

## CARACTERIZAÇÃO GEOLOGICO- GEOTÉCNICA EM ÁREAS DE RISCO NA REGIÃO DE PARACATU-MG

Luiz Ricardo Da Silva<sup>1</sup>  
Leandro de Vilhena Costa<sup>2</sup>  
Cecilia Maria Dias Nascimento<sup>3</sup>

**Resumo:** O presente artigo aborda os riscos geológicos provocados por movimento de massa na região de Paracatu-MG, enfatizando os riscos de queda de blocos, por se tratar de uma área localizada geologicamente na Formação Morro do Calcário, situada em uma zona de falhas, formada por um relevo cárstico, a região apresenta grande potencial de mineralização e agronegócios. O estudo visou identificar, delimitar e mapear as áreas que oferecem riscos geológicos. Para melhor entendimento do comportamento do maciço rochoso foi realizado levantamento em campo e pesquisas bibliográficas sobre o assunto, utilizando técnicas de campo, bússola para medidas estruturais, GPS para pontos de controle e localização, registros fotográficos, aerofotografias, e softwares para melhor compreensão de dados obtidos em campo, e produção de mapas para caracterização.

**Palavras-chaves:** Riscos Geológicos. Movimento de Massas,.Paracatu.

**Abstract:** This paper deals with the geological risks caused by mass movement in the Paracatu-MG region, emphasizing the risks of falling blocks, as it is a geologically located area in the Morro do Calcário Formation, located in a fault zone, formed by a karst relief, the region presents great potential of mineralization and agribusiness. The study aimed to identify, delimit and map the areas that offer geological risks, aiming to mitigate them. In order to better understand the rock mass behavior, field surveys and bibliographical research on the subject were carried out using field techniques, compasses for structural measurements, GPS for control and location points, photographic records, aerophotographs, and software for better understanding of data obtained in the field, and production of maps for characterization.

**Keywords:** Geological Hazards. Mass Movement. Paracatu.

### INTRODUÇÃO

<sup>1</sup> Graduado Curso de Geologia-FINOM, luizrs.geo@gmail.com

<sup>2</sup> Doutorado em andamento (Ventilação de mina subterrânea) pela Universidade Federal de Ouro Preto com término previsto em 2019. Mestrado em Engenharia de Minas com ênfase em mina subterrânea (2015). Possui graduação em Engenharia de Minas (2010). Atualmente é professor na Faculdade do Noroeste de Minas Gerais (FINOM) nos cursos de Engenharia de Minas e Geologia. Teve experiência na área de operação e planejamento de lavra como Engenheiro Trainee numa pedreira no interior de São Paulo.

<sup>3</sup> Professora de TCC na Faculdade do Noroeste de Minas-FINOM

A área para estudo localiza-se no Município de Paracatu, a Noroeste do Estado de Minas Gerais, aproximadamente a 20 km do centro cidade de Paracatu- MG nas margens direita da MG-188. A via principal de acesso para a área se dá pela rodovia estadual MG-188, saindo de Paracatu sentido Unai –MG percorre-se a 22 km. Situa-se a 257 km de Brasília e 524 km de Belo Horizonte.

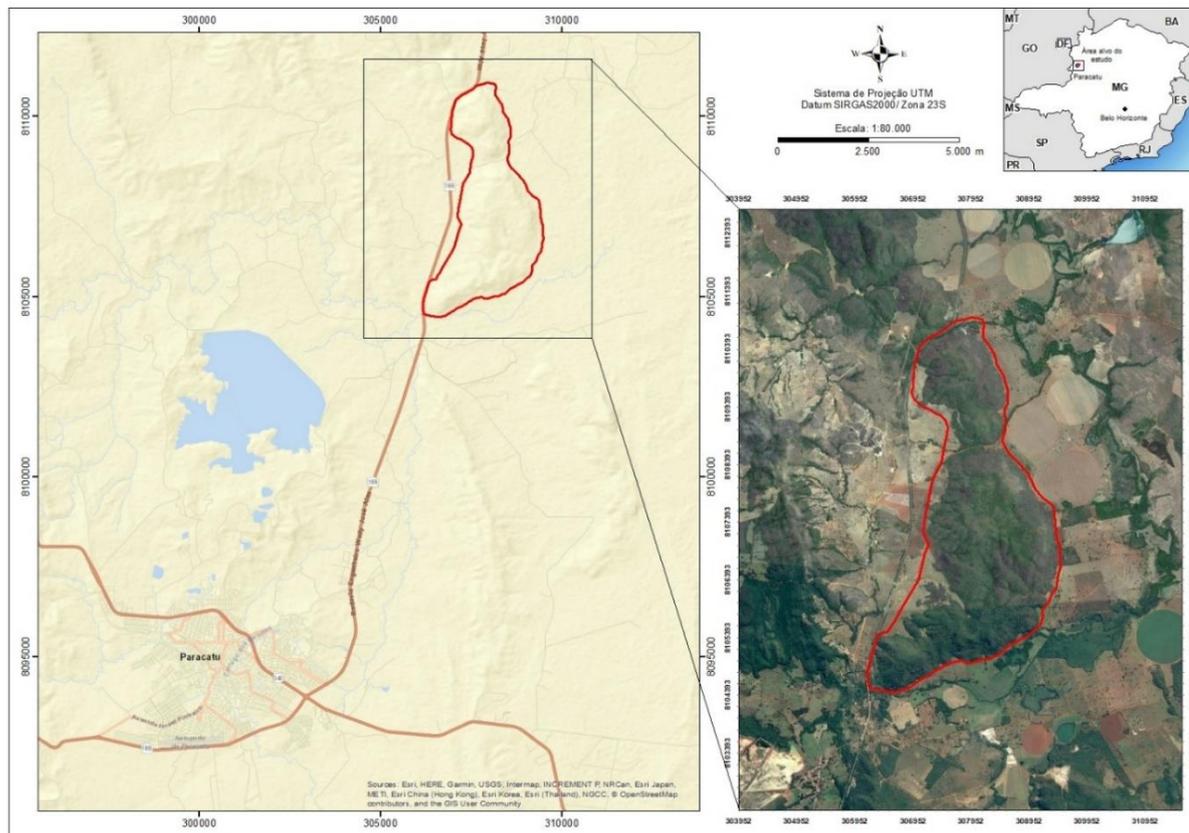


Figura1. Mapa de localização da região estudada de Paracatu em relação ao estado de Minas Geras. Fonte: Modificado do software ArcGis

É cada vez mais frequente a ocupação em áreas extremas, ocasionados por fatores econômicos, causado pela aceleração da indústria, Assim áreas antes remotas, são ocupadas por atividades humanas e industriais, sem nenhum estudo prévio de riscos em que serão expostos nas áreas que ocuparão, inadequadas para habitação humana

Atividades minerárias e de agronegócios são de suma importância para economia do Brasil, para que continue o crescente desenvolvimento tem-se extrema necessidade de novos investimentos em explorações de recursos naturais e indústrias.

