



**AVALIAÇÃO DE JAZIDA DE MATÉRIA PRIMA PARA A PRODUÇÃO DE  
AGREGADO PARA CONSTRUÇÃO CIVIL - PROJETO DE EXPANSÃO DA  
MINA QUATRO COLÔNIAS – CAMPO BOM, RS.**

**Porto Alegre, 2013**

**Jhonatan Felipe de Almeida**

**Avaliação de jazida de matéria prima para a produção de agregado  
para construção civil - Projeto de expansão da Mina Quatro Colônias – Campo Bom-  
RS**

Trabalho de Conclusão do Curso de Geologia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Apresentado na forma de monografia, junto à disciplina Projeto Temático em Geologia III, como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Geologia.

**Orientadores:**

Prof. Dr. Clóvis Gonzatti

Prof. Dr. Antonio Pedro Viero

Porto Alegre, 2013

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA

A comissão examinadora, abaixo assinada, aprova o trabalho de conclusão de curso “Avaliação de jazida de matéria prima para a produção de agregado para construção civil - Projeto de expansão da Mina Quatro Colônias – Campo Bom-RS”, elaborado por Jhonatan Felipe de Almeida como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Geologia.

Comissão examinadora:

---

Prof. Dr. Ari Roisenberg

---

Prof. Dr. Rommulo Conceição

---

Prof. Dr. Ruy Paulo Philipp

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL**

**Reitor:** Carlos Alexandre Netto

**Vice-Reitor:** Rui Vicente Oppermann

**INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**

**Diretor:** André Sampaio Mexias

**Vice-Diretor:** Nelson Luiz Sambaqui Gruber

Almeida, Jhonatan Felipe

Avaliação de jazida de matéria prima para a produção de agregado para construção civil: projeto de expansão da Mina Quatro Colônias – Campo Bom-RS. / Jhonatan Felipe Almeida. - Porto Alegre: IGEO/UFRGS, 2013.  
[65 f.] il.

Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso).- Universidade Federal do Rio Grande do Sul.Graduação em Geologia.Instituto de Geociências. Porto Alegre, RS - BR,2013.

Orientador: Clovis Gonzatti

Coorientador: Antonio Pedro Viero

1.Geologia de engenharia.2.Geotécnica.3.Agregado.4.Jazida.I.  
Título.

CDU 55

---

Catálogo na Publicação

Biblioteca Instituto de Geociências - UFRGS

Veleida Ana Blank

CRB 10/571

---

Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Campus do Vale Av. Bento Gonçalves, 9500 - Porto Alegre - RS - Brasil

CEP: 91501-970 / Caixa Postal: 15001.

Fone: +55 51 3308-6329 Fax: +55 51 3308-6337

E-mail: bibgeo@ufrgs.br



*“Qualquer ação humana sobre o meio geológico interfere, não só, limitadamente, em matéria bruta, mas, significativamente, em matéria em movimento, ou seja, em processos geológicos, sejam eles menos ou mais perceptíveis, sejam eles mecânicos, físico-químicos ou de qualquer outra natureza, estejam eles temporariamente contidos ou em pleno estado de desenvolvimento.”* Geólogo Álvaro Rodrigues dos Santos. *Adaptado.*

## RESUMO

O projeto a seguir apresentado tem como linha temática a geologia de engenharia e, visará como objetivo a avaliação de uma jazida de matéria-prima na produção de agregado para a construção civil, bem como a caracterização e descrição do tipo de agregado e a inserção geológica da litologia fonte na Mina Quatro Colônias, localizada no município de Campo Bom, RS. O estudo terá como base além de publicações na área de geologia - tais como literatura básica, artigos, cartas e mapas geológicos e aerofotos – levantamento de dados em campo, avaliação estrutural local, descrição geotécnica de testemunhos de sondagem rotativa e uma série de ensaios laboratoriais voltados à geologia de engenharia, que visam a caracterização física, química e tecnológica do agregado. Através desse estudo será feita uma projeção que tem como objetivo a cubagem da área de expansão da mina Quatro Colônias. Todo o material científico decorrente deste trabalho resultará na caracterização de uma jazida de matéria-prima para a utilização como agregado na construção civil e servirá como ferramenta, não apenas com finalidade acadêmica, mas também utilizável como um guia, dentro dessa linha temática, para a sociedade, onde cada vez mais, torna-se necessária a correlação entre as vias acadêmicas e os fatos que atingem o desenvolvimento da comunidade como um todo.

**Palavras Chave:** Geologia de engenharia; geologia; geotécnica; agregado, jazida.

## **ABSTRACT**

*The following project is submitted as thematic line of engineering geology and endorse the objective of appraisal of a reservoir of raw material in the production of aggregate for the construction industry , as well as the characterization and description of the type of aggregate and the insertion of geological lithology source in Mina Quatro Colônias , located in Campo Bom , RS. The study will be based as well as publications in the field of geology - such as basic literature, articles, letters and geological maps and aerial photographs - as rummage field data, interpretation of local structural geology, geotechnical description of rotary drilling boreholes and a series of laboratory tests focused on engineering geology, which aims the physical, chemical and technological classification of the aggregate. Through this study will be done a projection that aims at scaling the area of the mine expansion Four Colonies . All scientific material produced in this work will result in the characterization of a reservoir of raw materials for use in construction and will serve as a tool, not only with academic purpose, but also usable as a guide within this thematic line, to society, where, increasingly, becomes necessary the correlation between the academic production and the events that affect the development of society as a whole.*

**Keywords:***Engineering geology, geology, geotechnical; aggregate; reservoir.*

## Lista de Figuras

Figura 1: Localização geográfica da área alvo da pesquisa. Imagem obtida do Google Maps.....	12
Figura 2: Localização da área de pesquisa em relação a Porto Alegre. Imagem: Google Maps.....	12
Figura 3: Mapa com a inserção geológica da área de estudo. Modificado de Juchem(1999) .....	15
Figura 4: Perfil típico da Formação Serra Geral [modificado de Leinz e Amaral (1978)]....	17
Figura 5: Central de britagem da Mina Quatro Colônias em atividade de produção de brita. ....	20
Figura 6: dados básicos do processo de mineração da área junto ao DNPM.....	21
Figura 7: Foto a partir de testemunhos de sondagem extraída de relatório de pedreira....	22
Figura 8: Localização da área de expansão da jazida(polígono em vermelho) e das locações dos furos de sondagem efetuados para reconhecimento litológico.....	26
Figura 9: Execução do ensaio de Carga pontual. ....	30
Figura 10: Determinação da Velocidade de propagação de ondas sônicas em amostra de basalto amigdalóide.....	32
Ilustração 11: Horizonte amigdaloidal em derrame basáltico da Mina Quatro Colônias.....	37
Figura 12: Foto do horizonte amigdaloidal com detalhe das amígdalas no derrame.....	37
Figura 13: Foto das frentes de lavra da pedreira, detalhe para as lentes de arenito(intertraps).....	38
Figura 14: Seção geológica tipo da área de estudo.....	39
Figura 15: Perfil geológico esquemático com a estratigrafia dos derrames basálticos da área.....	40
Figura 16: Imagem obtida através do Google Earth, com o polígono em vermelho representando a área de expansão da jazida cubada e a locação dos furos de sondagem rotativa.....	41
Figura 17: Perfil esquemático inferido com base na descrição dos furos de sondagem rotativa da área em expansão.....	42
Figura 18: Diagrama de densidade com as principais famílias de descontinuidades presentes na área.....	44
Figura 19: Diagrama de roseta com a direção de mergulho das descontinuidades observadas na área.....	45
Figura 20: Textura amigdalóide com preenchimento por zeólita + celadonita. LP e LN.....	46

Figura 21: Processo de desvitrificação em basalto formando cristais esqueléticos de plagioclásio. LN.....	48
Figura 22: Preenchimento zonado de amígdala com esmectita e celadonita. LP.....	49
Figura 23: Pseudomorfismo de esmectita sobre olivina. LN.....	49
Figura 24: Gráfico da perda em % da massa do agregado em relação as dimensões retidas de por fração fração.....	54
Figura 25: Comparativo entre as características das jazidas.....	57

## Lista de Tabelas

Tabela 1: Síntese de apreciação microscópica de uma amostra a partir de furo de sondagem.....	23
Tabela 2: Resultado dos ensaios de Abrasão Los Angeles para amostras de basalto maciço.....	24
Tabela 3: Resultado da análise quantitativa do ensaio de sanidade com sulfato de sódio para amostra de basalto maciço.....	24
Tabela 4: Resultados dos ensaios de adesividade ao ligante betuminoso.....	25
Tabela 7: Características modais dos planos de descontinuidades da área alvo de estudo. ....	45
Tabela 8: Resultado das análises dos índices físicos de amostra de basalto amigdalóide. ....	50
Tabela 9: Resultados dos ensaios tecnológicos para amostra de Basalto amigdalóide.....	51
Tabela 10: Resultado do ensaio de sanidade de amostra de basalto amigdalóide quando imerso em solução de sulfato de sódio.....	51
Tabela 11: Tabela resumo com a comparação dos ensaios de caracterização das diferentes litologias ocorrentes na área.....	53
Tabela 12: Características texturais e mineralógicas das litologias presentes na Mina Quatro Colônias.....	55

## Sumário

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>11</b>
1.1 JUSTIFICATIVA .....	11
1.2 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA .....	11
1.3 LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DA ÁREA ALVO.....	12
1.4 OBJETIVOS E METAS.....	13
1.4.1 Objetivo Geral.....	13
1.4.2 Objetivos Específicos.....	13
1.4.3 Metas.....	13
1.5 PREMISSA.....	13
1.6 HIPÓTESE.....	14
<b>2 CONTEXTO GEOLÓGICO E EXTRATIGRÁFICO</b> .....	<b>15</b>
2.1 GEOLOGIA REGIONAL.....	15
2.1.1 Formação Serra Geral.....	16
2.1.2 A Utilização de Agregados na Construção Civil.....	18
2.2 Geologia local.....	19
2.2.1 Características e Estratigrafia dos Derrames.....	19
2.2.2 Utilização do Agregado Gerado pela Mina Quatro Colônias.....	20
2.2.3 Relatório Técnico de Estudo da Pedreira.....	22
<b>3 METODOLOGIA E ESTRATÉGIAS DE AÇÃO</b> .....	<b>25</b>
3.1 Reunião de informação;.....	25
3.2 Trabalhos de campo;.....	25
3.3 Avaliação da jazida;.....	25
3.4 Ensaio laboratoriais;.....	27
3.4.1 Caracterização Química e Mineralógica do Maciço.....	27
3.4.2 Apreciação Petrográfica;.....	27
3.4.3 Caracterização física do agregado;.....	27
3.4.3.1 Determinação da Absorção e da Densidade do Agregado – Norma DNER-ME 081/98 .....	28
3.4.3.2 Carga pontual - ISRM, 1985.....	29
3.4.3.3 Determinação da Velocidade de propagação de ondas sônicas – ISRM, 1981.....	30
3.4.4 Caracterização Mecânica e Tecnológica do Agregado.....	32
3.4.4.1 Abrasão Los Angeles – DNER-ME 035/98.....	32
3.4.4.2 Sanidade com sulfato de sódio - DNER-ME 089/94.....	33
3.4.4.3 Adesividade ao CAP 50/70 - DNER-ME 078/94 .....	35
<b>4 RESULTADOS E ANÁLISES</b> .....	<b>36</b>
4.1 AVALIAÇÃO DA JAZIDA.....	36
4.1.1 Mapeamento geológico.....	36
4.1.2 Indicação Volumétrica da Jazida: .....	40
4.1.3 Análise Estrutural Da Jazida:.....	44
4.2 CARACTERIZAÇÃO DO AGREGADO.....	46
4.2.1 Análise dos parâmetros físicos/químicos da rocha:.....	46
4.2.2 Resultados dos ensaios tecnológicos do agregado.....	51
<b>5 Conclusões e discussão</b> .....	<b>52</b>

6 IMPACTO E APLICAÇÕES NA LINHA TEMÁTICA DO PROJETO	
.....	58
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	59
ANEXOS.....	63
ANEXO 1 – Mapa cartográfico de localização da área de pesquisa.....	63
ANEXO 2 - relatórios de ensaio / CIENTEC.....	64
ANEXO 3 - Relatório das sondagens efetuadas na área-alvo.....	65





## 1 INTRODUÇÃO

### 1.1 JUSTIFICATIVA

De uma forma concisa, podemos entender a Geologia de Engenharia como a geociência aplicada responsável pelo domínio tecnológico da interface entre a atividade humana e o meio físico geológico.

Tendo em vista que os agregados minerais – basicamente areia e pedra britada – são as substâncias minerais mais consumidas no mundo, infere-se o caráter elucidativo do projeto que contempla uma necessidade de aumento da demanda de matéria-prima com finalidade de buscar alternativas para obras social/urbanas. Somados a essa ideia, o conhecimento geológico da área em questão e a ação da geologia de engenharia torna-se clara a contribuição do conteúdo do projeto para o aumento da carga científica no ramo bem como a utilidade socioeconômica do mesmo.

### 1.2 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

O estudo tem como principal alicerce a caracterização e descrição minuciosa do tipo de agregado gerado pelas litologias ocorrentes na mina Quatro Colônias, sendo este estudo feito em revisão bibliográfica para o basalto maciço, e com caracterização tecnológica, através de ensaios, para o basalto amigdalóide. A partir dessa caracterização será possível atrelar uma indicação da melhor utilização para o agregado em questão.

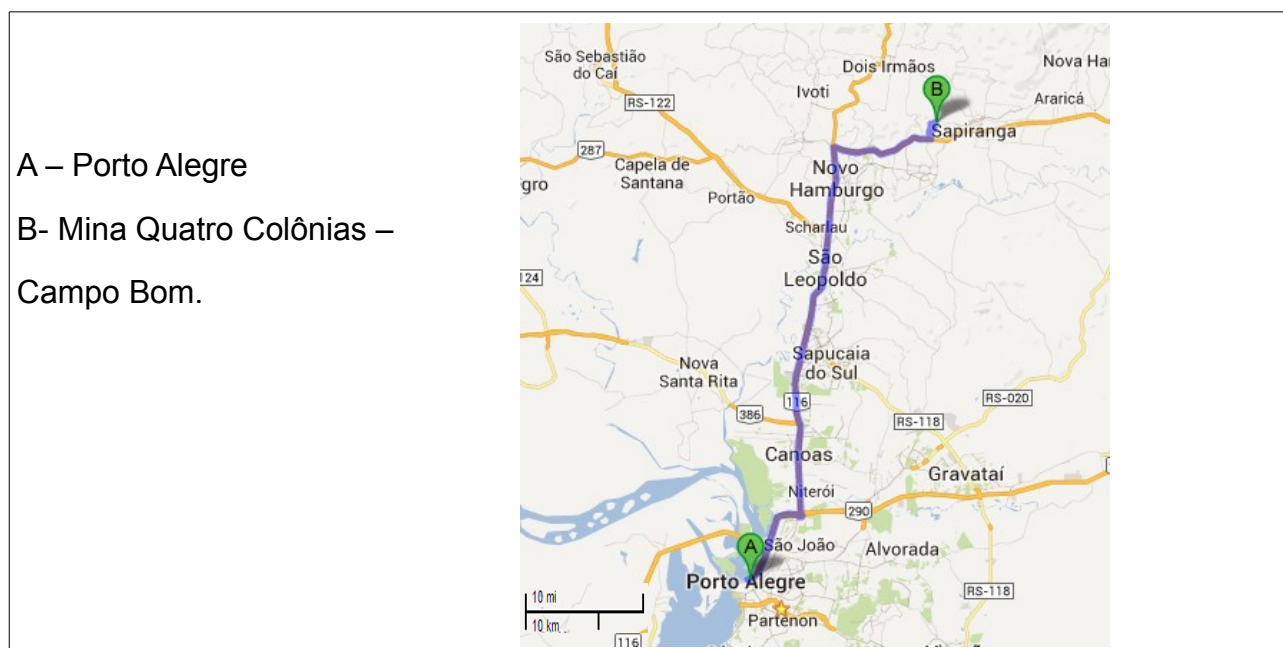
Uma segunda abordagem do projeto é, seguindo uma área pré-determinada, projetar todo um conceito de instalação para a ampliação da mina. Este tipo de projeção gerará valores de volume de minério/rejeito, e correlações entre níveis litoestratigráficos, possibilitando assim, a cubagem de uma nova área de exploração para a pedreira.

### 1.3 LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DA ÁREA ALVO



Figura 1: Localização geográfica da área alvo da pesquisa. Imagem obtida do Google Maps.

A mina Quatro Colônias está localizada geograficamente, conforme indica a figura 1 no centro-leste do estado do Rio Grande do Sul, mais precisamente no Município de Campo Bom, região metropolitana de Porto Alegre, Rio Grande do Sul. Seu acesso se dá pelas rodovias BR116 e ERS-239 (figura 2) e posteriormente acesso lateral da ERS239, parcialmente pavimentado que leva a localidade de Quatro Colônias.



A – Porto Alegre

B- Mina Quatro Colônias –

Campo Bom.

Figura 2: Localização da área de pesquisa em relação a Porto Alegre. Imagem: Google Maps.

## 1.4 OBJETIVOS E METAS

### 1.4.1 Objetivo Geral

- Avaliação de jazida de matéria prima para a produção de agregado para construção civil.
- Avaliação e caracterização do agregado gerado pela mina.

### 1.4.2 Objetivos Específicos

- Utilizando método de área de abrangência e seções geológicas, fazer a cubagem da jazida para a pedreira.
- Indicar, após analisados os resultados dos ensaios, o melhor uso do agregado gerado pelas litologias ocorrentes na mina.

### 1.4.3 Metas

- Desenvolver estudos geológicos do corpo mineral (variação litológica espacial - derrames de basalto; presença de materiais contaminantes - lentes de arenito – estratigrafia de derrames; implicações desses aspectos na qualidade do minério);
- Levantamento estrutural do corpo, com descrição das características geotécnicas das descontinuidades/estruturas rúpteis.
- Caracterização física, mecânica e tecnológica da rocha visando o seu emprego na construção civil em geral.
- Cubagem na área de pesquisa visando a determinação das reservas medida, inferida e estimada conforme código de mineração e a elaboração de conclusões sobre volume total/aproveitamento de minério na jazida;
- Avaliação da qualidade das reservas com base em especificações brasileiras - ABNT, DNIT, DAER - para uso do agregado em concreto e rodovias.

## 1.5 PREMISSA

- Tendo em vista o iminente esgotamento da matéria-prima da pedreira atual e a necessidade da expansão da área de exploração, partiu a proposta de estudo de cubagem de uma nova área fonte bem como a caracterização das demais litologias ocorrentes na área já que existe apenas a caracterização tecnológica do agregado gerado pelo, localmente denominado, basalto maciço.

## 1.6 HIPÓTESE

- A partir da caracterização do basalto amigdalóide será atrelado ao agregado produzido pelo mesmo, um uso específico, seguindo as especificações normativas pertinentes.

## 2 CONTEXTO GEOLÓGICO E EXTRATIGRÁFICO

### 2.1 GEOLOGIA REGIONAL

O objetivo deste item não foi o de fazer uma dissertação pormenorizada de todos os aspectos envolvidos na geologia das rochas da Formação Serra Geral e da Bacia Paraná, mas revisar os aspectos bibliograficamente mais consagrados dessa formação e discutir assuntos referentes à linha temática do projeto.

A Formação Serra Geral (figura 3) constitui-se na unidade litoestratigráfica mais importante da área por ser a unidade onde ocorre o basalto com propriedade para a geração de agregado e, por isso será feita uma abordagem das suas principais características nesse capítulo do projeto.

