



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA



TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**ANÁLISE DOS ASPECTOS GEOLÓGICOS-GEOTÉCNICOS DAS ROCHAS
DOS SETORES DE ESCALADA NO PARQUE DAS ANDORINHAS EM
OURO PRETO – MG**

Renata Nunes

MONOGRAFIA nº 392

Ouro Preto, março de 2021

**ANÁLISE DOS ASPECTOS GEOLÓGICOS-GEOTÉCNICOS
DAS ROCHAS DOS SETORES DE ESCALADA NO PARQUE
DAS ANDORINHAS EM OURO PRETO - MG**



FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO

Reitora

Prof.^a Dr.^a Cláudia Aparecida Marlière de Lima

Vice-Reitor

Prof. Dr. Hermínio Arias Nalini Júnior

Pró-Reitora de Graduação

Prof.^a Dr.^a Tânia Rossi Garbin

ESCOLA DE MINAS

Diretor

Prof. Dr. Issamu Endo

Vice-Diretor

Prof. Dr. Hernani Mota de Lima

DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

Chefe

Prof. MSc. Edison Tazava

MONOGRAFIA

Nº 392

ANÁLISE DOS ASPECTOS GEOLÓGICOS-GEOTÉCNICOS DAS ROCHAS DOS SETORES DE ESCALADA NO PARQUE DAS ANDORINHAS EM OURO PRETO – MG

Renata Nunes

Orientador

Prof. Dr. Paulo de Tarso Amorim Castro

Monografia do Trabalho de Conclusão de curso apresentado ao Departamento de Geologia da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para avaliação da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso – TCC 402, ano 2020/1.

OURO PRETO

2021

Universidade Federal de Ouro Preto – <http://www.ufop.br>
Escola de Minas - <http://www.em.ufop.br>
Departamento de Geologia - <http://www.degeo.ufop.br/>
Campus Morro do Cruzeiro s/n - Bauxita
35.400-000 Ouro Preto, Minas Gerais
Tel. (31) 3559-1600, Fax: (31) 3559-1606

Direitos de tradução e reprodução reservados.

Nenhuma parte desta publicação poderá ser gravada, armazenada em sistemas eletrônicos, fotocopiada ou reproduzida por meios mecânicos ou eletrônicos ou utilizada sem a observância das normas de direito autoral.

Revisão geral: Paulo de Tarso Amorim Castro

Catálogo elaborado pela Biblioteca Prof. Luciano Jacques de Moraes do
Sistema de Bibliotecas e Informação - SISBIN - Universidade Federal de Ouro Preto

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

N972a Nunes, Renata.

Análise dos aspectos geológicos-geotécnicos das rochas dos setores de escalada no Parque das Andorinhas em Ouro Preto - MG. [manuscrito] / Renata Nunes. - 2021.

51 f.: il.: color., tab., mapa. + Folheto informativo.

Orientador: Prof. Dr. Paulo de Tarso Amorim Castro.
Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto.
Escola de Minas. Graduação em Engenharia Geológica .

1. Geotecnia. 2. Mecânica de rochas. 3. Anticlinais. 4. Turismo. 5. Geoturismo. I. Castro, Paulo de Tarso Amorim. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 624.121:338.48

Bibliotecário(a) Responsável: Sione Galvão Rodrigues - CRB6 / 2526

<http://www.sisbin.ufop.br>

Ficha de Aprovação

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

TÍTULO: Análise dos aspectos geológicos-geotécnicos das rochas dos setores de escalada no Parque das Andorinhas em Ouro Preto – MG

AUTORA: RENATA NUNES

ORIENTADOR: Paulo de Tarso Amorim Castro

Aprovada em: 18 de março de 2021

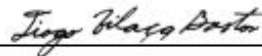
BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Paulo de Tarso Amorim Castro



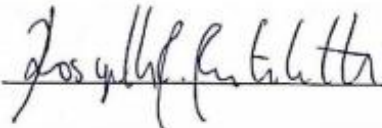
DEGEO/UFOP

Mestrando Tiago Vilaça Bastos



PPG – ECRN - DEGEO/UFOP

Profa. Dra Rosyelle Corteletti



EM/UFOP

Ouro Preto, 18/03/2021

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus por todas as bênçãos. Aos meus pais, Inêz e Natinho por serem minha base, pelos esforços constantes para que eu pudesse ter a melhor formação e por acreditarem em mim mais do que eu mesma. Meus irmãos Juliana e Thiago, meus grandes amigos e companheiros de vida. À Paula pelo incentivo, apoio e pelos inúmeros sorrisos que me arranca diariamente, você é minha gravidade. À República Ovelha Negra e às grandes mulheres que a compõe, vocês me inspiram. À UFOP e ao DEGEO pelo ensino público de qualidade e a todos os colegas de curso por tornarem essa jornada mais leve. A todos os meus amigos por estarem ao meu lado. À Rosyelle, não tenho palavras para agradecer o apoio e força! Dorval, Sedex, Monossílaba e Fox pelo incentivo. Ao Paulo de Tarso pela orientação.

Por fim, a todos pela paciência. Isso é tudo, pessoal!

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	ix
SUMÁRIO	xi
LISTA DE FIGURAS	xiii
LISTA DE TABELAS	xv
RESUMO	xvii
ABSTRACT	xix
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 APRESENTAÇÃO	1
1.2 LOCALIZAÇÃO.....	2
1.3 OBJETIVOS.....	2
1.4 JUSTIFICATIVA	3
1.5 MATERIAIS E MÉTODOS	3
1.5.1 Levantamento bibliográfico	3
1.5.2 Trabalhos de Campo	4
1.5.3 Análise qualitativa.....	4
1.5.4 Discussões dos resultados e defesa	4
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	5
2.1 TURISMO DE AVENTURA.....	5
2.2 ESCALADAS	6
2.2.1 Escalada esportiva.....	6
2.3 MOVIMENTOS GRAVITACIONAIS DE MASSA.....	7
2.3.1 Movimentos de blocos	11
2.4 CLASSIFICAÇÃO DE MACIÇOS ROCHOSOS.....	14
2.4.1 Classificação geomecânica	15
2.4.2 Resistência do material rochoso.....	17
2.4.3 RQD – Rock Quality Designation	17
2.4.4 Espaçamento entre descontinuidades.....	18
2.4.5 Condições das descontinuidades	18
2.4.6 Condição de lençol freático.....	19
2.4.7 Orientação das descontinuidades	19
3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	21
3.1 CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL.....	21

3.2 GEOLOGIA LOCAL.....	22
3.2.1 Unidades litoestratigráficas	23
3.2.2 Arcabouço estrutural.....	25
4 DESCRIÇÃO DOS AFLORAMENTOS	29
4.1 CAMPO ESCOLA.....	30
4.2 PEDRA DO ARCO.....	30
4.3 TCHAU QUERIDA.....	35
4.4 PEDRA BRANCA.....	37
5 ANÁLISE DOS DADOS E DISCUSSÕES	41
6 CONCLUSÕES	47
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 - Mapa de rota da Praça Tiradentes até a Sede do Parque Natural Municipal Cachoeira das Andorinhas - área de estudo. Imagem aérea retirada do Google Earth Pro.	2
Figura 2.1 - Tabela de graus de dificuldade das vias de escaladas (extraída de Sebold 2009).	7
Figura 2.2 - Tabela: Vantagens e desvantagens das classificações dos movimentos de gravitacionais de massa. Fonte: Nola, 2015.	9
Figura 2.3 - Tabela: Tipos de movimentos gravitacionais de massa por Hungr, Leroueil e Picarelli (2014). Fonte: Nola, 2015.	10
Figura 2.4 - Tipos de movimento em função da inclinação (modificado de Ritche,1963).	11
Figura 2.5 - Queda de blocos. Fonte: USGS, 2004.	12
Figura 2.6 - Tombamento. Fonte: Nola, 2015.	13
Figura 2.7 - Classes de maciço rochoso determinadas a partir de seus pesos. Adaptado de Bieniawski 1989.	15
Figura 2.8 - Parâmetros e índices de valores do sistema RMR. Adaptado de Bieniawski 1989.	16
Figura 2.9 - Tabela de classificação proposta pela ISRM - International Society for Rock Mechanics, que correlaciona a qualidade da rocha, resistência a compressão uniaxial e o comportamento do meio rochoso feito as análises expeditas. Fonte: Lima, <i>et al.</i> , 2008.	17
Figura 2.10 - Tabela dos índices de qualidade da rocha. (Deere <i>et al.</i> 1967).	18
Figura 2.11 - Orientação espacial de estruturas geológicas planares. Retirada de: Pinotti e Carneiro 2013.	19
Figura 3.1 - Coluna estratigráfica do Quadrilátero Ferrífero (extraída de Alkmim & Marshak (1998)).	22
Figura 3.2 - Zoneamento do Parque das Andorinhas com litologias aflorantes. Autora: Renata Nunes Fonte: Mapas geológicos Mariana (Folhas parciais de: SF.23-X-B-I-3 e SF.23-X-B-IV-1) e Ouro Preto (Folha integral SF.23-X-A-III-4 e Folha parcial de SF.23-X-A-VI-2).	23
Figura 3.3 - Evolução da região do Anticlinal de Mariana: a) estágio inicial, pré eventos deformacionais significativos; b) atuação do primeiro evento (extensional), com consequente arqueamento das rochas do Supergrupo Rio das Velhas e superpostas; c) atuação do evento compressional com falhamentos de empurrão. 1) complexos metamórficos, 2) Supergrupo Rio das	

Velhas, 3) Supergrupo Minas, 4) movimento relativo de oeste para leste, 5) movimento relativo de leste para oeste (extraída de Nalini Jr., (1993)). 26

Figura 4.1 - Mapa de localização dos setores de escalada: Campo Escola, Pedra do Arco, Tchau Querida e Pedra Branca e da Sede do Parque Natural Municipal Cachoeira das Andorinhas. Imagem aérea retirada do Google Earth Pro, 2019..... 29

Figura 4.2 - A (Esquerda): Acamamento com inclinação próxima de 90°, diferentemente dos demais setores/maciços da região; B (Direita): Face do acamamento utilizada como frente de escalada. Fonte: acervo pessoal..... 30

Figura 4.3 - Foco em quartzo precipitado em quartzito. Fonte: acervo pessoal. 31

Figura 4.4 - A (Esquerda): paredão E e paredão W com a estrutura em “arco” no centro que deu o nome para o setor da escalada; B (Direita): face posterior ao paredão W apresentando fraturas ao longo do pacote rochoso. Fonte: acervo pessoal. 32

Figura 4.5 - Descontinuidade de aproximadamente 1,5 metros de comprimento apresentando em suas em suas paredes internas bordas onduladas. Fonte: acervo pessoal. 33

Figura 4.6 - Fratura de aproximadamente 0,25 metros que apresenta musgos e textura lisa, trata-se da via 9 do setor cujo nome é Parallaxológica. Fonte: acervo pessoal. 34

Figura 4.7 - A (Esquerda): intensa erosão alveolar apresentando alvéolos com até 10 centímetros de profundidade; B (Direita): blocos soltos apoiados em paredes externas. Fonte: acervo pessoal. 35

Figura 4.8 - Extenso nível erodido com alteração ferruginosa. Fonte: acervo pessoal. 36

Figura 4.9 - Família de fraturas formando uma interseção em formato triangular. Fonte: acervo pessoal. 36

Figura 4.10 - Via do meio: evidência de fraturas lisas não preenchidas com espaçamento médio de 2 metros e trincas com menor persistência de menor espaçamento. Fonte: acervo pessoal. 37

Figura 4.11 - Fraturas com padrão quadrangular provocado pela interseção de planos de fratura de menor persistência. Fonte: acervo pessoal. 38

Figura 4.12 - A (Esquerda): Ruptura quadrangular com risco de deslocamento sendo usada de apoio pela atleta; B (Direita): Níveis de coloração avermelhada mais ferruginosos apresentando erosão mais pronunciada. Fonte: acervo pessoal..... 39

Figura 4.13 - Rupturas em formatos quadrangulares e retangulares. Fonte: acervo pessoal..... 40

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 5.1- Atitudes médias obtidas em campo nos setores visitados.	41
Tabela 5.2 - Classificação Bieniawski para o Setor Campo Escola	42
Tabela 5.3 - Classificação Bieniawski para o Setor Pedra do Arco, paredão E	42
Tabela 5.4- Classificação Bieniawski para o Setor Pedra do Arco, paredão W	43
Tabela 5.5- Classificação Bieniawski para o Setor Pedra do Arco, afloramento 3	43
Tabela 5.6- Classificação Bieniawski para o Setor Tchou Querida	44
Tabela 5.7- Classificação Bieniawski para o Setor Pedra Branca (Conjunto 1)	44
Tabela 5.8- Classificação Bieniawski para o Setor Pedra Branca (Conjunto 2)	45
Tabela 5.9- Classificação Bieniawski para o Setor Pedra Branca (Conjunto 3)	45

Resumo

Movimentos de massa tem sido objeto de amplos estudos nas mais diversas latitudes, em função de suas implicações práticas devido aos prejuízos que estes podem causar, tanto no aspecto social, como também na perda/interrupção de estruturas e infraestruturas. Devido à herança histórico-cultural de Ouro Preto, a Serra de Ouro Preto é um grande atrativo turístico. E para os amantes do turismo de aventura, além do centro histórico, há muitas alternativas de lazer. A região exibe grande riqueza geológico-geomorfológica com paisagens que exibem lindas cachoeiras, serras e morros. Em virtude disso, são encontradas importantes unidades de conservação na cidade, como exemplo, a Área de Proteção Ambiental (APA) da Cachoeira das Andorinhas, onde está inserido o Parque Municipal Cachoeira das Andorinhas, que é o foco deste trabalho. No Parque é comum a prática de escaladas, porém, a avaliação de maciços rochosos e o estudo do comportamento geológico-geotécnico para avaliação da prática de escaladas não são atividades comumente realizadas e além de não serem critério para liberação de via de escaladas. O intuito deste trabalho de conclusão de curso é apresentar uma análise geológica-geotécnica das rochas dos setores de escaladas levando em conta elementos como: tipo de rocha, a atitude dos planos de xistosidade e acamamento em relação à face de escalada, descontinuidades e suas características, grau de alteração, presença de água na superfície, blocos soltos e riscos de desabamento, além de criar um protocolo de análise das faces rochosas utilizadas como vias de escalada, seu potencial e seus riscos.

Palavras chaves: turismo de aventura, escaladas, Serra de Ouro Preto, Anticlinal de Mariana, geotecnia, Parque Municipal Cachoeiras das Andorinhas.

Abstract

Mass movements have been the subject of extensive studies in the most diverse latitudes, due to their practical implications due to the damage they can cause, both in the social aspect, as well as in the loss/interruption of structures and infrastructures. Due to the historical and cultural heritage of Ouro Preto, the Serra de Ouro Preto is a great tourist attraction. And for adventure tourism lovers, in addition to the historic center, there are many leisure alternatives. The region exhibits great geological-geomorphological richness with landscapes that show beautiful waterfalls, mountains and hills. As a result, important conservation units are found in the city, for example, the Environmental Protection Area (APA) of Cachoeira das Andorinhas, where the Cachoeira das Andorinhas Municipal Park is located, which is the focus of this work. In the Park it is common to practice climbing, however, the assessment of rock massive and the study of geological-geotechnical behavior to assess the practice of climbing activities are not commonly performed and are not a criterion for permission to use the climbing route. The aim of this course conclusion work is to present a geological-geotechnical analysis of the rocks in the climbing sectors analyzing elements such as: type of rock, the attitude of the schist and bedding plans in relation to the climbing face, discontinuities and their characteristics, degree of alteration, presence of water on the surface, fallen blocks and risks of collapse, in addition to creating a protocol for the analysis of rock faces used as climbing routes, their potential and their risks.

Key words: adventure tourism, rock climbing, Serra de Ouro Preto, Anticlinal de Mariana, geotechnics, Cachoeira das Andorinhas Municipal Park.

