

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**“ESTUDO COMPARATIVO ENTRE MÉTODOS DE
DETERMINAÇÃO DE FORMA PARA AGREGADOS”**

Monalisa Horvath

Orientador: Prof. Dr. Fábio Taioli
Co-orientador: Dr. Ely Borges Frazão

Monografia de Trabalho de Formatura

SÃO PAULO
1999

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

DEDALUS - Acervo - IGC



30900004574

**“ESTUDO COMPARATIVO ENTRE MÉTODOS DE DETERMINAÇÃO
DE FORMA PARA AGREGADOS”**

Monalisa Horvath



Orientador: Prof. Dr. Fábio Taioli
Co-orientador: Dr. Ely Borges Frazão

Monografia de Trabalho de Formatura

São Paulo
1999

H 823
M. e

UNIVERSITÄT ZÜRICH
INSTITUT FÜR GEOLOGIE

STUDIUM ÜBER DIE VERHÄLTNISSE DER VERTEILUNG
VON KALK- UND MAGNESIUM IN DEN ERDEKÖRPER



Geologische Karte

Geologische Karte der Schweiz
Veröffentlicht von der Eidgenössischen Anstalt für
Landesvermessung und Wasserbau

Geologische Karte der Schweiz

1902

Agradecimentos

- Queria ao deixar este trabalho ao mundo agradecer a todos aqueles que contribuíram para a realização deste trabalho:
- aos meus orientadores Elian Tardi e Elly R. por toda a paciência, orientação e suporte em todas as etapas deste trabalho;
 - ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT) por toda a estrutura para a realização deste trabalho, bem como os equipamentos disponibilizados;
 - à Maria Eliana de Ságuas Pereira e à Mariana Gomes Bastos de Almeida, pela ajuda prestada na parte de programação;
 - ao Eduardo Benício Gomes pela grande ajuda na parte deste trabalho;
 - a todos os técnicos do laboratório de Tecnologia de Revestimentos do IPT em especial os Engenheiros Valério;
 - aos responsáveis pela Unidade Revestimentos e Cerâmicas por terem fornecido a infraestrutura para o trabalho e por toda atenção dispensada durante os trabalhos de campo;
 - ao amigo João Fernando D'Agrawal por toda a ajuda nos trabalhos de campo e teoria;
 - aos meus amigos Alécio, Emanuel, Marcos, Sílvia e Rodrigo, além de todos os outros que não consigo lembrar-me de todos os nomes, mas que sempre estiveram presentes durante este trabalho.

"...Quem pensa por si mesmo é livre
E ser livre é coisa muito séria
Não se pode fechar os olhos
Não se pode olhar p'ra trás
Sem se aprender alguma coisa
P'ro futuro..."

(Renato Russo - L'Avventura)

Agradecimentos

Gostaria de deixar aqui expresso os meus mais sinceros agradecimentos a todos aqueles que colaboraram para a execução deste trabalho:

- ◆ aos meus orientadores Fábio Taioli e Ely Borges Frazão pelas valiosas sugestões, discussões e revisões em todas as etapas deste trabalho;
- ◆ ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo que forneceu toda a infraestrutura para a elaboração deste trabalho, bem como os equipamentos necessários;
- ◆ à Maria Heloisa de Barros Frascá e a Miriam Cruxen Barros de Oliveira, pela ajuda prestada na parte de petrografia;
- ◆ ao Eduardo Brandau Quitete pela grande ajuda no início deste trabalho;
- ◆ a todos os técnicos do laboratório de Tecnologia de Rochas do IPT em especial ao Dogival e Valentim;
- ◆ aos responsáveis pelas Pedreiras Reago, Cantareira e Galvani por terem fornecido a brita utilizada para o trabalho e por toda atenção dispensada durante os trabalhos de campo;
- ◆ ao amigo Luís Fernando D'Agostino pela ajuda nos trabalhos de campo e fotos;
- ◆ aos amigos Alethéa Emendes Martins Sallum e Rodrigo Miloni Santucci por todo o apoio durante a finalização deste trabalho.

RESUMO

Os materiais rochosos exercem diferentes funções em obras de engenharia civil, podendo ser utilizados como agregados, materiais de revestimento e fundação.

Materiais rochosos obtidos por processos de fragmentação mecânica de rocha (britagem), resultam em um material de forma e tamanho variados, pois a estrutura da rocha, além das condições de britagem, exerce influência marcante na forma dos fragmentos.

A forma que os materiais rochosos assumem após o processo de britagem é uma propriedade tecnológica importante, pois dependendo da utilização do material uma determinada forma será mais conveniente.

A classificação da forma de agregados pode ser feita utilizando-se ensaios já normalizados pelos órgãos competentes. O trabalho aqui realizado apresenta um estudo comparativo entre quatro diferentes métodos de ensaio de forma de agregados para a construção civil, visando verificar a analogia entre os resultados de índice de forma e a influência da litologia da rocha na forma final do agregado.

Foram escolhidos três tipos litológicos de uso corrente como agregados na construção civil que, eventualmente, podem apresentar formas distintas após a britagem, são eles: granito, gnaisse e diabásio.

Foram realizadas análises petrográficas e quatro ensaios de forma nos três tipos de rochas.

A análise petrográfica foi executada através de exame macroscópico, e em seção delgada de rocha ao microscópio óptico, visando determinar a composição mineralógica, granulção, estado de alteração, etc..