De acordo com Barreto (2001), o produto originário da indústria extrativa mineral alcançou em 2000 o valor de US\$ 3 bilhões. Esse produto, após o processo de transformação nas indústrias: cimenteira, siderúrgica, metalúrgica e outras, atinge o expressivo valor de US\$

43 bilhões, equivalentes a 8,5% do PIB, porém impactam negativamente pelas ações resultantes de suas atividades, expondo a riscos geológicos vidas humanas e bens materiais, por ocuparem áreas geomorfológicas inapropriadas

Neste contexto se apresenta a área abordada no estudo, com grande potencial para mineralização, e atividades já existentes de agronegócios, o maciço rochoso em que o campo foi realizado, expõe um ambiente de relevo acidentado, estruturas descontínuas, e clima tropical, facilitando para ocorrência de processos erosivos, originando em ações de intemperismo, colaborando para que ocorra alterações no maciço. Podendo contribuir para que esses fatores condicionem o maciço rochoso a riscos geológicos, como desmonte de blocos.

A queda de blocos normalmente é originada devido a alterações do maciço rochoso geradas por eventos geológicos, biológicos ou climáticos. Eventos esses podem incluir um aumento de pressões neutras devido à infiltração de água no solo, erosão do material envolvente durante grandes períodos de precipitação, processo de gelo-degelo em locais de clima frio, degradação química ou desgaste do maciço e crescimento de raízes no solo (Hoek, 2007). Atividades de construções nas imediações desses locais podem elevar ainda mais as chances de um desprendimento de blocos acontecer.

Os movimentos gravitacionais de massa são movimentos induzidos pela ação da gravidade, se tem como exemplo, os escorregamentos de encostas e as quedas de blocos rochosos (HUTCHINSON, 1968).

Segundo Hutchinson (1988), as quedas são divididas entre primárias ou secundárias; primárias quando ocorre o destacamento de solos, detritos e rochas do material de origem; secundárias quando ocorrem quedas de matações e massas já destacadas e depositadas nas encostas.

O estudo justifica-se necessário para esclarecimento sobre as áreas que existem maiores riscos geológicos, considerando que já há atividades sendo praticadas na região, e seu grande potencial para mineração, como descrito anteriormente nesse trabalho. O maciço rochoso já sofre com atividades antrópicas, como trabalhos realizadas para prospecção de minérios, e estradas vicinais, utilizadas por superficiários e empresas de futuros empreendimentos próximo ao local.

O tema desenvolvido é fundamental para que futuras infraestruturas implantadas no local possam ter conhecimento dos riscos que o maciço representa, e como ele se comporta em

cada região, possibilitando esclarecimento sobre os riscos pra quem já atua na área, apresentando suas localizações para atenuar os riscos em que estão expostos.

Com a caracterização dos riscos geológicos-geotécnicos, desmonte de blocos, as análises realizadas em campo, e metodologias utilizadas no estudo, fornecerão um diagnóstico de risco, sendo gerado um mapa de suscetibilidade de queda de blocos, e áreas não suscetíveis, de maior estabilidade geológica.

## OBJETIVO

Esse trabalho buscou utilizar os parâmetros de dados compilados em campo, mapeamento, e medidas estruturais para um melhor entendimento e caracterização do maciço rochoso, apontando as regiões que apresentam maiores índices de desprendimento e queda de blocos rochosos, enfatizando as áreas que oferecem maior risco geológico-geotécnico, elaborando um mapa na escala de 1:25000, apontando a localização das áreas que ostentam os riscos iminentes, classificando-os entre altíssimo a baixo.

## METODOLOGIA

Geologia

Regional

A área de estudo insere-se na Faixa de Dobramentos Brasília (FDB), mais precisamente no setor meridional, na zona externa, apresentando metamorfismo de fácies xisto-verde e está localizada na borda oeste do Cráton São Francisco. A FDB tem uma extensão N-S de aproximadamente 1200 km, a qual abrange os Estados do Tocantins, Goiás e Minas Gerais, com espessura média de 200 km. A estruturação da faixa Brasília foi desenvolvida no final do Neoproterozóico durante o ciclo Brasileiro/Pan-Africano (ALMEIDA,1981; FUCK,1994; DARDENNE,2000).

Província Tocantins

A Província Tocantins encontra-se estabelecida entre três crátons, Amazônico, o São Francisco e o Paranapanema, este último encoberto pelos sedimentos fanerozoicos da bacia do Paraná (NEVES, 1999). A convergência e colisão destes blocos, segundo ocorrida durante o Neoproterozóico caracterizou um sistema orogénico que resultou na formação de faixas (cinturões) de dobramentos, durante o ciclo tectônico Brasileiro (ALMEIDA, 1981).

Local

Grupo Vazante

O Grupo Vazante ocupa uma área que se estende desde o município de Coromandel até o município de Unaí, com 250 Km em direção N-S e com largura em torno de 25 a 30 Km. No segmento sul encontrasse a mineralização de Zn (zinco) minério willemítico de Vazante, já no segmento norte os depósitos minerais de Zn e Pb (Chumbo) representados por minérios sulfetados (OLIVEIRA, 2013).

Formação Morro calcário

A área foco do mapeamento encontra-se na formação Morro do Calcário, inserida no Grupo Vazante, definida como uma sequência metassedimentar, metadolomítica, apresentando variação textural, tonalidades de coloração de cinza claro a escuro, com ocorrências de afloramentos dolomíticos, estromatólitos intensamente fraturados, em zonas de cisalhamento são encontrados silixitos microcristalinos.

Estudos de Rigobello (1988) mostram que essa sucessão compreende dolomitos estromatolíticos rosados, que forma biostromas e biohermas colunares com laminação convexa e se encontram juntos a dolarenitos oolíticos e oncolíticos e também doloruditos. Na localização de Morro Agudo, Paracatu e Unaí a espessura desta formação supera os 900 metros, predominantemente constituída por doloruditos advindos do retrabalhamento de biohermas estromatolíticas parcialmente preservadas e juntas as fácies de dolarenitos oolíticos e oncolítico.