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 APRESENTAÇÃO

O Parque Municipal Cachoeira das Andorinhas localiza-se na Serra de Ouro Preto, Município de Ouro Preto, Minas Gerais. A área de estudo está inserida no Quadrilátero Ferrífero (QF) que tem extensão de aproximadamente 7.000 km² na porção centro-sudeste do estado (Ruchkys 2009). A estruturação de sua morfologia de “domos e quilhas” (Marshak et al. 1997), pode ser explicada de formas distintas por autores diferentes, envolvendo dois ou mais ciclos tectônicos sendo eles de caráter compressivo ou extensivo. Litoestratigraficamente a Serra é composta por rochas pertencentes aos Grupos Nova Lima, Caraça e Itabira e estruturalmente constitui-se no flanco sul do Anticlinal de Mariana (Teixeira *et al.* 2001).

Devido à herança histórico-cultural de Ouro Preto, a Serra de Ouro Preto é um grande atrativo turístico. E para os amantes do turismo de aventura, além do centro histórico, há muitas alternativas de lazer. A região exibe grande riqueza geológico-geomorfológica com paisagens que exibem lindas cachoeiras, serras e morros. Em virtude disso, são encontradas importantes unidades de conservação na cidade, como exemplo, a Área de Proteção Ambiental (APA) da Cachoeira das Andorinhas, onde está inserido o Parque das Andorinhas, que é o foco deste trabalho.

No Parque Municipal Cachoeira das Andorinhas, em consequência dos afloramentos rochosos e das geoformas presentes, associados à facilidade de acesso devido à estrada que conecta o meio urbano à sua sede, é possível a realização de esportes de aventura, em especial, as escaladas. Para que essas práticas sejam realizadas com risco reduzido, torna-se essencial que seja feito um estudo dos locais de escaladas no que diz respeito às características litológicas, estruturais e geotécnicas. É importante também, analisar se as rochas utilizadas para tal prática não possuem restrições seja por ter significado cultural para a comunidade local ou ser utilizada por espécies ameaçadas da biota local.

Segundo a organização do evento de escalada no Parque, a Abertura de Temporada de Montanhismo (ATM 2018), a modalidade de escalada praticada no Parque das Andorinhas é denominada “Escalada Esportiva” e essa prática se dá em 44 vias divididas em quatro setores (Setor Pedra do Arco; Campo Escola; Tchou Querida; Pedra Branca), próximos à sede do Parque.

1.2 LOCALIZAÇÃO

O trabalho de análise foi realizado no Parque Natural Municipal Cachoeira das Andorinhas, localizado na cidade de Ouro Preto. Segundo o sítio eletrônico oficial do Parque, ele abrange uma área de 557 hectares.

Partindo da Rua Antônio Pereira na Praça Tiradentes no centro histórico de Ouro Preto para chegar à área de estudo deve-se virar à direita na Rua Barão de Camargos, seguir pela Rua Conselheiro Quintiliano até a Rua Quinze de Agosto. Nesta última deve-se continuar por 4,5 km até o Parque das Andorinhas.

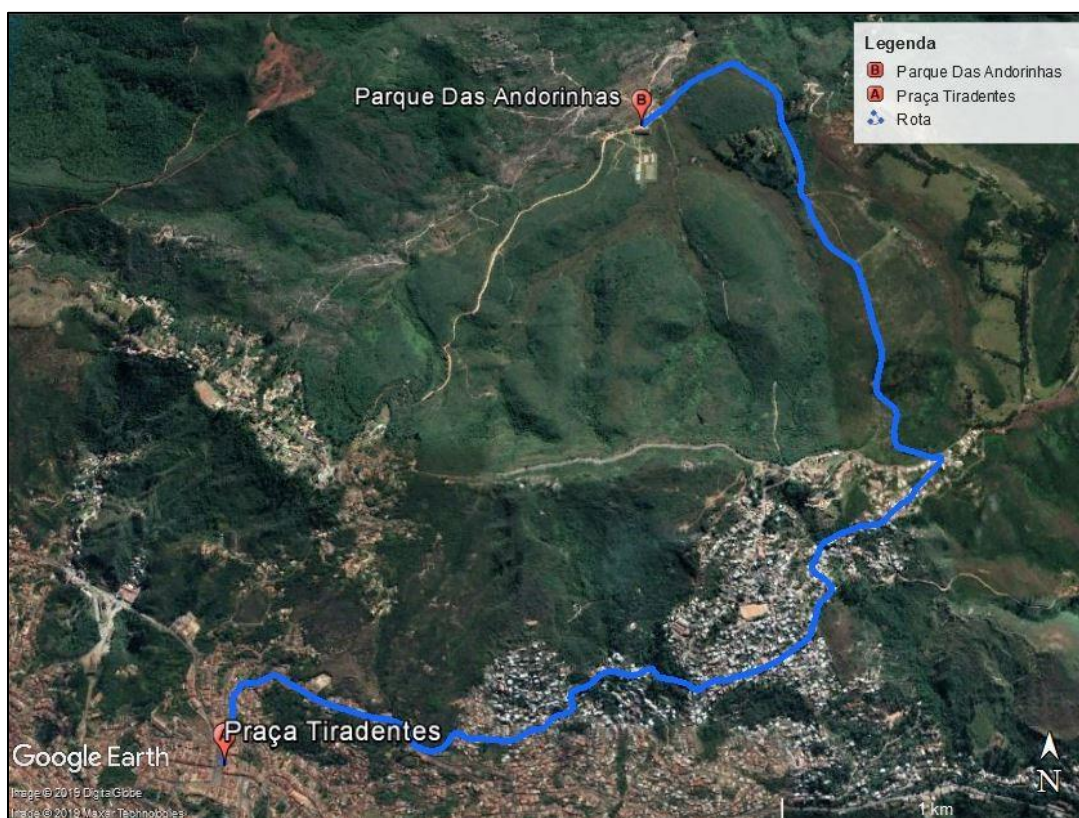


Figura 1.1 - Mapa de rota da Praça Tiradentes até a Sede do Parque Natural Municipal Cachoeira das Andorinhas - área de estudo. Imagem aérea retirada do Google Earth Pro.

1.3 OBJETIVOS

O objetivo desse trabalho é reconhecer os setores e vias de escalada no Parque das Andorinhas em Ouro Preto - MG e estudar elementos das rochas que possam causar acidentes em seu uso, como por exemplo: tipo de rocha, a atitude dos planos de xistosidade e acamamento em relação à face de escalada, descontinuidades e suas características, grau de alteração, presença de água na superfície,

blocos soltos e riscos de desabamento, análise das faces rochosas utilizadas como vias de escalada, seu potencial e seus riscos.

Também, como objetivo específico, tem-se a classificação dos setores analisados como de risco ou seguros para prática evidenciando qual o nível de segurança dos setores e, assim, contribuir para o aprimoramento da análise geológica-geotécnica com vistas à prática esportiva.

1.4 JUSTIFICATIVA

No Parque Natural Municipal Cachoeira das Andorinhas há um conjunto de afloramentos rochosos que tem sido frequentemente utilizados para a prática de escaladas. Isso se deve ao fato de ser um dos principais locais em Ouro Preto em que é possível sua realização e de mais fácil acesso para tal. É um esporte de alto risco, e, se realizado em rochas impróprias, pode acarretar graves acidentes.

Além disso, é importante analisar se a prática está sendo realizada em sítios classificados como de interesse para a geoconservação, quer seja pelas suas características geológicas, ou por possuir significado cultural.

Importante avaliar se elas são sítios utilizados como abrigo por animais ou de ocorrência de plantas, em especial daqueles organismos classificados como ameaçados (na classificação da IUCN 2020), e que esteja contemplada como prática permitida pelas normas da Unidade de Conservação, respeitando o seu plano de manejo (D'amico *et al.* 2018).

1.5 MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi realizado conforme os itens descritos a seguir.

1.5.1 Levantamento bibliográfico

O levantamento bibliográfico é a primeira etapa do trabalho de escritório, realizado para obter-se embasamento para confecção dos capítulos iniciais. Foram feitas pesquisas e leituras de trabalhos anteriormente publicados, a fim de tomar conhecimento sobre como se dá o turismo esportivo em Ouro Preto, os tipos de escaladas praticadas no Parque das Andorinhas e suas respectivas normas, métodos de classificação geológicos-geotécnicos e por fim, o contexto geológico em que a área de estudo está inserida para auxiliar na etapa posterior, os trabalhos de campo. Ainda nesta etapa foi feita

a aquisição de imagens aéreas no software Google Earth Pro, para identificação das vias e facilitar o acesso ao Parque.

1.5.2 Trabalhos de Campo

Para ser possível realizar a análise de todas as 44 vias de escaladas nos quatro setores do Parque, foram necessários três dias: um dia para identificação e localização dos setores e dois dias de campo para colher informações dos afloramentos. Para o trabalho de campo foram utilizados os seguintes equipamentos: martelo petrográfico, lupa, bússola, GPS, câmera fotográfica e caderneta de campo.

Foram analisados para classificação dos maciços rochosos usados para escaladas aspectos como: tipo de rocha, direção e mergulho do acamamento, xistosidade, orientação da face de escalada, grau de alteração do maciço, presença de água, vegetação e blocos soltos, análise de orientação, características e condições das descontinuidades, rios de desabamento e também se eles possuem significado cultural.

1.5.3 Análise qualitativa

Nesta etapa foi feita a classificação dos maciços rochosos segundo os parâmetros de classificação definidos por Bieniawski (1989) ou Sistema RMR (Rock Mass Rating). Os dados coletados em campo foram organizados segundo tabelas (uma para cada maciço com características homogêneas) nas quais para cada parâmetro são atribuídos valores ponderais. O somatório destes valores nos fornece a classificação dos afloramentos rochosos segundo suas qualidades geológica-geotécnicas.

1.5.4 Discussões dos resultados e defesa

Foi realizada a integração dos dados gerados, discussão e interpretação destes, foram redigidos os resultados sobre o estudo e posterior agendamento de sua defesa para a banca de avaliadores.

CAPÍTULO 2

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 TURISMO DE AVENTURA

É comum que esses dois termos sejam confundidos, porém, o ecoturismo e o turismo de aventura são termos com significados distintos. Segundo Inskip (2003) há outras formas de turismo que possuem os ambientes naturais como cenário. O turismo de aventura refere-se às atividades dos turistas que sejam fisicamente estimulantes e que envolvam algum risco potencial.

Segundo Vasconcelos *et al.* (2012), a principal diferença entre o ecoturismo e o turismo de aventura é que o primeiro tem como principal finalidade incentivar a consciência ambiental do turista e dos profissionais da área, enquanto no segundo, o praticante e o profissional expõem-se a riscos físicos, e por isso, possui normas técnicas da ABNT a serem seguidas.

O turismo de aventura também se difere do geoturismo, este que, segundo Ruchkys (2007), tem como principal finalidade a conservação do patrimônio geológico através da sensibilização do turista sobre o valor que ele tem dentro das ciências da Terra, tornando a interpretação do patrimônio acessível ao público leigo. Segundo Silva (2007), a principal atração desse ramo do turismo consiste em desfrutar os processos que originaram as feições estruturais da paisagem. Nesse sentido, as informações sobre as atrações do lugar têm que ser disponibilizadas por mecanismos de fácil interpretação (*folder*, guias, placas informativas, mapas temáticos, etc).

Dentro do contexto do turismo de aventura existem diversos tipos de esportes de aventura, como por exemplo: rapel, *paraglider*, *surf*, exploração de cavernas, mergulho em locais remotos e exóticos e as escaladas, que são o foco deste trabalho. A escalada é um esporte que utiliza as técnicas e movimentos do montanhismo. Pode ser praticado individualmente ou em grupo e tem por objetivo atingir as partes altas das montanhas, paredões, maciço rochoso ou mesmo falésias.

A sede do Parque Natural Municipal Cachoeira das Andorinhas está localizada a 1265m de altitude. Segundo Silva (2007), ao longo do Quadrilátero Ferrífero as altitudes são influenciadas pelas características litológicas e estruturais, sendo que as cotas altimétricas mais elevadas são encontradas nas áreas que predomina a litologia que possui maior resistência a erosão, principalmente, onde estão os itabiritos e quartzitos, como é o caso da área de estudo, onde afloram quartzitos.

Devido aos eventos deformacionais ocorridos no Quadrilátero Ferrífero, à resistência dessas rochas em detrimento das demais, e às faces irregulares apresentadas pelos quartzitos aflorantes é possível a realização dessa modalidade de esporte de aventura no Parque.

2.2 ESCALADAS

Segundo Bertuzzi *et al.* (2013), a prática da escalada vem se consolidando aos poucos como alternativa de esporte de aventura e pode ser dividida em quatro estilos principais: o *boulder*, a esportiva, a tradicional e o *big wall*. Cada uma das modalidades possui suas próprias regras o que quer dizer que nem todas as regras válidas para um, são válidas para os outros.

No Parque Natural Municipal Cachoeira das Andorinhas, são praticadas duas dessas modalidades de escalada, sendo elas o *boulder* e a escalada esportiva, que é o foco deste trabalho.

2.2.1 Escalada esportiva

A escalada esportiva é uma modalidade de escalada praticada em pequenas escarpas (em torno de 50 m de altura) onde estão fixadas permanentemente as proteções utilizadas para a segurança do escalador (Bertuzzi *et al.* 2013). Segundo Pereira (2007) citado em Pereira *et al.* (2010 p.74) essa atividade tanto pode ser praticada em rocha quanto em paredes artificiais. Nessa última se garante maior conforto e comodidade, facilitando o acesso à prática mesmo em regiões sem serras. Em ambas o objetivo é chegar ao fim da via sem quedas, o que é denominado encadear uma via.

A segurança do escalador é realizada por um conjunto de fitas sintéticas e fivelas de ferro que envolve a região do quadril (denominadas de cadeirinhas), por uma corda dinâmica, e por ganchos de duralumínio (denominados de mosquetões) (Bertuzzi *et al.* 2013), é essencial o uso de capacete e também de freios para a descida segura do escalador.

Segundo Marinho *et al.* (2001), a escalada em muros artificiais pode ser realizada em ambientes fechados (*indoor*) ou ao ar livre (*outdoor*), a depender das necessidades devido aos fatores climáticos locais. As principais finalidades destes muros são aprendizagem em ambiente mais seguro, treinamento de técnicas, educação, recreação, e podem ser preferidas pelos praticantes devido à acessibilidade facilitada em relação à escalada em rochas.

No Parque Natural Municipal Cachoeira das Andorinhas, a prática se dá em rochas aflorantes e ao ar livre (*outdoor*) e os locais utilizados para tal são compostos por quatro setores próximos e de fácil acesso á partir da sede do Parque, levando em média 15 a 25 minutos de caminhada a depender do setor, denominados setor Pedra do Arco; Campo Escola; Tchou Querida e Pedra Branca, e por 44 vias de 3º a 9ºB (9b) de dificuldade e altura variando entre 8 e 17 metros (ATM 2018).

As vias de escaladas são classificadas em graus de dificuldade, segundo Beck (1995) citado por Sebold (2009 p.15). O objetivo de um sistema de graduações é informar aos escaladores das dificuldades que possam encontrar numa via.

A escala utilizada no Brasil é numérica crescente variando do 3º ao 11º grau, acrescentando-se um “sup” ao número quando do 3º ao 6º o nível é dificultado e a partir do 7º grau são usadas as letras “a”, “b” e “c” para dificuldades intermediárias aos graus, sendo “a” de menor dificuldade que “b” e “c” de maior dificuldade que “b”. (Sebold 2009).

Na Figura 2.1 é possível observar a tabela comparativa das escaladas utilizadas na França, EUA e Brasil.

França	EUA	Brasil
III	5.6	4
IV	5.7	5
V	5.8	
V+	5.9	5sup
	5.10a	6
6a	5.10b	
6a+	5.10c	
6b	5.10d	6sup
6b+	5.11a	7a
6c	5.11b	7b
6c+	5.11c	
7a	5.11d	7c
7a+	5.12a	8a
7b	5.12b	8b
7b+	5.12c	8c
7c	5.12d	9a
7c+	5.13a	9b
8a	5.13b	9c
8a+	5.13c	10a
8b	5.13d	10b
8b+	5.14a	10c
8c	5.14b	11a
8c+	5.14c	11b
9a	5.14d	11c

Figura 2.1 - Tabela de graus de dificuldade das vias de escaladas (extraída de Sebold 2009).

