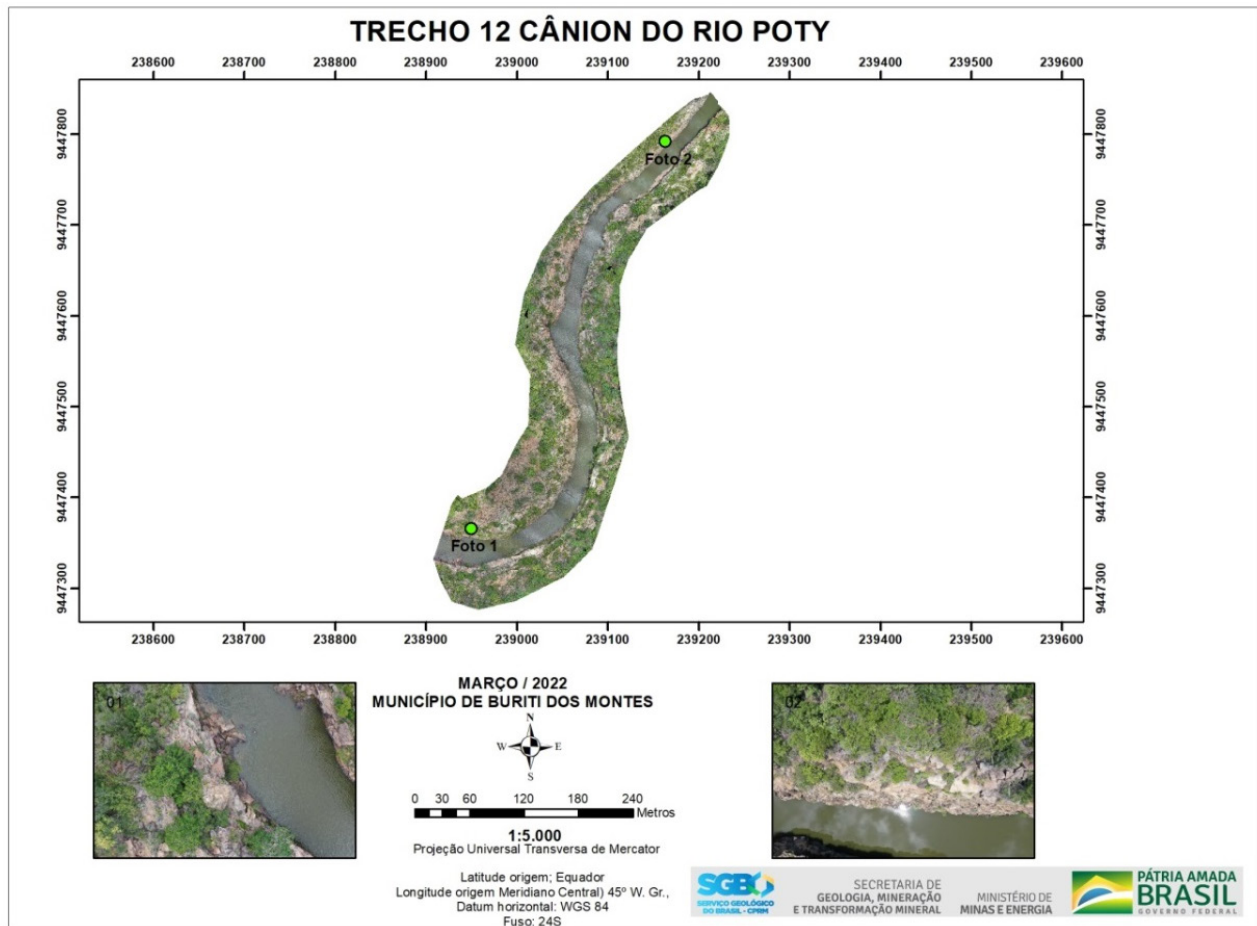


Figura 62 - Trecho 12 Cântion do rio Poti

Paredões subverticais do trecho 12 (Figura 62) com altura significativa e sinais de movimentação de blocos em queda sob o efeito da gravidade e deslocamento de camadas do arenito em local com presença de fraturas verticais. Presença de cicatriz de queda de blocos e de outros situados no topo da encosta instabilizados e na eminência de movimentação (Figura 63). Instabilidade em outros blocos potencializada pela ação da água ao atuar nas descontinuidades entre camadas. A ação da vegetação alargando as fraturas pode ser identificada na encosta, atuando como potencial agente erosivo e instabilizador de blocos (Figura 64). Cicatrizes de queda e deslocamento de blocos individualizados por fraturas ortogonais abertas e bem marcadas na encosta. Todo o topo da encosta apresenta sinais de forte movimentação com blocos individualizados e instáveis altamente suscetíveis a rolamentos (Figura 65). Marcas de feições da ação erosiva da água e de forte ação do intemperismo ao longo das descontinuidades entre camadas com decomposição dos níveis mais finos e silto-argilosos que aumenta a suscetibilidade a movimentação ao longo dessas descontinuidades que ficam, assim, lubrificadas e potencializam o deslizamento das camadas mais delgadas (Figura 66).