Métodos

Bauer e Neumann (2011) propuseram uma metodologia para avaliação de perigo de queda de blocos a partir do escopo do projeto “Catch-Risk”, da União Europeia, em que o foco era a região dos Alpes Bávares, na Alemanha. Tendo em mãos um banco de dados com as áreas de desprendimento de rochas e modelos posicionais, conseguido através de ferramenta GIS, foi sugerida então, essa metodologia de avaliação de perigo através de observações em campo.

Esse método utiliza levantamentos observados em campo, que poderão ser fatores determinantes para que a área estudada ofereça algum risco, usando os parâmetros como geologia, clima, geomorfologia, e outras influências externas, estimando probabilidades de

ocorrer queda de blocos, a intensidade do fenômeno e medida a partir do volume de massa destacada do maciço, ou de um bloco solitário.

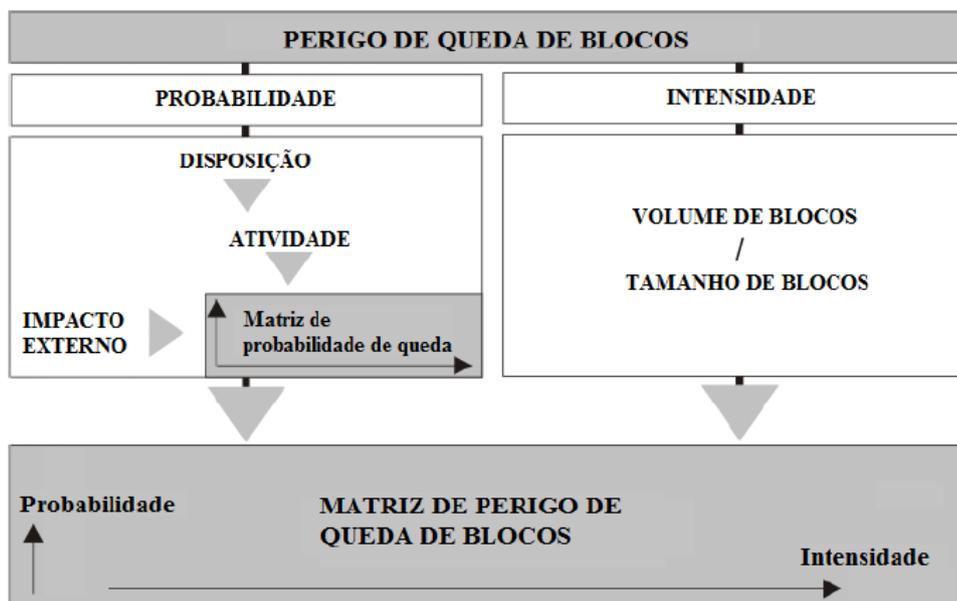


Figura 2. Metodologia de avaliação do perigo de queda de blocos

Fonte: Bauer e Neumann (2011).

A melhoria dos resultados das técnicas de classificação pode ser obtida através da consideração de um maior número de atributos dos objetos (HUTCHINSON.,1982).

Para elaboração do estudo foi realizado pesquisas bibliográficas sobre assuntos relevantes do tema abordado, tais como: artigos, teses, dissertações e livros.

O método utilizado para o mapeamento geotécnico em campo foi através de caminhada em malhas definidas em intervalos de 100 metros, totalizando 63 malhas, orientadas em E-W. Para controle de pontos e localização foi utilizado GPS, com descrições geológicas/geotécnicas a cada 100 metros, totalizando 1200 pontos de controle.

Em campo foram utilizadas técnicas para caracterização do maciço rochoso e seus riscos, fazendo descrições em todos os pontos onde foram observados afloramentos, tirando medidas estruturais das rochas com bússola tipo Clar, registros fotográficos, e planilha de excel para controle de dados.

Foi utilizado Drone Dji Phatom 4 para caracterização aerofotográfica, objetivando o mapeamento do relevo da área de estudo, resultando em curvas de níveis com precisão de até 1 metro.

Para elaboração de mapas resultantes do estudo, foi utilizado o software ArcGIS 10.1.1

## Caracterização

### Clima

O clima é uma das condicionantes que podem alterar a forma do maciço rochoso se comportar, atua como agente de intemperismo, por isso é importante salientar a classificação climática em que a área de estudo se insere.

A variação anual do clima na região de Paracatu é ditada pela influência de duas massas de ar de origens distintas. Durante o verão a umidade provinda da Massa Central Equatorial (McE), desloca a pluviosidade amazônica para maiores latitudes, delimitando assim a estação chuvosa nessa região. Essa estação vai de outubro a março. Durante os demais meses do ano uma maior influência da Massa Polar Atlântica (MpA) faz com que o volume de precipitação, assim como as temperaturas médias caiam, caracterizando assim a estação seca, ou inverno (INPE, 2009).

O clima da região é do tipo Aw, ou tropical úmido de savanas, com duas estações bem definidas especialmente devido à distribuição das precipitações. Essa classificação é concordante com a de Gaussen e Basnoul (1953).

O predomínio térmico da região apresenta pouca variação durante o ano, com oscilação média de 7.8 C°. As temperaturas mais elevadas concentram-se nos meses de verão, apesar de ocorrer dias quentes também durante o inverno (INPE, 2009).

### Geomorfologia

O relevo constitui um elemento fundamental para a compreensão das inter-relações entre as estruturas rochosas, o clima, a topografia, a vegetação, a hidrografia, os solos e a forma como estes fatores condicionam ou influenciam as atividades humanas (CETEC, 1982).

A geomorfologia da área é determinante para os diagnósticos do estudo, pois o relevo e o desnível do maciço definirão a energia em que a queda de blocos irá se deslocar, podendo ser uma forma de barreira para o avanço do bloco, ou aumentar o movimento gravitacional do solo e dos blocos de rocha, sendo de grande importância sua caracterização.

Para obter melhor resultado na geomorfologia, foi utilizado um mapeamento aéreo, para uma melhor precisão das curvas de níveis do maciço, assim se pode casar informações geológicas com a relação de curvas de níveis, para obter resultado da intensidade em que os blocos podem atingir em forma de energia em queda, salto ou deslizamentos.