Para o estudo de classificação de forma dos fragmentos foram utilizados quatro diferentes ensaios, de acordo com as seguintes normas: DNER DPT M 86, ABNT NBR 6954, ABNT NBR 7809 e CRD C119.

Verificou-se após a comparação dos resultados obtidos que existe uma analogia entre os resultados finais dos ensaios, no entanto, se estes resultados foram analisados separadamente, levando em consideração o tipo litológico e a granulometria, notaremos semelhanças entre os resultados dos ensaios da ABNT e divergências entre estes resultados do ensaio do DNER.

ABSTRACT

Rock materials play different roles in civil construction as aggregates, cover material and foundation.

Rock materials obtained by mechanical rock fragmentation processes (grinding), end up with different shapes and sizes since the rock structure, as well as the grinding conditions, play a significant role on the shape of the fragments.

The shape of the rock materials obtained after the grinding process is an important technological property because depending on the type of use one or another shape will be more convenient.

The classification of the shape of the aggregates can be done by standard tests normalized by different regulatory agencies. This study presents a comparison between four different aggregate shape test methods for civil construction. The objective was to verify the analogy between the shape index tests as well as the influence of the rock lithology in the final aggregate shape.

Three different lithological types commonly used as aggregates in civil construction were tested, because they which can present distinct shapes after grinding: granite, gneiss e diabase.

Petrographical analysis and four shape test procedures were performed on the three types of rocks.

The petrographical analysis was performed by macroscopical examination, as well as by optical microscope in thin sections of the rock, in order to determine the mineralogical composition, weathering state, etc.

For the fragment shape classification study, four different tests were used, according to the following standards: DNER DPT M 86, ABNT NBR 6954, ABNT NBR 7809 and CRD C119.

After comparing the results obtained it was found that there is an analogy between the final results of the tests. However if these results are analyzed separately, taking in consideration the lithological type and the granulometry, we will notice similarities between the results from the ABNT tests and differences between these and the DNER tests results.

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO..... | 1 |
| 1.1 Considerações Iniciais..... | 1 |
| 1.2 Objetivos..... | 1 |
| 1.3 Justificativa..... | 1 |
| 1.4 Trabalhos Anteriores..... | 2 |
| 2. MATERIAIS E MÉTODOS..... | 5 |
| 2.1 Localização das Pedreiras Amostradas..... | 5 |
| 2.2 Síntese Geológica Regional..... | 6 |
| 2.2.1 Geologia Regional..... | 6 |
| 2.2.2 Rochas Granitóides..... | 7 |
| 2.2.3 Grupo São Roque..... | 12 |
| 2.2.4 Suítes Básicas..... | 12 |
| 2.3 Descrição das Principais Normas Utilizadas..... | 13 |
| 2.3.1 Agregados - Determinação da Composição Granulométrica (ABNT NBR 7217)..... | 13 |
| 2.3.2 Agregado Graúdo – Determinação do Índice de Forma pelo Método do Paquímetro (ABNT NBR 7809)..... | 14 |
| 2.3.3 Lastro Padrão – Determinação da Forma do Material (ABNT NBR 6954)..... | 15 |
| 2.3.4 Índice de Forma de Agregados (DNER – DPT M 86)..... | 16 |
| 2.3.5 Ensaio de Lameridade e Alongaridade em Agregados (CRD C119-53)..... | 18 |
| 3. DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO..... | 19 |
| 3.1 Amostragem..... | 19 |
| 3.1.1 Pedreira Reago..... | 19 |
| 3.1.2 Pedreira Cantareira..... | 19 |
| 3.1.3 Pedreira Galvani..... | 20 |
| 3.2 Petrografia..... | 20 |
| 3.2.1 Pedreira Reago..... | 21 |
| 3.2.2 Pedreira Cantareira..... | 21 |
| 3.2.3 Pedreira Galvani..... | 22 |
| 3.3 Ensaios de Forma..... | 23 |
| 3.3.1 Procedimentos Adotados..... | 23 |

| | |
|--|---------------|
| 4. RESULTADOS OBTIDOS..... | 27 |
| 4.1 Gnaisse Milonítico (Pedreira Reago)..... | 27 |
| 4.2 Biotita Granito (Pedreira Cantareira)..... | 30 |
| 4.3 Diabásio (Pedreira Galvani)..... | 23 |
| 5. DISCUSÃO DO RESULTADOS..... | 38 |
| 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 43 |
| 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 45 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 – Mapa de Localização das Pedreiras Amostradas..... | 5 |
| Figura 2 – Coluna Estratigráfica Simplificada das Unidades Geológicas do Estado de São Paulo..... | 9 |
| Figura 3 – Mapa de Distribuição Geral das Unidades Litoestratigráficas do Estado de São Paulo..... | 10 |
| Figura 4 – Mapa Geológico do Estado de São Paulo (simplificado), destacando localização das pedreiras amostradas..... | 11 |
| Figura 5 – Dimensões do Corpo de Prova a Serem Medidas..... | 15 |