2.3 MOVIMENTOS GRAVITACIONAIS DE MASSA

Os altos índices pluviométricos no território brasileiro resultam em intemperismo químico marcante em nossas rochas. Essa grande quantidade de chuvas faz com que as rochas sofram alterações, produzindo solos que por sua vez possuem resistências mais fracas que suas rochas parentais.

Nos movimentos gravitacionais de massa (MGM) a ação da gravidade atua deslocando o material ao longo da encosta no sentido para baixo produzindo o movimento gravitacional. O material que é deslocado pode ser rocha, solo ou uma combinação desses. Os rastejos, escorregamentos, quedas

e corridas, são movimentos gravitacionais massa (MGM) com frente livre de movimentação, já os tipos denominados subsidência e colapso, são MGM verticais sem frente livre de movimentação Varnes (1978). Conforme indica Tominaga (2009) a contribuição de outro meio, como água ou gelo se dá pela redução da resistência dos materiais de vertente e/ou pela indução do comportamento plástico e fluido dos solos.

Os movimentos de massa atuam na dinâmica das vertentes, fazendo parte da evolução geomorfológica em regiões serranas. Vale ressaltar que a ocupação urbana em áreas desfavoráveis sem planejamento do uso do solo e sem a adoção de técnicas adequadas de estabilização, acarretam acidentes associados aos MGM, que muitas vezes atingem dimensões de desastres (Tominaga 2009).

Apesar do foco deste trabalho tratar de movimentos gravitacionais de massa voltados para os do tipo quedas de blocos, mais especificamente queda de blocos centimétricos a métricos como ocorre na área de estudo, serão explanados as características gerais para uma melhor compreensão e caracterização da tipologia desses movimentos.

Deve-se ainda esclarecer que o trabalho não tem como objetivo colocar o ser humano como desencadeador do processo de queda de blocos. A análise feita refere-se à susceptibilidade do maciço devido à suas características estruturais e classificação geomecânica relacionadas à exposição dos atletas a estas quedas (risco).

A classificação dos movimentos gravitacionais de massa, considerando as vantagens e desvantagens de cada uma delas foi sistematizada por Nola (2015) conforme Figura 2.2.

Tipo de classificação	Autores	Vantagens	Desvantagens
Básica	Sharpe	Número de processos; Associação velocidade/geologia	Difícil entendimento
Específica	Terzaghi	Detalhe de causas mecânicas de escorregamentos	Destaca fenômenos geológicos em termos meramente mecânicos
Adaptada	Magalhães Freire	Detalhada; Baseada em Sharpe e Varnes	Difícil entendimento
Específica	Nemcok	Modelos dos tipos	Não relaciona tipos e mecanismos
Básica	Zaruba e Mencl	Detalhada	Considera os tipos de movimentos basicamente em função do tipo de material, tornando-se restrita às condições locais semelhantes
Global	Varnes	Clareza; Subdivisões; Básica; Mais adotado mundialmente; Associação velocidade/ geologia	Não considera movimentos induzidos; Não apresenta correlações
Específica	Hasengawa	Atributos considerados	-
Adaptada	Sassa	Baseada em Varnes; Modelo dos mecanismos	Condições tectônicas e sísmicas diferentes do Brasil
Global	Hutchinson	Considera a origem natural ou induzida e processos correlatos; Mais completa	Classificação complexa
Específica	Yagi	Voltada para identificação e fotografia aérea	Baseada somente em <i>landforms</i>
Básica	Augusto Filho	Fácil entendimento; Fácil classificação em campo	Baseada em eventos ocorridos em uma região específica
Específica	Lansheng	Relações estruturais do maciço	Meio predominantemente rochoso
Específica	Antonie & Giraud	Detalhamento do terreno e litoestrutural	Não considera escorregamento em cunha
Global	Cruden e Varnes	Atualização dos conceitos relacionados a <i>landslides</i>	Não apresenta grande variações dos materiais
Global	Hungr, Lerouell e Picarelli	Subdivisões dos tipos de movimentos; Adição do material e da velocidade na descrição da classificação; Mais completa	Somente considera movimentos naturais

Figura 2.2 - Tabela: Vantagens e desvantagens das classificações dos movimentos de gravitacionais de massa. Fonte: Nola, 2015.

Devido à adoção por grande parte da comunidade científica e por organizações internacionais como a United States Geological Survey (USGS) e a International Association for Engineering Geology and Environment (IAEG), a classificação de Varnes (1978) e suas atualizações serão utilizadas no presente trabalho.

Hungr, Leroueil e Picarelli (2014) (Figura 2.3), apresentaram uma adequação para classificação de Varnes (1978), envolvendo definições geotécnicas e geológicas dos materiais na caracterização dos movimentos. Destaca-se a exclusão do tipo de movimento chamado complexo e a definição de 32 tipos de movimentos, todos consequentes dos 5 tipos da classificação de Varnes (1978) – quedas, tombamentos, escorregamentos, espalhamentos e fluxos (Nola 2015).

Tipo de movimento	Tipos de material	
	Rocha	Solo
Queda	Queda de rocha ou gelo	Queda de pedregulhos, detritos ou silte
Tombamento	Tombamento de blocos rochosos	Tombamento de cascalhos, areia ou silte
	Tombamento flexural de rocha	
Escorregamento	Escorregamento rotacional de rocha	Escorregamento rotacional de silte ou argila
	Escorregamento planar de rocha	Escorregamento planar de silte ou argila
	Escorregamento em cunha de rocha	Escorregamento de cascalhos, areia ou detritos
	Escorregamento composto de rocha	Escorregamento composto de silte ou argila
	Escorregamento irregular de rocha	
Espalhamento	Espalhamento de rocha	Espalhamento de areia ou silte por liquefação
		Espalhamento de argila sensível
Fluxo (escoamento)	Avalanche de rocha ou gelo	Fluxo de areia, silte ou detritos secos
		Fluxo de areia, silte ou detritos
		Fluxo de argila sensível
		Fluxo de detritos
		Fluxo de lama
		Inundação de detritos
		Avalanche de detritos
		Fluxo de terra
		Fluxo de turfa
Deformação da encosta	Deformação das encostas montanhosas	Deformação dos solos das encostas
	Deformação das encostas rochosas	Rastejo de solo
		Solifluxão

Figura 2.3 - Tabela: Tipos de movimentos gravitacionais de massa por Hungr, Leroueil e Picarelli (2014). Fonte: Nola, 2015.

2.3.1 Movimentos de blocos

Os movimentos de blocos geralmente são causados devido a alterações do maciço rochoso geradas por eventos biológicos ou climáticos. Tais eventos perfazem desde o aumento de pressões neutras devido à infiltração de água no solo, a erosão do material de cobertura dos blocos durante grandes períodos de precipitação, passando pelo processo de gelo-degelo em locais de clima frio, degradação química ou desgaste do maciço, até mesmo crescimento de raízes no solo (Hoek 2007).

De acordo com Hoek (2007), as condicionantes geológico-geomorfológico-estruturais podem determinar incidência de movimentos de massa catastróficos em encostas. Normalmente apontada como principal causa dos movimentos de blocos em uma região, as famílias de fraturas são feições que podem promover em virtude da progressiva desagregação intempérica, um deslocamento progressivo de massas de rocha, capazes de se desprender e deslizar encosta abaixo. Desta forma, o estudo das movimentações de blocos e as características de contorno que os influenciam, são elementos de reflexão para alcançar os objetivos desse trabalho.

Ao longo de sua trajetória o movimento de um bloco rochoso é distinguido por quatro tipos: queda livre, salto, rolamento e deslizamento. Os estudos de movimentos de blocos indicam que as características do meio físico ao longo da trajetória influenciam o tipo de movimento desenvolvido, e sua energia de deslocamento. De maneira geral todos estes tipos de movimentos dependem principalmente da geometria, e da inclinação da encosta. Hoek (2007) salienta que o fator mais importante que controla o tipo de movimento ao longo de sua trajetória é a geometria do talude.

De acordo Ritchie (1963), em encostas com inclinação superior a 76° ocorre o movimento de queda livre. Ao longo do percurso, à medida que a inclinação da encosta diminui, o bloco choca com a superfície, dando origem ao movimento definido como salto. O movimento de rolamento ocorre em inclinações por volta de 45° , neste tipo de movimento de blocos rochosos estão quase sempre em contato com o solo (Figura 2.4).

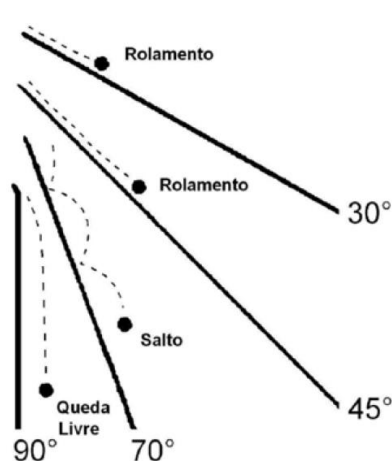


Figura 2.4 - Tipos de movimento em função da inclinação (modificado de Ritche,1963).

Os principais tipos de movimentos gravitacional de massa (MGM), envolvendo blocos são:

- **Quedas**

São movimentos gerados por blocos de qualquer tamanho, que se desprendem da encosta íngreme sem que ocorra cisalhamento ao longo da superfície (Figura 2.5). Normalmente estão associados com materiais rochosos, porém podem ocorrer em rochas brandas ou até mesmo solo (Nola 2015). O gatilho para que aconteça o movimento pode ser o intemperismo da parede, que faz com que o maciço perca a sustentação. Os blocos são deslocados em queda livre em movimentos que vão de lento a extremamente rápidos, por salteamento ou rolamento.

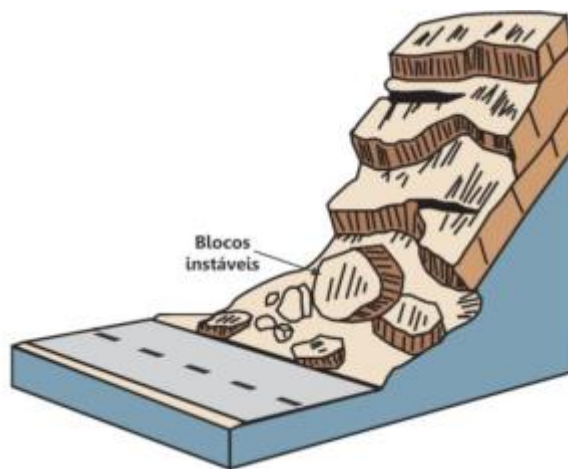


Figura 2.5 - Queda de blocos. Fonte: USGS, 2004.

Em materiais com baixa coesão, tais como gelo e solo, a queda pode fazer com que o bloco se fragmente em pequenos blocos, gerando uma avalanche de gelo ou um movimento com maior volume de material.

- **Tombamento**

Para Nola (2015), o tombamento é caracterizado pelo movimento de rotação do material (solo, rocha ou uma combinação destes) que se desloca para frente do declive a partir de um ponto de apoio, geralmente situado na base do bloco (Figura 2.6). O gatilho para esse tipo de movimento pode ser a ação da gravidade, as forças exercidas pelos blocos vizinhos ou a presença de água nas discontinuidades.

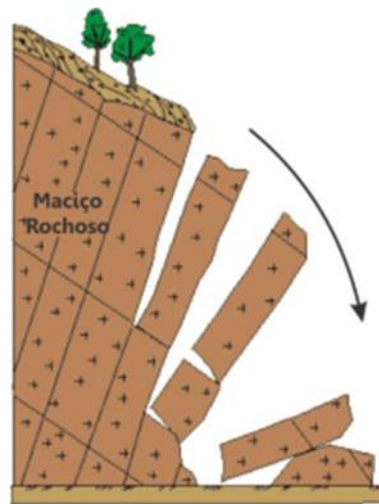


Figura 2.6 - Tombamento. Fonte: Nola, 2015.

O mecanismo pela qual acontece a ruptura, e por consequência o movimento em solo e rocha são iguais, porém em solos não existe a necessidade de descontinuidades horizontais, comumente associadas ao S_0 das rochas (Hungar, Leroueil e Picarelli 2014).

O deslizamento é outro tipo de movimento existente, mas normalmente acontece apenas na fase inicial e final de uma queda de blocos. De acordo Bozzolo e Pamini (1986), o ciclo de movimentos pode recomeçar caso a inclinação da encosta aumente. Assim, um bloco que desliza rapidamente começa a cair, saltar ou rolar. Se a inclinação se mantiver constante enquanto o bloco desliza, este acaba imobilizado devido à perda de energia através do efeito do atrito.

A geomorfologia pode indicar possíveis percursos por meio de drenagens existentes ao longo da encosta ou também podem influenciar diretamente na dispersão lateral das trajetórias onde essas restrições topográficas não estão presentes. A dispersão, por sua vez, é dependente do comprimento da encosta (Azzoni & De Freitas 1995).

Outro fator que interfere no tipo de movimentação trata-se do formato dos blocos. Maciços rochosos muito regulares e de superfícies lisas são considerados mais perigosos uma vez que não retarda de forma significativa qualquer tipo de movimento na queda de blocos. Já, os aspectos mecânicos do bloco, assim como sua litologia, e a superfície de percurso ditam a resistência do material durante o movimento, pois essas relações de resistência vão determinar uma maior ou menor capacidade de fragmentação durante o trajeto. Também influenciam a trajetória dos blocos, mas em menor importância, o tamanho e o coeficiente de atrito da superfície do maciço rochoso.

Os percursos que possuem algum tipo de vegetação, ou até mesmo a vegetação rasteira têm o poder de diminuir a velocidade de queda absorvendo a sua energia. Já a presença de florestas, em

locais de possíveis trajetórias, pode corresponder a eficientes barreiras naturais que reduzem significativamente a energia cinética dos blocos a partir do contato com a vegetação (Hagiwara *et al.* 2006) e impedem a passagem do material, evitando assim um maior alcance.

2.4 CLASSIFICAÇÃO DE MACIÇOS ROCHOSOS

Segundo Bieniawski (1989) classificar maciços rochosos tem por objetivo identificar parâmetros, relacionar classes e locais de ocorrência dos maciços segundo o seu comportamento. Além disso, promover uma base de entendimento acerca de cada classe de maciços e, principalmente, contribuir para com uma boa base de comunicação entre engenheiros e geólogos. Desse modo, a classificação de maciços é caracterizada como sendo um sistema analítico, tanto qualitativo ou quantitativo.

Os sistemas de classificação podem envolver testes, análises empíricas e de campo, o que contribui com o fator de segurança aos projetos a que se destinam. A prática de classificar maciços rochosos é antiga e existem hoje, propostos, diversos sistemas de classificação. Tais sistemas com seus parâmetros variam de acordo a finalidade ao qual foram desenvolvidos. Autores como o Bieniawski (1973, 1989) relacionam os problemas de engenharia civil ao comportamento geológico geotécnico dos maciços rochosos em seus sistemas de classificação (Hoek 2000).

Maciços rochosos são meios descontínuos, não homogêneos, daí a importância das análises de instabilidade do meio. Bieniawski (1973) afirma que as características do maciço rochoso em análise não podem se distanciar das características do seu material rochoso.

Embora não seja aplicado para práticas de esportes de natureza, o fato de que os escaladores sustentam o seu peso tangencialmente em uma superfície rochosa exposta às intempéries em escaladas sucessivas, os riscos de quedas por desgaste da coesão das rochas podem constituir-se em um perigo potencial. Portanto, a classificação de maciços rochosos em afloramentos sujeitos à prática de escalada pode ser útil, na compreensão e mesmo prevenção dos riscos a que são submetidos os praticantes deste esporte.

Para analisar os aspectos de riscos geológicos geotécnicos do setor das vias de escalada do Parque Natural Municipal Cachoeira das Andorinhas, este trabalho adotou o sistema RMR – Rock Mass Rating, de Bieniawski (1989) para a classificação dos maciços rochosos escolhidos.