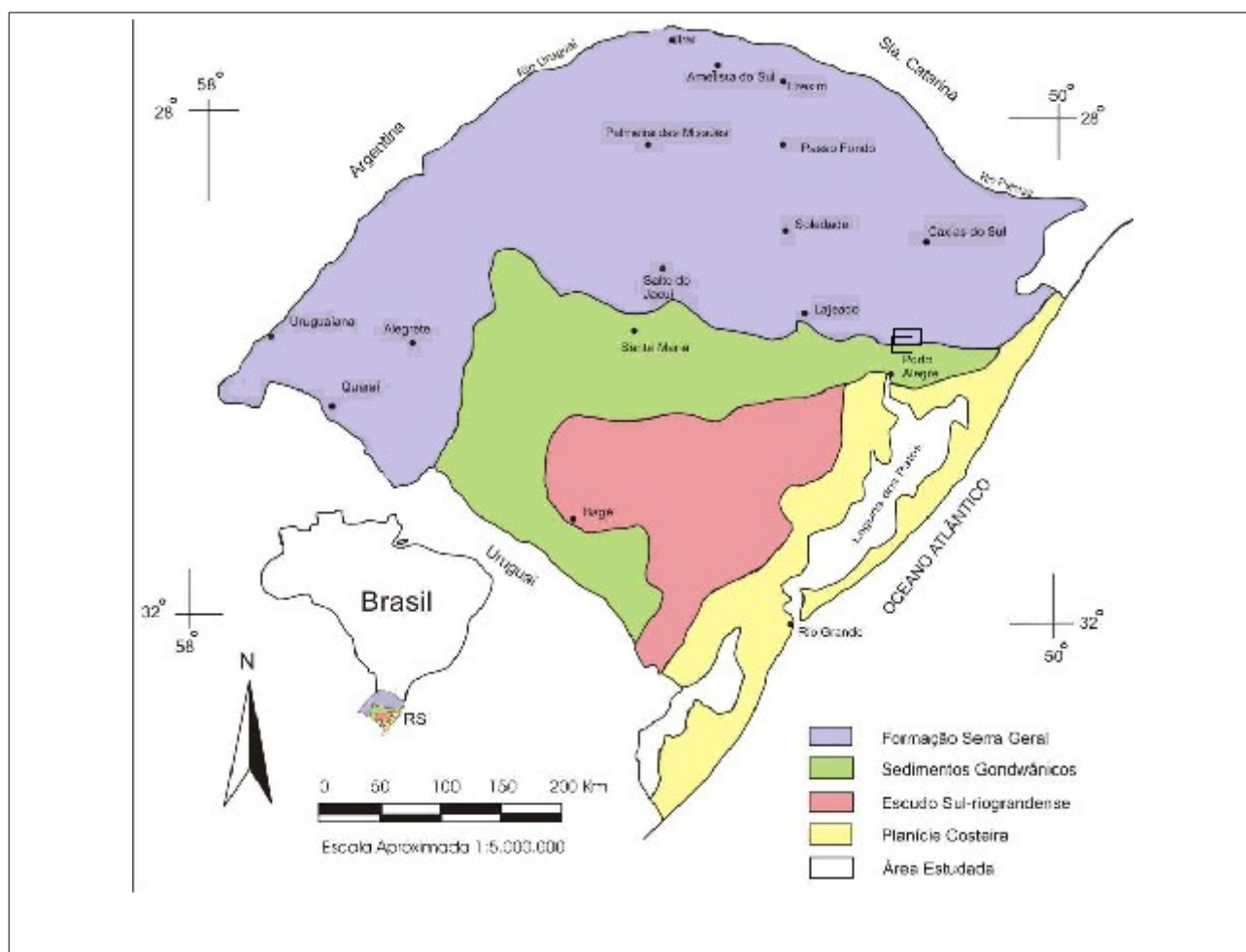


Figura 3: Mapa com a inserção geológica da área de estudo. Modificado de Juchem(1999)

### 2.1.1 Formação Serra Geral

A Fm. Serra Geral constitui-se por basaltos tholeiíticos, riolitos e riodacitos e sua origem se deu por meio de eventos magmáticos do tipo fissural (Cas, 1987), relacionados à deriva continental África-America do Sul durante o processo de abertura do oceano Atlântico Sul no Mesozoico (Melfi *et al.*, 1988).

Os derrames da Fm. Serra Geral cobrem aproximadamente 1.200.000 km<sup>2</sup>, o equivalente a 75% da área total da Bacia do Paraná (Melfi *et al.*, 1988). Os derrames da Fm. Serra Geral também ocorrem no Uruguai, Argentina e Paraguai. No Brasil representam 750.000 km<sup>2</sup> (Bellieni *et al.*, 1986) e ocorrem nos estados do RS, SC, PR, SP, MS, e MG.

A Formação Serra Geral abrange uma área de 137.000 km<sup>2</sup> no estado do Rio Grande do Sul, e corresponde a aproximadamente 50% da área do rio Grande do Sul (Hausman, 1995). A Província Basáltica Paraná-Etendeka pertence à categoria de Províncias de Basalto de Platô Clássicas (Hooper, 2000). É dividida em duas porções, na América do Sul e na Namíbia respectivamente. A Formação Serra Geral é constituída por derrames individuais que variam em espessura de 30 a 50 metros e composicionalmente divididos em básicos e ácidos, com litologias constituídas por basaltos toleíticos, andesitos, riodacitos, riolitos e dacitos (RADAM/BRASIL, 1986).

Segundo Leinz (1949) no Rio Grande do Sul, a espessura máxima da somatória de derrames chega a 1100 metros na borda do Planalto com a Planície Costeira, na região do município de Torres. Essa espessura decresce para oeste, em direção ao vale do Rio Uruguai, atingindo até 100 metros. Os derrames básicos e ácidos da Fm. Serra Geral foram inicialmente descritos por Derby no ano de 1878 entretanto White (1908) foi o primeiro autor a citar as “eruptivas Serra Geral” para indicar como seção tipo os afloramentos que ocorrem na Serra Geral e estabelecer um perfil clássico e individualiza o caráter interno de um derrame em: zona vítrea basal, com disjunção horizontal; zona intermediária, com juntas verticais; zona superior, com disjunção vertical e horizontal; e basalto vesicular no topo, como ilustração na figura 4.



Figura 4: Perfil típico da Formação Serra Geral [modificado de Leinz e Amaral (1978)]

Os derrames da Fm. Serra Geral constituem uma das unidades de topo da Bacia do Paraná. As rochas vulcânicas ocorrem sobrepostas ou intercamadas com arenitos eólicos continentais - ambiente desértico - de idade Jurássica da Fm. Botucatu (Gonzaga de Campos, 1889; Arenito Botucatu, Leinz, 1949). Os intertrapes de arenitos da Fm. Botucatu separam derrames vulcânicos petrograficamente distintos, indicando a continuidade local de condições desérticas após o início da atividade vulcânica. O decréscimo nas taxas de extrusão e na frequência de derrames são indicados pelo aparecimento de horizontes sedimentares nas porções de topo dos platôs (Hooper, 2000).

Os dois principais modelos genéticos que relacionam a origem do magma são: i) processos de decompressão adiabática do manto litosférico; ou ii) a formação de *hot spots* (Carlson, 1991). Mühlmann et al. (1974) situa a Formação Serra Geral no Cretáceo Inferior (entre 120 e 130 milhões de anos) através de dados radiométricos obtidos por diversos autores. Os basaltos continentais da Bacia do Paraná foram extrudidos num período superior a 10 M.a. com idades entre 137 e 127 M.a., segundo datação feita pelo método Ar-Ar por Turner *et al.* em 1994, e possuem assinaturas geoquímicas litosféricas. Esse modelo é consistente com as espessuras basálticas observadas e com as taxas de erupção inferidas para os derrames de Basaltos Continentais da Fm. Serra Geral (Turner



*et al.*, 1994), já que erupções rápidas não possibilitariam tempo suficiente para a transferência de calor por condução da astenosfera para a litosfera para gerar o volume de fusão compatível com a magnitude do magmatismo dos basaltos da Fm. Serra Geral.

De acordo com Turner *et al.* (1994) as datações Ar-Ar indicam idades entre 137 e 127 Ma para os derrames tholeiíticos, com ocorrências mais antigas situadas na região NW da bacia e mais recentes em regiões situadas na região SE. De acordo com Milani (1997) datações obtidas pelo método Ar-Ar (129-135 M.a.) indicam contemporaneidade entre os derrames e as intrusões em rochas areníticas. Os arenitos do Fm. Botucatu, que ocorrem em contato com os derrames da Fm. Serra Geral, sofreram metamorfismo de contato devido às altas temperaturas das lavas, originando camadas maciças não preservando a característica friável dos arenitos. A ocorrência de lentes e diques de arenito metamorfozido cortando as rochas basálticas é frequente. Os arenitos podem ocorrer intercalados com as rochas vulcânicas da Formação Serra Geral, sendo, neste caso, denominados de “*intertrapes*”. Os “*intertrapes*” de arenitos da Fm. Botucatu podem alcançar espessuras médias em torno de 10-15 metros.

### 2.1.2 A Utilização de Agregados na Construção Civil

Os agregados para indústria da construção civil são os insumos mais consumidos no mundo (USGS, 2001). Dessa forma, os agregados são materiais granulares, de volume definidos, de dimensões e propriedades adequadas para uso em obras de engenharia civil (Chiossi, 1979). São classificados levando-se em conta a origem, a densidade e o tamanho dos fragmentos. Com relação à origem, podem ser chamados de naturais e artificiais. Naturais são os materiais que forem extraídos em sua forma fragmentar, sendo esta, a forma que se encontra o material na sua área fonte. Como exemplo de agregados naturais tem-se areia e cascalho. Artificiais são os materiais que são extraídos em forma de blocos e precisam passar por processos de fragmentação, como a brita e areia britada. Quanto ao tamanho dos fragmentos, tem-se: agregados miúdos, os materiais com diâmetro mínimo superior de 4,8mm até diâmetro máximo de 0,075mm, especificada pela norma ABNT NBR 7211. Como exemplo de agregado miúdo tem: areias de origem natural, encontrada como fragmentos, ou resultante de britagem. Defini-se ainda agregado graúdo, ou pedregulho, os materiais com diâmetro mínimo de 4,8mm e máximo de 152mm, especificada pela mesma norma citada anteriormente. Como exemplo de agregados graúdos tem: cascalho e brita. Levando em conta esse conceitos, é possível

deduzir que os agregados são obtidos em rochas cristalinas ou depósitos naturais sedimentares.

As propriedades físicas e químicas dos agregados e as misturas ligantes são essenciais para a vida das estruturas (obras) em que são usados. São inúmeros os casos de falência de estruturas em que é possível chegar-se a conclusão que a causa foi a seleção e o uso inadequado dos agregados. Por esta razão existem órgãos internacionais e nacionais que preveem uma série de especificações técnicas que definem qualidades e características específicas para que os agregados possam ser usados nas mais variadas obras de construção civil.

A exploração destes materiais em sua área fonte (pedreira, depósito sedimentar) depende basicamente de três fatores: a qualidade do material, o volume de material útil e o transporte, ou seja, a localização geográfica da jazida.

Estes materiais agregados são utilizados principalmente para confecção de concreto, blocos para revestimento de edifícios, proteção de taludes de barragens, pedra britada para os leitos de ferrovias, aeroportos e rodovias, blocos para calçamento de ruas, avenidas, em indústria de cerâmica, de vidro, etc.

## 2.2 GEOLOGIA LOCAL

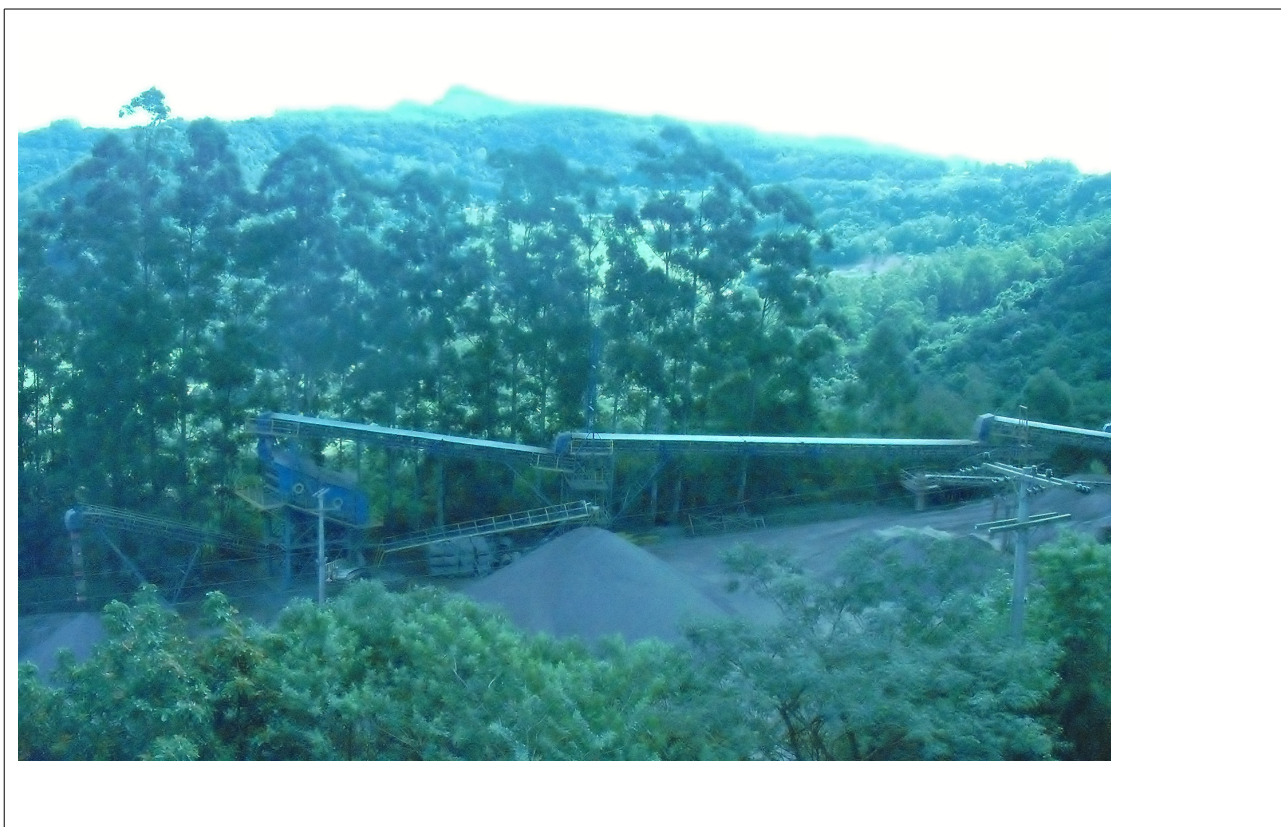
### 2.2.1 Características e Estratigrafia dos Derrames

Na área de estudo, conforme ilustração da figura 5, os basaltos da Formação Serra Geral foram caracterizados como típicos da fácies Gramado (WILDNER et al., 2004) já que possuem pequena expressão lateral, e estão confinados a paleovales e a espaços interdúnicos existentes. Após o encerramento do aporte de areias do Botucatu, inicia-se um período francamente vulcânico, onde o relevo está condicionado ao arranjo formado pela coalescência entre derrames, que encerraram o preenchimento da bacia. As rochas que compõem esta fácies são derrames de basaltos maciços com espessuras entre 10 a 35 metros, frequentes texturas de fluxo, zonas amigdaloides bem desenvolvidas no topo e incipientes na base, e uma porção central formada por rocha granular homogênea, com disjunção colunar bem desenvolvida, textura microfanerítica, compacta e de coloração cinza escuro a cinza esverdeado. São comuns as zonas vesiculares pouco desenvolvidas na base e espessas de topo, preenchidas especialmente por zeólitas, carbonatos e

apofilitas as ocorrências de litologias da Formação Botucatu na forma de veios, vênulas e lentes.( WILDNER et al., 2004).

### 2.2.2 Utilização do Agregado Gerado pela Mina Quatro Colônias

No que diz respeito à exploração de basalto na Mina Quatro Colônias pode se considerar que a mineração é feita por método de lavra não seletiva, e o agregado gerado pela britagem dos materiais pétreos da área tem como principal finalidade na construção civil o uso para pavimentação de rodovias, sendo produzido, majoritariamente, material do tipo brita, brita graduada, macadame e pedrisco(figura 5). O arenito ocorrente na área é tratado como material estéril.



*Figura 5: Central de britagem da Mina Quatro Colônias em atividade de produção de brita.*

Muito embora a exploração dos basaltos da Formação Serra Geral para geração de agregado como brita para a construção civil seja atividade recorrente na área de pesquisa, no que tange ao escopo do trabalho, são pobres os registros bibliográficos científicos já realizados sobre exploração e exploração de jazidas na área alvo. Existem apenas relatórios técnicos com finalidade de avaliação de jazidas e estes, por motivos de interesse econômico, são particulares e não viabilizados à fins acadêmicos. O projeto teve acesso aos dados básicos do processo de mineração da área junto ao DNPM (figura 6) e

ao relatório técnico da mina Quatro Colônias, que trás descrições e definições que corroboram e dão embasamento à pesquisa. Estes relatórios são citados ao longo deste projeto e serão anexados ao mesmo.

Em paralelo ao presente projeto de conclusão de curso, a aluna de graduação Liana Turcati Selmo, através de bolsa de iniciação científica efetuou um estudo de caracterização das lentes de arenito Botucatu presentes na área. Os resultados obtidos dessa caracterização serão apresentados na conclusão deste trabalho com o intuito de traçar um comparativo entre a qualidade do agregado gerado pelas diferentes litologias para que se possa fazer associação à um determinado tipo de utilização na construção civil.



**DNPM**  
Departamento Nacional de Produção Mineral

Atributo	Valor
Processo	<a href="#">810430/2004</a>
ID	{59AB7B0F-9883-4719-A5F4-3B208F7676B4}
Número	810430
Ano	2004
Área (ha)	47,85
Fase	REQUERIMENTO DE LAVRA
Último Evento	365 - REQ LAV/CUMPRIMENTO EXIGÊNCIA PROTOCOLIZ EM 09/06/2011
Titular	Agcm Construtora e Mineradora Ltda
Substância	BASALTO
Uso	CONSTRUÇÃO CIVIL
UF	RS

Figura 6: dados básicos do processo de mineração da área junto ao DNPM



### 2.2.3 Relatório Técnico de Estudo da Pedreira

O relatório dos estudos geológicos e geotécnicos da pedreira foi efetuado pela empresa RW – GEOLOGIA E GEOTECNIA LTDA e neste foram descritos perfis de sondagem (figura 7).

#### **\* RW - GEOLOGIA E GEOTECNIA LTDA.**

**CLIENTE: A. G. PENNA CONSTRUÇÕES E SANEAMENTO LTDA**  
**OBRA: PEDREIRA - RODOVIA RS KM 9,5 - QUATRO COLÔNIAS - CAMPO BOM**

FURO: SR - 02

DIR./INCL.: VERTICAL

TRECHO: 0,00 A 88,00m

CAIXAS: 13 E 14 (DE 19 CAIXAS NO TOTAL)



*Figura 7: Foto a partir de testemunhos de sondagem extraída de relatório de pedreira.*

Os resultados de análises preliminares sobre amostras da área objeto de estudo mostraram a presença de basalto com potencial de uso para agregado em rodovias e concreto, segundo relatório elaborado pela CIENTEC – Fundação de Ciência e Tecnologia. Abaixo, segue uma sequência de tabelas onde é apresentada uma síntese dos resultados obtidos para o denominado basalto maciço. A mesma caracterização efetuada para este tipo litológico, demonstrada no relatório acima citado, será efetuada através deste projeto de conclusão, porém com intuito de caracterizar as outras litologias ocorrentes na área alvo.