ÍNDICE DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 – Classificação da forma do corpo de prova segundo a norma ABNT NBR 6954..... | 16 |
| Tabela 2 – Crivos e peneiras a serem utilizados no ensaio DNER – DPT M 86..... | 17 |
| Tabela 3 – Frações a serem utilizadas para cada graduação da norma DNER DPT 86 (Yoshida <i>et al.</i> 1972)..... | 25 |
| Tabela 4 – Distribuição granulométrica da amostra da Pedreira Reago..... | 27 |
| Tabela 5 – Valores das porcentagens retidas e acumuladas para cada fração granulométrica das amostras da Pedreira Reago usadas para os ensaios..... | 28 |
| Tabela 6 – Quantidade de fragmentos utilizada nos ensaios de forma norma ABNT e CRD (Pedreira Reago)..... | 29 |
| Tabela 7 – Resultados dos ensaios da ABNT para a Pedreira Reago..... | 29 |
| Tabela 8 – Resultados obtidos no ensaio CRD C119 nas três proporções possíveis (Pedreira Reago)..... | 30 |
| Tabela 9 – Resultado do ensaio do DNER para a Pedreira Reago..... | 30 |
| Tabela 10 – Distribuição granulométrica da amostra da Pedreira Cantareira..... | 31 |
| Tabela 11 – Valores das porcentagens retidas e acumuladas para cada fração granulométrica das amostras da Pedreira Cantareira usadas para os ensaios..... | 31 |
| Tabela 12 – Quantidade de fragmentos utilizada nos ensaios de forma norma ABNT e CRD (Pedreira Cantareira)..... | 32 |
| Tabela 13 – Resultados dos ensaios da ABNT para a Pedreira Cantareira..... | 32 |
| Tabela 14 – Resultados obtidos no ensaio CRD C119 nas três proporções possíveis (Pedreira Cantareira)..... | 33 |
| Tabela 15 – Resultado do ensaio do DNER para a Pedreira Cantareira..... | 33 |
| Tabela 16 – Distribuição granulométrica da amostra da Pedreira Galvani..... | 34 |
| Tabela 17 – Valores das porcentagens retidas e acumuladas para cada fração granulométrica das amostras da Pedreira Galvani usadas para os ensaios..... | 35 |
| Tabela 18 – Quantidade de fragmentos utilizada nos ensaios de forma norma ABNT e CRD (Pedreira Galvani)..... | 36 |
| Tabela 19 – Resultados dos ensaios da ABNT para a Pedreira Galvani..... | 36 |
| Tabela 20 – Resultados obtidos no ensaio CRD C119 nas três proporções possíveis (Pedreira Galvani)..... | 37 |
| Tabela 21 – Resultado do ensaio do DNER para a Pedreira Galvani..... | 37 |
| Tabela 22 – Resultado dos índices de forma NBR 7809 por fração granulométrica..... | 38 |

| | |
|---|----|
| Tabela 23 – Forma dos fragmentos de todas as frações granulométricas ensaiadas segundo ABNT NBR 6954..... | 39 |
| Tabela 24 – Comparação da classificação da cubicidade na relação 1:2 entre os métodos ABNT NBR 6954 e CRD C119..... | 40 |
| Tabela 25 – Comparação dos resultados dos ensaios ABNT NBR 7809 e DNER DPT M 86..... | 41 |
| Tabela 26 – Resumo dos resultados dos ensaio de forma realizados..... | 26 |

ÍNDICE DE FOTOS

Foto 1 – Crivos de abertura circular e crivos redutores utilizados no ensaio do DNER – DPT M
86

Foto 2 – Calibrador proporcional usado no ensaio do CRD C119

Foto 3 – Frente de lavra da Pedreira Reago. Local de coleta de amostras para lâminas.

Foto 4 – Frente de lavra da Pedreira Cantareira. Local de coleta de amostras para lâminas.

Foto 5 – Frente de lavra da Pedreira Galvani. Local de coleta de amostras para lâminas.

Foto 6 – Gnaisse Milonítico da Pedreira Reago. Matriz quartzo-feldspática de textura granoblástica com cordões de quartzo recristalizados.

Foto 7 – Textura granular hipidiomórfica do biotita granito (3b) da Pedreira Cantareira.

Foto 8 – Textura inequigranular do diabásio da Pedreira Galvani.

ANEXOS

Anexo 1 - Principais Características Petrográficas das Amostras Estudadas

Anexo 2 – Ensaio de Granulometria da Pedreira Reago

Anexo 3 – Medidas das Dimensões dos Fragmentos da Pedreira Reago

Anexo 4 - Ensaio de Granulometria da Pedreira Cantareira

Anexo 5 – Medidas das Dimensões dos Fragmentos da Pedreira Cantareira

Anexo 6 – Ensaio de Granulometria da Pedreira Galvani

Anexo 7 – Medidas das Dimensões dos Fragmentos da Pedreira Galvani

1. INTRODUÇÃO

1.1 Considerações Iniciais

Os materiais rochosos exercem diferentes funções em obras de engenharia civil, podendo ser utilizados como agregados, material de revestimento e como fundação de obras. São destinados, segundo Yoshida *et al* (1972), para servir de suporte de grandes estruturas, aumentar a resistência mecânica de concretos e pavimentos, servir de proteção a aterros de terra compactada, resistir às mais variadas condições de utilização objetivando servir como importante fator na redução dos custos finais dos empreendimentos.

Estes materiais, para serem utilizados, devem passar por uma caracterização tecnológica, envolvendo ensaios e análises que permitam conhecer suas propriedades físicas, físico-mecânicas e petrográficas.