2.4.1 Classificação geomecânica

O sistema de classificação RMR (Rock Mass Rating) ou também “Classificação Geomecânica” foi proposto em 1973 por Bieniawski. O autor quis propor um método de classificação que reunisse os principais parâmetros das classificações anteriormente propostos de forma que se criasse um método abrangente (Bieniawski 1973). Segundo ele, o sistema é baseado nas propriedades dos materiais e maciços rochosos (Bieniawski 1973).

Em sua primeira proposição, a classificação geomecânica foi demonstrada aplicada a prática de seleção de suportes primários a projetos de túneis (Bieniawski, 1973). A medida em que foi aplicado, e principalmente em diferentes áreas da engenharia, o RMR teve seu desenvolvimento, mas não perdeu sua essência. O sistema teve ampla aplicação em setores como: mineração, taludes, estudo de fundações e em sua maioria túneis (Bieniawski 1989).

Tem como entrada principal as descontinuidades e suas características. O RMR utiliza-se de seis parâmetros para classificação do maciço rochoso (Bieniawski 1989):

1. Resistência à compressão uniaxial do material rochoso.
2. RQD (Rock Quality Designation).
3. Espaçamento entre as descontinuidades.
4. Condições das descontinuidades.
5. Condições de lençol freático.
6. Orientação das descontinuidades.

Quando aplicada a Classificação Geomecânica, o maciço rochoso é dividido em regiões estruturais de forma que as regiões segundo suas características de descontinuidades estejam homogêneas. Essas regiões são analisadas individualmente e tem em campo seus parâmetros de classificação definidos (Bieniawski 1989). Ainda, a classificação atribui pesos aos intervalos de seus parâmetros e a fim de que se encontre o valor do RMR os respectivos pesos são somados. A partir do resultado da soma desses pesos encontra-se a classe a que o maciço pertence (Figura 2.7).

VALORES	100-81	80-61	60-41	40-21	<20
CLASSES	I	II	III	IV	V
DESCRIÇÃO	Muito boa	Boa	Razoável	Pobre	Muito Pobre

Figura 2.7 - Classes de maciço rochoso determinadas a partir de seus pesos. Adaptado de Bieniawski 1989.

Os parâmetros e seus índices estão expostos na Figura 2.8 de classificação RMR, conforme o autor.

Parâmetros		Intervalo de Valores				
1	Resistência do material rochoso intacto	>10	4-10	2-4	1-2	Para esta faixa baixa, o teste de compressão uniaxial é recomendado.
	Índice de resistência de carga pontual (Mpa)	>250	100-250	50-100	25-100	
2	Peso	15	12	7	4	2 1 0
	ROD (%)	90-100	75-90	50-75	25-50	<25
3	Peso	20	17	13	8	3
	Espaçamento das descontinuidades	>2m	0.6-2m	200-600mm	60-200mm	<60mm
4	Peso	20	15	10	8	5
	Condições das descontinuidades	Superfícies muito rugosas, descontinuas, sem separação, parede intacta	Superfícies levemente rugosas, separação < 1 mm, paredes levemente desgastadas	Superfícies levemente rugosas, separação < 1 mm, paredes altamente desgastadas	Superfícies estriadas ou preenchimento < 5 mm ou separação de 1-5mm, contínuas	Preenchimento mole > 5 mm ou separação > 5 mm, contínuas
5	Peso	30	25	20	10	0
	Infiltração em 10m de túnel (L/min)	Nenhuma	<10	10-25	25-125	>125
Lençol freático	Razão: Pressão de água na junta/tensão maior principal	0	<0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5
	Condições Gerais	Completamente seco	Umedecido	Úmido	Gotejando	Percolando
Peso		15	10	7	4	0

Figura 2.8 - Parâmetros e índices de valores do sistema RMR. Adaptado de Bieniawski 1989.

2.4.2 Resistência do material rochoso

Um dos parâmetros diretos do sistema RMR é a característica mecânica de resistência a compressão uniaxial do material rochoso. Bieniawski (1974) sustenta que as características do material rochoso são inseparáveis das características do maciço e, portanto, a resistência do material rochoso é significativa, visto que ambos passaram pelo mesmo ciclo geológico.

De forma geral, a resistência de um material se dá através da sua capacidade de suportar determinada força sem se deformar. E a resistência do material rochoso pode ser obtida através de métodos laboratoriais ou de campo, diretos ou indiretos.

A resistência do material rochoso pode ser relacionada a dureza da rocha e não a dureza propriedade de minerais (Bieniawski 1973). Um método indireto, simples, portátil e considerado não destrutivo é o esclerômetro ou martelo de Schmidt. O martelo de Schmidt correlaciona a dureza superficial – dureza de Schmidt – do material rochoso a resistência a compressão uniaxial (Figura 2.9).

Grau	Designação	Resistência à compressão simples (MPa)	Análise expedita
R6	Extremamente elevada	>250	A rocha lasca depois de sucessivos golpes de martelo e ressoa quando batida
R5	Muito elevada	100-250	Requer muitos golpes de martelo para partir espécimes intactos de rocha
R4	Elevada	50-100	Pedaços pequenos de rocha seguros com a mão são partidos com um único golpe de martelo
R3	Mediana	25-50	Um golpe firme com o pico do martelo de geólogo faz identificações até 5mm, com a faca consegue-se raspar a superfície
R2	Baixa	5-25	Com a faca é possível cortar o material, mas este é demasiado duro para lhe dar a forma de provete para ensaio triaxial
R1	Muito Baixa	1-5	O material desagrega-se com golpe firme do pico do martelo de geólogo
R0	Extremamente baixa	0,25-1	Penetrada pela ponta do dedo polegar, moldada pelas mãos; facilmente penetrada pelo canivete e martelo de geólogo

Figura 2.9 - Tabela de classificação proposta pela ISRM - International Society for Rock Mechanics, que correlaciona a qualidade da rocha, resistência a compressão uniaxial e o comportamento do meio rochoso feito as análises expeditas. Fonte: Lima, *et al.*, 2008.

2.4.3 RQD – Rock Quality Designation

Proposto por Deere (Deere *et al.* 1967) o conceito RQD – Rock Quality Designation, é um índice quantitativo que caracteriza a qualidade dos maciços rochosos em relação ao seu grau de fraturamento através da análise de testemunhos de sondagem. O RQD é dado como um percentual (0-100) e dentro deste, possui intervalos que se relacionam com a qualidade da rocha. O testemunho é

divido em partes conforme apresenta descontinuidades, e para fins de cálculo só se considera as peças maiores do que 10 cm.

RQD	Qualidade do maciço
<25	Muito pobre
25-50	Pobre
50-75	Justo
75-90	Bom
99-100	Excelente

Figura 2.10 - Tabela dos índices de qualidade da rocha. (Deere *et al.* 1967).

Neste trabalho não foi possível a realização de sondagens e coleta de amostras. No entanto, Palmström (1982) demonstrou ser possível estimar o RQD de um bloco rochoso através do cálculo de juntas por unidade de volume (J_v). Dessa forma permite análise e classificação das superfícies terrestres expostas. Segue a relação de Palmström para RQD e (J_v):

$$RQD = 115 - 3.3J_v \quad (2)$$

Onde, J_v é o índice de juntas por volume, dado por:

$$J_v = \frac{1}{s_1} + \frac{1}{s_2} + \frac{1}{s_3} + \dots + \frac{1}{s_n} \quad (3)$$

Em que, s_n é o espaçamento das juntas.

2.4.4 Espaçamento entre descontinuidades

O espaçamento refere-se ao espaço entre descontinuidades adjacentes de uma mesma família. O índice de deformação e permeabilidade é proporcional ao tamanho do espaçamento entre descontinuidades de uma área (Pinotti e Carneiro 2013).

É possível mensurar o espaçamento a partir da face do plano de observação do maciço. O estudo implementado deve segundo linhas de observação em diferentes orientações, de preferência uma linha de observação normal a cada conjunto de família, caso possível (Lima *et al.* 2008).

2.4.5 Condições das descontinuidades

Aqui são observadas e avaliadas a rugosidade da superfície da descontinuidade, o preenchimento, a continuidade e o estado das paredes. Respectivamente, a rugosidade é fator que influencia na resistência ao cisalhamento, pode ser avaliada por meio de uma descrição tátil-visual e

dessa análise se caracteriza em diferentes perfis – muito a levemente rugosa ou lisa, tabela 4. O preenchimento depende da abertura da descontinuidade e é importante em poder controlar ou modificar a resistência ao cisalhamento e a percolação de água no meio (Pinotti e Carneiro 2013). A continuidade ou persistência, que qualifica tamanho e forma geométrica da descontinuidade. Por fim, o estado de alteração das paredes, visto que é uma superfície constantemente exposta a meteorização.

2.4.6 Condição de lençol freático

A presença de água oferece consequências negativas e de acordo com Lima *et al.* (2008) um dos efeitos mais importantes da ação da água no maciço é a redução das condições de estabilidade do meio devido a pressão da água exercida nas paredes das descontinuidades.

Descontinuidades favorecem o escoamento d'água. Pinotti e Carneiro (2013) apontam os principais parâmetros acerca disso: orientação espacial das famílias de descontinuidades; abertura das descontinuidades; espaçamento das descontinuidades; e rugosidade absoluta das paredes, portanto, o fluxo que percola o maciço rochoso tem a ver com seu meio fraturado.

2.4.7 Orientação das descontinuidades

A orientação espacial das descontinuidades é fator importante não só nas análises de estabilidade de taludes, mas também em outras situações da engenharia. Expressa por dados estruturais, direção e mergulho, é potencial indicador da direção de deslizamentos de blocos. Para este trabalho foi utilizada a notação azimute seguido de mergulho (strike e dip).

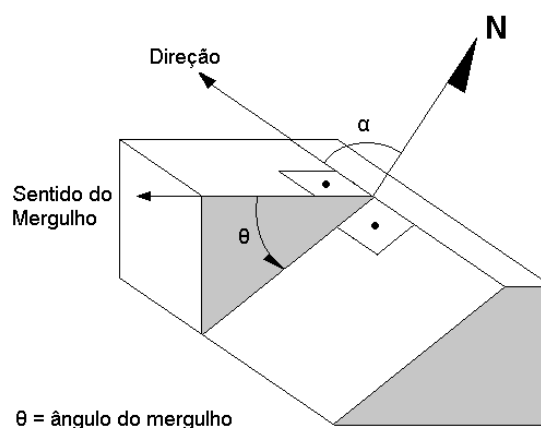


Figura 2.11 - Orientação espacial de estruturas geológicas planares. Retirada de: Pinotti e Carneiro 2013.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

3.1 CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

A área de estudo localiza-se no estado de Minas Gerais e pertence ao Quadrilátero Ferrífero, que ocupa a borda limítrofe sudeste do Cratón São Francisco (Almeida 1977), e parte da Faixa Araçuaí (Noce 1995). O nome deriva da grande quantidade de formações ferríferas localizadas numa área de formato aproximadamente quadrangular, definida por um conjunto de serras que apresentam grandes estruturas dobradas, dos tipos homoclinal e sinclinal, entre quatro cidades: Itaúna, Mariana, Congonhas do Campo e Itabira (Cavalcanti 1999).

Segundo Alkmim & Marshak (1998), a composição litoestratigráfica do Quadrilátero Ferrífero se dá por cinco principais unidades, sendo elas, em ordem cronológica: Embasamento cristalino Arqueano; Supergrupo Rio das Velhas; Supergrupo Minas; Rochas intrusivas pós deposição do Supergrupo Minas; Grupo Itacolomi, como apresentado na Figura 3.1.

A morfologia do QF foi denominada por Marshak *et al.* (1997) como sendo de “domos e quilhas”, sendo que os domos correspondem a morros de altitudes aproximadas de 800 metros, formadas por rochas do embasamento cristalino matamorfizadas (complexos metamórficos) e as quilhas correspondem à sinclinais com bordas erodidas de altitude superior a 1000 metros, constituídas por quartzitos e itabiritos do Supergrupo Minas nas cristas.

De acordo com Noce (1995), as principais estruturas do QF foram desenvolvidas durante dois grandes eventos deformacionais denominados Transamazônico e Brasileiro de idades Paleoproterozoica (~2.0 Ga) e Neoproterozoica (~0.6 Ga) respectivamente. Os dois eventos foram de caráter compressional, o mais antigo originou estruturas com vergência para NW e o segundo para W.

Para Chauvet *et al.* (1994), o primeiro evento deformacional, Transamazônico, é de caráter extensional, e o segundo, Brasileiro, de caráter compressional que geraria estruturas extensionais em seu relaxamento.

Porém, ao analisar dados geocronológicos, Endo & Machado (2002) identificaram quatro fases geodinâmicas no QF, sendo elas: i) Rio das Velhas (2920 Ga a 2555 Ga); ii) Transamazônica (2250 Ga a 1900 Ga); iii) Espinhaço (1770 Ga); e iv) Brasileira (600 Ga a 450 Ga).

Alkmim & Marshak (1989) também propõem um modelo de quatro fases deformacionais. D1 compressional, de vergência para NW. D2, também de caráter compressional, com compressão NS. A terceira fase, denominada DE, extensional e a última, D3, compressional com vergência para W.

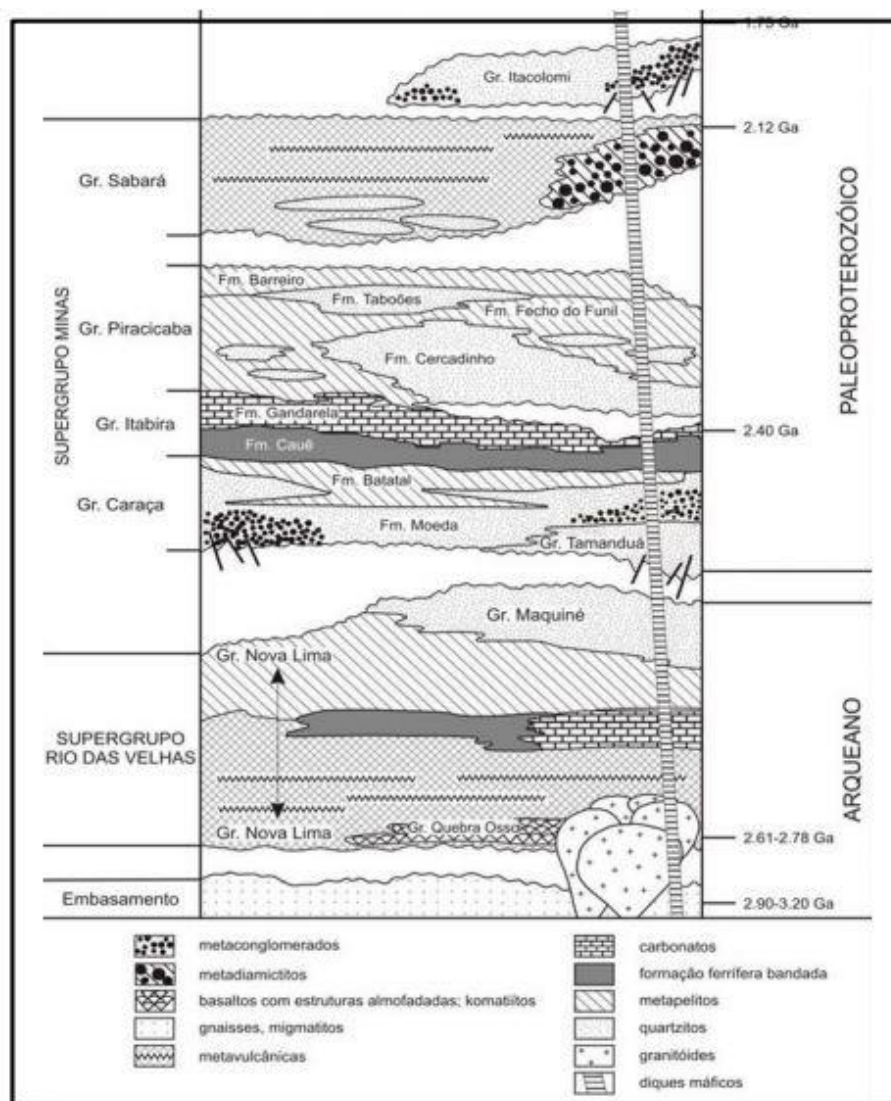


Figura 3.1 - Coluna estratigráfica do Quadrilátero Ferrífero (extraída de Alkmim & Marshak (1998)).