*Tabela 1: Síntese de apreciação microscópica de uma amostra a partir de furo de sondagem.*

<p>Texturas: as texturas principais são a intergranular, com cristais maiores de plagioclásios imersos numa matriz constituída por cristais de piroxênio intersticiais, e ofítica, com cristais de plagioclásio inclusos nos piroxênios</p>	<p>Minerais: (contagem modal - %)</p> <p>Plagioclásio.....62</p> <p>Clinopiroxênio.....26</p> <p>Opacos.....4,8</p> <p>Argilo minerais.....5,5</p> <p>Hematita.....1,2</p> <p>Zeólita.....0,5</p>
<p>Estado microfissural: os minerais, em especial o plagioclásio, apresentam baixa densidade de fraturamento.</p>	<p>Classificação: <b>basalto.</b></p>

*Tabela 2: Resultado dos ensaios de Abrasão Los Angeles para amostras de basalto maciço.*

CIENTEC Amostra n <sup>o</sup>	Graduação	Resultado (%)
23302/1	A	18
23302/2	A	16
23302/3	A	17

*Tabela 3: Resultado da análise quantitativa do ensaio de sanidade com sulfato de sódio para amostra de basalto maciço.*

Abertura das peneiras (preparação das frações)				Perda em massa (%)
Passado		Retido		
(mm)		(mm)		
50,8	2"	38,1	1 1/2"	0,49
38,1	1 1/2"	25,4	1"	1,00
25,4	1"	19,1	3/4"	
19,1	3/4"	12,7	1/2"	2,47
12,7	1/2"	9,5	3/8"	
9,5	3/8"	4,8	malha n.º 4	5,04
9,5	3/8"	4,8	malha n.º 4	6,55
4,8	malha n.º 4	2,4	malha n.º 8	9,78
2,4	malha n.º 8	1,2	malha n.º 16	11,01
1,2	malha n.º 16	0,6	malha n.º 30	17,47
0,6	malha n.º 30	0,3	malha n.º 50	26,28

*Tabela 4: Resultados dos ensaios de adesividade ao ligante betuminoso.*

Teor de aditivo (%)	Resultados		
	Amostra 23302/1	Amostra 23302/2	Amostra 23302/2
0,0	não satisfatória	não satisfatória	não satisfatória
0,3	não satisfatória	não satisfatória	não satisfatória
0,5	não satisfatória	satisfatória	satisfatória
0,7	satisfatória	satisfatória	satisfatória
1,0	satisfatória	satisfatória	satisfatória



### **3 METODOLOGIA E ESTRATÉGIAS DE AÇÃO**

A investigação desenvolvida no âmbito do presente trabalho compreendeu fases distintas de pesquisa, visando uma maior organização para que os objetivos propostos fossem atingidos de forma otimizada. Sendo:

#### **3.1 REUNIÃO DE INFORMAÇÃO;**

Trata-se da fase inicial do projeto, onde foram reunidos os levantamentos bibliográficos a nível de projeto temático. Tais como cartas base com topografia, mapa geológico pertinente a área alvo, relatórios de estudos com ênfase na produção de agregado da região(sondagens, ensaios, etc.) e normas e especificações técnicas relevantes à pesquisa.

#### **3.2 TRABALHOS DE CAMPO;**

Atividades desenvolvidas em campo com a finalidade de reconhecimento/mapeamento geológico e geotécnico da área alvo, levantamento estrutural e amostragem.

#### **3.3 AVALIAÇÃO DA JAZIDA;**

Tendo em vista o esgotamento das fontes de matéria-prima nas principais frentes de lavra da pedreira, há o intuito, por parte da mineradora AGCM, de ampliação da produção de agregado na área de pesquisa do projeto. Logo, a mineradora em questão promove a fase de pesquisa mineral, com as devidas licenças necessárias junto aos órgãos regulamentadores, na área de ampliação conforme a figura 8 que mostra a área atual de exploração e a área de expansão da jazida com a localização dos furos de sondagem rotativa que serviram como fundamento para a cubagem volumétrica:

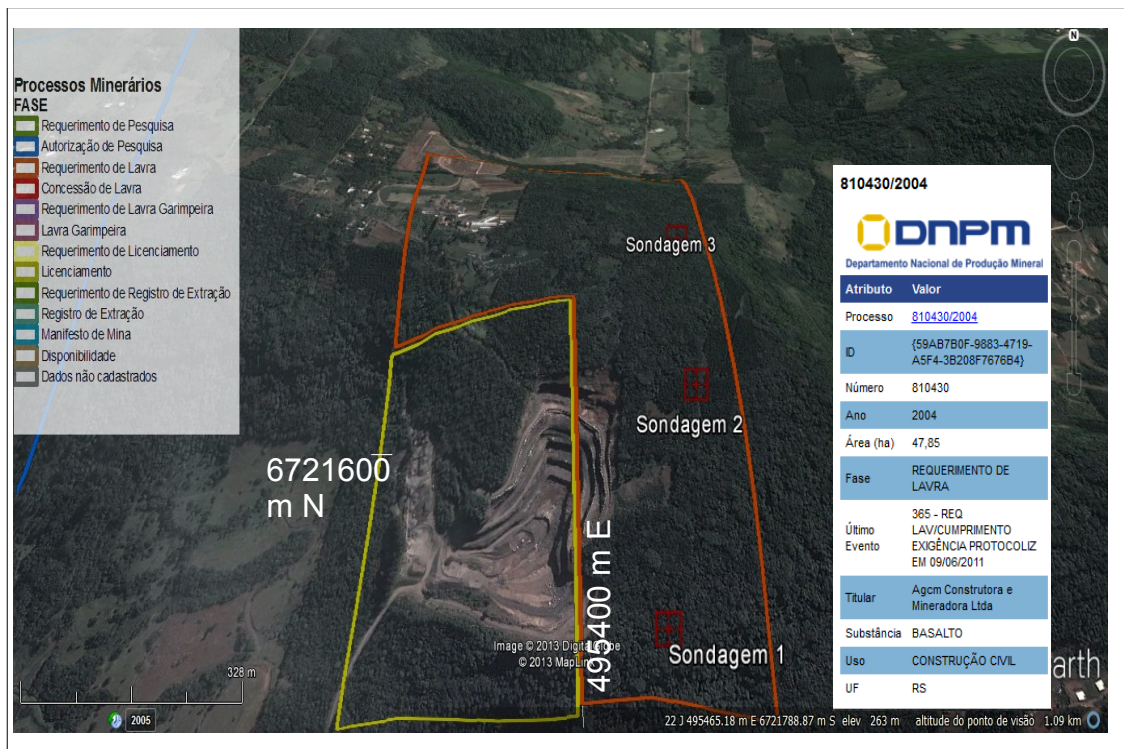


Figura 8: Localização da área de expansão da jazida (polígono em vermelho) e das locações dos furos de sondagem efetuados para reconhecimento litológico.

Outra preocupação que o projeto proposto teve, com observação da cubagem da mina, foi a caracterização estrutural local da área explorada. Para esta fase do labor fez-se o levantamento de descontinuidades pelo método de *Scanline*, no qual utilizou-se bússola do modelo *Brunton* para a tomada de aproximadamente cem atitudes de planos de descontinuidades físicas de caráter rúptil (fraturas e falhas) e, a partir dessa descontinuidades fez-se uma descrição geotécnica detalhada dos planos onde observou-se espaçamento entre descontinuidades, persistência, abertura, rugosidade, umidade aparente, resistência e alteração nas paredes das fraturas, tipo e espessura de eventuais preenchimentos nas fraturas.

### 3.4 ENSAIOS LABORATORIAIS;

Foram efetuados uma série de ensaios gerais para a fundamentação da caracterização litológica e do levantamento estrutural do maciço e uma bateria de ensaios específicos com a finalidade de caracterização do material para agregado de acordo com a sua qualidade. Todos os ensaios obedeceram, pelo menos, especificações dos órgãos ABNT e DNER.

Os ensaios foram divididos em três níveis, de acordo com o tipo de classificação almejada:

#### 3.4.1 Caracterização Química e Mineralógica do Maciço

Este subitem visa a identificação das características químicas e mineralógicas das litologias amostradas em campo. Segue a lista de ensaios bem como a sua metodologia de aplicação de acordo com os resultados a serem obtidos.

#### 3.4.2 Apreciação Petrográfica;

Com o intuito de identificação de minerais primários, secundários, varietais e de alteração, bem como a descrição da textura e da estrutura das rochas amostradas. A laminação foi feita no anexo do instituto de geociências da UFRGS e a descrição nos microscópios ópticos do DEMIPE/ UFRGS.

#### 3.4.3 Caracterização física do agregado:

Esta caracterização tem o intuito de identificar as propriedades físicas da rocha e do material resultante da britagem do material pétreo (agregado) extraído da área de estudo. Estes ensaios são importantes para a definição da qualidade do agregado gerado e tem um metodologia muito detalhada que segue normas específicas para a sua execução. A pesquisa utilizou-se das normas do DNER ou ISRM para os ensaios a seguir listados:

##### 3.4.3.1 Determinação da Absorção e da Densidade do Agregado – Norma DNER-ME 081/98

Este ensaio tem como objetivo a determinação da densidade aparente de agregado graúdo e da absorção d'água e a aparelhagem necessária para a realização do ensaio é a seguinte:

a) balança de resolução mínima de 1 g para determinação de massa até 20 kg, e capacidade compatível com as massas a determinar. Deve conter dispositivo para manter suspenso na água, pelo centro do prato da balança, o recipiente que contém a amostra;

b) recipiente para amostra que não permita a perda de material e a retenção de ar quando submerso.

c) tanque d'água impermeável apresentando volume suficiente para manter totalmente submerso o

recipiente para a amostra e o agregado, enquanto suspensos na balança;

d) estufa capaz de manter a temperatura entre 105 e 110°C;

e) repartidor de amostras de 3 cm de abertura;

f) peneiras de 2,0 mm e 4,75 mm de abertura, conforme a DNER-EM 035/95;

g) tabuleiro de (45 x 25 x 5) cm;

h) baqueta metálica de  $\pm 30$  cm de comprimento e  $\pm 6$  mm de diâmetro.

A execução do ensaio consiste em lavar a amostra sobre a peneira 4,8 mm e secar até constância de massa, à temperatura entre 105 e 110°C. Resfriar, ao ar, à temperatura ambiente entre 1 a 3 h, para amostra de dimensão máxima característica até 38 mm ou períodos maiores para dimensão maior, de modo que o agregado atinja uma temperatura que permita sua manipulação, cerca de 50°C. Subsequentemente, imergir o agregado em água, à temperatura ambiente anotada,  $t$ , por um período de  $(24 \pm 4)$  h, tendo-se o cuidado de agitar algumas vezes para expulsar as bolhas de ar do material. Remover a amostra da água e espalhá-la sobre um pano absorvente no tamanho adequado até que as películas visíveis de água sejam eliminadas. Enxugar as partículas maiores uma a uma. Tomar os cuidados necessários para evitar a evaporação de água dos poros durante a operação de secagem da superfície dos grãos. Após, determinar a massa da amostra na condição saturada superfície seca e registrar o valor obtido (Mh), com aproximação de 0,5 gramas. Imediatamente após, colocar o material no recipiente para amostra e imergi-lo completamente em água potável, à temperatura de  $(24 \pm 2)$ °C. Acoplar a haste do recipiente no prato da balança, colocada em nível acima do tanque, e proceder a leitura (L) na sua escala. A balança deve ter sido previamente zerada com o recipiente para amostra, vazio e imerso em água. Secar a amostra em estufa até constância de massa, à temperatura entre 105 e 110°C e resfriá-la ao ar à temperatura ambiente entre 1 e 3 horas

ou até o agregado atingir uma temperatura conveniente para sua manipulação. Determinar, em sequência, a massa do agregado seco ( $M_s$ ). Após determinados os valores medidos no laboratório, aplica-se a seguinte fórmula para o cálculo da Densidade aparente:  $D_{ap} = M_s / (M_h - L)$

Onde:

$D_{ap}$  = densidade aparente;

$M_s$  = massa, ao ar, do agregado seco em estufa, em gramas;

$M_h$  = massa, ao ar, do agregado na condição saturada superfície seca, em gramas.

$L$  = leitura na balança correspondente ao agregado submerso, em g (pesagem hidrostática).

Para o cálculo da Absorção, a fórmula é a seguinte:

$$a = (M_h - M_s / M_s) \cdot 100$$

onde:

$a$  = absorção do agregado, em percentagem;

$M_s$  = massa, ao ar, do agregado seco em estufa, em gramas;

$M_h$  = massa, ao ar, do agregado na condição saturada superfície seca, em gramas.

Este ensaio foi realizado em parceria com Laboratório de Mecânica e Tecnologia de Rochas da CIENTEC – Fundação de Ciência e Tecnologia.

#### 3.4.3.2 Carga pontual - ISRM, 1985

O ensaio de carga pontual (ISRM, 1985), é em regra, recomendado para a caracterização das rochas, como um índice de resistência, que pode ser relacionado com a resistência à compressão uniaxial. O procedimento sugerido pela ISRM ("International Society for Rock Mechanics") para este ensaio consiste em provocar a ruptura de amostras de rochas, obtidas a partir de furos de sondagens com diâmetros variando entre 25 e 100 mm, aplicando uma força pontual crescente. A amostra de rocha é comprimida entre duas ponteiros cônicos de metal duro, que provocam a ruptura por desenvolvimento de fissuras de tração paralelas ao eixo da carga, sendo registrado o valor da carga  $P$  que provoca a quebra do corpo de prova.

Este ensaio foi executado no laboratório de geologia de engenharia do Instituto de geociências da UFRGS (figura 9).



Figura 9: Execução do ensaio de Carga pontual.

#### 3.4.3.3 Determinação da Velocidade de propagação de ondas sônicas – ISRM, 1981

A aplicação da determinação da velocidade de propagação de ultrassons (ondas P e S) aos materiais rochosos, tal como o sugerido pela ISRM (Brown, 1981), como índice na avaliação das propriedades físicas, depende sobretudo da rocha ensaiada. Algumas características intrínsecas das rochas têm influência na velocidade de propagação das ondas elásticas, tais como mineralogia, textura, porosidade e massa, teor em água, anisotropia, entre outros. Para a efetuação desse ensaio, será utilizado o aparelho disponível no laboratório de geologia de engenharia do Instituto de Geociências da UFRGS, e seu funcionamento consiste na aplicação de ondas P e S sobre uma extremidade da amostra através de um eletrodo emissor, e, na outra extremidade da amostra, um eletrodo receptor fará a leitura direta do tempo que as ondas levaram para atravessar o maciço. A partir disso, conhecendo-se o comprimento da amostra, calcula-se

a velocidade de propagação das ondas por um cálculo simples de distancia/tempo. Alguns aspectos devem ser observados para a execução desse ensaio:

- a) calibração do tempo antes do ensaio;
- b) medição do comprimento da amostra;
- c) contatos entre os transdutores e a amostra;
- d) paralelismo entre os topos da amostra;
- e) sensibilidade ao impulso eléctrico;
- f) medição do tempo de propagação.

Tendo em consideração a influência das características intrínsecas da rocha referidas anteriormente, as velocidades das ondas elásticas obtidas através deste ensaio devem ser interpretadas com prudência na caracterização do maciço.

O ensaio foi efetuado no laboratório de Engenharia de Geologia do DEMIPE da UFRGS, conforme ilustração 10:





*Figura 10: Determinação da Velocidade de propagação de ondas sônicas em amostra de basalto amigdalóide.*

#### 3.4.4 Caracterização Mecânica e Tecnológica do Agregado

Esta caracterização tem o intuito de identificar as propriedades mecânicas do agregado foco do estudo, ou seja, a resistência e a durabilidade do material. Estes ensaios são importantes para a definição da qualidade do agregado gerado pelo maciço rochoso e devem seguir as especificações técnicas com rigor. Para estes ensaios, a pesquisa adotou as normas do sistema DNER. Estes ensaios foram realizados em parceria com Laboratório de Mecânica e Tecnologia de Rochas da CIENTEC – Fundação de Ciência e Tecnologia.

##### 3.4.4.1 Abrasão Los Angeles – DNER-ME 035/98

Este ensaio tem como objetivo calcular o desgaste sofrido pelo agregado, quando colocado na máquina “Los Angeles” juntamente com uma carga abrasiva, submetido a um determinado número de revoluções desta máquina à velocidade de 30 a 33 rpm. O desgaste é convencionalmente expresso pela porcentagem, em peso, do material que



passa, após o ensaio, pela peneira de malhas quadradas de 1,7 mm (ABNT n° 12). A execução do ensaio exige as seguintes operações:

a) verificada a limpeza interna do tambor, colocam-se no mesmo a amostra e a respectiva carga abrasiva; a seguir é cuidadosamente fechado para evitar perda de material;

b) faz-se girar o tambor com velocidade de 30 a 33 rpm até completar 500 ou 1000 rotações, dependendo da graduação do agregado.

c) retira-se todo o material do tambor, separam-se as esferas, limpam-se as mesmas com a escova, e faz-se passar a amostra na peneira 1,7 mm, rejeitando-se o material passante;

d) lava-se o material retido na própria peneira (1,7 mm); reúne-se o mesmo, e em seguida é seco em estufa à temperatura entre 105 e 110°C, durante, no mínimo, 3 horas;

e) retira-se o material da estufa, deixa-se esfriar, e determina-se sua massa com aproximação de 1 grama, obtendo-se a massa da amostra lavada e seca (m'n).

A abrasão “Los Angeles” do agregado é calculada pela fórmula seguinte:

$$An = (Mn - M'n / Mn) * 100$$

An = abrasão “Los Angeles” da graduação n, com aproximação de 1%;

n = graduação (A, B, C, D, E, F ou G) escolhida para o ensaio;

Mn = massa total da amostra seca, colocada na máquina;

M'n = massa da amostra lavada e seca, após o ensaio (retida na peneira de 1,7 mm).

O ensaio será expresso com aproximação de 1%.

#### 3.4.4.2 Sanidade com sulfato de sódio - DNER-ME 089/94

Este Método fixa a determinação da resistência à desintegração dos agregados sujeitos a ação do tempo, pelo ataque de soluções saturadas de sulfato de sódio. A aparelhagem necessária é a seguinte:

a) peneiras de 63,5 a 0,15 mm, inclusive tampa e fundo, de acordo com a ABNT EB-22, de 1988.

b) balança com capacidade de 5 kg, sensível a 1 g;

c) balança com capacidade de 1 kg, sensível a 0,1 g;

d) cestos cilíndricos, de tela metálica de abertura de 4,8 mm e de 0,15 mm, com 20 cm de altura e 20 cm de diâmetro munidos de alça;

e) dispositivo capaz de manter a temperatura a  $21^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ ;

f) estufa capaz de manter a temperatura entre  $105^{\circ}\text{C} - 110^{\circ}\text{C}$  e uma razão de evaporação média de no mínimo 25 gramas por hora, durante 4 (quatro) horas.

A solução saturada de sódio deve ser preparada dissolvendo uma razão de sal, tal que, a uma temperatura entre  $25^{\circ}\text{C}$  e  $30^{\circ}\text{C}$ , assegure, não só a saturação, mas também a presença de excesso de cristais nas soluções, após a preparação. Durante a adição do sal as soluções devem ser vigorosamente agitadas, operação que se deve repetir a intervalos frequentes, até sua utilização. Depois de prontas, a solução devem ser esfriada a temperatura de  $21^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ , e mantida nesta temperatura por, no mínimo, 48 horas antes da realização do ensaio. Segundo a norma a solução saturada de sulfato de sódio deve apresentar densidade entre 1,151 e 1,174;

A amostra deve ser imersa na solução por um período de 16 a 18 horas, de modo que o nível da solução fique 1 cm acima da amostra. O recipiente que contém a amostra imersa na solução deve ser coberto para reduzir a evaporação e evitar a contaminação. Durante o período de imersão a temperatura da solução deve ser mantida a  $21^{\circ}\text{C}$ . Após o período de imersão a amostra deve ser retirada da solução, drenada durante 15 min e colocada em estufa para secar a  $105^{\circ}\text{C} - 110^{\circ}\text{C}$ , até constância de peso. Depois da secagem, a amostra deve ser esfriada até a temperatura ambiente. O processo de imersão e secagem alternadas constitui um ciclo, que deve ser repetido até que o número desejado de ciclos seja completado, para a pesquisa optou-se por 5 ciclos. As frações maiores que 19 mm devem ser examinadas qualitativamente após cada imersão.

O exame quantitativo é feito, com as amostras já devidamente secas, através do peneiramento com peneiras específicas para cada dimensão de partículas obtidas através do ensaio. A partir disso calcula-se a perda, e a perda ponderada, sendo estas obtidas pela razão da diminuição do tamanho das partículas antes e depois do ensaio.

O exame qualitativo e seu registro devem consistir da observação do efeito ação do Sulfato de sódio e a natureza dessa ação e da contagem do número de partículas afetadas pelo ensaio.