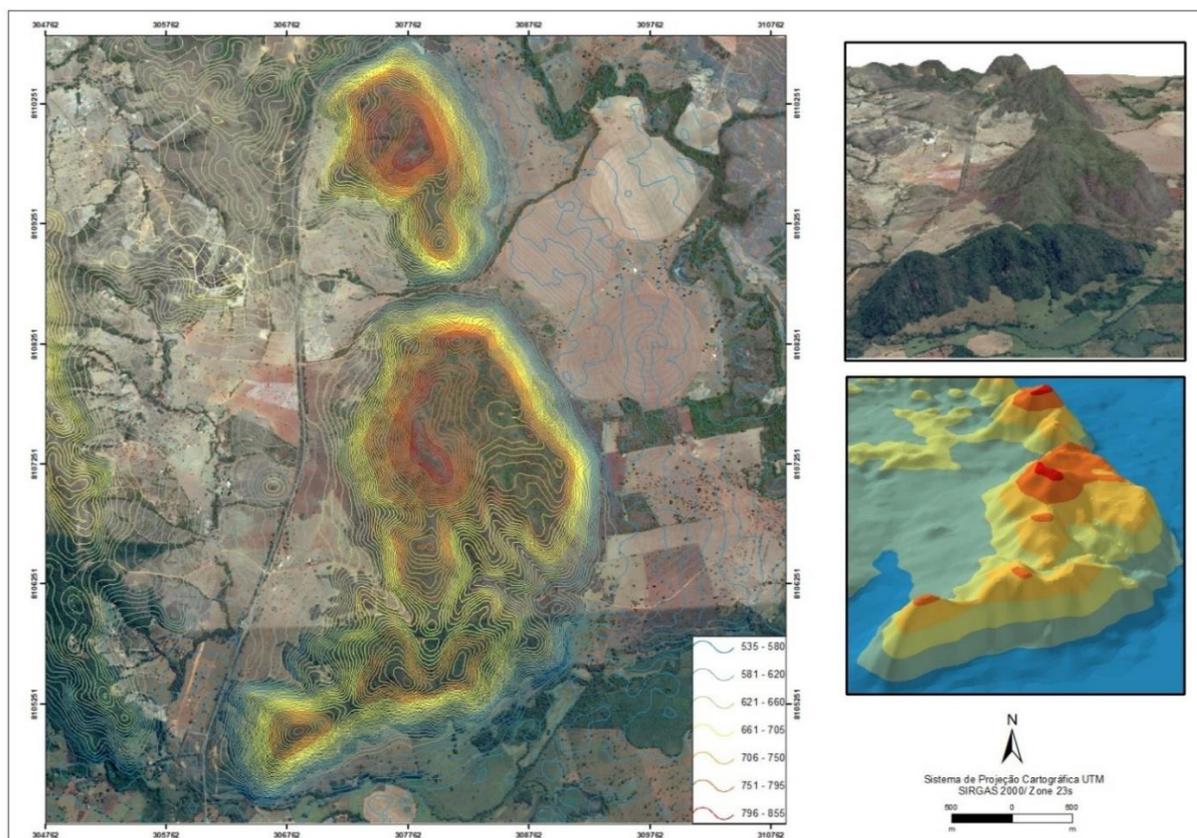


Figura 3. Mapa Geomorfológico e relações de curvas de níveis na região, obtidas através de mapeamento aéreo (Drone). Fonte: Imagens SRTM, banco de dados do INPE (Acesso em: 23/04/18).

Devido à grande extensão territorial do Brasil, é possível defrontar com domínios muito diferenciados uns dos outros. Esta classificação feita, segundo o geógrafo Aziz Ab'Sáber, dividiu o Brasil em seis domínios: Domínio Amazônico, situado na região norte do Brasil, Domínio dos Cerrados situado na região central do Brasil, Domínio dos Mares de Morros na região leste (litoral brasileiro) onde se encontra a floresta Atlântica, Domínio das Caatingas, na região nordestina do Brasil (polígono das secas), Domínio das Araucárias na região sul brasileira e o Domínio das Pradarias região do sudeste gaúcho (1970).

O relevo que forma a região estudada é constituído por biomas tipo cerradinhos e cerradões, e a elevação do terreno varia entre 855 metros, localizados nas partes mais altas, representadas pelo topo da serra, sustentadas por rochas dolomíticas, nas qual está funciona como recarga de aquíferos subterrâneos Nas partes baixas, representadas por planícies dolomíticas, chegam a 504 metros de altitude. O rios São Pedro e Santa Rita, que cortam o relevo, representam os níveis de base da região.

## Áreas Cársticas

O termo carste é utilizado (DREW,1985) para paisagens criadas através dos processos de dissolução. A palavra "karst" é uma versão germanizada da palavra antiga indo-européia "kar" e significa "rochosa" ou "solo pedregoso".

De acordo com Oliveira (2001), um dos fatos mais importantes nas áreas cársticas são os esforços tectônicos que criam sistemas de juntas ou falhamentos. As zonas de fraqueza nos calcários ocorrem nessas juntas ou nos planos de acamamento, processos que juntamente a outras condicionantes, como clima, relevo, podem causar instabilidade do maciço, tornando algumas regiões em áreas de risco.

Localizada na formação Morro do Calcário, constituído por rochas carbonáticas, altamente solúveis, a área de estudo forma um relevo cárstico, caracterizado pelo processo de dissolução das rochas, transporte de massa, ocorrência de drenagens incipientes, grande potencial de formações de cavernas, e feições cársticas negativas como dolinas.

Segundo Drew (1985), as dolinas são depressões que se manifestam provavelmente quando a água da chuva que percorre a superfície do maciço calcário fissurado penetra nas fissuras e acamamentos mais superiores na rocha.

Rochas carbonáticas em relevos cárstico como na área enfatizada apresentam pouca permeabilidade nas rochas, e são muito solúveis, então águas superficiais no maciço penetram pelas zonas de fraqueza das rochas causando dissolução nesses planos, em áreas já suscetíveis a riscos, esse processo aumenta suscetibilidade de desprendimentos de blocos.

## Riscos Geológicos

Acontecimentos de risco são aquelas em que existe uma condição de danos a pessoas ou seus bens e serviços, provocada ou ameaçada por um suposto processo natural (LLORENTE; LAÍN, 2009).

Os riscos geotécnicas se têm quando as condições geológicas possam originar instabilidade no meio físico, tornando vulnerável segurança de vidas humanas, instalações existentes, ou inviabilizando novos projetos para habitação e implantações de novas infraestruturas. Para estabelecer esse padrão de risco se leva em consideração os fatores de probabilidade, considerado as perturbações em que o corpo rochoso e submetido e como ele as corresponde, elevando ou não os fatores de riscos, podendo ocasionar possíveis danos.

Segundo Tominaga (2009), movimentos de massa são movimentos de solo, rocha ou vegetação ao longo da vertente sob ação direta da gravidade. Consistem em importante processo

natural que atua na dinâmica das vertentes, fazendo parte da evolução geomorfológica nas regiões serranas. Com a crescente ocupação em áreas inadequadas, intensivo processo de urbanização e indústrias sem adequado planejamento e ações protetivas de redução de riscos, está aumentando o número de ocorrências de desastres relacionados a estes eventos e processos.