3.2 GEOLOGIA LOCAL

O Parque das Andorinhas encontra-se na Serra de Ouro Preto, que no ponto de vista estratigráfico é composto por rochas pertencentes aos Grupos Nova Lima, Caraça e Itabira (Teixeira *et al.* 2001).

Utilizando a sobreposição da *shapefile* do zoneamento da área obtida no Plano de Manejo do Parque Natural Municipal das Andorinhas (MYR 2019) sobre os mapas geológicos Mariana (Folhas parciais de: SF.23-X-B-I-3 e SF.23-X-B-IV-1) e Ouro Preto (Folha integral SF.23-X-A-III-4 e Folha parcial de SF.23-X-A-VI-2), escala 1:50.000 (Baltazar *et al.* 2005) foi possível verificar que afloram rochas do Supergrupo Rio das Velhas (Grupo Nova Lima) e Supergrupo Minas (Grupos Caraça e Itabira), além de canga, cuja idade é cenozoica (Figura 3.2).

No que tange o contexto estrutural, o Parque encontra-se inserido no flanco sul do Anticlinal de Mariana.

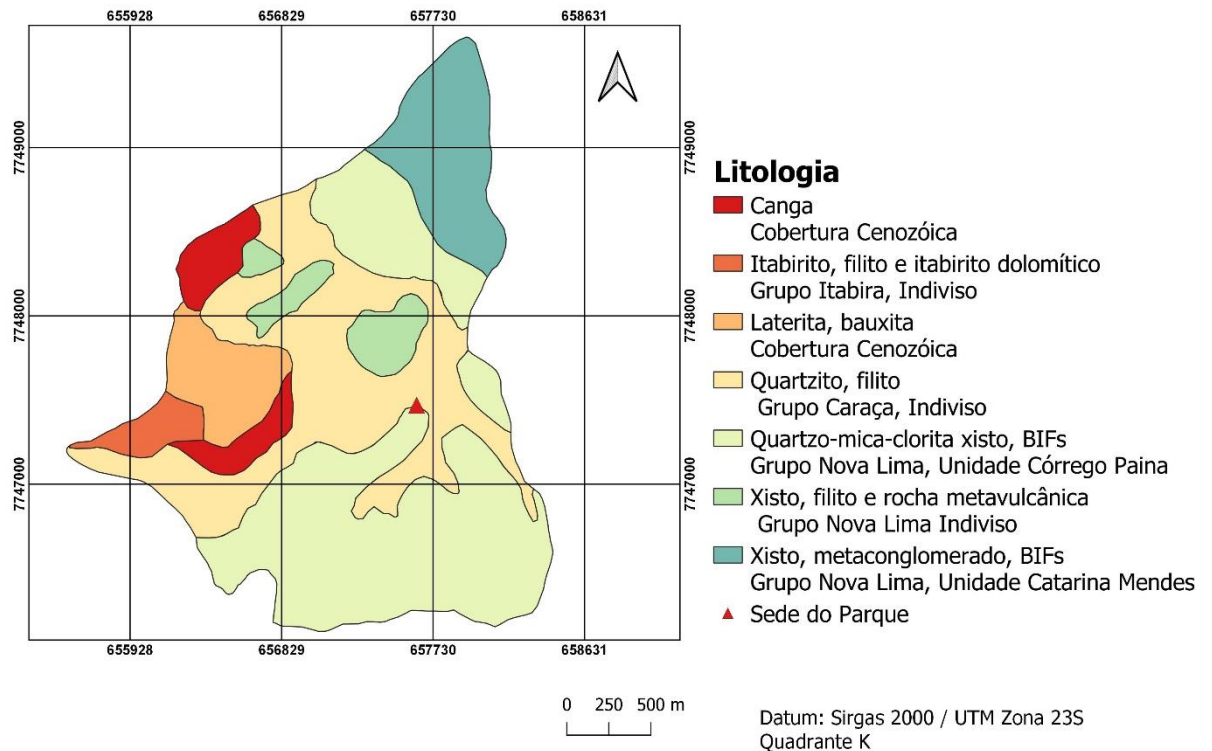


Figura 3.2 - Zoneamento do Parque das Andorinhas com litologias aflorantes. Autora: Renata Nunes Fonte: Mapas geológicos Mariana (Folhas parciais de: SF.23-X-B-I-3 e SF.23-X-B-IV-1) e Ouro Preto (Folha integral SF.23-X-A-III-4 e Folha parcial de SF.23-X-A-VI-2).

3.2.1 Unidades litoestratigráficas

3.2.1.1 Supergrupo Rio das Velhas

O Supergrupo Rio das Velhas, de idade Arqueana, é constituído da base para o topo por rochas do Grupo Nova Lima e pelo Grupo Maquiné. Este Supergrupo representa um clássico *greenstone belt* (Alkmim & Marshak 1998), que aflora geralmente em núcleos anticlinais (Dorr 1969).

O contato entre os grupos Nova Lima e Maquiné se dá por discordância erosional. O primeiro é composto por filitos, filitos grafitosos, clorita-xistos, sericita-xistos, metagrauvascas, rochas máficas e ultramáficas, BIF do tipo algoma, metacherts e dolomitos. O Grupo Maquiné possui níveis conglomeráticos em sua base, sobrepostos por quartzitos maciços e sericíticos, sericita-quartzo-xistos, metaconglomerados oligo e polimíticos e filitos (Dorr 1969).

Segundo o Projeto Geologia do Quadrilátero Ferrífero (Baltazar *et al.* 2005), o Grupo Nova Lima é composto por 12 unidades, sendo as seguintes aflorantes no Parque das Andorinhas, da base para o topo:

- indiviso – Composta por xisto, filito e rocha metavulcânica, com pequenas intercalações de quartzito, formação ferrífera e dolomito;
- unidade Catarina Mendes – Constituída por carbonato-quartzo-feldspato-biotita-clorita xisto, sericita-biotita-clorita-quartzo xisto, quartzo-clorita xisto, rocha calcissilicática, metaconglomerado e formação ferrífera. (Associação de Litofácies Ressedimentada: metagrauvaca com estratificação cíclica e gradacional e estratificação plano-paralela e cruzada);
- unidade Córrego da Paina – Constituída de quartzo-mica-clorita xisto, clorita xisto, biotita-mica xisto feldspático, formação ferrífera local. (Associação de Litofácies Ressedimentada: metaturbiditos distais);

Na área de interesse não afloram rochas pertencentes ao Grupo Maquiné.

3.2.1.2 Supergrupo Minas

O Supergrupo Minas possui idade Paleoproterozoica e é composto por rochas metassedimentares. Estas rochas resistentes à erosão são responsáveis pelo nome Quadrilátero Ferrífero devido aos seus cumes esboçarem uma forma semelhante à de um quadrilátero (Alkmim & Marshak 1998).

Segundo Endo (1997), o Supergrupo Minas é composto por quatro grupos, sendo eles da base para o topo: Grupo Caraça, Itabira, Piracicaba e Sabará.

De acordo com o Projeto Geologia do Quadrilátero Ferrífero (Baltazar *et al.* 2005) na região do Parque das Andorinhas afloram os Grupos Caraça e Itabira, que são indivisos em algumas áreas, incluindo a de interesse. Elas apresentam a seguinte composição:

- Grupo Caraça (indiviso): quartzito, filito, conglomerado.
- Grupo Itabira (indiviso): Itabirito, filito e itabirito dolomítico.

3.2.1.3 Cobertura cenozoica

Segundo Baltazar *et al.* (2005) na região do QF, as coberturas cenozoicas têm extensa distribuição geográfica, usualmente aparecem preenchendo bacias pequenas tectonicamente controladas. Na área de interesse afloram dois tipos de coberturas, a mais antiga data do Paleógeno

(Dorr 1969) e é vista como chapadas de canga originando capeamento limonítico que possuem seixos, calhaus e matações de formação ferrífera e, localmente, de hematita. A mais recente data do Pleistoceno-Holoceno e aparecem como laterita, bauxita e detrito ferruginoso não cimentado (Baltazar *et al.* 2005).

3.2.2 Arcabouço estrutural

O Parque das Andorinhas localiza-se na Serra de Ouro Preto, que, segundo Teixeira *et al.* (2001) está inserido no flanco sul do Anticlinal de Mariana, uma estrutura regional encontrada na porção sudeste do QF (Nascimento 2016). A Serra tem direção E-W e o anticlinal corresponde a uma dobra aberta, normal com eixo caindo suavemente para sudeste, com rochas mergulhando de 20° a 30° para sul. Está claro que a evolução estrutural do anticlinal se relaciona a uma deformação com mais de uma fase e envolve componentes extensionais e compressionais, mas existem diferentes modelos que explicam essa deformação.

O modelo postulado por Nalini Jr. (1993) define que o arcabouço estrutural do Anticlinal de Mariana foi estabelecido por dois eventos, o primeiro de caráter extensional e o segundo compressional, este último apresentando três fases deformacionais, definidos da seguinte forma:

- Evento extensional: foi responsável pela origem de estruturas regionais, como o Anticlinal de Mariana, geradas pelo deslizamento e/ou fluxo flexural. Devido a esse evento o embasamento soergueu-se e provocando o arqueamento dos Supergrupos Rio das Velhas e Minas, superpostas a ele. Como consequência desse evento, podem ser identificadas dobras regionais, dobras parasíticas (com eixos EW a NW-SE), veios de direção NS preenchendo fraturas de tração, falhas normais, *tension gashes* além da supressão de unidades litoestratigráficas em algumas porções.
- Evento compressional: é dividido em três fases e representado por transporte tectônico com vergência de E para W. A primeira fase, denominada D1, originou estruturas associadas a falhas reversas como: foliação milonítica e metamórfica paralelas (com atitude média 168/18); lineação de estiramento mineral (com atitude média 117/09) e, sub-paralelos a elas, charneiras de dobras intrafoliais e isoclinais. Na fase D2 as estruturas geradas foram: clivagem de crenulação (com atitude média 104/87) associada à lineação de crenulação (com atitude média 105/12); falhas direcionais aproximadamente EW; e dobras ortorrômbricas abertas de eixo EW. Relacionam-se à D3, última fase deformacional do evento compressional, dobras abertas mesoscópicas

(charneiras com rumo para 204/15) e dobras abertas megascópicas NS (plano axial aproximadamente 273/60) com eixos caindo de 15 a 20° para sul.

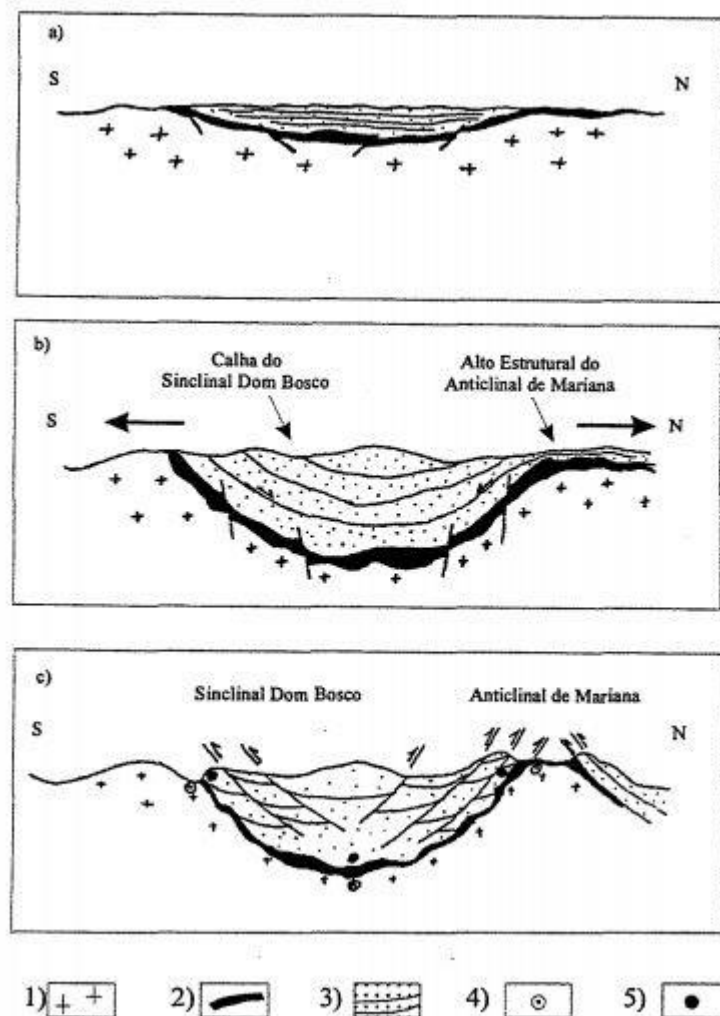


Figura 3.3 - Evolução da região do Anticlinal de Mariana: a) estágio inicial, pré eventos deformacionais significativos; b) atuação do primeiro evento (extensional), com conseqüente arqueamento das rochas do Supergrupo Rio das Velhas e superpostas; c) atuação do evento compressional com falhamentos de empurrão. 1) complexos metamórficos, 2) Supergrupo Rio das Velhas, 3) Supergrupo Minas, 4) movimento relativo de oeste para leste, 5) movimento relativo de leste para oeste (extraída de Nalini Jr., (1993)).

Segundo Oliveira (1998) a estruturação do Anticlinal de Mariana estabeleceu-se em pelo menos quatro eventos tectônicos (D1, D2, D3 e D4), definidos a seguir:

- O evento D1 possui natureza extensional, ocorreu durante o Tranzamazônico (2.1-2.09 Ga), em condições metamórficas de fácies anfíbolito baixa e é responsável pela ascensão do Complexo Metamórfico do Baçõ, nucleação do Anticlinal de Mariana,

geração (pelo menos em parte) da foliação S_1 e veios V_{n-1} (com polaridade tectônica de NW para SE).

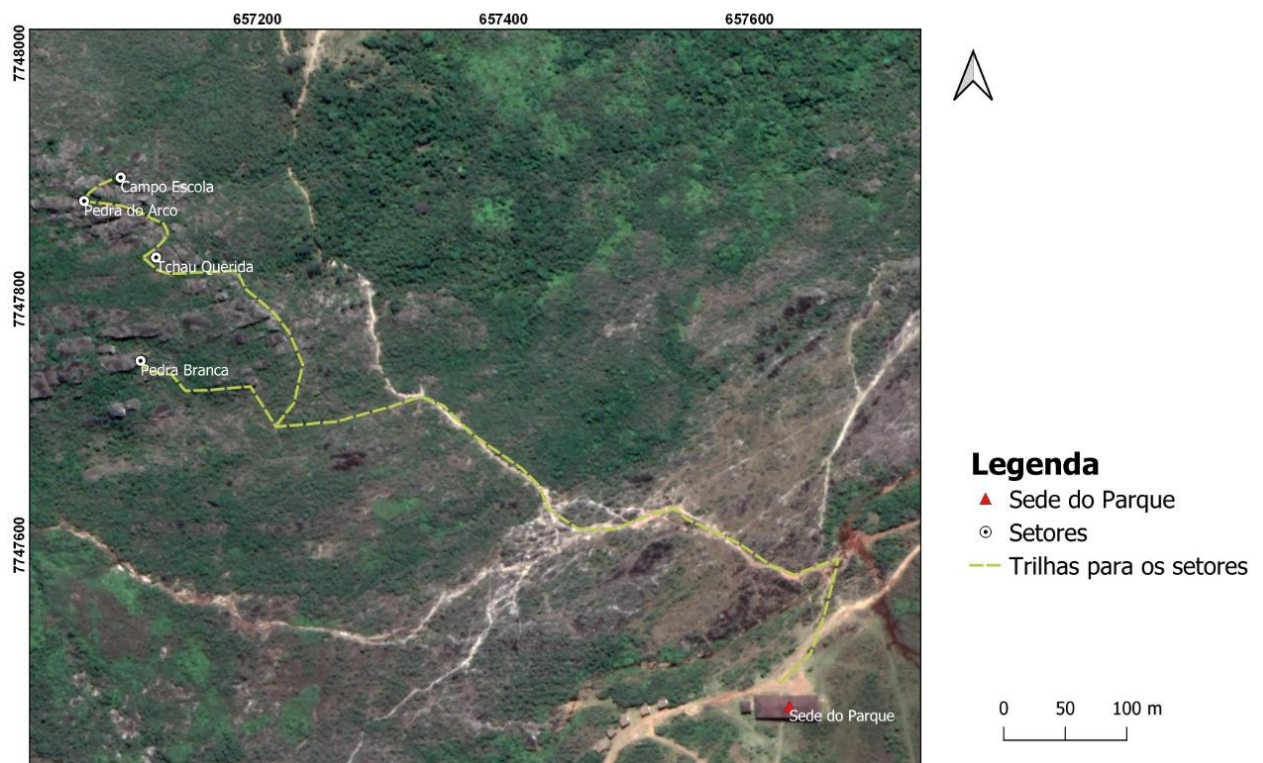
- O segundo evento, D2, tem caráter compressivo, pertence à fácies xisto verde de médio/alto grau e originou dobras isoclinais, foliação milonítica, lineação de estiramento mineral, zonas de cisalhamento inversas, estruturas S/C e veios V_n foliados. As estruturas têm polaridade tectônica que indicam compressão de SE para NW e possuem idade de 2.05 Ga.
- O evento D3, de natureza distensiva e fácies xisto verde de baixo/médio grau, é responsável pelas bandas de cisalhamento normais, veios V_{n+1} , faturamento hidráulico, *boudingem* e estilólitos. Esse evento foi datado em torno de 1.843 Ga.
- O último evento, D4, ocorreu em condições metamórficas de fácies xisto verde de baixo grau e deu origem a clivagem de crenulação S_2 , juntas de contração, falhas direcionais (transporte tectônico para NW), veios V_{n+2} (parcialmente) e veios V_{n+3} . D4 tem idade Brasiliana.