### 3.4.4.3 Adesividade ao CAP 50/70 - DNER-ME 078/94

Este Método fixa o modo pelo qual é verificada a adesividade de agregado a um tipo de ligante betuminoso, no caso da pesquisa o ligante escolhido foi o CAP50/70. A adesividade é verificada pelo não deslocamento da película betuminosa que recobre o agregado, quando a mistura agregado/ligante é submetida, a 40° C, à ação de água destilada, durante 72 horas. Segue a metodologia do ensaio:

a) a amostra previamente preparada e o ligante betuminoso são aquecidos à temperatura previamente especificada;

b) sobre o agregado é colocada uma quantidade de ligante e com uma espátula procede-se ao completo envolvimento do agregado com o ligante em uma cápsula de porcelana com capacidade de 500 ml

c) o agregado envolvido pelo ligante é colocado sobre uma superfície lisa, a fim de que o ligante betuminoso esfrie (ou cure ou rompa). Em seguida é colocado no frasco de vidro e totalmente recoberto com água destilada. O frasco é colocado na estufa a 40 °C e mantido em repouso durante 72 horas.

O resultado é anotado como satisfatório quando não houver nenhum deslocamento da película betuminosa, ao fim de 72 horas, e não satisfatório quando houver total ou parcial deslocamento da película betuminosa nesse mesmo tempo.

## 4 RESULTADOS E ANÁLISES

Como o presente trabalho traz dois objetivos principais, este capítulo foi dividido, conforme cada objetivo, para que as análises sejam apresentadas de forma estruturada, seguindo a seguinte sequência: i) Avaliação da jazida – que apresenta a parte relacionada a cubagem da área de estudo, ou seja, mapeamento geológico, resultado da expressão volumétrica da jazida, com detalhamento das razões minério/rejeito, bem como os resultados do levantamento estrutural efetuado na mina. ii) Avaliação dos parâmetros físicos da rocha e tecnológicos da qualidade do agregado produzido – que traz o produto da série de ensaios laboratoriais propostos pelo projeto.

### 4.1 AVALIAÇÃO DA JAZIDA

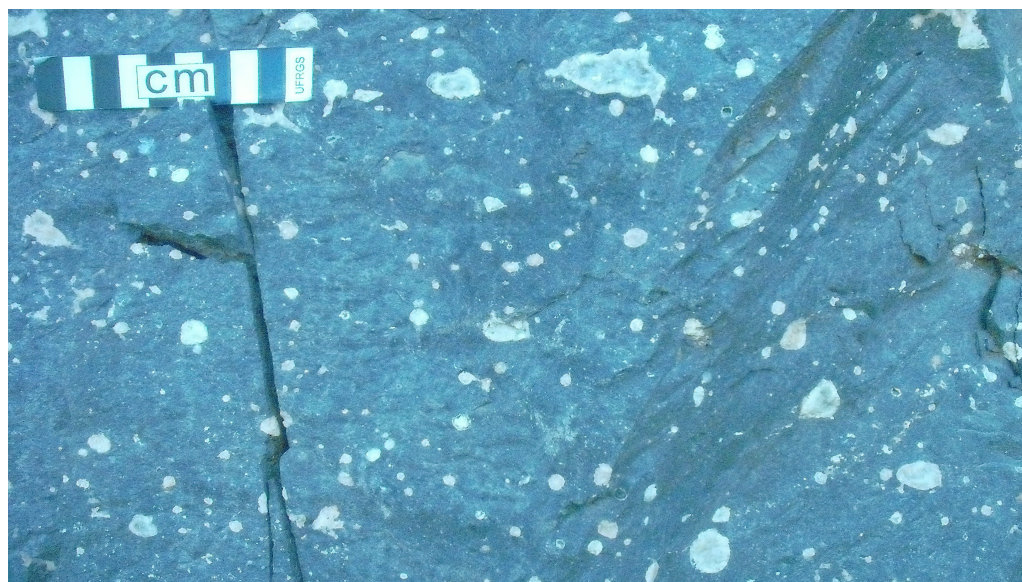
#### 4.1.1 Mapeamento geológico

Durante esta fase do projeto pode-se individualizar ao menos 4 derrames basálticos, estes tendo espessura média de 25 metros, com o primeiro evento com maior volume apresentando cerca de 60 metros de espessura, e o último, menos representativo, com aproximadamente 10 metros. Esta variação nas espessuras pode ser explicada tanto pela expressão dos pulsos magmáticos do vulcanismo Serra Geral quanto pelo paleorelevo existente na área (preenchimento dos espaços entre dunas do Deserto Botucatu).

Dentro de cada um destes derrames ocorrem horizontes amigdaloides (figura 11 e 12) que são referentes as zonas de topo e base de derrame, características típicas de taxa de resfriamento elevada, onde o teor de amígdalas aumenta gradativamente em porcentagem nas direções mais extremas tanto da base quanto no topo dos derrames. Determinar a espessura fixa para cada zona amigdalóide é difícil justamente por ser algo gradacional, mas estimou-se 6 metros de zona amigdalóide no topo e 2 metros na base de cada derrame, na base ocorre um evento de brechação mais intenso, com juntas horizontais e evidências de interação sedimento/lava.



*Ilustração 11: Horizonte amigdaloidal em derrame basáltico da Mina Quatro Colônias.*



*Figura 12: Foto do horizonte amigdaloidal com detalhe das amígdalas no derrame.*

Identificou-se nos afloramentos da pedreira pelo menos três lentes de arenito Botucatu (intertraps) como mostra a figura 13, de tamanho relativamente expressivo na seção da pedreira, sendo que, justamente por serem lentes, apresentam espessura muito

variável e, por vezes, até inexistentes em continuidade lateral. Atingem espessura média de aproximadamente 4 metros. Também ocorrem veios e vênulas de arenito preenchendo fraturas, interpretados como percolação por atividade gravitacional. As figuras 14 e 15 mostram o que seria a seção geológica tipo da área estudada com a estratigrafia dos derrames ocorrentes.



*Figura 13: Foto das frentes de lavra da pedreira, detalhe para as lentes de arenito(intertraps).*





Figura 14: Seção geológica tipo da área de estudo.

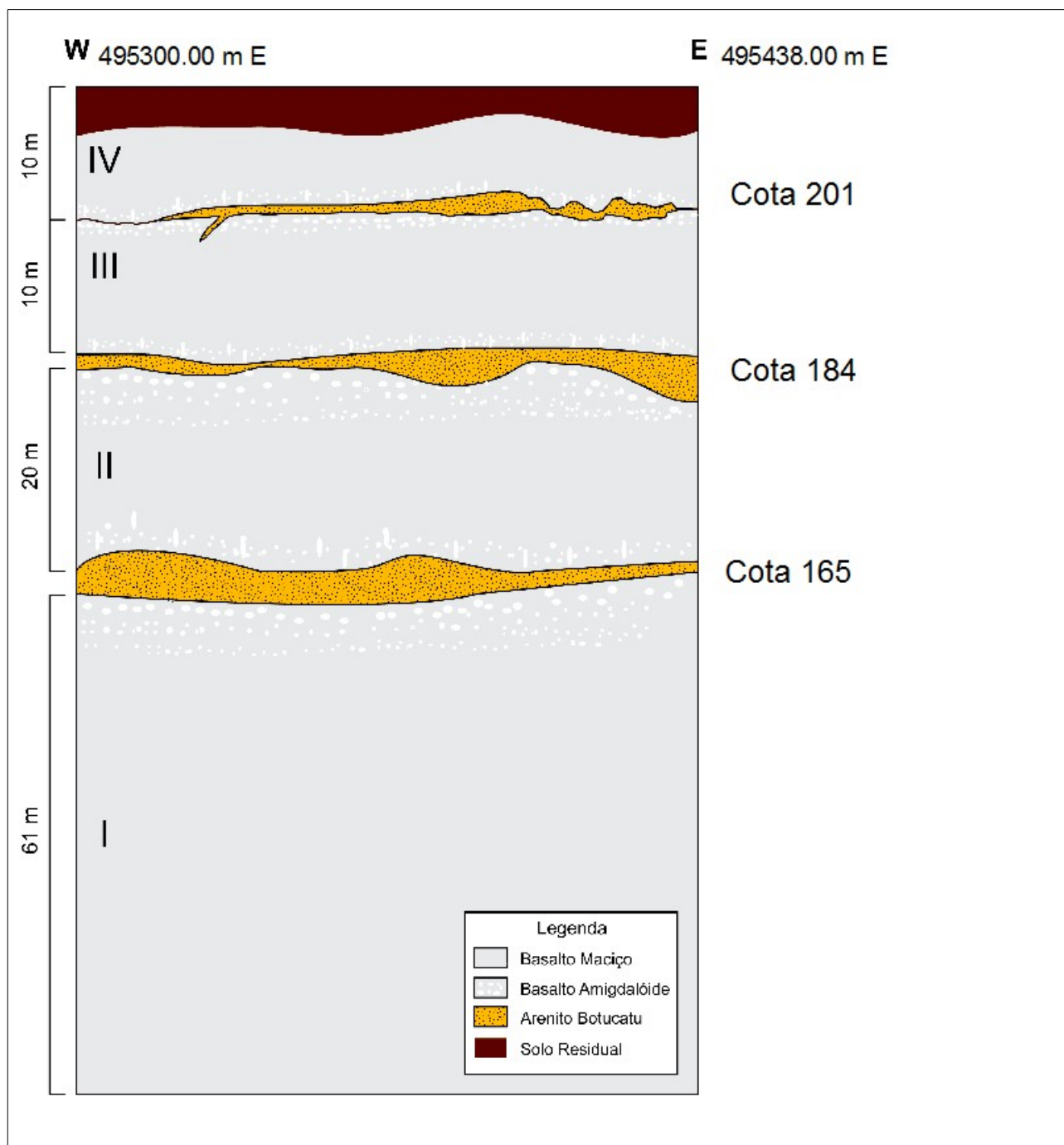


Figura 15: Perfil geológico esquemático com a estratigrafia dos derrames basálticos da área.

#### 4.1.2 Indicação Volumétrica da Jazida:

Provido dos testemunhos adquiridos através dos furos de sondagem rotativa na área de expansão (figura 16), bem como de interpretações feitas com base nas seções aflorantes da pedra, foram desenvolvidos perfis geológicos combinados com as



informações a respeito da área de expansão pretendida para que se alcançasse um nível de precisão aceitável para a tipo de exploração da matéria-prima(figura 17).

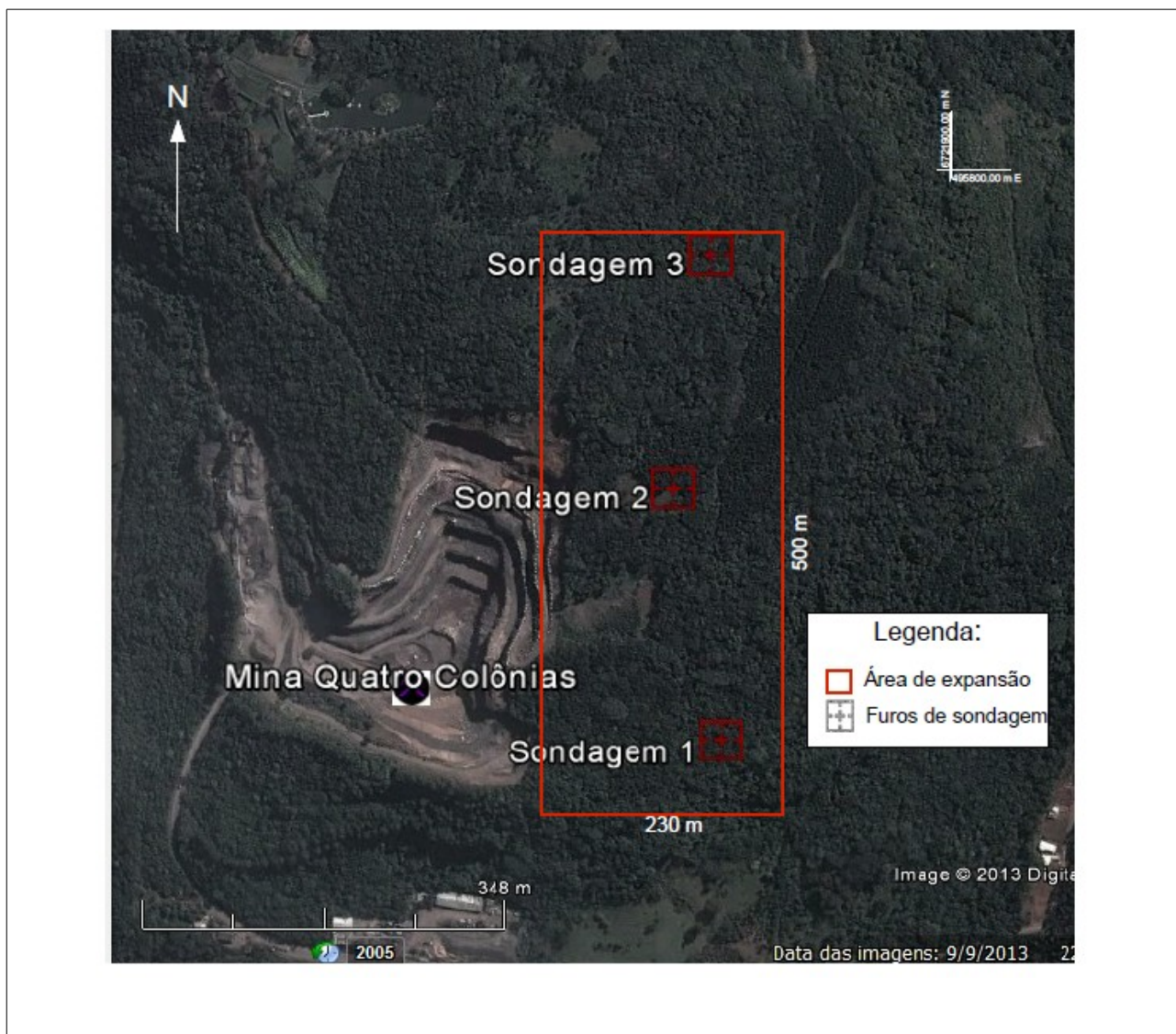


Figura 16: Imagem obtida através do Google Earth, com o polígono em vermelho representando a área de expansão da jazida cubada e a localização dos furos de sondagem rotativa.

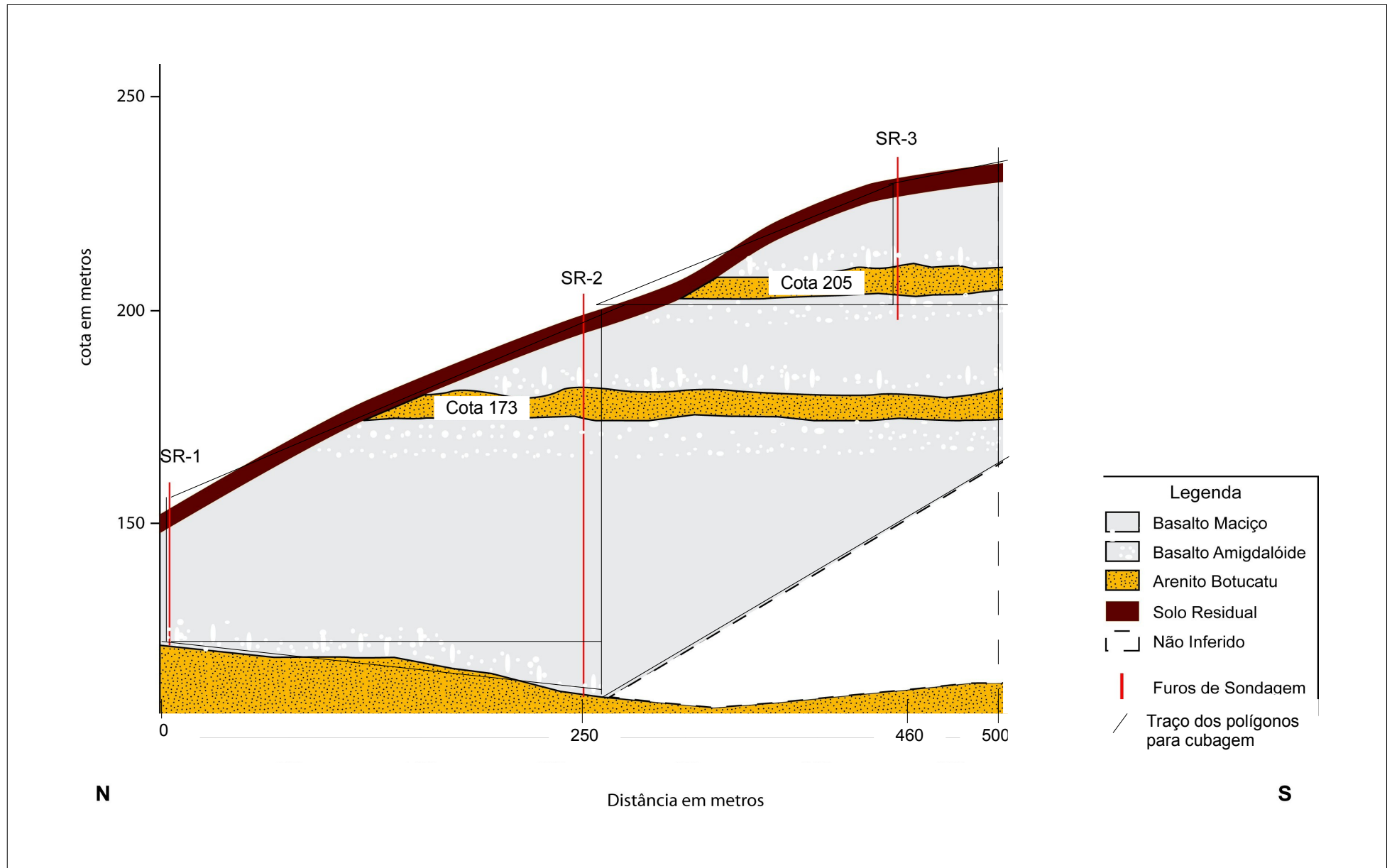


Figura 17: Perfil esquemático inferido com base na descrição dos furos de sondagem rotativa da área em expansão.

Obteve-se então:

- Área de expansão total: 230 metros E-W x 500 metros N-S:  $115000 \text{ m}^2 = 15,2 \text{ Ha}$

Através do método de influência de furos de sondagem, foi estimado o perfil ilustrado na figura 17. Este perfil foi segmentado em polígonos regulares, de maneira que fosse possível, o cálculo de suas áreas. A partir do cálculo dessas áreas e relacionando com a área total de superfície da jazida em expansão, calculou-se os volumes total, de decapagem, material estéril e enfim, do minério em questão: o basalto para a geração de agregado.

Relacionando a área com a profundidade dos furos de sondagem e perfis geológicos:

Sondagem 1: 30 metros

Sondagem 2: 88 metros

Sondagem 3: 30 metros

- Volume Total:  $7935000 \text{ m}^3$
- Decapagem(3,5 metros):  $402500 \text{ m}^3$
- Volume estéril(lentes de arenito)

Lente 1 ~  $255300 \text{ m}^3$

Lente 2 ~  $402500 \text{ m}^3$

- Volume Minério:

Volume total – decapagem – estéril =  $6874700 \text{ m}^3$  de basalto.

Levando em consideração a média ponderada entre as densidades\* do basalto maciço e amigdalóide na jazida, tem-se um valor aproximado de: \_

$6874700 \times [(90. 2,82) + (10.2,51)/100] = 19173538,3 \text{ Toneladas de minério.}$

\* As densidades serão apresentadas no capítulo “Caracterização do agregado”.

Este valor, devido as técnicas de cubagem do volume utilizadas para a jazida, pode ser considerado como um resultado de reserva indicada.

#### 4.1.3 Análise Estrutural Da Jazida:

Ainda no que diz respeito à cubagem da jazida apresentam-se os resultados do levantamento estrutural efetuado na área, onde se pode constatar, segundo análise dos diagramas de densidade/roseta obtidos através do programa Stereo32(Figuras 18 e 19), que há existência de três famílias de descontinuidades. A família principal tem atitudes preferencias NE-SW com ângulo de mergulho elevado. A segunda família de ordem 2 tem atitude NW-SE e a exemplo da família principal tem ângulo de mergulho alto. Pode-se ainda, visualizar uma possível família de 3ª ordem, esta com ângulo de mergulho geralmente menor que 40° e com atitudes parecidas com as da família principal, ou seja, NE-SW.