Materiais rochosos obtidos por processos de fragmentação mecânica de rocha (britagem), resultam em um material de forma e tamanho variados, pois a estrutura da rocha, além das condições de britagem, exerce influência marcante na forma dos fragmentos.

O trabalho aqui proposto consiste na caracterização da forma de agregados minerais após britagem, com a finalidade de avaliar a influência da litologia na forma do agregado, além de comparar os diferentes ensaios de forma para agregados.

1.2. Objetivos

O presente trabalho visa ser uma contribuição ao estudo de forma de agregados, sendo que para isso propõe-se os seguintes objetivos:

- ♦ estudar a influência da litologia na forma do agregado;
- ♦ comparar diferentes ensaios de forma de agregados com vistas à avaliação da relação entre estes.

1.3. Justificativas

A importância do estudo sobre forma de fragmentos se justifica pela influência que esta propriedade exerce sobre a trabalhabilidade, economia e resistência mecânica, em concretos de cimento Portland e betuminosos, lastros de ferrovia, etc. (Yoshida *et al.*, 1972).

Segundo Frazão e Sbrighi (1984), o uso de agregados cúbicos implica em uma redução de 40% de cimento por metro cúbico de concreto.

Ramos *et al.* (1994), afirmam que, para pavimentos betuminosos, as partículas lamelares são menos resistentes que as cúbicas e essas partículas provocam problemas como: deterioração da aparência, redução da durabilidade e riscos de produzir liberação dos fragmentos.

A forma adequada das partículas em lastros de ferrovia, garante bom imbricamento do lastro e mantém sua estabilidade geométrica (Frazão e Paraguassu, 1998). O bom imbricamento destas partículas proporcionará uma melhor distribuição dos esforços verticais provocados pelo peso das composições.

Por estas razões é importante que se faça um controle da forma dos agregados britados, pois, sem um estudo para sua caracterização ficam prejudicadas características como, a trabalhabilidade do concreto, a resistência de uma rodovia e a estabilidade geométrica de uma ferrovia, por exemplo.

Cabe ressaltar que as propriedades petrográficas dos agregados (mineralogia, estrutura e granulação) e o processo de britagem utilizado na sua produção, influenciam na forma dos fragmentos (Malewski, 1984). A mineralogia, estrutura e granulação do material irão também contribuir para a avaliação da trabalhabilidade, fato esse que torna indispensável a análise petrográfica das amostras a serem estudadas.

1.4. Trabalhos Anteriores

Leinz e Amaral (1989), definem rocha como um agregado natural formado por um ou mais minerais que constitui uma parte essencial da crosta terrestre, que de acordo com sua origem distingue-se em três grupos distintos, rochas ígneas, sedimentares e metamórficas.

Materiais rochosos na forma granular são definidos, por Frazão e Paraguassu (1998), como agregados. Afirmando ainda que estes não apresentam forma e volume definidos e exercem diferentes funções quando utilizados como agregados:

- ♦ contribuir na resistência do concreto;
- ♦ diminuir custos pela economia do cimento;
- ♦ resistir e distribuir às fundações os esforços verticais provenientes do tráfego em uma rodovia;
- ♦ dar base sólida aos dormentes de uma estrada de ferro, distribuindo cargas de uma maneira uniforme, sobre toda a superfície de uma plataforma;
- ♦ preencher os vazios entre os dormentes de uma estrada de ferro, evitando seu deslocamento quando da passagem das composições;

- ♦ dificultar o crescimento de vegetação daninha em ferrovias;
- ♦ permitir elasticidade à ferrovia;
- ♦ compor muros de arrimo para a estabilização de taludes e aterros na forma de gabiões ou por justaposição de blocos;
- ♦ constituir barramento provisório, por exemplo, como ensecadeiras na fase de construção de barragens, etc.

Ainda segundo Frazão e Paraguassu (1998), a seleção de materiais rochosos para uso na construção civil deve passar por uma prévia caracterização tecnológica, envolvendo ensaios e análises que permitam conhecer suas propriedades físicas, físico-mecânicas e petrográficas.

A caracterização tecnológica é feita de acordo com a utilização do material rochoso. Entre os vários ensaios que podem ser feitos, além da análise petrográfica e de forma, citam-se: ensaios de abrasão Los Angeles; esmagamento; impacto Treton; massa específica; porosidade; absorção d'água; granulometria; alteração; compressão uniaxial; propriedades elásticas; etc.

O presente trabalho abordará apenas análises petrográficas e os ensaios de índice de forma de fragmentos.

De acordo com Frazão e Paraguassu (*op. cit.*), quando materiais para construção civil (brita) são obtidos por processos de fragmentação mecânica de rocha (britagem), o material resultante tem forma e tamanho variados, pois a estrutura da rocha, além das condições de britagem, exerce influência marcante na forma dos fragmentos.

Kaplan (1959) concluiu que o índice de forma e angularidade dos agregados grossos, influi nas forças compressivas e flexurais do concreto.

Yoshida *et al.* (1972) fazem um estudo comparativo entre métodos para a determinação de forma de fragmentos, concluindo que existe discrepância entre os resultados apresentados pelos diferentes métodos de ensaio de forma.