Figura 63 - Paredão de forte inclinação com fraturas verticais e horizontais definindo prismas rochosos suscetíveis a movimentação. Presença de blocos instáveis e em balanço por toda a porção superior da encosta.



Figura 64 - Encosta movimentada com blocos instáveis com desmoronamento na porção superior segundo linha de fraqueza da rocha. Vegetação instalada nas fraturas alargadas por erosão pluvial.



Figura 65 - Encosta movimentada com sinais de quedas de blocos e deslocamento de camadas tabulares. Topo da encosta significativamente ocupada por blocos instáveis e sujeitos a rolamento.



Figura 66 - Encosta com evidentes sinais da ação erosiva da água, alargando as fraturas e movimentando o material mais fino das descontinuidades com tendência a instabilização das camadas tabulares.

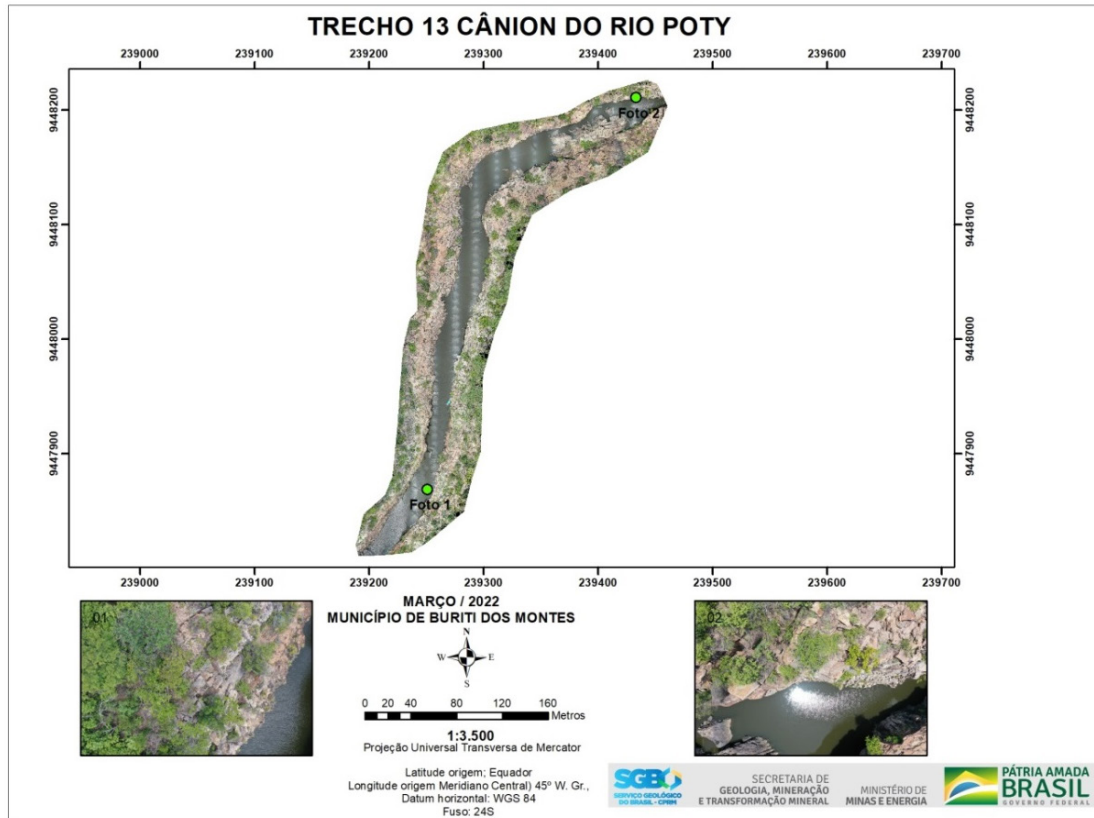


Figura 67 - Trecho 13 Cãnion do rio Poti

Paredões íngremes observados no trecho 13 (Figura 67) com sinais de forte movimentação, presença de blocos soltos instáveis na eminência de rolar e/ou deslizar e camadas sem sustentação em situação de relevo negativo com cicatrizes de queda de blocos. Os ritmitos basais apresentam-se fortemente instabilizados e sem sustentação inferior (estruturas em balanço) (Figura 68). Este ponto limita o trecho até onde o canal do cãnion pode ser utilizado para visitação. Este local é marcado pela presença de um bloco rochoso de dimensão considerável que caiu no leito do rio, obstruindo parcialmente a trafegabilidade a partir do mesmo. Há alguns metros antes deste ponto nota-se outra grande estrutura rochosa em condições de elevada fragilidade e instabilidade, submetido a forte faturamento vertical e horizontal, com descontinuidades entre camadas alteradas pela ação da água e sem sustentação na base erodida pela ação do movimento da água (Figura 69). O topo da encosta apresenta um índice de perigo de rolamento de blocos elevado. É muito evidente a forte ação erosiva



Figura 68 - Paredão íngreme fortemente movimentado com blocos rolados, tombados e deslizados das camadas mais delgadas da base e das mais espessas da porção média e superior. Os ritmitos basais apresentam-se fortemente instabilizados e sem sustentação inferior (blocos em balanço).