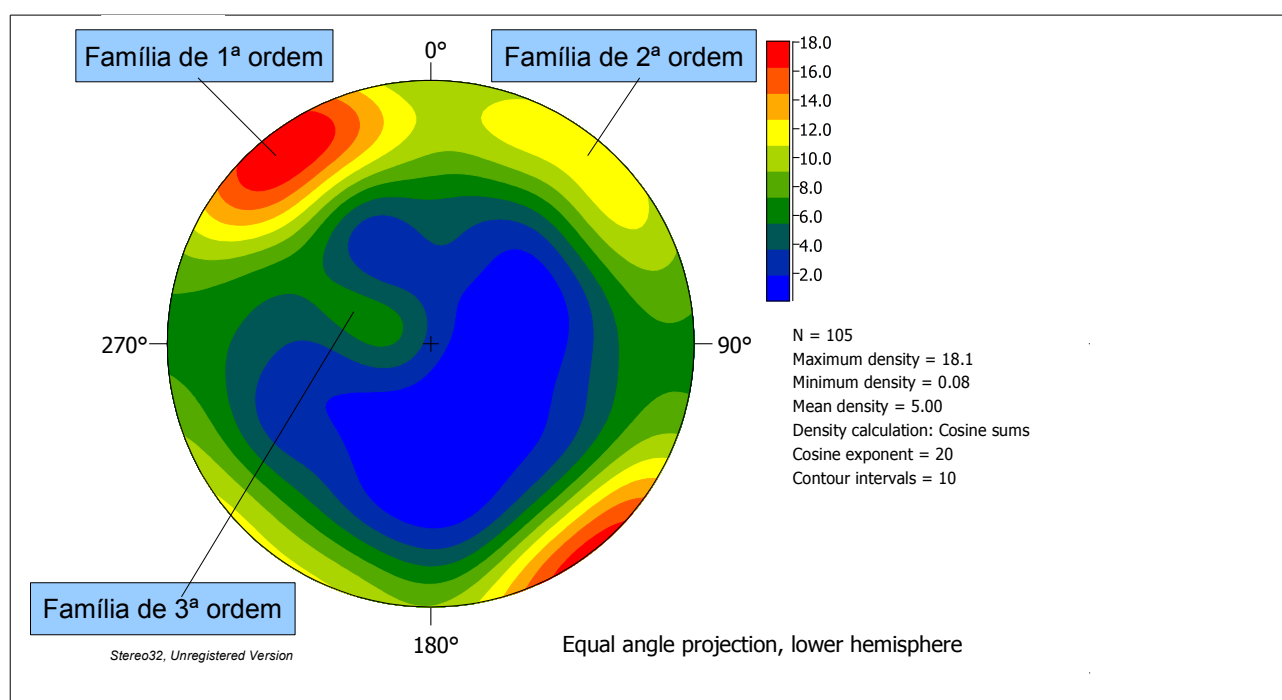


Figura 18: Diagrama de densidade com as principais famílias de descontinuidades presentes na área.

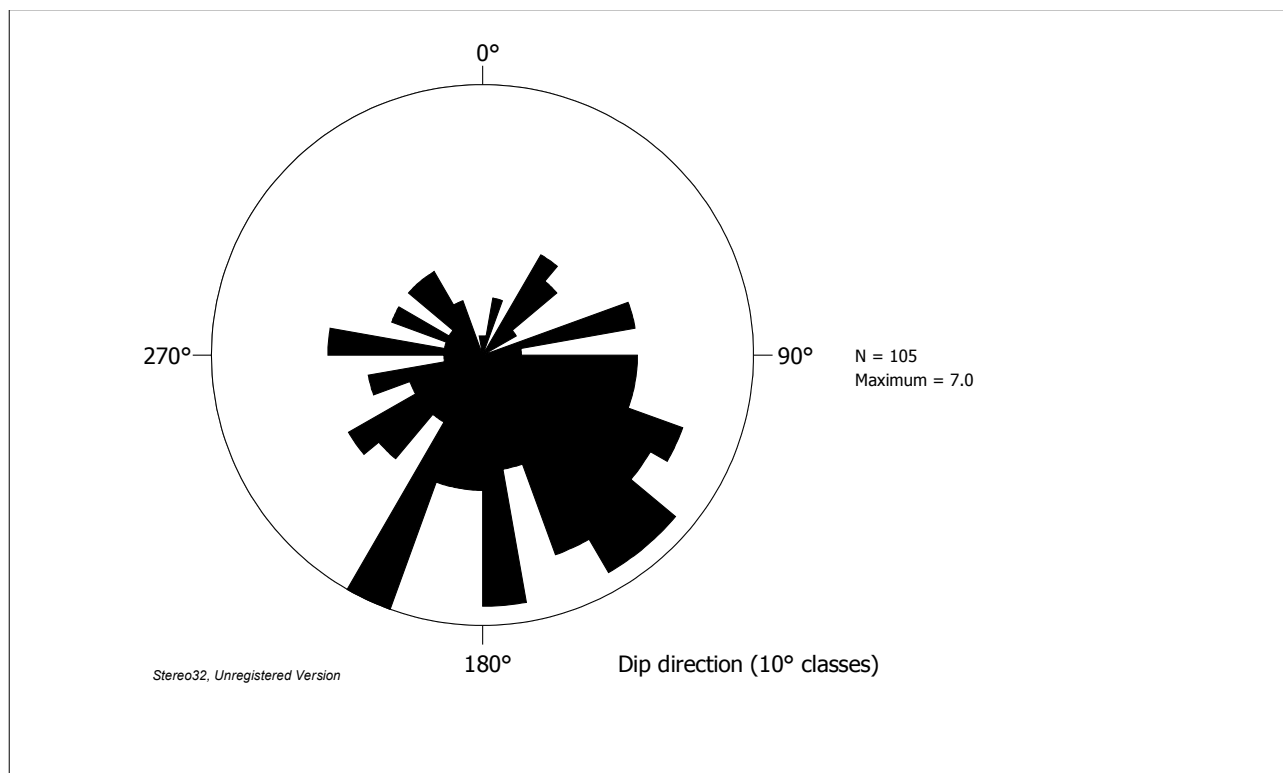


Figura 19: Diagrama de roseta com a direção de mergulho das descontinuidades observadas na área.

Sendo as características modais dessas descontinuidades apresentadas na tabela a seguir:

Tabela 7: Características modais dos planos de descontinuidades da área alvo de estudo.

Parâmetros Avaliados	Características modais das descontinuidades
Espaçamento médio	1,55 metros
Persistência	Entre 1 e 10 metros
Rugosidade	Rugosa, planar.
Umidade	Seca, eventualmente fluxo pequeno de água
Resistência/alteração das paredes	Extrema resistência/Não alterada
Abertura	Entre 0,1mm e 0,25mm
Preenchimento	0,25 – 0,5mm, média resistência

Os resultados obtidos pelo levantamento estrutural objetivam o aprimoramento da pesquisa no intuito de gerar informações relevantes para o melhor planejamento da estruturação das frentes de lavra, planos de fogo, precauções a serem tomadas na projeção das bancadas para reduzir o risco de instabilidades, principais acessos, logística e infraestrutura. Planejamento este, que é de responsabilidade técnica da engenharia de minas. Todas as análises efetuadas serão disponibilizadas à instituição apoiadora, para que a exploração da área em expansão seja feita de maneira otimizada.

## 4.2 CARACTERIZAÇÃO DO AGREGADO

Nesse item encontram-se os resultados dos ensaios laboratoriais executados em rocha ou agregado com a finalidade de particularizar as características do denominado basalto amigdalóide.

### 4.2.1 Análise dos parâmetros físicos/químicos da rocha:

- Apreciação Petrográfica:

Macroscopicamente a rocha se apresenta com cor cinza médio a cinza acastanhado, com estrutura amigdalóide, sendo essas amígdalas parcial ou totalmente preenchidas por zeólitas e/ou quartzo. Sua textura se caracteriza por ser afanítica. No que tange a alteração, a rocha se mostra variando de rocha sã a alterada, sendo que por algumas vezes podem ser identificadas amostras que exibem fina capa de alteração de coloração castanha causada por oxidação. Não reativa em teste para ácido clorídrico.

Microscopicamente confirmou-se a textura principal como amigdalóide (Figura 20), com amígdalas variando em tamanho desde 2mm até expressões centimétricas (2,5 cm).

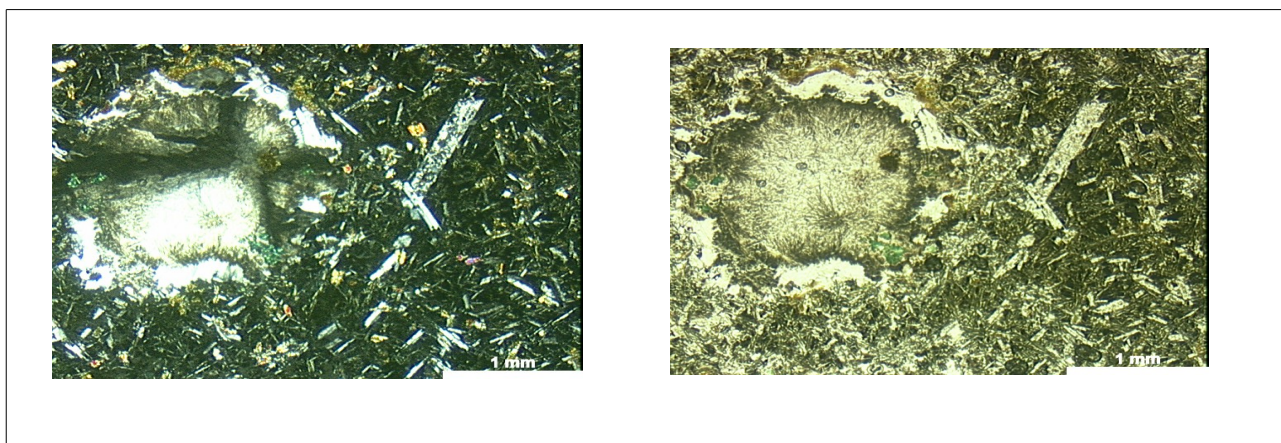
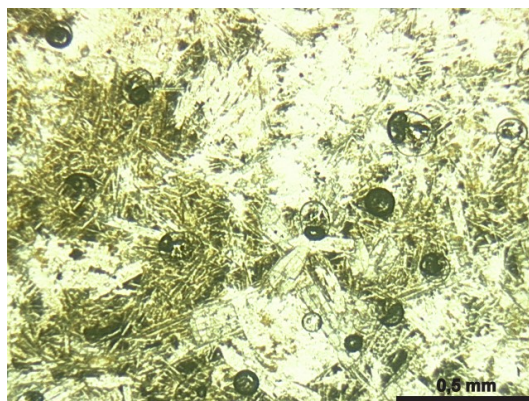


Figura 20: Textura amigdalóide com preenchimento por zeólita + celadonita. LP e LN.

Outras texturas identificadas foram a intersertal, com cristais de piroxênio e plagioclásio imersos numa matriz constituída por micrólitos e vidro devitrificado; a microporfirítica, com microfenocristais de plagioclásio imersos nesta mesma matriz; e a anti-oftítica, onde alguns grãos de piroxênio estão integral ou parcialmente inclusos no plagioclásio. **As amígdalas** encontram-se em sua maioria preenchidas por **zeólitas** onde formam agregados radiais com extinção ondulante e irregular. Aparecem também preenchendo as amígdalas, porém em teor muito subordinado cristais de **quartzo e carbonatos**. O **plagioclásio** ocorre predominantemente na forma de cristais tabulares, na matriz e, minoritariamente, como microfenocristais. Os microfenocristais são pouco frequentes, com hábito tabular e atingem até 1,5 mm de diâmetro. Os cristais da matriz constituem a população dominante de feldspatos da rocha e apresentam diâmetro médio de 0,2 mm. Distribuem-se aleatoriamente na matriz devitrificada, sem orientação preferencial. A composição dos plagioclásios é predominantemente da labradorita determinado pelo ângulo de extinção da macla da albita. A matriz da rocha inclui também cristais aciculares. As microfraturas são relativamente frequentes e possuem orientação oblíqua ou perpendicular ao alongamento dos grãos, estando preenchidas por argilo minerais ou óxidos e hidróxidos de ferro. Diversos grãos maiores possuem alteração para argilo minerais de cor amarronzada. O **clinopiroxênio** ocorre como prismas curtos, subédricos a anédricos e intersertais, com dimensões menores que a dos plagioclásios e tamanhos entre 0,1 e 0,4 mm (diâmetro médio de 0,25 mm). Propriedades óticas indicam que a espécie de piroxênio é a augita. Raros grãos com ângulo 2V baixo correspondem a variedade pigeonita. O **vidro vulcânico** ocorre na matriz da rocha, preenchendo os espaços entre os grãos de plagioclásio, e augita. O vidro encontra-se quase integralmente devitrificado, mostrando crescimento na forma de agregados de feldspatos, alguns com crescimento radiado, apresentando cor marrom à luz natural. Diversos domínios da lâmina mostram que a matriz intersticial (vidro) cristalizou para feldspatos como grãos mal formados, muitos deles esqueletais (figura 21).





*Figura 21: Processo de desvitrificação em basalto formando cristais esqueléticos de plagioclásio. LN.*

Os argilo minerais ocorrem de modos distintos ao longo da rocha. A principal ocorrência consiste de argilo minerais de cor verde, preenchendo amígdalas, substituindo parcial ou totalmente os minerais com formas irregulares e distribuindo-se como agregados fibrorradiados, são esmectitas. Algumas amígdalas possuem zonação composicional, onde a parte central possui argilas de cor marrom (celadonita) e as bordas são preenchidas por esmectitas (Figura 22). Estas também substituem parcialmente os piroxênios e completamente o que seriam olivinas (pseudomorfismo), como mostra a figura 23 ou, mais raramente, encontram-se inclusas em microfenocristais de plagioclásios. Argilas marrons substituem parcialmente microfenocristais de plagioclásio.



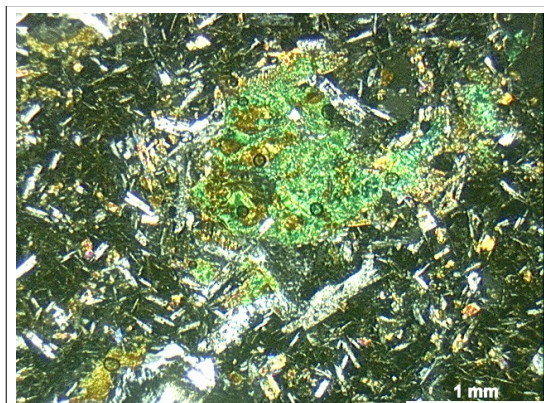


Figura 22.



Figura 23.

*Figura 22: Preenchimento zonado de amígdala com esmectita e celadonita. LP*

*Figura 23: Pseudomorfismo de esmectita sobre olivina. LN.*

A **hematita** ocorre na forma de grãos individuais subédricos a anédricos e como filmes de cor vermelha, nas bordas dos opacos, ou tingindo alguns grãos de piroxênio ou plagioclásio. Alteração: a alteração secundária é moderada e consiste no preenchimento de amígdalas e espaços vazios da rocha por argilo minerais predominantemente. A outra forma de alteração é a substituição parcial ou total de grãos de clinopiroxênio/olivina por agregados de esmectita. A alteração ocorre também parcialmente em grãos de plagioclásio substituídos por argilo minerais de cor amarelo amarronzada. Estado microfissural: os plagioclásios e piroxênios apresentam baixa a moderada densidade de fraturamento.

Minerais: (contagem modal - %)

Plagioclásio.....36,5

Clinopiroxênio.....15

Vidro devitrificado.....19,5

Celadonita.....8,0

Esmectita.....9,0

Hematita.....1,0

Carbonatos.....1,0

Zeólita.....10,0

Classificação: **basalto**.

- Resultados das análises dos parâmetros físicos:

A tabela a seguir, traz os resultados das análises dos parâmetros físicos efetuados ao longo do estudo.

*Tabela 8: Resultado das análises dos índices físicos de amostra de basalto amigdalóide.*

<b>Propriedade Física Ensaçada</b>	<b>Amostra BAMIG-1</b>
<b>Massa específica aparente seca (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2,51</b>
<b>Absorção de água (%)</b>	<b>3,5</b>
<b>Porosidade aparente (%)</b>	<b>8,9</b>
Velocidade da propagação de ondas sônicas(m/s)	<b>5,53</b>
<b>Índice de carga pontual, Is50(MPa)</b>	<b>7,33</b>
Compressão uniaxial estimada(MPa)	<b>175,9</b>

#### 4.2.2 Resultados dos ensaios tecnológicos do agregado

Seguem as tabela 9 e 10 com os resultados obtidos nos ensaios que caracterizaram tecnologicamente o agregado:

*Tabela 9: Resultados dos ensaios tecnológicos para amostra de Basalto amigdalóide.*

Ensaio Tecnológico	Amostra BAMIG-1
Desgaste por Abrasão <i>Los Angeles</i> (%) - graduação A	18
Resistência ao choque Treton(%)	9,8
Adesividade ao CAP 50/70	Não Satisfatório sem uso de aditivos.

*Tabela 10: Resultado do ensaio de sanidade de amostra de basalto amigdalóide quando imerso em solução de sulfato de sódio.*

Abertura das peneiras (preparação das frações)				Perda em massa (%)
Passado		Retido		
(mm)		(mm)		
63,5	2 1/2"	50,8	2"	8,1
50,8	2"	38,1	1 1/2"	8,1
38,1	1 1/2"	25,4	1"	16,2
25,4	1"	19,1	3/4"	16,2
19,1	3/4"	12,7	1/2"	22,9
12,7	1/2"	9,5	3/8"	22,9
9,5	3/8"	4,8	malha n.º 4	35,5
9,5	3/8"	4,8	malha n.º 4	42,8
4,8	malha n.º 4	2,4	malha n.º 8	55,7
2,4	malha n.º 8	1,2	malha n.º 16	46,6
1,2	malha n.º 16	0,6	malha n.º 30	35,5
0,6	malha n.º 30	0,3	malha n.º 50	30,1

## 5 CONCLUSÕES E DISCUSSÃO

Ao que tange a temática chave do projeto, a análise dos elementos geológicos e geotécnicos recolhidos nos estudos abordados neste trabalho resultaram nas seguintes considerações e conclusões:

i) A respeito da caracterização do agregado gerado pela mina, pode-se concluir que o basalto maciço responde positivamente à todas as especificações técnicas normativas que dizem respeito a utilização desse material para a pavimentação rodoviária e em concreto.

O basalto com textura amigalóide, responde fisicamente muito bem aos ensaios laboratoriais executados. Ou seja, este material obteve resultados muito parecidos com a resposta do basalto maciço (tabela 11), essa “semelhança” nos resultados foi interpretada com reflexo da mineralogia primária das litologias que também é muito parecida e, portanto, satisfatório perante as normas técnicas aos ensaios voltados a caracterização das propriedades que vinculam à resistência ao desgaste por choque ou atrito, tanto da rocha quanto do agregado gerado por ela, tais como, índices físicos, Abrasão Los Angeles, Compressão Uniaxial, Velocidade da Propagação de Ondas, Resistência ao choque Treton.