No Simpósio Internacional de Agregados (IAEG) realizado em 1984, foram publicados vários trabalhos sobre forma de agregados. Malewski, em seu trabalho, analisa os coeficientes de forma de dois tipos de rochas distintas, granito e basalto, tentando evidenciar a relação entre forma das partículas e características da rocha, conclui que há apenas uma pequena dependência do tamanho original dos blocos de rocha basáltica com a forma das partículas; Frazão e Sbrighi executam um experimento para estabelecer a influência relativa da forma dos agregados grossos sobre propriedades do concreto; Kagaya *et al.* afirmam que a forma das partículas de agregados grossos influencia o movimento das partículas do concreto durante a vibração para compactação.

Frazão (1987), aponta a importância do controle da forma de rochas britadas para a utilização em lastros de ferrovia, pois esta garante ao lastro as características de resistência, de compacidade e drenagem requeridas.

O trabalho aqui proposto consiste na caracterização da forma de agregados de rocha após britagem, com a finalidade de avaliar a influência da litologia na forma do agregado, além de comparar os quatro diferentes ensaios normalmente utilizados pela comunidade geotécnica.

Localização e perfil. Duas pedreiras encontram-se na Zona Metropolitana de São Paulo e uma na Cidade do Rio de Janeiro. São elas: Pedreira Rio de Janeiro, Pedreira Cantareira, Pedreira Maricá e Pedreira Colônia. A Figura 1 mostra a localização das pedreiras no mapa.



Figura 1. Mapa de Localização das Pedreiras Estudadas. Fonte: Montenegro, 1987 e atualizado.

A Pedreira Rio de Janeiro está em uma área de aproximadamente 50 anos, com uma área de exploração aproximada para 20 anos do tipo Antena. Localiza-se no km 37 da estrada do Rio de Janeiro, no Estado do Rio de Janeiro. Tem como referência o Aeroporto Internacional de Guarulhos e como principais ruas de acesso a Rodovia Fernão Dias e a Freixo de Deus.

A Pedreira Cantareira, localizada na Rodovia Fernão Dias, km 37 na cidade de Maricá. Está em atividade há aproximadamente 30 anos. As condições de acesso são boas, seguindo-se a Rodovia Fernão Dias.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Localização das Pedreiras Amostradas

As amostras foram coletadas em três diferentes pedreiras, escolhidas devido a sua localização e geologia. Duas delas localizam-se na Região Metropolitana de São Paulo e uma na Cidade de Paulínia (próximo a Campinas), são elas: Pedreira Reago (unidade Guarulhos); Pedreira Cantareira (unidade Mairiporã) e Pedreira Galvani. A Figura 1 mostra a localização das pedreiras acima citadas.