Figura 69 - Local individualizado por queda de bloco rochoso de dimensão considerável e que, praticamente, inviabiliza a passagem de embarcações maiores a partir deste ponto. Blocos de dimensões semelhantes encontram-se sem sustentação na base (blocos em balanço).

da água sobre os paredões, aproveitando a fragilidade do maciço rochoso nos pontos onde as fraturas verticais se instalam indo da base ao topo da encosta (Figura 70). Presença de feições erosivas por ação da água que escorre pela encosta, vinda de linhas de águas temporárias que se formam no terreno no entorno do cânion (Figura 71). Trecho que precisa de monitoramento e não utilização para paradas e banho.



Figura 71 - Encosta fortemente tectonizada com sets de fraturas da base ao topo com movimentação ao longo das mesmas. Observar blocos instáveis no topo e na porção média da encosta para além de cicatriz de queda de bloco. Porção inferior da encosta sem sustentação na base.



Figura 72 - Encosta sob forte ação erosiva da água e com sinais de quedas de blocos recentes por cicatrizes sem alteração química pela água. Observar blocos com instabilidade muito alta no topo.

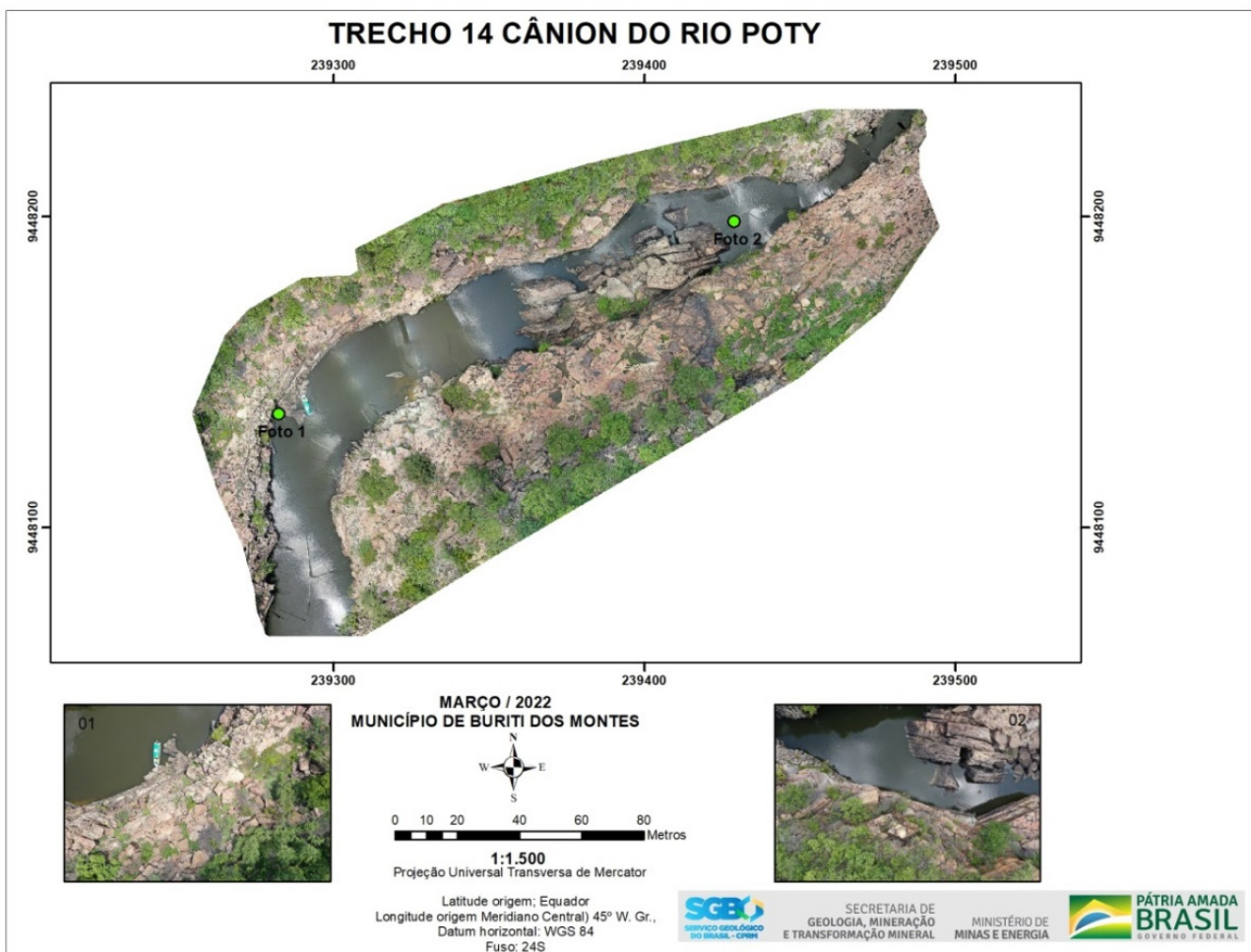


Figura 70 - Trecho 14 Cânion do rio Poti

Trecho 14 (Figura 72) mais estreito do cânion com fortes indícios de movimentação, instabilidade de blocos, cicatrizes de queda de blocos e muito fraturado (Figura 73). As fraturas verticais fechadas são responsáveis pela movimentação e instabilização de blocos no topo (Figura 74). Presença de cicatrizes de queda de blocos. O volume de água que desce pela encosta tem poder suficiente para alargar as fraturas, gerar feições erosivas típicas de erosão linear (marmitas ou panelões), alterar os perfis da vertente, canalizar e redirecionar fluxos de água, criar rupturas de declive, ravinamento, dentre outros (Figura 75). A superfície de separação entre camadas de arenito com estratificação cruzada acanalada parece funcionar como plano de fragilidade e movimentação entre blocos. Paredões com evidente desgaste erosivo na base pela ação da movimentação da água, facilitando a queda de blocos por gerar estruturas em balanço ou que sob o efeito da gravidade podem sofrer quedas de blocos (Figura 76). Trecho inadequado para visitação em período chuvoso.



Figura 73 - Encosta fortemente tectonicizada com sets de fraturas da base ao topo com movimentação ao longo das mesmas e fortes indícios de movimentação, instabilidade de blocos e cicatrizes de queda de blocos



Figura 74 - Encosta fortemente tectonicizada com sets de fraturas fechadas da base ao topo responsáveis pela movimentação e instabilização de blocos no topo.



Figura 75 - Encosta fortemente tectonicizada e sob a ação erosiva da água com formação de ravinamentos, retirada de material entre camadas e cicatrizes de queda de bloco.



Figura 76 - Encosta com blocos instáveis e na eminência de tombarem. Evidente desgaste erosivo e individualização de prismas rochosos suscetíveis a movimentação e deslizamento segundo plano de acamamento.