Guidicini e Nieble (1984) utilizam o termo escorregamento de forma geral, mencionando todo e qualquer movimento coletivo de materiais terrosos ou rochosos, independente da diversidade de processos, causas, velocidade, formas e demais características. Ainda conforme estes autores, escorregamentos, são movimentos rápidos, de duração relativamente curta, de massas de terrenos geralmente bem definidas quanto ao seu volume, cujo centro da gravidade se desloca para baixo e para fora do talude. Essa conclusão que os autores chegaram, se depara com o contexto da região de estudo, algumas áreas do maciço apresentam o talude mais íngreme, assim a velocidade e a energia de blocos desprendidos são maiores, alcançando a planície, formando uma superfície de talus.

A velocidade de um escorregamento cresce de quase zero a mais ou menos 0,30 m por hora (TOMINAGA, 2007), decrescendo, em seguida, até estabilizar. Podem atingir velocidades maiores, da ordem de alguns metros por segundo. A velocidade máxima do movimento depende da inclinação das superfícies de escorregamento, da causa inicial de movimentação e da natureza do terreno. Os movimentos mais bruscos ocorrem em terrenos relativamente homogêneos, que combinam coesão com atrito interno elevado. Nestes terrenos, a superfície de escorregamento é mais inclinada (GUIDICINI; NIEBLE, 1984).

Esses números de desastres podem ser usados como parâmetros para delimitação de áreas de risco, podendo verificar se o risco é controlável ou não, levando em consideração velocidade, intensidade e dimensões. Para isso podem ser utilizados dados históricos ou levantamento de campo, elaborando registros de estudos de causa.

Segundo Carvalho (1996), esse tipo de análise é primordial para o estabelecimento de programas de gerenciamento de risco que consideram custos e benefícios consequentes de intervenções.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Quando estruturas rochosas são submetidas a esforços, tensões ou variação de temperatura ocasionando rupturas, denominasse essa deformação de fraturas, isso ocorre

quando a abertura ou cisalhamento de dois ou mais planos estruturais, não apresentando descolamento ao longo do seu eixo, podem ser preenchidas ou não por algum tipo de fluido cristalizado, essa deformação se reflete no enfraquecimento do maciço rochoso.

As fraturas são estruturas geológicas muito habituais, podendo ser observadas em quase todo maciço rochoso, são planos de descontinuidades, que em quantidade expressiva a sua presença pode ser fator fundamental para alteração na resistência da rocha.

De acordo com Hutchinson (1988), os tombamentos podem estar condicionados por descontinuidades preexistentes, ou podem ocorrer devido à liberação de blocos fraturados por tensões de tração que aparecem no material anteriormente intacto.

Na região do estudo, foi verificado em campo uma intensidade de fraturamento nas rochas muito alto como pode ser visto na Figura 4, registros de blocos dolimíticos rolados em quase toda dimensão da serra, variando seus tamanhos de métricos a centímetros, algumas regiões apresentam blocos já desprendidos do maciço, que ainda não se deslocaram, mas com o processo de dissolução constante, causado perda de material rochoso, certamente no futuro esses blocos irão se deslocar em forma de energia, podendo vir a ser um causador de riscos, isso a depender de quem ou o que serão expostos.

De acordo com (ISRM, 1983), descontinuidades são feições geológicas que cessam a continuidade física de uma rocha intacta, ou seja, qualquer superfície natural em que a resistência à tração é baixa ou nula. Esse termo também é utilizado quando se abrange um número maior de planos de fraquezas, nomeando essas descontinuidades com mesma orientação como família.

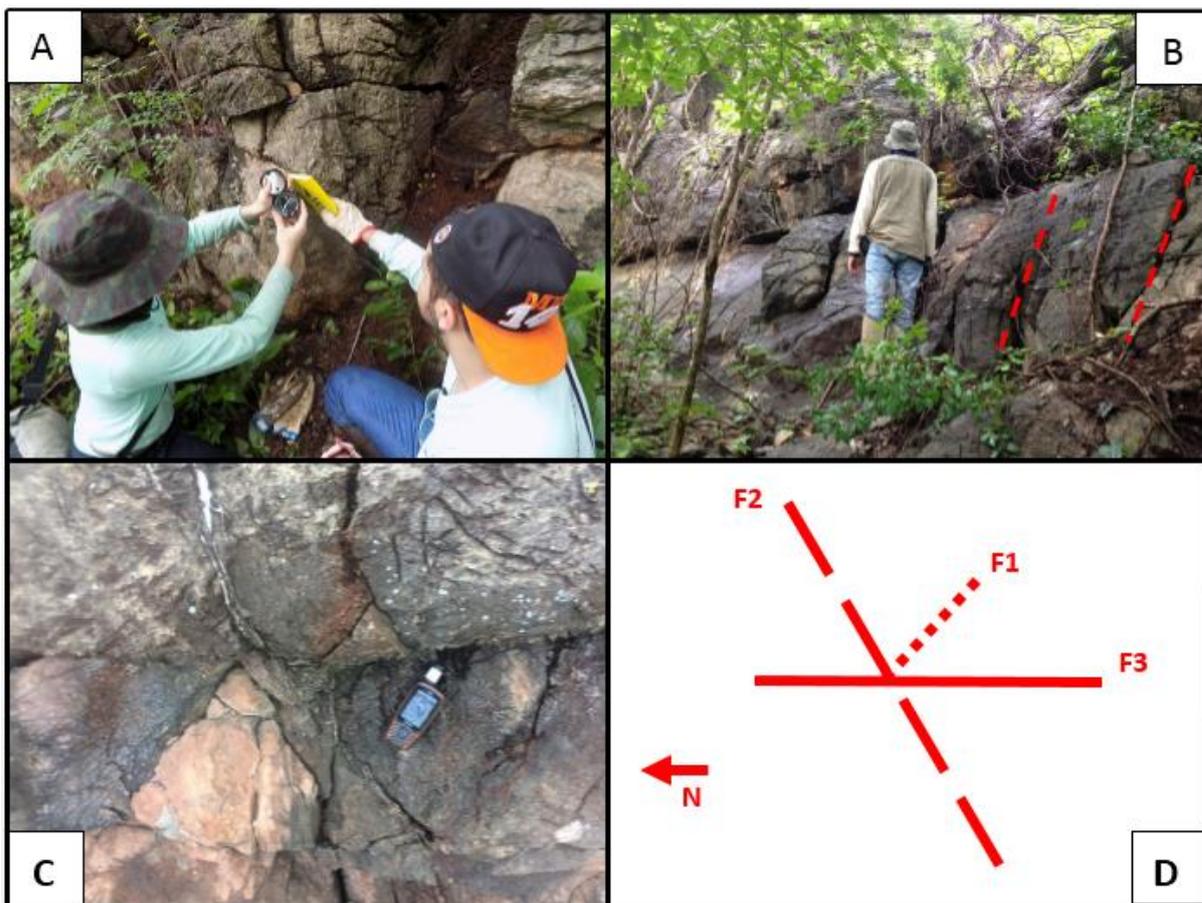


Figura 4. A/B – Fraturas no maciço rochoso (estado de fragmentação). C – Famílias de fraturas preenchidas por quartzo. D - Direções esquemáticas das famílias de fraturas observadas. (Fonte: Autores)