**Tabela 11: Tabela resumo com a comparação dos ensaios de caracterização das diferentes litologias ocorrentes na área.**

Característica da Rocha	ARENITO Botucatu	BASALTO Amigdalóide	BASALTO Denso
Massa específica aparente seca (g/cm <sup>3</sup> )	2,06	2,51	2,82
Absorção de água (%)	5,3	3,5	1,5
Porosidade aparente (%)	11	8,9	4,3
Desgaste por abrasão Los Angeles (%)	63	18	18
Choque Treton(%)	NI	9,8	NI
Índice de carga pontual, Is50 (MPa)	2	7,3	~10
Adesividade ao CAP 50/70	Não satisfatório	Não satisfatório	Satisfatório com 0,7% de aditivo

Já no ensaio que avalia a resistência à desintegração dos agregados sujeitos a ação do tempo – Ensaio de Sanidade - o resultado mostrou-se não satisfatório quando confrontados os valores obtidos e as especificações técnicas para o uso em pavimentação. Apenas na fração mais graúda do agregado(63,5 – 50,8mm), o agregado atendeu o valor da perda mínima exigida pela especificação normativa (DAER-ES-P 08/91) para base granular em rodovias. Essa característica foi interpretada como resposta da própria textura da rocha, ou seja, como as amígdalas, além de serem preenchidas por minerais de baixa dureza/resistência, são pontos preferenciais para alteração onde ocorre

a formação e argilominerais, por vezes expansivos, e a resposta à alteração desse material quando exposto às condições de alteração existentes em pavimentações rodoviárias será muito rápida, gerando assim, problemas na estrutura do pavimento rodoviário, que pode acarretar uma série de problemas à sociedade em geral. Logo, o uso do basalto amigdalóide por si, não é recomendado para uso como agregado em pavimentação.

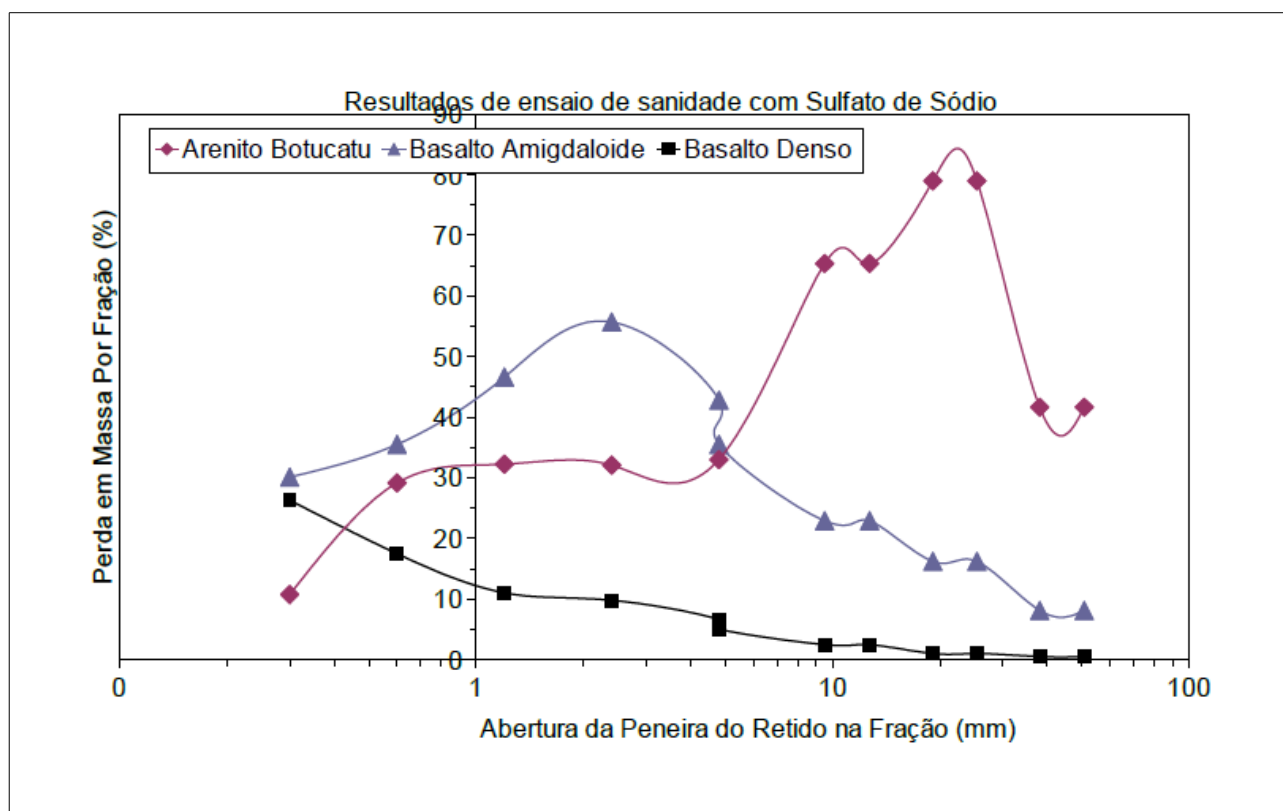


Figura 24: Gráfico da perda em % da massa do agregado em relação as dimensões retidas de por fração fração.

Analisando o gráfico da figura 24, nota-se uma inflexão na curva da perda em % da massa da amostra para o basalto amigdalóide por volta da fração de tamanho do agregado de 2mm. Este é o tamanho mínimo das amígdalas identificadas em descrição microscópica. Ou seja, este resultado corrobora com a conclusão de que as amígdalas presentes na litologia fazem com que a perda de massa para frações de agregado maiores que 2mm seja elevada, tendo assim qualidade insatisfatória para o uso em pavimentação.

O reflexo da mineralogia das litologias avaliadas, como pode ser visto na tabela 12, é de suma importância na resposta da qualidade do agregado produzido. Essa qualidade

está diretamente vinculada a parâmetros de alterabilidade dos maciços, logo, para avaliarmos a qualidade dos agregados em questão, é necessário observar os minerais secundários e de alteração presentes nas rochas presentes na mina Quatro Colônias.

*Tabela 12: Características texturais e mineralógicas das litologias presentes na Mina Quatro Colônias.*

Características da rocha	Arenito Botucatu	Basalto amigdalóide	Basalto denso
Cor da amostra seca	vermelho claro	cinza escuro – cinza acastanhado	preto
Textura	granular fina	afanítica	afanítica
Estrutura	acamadada	amigdalóide	maciça
Mineralogia(%)	Feldspatos: 10 Quartzo: 60 Carbonato: 30	Plagioclásio: 36,5 Clinopiroxênio: 15 Vidro devitrificado: 19,5 Celadonita: 8,0 Esmectita: 9,0 Hematita: 1,0 Carbonatos: 1,0 Zeólita: 10,0	Plagioclásio: 62 Clinopiroxênio: 26 Opacos: 4,8 Argilominerais: 5,5 Hematita: 1,2 Zeólita: 0,5

Como pode se observar no quadro acima, diferentemente do basalto denso, o basalto amigdalóide possui um teor elevado de minerais secundários e de alteração. A presença de minerais secundários como zeólita e carbonatos, que ocorrem no preenchimento das amígdalas, por serem minerais de baixa dureza, fazem com que o agregado gerado pela rocha em questão tenha uma menor qualidade relacionada a aspectos físicos como desgaste, impacto e choque. Já a presença de minerais de alteração como celadonita e esmectita resultam num baixa qualidade de agregado principalmente no que diz respeito à sua durabilidade. Sendo assim, o basalto amigdalóide, por apresentar cerca de 20% de sua contagem modal formada por tais argilominerais, especialmente esmectita, do grupo das montmorillonitas, que tem por característica ser um mineral expansivo, apresentou-se como uma rocha que gera um agregado de baixa durabilidade e seu uso na construção civil de ser controlado, já que agregados com teores de argilominerais acima de 15 - 20% devem ser utilizados com cuidado, especialmente se forem argilominerais expansivos. Deve-se evitar, também, de

usar esses materiais em condições de intempéries rigorosas, por exemplo, em lastro padrão de ferrovias ou como material de enrocamento exposto nas barragens de enrocamento (Farjallat, 1979).

Para a produção de concreto o agregado gerado pelo basalto amigdalóide atendeu as especificações técnicas (ABNT, NBR-7211) para os ensaios efetuados.

Sugere-se então que o uso do basalto amigdalóide como agregado na pavimentação – brita graduada - seja limitado e feito em conjunto com o basalto denso, em proporções não superiores a 20%, aproximadamente.

O arenito Botucatu, por seu lado, não é recomendado para uso como agregado de primeira linha, exceto para concreto em pisos para o tráfego de pedestres ou veículos leves. Deverá ser minerado seletivamente e britado separadamente das demais litologias.

ii) Tendo em vista o projeto de expansão da mina, a área cubada se mostrou com ótimo potencial para a produção de agregado, tanto no que diz respeito aos valores de volume de minério como na qualidade do mesmo. Os perfis geológicos mostraram a presença de lentes de arenito entre os derrames na área de expansão, essas lentes são consideradas como material estéril, portanto sugere-se um plano exploratório seletivo, com planejamento de lavra que contemple a lavra simultânea de bancadas que apresentam as litologias de basalto maciço e amigdalóide e bancadas homogêneas de basalto denso. Isso tornará possível a mistura dos materiais durante o processo de britagem. Enquanto que as lentes de arenito podem ser definidas como limite entre as bancadas de maneira que a exploração do agregado não seja influenciada com eventuais problemas de contaminação do minério ou ainda que uma infraestrutura mais custosa seja demandada durante o processo de exploração. A partir da perfilagem criada a partir dos furos de sondagem, pode-se observar que as características da área em potencial para exploração se assemelham com o padrão observado na pedreira atual, onde aparece um padrão homogêneo, litologicamente, até determinada cota – cota 161, e, a partir disso, com a ocorrência das lentes de arenito, as características da jazida se mostram heterogêneas. A cota de aparecimento das lentes de arenito na área de expansão se dá por volta da cota 177. A figura 25 que faz um comparativo entre a área de exploração atual e área de expansão.



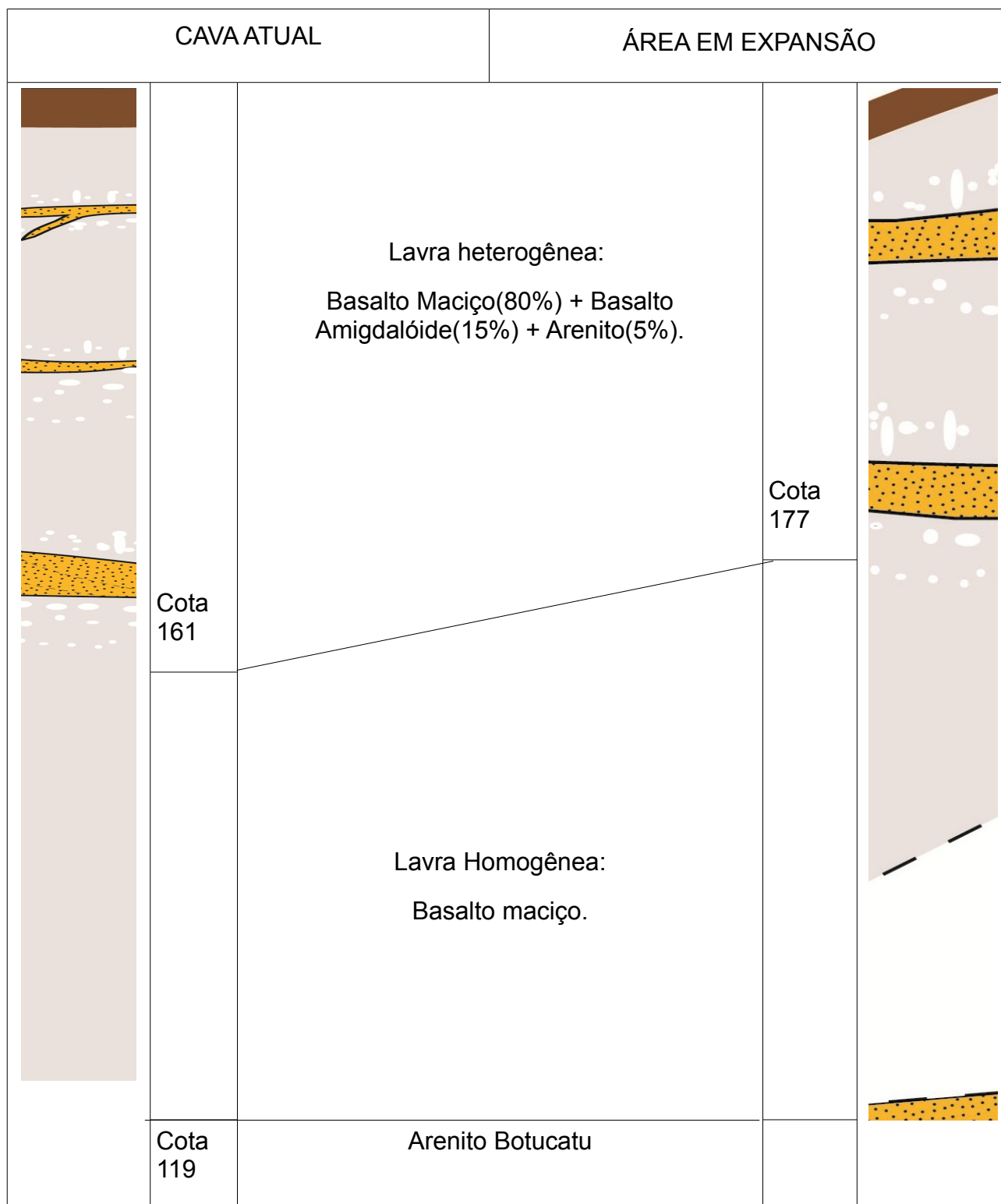


Figura 25: Comparativo entre as características das jazidas

## **6 IMPACTO E APLICAÇÕES NA LINHA TEMÁTICA DO PROJETO**

Para o atendimento de suas necessidades (energia, transporte, alimentação, moradia, segurança física, comunicação...) o Homem é inexoravelmente levado a aproveitar uma série de recursos naturais (água, petróleo, minérios, energia hidráulica, solos...) e a ocupar e modificar espaços naturais das mais diversas formas (cidades, agricultura, indústria, usinas elétricas, vias de transportes, portos, canais, disposição de rejeitos ou resíduos...), o que já o transformou no mais poderoso agente geológico hoje atuante na superfície do Planeta.

Justamente por estar diretamente ligado à qualidade de vida da população o setor de agregados ganha cada vez mais relevância em âmbito global para a sociedade. Os agregados para a indústria da construção civil são as substâncias minerais mais consumidas e, portanto, os mais significativos em termos de quantidades produzidas no mundo. São materiais abundantes na natureza e apresentam baixo valor unitário, no entanto, seu consumo constitui um importante indicador do perfil socioeconômico de um país.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT - Especificações técnicas para agregados de rochas utilizados na construção civil.
- ABNT - Normas técnicas de ensaios de caracterização de rochas para uso na construção civil.
- ABNT NBR NM 53:2009 - Agregado graúdo - Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água.
- ABNT NBR 12583:1992 – Agregado graúdo - Verificação da adesividade a ligante betuminoso - Método de ensaio.
- ABNT NBR 7389-2:2009 - Agregados - Análise petrográfica de agregado para concreto. Parte 2: Agregado graúdo.
- ABNT NBR NM 51:2001 -Agregado graúdo - Ensaio de abrasão "Los Angeles".
- BELLIENI G., COMIN-CHIARAMONTI P., MARQUES L.S., MELFI A..J., NARDY, A.J.R., PAPTRECHAS C., PICCIRILLO E.M., ROISENBERG A., STOLFA D. 1986. Petrogenetic aspects of acid and basaltic lavas from the Paraná plateau (Brazil): mineralogical and petrochemical relationships. J Petrol. 27:915-944
- BROWN, E. T., 1981. Rock Characterization Testing and Monitoring, ISRM Methods, Pergamon Press, Oxford.
- CAS, R. A. F. & WRIGHT, J. V. 1987. Volcanic Successions. Modern and Ancient. London, Unwin Hyman, 487p.
- CARLSON, R. W. 1991. Physical and chemical evidence on the cause and source characteristics of flood basalt volcanism. Australian Journal of Earth Sciences, 38:525-544.
- CHIOSSI, N. J. 1979; Geologia Aplicada à Engenharia.
- CIENTEC – Fundação de Ciência e Tecnologia, 2008, Relatório de ensaios nº 23302/81867.
- CIENTEC – Fundação de Ciência e Tecnologia, 2013, Relatório de ensaios nº BAMIG-1.
- DAER, Especificações gerais, 1998.
- DAER, Manual de Ensaio. Volumes I e II, 2001.
- DNER-ME 035/98 – Determinação da Abrasão Los Angeles.
- DNER-ME 078/94 – Agregado Graúdo – Adesividade a Ligante Betuminoso.

DNER-ME 081/98 - Determinação da Absorção e da Densidade do Agregado Graúdo.

DNER-ME 089/94 - Agregados - Avaliação da Durabilidade Pelo Emprego de Soluções de sulfato de Sódio ou de Magnésio.

DNIT, Manual de pavimentação. Publicação IPR -719. Ministério dos Transportes - DNIT-IPR. Rio de Janeiro - RJ. Capítulo 2 - Item 2.2, Capítulo 4 - Item 4.3.1.,2006.

FARJALLAT, J. E. S. (1972). Desagregabilidade de rochas e problemas relativos à sua aplicabilidade - Relato sobre o tema. In.: Semana Paulista de Geologia Aplicada, 4a. São Paulo-SP, p. 19-53.

GONZAGA DE CAMPOS, L. F., 1889. Relatório da comissão geográfica e geológica de São Paulo. Anexo, p.21-34.

GONZATTI, C. Recomendações de ensaios em materiais geológicos para uso na construção civil.(2003) CIENTEC, Porto Alegre. Boletim Técnico 29, 47p.

HAUSMAN, A. Províncias Hidrogeológicas do Estado do Rio Grande do Sul – RS. Acta Geológica Leopoldensia (Série Mapas, escala 1:50.000), n. 2, p. 1-127, 1995.

HOOPER, P. R. 2000. Flood Basalt Provinces. In: SIGURDSSON, H. HOUGHTON, B. F.; MCNUTT, S. R.; RYMER, H.; STIX, J.(Ed): Encyclopedia of Volcanoes. Academic Press, San Diego. p. 345-359.

ISRM – Commission on Testing Methods, 1985 - Suggested Method for Determining Point Load Strength. Pergamon Press, pp. 53–60.

ISRM - International Society for Rock Mechanics (1978). Suggested methods for the quantitative description of discontinuities in rock masses. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, v. 15, p. 319-368. Commission on Standardization of Laboratory and Field Tests, BARTON, N. (coord.).

ISRM - International Society for Rock Mechanics (1978). Suggested method for petrographic description of rocks. Int. Journal of Rock Mech. and Min. Scienc. & Geomech. Abstr.. Vol. 15, nº 2, p. 41-45.

ISRM - International Society for Rock Mechanics (1979). Suggested methods for determining water content, porosity, density, absorption and related properties and swelling and slake-durability index properties. Int. Journal of Rock Mech. and Min. Scienc. & Geomech. Abstr.. Vol. 16, nº 2, p. 141-156.

JUCHEM, P. L. 1999. Mineralogia, geologia e gênese dos depósitos de ametista da região do Alto Uruguai. São Paulo, 225p. (Tese Doutorado) Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

LEINZ, V. Contribuição à Geologia dos Derrames Basálticos do Sul do Brasil. Bol. FFC/USP, v. 5, p.1-61 , 1949.

MELFI, A.J.; PICCIRILLO, E.M. & NARDY, A.J.R. Geological and Magmatic Aspects of the Paraná Basin : an Introduction. In: PICCIRILLO, E.M. &

MELFI, A.J. ; eds. The Mesozoic flood volcanism of the Paraná basin: petrogenetic and geophysical aspects. São Paulo: IAG-USP, 1988. 600 p.

MILANI, E. J. 1997. Evolução Tectono-Estratigráfica da Bacia do Paraná e seu relacionamento com a geoquímica fanerozóica do Gondwana sul-ocidental. Tese de doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Geociências. Curso de Pós-Graduação em Geociências, Porto Alegre, BR-RS.

MÜHLMANN, H.; SCHNEIDER, R. L.; TOMMASI, E.; MEDEIROS, R. A.; DAEMON, R. F.; NOGUEIRA, A. Revisão Estratigráfica da Bacia do Paraná. In: 28º Congresso Brasileiro de Geologia, Porto Alegre. SBG. V. 1 p. 41-65.

PICCIRILLO, E.M. et al., The mesozoic flood volcanism of the parana basin: Petrogenetic and geophysical aspects. Sao Paulo : USP, Instituto Astronomico e Geofisico, 1988. 600p.

RADAM/BRASIL. 1986. Folha SH. 22. Porto Alegre e parte das Folhas SH. 21 Uruguaiana e SI. 22 Lagoa Mirim: Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação, Uso Potencial da Terra. 1986. Rio de Janeiro: IBGE 796p. (Levantamento de Recursos Naturais, v. 33).