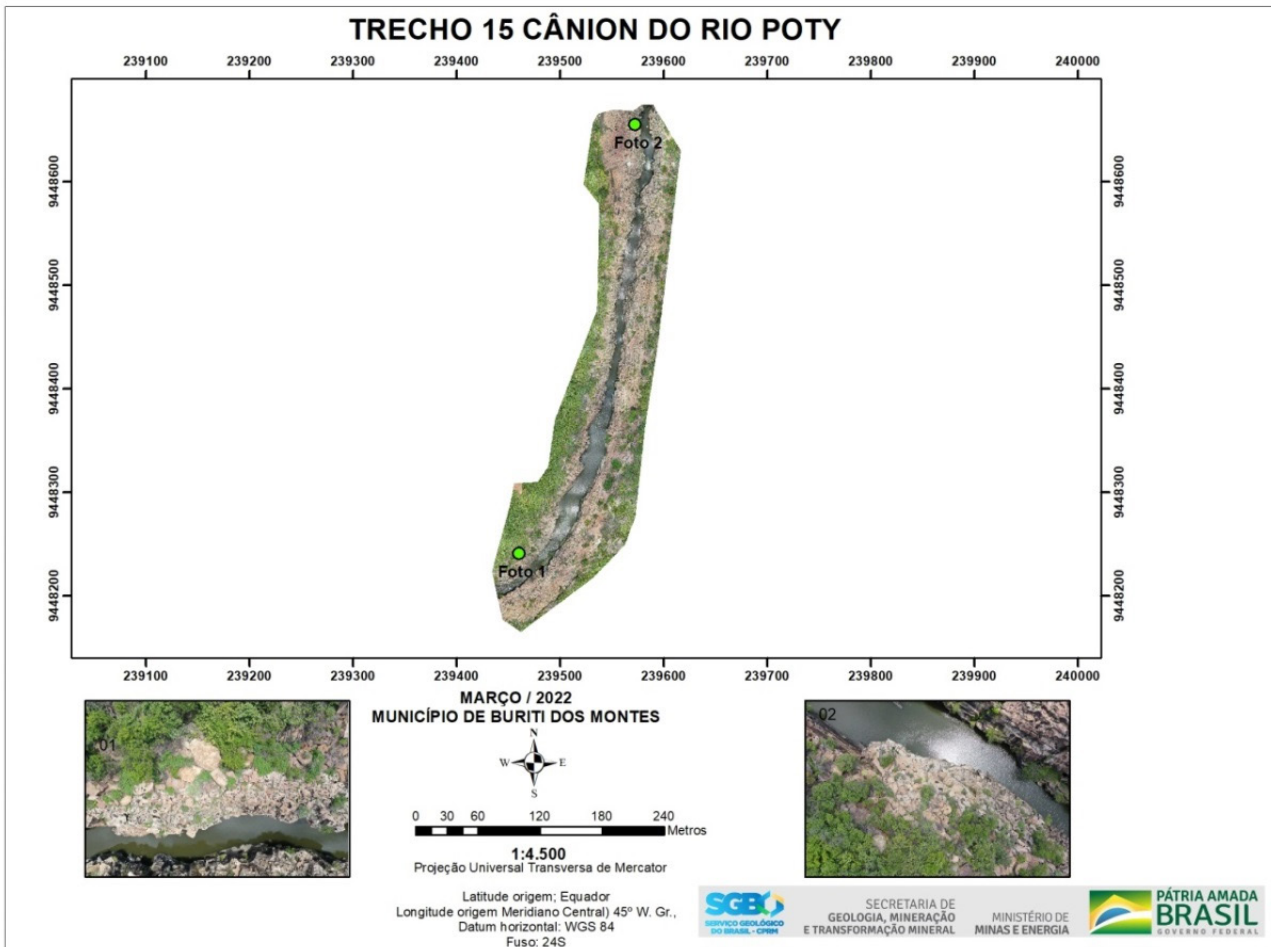


Figura 77 - Trecho 15 Cânion do rio Poti

O trecho 15 (Figura 77) constitui-se no de maior inclinação da encosta, com paredões verticais e onde a água demonstra o seu poder erosivo gerando verdadeiros panelões e ravinas no arenito (Figura 78). A individualização de blocos e respectiva instabilidade é muito acentuada, com paredões sem sustentação na base, base esta fortemente erodida pela ação da movimentação da água em contato direto com esta parte do maciço. Não foi possível observar até que profundidade chega esta feição (Figura 79). Presença de um número considerável de cicatriz de queda de blocos e outros tantos em balanço ou descalçados e sem sustentação, que sob o efeito da gravidade estão sujeitos a quedas e deslocamentos (Figura 80). Este trecho termina em um ponto completamente obstruído pela queda de blocos onde é possível observar um forte sistema de descontinuidades, horizontais e verticais, de diferentes direções que respondem pela compartimentação do maciço rochosos. Presença de feições erosivas produzidas por uma forte movimentação de água capaz de gerar panelões ou kamenitzas de dimensões consideráveis e fragilizar as rochas ao longo de seus planos de fraqueza e descontinuidades potencializando movimentos bruscos de queda de blocos de dimensões consideráveis (Figura 81).



Figura 78 - Encosta íngreme com feições erosivas produzidas pela ação da água que escorre sobre o declive formando panelões e infiltra nas fendas decompondo camadas milimétricas de finos e instabilizando blocos fortemente fraturados.



Figura 79 - Feições erosivas em encosta íngreme com blocos instabilizados, descalçados e fraturados. Observa-se blocos soltos e suscetíveis a tombamento.