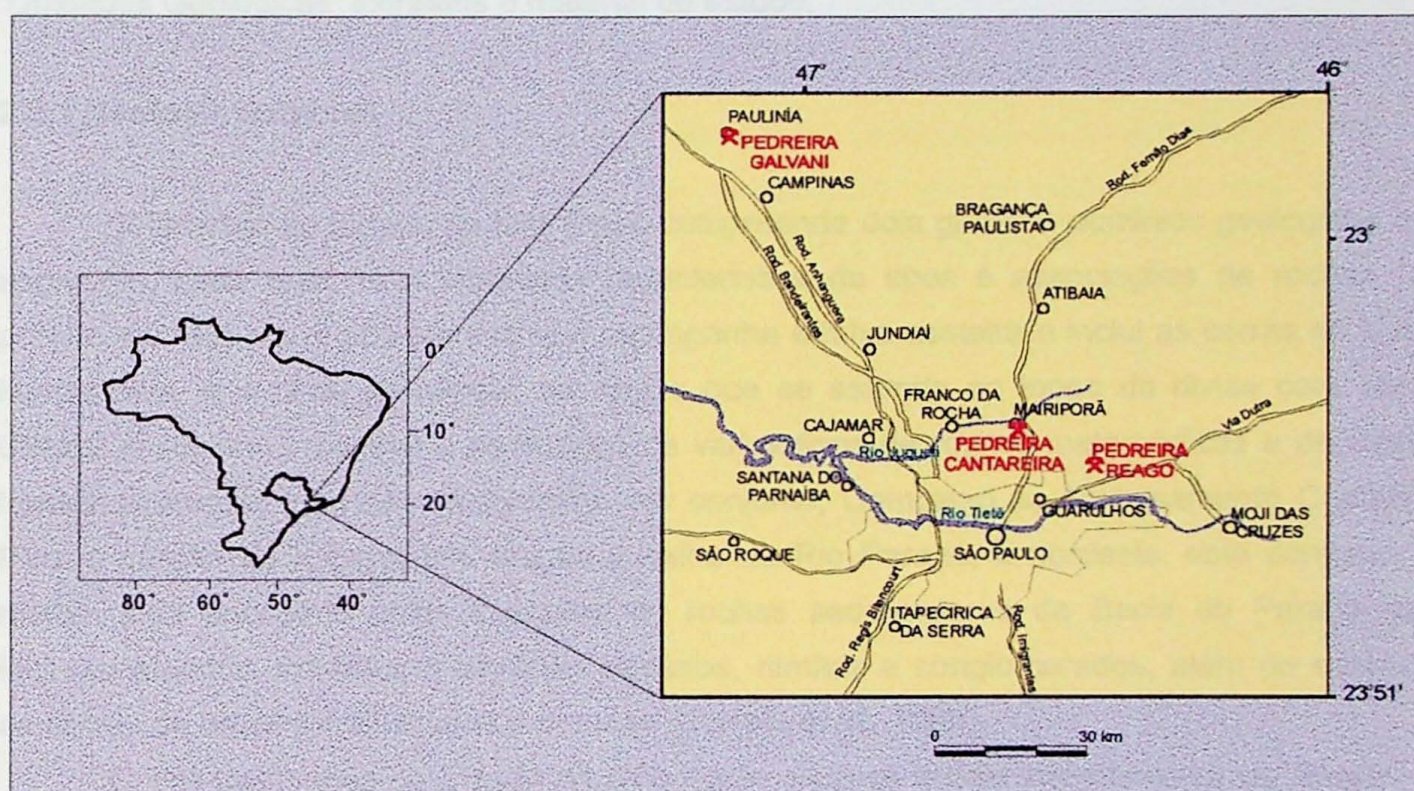


Figura 1: Mapa de Localização das Pedreiras Amostradas (Fonte: Menegasse, 1991 (modificado))

A Pedreira Reago visitada está em atividade há aproximadamente 50 anos, com mais 20 anos de exploração aprovados pela Secretaria do Meio Ambiente. Localiza-se no km 34 da estrada de Nazaré Paulista, na cidade de Guarulhos. Tem como referência o Aeroporto Internacional de Cumbica e como principais vias de acesso a Rodovia Fernão Dias e a Presidente Dutra.

A Pedreira Cantareira, localiza-se na Rodovia Fernão Dias, km 67 na cidade de Mairiporã. Está em atividade há aproximadamente 53 anos. As condições de acesso são boas, destacando-se a Rodovia Fernão Dias.

A Pedreira Galvani localiza-se na Estrada Municipal da Fazenda São Bento, km 2, na cidade de Paulínia. Apresenta como principais vias de acesso a Rodovia Anhanguera e a Rua São Bento.

2.2. Síntese Geológica Regional

Considerando a natureza do trabalho a ser desenvolvido, julgou-se que uma revisão ampla sobre toda a geologia do estado de São Paulo seria dispensável, desta forma, serão feitas apenas breves considerações detalhando apenas a geologia dos corpos granitóides do Proterozóico Superior, o Grupo São Roque e as suítes básicas mesozóicas, pois foram destas “Unidades Geológicas” extraídos o material de estudo.

2.2.1 Geologia Regional

O território do Estado de São Paulo compreende dois grandes domínios geológicos que englobam, cada qual, uma variedade característica de tipos e associações de rochas. Na porção sudeste, na região serrana que acompanha a faixa costeira e inclui as serras do Mar e Mantiqueira, e a norte da capital, na região que se estende ao longo da divisa com Minas Gerais, o substrato rochoso é constituído de vários tipos de rochas metamórficas e de rochas ígneas plutônicas, que são designados, em conjunto, Complexo ou Embasamento Cristalino. Para o interior do Estado, em direção à calha do Rio Paraná, a nordeste, este conjunto de rochas está encoberto pelas camadas de rochas sedimentares da Bacia do Paraná, que incluem arenitos, folhelhos e argilitos, calcários, ritmitos e conglomerados, além de extensos derrames de basalto intercalados a arenitos (Correia *et al.*, 1992).

O Pré-Cambriano do Estado de São Paulo situa-se quase integralmente na Região de Dobramentos Sudeste (Hasui *et al.* 1978) tendo como unidades maiores os maciços de Guaxupé e de Joinville e as faixas de dobramento São Roque e Apiaí. No extremo nordeste do Estado afloram por pequena extensão rochas da faixa de Dobramentos Brasília da Região de Dobramentos Central (Bistrichi, 1982).

A Bacia do Paraná classifica-se como uma bacia intracratônica que representa um sítio de acumulação de sedimentos no interior do cráton ou plataforma (Fulfaro *et al.*, 1982). Campos (1993), afirma que a maior parte do Estado de São Paulo está incluída nesta bacia e que a partir do final do Jurássico, processos tectônicos e magmáticos de apreciáveis magnitudes, que consistiram em falhamentos e fraturamentos de distensão, deram vazão a grande volume de magma basáltico, formadores de espessos e numerosos diques e *sills*, bem como geraram deformações locais com dobras, flexuras e outras estruturas.

Na Figura 2 apresenta-se a coluna estratigráfica simplificada das unidades geológicas do Estado de São Paulo, e a Figura 3 complementa esta coluna mostrando em mapa a distribuição geral destas unidades no estado.

2.2.2 Rochas Granitóides

Uma grande quantidade de corpos de rochas granitóides de dimensões variando de batólitos a pequenos *stocks* afloram na Região Metropolitana de São Paulo, que, de modo geral, não foi coberta por sedimentos (Coutinho, 1980 *apud* Juliani, 1992). Através da sua petrografia, estrutura, quimismo e geocronologia, classificam-se estas rochas em duas suítes principais, como corpos colocados sintectonicamente ou pós-tectonicamente (Hasui *et al.*, 1978), reconhecendo-se nestes corpos tipo faciológicos distintos (IPT, 1981).

Nos corpos colocados sintectonicamente reconhecem-se as fácies Migmatítica e Cantareira, enquanto que nos corpos colocados pós-tectonicamente encontram-se as fácies Graciosa, Itu e Granofírica (Hasui *et al.*, 1978).

No estado de São Paulo, segundo Hasui *et al.* (*op. cit.*), predominam amplamente os granitóides de fácies Cantareira, dos quais é retirada a maior parte da brita do Estado de São Paulo. A pedra Cantareira aqui estudada retira o material para britagem desta fácies do granitóide (Figura 4).