Os dolomitos maciços e com esteiras algais ocorrem como blocos soltos, afloramentos nos pastos e também compondo os grandes paredões de rochas dolomíticas, tem a coloração variando entre cinza claro a cinza escuro. Sua composição é predominantemente de dolomita e também calcita, e tem ainda a presença de quartzo e dolomita branca em veios cortando as laminações algais. Esses dolomitos apresentam estruturas rúpteis, fraturadas com orientações preferenciais N-S, preenchidas por quartzo, e NW-SE, preenchidas por dolomita branca.

A identificação desses planos é fator fundamental desse estudo, conhecendo onde essas estruturas estão localizadas no corpo rochoso, para identificação das discontinuidades foi utilizado medidas de bússola, podendo separá-las por famílias. Junto a outros parâmetros, foi identificado quais regiões apresentam maior alteração no maciço, e seu estado de fragmentação, podendo assim apontar zonas de perigo, na figura a seguir fica evidenciado afloramentos e blocos rolados, sendo essas regiões onde essas alterações ocorrem, os tornando áreas de possíveis riscos.

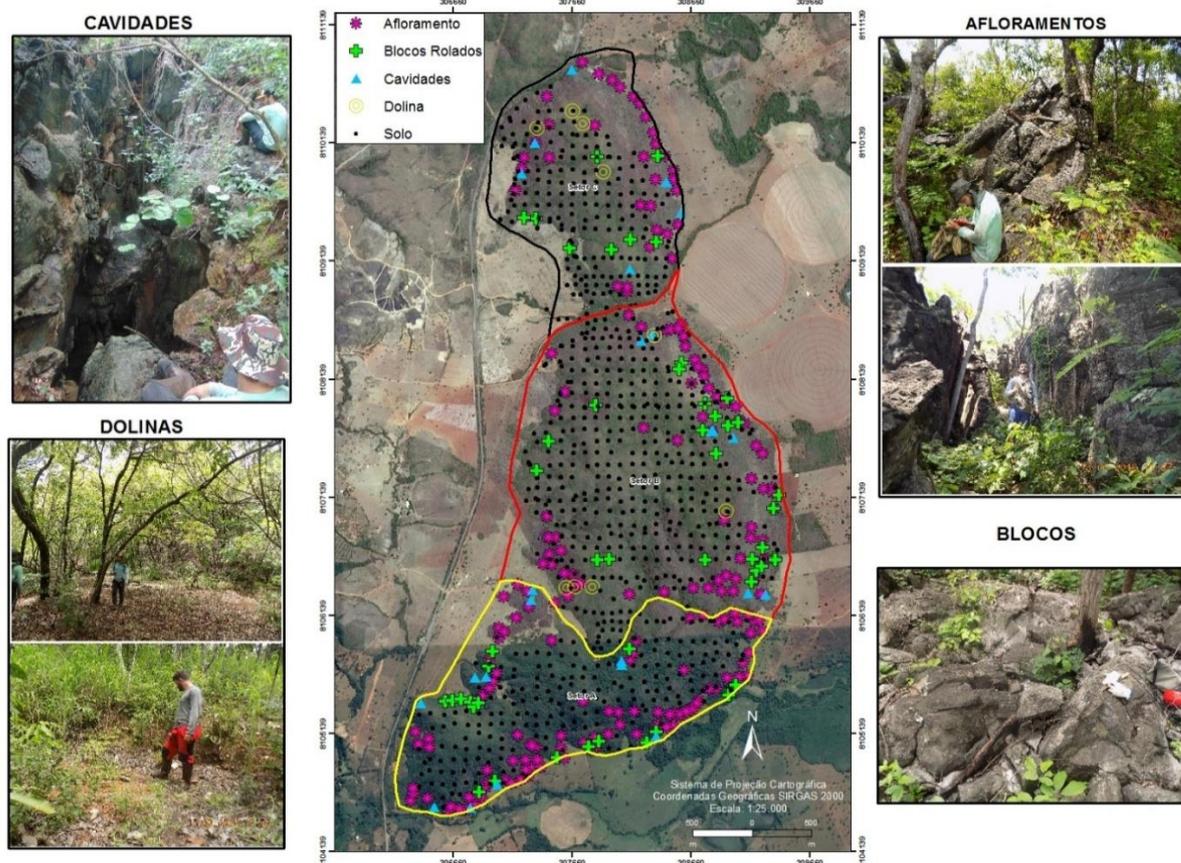


Figura 5. Mapa caracterização do maciço, apontando suas principais características geológicas ilustradas por fotos. Fonte: Modificado do software ArcGis, Fotos: (Autor).

Dentre o que foi proposto no estudo, foi realizado num total de 1054 pontos de controles na área, assim podendo obter a sua caracterização, diferenciado por regiões, obtendo uma mapa cartográfico de como o maciço se comporta em toda sua extensão, localizando e correlacionando todos os parâmetros obtidos no estudo, como feições cársticas, blocos rolados, afloramentos de rochas e solo.

Apesar de uma predominância de solo, o mapeamento em campo, pode observar que os movimentos de massa de solo não são fatores relevantes de risco, pois estão depositados nas porções mais elevadas do maciço, e não apresentam um volume suficiente para deslizamentos intensos nas encostas.

Essas estruturas geológicas quando instáveis são fatores primordiais para desencadeamento de problemas geotécnicos como roturas, acumulações de tensões, infiltrações e alterações, fatores esses que em campo foram observados em quase toda dimensão do maciço, variando somente a intensidade em que cada região foi submetida.

Os movimentos de quedas, estão associados à presença do afloramentos das rochas em encostas íngremes, abruptas ou taludes de escavação, tais como: cortes em rocha, sendo potencializados pelas amplitudes térmicas, através da expansão e contração da rocha, constituem de movimentos bruscos de material geológico, o qual está desprendido do solo devido a meteorização ou até mesmo outras causas, como a subpressão através do acúmulo de água ou penetração de raízes. A movimentação ocorre por queda livre, rolamento e deslizamento, podendo ser acelerado, ou induzido em decorrência de ações antrópicas, através das vibrações em detonações de rochas próximas ao local, são caracterizadas principalmente por quedas de blocos, deslocamento de materiais rochosos, e tombamentos (AGOSTINHO, 2007).

