

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA**

**LUCAS MARTINI**

**CARACTERIZAÇÃO DE DESCONTINUIDADES COM O AUXÍLIO DE VANT  
APLICADA À PESQUISA DE ROCHA ORNAMENTAL  
NO COMPLEXO METAMÓRFICO PALMA, SÃO GABRIEL (RS)**

**Caçapava do Sul  
2018**

**LUCAS MARTINI**

**CARACTERIZAÇÃO DE DESCONTINUIDADES COM O AUXÍLIO DE VANT  
APLICADA À PESQUISA DE ROCHA ORNAMENTAL  
NO COMPLEXO METAMÓRFICO PALMA, SÃO GABRIEL (RS)**

Trabalho acadêmico apresentado ao curso de Geologia da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Geologia.

Orientador: Dr. Igor Magalhães Clemente

**Caçapava do Sul  
2018**

LUCAS MARTINI

**CARACTERIZAÇÃO DE DESCOTINUIDADES COM O AUXÍLIO DE VANT  
APLICADA À PESQUISA DE ROCHA ORNAMENTAL  
NO COMPLEXO METAMÓRFICO PALMA, SÃO GABRIEL (RS)**

Trabalho acadêmico apresentado ao curso de Geologia da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Geologia.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 09 de Julho de 2018.

**Banca examinadora:**

  
\_\_\_\_\_

**Prof. Dr. Igor Magalhães Clemente**  
Orientador  
UNIPAMPA

  
\_\_\_\_\_

**Prof. Dr. Maximilian Fries**  
UNIPAMPA

  
\_\_\_\_\_

**Geólogo Ms. Marcelo Lusa**  
UNIPAMPA

## FICHA CATALOGRÁFICA

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos  
pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do  
Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais) .

M386c Martini, Lucas

CARACTERIZAÇÃO DE DESCONTINUIDADES COM O AUXILIO DE VANT  
APLICADA À PESQUISA DE ROCHA ORNAMENTAL NO COMPLEXO  
METAMÓRFICO PALMA, SÃO GABRIEL (RS) / Lucas Martini.

44 p.

Trabalho de Conclusão de Curso(Graduação)-- Universidade  
Federal do Pampa, GEOLOGIA, 2018.

"Orientação: Igor Magalhães Clemente".

1. Rocha Ornamental. 2. Geologia. 3. Descontinuidades. 4.  
Vant. 5. Análise estrutural. I. Título.

Dedico este trabalho aos meus afilhados

Pedro Augusto e João Gabriel.

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer profundamente a minha família: meu irmão Felipe, mãe Rejane e pai Mauro. Pessoas essenciais que fazem tudo acontecer.

Gostaria de agradecer a todos os professores e técnicos, que compartilharam seus conhecimentos e experiências, em especial meu orientador que sempre prestativo e cativante me auxiliou nesta caminhada, Prof. Igor Clemente.

Agradeço também a todos os amigos que construí durante esta jornada, em especial João Iggo (Jhones), Jorge Daronco (Picles), Guilherme Alves (Tchê) e Diogo Queiroz (Cabrinha). Além destes, todos meus parceiros conterrâneos, que apesar do distanciamento sempre foram fiéis a nossa amizade. Vaniston Jehle (Banes), Humbertho Philippsen (Betã) e Fernando Varella (Chiquinho).

À Caçapava do Sul pela hospitalidade, por todas suas belezas naturais que me inspiraram aos estudos das rochas e por evidenciar que o necessário esta no simples.

Por último, mas não menos importante, agradeço a minha companheira de vida por tudo. Esta que aceitou dividir comigo durante toda esta trajetória os mais diversos momentos. Quem me faz sentir-se vivo. A qual eu procuro agradar todos os dias, como se fosse a primeira vez, Kelly A. Liesenfeld.

## RESUMO

Atualmente, as rochas ornamentais tem ganhado destaque frente aos mercados nacionais e internacionais, devido ao grande valor estético agregado a elas. Para que se alcance bons níveis de produtividade e qualidade, importantes análises relacionadas à extração e beneficiamento devem ser realizadas, dentro as quais se destaca a análise estrutural. Esta é uma importante ferramenta para a análise de maciços rochosos. Com o desenvolvimento e auxílio de novas técnicas para a aquisição dos dados estruturais, como a aerofotogrametria a partir de VANTs, foi possível gerar resultados satisfatórios em menor tempo. A área de estudo localizada na região sul do município de São Gabriel - RS, no complexo metamórfico Palma unidade pelítico-calcissilicática, foi identificada como propícia para a pesquisa voltada a extração da rocha ornamental quartzito. Este projeto mapeou, descreveu e quantificou 302 descontinuidades, destas 176 na área alvo 1 e 126 na área alvo 2. A análise dos dados foi realizada por meio do auxílio de projeções estereográficas e aerofotogrametria, com o uso da técnica “*areal sampling*”. Observou-se que o principal problema é a intersecção dos sistemas de descontinuidades de direção NE-SW e NW-SE (mais frequentes na área), que ocasionam um alto grau de intemperismo provocado pela maior percolação de fluídos. Com isso, determinaram-se as áreas com menor número de intersecção destas descontinuidades, interpretadas como mais propicias a extração de rocha ornamental na área.

Palavras-chave: Aerofotogrametria; Quartzito; projeções estereográficas.

## **ABSTRACT**

Currently, ornamental stones have gained prominence across the markets, national and international, because of the added aesthetic value to them. In order to achieve good levels of productivity and quality, important analyzes, related to extraction and processing, must be carried out, within which structural analysis stands out. This is an important tool for the analysis of massive rock. With the development and support of new techniques for the acquisition of the structural data, such as the aero photography from UAV (unmanned aerial vehicle), and it was possible to generate satisfactory results in less time. The study area located in the southern region of São Gabriel - RS in the metamorphic complex Palma pelitic - calcium silicates unit has been identified as ripe for research focused extraction of quartzite natural stone. This project mapped, described, and quantified 302 discontinuities, these 176 in target area 1 and 126 in the target area 2. The analysis of the data was performed by means of the aid of the stereographic projections and aero photography, with the use of the technique of areal sampling. At last, we observed that the main problem is the intersection of the low-angle fracture systems with NE-SW and NW-SE (more frequent in the quarry), that cause a high degree of weathering caused by the increased percolation of fluids. With this, they determined the areas with the least number of intersections of these discontinuities, interpreted as more favorable to the extraction of ornamental rock in the area.

Keywords: Aero Photography; Quartzite, Stereographic Projections.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapas de localização e situação da área de estudo no município de São Gabriel-RS.....	14
Figura 2 - Mapa de acesso à área de estudo.....	15
Figura 3 - Mapa da localização em detalhe das áreas alvo 1 e 2.....	16
Figura 4 - Províncias Geomorfológicas do Rio Grande do Sul, evidenciando a localização da área.....	17
Figura 5 - Mapa dos domínios geotectônicos do Rio Grande do Sul. As linhas tracejadas indicam as estruturas regionais limítrofes das unidades tectono-estratigráficas.....	18
Figura 6 - Mapa geológico da região da Palma, destacando a área em estudo.....	19
Figura 7 - Representação da rede de Schmidt, do grande círculo e pequeno círculo.....	23
Figura 8 - Fotografia de parte do material em forma de chapa beneficiado.....	25
Figura 9 - Mapa com os Planos de Voo realizados para as fotografias aéreas 1 e 2.....	26
Figura 10 - Fotografia em afloramento da área alvo 1, coleta de dados estruturais..	28
Figura 11 - Fotografia em corte realizado na frente de lavra da área alvo 2. Escala com 1,1m.....	30
Figura 12 - Mapa das discontinuidades, obtidas a partir da fotointerpretação, subdivididas em 4 famílias de direções preferenciais, N-S, E-W, NE-SW e NW-SE na da ortofoto da área alvo 1.....	31
Figura 13 - Mapa das discontinuidades, obtidas a partir da fotointerpretação, subdivididas em 2 famílias de direções preferenciais, NE-SW e NW-SE na ortofoto da área alvo 2. Ao centro da imagem tem-se a área não amostrada.....	32
Figura 14 – Estereogramas com rede de rosetas e polos dos planos (com curvas de contorno), gerados no software <i>Stereonet</i> versão 10.0, das discontinuidades coletadas na área alvo 1, representando: a) Família E-W; b) Família N-S; c) Família NE-SW; d) Família NW-SE.....	33
Figura 15 - Estereogramas com rede de rosetas e polos dos planos (com curvas de contorno), gerados no software <i>Stereonet</i> versão 10.0, das discontinuidades coletadas na área alvo 2, representando: a) Família NE-	

SW; b) Família NW.....	34
Figura 16 - Fotografia da frente de lavra na área alvo 2, evidenciando a zona de maior intemperismo na intersecção das descontinuidades NE-SW e NW-SE, mergulhando para SE e NW respectivamente.....	35
Figura 17 - Mapa de intensidade de fraturamento da área alvo 1, evidenciando em vermelho as áreas determinadas como mais propicias a extração de rocha ornamental.....	36
Figura 18 - Mapa de intensidade de fraturamento da área alvo 2, em vermelho as áreas determinadas como mais propicias a extração de rocha ornamental. .....	37

## SUMÁRIO

RESUMO.....	6
ABSTRACT.....	7
LISTA DE FIGURAS .....	8
1 INTRODUÇÃO.....	12
2 OBJETIVOS .....	13
2.1 Objetivo geral .....	13
2.2 Objetivos específicos .....	13
3 JUSTIFICATIVA .....	13
4 ÁREA DE ESTUDO .....	14
4.1 Localização e situação .....	14
4.2 Vias de Acesso.....	15
4.3 Áreas alvo.....	15
5 Contexto Geológico .....	16
5.1 Escudo Sul-rio-grandense .....	16
5.2 Geologia local .....	18
5.2.1 Rochas Quartzíticas .....	20
5.3 Rocha Ornamental .....	20
6 FUNDAMENTOS TEÓRICOS .....	21
6.1 Análise Estrutural .....	21
6.1.1 Projeção Estereográfica.....	22
6.2 Aerofotogrametria.....	23
6.2.1 VANTs.....	23
6.2.2 Técnica de amostragem “Areal sampling” .....	24
7 MATERIAIS E MÉTODOS.....	24
7.1 Material utilizado .....	25
7.2 Pré-Campo.....	25
7.2.1 Levantamento Bibliográfico.....	25
7.2.2 Planejamento da coleta das fotografias aéreas .....	26
7.2.3 Fotointerpretação .....	26
7.3 Trabalho de Campo.....	27
7.3.1 Aquisição das imagens aéreas.....	27
7.3.2 Análise Estrutural .....	27

<b>7.4 Análise laboratorial.....</b>	<b>29</b>
<b>7.4.1 Estereogramas.....</b>	<b>29</b>
<b>7.4.2 Mapas de intensidade de fraturamento .....</b>	<b>29</b>
<b>8 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>29</b>
<b>8.1 Descrição da geologia local.....</b>	<b>29</b>
<b>8.2 Caracterização das descontinuidades .....</b>	<b>30</b>
<b>8.2.1 Fotointerpretação .....</b>	<b>31</b>
<b>8.2.2 Análise estrutural em campo.....</b>	<b>32</b>
<b>8.2.3 Mapas de intensidade de fraturamento .....</b>	<b>35</b>
<b>9 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>38</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>39</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Segundo o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM, 2014) as rochas ornamentais apresentaram significativo crescimento na última década no mercado nacional e internacional, caracterizando o setor como bastante promissor e gerando assim maiores investimentos e uma maior expectativa de exploração de novas jazidas.

A qualidade dos blocos de rocha ornamental depende, entre outros aspectos, das superfícies de fraqueza da rocha, ou seja, suas descontinuidades. Conforme Oliveira 2017, o termo descontinuidades refere-se a qualquer plano de separação ou de fraqueza em um maciço rochosos. O conhecimento desse aspecto permite o aperfeiçoamento do processo de lavra através do planejamento adequado para cada situação (DI GIORGIO, 2003).