Figura 80 - Encosta com planos verticais e horizontais de instabilização, cicatrizes de queda de blocos e outros tanto sem sustentação presentes na porção média e base. Muitos blocos soltos no topo zona de quebra de relevo da encosta.



Figura 81 - Trecho com desmoronamento de encosta com blocos métricos, fraturados e cujo movimento parece ter sido ocasionado pelo forte condicionamento estrutural, ação da água e ausência de sustentação na base do paredão.

Cachoeira da Lembrada

A Cachoeira da Lembrada, localizada a partir do final do trecho 15, é identificada como o local onde se inicia o cânion do rio Poti a uma altitude de cerca de 210 metros e situada na localidade Conceição dos Marreiros (Figura 82). O local apresenta uma boa visibilidade de todas as feições geológicas e onde se pode observar a força do trabalho erosivo das águas do rio Poti (Figura 83). Merece destaque as potencialidades de aproveitamento deste sítio com valor didático, turístico, estético, ecológico e histórico. As litologias da Formação Cabeças apresentam estratificação plano-paralela, feições que indicam movimentação de sedimentos por arraste com evidentes sinais de intemperismo físico, químico e biológico, presença de grande movimentação de blocos e planos de falhas e fraturas (Figura 84). De fácil observação são os níveis de sílica e sinais de forte processo de silicificação do arenito que, de modo localizado, assemelha-se a um quartzito (Figura 85). Presença marcante e característica de marcas de ondas indicativas de deposição em ambiente com agitação por água (Figura 86) e icnofósseis que evidencia a deposição em água rasa de um ambiente de intermaré (Figura 87). Por todo o trecho pesquisado é muito forte e definidor o controle estrutural imprimido ao cânion como marca facilitadora da sua instalação e aprofundamento do talvegue (Figuras 88 e 89).