A fácies Cantareira incide principalmente nas faixas de dobramento São Roque e Apiaí (Hasui *et al.*, *op. cit.*). É a fácies de maior representatividade no Pré - Cambriano paulista tanto quanto ao número de corpos quanto a sua expressão em área (IPT, 1981). Os grandes batólitos e *stocks* que a compõe são afetados pelas grandes falhas transcorrentes, aparecendo em núcleos de geanticlínios e anticlinórios gerados na segunda fase de dobramentos do ciclo Brasileiro. De origem mesozonal a catazonal, os corpos graníticos da fácies Cantareira apresentam caráter alóctone a parautóctone, com feições de contato tanto transicionais quanto parcialmente discordantes, desenvolvendo inclusive algumas auréolas de contato quando intrudidos em metamorfitos de baixo grau (IPT, 1981).

Segundo Hasui *et al* (*op. cit*), a fácies Cantareira é constituída por um conjunto de tipos petrográficos, dos quais o mais comum é o representado por rochas genericamente descritas como granito-gnaisses, de granulação fina a média, foliação marcante e sem grandes variações composicionais ou texturais, podendo esta ser tonalítica a granítica.

De acordo com Dantas (1990), as rochas granitóides apresentam estruturas primárias associadas principalmente ao fluxo magmático e foliações secundárias desenvolvidas durante a deformação regional sincinemática ou no período pós-alojamento (atuando sobre os corpos já em estado sólido).

| | | | | | | | | |
|---------------|---|---|--|---|--|---|--|--|
| FANEROZÓICO | CENOZÓICO | QUATERNÁRIO | Sedimentos: marinhos e mistos (Qm); aluvionares (Qa) e continentais indiferenciados (Ql) | | | | | |
| | | TERCIÁRIO | Grupo Taubaté { Fm. Cocapava (TQc) Fm. Tremembé (Tt) | Fm. São Paulo (TQs) | Coberturas indiferenciadas correlatas à Fm. São Paulo (TQis) | Fm. Rio Claro (TQr) | Coberturas indiferenciadas correlatas à Fm. Rio Claro (TQir) | Coberturas da Serra de Santana e similares (TQi) |
| | Diques alcalinos de Poços de Caldas (Ta1) | | | | | | | |
| | MESOZÓICO | BACIA DO PARANÁ | | | | | | |
| | | Corpos alcalinos: Litoral Norte (Ka3a); Cananéia (Ka3b); Passa Quatro (Ka3c); Poços de Caldas (Ka3d); Ponte Nova (Ka3e) e Jaboticabal (Ka3g). Diques alcalinos de Santa Antonio da Pinhal (Ka3f) | | | Grupo Bauru { Formação Marília (Km) Formação Adamantina (Ka) Formação Santo Anastácio (Ksa) Formação Caluá (Kc) | Formação Itaqueri (KTI) Sedimentos correlatos à Formação Itaqueri (KTII) | | |
| | | Corpos alcalinos de Itaipapuá (Ka2). | | | Grupo São Bento { Formação Serra Geral (JKsg) e Rochas intrusivas associadas (JKβ) Formação Botucatu (JKb) Formação Pirambóia (TJp) | | | |
| | | Corpos alcalinos: Juquid (Ka1a); Jacupiranga (Ka1b); Piedade (Ka1c) e Ipanema (Ka1d). | | | | | | |
| | | Rochas intrusivas básicas (JKβ) | | | | | | |
| | PERMIANO SUPERIOR | | | | Grupo Passa Dois { Formação Rio do Rasto (Prr) Formação Teresina (Pt) Formação Serra Alta (Psa) Formação Itati (Pi) | Formação Corumbataí (Pc) | | |
| | CARBONÍFERO SUP. A PERMIANO MÉDIO | | | | Grupo Tubarão { Formação Palermo (Pp) Formação Rio Bonito (Prb) Formação Itararé (CPI) Formação Aquidauana (CPa) | Formação Tatui (Ptt) | | |
| DEVONIANO | | | | Grupo Paraná { Formação Ponta Grossa (Dpg) Formação Furnas (Df) | | | | |
| EO PALEOZÓICO | Formação Eleutério (COe) Suites graníticas posttectônicas: Facies granítica (COYg); Facies Gradosa (COYg) e Facies Itu (COYi) Suites graníticas Indiferenciadas (PS60Y) | | | | | | | |
| PROTEROZÓICO | SUPERIOR | Suites graníticas sintectônicas: Facies Cantareira (PSYc) e Facies migmatítica (PSYm) Complexo Pilar do Sul: PSpX, PSpF, PSpFC, PSpC, PSpQ, PSpS, PSpR, PSpB (Psp) Complexo Embu: PSeB, PSeM (PSe) Grupo São Roque: PSsX, PSsF, PSsQ, PSsC, PSsR, PSsD, PSsM (PSs) | | | | | | |
| | MÉDIO | Grupo Canastra: PMcQ (PMc) | | | | | | |
| | INFERIOR | Formação Setuva (Pis) | Complexo Turvo-Cajati: PItG, PItX, PItC, PItQ, PItM (Pit) | Complexo Amparo: PiaGM, PiaQ, PiaS, PiaX, PiaB, PiaHM, PiaH (Pia) | Complexo Paraíba do Sul: PipM, PipO, PipH (Pip) | | | |
| ARQUEANO | Complexo Costeira: AcB, AcD, AcHM, AcC, AcM, AcH, AcX (Ac) Complexo Juiz de Fora: AJM (Aj) Complexo Varginha: AvQ, AvM, AvH, AvHM, AvC, AvB (Av) | | | | | | | |

Obs.: Símbolos das litologias gerais: α - alcalinas; β - básicas; γ - granitos; B - metabásicas; C - calcárias; D - metadioritos; F - filitos; FC - filitos calcários; G - gnaisses; H - granulitos; HM - granulitos migmatizados; M - migmatitos; Q - quartzitos; R - metaconglomerados; S - calcossilicáticas; X - xistos.