Quando não determinadas, as descontinuidades podem representar um impasse para o aproveitamento da rocha, visto que geram um desmonte descontrolado em razão da busca de melhores frentes de corte. (FIGUEIREDO, 2004).

Devido à importância da rocha ornamental e na busca de uma produção mais rápida, limpa e com baixa produção de rejeitos, são realizadas análises estruturais que favorecem o aperfeiçoamento do processo de lavra.

Neste trabalho para realizar a análise estrutural foi utilizada a técnica de aerofotogrametria, buscando uma pré-visualização e identificação das descontinuidades presentes no maciço rochoso em estudo.

Essa técnica possui grande vantagem quando se fala em rapidez e baixo custo. Ela consiste em realizar um levantamento aéreo utilizando VANT, onde serão geradas imagens de alta resolução, por veículo aéreo não tripulado, mais conhecido como drone. Essas imagens irão propiciar uma identificação prévia das descontinuidades, facilitando o trabalho em campo.

Na região de estudo, foi identificada a ocorrência de rocha ornamental quartzítica, rocha metamórfica com textura sacaroide, derivadas de sedimentos arenosos, formadas por grãos de quartzo recristalizados (ALENCAR, 2013). Na região encontra-se duas frentes de lavra atualmente desativadas, de propriedade da Mineração Palma, a qual realizou a extração de aproximadamente 400m<sup>3</sup> de rocha.

Com isso, esse estudo compreende a aplicação da caracterização estrutural

para análises das direções das descontinuidades das rochas quartzíticas presentes no Complexo Metamórfico Palma na unidade pelítico-calcissilicática (LAUX 2017), ao sul do município de São Gabriel/RS, através de imagens aéreas de alta resolução, obtidas por VANT (veículo aéreo não tripulado), e coleta de dados das direções estruturais em campo, onde objetiva-se determinar as direções preferencias e a intensidade das descontinuidades.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

O objetivo principal deste trabalho é caracterizar e quantificar as descontinuidades presentes no maciço rochoso no complexo metamórfico palma, localizado no município de São Gabriel (RS) com o auxílio de imagens aéreas de alta resolução obtidas por VANT.

### **2.2 Objetivos específicos**

Os objetivos específicos são:

- Descrição da geologia local;
- Localização de estruturas e lineamentos da área a partir de fotografias de alta resolução (aerofotogrametria);
- Interpretação dos dados obtidos por meio de projeções estereográficas para delimitar e quantificar a intensidade e direções preferenciais de fraturamentos na área de estudo.

## **3 JUSTIFICATIVA**

Em geral a definição e amostragem de descontinuidades em campo é bastante exaustiva, envolvendo além do mapeamento tradicional a medida de muitas estruturas. Com o desenvolvimento e auxílio de técnicas para a aquisição dos dados estruturais, como a aerofotogrametria a partir de *VANTs*, é possível gerar resultados satisfatórios em menor espaço de tempo.

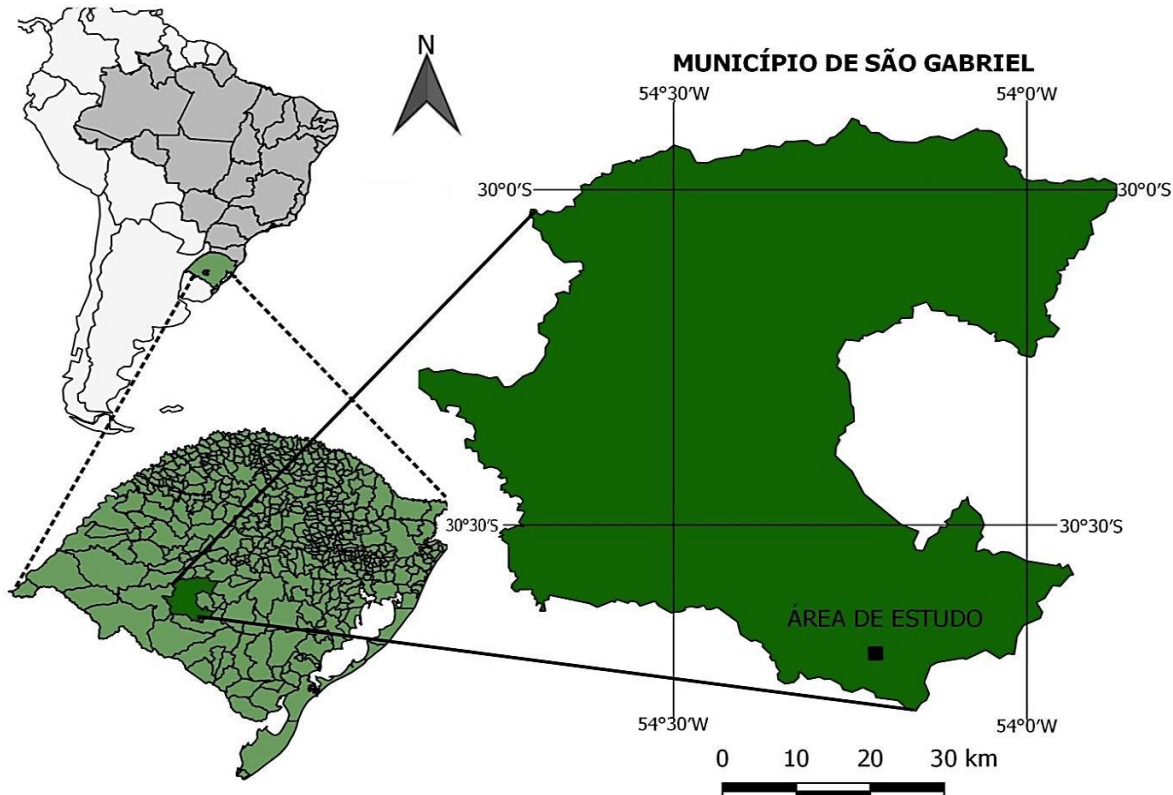
A importância de se determinar as discontinuidades presentes em maciços de rocha ornamental está diretamente relacionada na definição do potencial econômico da área, em razão da possibilidade de aperfeiçoamento das frentes de lavra, diminuindo a quantidade de rejeitos e obtendo melhor aproveitamento do minério.

## 4 ÁREA DE ESTUDO

### 4.1 Localização e situação

A área localiza-se na região da Vila Palma, próximo ao limite sul do município de São Gabriel, divisa com o município de Lavras do Sul, Rio Grande do Sul. Mais precisamente entre os paralelos  $30^{\circ}40'58''\text{S}$  e  $30^{\circ}42'2''\text{S}$  e entre os meridianos  $54^{\circ}13'23''\text{O}$  e  $54^{\circ}12'19''\text{O}$  (Figura 1). Possuindo aproximadamente  $3,5\text{km}^2$ , situada na folha SH 21-Z-B-VI-2 Lagoa da Meia Lua, confeccionada pela DSG (Diretoria de Serviço Geográfico - Brasil), a oeste da Vila Palma.

**Figura 1** - Mapas de localização e situação da área de estudo no município de São Gabriel-RS.

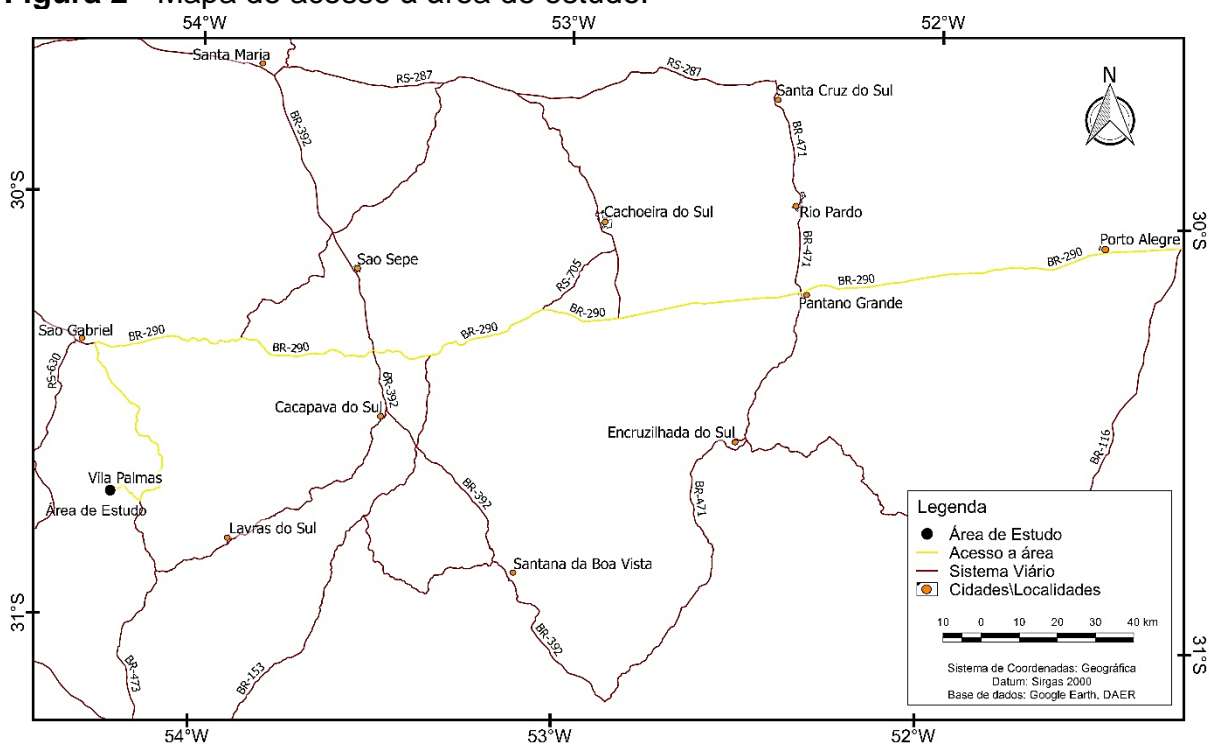


Fonte: adaptado de Google Earth (2018).

## 4.2 Vias de Acesso

O melhor acesso a área de estudo partindo da Capital Porto Alegre é através da BR-290, em direção à Fronteira Oeste do Estado, por 320 km, até entroncamento com a BR-473, na qual, seguindo na direção sul com sentido a Bagé segue-se por 55 km até o acesso para a estrada da meia lua percorrendo-se por mais 7km até a bifurcação na Vila Palma. Ainda na direção sul, percorre-se mais 2,5 km até o acesso a propriedade de Lauro Muller onde está situada a área de estudo. Este percurso encontra-se destacado em amarelo na Figura 2.

**Figura 2 - Mapa de acesso à área de estudo.**



Fonte: adaptado de Google Earth (2018).

## 4.3 Áreas alvo

Com os levantamentos de campo delimitaram-se duas áreas alvo (Figura 3), de aproximadamente 15000 m<sup>2</sup>, onde se centraram as análises e coletas de dados. Ambas as áreas estão situadas nos entornos das frentes de lavra da empresa Mineração Palma e possuem 200 metros de distância entre si.



**Figura 3 - Mapa da localização em detalhe das áreas alvo 1 e 2.**



Fonte: adaptado de Google Earth (2018).