CAPÍTULO 4

DESCRIÇÃO DOS AFLORAMENTOS

O trabalho de campo para caracterização dos maciços foi realizado nos dias 04 e 05 de outubro de 2020. Nestes dois dias foi possível realizar a análise geológica-geotécnica dos quatro setores de vias de escaladas do Parque: Campo Escola, Pedra do Arco, Tchou Querida e Pedra Branca (Figura 4.1).

Durante o trabalho de campo pode-se deparar com grupos de atletas praticando em três dos quatro setores, o que ressaltou a importância da realização do estudo no local. É importante também ressaltar que a trabalho foi realizado em condições de clima não chuvoso.



Datum: Sirgas 2000 / UTM Zona 23S
Quadrante K

Figura 4.1 - Mapa de localização dos setores de escalada: Campo Escola, Pedra do Arco, Tchou Querida e Pedra Branca e da Sede do Parque Natural Municipal Cachoeira das Andorinhas. Imagem aérea retirada do Google Earth Pro, 2019.

4.1 CAMPO ESCOLA

Este setor está localizado segundo as coordenadas UTM: 657112.10E 7747900.62S 23K, com orientação da face de escalada 59/28. Como o nome já indica, é utilizado para prática de atletas iniciantes por apresentar uma dificuldade inferior aos demais setores. A rocha que o compõe é um quartzito de coloração esbranquiçada com grãos subangulosos e mal selecionados.

Há 8 vias de escaladas neste setor (denominadas, na ordem: Vivi Fernandes, Kid Bengala, Lolla, Emanuelle, Bruna Surfistinha, Hilda Furacão, Cacciolina, Bordel), todas na mesma frente de escalada. Foi possível observar que se trata de um bloco tombado uma vez que o acamamento encontra-se inclinado, diferentemente das demais rochas da região (Figura 4.2 - A) e a atividade acontece numa face do acamamento exposta (Figura 4.2 - B) sem vegetação, fraturas ou presença de água.



Figura 4.2 - A (Esquerda): Acamamento com inclinação próxima de 90°, diferentemente dos demais setores/maciços da região; B (Direita): Face do acamamento utilizada como frente de escalada. Fonte: acervo pessoal.

4.2 PEDRA DO ARCO

Este setor está localizado segundo as coordenadas UTM: 657083.10E 7747900.88S 23K, com orientação da face de escalada praticamente N-S com medidas preferenciais: 07/91, 09/92. A rocha que o compõe é um quartzito de coloração esbranquiçada com grãos subangulosos e mal selecionados na qual é possível observar erosão alveolar mais intensa ou menos intensa variando com o afloramento. Em alguns pontos é possível observar a presença de quartzo precipitado (Figura 4.3). A medida do acamamento encontrada foi de 146/34; 126/27 com xistosidade acompanhando o acamamento.



Figura 4.3 - Foco em quartzo precipitado em quartzito. Fonte: acervo pessoal.

Neste setor a escalada é realizada em três paredões rochosos distintos, totalizando 9 vias (denominadas, na ordem: Aresta do apicultor, Se segura malandro, Filosofia lusitana, Titanomaquia, Sika loca, Caba não mundão, Marreta porreta, Cabron da peste e Parallaxológica). A estrutura rochosa responsável pelo nome dado ao setor está entre dois destes paredões, que foram denominados paredão E e paredão W (Figura 4.4 - A) e o terceiro afloramento é a face de trás do paredão W (Figura 4.4 - B). Observou-se que estes paredões E e W estão localizados em uma falha N-S de caráter regional e pôde-se verificar a presença de blocos soltos no chão.

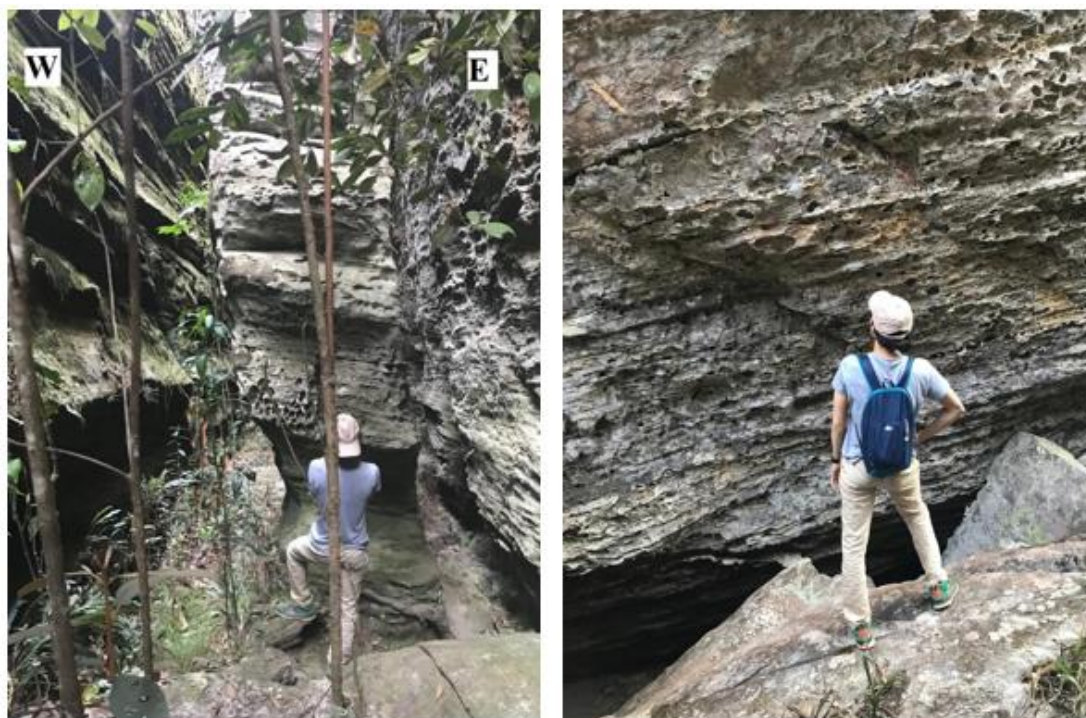


Figura 4.4 - A (Esquerda): paredão E e paredão W com a estrutura em “arco” no centro que deu o nome para o setor da escalada; B (Direita): face posterior ao paredão W apresentando fraturas ao longo do pacote rochoso. Fonte: acervo pessoal.

No paredão E é onde se localizam 6 vias deste setor (Aresta do apicultor, Se segura malandro, Filosofia lusitana, Titanomaquia, Sika loca e Caba não mundão). Trata-se de um plano confinado com erosão alveolar mais frequente que nos demais. Foi possível observar fuga de finos, ausência de vegetação e apesar de ser um ambiente úmido, não há concentração de água na rocha. A medida do acamamento encontrada foi preferencialmente 305/86. Observou-se uma família de fratura com medidas 155/86; 176/89, muito persistente e com espaçamento de 3, 5 e 8 metros. Estas fraturas não são preenchidas e tem bordas onduladas (Figura 4.5).

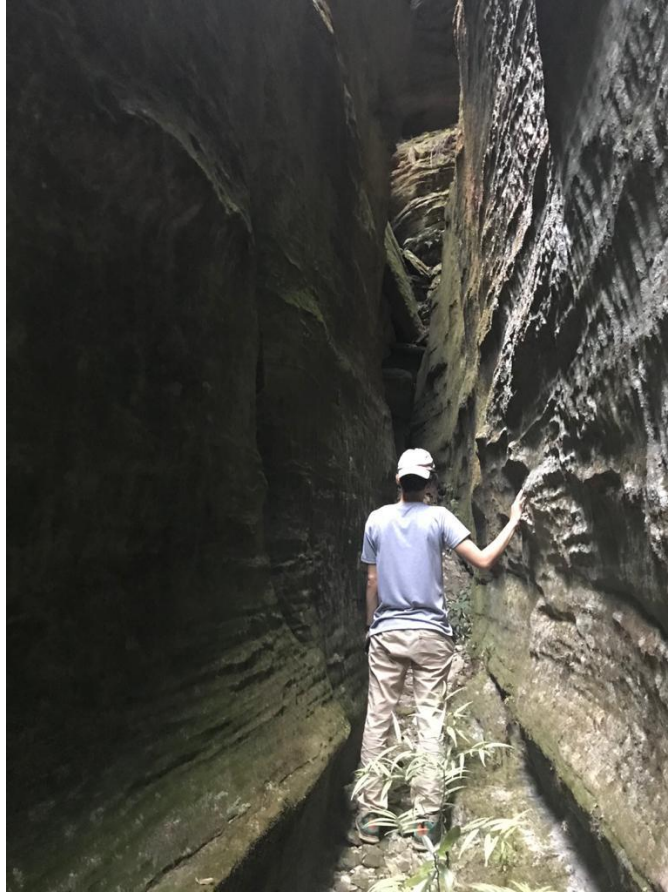


Figura 4.5 - Descontinuidade de aproximadamente 1,5 metros de comprimento apresentando em suas em suas paredes internas bordas onduladas. Fonte: acervo pessoal.

No paredão W há apenas uma via de escalada (Paralaxológica) que encontra-se sob uma fratura (Figura 4.6) de medida preferencial 148/86. O afloramento trata-se de um plano desconfinado, com textura mais lisa em relação ao paredão E e presença de musgos. Apesar de ser um ambiente úmido, mesmo em condição de clima não chuvoso conforme estava no dia do trabalho de campo, não há concentração de água.



Figura 4.6 - Fratura de aproximadamente 0,25 metros que apresenta musgos e textura lisa, trata-se da via 9 do setor cujo nome é Parallaxológica. Fonte: acervo pessoal.

No terceiro afloramento utilizado para a prática dentro do setor Pedra do Arco encontram-se duas vias de escaladas (Marreta porreta e Cabron da peste). O afloramento está mais exposto aos agentes intempéricos se comparado aos outros dois e apresenta intensa erosão alveolar com alvéolos mais profundos pelo desgaste e dissolução (Figura 4.7 - A). A maior exposição deve ao fato de os paredões E e W estarem frente a frente com uma abertura estreita entre eles, impedindo maior incidência solar e de chuva, por exemplo. No caminho entre os paredões e o terceiro afloramento há a presença de um bloco rochoso com aproximadamente 6 metros de comprimento em condições de risco de queda, estando apoiado apenas por outros blocos maiores (Figura 4.7 - B), porém não existem vias neste bloco.



Figura 4.7 - A (Esquerda): intensa erosão alveolar apresentando alvéolos com até 10 centímetros de profundidade; B (Direita): blocos soltos apoiados em paredes externas. Fonte: acervo pessoal.

4.3 TCHAU QUERIDA

Este setor está localizado segundo as coordenadas UTM: 657140.54E 7747838.86S 23K, com orientação da face de escalada 290/85. A rocha que o compõe é um quartzito de coloração esbranquiçada com grãos subangulosos e mal selecionados e presença de alteração ferruginosa em algumas camadas. A medida do acamamento encontrada foi de 149/33; 140/18 com xistosidade 65/307.

Há 7 vias de escaladas neste setor (denominadas, a ordem: Temer jamais, Escalar sem Temer, Tchau querida, República do Pó Royal, República das bananas, República do café com leite e Lava jato), todas na mesma frente de escalada, que trata-se de um plano confinado. Não foi observado presença de vegetação e de água. Notou-se que a frente do afloramento está localizada em uma falha N-S de caráter regional e pôde-se verificar a presença de blocos soltos no chão.

Há no afloramento um extenso nível erodido com presença de alteração ferruginosa (Figura 4.8), composto por um material mais fino, provavelmente sericita, no qual foram identificadas ranhuras (65/29; 70/18) e estepes (296/80) provenientes de uma falha de empurrão aproximadamente E-W.



Figura 4.8 - Extenso nível erodido com alteração ferruginosa. Fonte: acervo pessoal.

Foi possível verificar também a presença de duas famílias de fraturas que se interceptam, com medidas 27/63 e 207/81 (Figura 4.9).

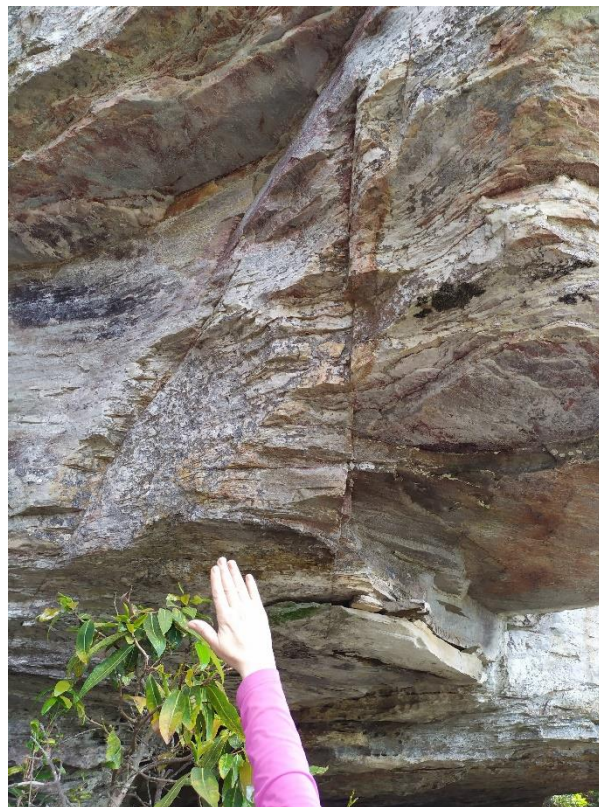


Figura 4.9 - Família de fraturas formando uma interseção em formato triangular. Fonte: acervo pessoal.

4.4 PEDRA BRANCA

Este setor está localizado segundo as coordenadas UTM: 657110.97E 7747777.62S 23K. A rocha que o compõe é um quartzito de coloração esbranquiçada com grãos subangulosos e mal selecionados e com presença de erosão alveolar em alguns locais. A medida do acamamento encontrada foi de 127/23; 112/13 com xistosidade acompanhando o acamamento.

Há 20 vias neste setor (denominadas, na ordem: Vaca virgem, Route 162, Dia de protesto, Atestado de cadena, Janela do universo, Musgonozói, Fala meu justo, Regletes ocultos, Batata com sal, Argentina, Alemanha, Melodrama, Sapiência, Lagartixa de pedra, Meu amigo friend, Meu amigo broca, Babilon go up, Sem dúvida nem pidedade, Chanasclly e Segredo da cadena) divididas em três conjuntos de afloramentos, e para facilitar a compreensão, os denominaremos: conjunto 1, conjunto 2 e conjunto 3. Não foi observado presença de vegetação e de água em nenhum dos afloramentos e pôde-se verificar a presença de blocos soltos no chão.