O mapa resultante do caminhamento, apontou que as margens do maciço se encontram a maioria de seus afloramentos rochosos, e naturalmente os blocos rolados que se desprenderam de suas matrizes, cavidades desenvolvidas ao longo de zonas de fraqueza das rochas dolomíticas, produtos de dissolução das rochas, assim como o solo encontrado nas partes mais elevadas do maciço, que é um solo residual das rochas, que se depositou e não foram transportados para regiões de menores elevações.

O setor setentrional do maciço representado pelos limites de cor preta (figura 5) foi observado rochas mergulhadas para fora do maciço, com ângulos abaixo de 45°, afloramentos intensamente alterados, grande quantidade de fraturas, formando planos de descontinuidade, facilitando para o desprendimento de blocos, no talude do relevo observou-se o maior número de blocos rolados de toda a extensão do maciço, blocos esses que nessa porção são encontrados de tamanhos variados, mas em sua maioria blocos métricos, que combinados com um desnível de 320 metros em pouco espaço do topo para base da serra, formando um relevo muito íngreme, todos esses parâmetros possibilitam que os blocos soltos nessa porção tenham uma grande energia gravitacional ao se desprenderem do maciço.

O setor central do maciço representado pelos limites de cor vermelha (figura 5) possui a maior extensão de todas as serras do maciço, apresentando algumas características únicas da região, em sua porção central, próximo ao seu topo, apesar de estar em uma cota de alta elevação, é formado por um relevo aplainado, em sua maioria solo residual das rochas, com desníveis suaves do topo para a base, as margens maciço foi observado afloramentos de dolomitos fraturados e blocos rolados de tamanhos variados, porém em sua maioria blocos centímetros, julga-se que isso ocorreu pois estão distais de suas matrizes, e tiveram um

transporte lento, provavelmente produto de deslizamento, que sofreu erosão durante o processo de transporte, essas investigações são de suma importância para o estudo pois esclarece análises de fatores históricos.

Os afloramentos dolimíticos encontrados nesse setor encontrasse as margens do maciço, como em toda extensão da região os afloramento estão intensamente fraturados, apresentando queda de blocos, mas a particularidades dessa região é que o plano de acamamento dessas rochas em sua maior parte são planares, tendo como o maior risco a queda livre de blocos, como não há um relevo íngreme, esses blocos não ganham intensidade e acabam se depositando próximo a sua matriz. O que gera maior desconforto nesse setor é o grande número de afloramentos, podendo se tornar um potencial riscos

O setor meridional do maciço representando pelos limites de cor amarela (Figura 5) é a única serra do maciço que possui elevação inferiores a 790 metros, não atingindo os níveis superiores a 850 metros observados nos outros setores, sua extensão representa a menor porção do maciço, refletindo que apesar de não ostentar as maiores elevações, possui o desnível entre a base e o topo muito abrupto, combinado com paredões rochosos mais preservados que em outros setores do maciço, que se mostram fortemente fraturados, e com iminentes blocos potenciais para desprendimento. Nas porções marginais do maciço observasse uma grande quantidade de afloramentos dolimíticos e superfícies de talús que foram formadas por blocos rolados de níveis superiores, esses blocos também se depositaram em regiões que apresentam zonas de fraqueza, como redes de drenagens, transportando-os até algumas regiões das planícies na base do maciço.

Com os parâmetros observados em campo, o setor meridional possui áreas em que suas formações rochosas encontradas a leste, formam paredões que mergulham para fora do talude, observou-se blocos já desprendidos do maciço mas que ainda não locomoverem em forma de energia, essa combinação junto ao relevo de queda abrupta, formam uma área de risco iminente nas bases situadas a leste do setor, e algumas porções a oeste.

Segunda Ribeiro (2009), dentre os movimentos de massa, a queda/rolamento de blocos é o fenômeno que oferece a maior dificuldade para previsão do início de deslizamentos e movimentações, revela um componente essencial: a condição necessária para incidência do fenômeno pode ser a existência de uma única fratura com orientação desfavorável na encosta.

Essas informações e análises compiladas em campo juntamente a fatores históricos, ajudaram na confecção final do mapa de risco (Figura 6), visando principalmente ocupações futuras em áreas em que não oferecem segurança para sua habitação.