## 5 Contexto Geológico

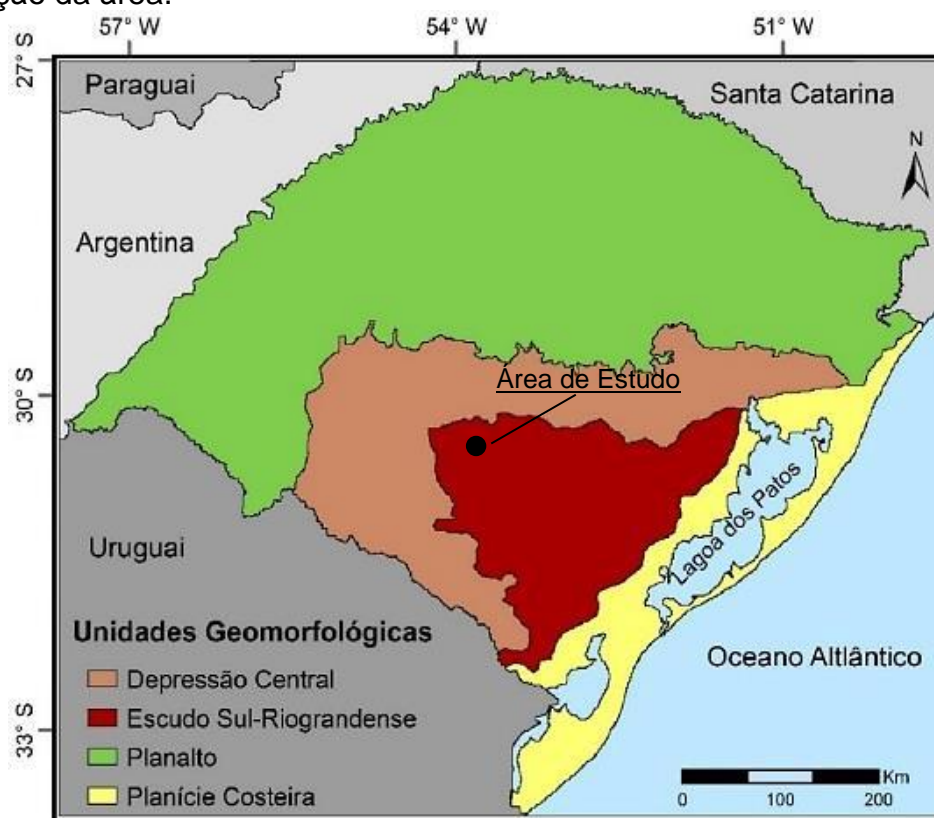
### 5.1 Escudo Sul-rio-grandense

Esta descrição tem como finalidade principal situar a área em um contexto regional e apresentar sucintamente suas características geológicas. Para qualquer aplicação de estudos relacionados à geologia é preciso uma compreensão do ambiente geológico em que se pretende pesquisar.

A área de estudo está inserida na província geomorfológica denominada de Escudo Sul-rio-grandense (ESRG). O Escudo Sul-Rio-Grandense (Chemale Jr., 2000) é caracterizado por rochas Pré-Cambrianas no sul do Estado do Rio Grande

do Sul, constituindo-se da parte sul da Província Mantiqueira (Almeida & Hasui, 1984), abrangendo cerca de 65.000 km<sup>2</sup> de área no estado (Chemale Jr., 2000) sendo delimitado ao norte, oeste e sudoeste pela Bacia do Paraná, e a leste pela Bacia de Pelotas, também conhecida como Província Costeira do Rio Grande do Sul (Figura 4).

**Figura 4** - Províncias Geomorfológicas do Rio Grande do Sul, evidenciando a localização da área.



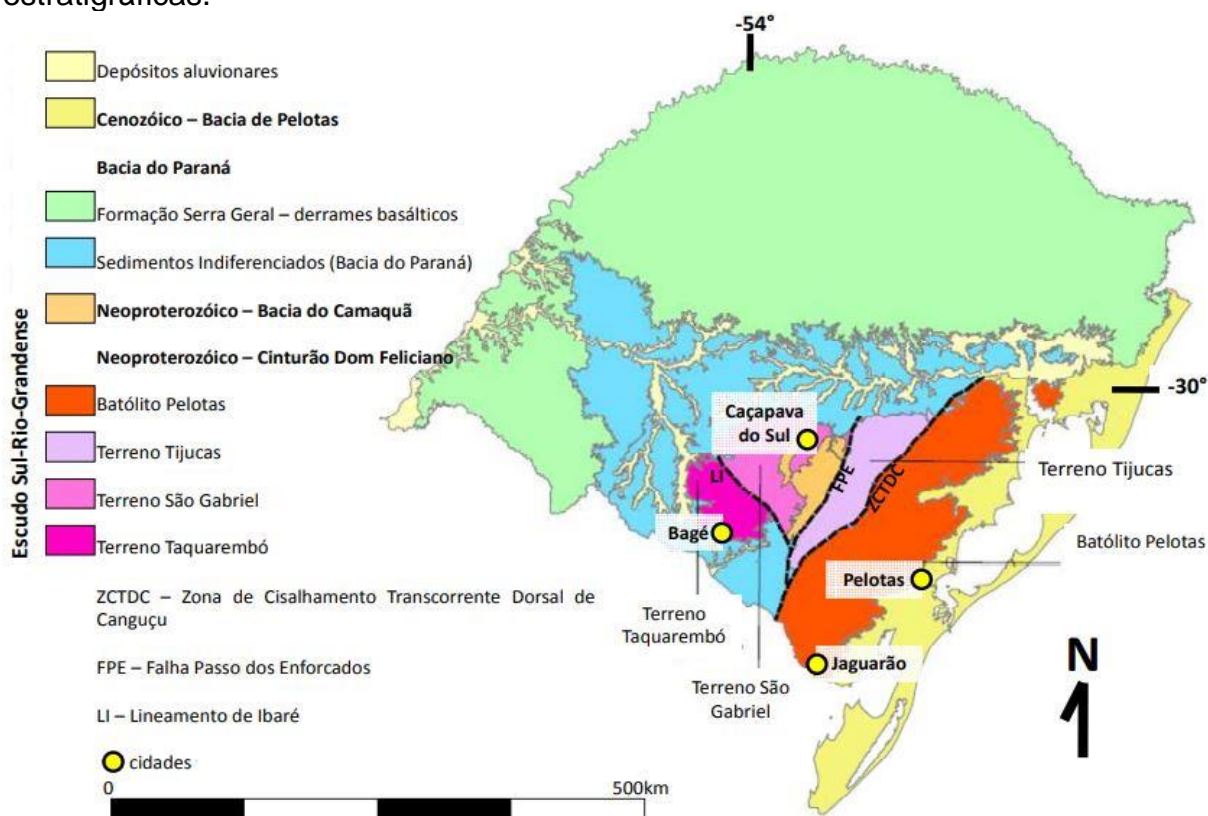
Fonte: extraído e adaptado de Roisenberg *et al.* (2007).

Segundo Hartmann *et al.* (1998) ESRG é dividido em quatro unidades geotectônicas conforme suas características geofísicas, geoquímicas, litológicas e estruturais. Essas unidades são denominadas Bloco Taquarembó, Terreno São Gabriel, Batólito Pelotas e Terreno Tijucas. A área de estudo está inserida no bloco São Gabriel.

Conforme Hartmann *et al.* (2007) o terreno São Gabriel (TSG) está limitado ao sul pela Zona de Cisalhamento Ibaré, ao leste pela Zona de Cisalhamento Caçapava do Sul, de direção entre N10-30°E, paralela à anomalia magnetométrica de Caçapava do Sul (COSTA, 1997) (Figura 5). Babinski *et al.* (1996) subdividiram em

gnaisse cálcio-alcálicos juvenis cortados por metagranitóides do Complexo Cambaí, e intrusivos das sequências vulcanosedimentares dos complexos Palma e Bossoroça.

**Figura 5** - Mapa dos domínios geotectônicos do Rio Grande do Sul. As linhas tracejadas indicam as estruturas regionais limítrofes das unidades tectono-estratigráficas.



Fonte: extraído de Travassos (2014).

## 5.2 Geologia local

As análises realizaram-se na região do Complexo Palma, este que é localizado na porção oeste do TSG (Chemale Jr. 1982). Segundo Laux (2017) é subdividido da base para o topo em Unidade Metavulcânica, Unidade Pelítico-Calcissilicática e Formação Cerro do Ouro.

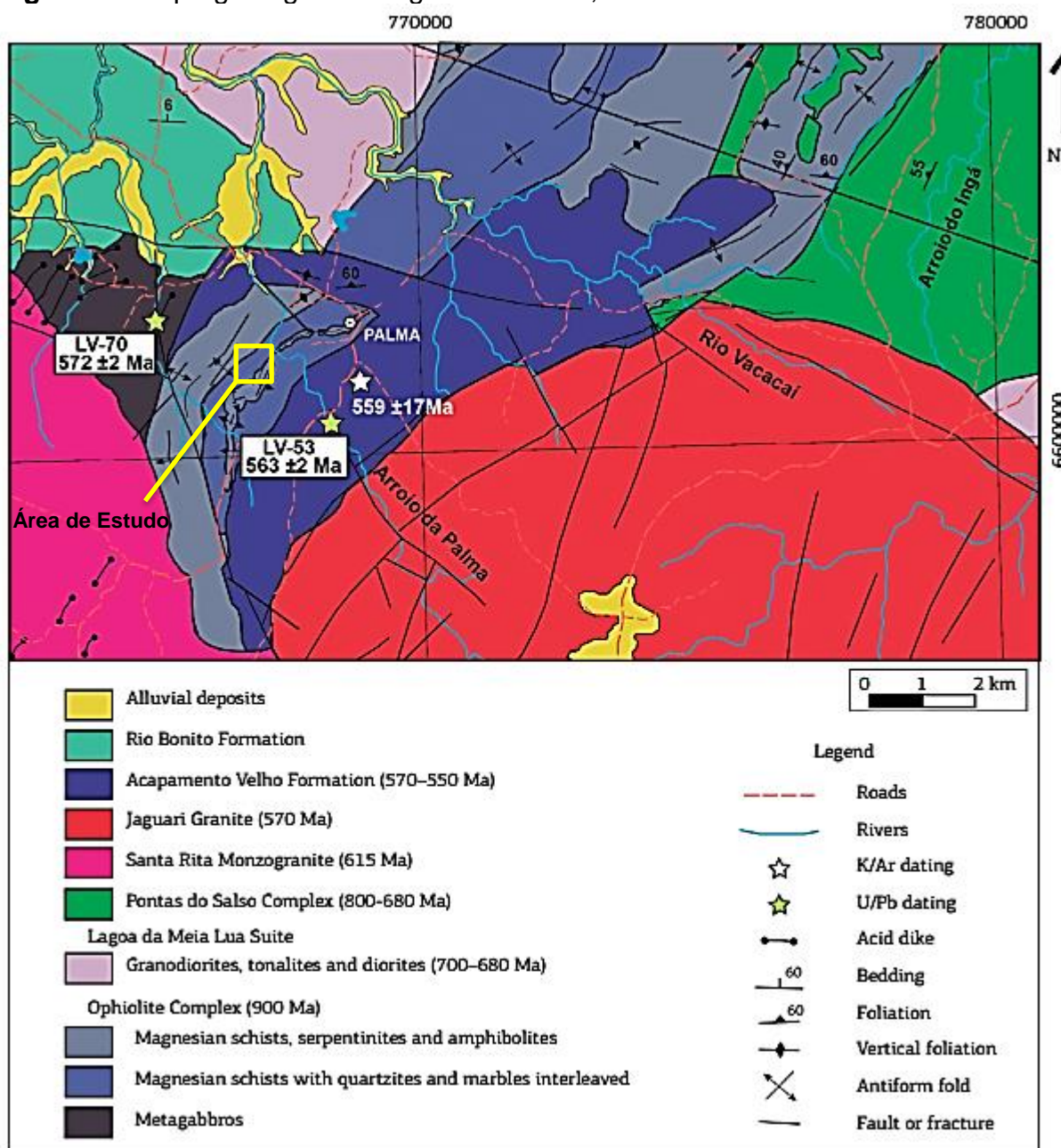
Complexo Palma é constituído por rochas meta-vulcânicas máficas e ultramáficas, intercaladas com xistos e paragneisses pelíticos e quartzíticos. Representa uma associação de bacia back-arc e ofiolitos relacionados com a tectônica de subducção geradora das rochas juvenis do Terreno São Gabriel (Hartmann et al., 2007). A idade modelo TDM para os isótopos de Nd das rochas



máficas e ultramáficas do Complexo Palma é Neoproterozóica, entre 1,3 e 0,6 Ga.