Até esse ponto o canal do rio Poti não atinge profundidade significativa, posicionando-se quase ao nível do terreno e começa neste local o seu processo de instalação do seu cânion com aprofundamento do seu leito que volta a ocorrer com nível raso na localidade da Fazenda Enjeitada.



Figura 82 - Cachoeira da Lembrada em período de verão com baixo nível de água. Ponto onde o cânio do rio Poti começa.



Figura 83 - Cachoeira da Lembrada em período de inverno mas não com sua vazão máxima em contraste com o período de verão.



Figura 84 - Trecho nas proximidades da Cachoeira da Lembrada com demonstrativo da força das águas do rio Poti representado pela grande movimentação de blocos e planos de falhas e fraturas.



Figura 85 - Níveis de sílica do magmatismo básico de idade cretácea que recorta arenitos da Formação Cabeças de idade de devoniana.



Figura 86 - Exposição de "lajes" da Formação Cabeças com marcas de ondas indicativas de deposição em ambiente com agitação por água.



Figura 87 - Icnofósseis evidência da deposição em água rasa de um ambiente de intermaré.



Figura 88 - Cachoeira da Lembrada vista de cima e seu encaixe estrutural nas litologias da Formação Cabeças.



Figura 89 - Forte controle estrutural da região do cânion do rio Poti sob forte controle tectono-estrutural dos lineamentos da bacia do Parnaíba.

5.2 Áreas a serem monitoradas (sem risco iminente)

Da análise dos trechos mapeados fica evidente a necessidade de um monitoramento e atenção constante por toda a extensão da área utilizado para atividades turísticas. Em maior ou menor proporção as encostas são íngremes e com blocos de baixa a média instabilidade e suscetibilidade a risco dependendo da conjunção de outros fatores climáticos.

6. SUGESTÕES

Neste capítulo são apresentadas sugestões baseadas nas situações verificadas durante a realização do presente trabalho.

É de suma importância esclarecer que as medidas de intervenção apresentadas constituem orientações gerais, não-mandatórias, que objetivam nortear as administrações municipais e autoridades competentes a respeito de possíveis formas de atuação para mitigar o risco geológico. 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 eficazes.

1. Desenvolver estudos geotécnicos e hidrológicos com a finalidade de embasar os projetos e/ou obras de contenção de encostas ou de blocos rochosos;
2. Fiscalizar e proibir a construção ou visitação em áreas protegidas pela legislação vigente;
3. Instalar sistema de alerta para as áreas suscetíveis,
4. Fiscalizar e exigir que novos empreendimentos turísticos apresentem laudos técnicos ou estudos correlatos que autorizem a visitação turística ao local.
5. Adequar os projetos de engenharia às condições geológicas e topográficas locais, evitando realizar escavações e aterros de grande porte.

7. CONCLUSÕES

É importante ressaltar que nunca haverá risco zero nas atividades turísticas a serem realizadas em áreas de cânions, mesmo após a implantação das contenções e do plano de monitoramento com instrumentações, já que o ambiente geológico natural tem processos de movimentos gravitacionais de massa complexos, intensos, dinâmicos e com evolução quase que diária.

Qualquer recomendação acerca de cuidados no desenvolvimento de atividades nessas áreas é mais no sentido de prevenir e minimizar os riscos aos turistas e todos os colaboradores que trabalham na área, mas ficando explícito que a cada novo instrumento, contenção ou avaliação dos resultados, os riscos irão diminuir de forma gradativa, mas sempre estarão presentes.

Entretanto, trata-se de um patrimônio natural da geodiversidade singular que deve ser conhecido e conservado, sendo que os próprios processos geológicos de movimentos de blocos que ocorrem no local são também patrimônios naturais da geodiversidade e representam a rica dinâmica natural de nosso planeta, que as pessoas devem compreender, conhecer e estarem conscientes dos riscos associados não somente nos cânions, mas em qualquer atividade que seja desenvolvida em ambiente natural.

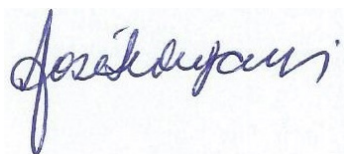
Dos tipos principais de movimentos de massa mais frequentemente instalados em campo e identificados durante este levantamento geológico-geotécnico, e passíveis de recorrência, citam-se deslizamento, rolamento e tombamento de blocos, queda de blocos e erosão pluvial e fluvial.