ROISENBERG, A. 1990. Petrologia e Geoquímica do Vulcanismo Ácido Mesozoico da Província Meridional da Bacia do Paraná. Porto Alegre, Tese de doutorado em geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

ROISENBERG, A.& VIERO, A. P. In: HOLZ, M.; DE ROS, L. F. O Vulcanismo Mesozóico da Bacia do Paraná no Rio Grande do Sul. Geologia do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, UFRGS, 2000. p. 355-374.

RW GEOLOGIA E GEOTECNIA LTDA, 2007, Relatório de sondagens da área de expansão da Mina Quatro Colônias.

TURNER, S.; REGELOUS, M.; KELLEYS, S.; HAWKESWORTH, C.; MANTOVANI, M. 1994. Magmatism and continental break-up in the South Atlantic: High precision AR-40-AR-39 geochronology. Earth and Planetary Science Letters, volume 121, n 3-4, p. 333-348.

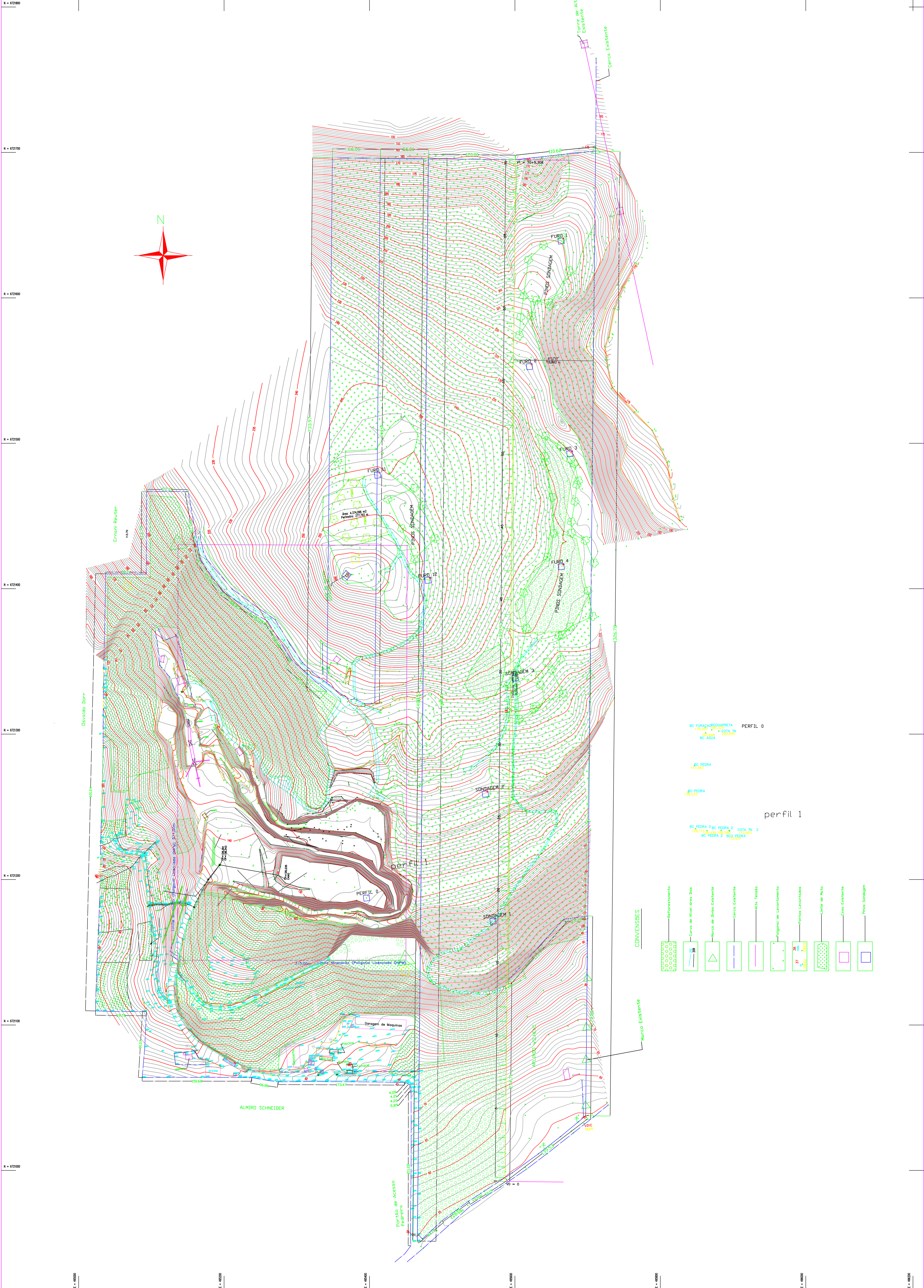
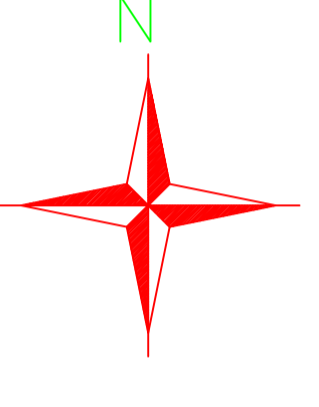
WHITE, I. C.. Relatório sobre as Coal Measures e rochas associadas ao sul do Brasil. Relatório final da comissão dos estudos de minas de carvão de pedra do Brasil. Imprensa Nacional. Rio de Janeiro, XXVIII, 617 p.

WILDNER, W.; LIMA, E. F.; CAMOZZATO, E.; LOPES, R. C. Vulcanismo Neoproterozóico-Cambriano no Rio Grande do Sul: estratigrafia e aspectos texturais. Revista Terra, Rio de Janeiro, v. 3, p. 19-27, 1997.

WILDNER,W. 2004. Estratigrafia do Magmatismo Serra Geral na Bacia do Paraná- Conceitos básicos e divisão faciológica. Reunião aberta da Comissão Brasileira de Estratigrafia. SBG. Porto Alegre, p. 62-67

ANEXO 1 – MAPA CARTOGRÁFICO DE LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE PESQUISA.





\\Servidor\clientes (d)\Marcon\seto.JPG

ASSUNTO	FURTO DE SONDAJEM		
PROPRIETARIO			
RESPONSAVEL TECNICO			
ESCALA	LEVANTAMENTO	CALCULO	REVISAO
1:5000	Marcos	Paulo Marcon	12/12/2007
		MIGUEL BERTOLIGAMBA CREABR/07	PROJETO UNICA
			PMOIA

D:\Pavica\VELDEBRANDEIRA\_2007\ATUALIZACAO ABRIL 2007\URUS SONDAJEM DEZEMBRO 2007.dwg

- CONVENÇÕES
- Murachamento
  - Cotas de Nivel Area Dta
  - Marco de Datas Existente
  - Cotas Existente
  - Linha Terminada
  - Região de Levantamento
  - Pontos Levantados
  - Linha de Alto
  - Cotas Existente
  - Ponto Sonda

perfil 0  
R: FURTO - 2007/01/01  
R: FURTO - 2007/01/01  
R: FURTO - 2007/01/01

perfil 1  
R: PONTA 2 de PONTA 2  
R: PONTA 2 de PONTA 2  
R: PONTA 2 de PONTA 2



ANEXO 2 - RELATÓRIOS DE ENSAIO / CIENTEC.



## ENSAIOS EM AMOSTRAS DE ROCHA

**Cliente:** A. G. PENNA CONSTRUÇÕES E SANEAMENTO LTDA.  
Rodovia RS 239, km 9,5 - Distrito de Quatro Colônias  
93700-000 - CAMPO BOM - RS

**Material ensaiado:** três amostras, compostas por fragmentos de testemunhos de sondagem com diâmetro BX, entregues à CIENTEC e declaradas pelo Cliente como procedentes de área da A. G. PENNA referente ao Processo DNPM N° 810.430/2004. No Laboratório de Mecânica e Tecnologia de Rochas as amostras foram identificadas conforme Quadro 1.

**Quadro 1** - Identificação das amostras fornecidas para ensaios.

CIENTEC Amostra n°	Identificação do Cliente
23302/1	Testemunhos da sondagem SR 01.
23302/2	Testemunhos da sondagem SR 02.
23302/3	Testemunhos da sondagem SR 03.

**Solicitação do Cliente:** ensaios de sanidade, adesividade, Los Angeles e massas específicas e absorção de água segundo as normas ABNT NBR NM 53 e DAER-EL 105.

**Data do recebimento do material:** 10 de dezembro de 2007.

**Período de realização dos ensaios:** 07 de janeiro a 12 de fevereiro de 2008.

**Métodos:**

- apreciação petrográfica macroscópica segundo ABNT NBR 7389/1992;
- sanidade segundo DNER ME 089/1994 - Ensaio acreditado no INMETRO segundo o Certificado de Acreditação n° CRL 0210;
- adesividade segundo ABNT NBR 12583/1992;
- desgaste Los Angeles segundo ABNT NBR NM 51/2001 - Ensaio acreditado no INMETRO segundo o Certificado de Acreditação n° CRL 0210;
- absorção de água, massa específica aparente seca, massa específica saturada e massa específica segundo ABNT NBR NM 53/2006 - Ensaio acreditado no INMETRO segundo o Certificado de Acreditação n° CRL 0210;
- absorção de água, massa específica aparente e massa específica real segundo DAER-EL 105/2001.

**RESULTADOS****1. Apreciação petrográfica macroscópica das amostras antes dos ensaios****Amostra 23302/1**

Cor: Amostra seca = cinza escura.

Amostra úmida = cinza escura a preta.

Estrutura: maciça.

Textura: afanítica.

Alteração: rocha sã.

Classificação provável: basalto.

Propriedades físico-mecânicas: rocha muito coerente.

Forma dos fragmentos: não se aplica.



**Foto 1** - Aspectos como cor e textura típicos da amostra 23302/1.

**Amostra 23302/2**

Cor: Amostra seca = cinza escura. Alguns fragmentos possuem tonalidade avermelhada.

Amostra úmida = cinza escura a preta.

Estrutura: maciça.

Textura: afanítica.

Alteração: rocha sã.

Classificação provável: basalto.

Propriedades físico-mecânicas: rocha muito coerente.

Forma dos fragmentos: não se aplica.



**Foto 2** - Aspectos como cor e textura típicos da amostra 23302/2.

**Amostra 23302/3**

Cor: Amostra seca = cinza escura. Alguns fragmentos possuem tonalidade avermelhada.

Amostra úmida = cinza escura a preta.

Estrutura: maciça.

Descontinuidades: presença de fraturas seladas (fechadas), sem preenchimento, inclinadas em relação à direção da sondagem.

Textura: afanítica.

Alteração: rocha sã.

Classificação provável: basalto.

Propriedades físico-mecânicas: rocha muito coerente.

Forma dos fragmentos: não se aplica.



**Foto 3** - Aspectos como cor, textura e fraturas naturais típicos da amostra 23302/3.

## 2. Sanidade

As frações necessárias para o ensaio de sanidade foram obtidas pela britagem do material em britador de mandíbulas do laboratório. O ensaio foi executado fazendo-se a imersão da amostra em solução de sulfato de sódio ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) anidro e secagem em estufa. Esse procedimento foi repetido 5 vezes.

A perda ponderada por fração e total do ensaio não foi calculada, pois não foi possível fazer a análise granulométrica da amostra devido ao formato recebido para ensaio (testemunhos de sondagem). Seu cálculo, no entanto, pode ser feito, multiplicando-se a porcentagem de perda de cada fração empregada no ensaio pela respectiva porcentagem de material retido (obtida de análise granulométrica ou curva granulométrica desejada). Após, somam-se todos os valores obtidos e divide-se por 100.

Do ponto de vista qualitativo, a análise após o ensaio mostrou que nenhuma das três amostras sofreu modificação visual significativa.

Já os resultados da análise quantitativa são apresentados nos Quadros 2, 3 e 4, respectivamente para as amostras 23302/1, 23302/2 e 23302/3.

**Quadro 2** - Resultados da análise quantitativa do ensaio de sanidade na amostra 23302/1.

Abertura das peneiras (preparação das frações)				Perda em massa (%)	Distribuição granulométrica (retido individual) (%)	Perda ponderada (%)
Passado		Retido				
(mm)		(mm)				
50,8	2"	38,1	1 1/2"	0,49	-	-
38,1	1 1/2"	25,4	1"	1,00	-	-
25,4	1"	19,1	3/4"			
19,1	3/4"	12,7	1/2"	2,47	-	-
12,7	1/2"	9,5	3/8"			
9,5	3/8"	4,8	malha n.º 4	5,04	-	-
9,5	3/8"	4,8	malha n.º 4	6,55		
4,8	malha n.º 4	2,4	malha n.º 8	9,78	-	-
2,4	malha n.º 8	1,2	malha n.º 16	11,01	-	-
1,2	malha n.º 16	0,6	malha n.º 30	17,47	-	-
0,6	malha n.º 30	0,3	malha n.º 50	26,28	-	-
					TOTAL	-

**RELATÓRIO DE ENSAIO**

**23302/81867**

**Quadro 3** - Resultados da análise quantitativa do ensaio de sanidade na amostra 23302/2.

Abertura das peneiras (preparação das frações)				Perda em massa (%)	Distribuição granulométrica (retido individual) (%)	Perda ponderada (%)
Passado		Retido				
(mm)		(mm)				
50,8	2"	38,1	1 1/2"	0,52	-	-
38,1	1 1/2"	25,4	1"	2,39	-	-
25,4	1"	19,1	3/4"			
19,1	3/4"	12,7	1/2"	2,14	-	-
12,7	1/2"	9,5	3/8"			
9,5	3/8"	4,8	malha n.º 4	6,07	-	-
9,5	3/8"	4,8	malha n.º 4	6,47	-	-
4,8	malha n.º 4	2,4	malha n.º 8	11,72	-	-
2,4	malha n.º 8	1,2	malha n.º 16	17,71	-	-
1,2	malha n.º 16	0,6	malha n.º 30	21,20	-	-
0,6	malha n.º 30	0,3	malha n.º 50	26,79	-	-
					<b>TOTAL</b>	-

**Quadro 4** - Resultados da análise quantitativa do ensaio de sanidade na amostra 23302/3.

Abertura das peneiras (preparação das frações)				Perda em massa (%)	Distribuição granulométrica (retido individual) (%)	Perda ponderada (%)
Passado		Retido				
(mm)		(mm)				
50,8	2"	38,1	1 1/2"	2,13	-	-
38,1	1 1/2"	25,4	1"	1,20	-	-
25,4	1"	19,1	3/4"			
19,1	3/4"	12,7	1/2"	3,26	-	-
12,7	1/2"	9,5	3/8"			
9,5	3/8"	4,8	malha n.º 4	5,28	-	-
9,5	3/8"	4,8	malha n.º 4	8,61	-	-
4,8	malha n.º 4	2,4	malha n.º 8	14,14	-	-
2,4	malha n.º 8	1,2	malha n.º 16	19,70	-	-
1,2	malha n.º 16	0,6	malha n.º 30	18,25	-	-
0,6	malha n.º 30	0,3	malha n.º 50	27,31	-	-
					<b>TOTAL</b>	-

### 3. Adesividade

No ensaio de adesividade foram utilizados como ligante o CAP 50-70, obtido junto a REFAP-PETROBRAS (certificado de ensaio número 0702-06G, de 06/03/06), e como aditivo o CAP-DOP, obtido junto a BR Distribuidora (Lote 47567/2006, de 07/02/06). A dosagem (“dopagem”) do CAP foi feita no dia 22 de maio de 2007.

O Quadro 5 apresenta os teores de aditivo testados e os resultados obtidos para as três amostras ensaiadas.

**Quadro 5** - Resultados dos ensaios de adesividade ao ligante betuminoso.

Teor de aditivo (%)	Resultados		
	Amostra 23302/1	Amostra 23302/2	Amostra 23302/2
0,0	não satisfatória	não satisfatória	não satisfatória
0,3	não satisfatória	não satisfatória	não satisfatória
0,5	não satisfatória	satisfatória	satisfatória
0,7	satisfatória	satisfatória	satisfatória
1,0	satisfatória	satisfatória	satisfatória

### 4. Desgaste Los Angeles

**Quadro 6** - Resultados dos ensaios de desgaste por abrasão Los Angeles.

CIENTEC Amostra nº	Graduação	Resultado (%)
23302/1	A	18
23302/2	A	16
23302/3	A	17

**5. Absorção de água, massa específica aparente seca, massa específica aparente saturada e massa específica - Norma ABNT NBR NM 53/2006**

**Quadro 7** - Resultados das determinações dos índices físicos segundo a norma ABNT NBR NM 53/2006.

CIENTEC Amostra n°	Absorção de água (%)	Massa específica aparente seca (g/cm <sup>3</sup> )	Massa específica aparente saturada (g/cm <sup>3</sup> )	Massa específica (real) (g/cm <sup>3</sup> )
23302/1	1,3	2,89	2,93	2,99
23302/2	1,6	2,80	2,85	2,93
23302/3	1,7	2,77	2,81	2,90

**6. Absorção de água, massa específica aparente seca e massa específica real - Norma DAER-EL 105/2001**

**Quadro 8** - Resultados das determinações dos índices físicos segundo a norma DAER-EL 105/2001.

CIENTEC Amostra n°	Absorção de água (%)	Massa específica aparente (seca) (g/cm <sup>3</sup> )	Massa específica real (g/cm <sup>3</sup> )
23302/1	1,2	2,88	2,99
23302/2	1,5	2,82	2,94
23302/3	1,6	2,78	2,92

Porto Alegre, 13 de fevereiro de 2008.

Eng<sup>a</sup> de Minas Ivone Maria Agostini  
Gerente do Departamento  
de Geotecnia

Eng<sup>o</sup> de Minas Clovis Gonzatti  
Responsável Técnico CREA 66726-D/RS  
Coord. Lab. de Mecânica e Tecnologia de Rochas



## ENSAIOS EM AMOSTRA DE ROCHA

CONVÊNIO UFRGS/CIENTEC

A/C – Prof. Clovis Gonzatti

**Material ensaiado:** uma amostra, constituída por blocos e britas (diferentes granulometrias), entregue à CIENTEC pelo aluno Jhonatan Almeida e declarada como procedente da Mina Quatro Colônias (rampa de acesso à bancada na cota 177), município de Campo Bom - RS. No Laboratório de Mecânica e Tecnologia de Rochas a amostra foi identificada como BAMIG-1.

**Solicitação do Cliente:** determinação da absorção de água e massas específicas; ensaios de adesividade, abrasão Los Angeles, sanidade e resistência ao choque (Treton).

**Período de realização dos ensaios:** 12 a 31 de julho de 2013.

### Métodos:

- apreciação petrográfica macroscópica segundo ABNT NBR 7389-2/2009 - Ensaio acreditado no INMETRO segundo o Certificado de Acreditação nº CRL 0210;
- absorção de água, massa específica aparente e massa específica real segundo ABNT NBR NM 53 105/2001 - Ensaio acreditado no INMETRO segundo o Certificado de Acreditação no CRL 0210;
- adesividade segundo ABNT NBR 12583/2008;
- abrasão Los Angeles segundo ABNT NBR NM 51/2001 - Ensaio acreditado no INMETRO segundo o Certificado de Acreditação nº CRL 0210;
- sanidade segundo DNER ME 089/1994 - Ensaio acreditado no INMETRO segundo o Certificado de Acreditação no CRL 0210;
- resistência ao choque (Treton) segundo DNER ME 399/1999.

## RESULTADOS

### 1. Apreciação petrográfica macroscópica da amostra antes dos ensaios

Cor: Amostra seca = cinza médio a cinza acastanhado.  
Amostra úmida = cinza escuro cinza acastanhado.

Estrutura: amigdalóide; amígdalas parcial ou totalmente preenchidas por zeólita e/ou quartzo.

Textura: afanítica.

Alteração: rocha sã a rocha alterada; alguns fragmentos exibem fina capa de alteração de coloração castanha causada por oxidação.

Teste para ácido clorídrico: não reativo.