A área em pesquisa abrange as rochas da Unidade pelítico-calcissilicática, sendo estas classificadas como mármore, quartzitos, clorita xistos, BIF's, metamorfismo da fácies xisto verde alto a anfibólio inferior. Os levantamentos de dados centraram-se nas rochas classificadas como quartzitos (Figura 6), em razão do seu potencial econômico.

**Figura 6** - Mapa geológico da região da Palma, destacando a área em estudo.



Fonte: extraído de Vedana *et al.* (2017).

### 5.2.1 Rochas Quartzíticas

O quartzito se caracteriza por ser uma rocha metamórfica de protólito sedimentar, que apresenta uma tendência a ser coesa. Além disso, apresenta uma estrutura cristalina densa e organizada de modo que a força do cimento entre as partículas propicia uma resistência interna bastante alta. Com isso, é possível avaliar como uma estrutura de rocha metamórfica pode promover características favoráveis para o uso como rocha ornamental, bem como as possibilidades e vantagens de poder usá-la, eventualmente, como componente estrutural de obra (SANTOS *et al.* 2014).

Segundo Fuck *et al.* (1994), metamorfismo refere-se aos processos de transformação por meio dos quais uma rocha originalmente formada em um ambiente ígneo ou sedimentar recristaliza-se para produzir uma rocha metamórfica. A grande maioria das rochas metamórficas reserva algumas das características do material original, tais como a composição química global, enquanto são desenvolvidas novas texturas e, frequentemente, novos minerais.

Ainda segundo o autor, uma feição importante do metamorfismo é o fato de se dar essencialmente no estado sólido, ou seja, uma rocha nunca é totalmente desagregada. Assim, feições como o acamamento sedimentar original são preservadas, ainda que constantemente sejam deformadas e rompidas.

Outra característica da rocha quartzítica é ser explorada em camadas (folhas ou chapas), devido principalmente à sua formação laminar (foliada), sendo muito utilizada para a construção de muros, base de casas, passeios e entre outras finalidades (MOTOKI, 2006).

## 5.3 Rocha Ornamental

Rochas são materiais estruturais largamente utilizados pelo homem desde os tempos mais remotos e nas mais diferentes finalidades, dentre as quais, destaca-se o uso como material de construção. Com o passar dos anos, a ampliação das técnicas e da variedade de materiais de construção fez com que essas finalidades fossem substituídas pelas de revestimento e ornamental (FRASCÁ, 2014).

Vidal *et al.* (2014, p.17) definem rochas ornamentais como "materiais rochosos extraídos e beneficiados, em menor ou maior grau, para serem utilizadas

com funções de revestimento, decorativas ou estruturais”.

Estas rochas são escolhidas principalmente em função das suas características estéticas, seguido das características técnicas e disponibilidade comercial.

Dentre as características estéticas destaca-se a cor, textura e granulometria. A cor depende da composição química dos minerais constituintes e do seu estado de alteração. A textura é caracterizada pela distribuição dos minerais que constituem as rochas e a granulometria refere-se ao tamanho dos grãos minerais, podendo ser classificada em granulometria grossa, média e fina (VIDAL *et al.* 2014).

As características técnicas são aquelas que determinam o método de lavra e a viabilidade econômica da jazida (BRANDÃO *et al.* 1995).

As principais rochas ornamentais são comercialmente classificadas em mármore e granito. Comercialmente, o mármore é toda rocha carbonatada possível de ser serrada e polida. Já o granito é uma rocha não calcária capaz de ser serrada e polida. Sendo que ambas podem ser utilizadas como material de revestimento e adorno (CEDRAZ e SILVA 2001)

Para Svega (1999), essa definição é errônea, pois muitas rochas denominadas no mercado comercial de granito fogem da definição litológica inicial e incluem uma grande variedade de rochas ígneas e metamórficas, que vão desde granitos propriamente ditos até rochas básicas (basaltos, tonalitos), ultrabásicas (peridotitos, dunitos), rochas metamórficas (quartzitos) e até mesmo sedimentares (arenitos). Segundo o autor as principais e mais comuns rochas ornamentais são o mármore, granito, calcário, basalto, arenito e quartzito.

## **6 FUNDAMENTOS TEÓRICOS**

### **6.1 Análise Estrutural**

A análise estrutural baseia-se, principalmente, na descrição das estruturas das rochas, sendo caracterizada por três aspectos principais: análise geométrica e/ou descritiva, análise cinemática e análise dinâmica. A análise geométrica objetiva o reconhecimento das estruturas (descrição e orientação espacial), enquanto a análise cinemática determina e interpreta os movimentos (deformação) e a análise dinâmica é a que busca reconhecer as forças e tensões aplicadas nas rochas

(FERREIRA, 1981).

A qualidade dos blocos de rocha ornamental depende, dentre outros aspectos, das superfícies de fraqueza da rocha, representadas pelas descontinuidades, e da distribuição de tensões no maciço rochoso (GIORGIO, 2003).

Por definição e de acordo com Fiori (2009) descontinuidade é considerada um plano de fraqueza na rocha, ao longo do qual o material rochoso é estruturalmente descontínuo e apresenta uma menor resistência ao cisalhamento.

Dependendo do grau de alteração, do preenchimento e outras características da descontinuidade, a resistência ao cisalhamento pode até ser nula. O aproveitamento economicamente viável do maciço está diretamente relacionado às suas características, onde destaca-se orientação, rugosidade, abertura, preenchimento, espaçamento, extensão, grau de alteração e a presença de água (FIORI, 2009).

Geralmente os maciços rochosos apresentam variadas famílias de descontinuidades. As fraturas, os veios e falhas geram variações estéticas nos blocos, que podem afetar sua valoração comercial, e que impactam de forma significativa o planejamento e desenvolvimento da lavra (FIGUEIREDO *et al.* 2004).

O estudo das descontinuidades revela elevada importância, pois este condiciona a viabilidade do empreendimento, tamanho dos blocos a serem extraídos e direções de avanço da lavra.

### 6.1.1 *Projeção Estereográfica*

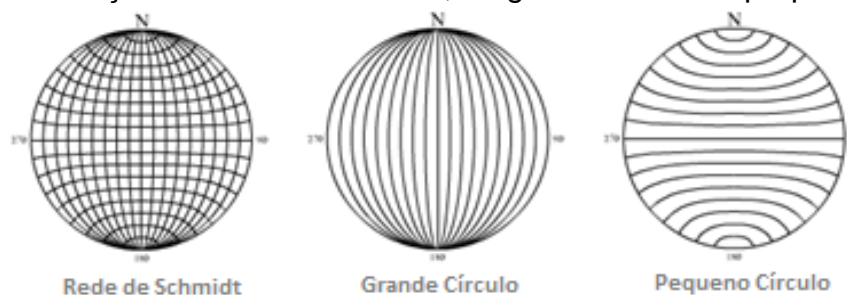
Para melhor interpretação e representatividade do comportamento espacial das descontinuidades no espaço faz-se o uso de projeções estereográficas. O estereograma tem como objetivo exibir a distribuição das estruturas por meio de uma análise estatística dos dados de medidas estruturais feitas em campo, mostrando assim o comportamento e a orientação dessas estruturas (FOSSEN, 2012).

A projeção estereográfica caracteriza as estruturas das rochas através da atitude de planos e linhas em um diagrama circular de duas dimensões, marcado por direções geográficas (norte, sul, leste, oeste) e por latitudes e longitudes (FOSSEN, 2012).

São feitas utilizando uma rede estereográfica de ângulos e áreas líquidas

iguais. Existem dois tipos de redes, a de Wulff e a rede de Schmidt, sendo a segunda mais utilizada pelos estruturalistas devido à sua versatilidade. A rede estereográfica também possibilita a projeção em um grande círculo e em um pequeno círculo, ambos referenciando um plano equatorial da esfera (Figura 6) (FOSSSEN, 2012).

**Figura 7** - Representação da rede de Schmidt, do grande círculo e pequeno círculo.



Fonte: extraído de Fossen (2012).

## 6.2 Aerofotogrametria

Segundo Ramos (2004) a fotogrametria é a tecnologia de se obter informações sobre objetos físicos, através de registros, medições e interpretações de fotografias aéreas. A aerofotogrametria se refere às operações realizadas com fotografias da superfície terrestre, obtidas com uma câmera de precisão instalada em uma aeronave, atualmente os mais utilizados são os VANTs. Essa tecnologia é muito utilizada em atividades de mapeamentos na cartografia.

As principais vantagens da aerofotogrametria são alusivas à grande quantidade de informações que se pode obter com a fotointerpretação, crucial em fases preliminares de projetos e estudos, mas também quando se deseja um levantamento mais rápido, principalmente em áreas de grande extensão, perigosas ou inacessíveis (CARNEIRO & COSTA, 2010).

### 6.2.1 VANTs

Segundo Eisenbeiss (2009) VANT são veículos aéreos não tripulados, podendo voar de forma autónoma, semiautônoma ou manualmente, quando são guiados por um piloto em terra usando um controlo remoto. Os VANTs são usados



em diversas aplicações tal como, documentação arqueológica, agricultura de precisão, cadastro de propriedades, segurança e outras aplicações.

Surgiu no mercado como alternativa para aplicações no mapeamento, em virtude de proporcionar baixo custo de aquisição de dados aliado a alta qualidade geométrica, permitindo que os resultados sejam integrados em Sistemas de Informação Geográfica (SIG) (TAHAR 2012).

### 6.2.2 Técnica de amostragem “Areal sampling”

Conforme Watkins *et al.* 2015 a técnica de amostragem “*Areal sampling*” consiste na coleta das características das discontinuidades em maciços rochosos em duas dimensões (2D). Essa técnica permite ser realizada remotamente através da análise de fotografias aéreas ou através de fotografias tiradas no campo, onde as discontinuidades são possíveis de serem mapeadas em afloramentos.

A partir deste método se possibilita determinar o azimute, a intensidade e a distribuição espacial das discontinuidades, o que permite verificar a existência de agrupamentos. Este método é rápido para a coleta de grandes quantidades de dados, porém os resultados são altamente dependentes da resolução das imagens fonte e o controle de qualidade entre fotografias e afloramentos é necessário (OLIVEIRA, 2017).

## 7 MATERIAIS E MÉTODOS

Inicialmente, foi realizado o trabalho de pré-campo delimitando as áreas alvo e gerando os planos de voos para captura das fotografias aéreas, além de uma revisão bibliográfica acerca do tema. Já em trabalho de campo realizou-se a coleta das fotografias e posteriormente as análises fotogramétricas. E por fim os dados coletados foram analisados e interpretados com o auxílio de estereogramas e mapas da distribuição espacial das discontinuidades mapeadas na área.

Desta forma optou-se em apresentar de forma subdividida os materiais e métodos que foram aplicados nas fases: pré-campo, trabalho de campo e análise laboratorial Além de uma breve apresentação do material utilizado.

## 7.1 Material utilizado

Na região de estudo, foi identificada a ocorrência de rocha metamórfica quartzítica. Atualmente na área encontra-se duas frentes de lavra desativadas, de propriedade da Mineração Palma, a qual realizou a movimentação de aproximadamente 400m<sup>3</sup> de rocha. Com a extração obteve-se blocos que posteriormente foram beneficiados para obtenção do produto final em forma de chapas, conforme observa-se na Figura 8.

**Figura 8** - Fotografia de parte do material em forma de chapa beneficiado.



Fonte: autor (2018).