No conjunto 1 estão localizadas 4 vias deste setor (Babilon go up, Sem dúvida nem pidedade, Chanasclly e Segredo da cadena). Duas com face de escalada 216/83 (vias da esquerda), uma 199/85 (via do meio) (Figura 4.10) e uma 167/83 (via da direita). Neste conjunto observaram-se sete fraturas lisas e não preenchidas com espaçamento de 2 em 2 metros e orientação 109/87; 102/89.



Figura 4.10 - Via do meio: evidência de fraturas lisas não preenchidas com espaçamento médio de 2 metros e trincas com menor persistência de menor espaçamento. Fonte: acervo pessoal.

Na via do meio foi possível observar cinco trincas da mesma família com menor persistência (de 50cm a no máximo 2m de comprimento) e espaçamento de 20 à 50cm (Figura 4.10) que quando mais próximas e intersectadas pela xistosidade exibem formato de rompimentos quadrangulares (Figura 4.11) favorecendo o abatimento de porções do maciço rochoso.



Figura 4.11 - Fraturas com padrão quadrangular provocado pela interseção de planos de fratura de menor persistência. Fonte: acervo pessoal.

No conjunto 2 estão localizadas 11 vias deste setor (Vaca virgem, Route 162, Dia de protesto, Atestado de cadena, Janela do universo, Musgonozói, Fala meu justo, Regletes ocultos, Batata com sal, Argentina e Alemanha), todas na mesma face de escalada 346/86, que trata-se de um plano confinado. Observou-se uma família de fraturas praticamente perpendicular à xistosidade, com medidas 161/85; 265/67 e espaçamento de aproximadamente 50cm que dão origem a rupturas quadrangulares (Figura 4.12 - A). Verificou-se também que há presença de erosões mais intensas nas camadas com alteração ferruginosa (Figura 4.12 - B).



Figura 4.12 - A (Esquerda): Ruptura quadrangular com risco de deslocamento sendo usada de apoio pela atleta; B (Direita): Níveis de coloração avermelhada mais ferruginosos apresentando erosão mais pronunciada. Fonte: acervo pessoal.

O conjunto 3, onde localizam-se 5 vias deste setor (Melodrama, Sapiência, Lagartixa de pedra, Meu amigo friend e Meu amigo broca) com face de escalada 275/84, trata-se de um plano confinado. Observou-se uma família de fraturas pouco persistentes (de 30cm à 1m) com medidas 174/89; 136/81 e espaçamento de aproximadamente 1m que apresentam rupturas em formatos quadrangulares e retangulares (Figura 4.13).



Figura 4.13 - Rupturas em formatos quadrangulares e retangulares. Fonte: acervo pessoal.

CAPÍTULO 5

ANÁLISE DOS DADOS E DISCUSSÕES

Com base nas descrições dos afloramentos coletadas em campo, associadas à pesquisa bibliográfica realizada anteriormente, foi possível identificar que as rochas utilizadas para a prática de escaladas nos quatro setores correspondem ao Supergrupo Minas, Grupo Caraça, Formação Moeda (Baltazar *et al.* 2005).

Além disso, podemos atribuir as características observadas e medidas em campo aos eventos deformacionais que deram origem ao Anticlinal de Mariana e ao seu flanco sul. De acordo com Nalini Jr. 1993 apud Teixeira *et al.* (2001), o flanco sul da anticlinal, foi gerado na primeira fase (D1) do evento de caráter compressional que é dividido em três fases. Ainda, afirma-se que o flanco sul foi afetado por uma deformação de maior magnitude, apresentando grandes dobras, rampas oblíquas e laterais que levou a ser definido como um subdomínio estrutural regional.

Como expresso anteriormente (ver 3.2.2), a primeira fase do evento compressional originou estruturas planares: foliação milonítica e metamórfica paralela que se apresentam com atitude média de 168/18 (Nalini Jr., 1993). Em visita aos setores observou-se que em sua maioria a xistosidade nos afloramentos apresentava-se acompanhando o acamamento. As atitudes médias dos acamamentos foram inferidas (Tabela 5.1).

Tabela 5.1- Atitudes médias obtidas em campo nos setores visitados.

Atitudes dos acamamentos por setor					
Pedra do Arco		Tchau Querida		Pedra Branca	
146/34	126/27	149/33	140/18	127/23	112/13

Desse modo, faz-se possível relacionar os valores de acamamento com as atitudes das foliações metamórficas (xistosidade), visto que essas estruturas ocorrem subparalelas. Portanto, ao comparar os dados obtidos neste trabalho para as atitudes das foliações com a atitude média obtida por Nalini Jr. em seu estudo, vemos que nossas medidas estão congruentes, se encaixando as propriedades do evento compressional e sua fase D1. No setor “Tchau Querida” ainda foram identificados estepes e ranhuras provenientes de uma falha de empurrão E-W, que também pode ser associada a vergência que caracteriza o evento compressional.

O método utilizado para tratar os dados de campo e classificar os maciços segundo suas características geológicas-geotécnicas foi a classificação de Bieniawski ou Sistema RMR (Bieniawski,

1989). Os dados foram organizados segundo tabelas para cada maciço com características uniformes (Tabelas 5.2 a 5.9).

Tabela 5.2 - Classificação Bieniawski para o Setor Campo Escola

Setor: Campo Escola			
Parâmetros de classificação		Classificação do maciço	Valores Ponderais
1 - Resistência do material rochoso intacto	Resistência à compressão uniaxial (MPa)	Elevada 50-100	7
2 - RQD (%)		90 - 100	20
3 - Descontinuidades (m)		> 2 metros	20
4 - Condições das descontinuidades	Comprimento descontinuidade (m)	< 1 metro	6
	Abertura (mm)	Nenhuma	6
	Rugosidade	Muito Rugosa	6
	Preenchimento (mm)	Nenhum	6
	Meteorização	Inalterada	6
5 - Presença de água	Condições gerais do maciço	Seco	15
Somatório:			92
Classificação RMR:			Classe I - Muito Bom

Tabela 5.3 - Classificação Bieniawski para o Setor Pedra do Arco, paredão E

Setor: Pedra do Arco (E)			
Parâmetros de classificação		Classificação do maciço	Valores Ponderais
1 - Resistência do material rochoso intacto	Resistência à compressão uniaxial (MPa)	Elevada 50-100	7
2 - RQD (%)		90 - 100	20
3 - Descontinuidades (m)		> 2 metros	20
4 - Condições das descontinuidades	Comprimento descontinuidade (m)	3 - 10 metros	2
	Abertura (mm)	> 5 mm	0
	Rugosidade	Ondulada	1
	Preenchimento (mm)	Nenhum	6
	Meteorização	Ligeiramente alterada	5
5 - Presença de água	Condições gerais do maciço	Ligeiramente úmido	10
Somatório:			71
Classificação RMR:			Classe II - Bom

Tabela 5.4- Classificação Bieniawski para o Setor Pedra do Arco, paredão W

Setor: Pedra do Arco (W)			
Parâmetros de classificação		Classificação do maciço	Valores Ponderais
1 - Resistência do material rochoso intacto	Resistência à compressão uniaxial (MPa)	Elevada 50-100	7
2 - RQD (%)		90 - 100	20
3 - Descontinuidades (m)		> 2 metros	20
4 - Condições das descontinuidades	Comprimento descontinuidade (m)	3 - 10 metros	2
	Abertura (mm)	> 5 mm	0
	Rugosidade	Suave	0
	Preenchimento (mm)	Nenhum	6
	Meteorização	Ligeiramente alterada	5
5 - Presença de água	Condições gerais do maciço	Ligeiramente úmido	10
		<u>Somatório:</u>	70
		<u>Classificação RMR:</u>	Classe II - Bom

Tabela 5.5- Classificação Bieniawski para o Setor Pedra do Arco, afloramento 3

Setor: Pedra do Arco (Afloramento 3)			
Parâmetros de classificação		Classificação do maciço	Valores Ponderais
1 - Resistência do material rochoso intacto	Resistência à compressão uniaxial (MPa)	Mediana 25-50	4
2 - RQD (%)		90 - 100	20
3 - Descontinuidades (m)		> 2 metros	20
4 - Condições das descontinuidades	Comprimento descontinuidade (m)	1 - 3 metros	4
	Abertura (mm)	Nenhuma	6
	Rugosidade	Suave	0
	Preenchimento (mm)	Nenhum	6
	Meteorização	Moderadamente alterada	3
5 - Presença de água	Condições gerais do maciço	Seco	15
		<u>Somatório:</u>	78
		<u>Classificação RMR:</u>	Classe II - Bom

Tabela 5.6- Classificação Bieniawski para o Setor Tchou Querida

Setor: Tchou Querida			
Parâmetros de classificação		Classificação do maciço	Valores Ponderais
1 - Resistência do material rochoso intacto	Resistência à compressão uniaxial (MPa)	Elevada 50-100	7
2 - RQD (%)		90 - 100	20
3 - Descontinuidades (m)		0,6 - 2 metros	15
4 - Condições das descontinuidades	Comprimento descontinuidade (m)	1 - 3 metros	4
	Abertura (mm)	Nenhuma	6
	Rugosidade	Ondulada	1
	Preenchimento (mm)	Nenhum	6
5 - Presença de água	Condições gerais do maciço	Seco	15
	<u>Somatório:</u>		80
<u>Classificação RMR:</u>		Classe II - Bom	

Tabela 5.7- Classificação Bieniawski para o Setor Pedra Branca (Conjunto 1)

Setor: Pedra Branca (Conjunto 1)			
Parâmetros de classificação		Classificação do maciço	Valores Ponderais
1 - Resistência do material rochoso intacto	Resistência à compressão uniaxial (MPa)	Muito Elevada 100 - 250	12
2 - RQD (%)		90 - 100	20
3 - Descontinuidades (m)		0,6 - 2 metros	15
4 - Condições das descontinuidades	Comprimento descontinuidade (m)	1 - 3 metros	4
	Abertura (mm)	Nenhuma	6
	Rugosidade	Suave	0
	Preenchimento (mm)	Nenhum	6
	Meteorização	Inalterada	6
5 - Presença de água	Condições gerais do maciço	Seco	15
<u>Somatório:</u>		84	
<u>Classificação RMR:</u>		Classe I - Muito Bom	

Tabela 5.8- Classificação Bieniawski para o Setor Pedra Branca (Conjunto 2)

Setor: Pedra Branca (Conjunto 2)			
Parâmetros de classificação		Classificação do maciço	Valores Ponderais
1 - Resistência do material rochoso intacto	Resistência à compressão uniaxial (MPa)	Elevada 50-100	7
2 - RQD (%)		90 - 100	20
3 - Descontinuidades (m)		0,2 - 0,6 metros	10
4 - Condições das descontinuidades	Comprimento descontinuidade (m)	1 - 3 metros	4
	Abertura (mm)	1 - 5 mm	1
	Rugosidade	Suave	0
	Preenchimento (mm)	Nenhum	6
	Meteorização	Ligeiramente Alterada	5
5 - Presença de água	Condições gerais do maciço	Seco	15
<u>Somatório:</u>			68
<u>Classificação RMR:</u>			Classe II - Bom

Tabela 5.9- Classificação Bieniawski para o Setor Pedra Branca (Conjunto 3)

Setor: Pedra Branca (Conjunto 3)			
Parâmetros de classificação		Classificação do maciço	Valores Ponderais
1 - Resistência do material rochoso intacto	Resistência à compressão uniaxial (MPa)	Elevada 50-100	7
2 - RQD (%)		90 - 100	20
3 - Descontinuidades (m)		0,6 - 2 metros	15
4 - Condições das descontinuidades	Comprimento descontinuidade (m)	< 1 metro	6
	Abertura (mm)	0,1 - 1 mm	4
	Rugosidade	Suave	0
	Preenchimento (mm)	Nenhum	6
	Meteorização	Ligeiramente Alterada	5
5 - Presença de água	Condições gerais do maciço	Seco	15
<u>Somatório:</u>			78
<u>Classificação RMR:</u>			Classe II - Bom

Analisando as tabelas acima é possível verificar que os maciços do setor Campo Escola e o Conjunto 1 do setor Pedra Branca foram classificados como I (muito bom) na escala Bieniawski,

enquanto os demais foram classificados como escala II (bom). Sabendo que esta escala varia de I a V, sendo a classificação I utilizada para maciços rochosos com menor problema de estabilidade, mais resistentes e com elevada capacidade de carga, verificamos que estamos diante de maciços de alta qualidade geológica-geotécnica.

O setor Campo Escola apesar de ser classe I apresenta uma peculiaridade. Como a escalada é realizada em uma face do acamamento, para afixar a chapeleta (proteção fixa instalada na face rochosa) na rocha deve-se atentar para que as camadas rochosas não sejam atravessadas e provoque risco de deslocamento da camada exposta.

No setor Pedra do Arco verificou-se o encontro de três discontinuidades, sendo elas: fraturas geradas pela falha regional N-S, família de fraturas com direção preferencial 155/86 e a xistosidade 126/27. A interseção destas feições gera um rompimento do tipo triangular que é responsável pela queda de blocos do topo dos afloramentos, mas como essas quedas são esporádicas não apresentam risco. Além disso, observou-se que devido à exposição do afloramento 3 aos agentes intempéricos as camadas são pouco espessas, portanto, não é indicado que nenhuma das vias lá presentes sejam utilizadas para a prática (são elas: Marreta porreta e Cabron da peste).

O setor Tchau Querida também apresenta rompimentos triangulares responsáveis pela queda de blocos. Estes rompimentos são originados pela interseção da xistosidade com orientação 307/65 e de duas famílias de fraturas com medidas preferenciais 27/63 e 207/81, e não apresentam periculosidade.

No setor Pedra Branca foi verificado blocos com perigo iminente de queda na direção da Via 6, denominada Musgonoszói. Observou-se que este bloco é utilizado pelos atletas para apoio durante a prática de escalada, conforme ilustrado anteriormente pela Figura 4.12 – A.

CAPÍTULO 6

CONCLUSÕES

Os setores estudados foram classificados como sendo de qualidade muito boa e boa segundo o Sistema RMR, os riscos que se apresentam são pontuais e ocorrem apenas em algumas vias específicas (sendo elas: Marreta porreta, Cabron da peste e Musgonoszói).

A classificação dos maciços em ordem decrescente de resistência encontrada foi a seguinte: Campo Escola > Pedra Branca (Conjunto 1) > Tchou Querida > Pedra Branca (Conjunto 3) e Pedra do Arco (Afloramento 3) > Pedra do Arco (E) > Pedra do Arco (W) > Pedra Branca (Conjunto 2). Desta forma, com a realização do trabalho foi possível concluir que as rochas utilizadas para a prática esportiva possuem condições geológicas-geotécnicas satisfatórias e não apresentam riscos aos atletas.

Além disso, as áreas de escalada e adjacências estão situadas, como grande parte do parque (55,61%), na “Zona Primitiva” do zoneamento definido no Plano de Manejo da unidade de conservação. A zona primitiva é definida no Plano como aquela em que se houve pouca ou nenhuma intervenção humana e que contém espécies naturais de fauna e flora ou fenômenos naturais de valor científico. Segundo o Plano de Manejo, os afloramentos de quartzito estudados caracterizando parte da heterogeneidade geológica da unidade são associados a um alto potencial de exploração turística na região. Ainda, as práticas de escalada nestes afloramentos devem seguir as normas de cuidado do Plano a fim de evitar-se a degradação das paredes rochosas, de forma que sejam sempre priorizadas as características originais das vias e uso de grampos de alta durabilidade que possam também conceder segurança aos esportistas, entre outras.

Dentro do Plano de Manejo a atividade de escalada não é citada diretamente como pressão e ameaça a fauna e flora local. Entende-se que outras ações ligadas à prática esportiva podem vir a trazer os danos, como o fluxo de visitação aliado a falta de conscientização sobre a preservação local. Através do Plano de Manejo não foi possível identificar se os afloramentos analisados servem de abrigo para animais da fauna local. Ademais, infere-se que a vegetação existente e reconhecida na área de escalada, seguindo as características do parque e da sua zona primitiva tem como predominância os campos rupestres, vide a importância de conservação destes locais.