Com base no estudo preliminar das estruturas geológicas locais, sinais de movimentação de massa e o volume de chuva na região não foram identificados indícios muito fortes para risco iminente de desabamentos que possam atingir dimensões consideráveis, exceto em situações de conjugação extrema dos fatores potencializadores de desastres apresentados e discutidos nesse trabalho. No entanto, deve-se ressaltar que risco baixo não significa impossibilidade de movimentos de massa na região.

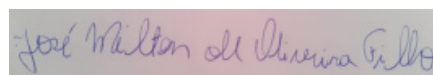
AGRADECIMENTOS

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, agilidade e logística na aquisição dos dados e no acesso e movimentação ao longo de toda a área pesquisada. E para isso somos gratos e aqui ficam os agradecimentos ao Carlos Eduardo da Silva, Auditor Fiscal Ambiental/SEMAR-PI; ao Capitão BM **William** Borgea Lima, ao 1º Sargento **Genilton** Wellington de Sousa e ao Soldado Luiz Silva **Castro**, estes do Corpo de Bombeiros Militar do Piauí – CBMEPI. Agradecimentos extensivos ao condutor de embarcação Davi Ferreira Silva e ao casal Sr. Pedrosa e Dona Lena que nos deram um apoio muito importante na fazenda Enjeitada. O nosso muito obrigado a todos.

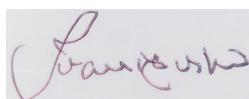
Equipe Técnica



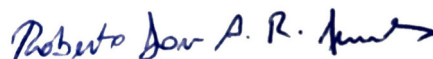
José Sidiney Barros
Pesquisador em Geociências



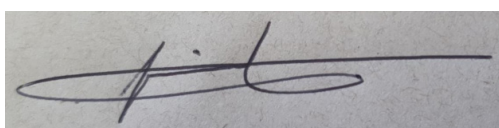
José Milton de Oliveira Filho
Pesquisador em Geociências



Ivan Bispo de Oliveira Filho
Pesquisador em Geociências



Roberto José Amorim Rufino Fernandes
Pesquisador em Geociências



Jean Ricardo da Silva Nascimento
Pesquisador em Geociências

8. CONTATO

SEMAR: Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos – PI
A/C Sr. Daniel Marçal – Secretário de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado do Piauí

Telefone: 32214745 (recepção) e (86)994146963 (Diretoria de Recursos Hídricos)

e-mail: secsemar@semar.pi.gov.br

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- BAHIA, R. B. C.; LOPES, R. C.; SILVA, A. J. P.; VASCONCELOS A. M. Bacias sedimentares paleozóicas e meso-cenozóicas interiores. In: Bizzi L. A.; Gonçalves J. H.; Schobbenhaus C.; Vidotti R. M. (eds.) Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil. Brasília: CPRM, 2003
- BARRETO, L. L.; COSTA, L. R. F.; CLAUDINO-SALES, V. C. Cânion do Poty: relevo maior na divisa entre o Ceará e o Piauí. In: XIX Simpósio Nacional de Geografia Física Aplicada. Dourados, MS. Anais do XIX SNGFA, 2011. v. 1. p. 1-7, 2011.
- BARRETO, L. L.; COSTA, L. R. F.; CLAUDINO-SALES, V. C. Cânion do rio poti: contribuição para a geomorfologia estrutural do oeste cearense. In: AGUIAR, P. F.; MEIRELES, A. J. A. (Orgs.). Relevo cearense: perspectivas de análises. Porto Alegre: Liro, 2012.
- BARROS, J. S. Cânion do rio Poti: um cenário da historia geológica planetária da Bacia do Parnaíba. Revista da Academia de Ciências do Piauí, Volume 3, Número 3, p. 01 – 07, Janeiro/Junho, 2022. ISSN: 2675-9748.
- BRITO NEVES, B. B. América do Sul: quatro fusões, quatro fissões e o processo acrescionário andino. Revista Brasileira de Geociências. Vol 29, p. 379-292, 1999.
- CARVALHO, L. M. R. Levantamento litoestratigráfico e tectônica frágil na formação do cânion do rio Poti numa região a oeste do município de Crateús – CE. Trabalho de conclusão de curso. Departamento de Geologia. Fortaleza, 2012
- CARVALHO, M. S. S.; SANTOS, M. E. C. M. Paleontologia das Bacias do Parnaíba, Grajaú e São Luís. Rio de Janeiro: CPRM, 2009.
- CEPRO. Diagnóstico das condições ambientais de Estado do Piauí, Teresina, 1995
- CHRISTOFFOLETI, A. Geomorfologia fluvial. São Paulo: Edgard Blucher. 1981.
- CLAUDINO-SALES, V. C.; PEULVAST, J. P. Evolução morfoestrutural do relevo da margem continental do Estado do Ceará, Nordeste do Brasil. Caminhos de Geografia (UFU), v. 8, p. 2-22, 2007.
- COLOMBO, C. G. T. Tectônica Global. In: TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M. C. M. de; FAIRCHILD, T. R.; TAIOLI, F. (Orgs.) Decifrando a Terra. São Paulo: Oficina de Textos, 2003.
- CORDANI, U. G. *The geologic evolution of South America during the Archean and early Proterozoic*. Revista Brasileira de Geociências.(12),78 – 88. 1982.
- CPRM – Serviço geológico do Brasil. Mapa geológico do Estado do Ceará. Escala 1:500.000, Ceará. CPRM, 2003.
- CPRM – Serviço geológico do Brasil. Mapa geológico do Estado do Ceará. Escala 1:500.000, Ceará. CPRM, 2003
- CUNHA, F. M. B. *Evolução paleozóica da bacia do Parnaíba e seu arcabouço tectônico*. 1986. 107p. Dissertação (Mestrado em Geologia), IGEO-UFRJ, Rio de Janeiro.
- DAVIS, E.G. *Estudos de Chuvas Intensas no Estado do Rio de Janeiro*. CPRM, Brasília/DF, 2000.
- FREITAS, E. L.; *Análise estratigráfica da seqüência Devoniana aflorante na bacia do Parnaíba entre as cidades de Picos e Oeiras (PI)*. 1990. 175p. Dissertação (Mestrado em Geologia), EM-UFOP, Ouro Preto.
- GIDES; Projeto de Fortalecimento da Estratégia Nacional de Gestão Integrada de Desastres Naturais -PROJETO GIDES. CPRM, Rio de Janeiro 2018.https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/518231/CF88_Livro_EC91_201
- GODOY, M. M.; BINOTTO, R. B.; WILDNER, W. Geoparque caminhos dos Cânions do Sul: Propo sta. Porto Alegre: CPRM, 2011.