## 7.2 Pré-Campo

### 7.2.1 *Levantamento Bibliográfico*

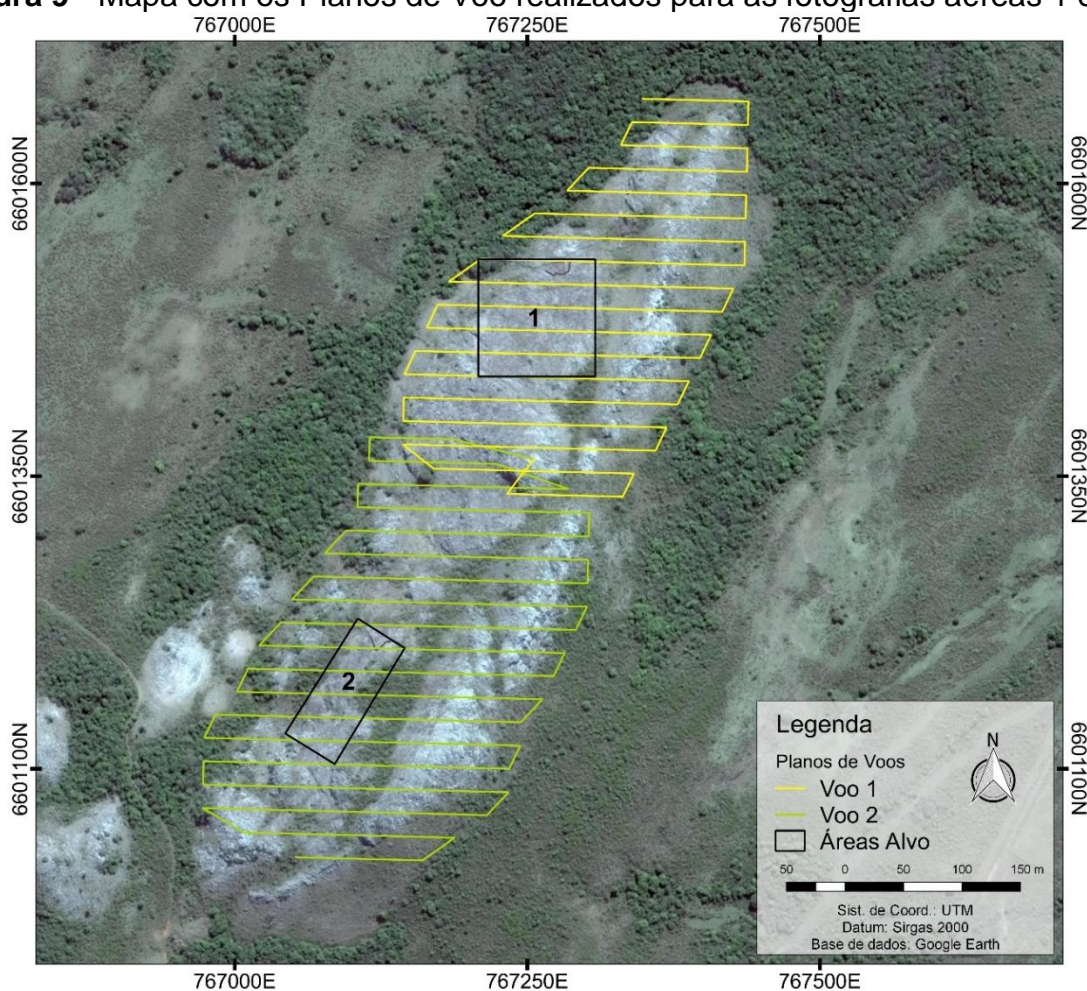
Essa etapa constitui-se do embasamento teórico para a execução deste

estudo e para a caracterização da problemática a ser investigada. A qual foi realizada através de análise de mapas e leituras de trabalhos anteriores relacionados ao tema investigado.

### 7.2.2 Planejamento da coleta das fotografias aéreas

Inicialmente delimitou-se as áreas alvos e posteriormente os planos de voos. Estes foram elaborados com o auxílio do software *Drone Deploy*, com uma cobertura de área de 12 ha (Figura 9).

**Figura 9** - Mapa com os Planos de Voo realizados para as fotografias aéreas 1 e 2.



Fonte: autor (2018).

### 7.2.3 Fotointerpretação

Após a coleta, em uma primeira etapa de campo, e processamento das

imagens aéreas realizou-se a foto interpretação.

As imagens obtidas foram processadas com o software *Agisoft Photoscan* (licença de testes), com base nas técnicas de processamento fotogramétrico de fotografias aéreas que envolvem as seguintes fases: orientação interna, orientação externa, triangulação aérea e obtenção do ortofotos com resolução de 1cm/pixel.

Com as ortofotos, geradas a partir do processamento das imagens, foi possível aplicar técnicas de extração de informação geográfica, a vetorização manual, conforme propõe Santos *et al.* 2010.

A interpretação das fotografias aéreas possibilitou determinar as principais discontinuidades e facilitar o a coleta e reconhecimento em campo. Além de se obter um diagnóstico prévio das áreas alvo, determinando as zonas com menores fraturamentos e conseqüentemente as áreas de maior interesse.

Conforme se observa na Figura 15, ao centro da área alvo 2, existe uma lacuna não amostrada. Isto ocorreu possivelmente por uma distorção nas fotografias daquele local, o que acarretou em um não processamento da ortofoto.

### **7.3 Trabalho de Campo**

O trabalho em campo consistiu na coleta de dados geológicos, fotográficos e estruturais, a fim de caracterizar a litologia e principalmente os aspectos estruturais predominantes. Em campo foram utilizadas ferramentas como: VANT, GPS, martelo, trena, mapas, bússola e fotografias aéreas.

#### *7.3.1 Aquisição das imagens aéreas*

A partir dos planos de voo (Figura 9) realizou-se a captura das fotografias aéreas, totalizando 621 fotos, onde estas foram obtidas por meio de VANT - veículo aéreo não tripulado, da DJI modelo PHANTOM 4. A altura de voo foi de 50 metros, utilizando sobreposição lateral e frontal entre fotografias de 60% e 70% metros, respectivamente

#### *7.3.2 Análise Estrutural*

A partir das ortofotos trabalhadas no Software Livre *QGIS* (versão 2.18.1 *Las*



*Palmas*) buscou-se identificar visualmente as discontinuidades presentes no maciço, e a partir delas gerar mapas de zonas de maior intensidade, valores azimutais e separação das discontinuidades em famílias.

Vale ressaltar a importância da criação destas imagens em virtude de servirem de base para a aquisição dos dados em campo, facilitando e reduzindo o tempo de trabalho.

A análise estrutural teve como objetivo caracterizar padrões nas discontinuidades do maciço estudado, a qual se realizou através da definição do número de famílias de discontinuidades e, sobretudo, da família dominante, sua atitude, seu espaçamento e sua persistência, onde a partir do software livre QGIS foi possível delinear e coletar as direções das discontinuidades, obtendo como produto os mapas das distribuições e intensidade destas no maciço.

Os dados coletados em campo das discontinuidades, identificadas e vetorizadas previamente a partir das imagens aéreas, foram principalmente as direções de mergulho e seus respectivos ângulos de mergulho. Esta análise resultou no reconhecimento das discontinuidades em campo, coleta das direções e ângulo de mergulho e na caracterização destas utilizando, conforme figura 10, o Modo Clar (Notação com bússola tipo Clar).

**Figura 10** - Fotografia em afloramento da área alvo 1, coleta de dados estruturais.



Fonte: autor (2018).

## 7.4 Análise laboratorial

Após tratamento prévio, por meio de organização e padronização dos dados coletados, realizou-se a análise laboratorial. Foi classificada e interpretada a disposição e a intensidade das descontinuidades que possam afetar ou beneficiar a extração da rocha ornamental quartzítica.

### 7.4.1 Estereogramas

As projeções estereográficas elaboraram-se a partir dos dados coletados em campo, por meio das medidas de direção e mergulho dos planos das descontinuidades no maciço. O software utilizado para a realização dos estereogramas é o *Stereonet* versão 10.0, uma multiplataforma para operações de projeção estereográfica e análise de dados estruturais.

### 7.4.2 Mapas de intensidade de fraturamento

A partir das imagens aéreas coletadas nas áreas em estudo foi possível gerar as ortofotos, as quais foram trabalhadas no software *QGIS*, para então determinar as localizações de estruturas e lineamentos da área. Reconhecendo as descontinuidades presentes no maciço rochoso e integrando as informações coletadas em campo realizaram-se as localizações de maior interesse para a extração, estas delimitadas pelas zonas de menor intersecção das famílias de descontinuidades prejudiciais aos avanços de lavra.

## 8 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 8.1 Descrição da geologia local

Nas áreas alvo 1 e 2 a rocha foi classificada como quartzito, com textura granoblástica constituído quase na totalidade por quartzo recristalizado, que lhe confere grande dureza, além disso, apresenta coloração clara. Destaca-se a grande percentagem de quartzo, aproximadamente 90%, resultado possivelmente da metamorfização de arenitos silicosos. Por vezes apresenta fraturas preenchidas por

alterações ferruginosas e também por quartzo leitoso (Figura 9).

**Figura 11** - Fotografia em corte realizado na frente de lavra da área alvo 2. Escala com 1,1m.



Fonte: autor (2018).

Esta ocorrência foi utilizada para testes e pesquisas como produto de extração de rocha ornamental pela coloração, brilho ao polimento (conforme pode se observar na figura 10) e grande exposição do maciço rochoso (Figura 8).

## 8.2 Caracterização das descontinuidades

Ao total foram coletadas e interpretadas 302 descontinuidades, a partir da análise aerofotogramétrica e trabalhos de campo, destas 176 na área alvo 1, e 126 na área alvo 2.

Na área 1 a análise dos dados obtidos permitiu a caracterização de quatro famílias principais de fraturas. NW-SE (79 medidas), NE-SW (33 medidas), E-W (26 medidas) e N-S (38 medidas), onde se observou a predominância da direção NW-SE.

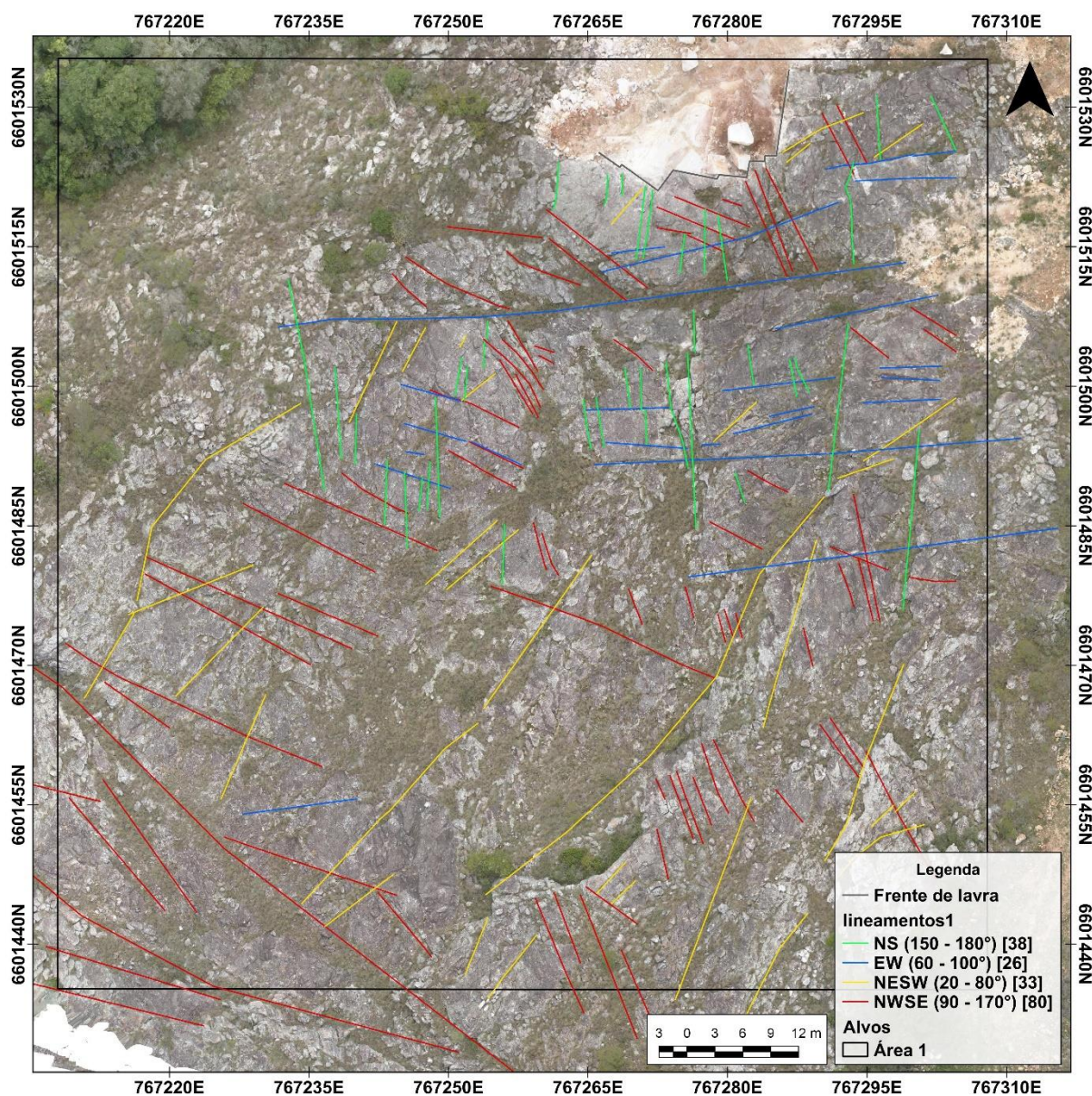
Já na área 2, a análise dos dados obtidos possibilitou a caracterização de duas famílias principais de descontinuidades, sendo estas NW-SE (57 medidas) e com predomínio na direção NE-SW (69 medidas).