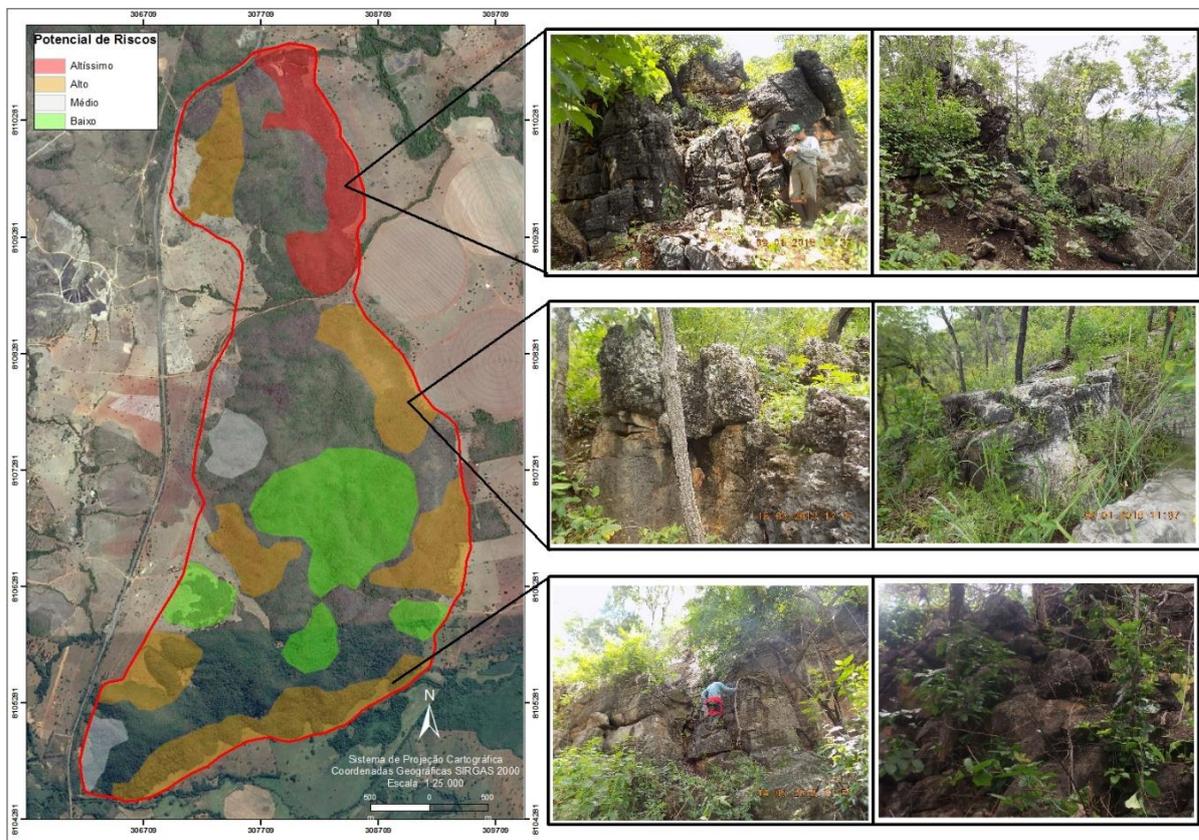


Figura 6. Mapa de localização das áreas de riscos.  
Fonte: Modificado do software ArcGis, Fotos: (Autor).

O mapa deixa claro quais regiões do maciço representam maior risco, porém mesmo tendo zonas em que os riscos são desprezíveis, não se orienta nenhum tipo de instalação sem medidas prévias de segurança, visando minimizar ou eliminar os riscos aos elementos expostos, reduzindo sua vulnerabilidade.

## CONCLUSÃO

No trabalho discorrido chegou-se à conclusão que apesar da dificuldade de previsão dos riscos geológicos, nesse caso desprendimentos de blocos, pode ser ter uma clara ideia utilizando os dados de campo, aonde há maiores incidências de blocos soltos e fatores históricos, classificando-os como potencial áreas de risco.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB'SÁBER, A. N. **Províncias geológicas e domínios morfoclimáticos no Brasil. Geomorfologia**, São Paulo, n. 20, p. 1-26, 1970. [Parte deste artigo é a republicação do artigo Domínios morfoclimáticos e províncias fitogeográficas no Brasil. *Orientação*, São Paulo, n. 3, p. 45-48, 1967].

AGOSTINHO Tadashi, et al. organizadores – **Brasília: Ministério das Cidades**; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 176 p. 2007.

ALMEIDA, FF.M, HASUI, Y. FUCK, R.A 1981. Brazilian structural provinces. na introduction. **Earth-Science Reviews**, 17:1-29.

BARRETO, Maria Laura. **Mineração e Desenvolvimento Sustentável: Desafios para o Brasil**. Rio de Janeiro: MCT/CETEM. 2001.

BAUER, M. & NEUMANN, P. (2011): A guide to processing rock-fall hazard from field data.- In: Vogt, N., Schuppener, B., Straub, D. & Bräu, G., *Geotechnical Safety and Risk, Proceedings of the 3rd International Symposium on Geotechnical Safety and Risk*, June 2011: 149-156.

BRITO NEVES B.B., NETO, M C. C., FUCK R. A. 1999. From Rodinia to Western Gondwana: An approach to the Brasiliano-Pan African Cycle and orogenic collage. *Episodes* 22: 155-166.

BROWN, E. T. (1983), Suggested method for rock characterization testing and monitoring, published for International Society for Rock Mechanics, ISRM. editor, Pergamon Press, 211p.

CARVALHO, C.S. Gerenciamento de riscos geotécnicos em encostas urbanas: uma proposta baseada na análise de decisão. Tese (Doutorado em Engenharia de Solos) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996. 192p

CETEC, Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais. Diagnóstico ambiental do estado de Minas Gerais. Belo Horizonte: [s.n.], 1983. 158p.

DREW, D. *Karst Processes and Landforms*. London: Macmillan Education, 1985. 63p. (Aspects of Geography).

GAUSSEN, H. et F. BAGNOULS (1953): L'indice xérothermique. *Bull. de l'Assoc. de géographes français*. 1952, pp. 10-16.

GUIDICINI, G.; NIEBLE, C.M. 1976. Estabilidade de taludes naturais e de escavação. Editora Edgard Blücher Ltda, São Paulo, 170 p.

GUIDICINI, G., NIEBLE, C.M. Estabilidade de Taludes Naturais e de Escavação. São Paulo 2ª Ed. Editora Edgard Blucher Ltda, 1984. 194p.

HUTCHINSON, C.F. Techniques for combining Landsat and ancillary data for digital classification improvement. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. Bethesda, MD, v.48, n.1, p123-130.1982

HUTCHINSON, J.N.. Mass movement. In: R.W. Faibridge (Ed). *The Encyclopedia of Geomorphology*. New York, Runhold Book, 1968. 688-695p.

LLORENTE ISIDRO, M.; LAÍN HUERTA, L. 2009. Riesgos geológicos: técnicas de análisis y mitigación. *Rev. de la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*. 17(3):232-241

OLIVEIRA G.D., 2013. Reconstrução Paleoambiental e Químioestratigráfica dos carbonatos hospedeiros do depósito de zinco silicatado de Vazante, MG. Dissertação de Mestrado n° 311, IG/Unb, Brasília, 86p.

RIBEIRO, R.S.; BARROSO, E.V.; BORGES, A.F. 2009b. Determinação da área suscetível a ocorrência de queda/rolamento de blocos utilizando o software PFC-2D no município de Petrópolis (RJ). In: *Simpósio de Geologia do Sudeste*, 11, São Pedro, 2009. Anais... São Paulo: Sociedade Brasileira de Geologia, Núcleos de São Paulo, Rio de Janeiro / Espírito Santo e Minas Gerais. p. 121.

RIGOBELLO, A. E., BRANQUINHO, J. A., DANTAS, M. G. S., OLIVEIRA, T. F., NEVES FILHO, W. 1988. Mina de zinco de Vazante. IN: Schobbenhaus, C & Coelho, C. E. S. (Ends.) *Principais Depósitos Mineraiis do Brasil*. DNPM, Brasília, 3, 101-110.

TOMINAGA, Lída Keiko; SANTORO, Jair; AMARAL, Rosangela do. *Desastres naturais: conhecer para prevenir*. São Paulo: Instituto Geológico, 2009.

TOMINAGA, L.K. *Avaliação de Metodologias de Análise de Risco a Escorregamentos: Aplicação de um Ensaio em Ubatuba, SP*. Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, São Paulo. Tese de Doutorado. 2007. 220p.

**Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC)** – Disponível em < <http://clima1.cptec.inpe.br> >. Acessado em Março de 2018.