- GÓES, A. M. O.; SOUZA, J. M. P; TEIXEIRA, L. B. Estagio exploratório e perspectivas petrolíferas da bacia do Parnaíba. *Boletim de Geociências da Petrobrás*. Rio de Janeiro, v. 4, n.jan./mar.p. 55-64, 1990.
- GÓES, A. M. O.; FEIJÓ, F.J.; Bacia do Parnaíba. *Boletim de Geociências da Petrobras*, 8 (1):57-67. 1994.
- HEILBRON, M.; VALERIANO, C. M.; VALLADARES, C. S.; MACHADO, N. A Orogenese Brasileira No Segmento Central da Faixa Ribeira, Brasil. *Revista Brasileira de Geociências, Brasil*, v. 25, n.4, p. 249-266, 1995.
- LIMA, E. A. M.; LEITE, J. F. *Projeto estudo global dos recursos minerais da Bacia Sedimentar do Parnaíba: integração geológico-metalogenética. Relatório final da etapa III*. Recife: Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, 212 p. 1978.
- LIMA, I. M. M. F. Caracterização Geomorfológica da Bacia Hidrográfica do Poti. Dissertação de Mestrado. Rio de Janeiro. 1982.
- MESNER, J. C.; WOOLDRIDGE, C. P.. Maranhão Paleozoic basin and Cretaceous coastal basins, North Brazil. *AAPG Bulletin*, 1964 48 (9):1475-1512.
- NAGHETTINI, M.; PINTO, E. J. A. Hidrologia Estatística. Belo Horizonte: CPRM, 2007.
- NEVES, B. B. B. América do Sul: quatro fusões, quatro fissões e o processo acrescionário andino. *Revista Brasileira de Geociências*. Vol 29, p. 379-292, 1999.
- NEVES, S. P. A Zona de Cisalhamento Tauá, Ceará: sentido e estimativa do deslocamento, evolução estrutural e granitogênese associadas. *Revista Brasileira de Geociências*, 1991.
- PENTEADO, M. M. Fundamentos de Geomorfologia. 3ª ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1980
- RADAMBRASIL. FOLHA SB.23 TERESINA E PARTE DA SB.24 JAGUARIBE; geologia, geomorfologia. Rio de Janeiro, 1973.
- RADAMBRASIL. FOLHA SB.23/24 JAGUARIBE/NATAL: geologia, geomorfologia. Rio de Janeiro, 1981.
- SAADI, A.; TORQUATO, J. R. Contribuição à Neotectônica do Estado do Ceará. *Revista Geologia UFC*, 5:1-38, 1992.
- TOMINAGA, L. K. Análise e mapeamento de risco. In: TOMINAGA, L.K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. do (Org.). *Desastres naturais: conhecer para prevenir*. 2. ed. São Paulo: Instituto Geológico, 2012a. cap. 9, p. 147-160.
- VAZ, P. T.; REZENDE, N.G.A.M.; WANDERLEY FILHO, J.R.; TRAVASSOS, W.A.S. Bacia do Parnaíba. *Boletim de Geociências da Petrobras*. 15, (2): 253-263. 2007

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