### 8.2.1 Fotointerpretação

A partir deste método se possibilitou determinar o azimute, a intensidade e a distribuição espacial das descontinuidades, o que permitiu verificar a existência de agrupamentos. Na área alvo 1 as direções preferenciais observadas são NE-SW e NW-SE, o que também ocorre na área alvo 2, conforme observa-se nas figuras a seguir.

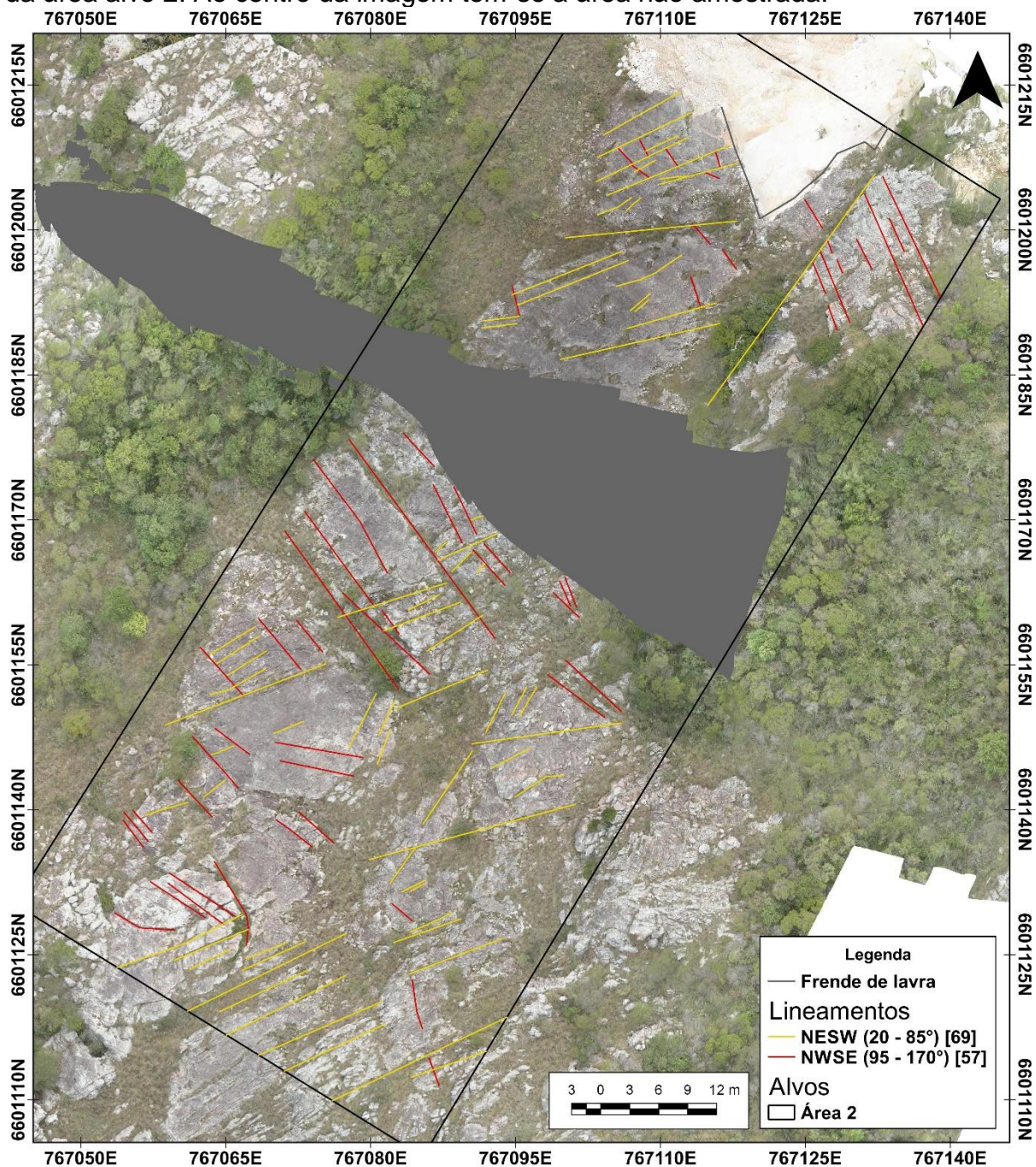
**Figura 12** - Mapa das descontinuidades, obtidas a partir da fotointerpretação, subdivididas em 4 famílias de direções preferenciais, N-S, E-W, NE-SW e NW-SE na da ortofoto da área alvo 1



Fonte: autor (2018).



**Figura 13** - Mapa das descontinuidades, obtidas a partir da fotorinterpretação, subdivididas em 2 famílias de direções preferenciais, NE-SW e NW-SE na ortofoto da área alvo 2. Ao centro da imagem tem-se a área não amostrada.



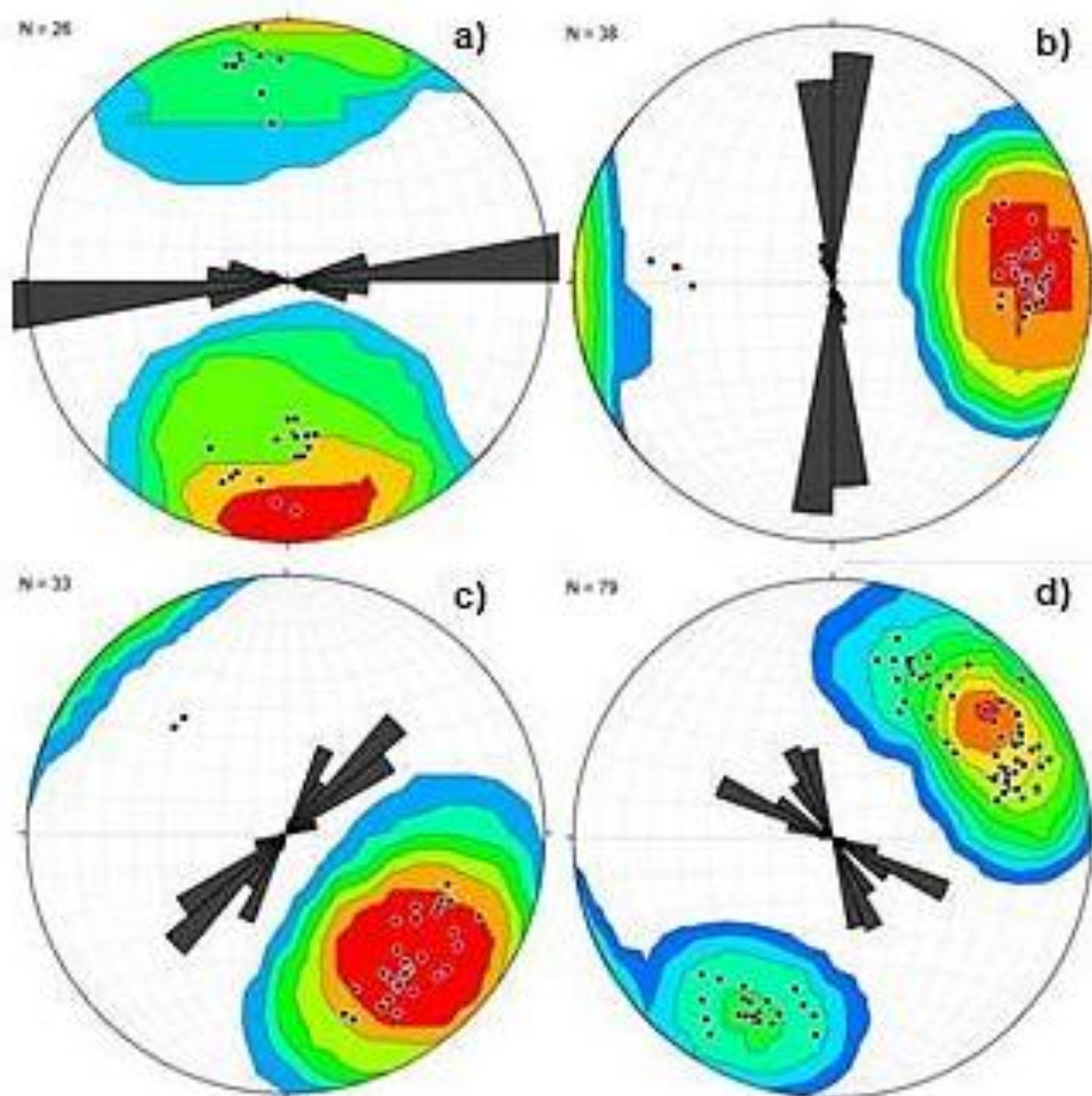
Fonte: autor (2018).

### 8.2.2 Análise estrutural em campo

Seguido do reconhecimento e delimitação das famílias de descontinuidades, iniciaram-se os trabalhos de campo, onde foram coletadas as direções de mergulho e o ângulo do mergulho, os quais importantes de serem determinadas em virtude de

se determinar as direções de penetrabilidade dos planos de descontinuidade no maciço. Os resultados são apresentados nos estereogramas a seguir, conforme Figuras 14 e 15.

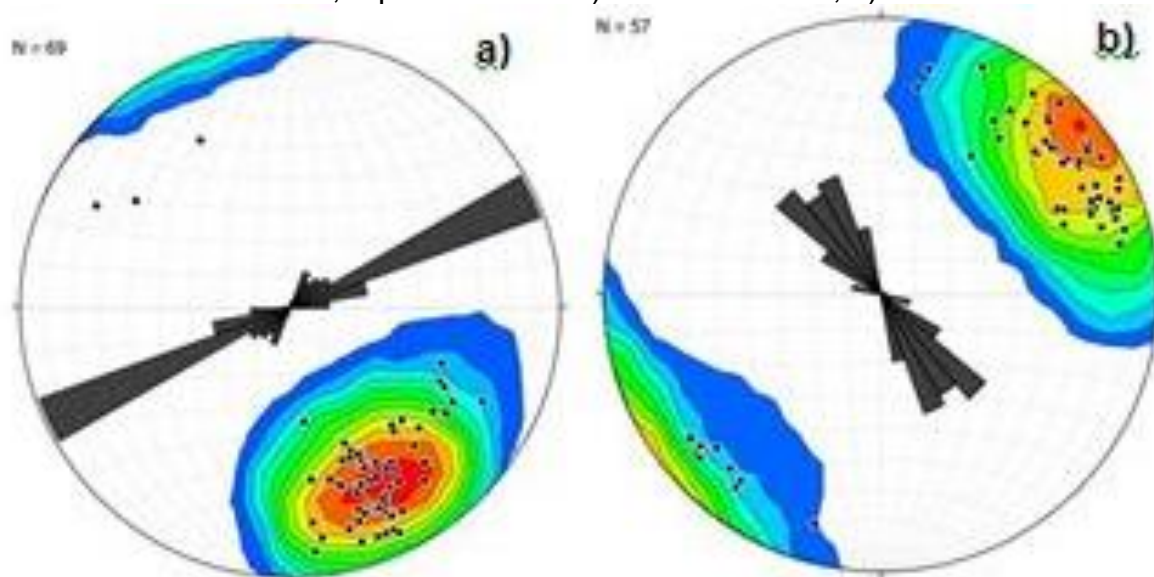
**Figura 14** – Estereogramas com rede de rosetas e polos dos planos (com curvas de contorno), gerados no software *Stereonet* versão 10.0, das descontinuidades coletadas na área alvo 1, representando: a) Família E-W; b) Família N-S; c) Família NE-SW; d) Família NW-SE.