Documento **RELATÓRIO DE ENSAIO** Número **BAMIG-1**  
 Os resultados contidos neste documento têm significação restrita e aplicam-se exclusivamente ao(s) item(ns) ensaiado(s) ou calibrado(s).  
 Este documento somente poderá ser publicado na íntegra.

**Classificação provável: basalto.**

Propriedades físico-mecânicas: rocha coerente.

Forma dos fragmentos: equidimensional (válido para o material recebido como brita).

A Foto 1 mostra aspectos de cor e textura da amostra ensaiada.



Foto 1- Aspectos de cor e textura da amostra BAMIG-1.

## 2. Absorção de água, massa específica aparente seca e massa específica real

Quadro 1 - Resultado da determinação dos índices físicos.

CIENTEC Amostra	Absorção de água (%)	Massa específica aparente seca (g/cm <sup>3</sup> )	Massa específica real (g/cm <sup>3</sup> )
BAMIG-1	3,5	2,51	2,75

## 3. Adesividade

No ensaio de adesividade foi utilizado como ligante o CAP 50-70, obtido junto a REFAP-PETROBRAS (certificado de ensaio número 0040-13 G, de 16 de janeiro de 2013), sem adição de aditivo melhorador de adesividade.

Resultado: Não satisfatória.



Documento **RELATÓRIO DE ENSAIO** Número **BAMIG-1**  
 Os resultados contidos neste documento têm significação restrita e aplicam-se exclusivamente ao(s) item(ns) ensaiado(s) ou calibrado(s).  
 Este documento somente poderá ser publicado na íntegra.

#### 4. Desgaste Los Angeles

Graduação: "A"  
 Resultado: 18%

#### 5. Sanidade

Algumas frações necessárias para o ensaio foram obtidas pela fragmentação dos blocos que compõem a amostra. O ensaio foi executado fazendo-se a imersão da amostra em solução de sulfato de sódio ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) anidro e secagem em estufa. Esse procedimento foi repetido 5 vezes.

A perda ponderada por fração e total do ensaio não foi calculada, pois a amostra não apresenta uma granulometria específica (de projeto ou de produção). Seu cálculo, no entanto, pode ser feito, multiplicando-se a perda em massa das frações ensaiadas pela respectiva porcentagem de material retido (obtida de análise granulométrica ou curva granulométrica desejada). Após, somam-se todos os valores obtidos e divide-se por 100.

Quadro 2- Resultados da análise quantitativa.

Abertura das peneiras (preparação das frações)				Perda em massa (%)	Distribuição granulométrica (retido individual) (%)	Perda ponderada (%)
Passado		Retido				
(mm)		(mm)				
63,5	2 1/2"	50,8	2"	8,1	-	-
50,8	2"	38,1	1 1/2"			
38,1	1 1/2"	25,4	1"	16,2	-	-
25,4	1"	19,1	3/4"			
19,1	3/4"	12,7	1/2"	22,9	-	-
12,7	1/2"	9,5	3/8"			
9,5	3/8"	4,8	malha n.º 4	35,5	-	-
9,5	3/8"	4,8	malha n.º 4	42,8		
4,8	malha n.º 4	2,4	malha n.º 8	55,7	-	-
2,4	malha n.º 8	1,2	malha n.º 16	46,6	-	-
1,2	malha n.º 16	0,6	malha n.º 30	35,5	-	-
0,6	malha n.º 30	0,3	malha n.º 50	30,1	-	-
<b>TOTAL</b>						-





**6. Resistência ao choque (Treton)**

**Quadro 3- Resultado do ensaio.**

Corpo-de-prova número	Massa (g)	Resistência ao choque (%)
1	126,29	9,5
2	126,06	9,0
3	124,46	10,9
Média		9,8

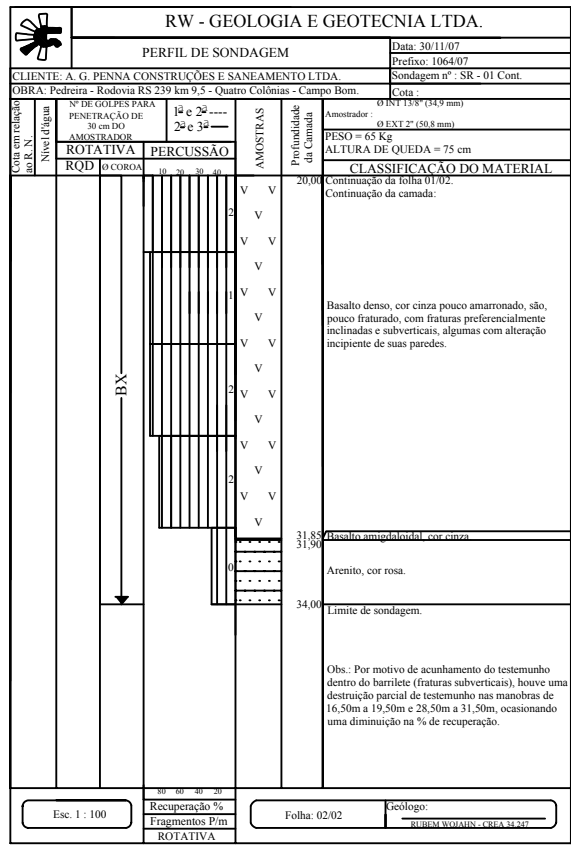
Porto Alegre, 02 de agosto de 2013.

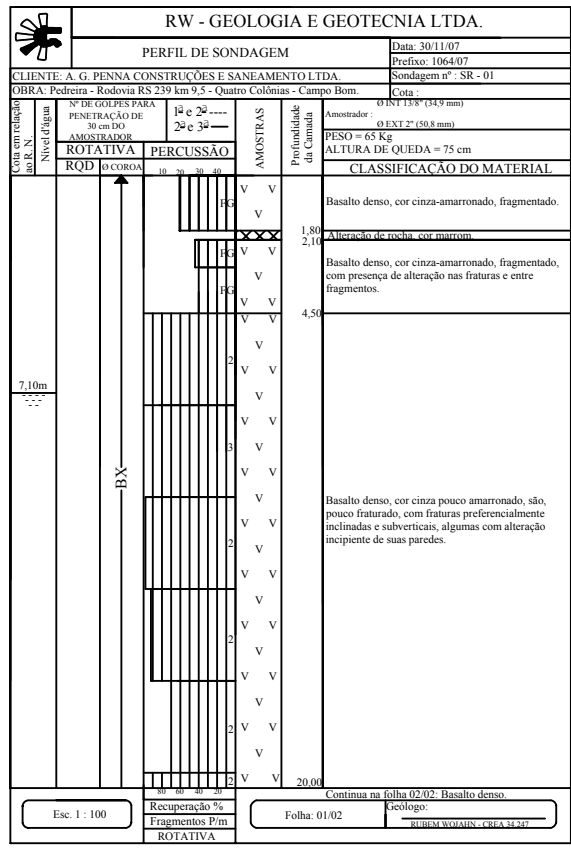
  
**Geól. Rodrigo Martins Saraiva**  
Gerente do Departamento de Geotecnia

  
**Geól. Rogério Dutra Soares**  
Responsável Técnico CREA/RS 176583

  
**Geól. João Alberto Fiorentini**  
Coordenador Laboratório de Mecânica e Tecnologia de Rochas

ANEXO 3 - RELATÓRIO DAS SONDAGENS EFETUADAS NA ÁREA-ALVO.





Cota em relação ao P. N.		Nº DE GOLPES PARA PENETRAÇÃO DE 30 cm DO AMOSTRADOR				1º e 2º --- 2º e 3º ---		AMOSTRAS	Profundidade da Camada	CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL	
Nível d'água		ROTATIVA		PERCUSSÃO		RQD					
		Ø COROA		10	20	30	40				
								V	V	80,00	Amostrador : Ø INT 1 3/8" (34,9 mm) Ø EXT 2" (50,8 mm) PESO = 65 Kg ALTURA DE QUEDA = 75 cm Continuação da folha 04/05. Continuação da camada:  Basalto denso, cor cinza pouco amarronado, são, pouco fraturado, fraturas preferencialmente inclinadas; raras veios com quartzo milimétricos.  /Basalto vesículo-amigdaloidal, cor marrom, alterado, pouco fraturado. Arenito, cor rosa. Limite de sondagem.
								V	V	3	
								V	V		
								V	V		
								V	V		
								V	V		
								V	V		
								V	V		
								V	V		
								V	V		
								V	V	87,00	
								V	V	87,30	
										88,00	

Esc. 1 : 100	80 60 40 20	Recuperação %	Folha: 05/05	Geólogo:
		Fragmentos P/m		RUBEM WOJAHN - CRBA 34.247
		ROTATIVA		

SR - 02 Cont.

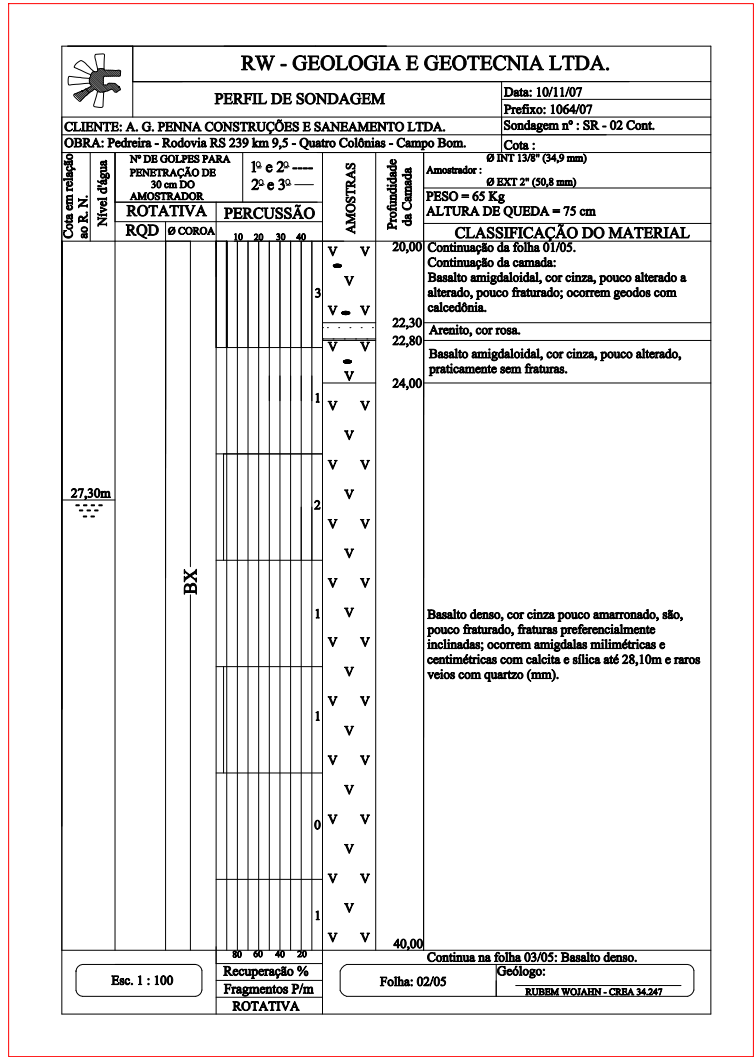
RW - GEOLOGIA E GEOTECNIA LTDA.						
PERFIL DE SONDAGEM					Data: 10/11/07	
					Prefixo: 1064/07	
CLIENTE: A. G. PENNA CONSTRUÇÕES E SANEAMENTO LTDA.					Sondagem nº : SR - 02 Cont.	
OBRA: Pedreira - Rodovia RS 239 km 9,5 - Quatro Colônias - Campo Bom.					Cota :	
Cota em relação ao P. N.	Nível d'água	Nº DE GOLFES PARA PENETRAÇÃO DE 30 cm DO AMOSTRADOR		1º e 2º ---- 2º e 3º ---	AMOSTRAS	
		ROTATIVA	PERCUSSÃO			Profundidade da Camada
		RQD	Ø COROA			10 20 30 40
		BX				
					60,00	Amostrador : Ø INT 13/8" (34,9 mm) Ø EXT 2" (50,8 mm) PESO = 65 Kg ALTURA DE QUEDA = 75 cm <b>CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL</b> Continuação da folha 03/05. Continuação da camada:  Basalto denso, cor cinza pouco amarronado, são, pouco fraturado, fraturas preferencialmente inclinadas; raros veios com quartzo e argilite milimétricos.  Obs.: Na manobra de 72,50m a 76,00m foi perdido o berrilete no fim do furo. Nos procedimentos para sua recuperação houve uma destruição quase que total do testemunho nesta manobra.  Continua na folha 05/05: Basalto denso.
					80,00	
Esc. 1 : 100		Recuperação % Fragmentos P/m ROTATIVA		Folha: 04/05		Geólogo: RUBEM WOJAHN - CREA 34267

SR - 02 Cont.

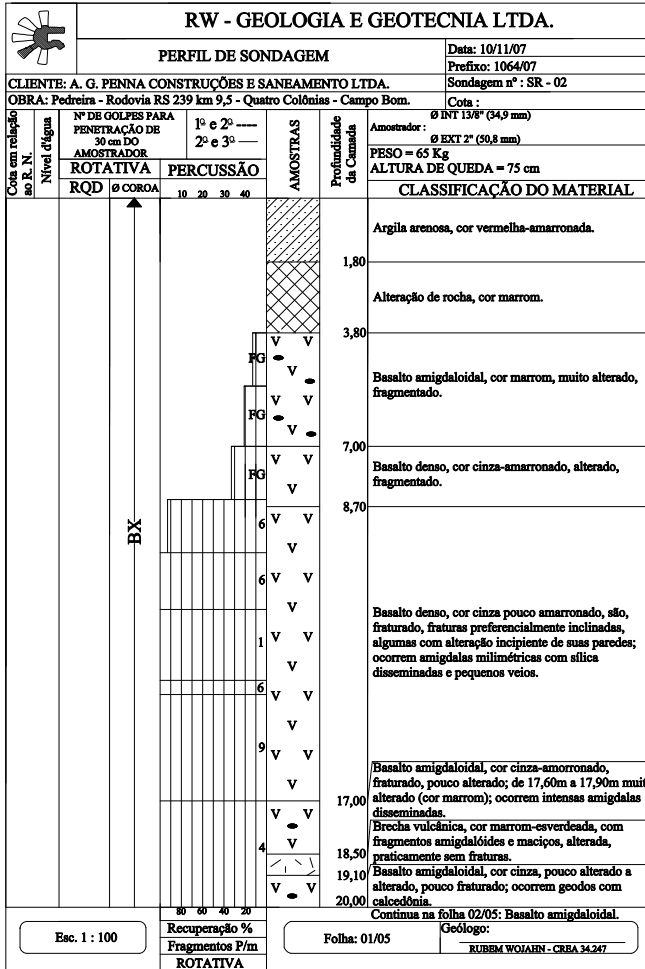


Cota em relação ao P. N.		Nº DE GOLFES PARA PENETRAÇÃO DE 30 cm DO AMOSTRADOR		1º e 2º --- 2º e 3º ---		AMOSTRAS	Profundidade da Camada	CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL
Nível d'água		ROTATIVA	PERCUSSÃO	RQD				
				RQD		AMOSTRADOR:		
				RQD		AMOSTRADOR:		
				10 20 30 40		Ø INT 1 3/8" (34,9 mm)		
						Ø EXT 2" (50,8 mm)		
						PESO = 65 Kg		
						ALTURA DE QUEDA = 75 cm		
						CONTINUAÇÃO DA FOLHA 02/05.		
						CONTINUAÇÃO DA CAMADA:		
						Basalto denso, cor cinza pouco amarronado, são, pouco fraturado, fraturas preferencialmente inclinadas; raros veios com quartzo milimétricos.		
						60,00		
						Continua na folha 04/05: Basalto denso.		
						Geólogo:		
						RUBEM WOJAHN - CRBA 34247		
						Folha: 03/05		
						Esc. 1 : 100		
						Recuperação %		
						Fragmentos P/m		
						ROTATIVA		

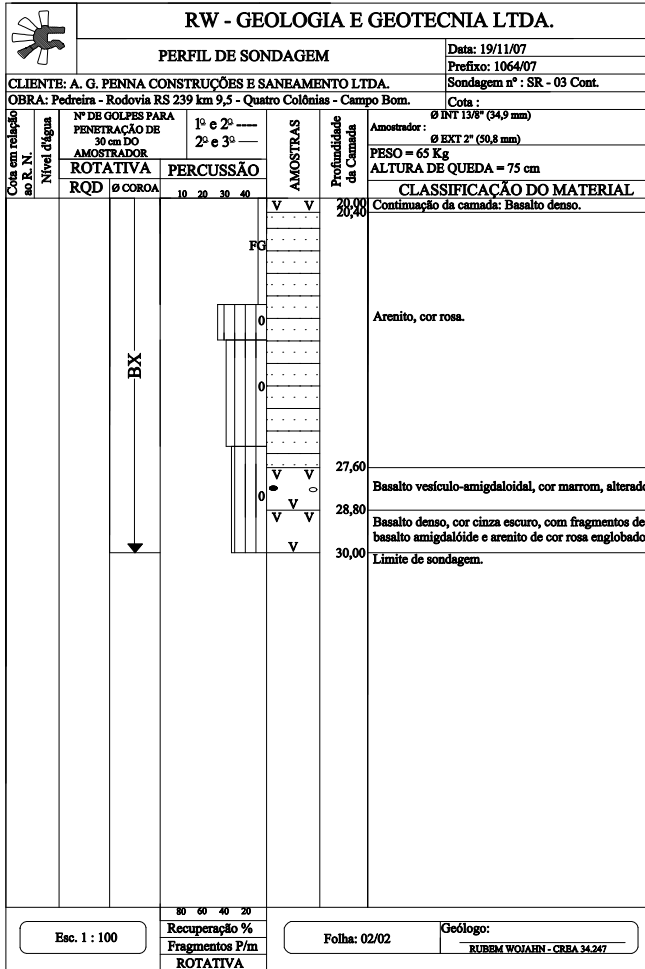
SR - 02 Cont.



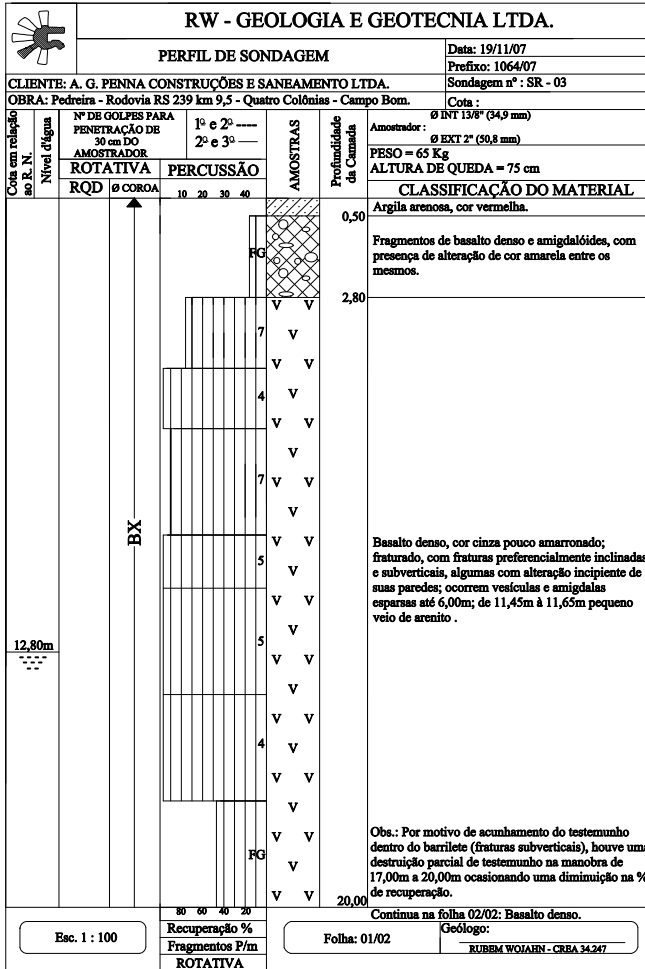
SR - 02 Cont.



Esc. 1 : 100	Recuperação %	Folha: 01/05	Geólogo:
	Fragmentos P/m ROTATIVA		RUBEM WOJAHN - CREA 34247



SR - 03 Cont.



SR - 03