Como conclusão do trabalho também foi elaborado um folheto informativo sistemático específico (Apêndice 1) para os setores de escalada que será disponibilizado ao Parque Municipal Cachoeira das Andorinhas, com as caracterizações geológicas-geotécnicas dos maciços rochosos, localização dos setores de escalada, nome das vias e observações pertinentes, criando assim, bases para orientação da comunidade que pratica essa modalidade esportiva e ainda alerta para o

comportamento do maciço diante de intervenções. Ressalta-se também, que essa ferramenta contribui para futuras análises pontuais dos taludes permitindo a indicação de ações mitigadoras e de minimização dos riscos em que estão sujeitos os escaladores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alkmim F.F., Marshak S. 1998. Transamazonian Orogeny in the Southern São Francisco Craton Region, Minas Gerais, Brazil: evidence for Paleoproterozoic collision and collapse in the Quadrilátero Ferrífero. *Precambrian Research*, **90**:29 – 58.
- Alkmim F.F., Marshak S. 1989. Proterozoic contraction/extension tectonics of the Southern São Francisco region, Minas Gerais, Brazil. *Tectonics* **8** (3): 555-571.
- Almeida F.F.M. 1977. O Cráton do São Francisco. *Revista Brasileira de Geociências*, **7**(4):349–364.
- Ávila, C.R. de; Lana, M.S. Comportamento geotécnico e classificação geomecânica de maciços rochosos em taludes na região de Belo Horizonte. *Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, RBGEA*, v. 3, p. 21-29, 2014. Disponível em: <https://www.abge.org.br/downloads/revistas/Artigo_Comportamento_Geotecnico.pdf>. Acesso em: 8 jan. 2021.
- Azzoni, A., de Freitas, M.H. 1995. Experimentally gained parameters, decisive for rock fall analysis. *Rock Mech Rock Engng* (28):111–124.
- Baltazar O.F., Baars F.J., Lobato L.M., Reis L.B., Achtschin, A.B.; Berni G.V., Silveira V.D. 2005. *Mapa Geológico Mariana na Escala 1:50.000* com Nota Explicativa. In: Projeto Geologia do Quadrilátero Ferrífero - Integração e Correção Cartográfica em SIG com nota explicativa. Lobato *et al.* (2005) CODEMIG. Belo Horizonte.
- Baltazar O.F., Baars F.J., Lobato L.M., Reis L.B., Achtschin, A.B.; Berni G.V., Silveira V.D. 2005. *Mapa Geológico Ouro Preto na Escala 1:50.000* com Nota Explicativa. In: Projeto Geologia do Quadrilátero Ferrífero - Integração e Correção Cartográfica em SIG com nota explicativa. Lobato *et al.* (2005) CODEMIG. Belo Horizonte.
- Bertuzzi R., Lima-Silva A.E. 2013. Principais características dos estilos de escalada em rocha e indoor. *Acta Brasileira do Movimento Humano*, **3**:31-46.
- Bieniawski, Z.T., 1973, Engineering classification of jointed rock masses: Transaction of the South African Institution of Civil Engineers, v. 15, p. 335-344.
- Bieniawski, Z. 1974. Estimating the Strength of Rock Materials. *Journal of the South African Institute of Mining and Metallurgy*. Março 1974, pp. 312-320.
- Bieniawski, Z.T., 1993, Classification of rock masses for engineering: The RMR system and future trends, In: Hudson, J.A., ed., *Comprehensive Rock Engineering*, Volume 3: Oxford; New York, Pergamon Press, p. 553-573.
- Bieniawski, Z.T., 1989, Engineering rock mass classifications: a complete manual for engineers and geologists in mining, civil, and petroleum engineering: New York, Wiley, xii, 251 p. p.
- Bozzolo, D., Pamini, R. 1986. Simulation of rock falls down a valley side. *Acta Mechanica* (63):113–130.
- Cavalcanti J.A.D. 1999. Mineralização aurífera de Lages-Antônio Dias, Ouro Preto – Mg controles litoestratigráficos e estruturais. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências da Universidade Estadual de Campinas, São Paulo. 108p.
- Chauvet E., Dussin I.I., Faure M., Charvet J. 1994. Mineralização aurífera de idade Proterozóico Superior e evolução estrutural do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*. v.**24** (3): 150-159.
- D’Amico, A.R.; Coutinho, E.O.; Moraes, L.F.P. (org) 2018. Roteiro metodológico para a elaboração e revisão de planos de manejo das unidades de conservação federais. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBIO. Brasília. 208p.
- Deere, D.U., Hendron, A.J., Patton, F.D., and Cording, E.J., 1967, Design of surface and near surface construction in rock, 8th U.S. Symposium on Rock Mechanics: Failure and breakage of rock: New York, Society of Mining Engineers, American Institute of Mining, Metallurgical, and Petroleum Engineers.
- Deere, D.U. 1989. *Rock quality designation (RQD) after 20 years*. U.S. Army Corps Engrs Contract Report GL-89-1. Vicksburg, MS: Waterways Experimental Station.

Nunes, R. 2021, Análise dos Aspectos Geológicos-Geotécnicos das Rochas dos Setores de Escalada...

Dorr J.V. n. II. 1969. Physiographic, stratigraphic and structural development of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. USGS/DNPM. *Professional Paper* **641-A**: 110p.

Endo I., Machado R. 2002. Reavaliação e novos dados geocronológicos (Pb/Pb e K/Ar) da região do Quadrilátero Ferrífero e adjacências. *Geologia USP, Série Científica*, **2**:23-40.

Freitas, Sílvio Bruno Nóbrega. Caracterização Geomecânica e Classificações RMR (Bieniawsky) e SMR (Romana) de Maciços Rochosos em Taludes do Funchal.

Hagiwara, I.; Sasaki, T.; Nishiyama, S. & Ohnishi, Y. 2006. Estimation and Simulation of Vegetation Effect on Rockfall Using Discontinuous Deformation Analysis. Disponível em: <http://www.Suncoh.co.jp/gijutu/ronbun/200507UP/ARMS-No_258_DDA.pdf>.

Hoek, Evert. 2000. Practical rock engineering.

Hoek Evert. 2007. Practical rock engineering. *RocScience*: Hoek's Corner, 342 p.

Hungr, O., Leroueil, S. & Picarelli, L. 2014. The Varnes classification of landslide types, an update. *Landslides* (11):167–194.

IUCN 2020. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2020-3. <https://www.iucnredlist.org>. acessado em 20 de janeiro de 2020.

Inskip E. 2003. *Guia de desenvolvimento do turismo sustentável*. Organização Mundial de Turismo (OMT), Porto Alegre, Bookman, p.168.

Lima C., e Menezes J., 2008. Geologia de Engenharia. *Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto*. Sistema WebGis. Disponível em: http://paginas.fe.up.pt/~geng/ge/apontamentos/Cap_4_GE.pdf. Acessado em: 15 jan 2021.

Marinho A., Bruhns H. 2001. Escalada urbana: faces de uma identidade cultural contemporânea. *Revista Movimento*, **14**:37-48.

Marshak S., Tinkham D., Alkmim F.F., Bruechknner H., Bornhost T. 1997. Dome-and-kell provinces formed during Paleoproterozoic orogenic collapse complexes, diapirs, or neither?: examples from the Quadrilátero Ferrífero and the Penokean orogen. *Geology*, v.**25**(5):415-418.

MYR PROJETOS ESTRATÉGICOS E CONSULTORIA LTDA. Plano de Manejo do Parque Natural Municipal das Andorinhas. Sistema WebGis. Disponível em: <https://parquedasandorinhas.ouropreto.mg.gov.br/plano-manejo/>. Acessado em 27 jan 2021

MYR PROJETOS SUSTENTÁVEIS. O Parque. Histórico de criação do parque. Sistema WebGis. Disponível em: <https://parquedasandorinhas.ouropreto.mg.gov.br/parque/>. Acessado em 25 ago 2019.

MYR PROJETOS SUSTENTÁVEIS. Plano de Manejo do Parque Natural Municipal das Andorinhas. Portal das Andorinhas. Sistema WebGis. Disponível em: <https://andorinhas.eco.br/acesse/>. Acessado em 12 ago 2019.

Nalini Jr. H.A. 1993. *Análise Estrutural Descritiva e Cinemática do flanco sul e terminação periclinal do Anticlinal de Mariana e adjacências, região sudeste do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasil*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 127p.

Nascimento S.T. 2016. Geodiversidade e geomorfologia antropogênica na região das minas de ouro no Anticlinal de Mariana. Dissertação de Mestrado, Departamento de Geologia da Universidade Federal de Ouro Preto, Minas Gerais, 88p.

Noce C.M. 1995. *Geocronologia dos eventos magmáticos, sedimentares e metamórficos na região do Quadrilátero Ferrífero*. Tese de doutorado, Instituto de Geociências Universidade de São Paulo, São Paulo, 127 p.

Nola, I.T.S. 2015. Avaliação de dados geológico - geotécnicos prévios para elaboração de carta de eventos perigosos de movimentos de massa gravitacionais por meio de redes neurais artificiais e probabilidade. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geotecnia, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 351p.

- Oliveira F.R. 1998. Contribuição ao estudo da geologia estrutural e da gênese do depósito aurífero de Passagem de Mariana-MG. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências da Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 127p.
- Palmström, A. 1982. The volumetric joint count - a useful and simple measure of the degree of rock jointing. *Proc. 4th Congr. Int. Assn Engng Geol.*, Delhi **5**, 221-228.
- Pereira D.W. 2007. Escalada. *Odysseus: Coleção Agôn o espírito do esporte*. São Paulo.
- Pereira D.W., Nista-Piccolo V.L. 2010. Escalada: um esporte na ponta dos dedos. *Revista Brasileira Ciência e Movimento*, **18(1)**:73-80.
- Pinotti A.M., Carneiro, D.R.C. 2013. Geologia estrutural na previsão e contenção de queda de blocos em encostas: aplicação no Granito Santos, SP. *Terra e Didática*, **9-2**:132-168.
- Ritchie, A.M. 1963. Evaluation of rockfall and its control. *Highway research record*. **(17)**.
- Ruchkys U. A. 2009. Geoparques e a Musealização do Território: um Estudo Sobre o Quadrilátero Ferrífero. *Revista do Instituto de Geociências – USP*, **5**:35-46.
- Ruchkys U. A. 2007. *Patrimônio Geológico e Geoconservação no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais: Potencial para a Criação de um Geoparque da UNESCO*. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais, 211p.
- Sebold S. 2009. *Análise eletromiográfica dos flexores e extensores do punho e dedos em diferentes tipos de “pegadas” na escalada indoor*. Monografia, Departamento de Educação Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 60p.
- Silva F.R. 2007. *A paisagem do quadrilátero ferrífero, MG: potencial para o uso turístico da sua geologia e geomorfologia*. Dissertação de Mestrado, Departamento de Geografia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 144p.
- Teixeira S.C.M., Fonseca M.A., Costa A.R. 2001. Geometria fractal dos veios de quartzo da Serra de Ouro Preto, flanco sudeste do Anticlinal de Mariana, Quadrilátero Ferrífero/MG. *Revista Brasileira de Geociências* **31(3)**:247-256.
- Tominaga, L.K., Santoro J., Amaral R. 2009. Desastres naturais: conhecer para prevenir. São Paulo: Instituto Geológico. 196 p.
- Varnes D.J. 1978. Slope movement types and processes. In: Schuster R.L., Krizek R.J. (Editors) *Landslides, analysis and control, special report*: Transportation research board, National Academy of Sciences, Washington/DC **(176)**:11-33.
- Vasconcelos F.P., Silva A.C.P., Costa L.F. 2012. Turismo de Aventura e Ecoturismo: Entre Práticas e Normas no Contexto Brasileiro. *Revista Iberoamerica de Turismo – RITUR*, **2**:108-13.

APÊNDICE

APÊNDICE 1 - Folheto informativo sistemático específico para os setores de escalada no Parque Municipal Cachoeira das Andorinhas.

ANÁLISE DOS ASPECTOS GEOLÓGICOS-GEOTÉCNICOS DAS ROCHAS DOS SETORES DE ESCALADA NO PARQUE DAS ANDORINHAS EM OURO PRETO – MG

Trabalho de Conclusão de Curso do Departamento de Geologia da Universidade Federal de Ouro Preto. Por: Renata Nunes.

Localizado na Serra de Ouro Preto, o Parque Natural Municipal das Andorinhas é um atrativo turístico de grande beleza paisagística. Considerado patrimônio natural, sua riqueza também se caracteriza pelos afloramentos rochosos de quartzito e geofomas presentes. Além de suas belezas naturais, o parque é de fácil acesso o que torna possível a visitação e existência de uma cultura de esportes de aventura, como a escalada nas modalidades *boulder* e esportiva. Ao total, o parque conta com 40 vias de escalada esportiva distribuídas por 4 setores: Campo Escola, Pedra do Arco, Tchou Quenda e Pedra Branca.

Através do reconhecimento dos setores de escalada este trabalho avaliou as condições geotécnicas dos maciços rochosos utilizados para a prática esportiva e classificou-os enquanto sua qualidade. A classificação tem o objetivo de ser útil na compreensão e prevenção dos riscos a que são submetidos os praticantes do esporte.





Na prática os escaladores sustentam o seu peso tangencialmente na superfície rochosa exposta às intempéries em escaladas sucessivas, assim, os riscos de quedas por desgaste da coesão das rochas podem constituir-se em um perigo potencial.

Os maciços dos setores foram classificados em duas classes “Muito Bom” e “Bom” (Figura 1). Desta forma, concluiu-se que as rochas utilizadas para a prática esportiva possuem condições geológicas-geotécnicas satisfatórias e não apresentam riscos aos atletas. Os resultados foram agrupados na tabela da página seguinte (Tabela 1).



Figura 1 – Classificação geotécnica e localização dos setores de escalada do Parque. Imagem aérea retirada do Google Earth Pro.

Tabela 10 - Classificação dos maciços e recomendações.

SETOR	LOCALIZAÇÃO (UTM)	VIAS	AVALIAÇÃO GEOTÉCNICA	OBSERVAÇÕES	
CAMPO ESCOLA	657112.10 E 7747900.62 S	Vivi Fernandes, Kid Bengala, Lolla, Emanuelle, Bruna Surfistinha, Hilda Furacão, Cacciolina, Borde!	CLASSE I - MUITO BOM		 <p>Fonte: acervo do trabalho.</p>
PEDRA DO ARCO	657083.10 E 7747900.88 S	Aresta do apicultor, Se egura malandro, Filosofia lusitana, Titanomaquia, Sika loca e Caba não mundão	CLASSE II - BOM	<p>Não se recomenda a utilização destas vias, visto que o afloramento se apresenta bastante erodido (erosão alveolar) e desgastado.</p>	 <p>Fonte: acervo do trabalho.</p>
		Paralaxológica	CLASSE II - BOM		
		Marreta porreta e Cabron da peste	CLASSE II - BOM		
TCHAU QUERIDA	657140.54 E 7747838.86 S	Temer jamais, Escalar sem Temer, Tchau querida, República do Pó Royal, República das bananas, República do café com leite e Lava jato	CLASSE II - BOM		 <p>Fonte: acervo do trabalho.</p>
PEDRA BRANCA	657110.97 E 7747777.62 S	Babilon Go up, Sem dúvida nem Piedade, Chanasclly e Segredo da Cadena	CLASSE I - MUITO BOM	<p>Via "Musgonozói" possui um grampo em ponto com risco de deslocamento devido a ruptura quadrangular. O que oferece perigo aos esportistas.</p>	 <p>Fonte: acervo do trabalho.</p>
		Vaca virgem, Route 162, Dia de protesto, Atestado de cadena, Janela do universo, Musgonozói, Fala meu justo, Regletes ocultos, Batata com sal, Argentina e Alemanha	CLASSE II - BOM		
		Melodrama, Sapiência, Lagartixa de pedra, Meu amigo friend e Meu amigo broca	CLASSE II - BOM		