Fonte: autor (2018).



**Figura 15** - Estereogramas com rede de rosetas e polos dos planos (com curvas de contorno), gerados no software Stereonet versão 10.0, das discontinuidades coletadas na área alvo 2, representando: a) Família NE-SW; b) Família NW.

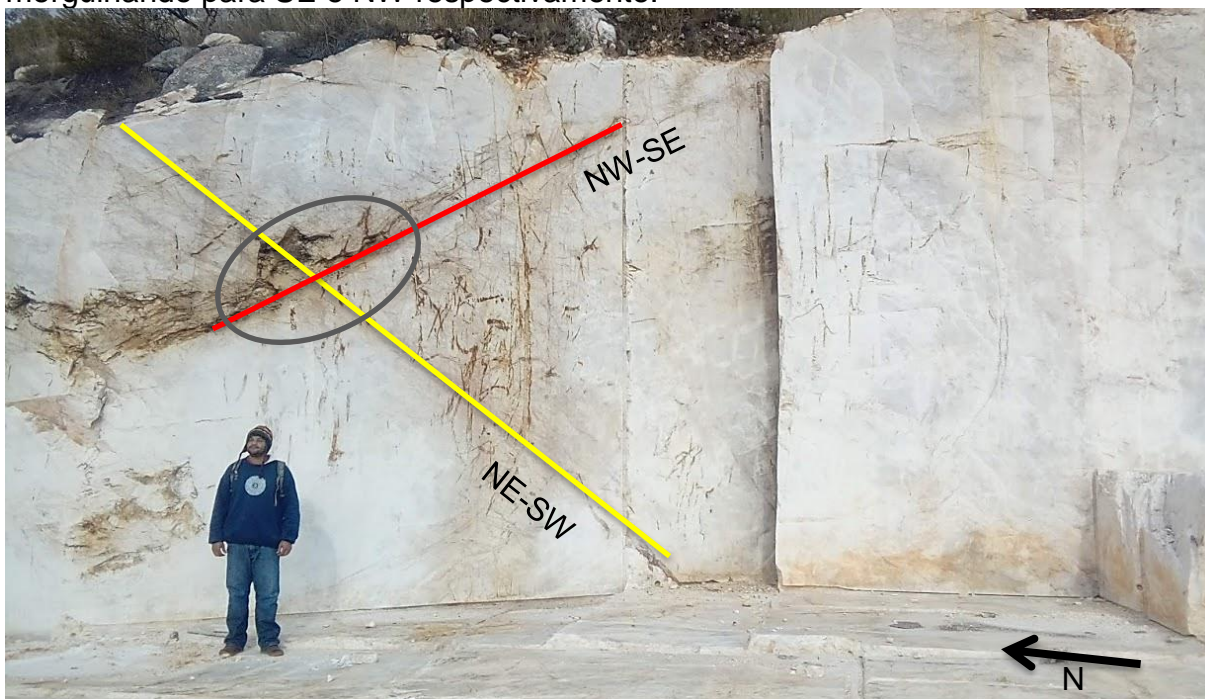


Fonte: autor (2018).

As projeções estereográficas foram criadas, com a representação do diagrama de rosetas e do pólo dos planos, para as duas áreas alvo. A partir dos mesmos foi possível identificar as direções de mergulho preferências para cada família de descontinuidade, onde a intensidade estrutural encontrada possui média geral orientada na direção NE-SW. Em termos de classificação a maioria das descontinuidades medidas são subverticais.

Também possibilitou correlacionar duas famílias de descontinuidades entre as áreas alvo, onde estas apresentam direções médias de mergulho principais, nas famílias NE-SW e NW-SE, para SE e NE respectivamente. Com isso, observou-se que a intersecção destas descontinuidades de maior predomínio são justamente as zonas de altos intemperismo, observa-se na figura 16, uma vez que tem maior percolação de fluídos, causando grande implicância nas frentes de lavra.

**Figura 16** - Fotografia da frente de lavra na área alvo 2, evidenciando a zona de maior intemperismo na intersecção das descontinuidades NE-SW e NW-SE, mergulhando para SE e NW respectivamente.



Fonte: autor (2018).

Durante as extrações de rocha ornamental na área não se executou o planejamento de lavra nas pedreiras, apenas a experiência e o bom senso dos operadores e responsáveis determinam o avanço da lavra. A metodologia proposta para aumentar o rendimento das operações seria a realização de projeções conforme for se sucedendo o avanço da lavra, considerando a intersecção dos planos citados e áreas com menor presença destas famílias de descontinuidades. Foram gerados mapas com as intensidades de descontinuidades.

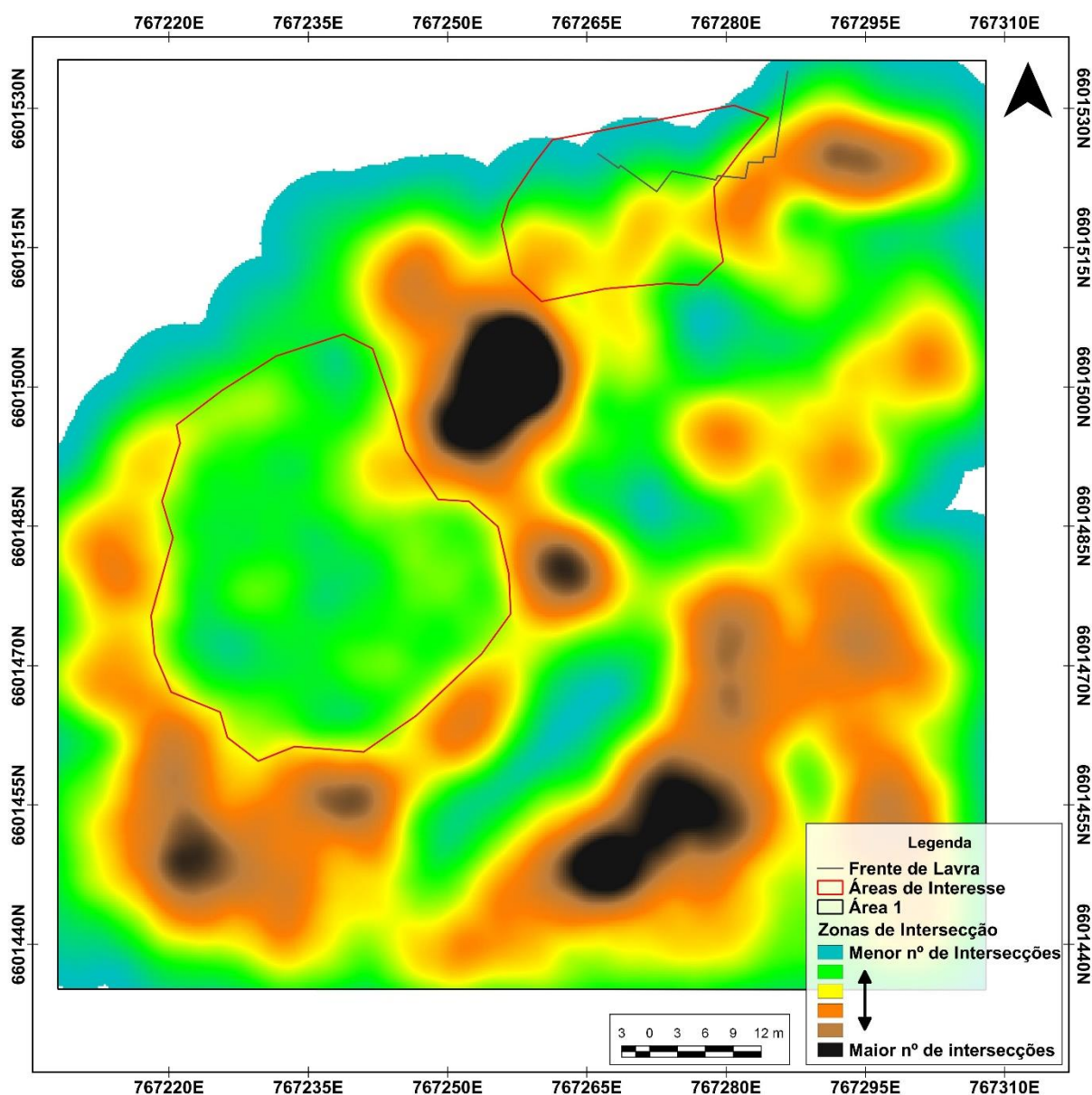
### 8.2.3 Mapas de intensidade de fraturamento

As áreas com o menor número de intersecções prejudiciais ao avanço da lavra foram determinadas nas Figuras 17 e 18. A partir dos métodos utilizados delimitaram-se as áreas de maior e menor interesse, onde as cores preta, marrom e laranja representam regiões com maior número de intersecções das descontinuidades NE-SW e NW-SE. Consequentemente zonas mais propícias de intemperismo. Já as cores amarela, verde e azul indicam as áreas caracterizadas como mais favoráveis à extração de rocha ornamental, de maior interesse para a

empresa.

Os mapas de intensidade de fraturamento foram obtidos a partir da delimitação das intersecções das descontinuidades diagnosticadas como prejudiciais aos avanços de lavra na área.

**Figura 17** - Mapa de intensidade de fraturamento da área alvo 1, evidenciando em vermelho as áreas determinadas como mais propícias a extração de rocha ornamental.



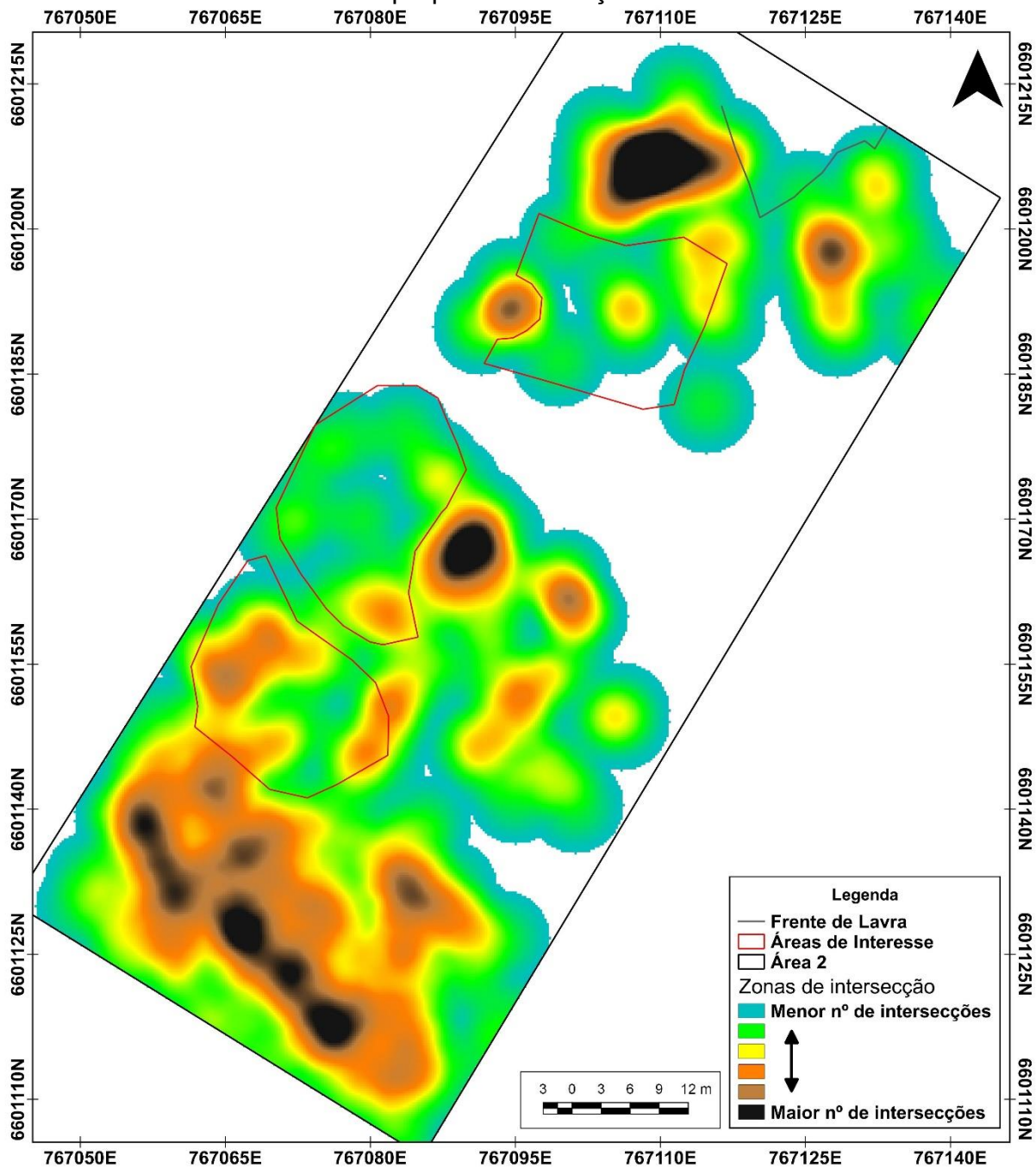
Fonte: autor (2018).

Delimitou-se aproximadamente 1500 m<sup>2</sup> de área com menor índice de intersecção das descontinuidades prejudiciais a extração na área alvo 1, onde parte desta localiza-se a sul da frente de lavra aberta. Já na área alvo 2, determinou-se



aproximadamente 1.100 m<sup>2</sup> de área de maior interesse.

**Figura 18** - Mapa de intensidade de fraturamento da área alvo 2, em vermelho as áreas determinadas como mais propícias a extração de rocha ornamental.



Fonte: autor (2018).

## 9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A importância da interpretação das fotografias aéreas ficou evidente pela possibilidade de determinar as principais descontinuidades e facilitar a coleta e reconhecimento em campo em menor tempo. Além de se obter um diagnóstico prévio das áreas alvo, determinando as zonas com menores fraturamentos e conseqüentemente as áreas de maior interesse.

Os estudos de fotografias aéreas evidenciaram bem os principais lineamentos tectônicos contidos na área, destacando-se principalmente os de direção NE-SW e NW-SE. Estes que são prejudiciais ao avanço de lavra, uma vez que a intersecção destes planos provoca áreas de maior intemperismo, causado possivelmente pela maior percolação de fluidos.

A caracterização estrutural definiu as famílias de descontinuidades nas duas frentes de lavra, inclusive suas intersecções, ou seja, foi um estudo que se mostrou coerente com as situações locais e passível de aumentar o rendimento.

O desafio maior na projeção do avanço da lavra é definir com exatidão qual a persistência no subsolo das famílias NW-SE e NE-SW. A alternativa para minimizar as perdas em grande escala seria realizar um estudo complementar buscando definir, por meio de geofísica pelos métodos de eletrorresistividade e/ou eletromagnetismo complementados por sondagem rotativa, as zonas em profundidade com maior potencial de aproveitamento.

## REFERÊNCIAS

- ALENCAR, Carlos Rubens Araujo, INSTITUTO EUVALDO LODI. **Manual de caracterização, aplicação, uso e manutenção das principais rochas comerciais no Espírito Santo: rochas ornamentais / Instituto Euvaldo Lodi - Regional do Espírito Santo**. Cachoeiro de Itapemirim/ES: IEL, 242 p. 2013.
- ALMEIDA, E.F.M. & Hasui, Y. **O Pré-Cambriano do Brasil**. São Paulo, Blücher, 378 p. 1984.
- BRANDÃO, W; SARDOU FILHO, R; QUEIROZ, E.T. **Mármore, Granitos e outras rochas ornamentais no Brasil**. In: Principais depósitos minerais do Brasil- Gemas e Rochas ornamentais. DNPM, Brasília, DF, 371-379, 1995.
- CEDRAZ Nery, M.A; SILVA E.A. **Balança mineral de rochas ornamentais 1988-2000**. In: Simpósio de rochas ornamentais, Salvador, Anais, 2001.
- CHEMALE Jr., Farid. **Geologia da Região de Palma, São Gabriel, Rio Grande do Sul**. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 136p 1982.
- CHEMALE, Jr., Farid. Evolução geológica do Escudo Sul-rio-grandense. In: Holz, M.; De Ros, L. F. (ed). **Geologia do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: CIGO/UFRGS, p. 13-52. 2000.
- COSTA, A.F.U. **Modelagem geofísica da estruturação das associações petrotectônicas do Escudo Sul-rio-grandense**. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 274 p. 1997.
- CARNEIRO, D.; COSTA, S. G. C. **Aerofotogrametria em projetos de estradas**. 2010.
- DI GIORGIO, Daniele. *et al.* **Análise estrutural no planejamento de lavra de rocha**



**ornamental.** Rem: Rev. Esc. Minas, Ouro Preto, v. 56, n. 3, p. 174-179, 2003.

DNPM (Departamento Nacional de Produção Mineral). **Rochas ornamentais e de revestimento.** Sumário mineral. 2014.

EISENBEISS, H. VANT **Photogrammetry.** Zurich, University of Technology Dresden. Doctor of Sciences: P. 237. (2009).

FERREIRA, Samuel N. **Geologia estrutural aplicada às rochas ornamentais na pedreira Knawa, Cláudio (MG).** 2004. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geociências do Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, 2004.

FERREIRA, F. J. F. et al. **Contribuição ao estudo do Alinhamento Estrutural de Guapiara.** In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 3. Curitiba, SBG-SP, v.1. p. 226-240.1981.

FIGUEIREDO, P.; FIGUEIREDO, C. A.; AIRES-BARROS, L.; FLAMBÓ, A. **Contribuição para o estudo cromático das rochas da capela do Palácio da Bemposta.** *Proelium*, Revista da Academia Militar. VI série, nº1, 168-178p. 2004.

FIORI, Alberto P.; CARMIGNANI, L. **Fundamentos de mecânica dos solos e das rochas.** 2. ed. Curitiba: Ed. UFPR, 2009.

FOSSÉN, Haakon. **Geologia estrutural.** Oficina de Textos, São Paulo, 2012.

FRASCÁ, Maria Heloisa B.O. **Tipos de rochas ornamentais e características tecnológicas.** In: CARANASSIOS, Adriano *et al.* Tecnologia de rochas ornamentais: pesquisa, lavra e beneficiamento, Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, p. 45-98. 2014.

FUCK, R.A., Pimentel, M.M., D'el Rey, J.H. **Compartimentação tectônica na porção oriental da Província Tocantins.** 38º Congresso Brasileiro de Geologia, v. 1. p. 215-216. 1994.

GIORGIO, D. **Fatores geológicos no planejamento de lavra de rochas ornamentais**. Dissertação para obtenção do título de mestre em engenharia – Escola de Engenharia, UFRS, Porto Alegre, 2003.

GROHMANN, Carlos H.; CAMPANHA, Ginaldo A.C.; SOARES Jr, Adilson. **OpenStereo: um programa livre e multiplataforma para análise de dados estruturais**. XIII Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos, São Paulo, 2011.

HARTMANN, Léo A. *et al.* **Evolução geotectônica do Sul do Brasil e Uruguai entre 3,3 Ga e 470 Ma**. Congresso Uruguaio de Geologia, Atas, Sociedade Uruguaia de Geologia, Puntadel Este, p. 277 – 284, 1998.

HARTMANN, Léo .A. *et al.* **Evolução geotectônica do Rio Grande do Sul no Pré-Cambriano**. In: Frantz, J.C. & Iannuzzi, R. (Eds.), 50 anos de Geologia no Rio Grande do Sul, 1º ed. Instituto de Geociências, Porto Alegre, RS: Editora Comunicação e Identidade, CIGO/UFRGS, v. 1, p. 97-123, 2007.

LAUX, Jorge Henrique. Geologia e recursos minerais da Folha Lagoa da Meia Lua - SH. 21-Z-B-VI, Escala 1:100.000, estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: CPRM, 255 p. 2017.

MOTOKI, Akihisa *et al.* **Especificação digital de cores com o auxílio de scanner e computador e classificação quantitativa de rocha ornamentais com objetivo de controle de qualidade de alta precisão por meio de parâmetros de cores físicas**. In: II Simpósio Brasileiro de Geofísica. 2006.

OLIVEIRA, Humberto Miguel Evaristo de. **Caracterização de maciço rochoso para exploração e transformação como rocha ornamental. Caso de estudo: Arronches**. Tese de Doutorado, 2017. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10400.22/10864>. Acesso em: 12 mar. 2018.

SANTOS, Dênnys A.; *et al.* **Extração mineral de quartzito e sua aplicabilidade na construção civil na cidade de várzea – pb**. 2014. Disponível em:

<http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/1675>. Acesso em: 08 mai. 2018.

SANTOS, T. F., *et al.* **Detecção de alterações em meio urbano baseada na comparação de elementos extraídos a partir de imagens de alta resolução espacial.** Aplicação à área da Alta de Lisboa. XII Cólóquio Iberico de Geografia. Porto, Portugal. (2010)

SVEGA, H.A.M, **Problemas relacionados a tensões naturais na lavra de rochas ornamentais.** Dissertação de mestrado, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

RAMOS, P. R.; FLORENTIN, C.; LOCH, C. **Fotogrametria: a base para o mapeamento.** In: Congresso brasileiro de cadastro técnico multifinalitário. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2004.

ROISENBERG, Ari *et al.* **Gravataí – SH 22-X-C-V.** Companhia de Pesquisa e Recurso Minerais-CPRM / Serviço geológico do Brasil. Rio Grande do Sul: UFRGS/CPRM, p.72. 2007.

TAHAR, K., N. **A New Approach On Slope Data Acquisition Using Unmanned Aerial Vehicle.** International Journal of Research and Reviews in Applied Sciences Vol:13. (2012)

VEDANA, Luiz A.; PHILIPP, Ruy P. **Análise petrográfica e proveniência dos metassedimentos do Complexo Pontas do Salso, Terreno São Gabriel, Cinturão Dom Feliciano, RS.** Pesquisas em Geociências (UFRGS. Impresso) , v. 43(3), p. 229, 2016.

VEDANA, Luiz Alberto; PHILIPP, Ruy Paulo; SOMMER, Carlos Augusto. **Post-collisional basalts of the Acampamento Velho Formation, Camaquã Basin, São Gabriel Terrane, southernmost Brazil.** Braz. J. Geol., São Paulo , v. 47, n. 3, p. 467-489, Sept. 2017.

VIDAL, Francisco Willson Holanda *et al.* **Introdução**. In: CARANASSIOS, Adriano *et al.* Tecnologia de rochas ornamentais: pesquisa, lavra e beneficiamento, Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, p. 17-42. 2014.

WATKINS, Hannah *et al.* **Appraisal of fracture sampling methods and a new workflow to characterise heterogeneous fracture networks at outcrop**. Journal of Structural Geology, v. 72, p. 67-82, 2015.