Figura 2: Coluna estratigráfica simplificada (Fonte: IPT, 1981)

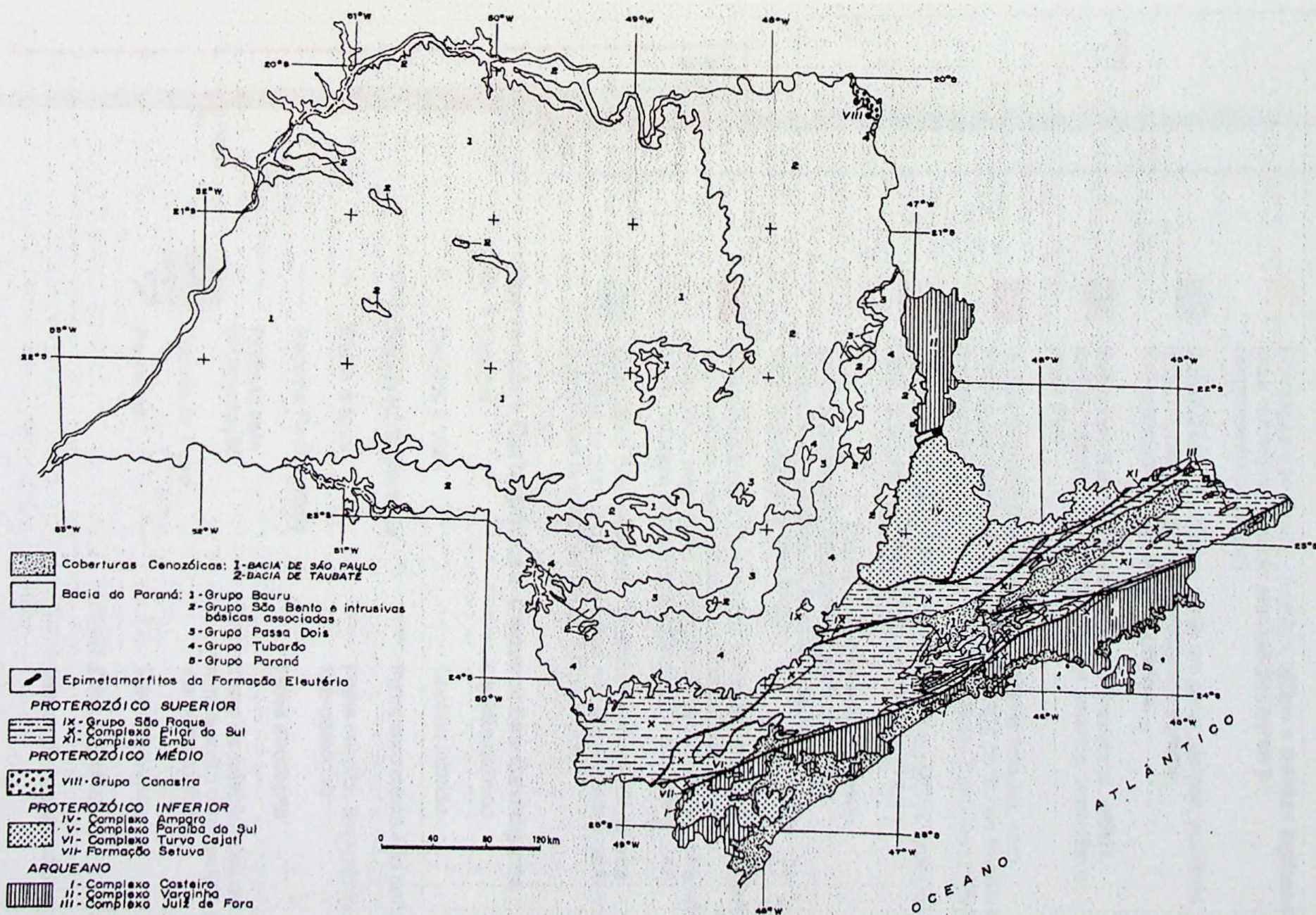
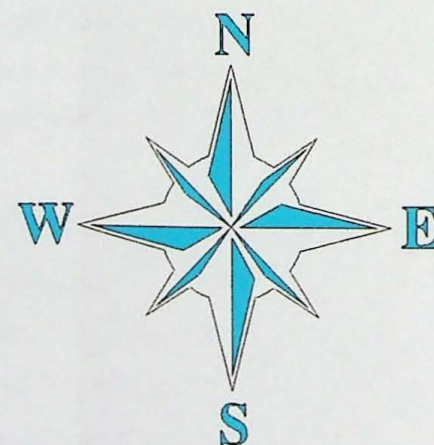
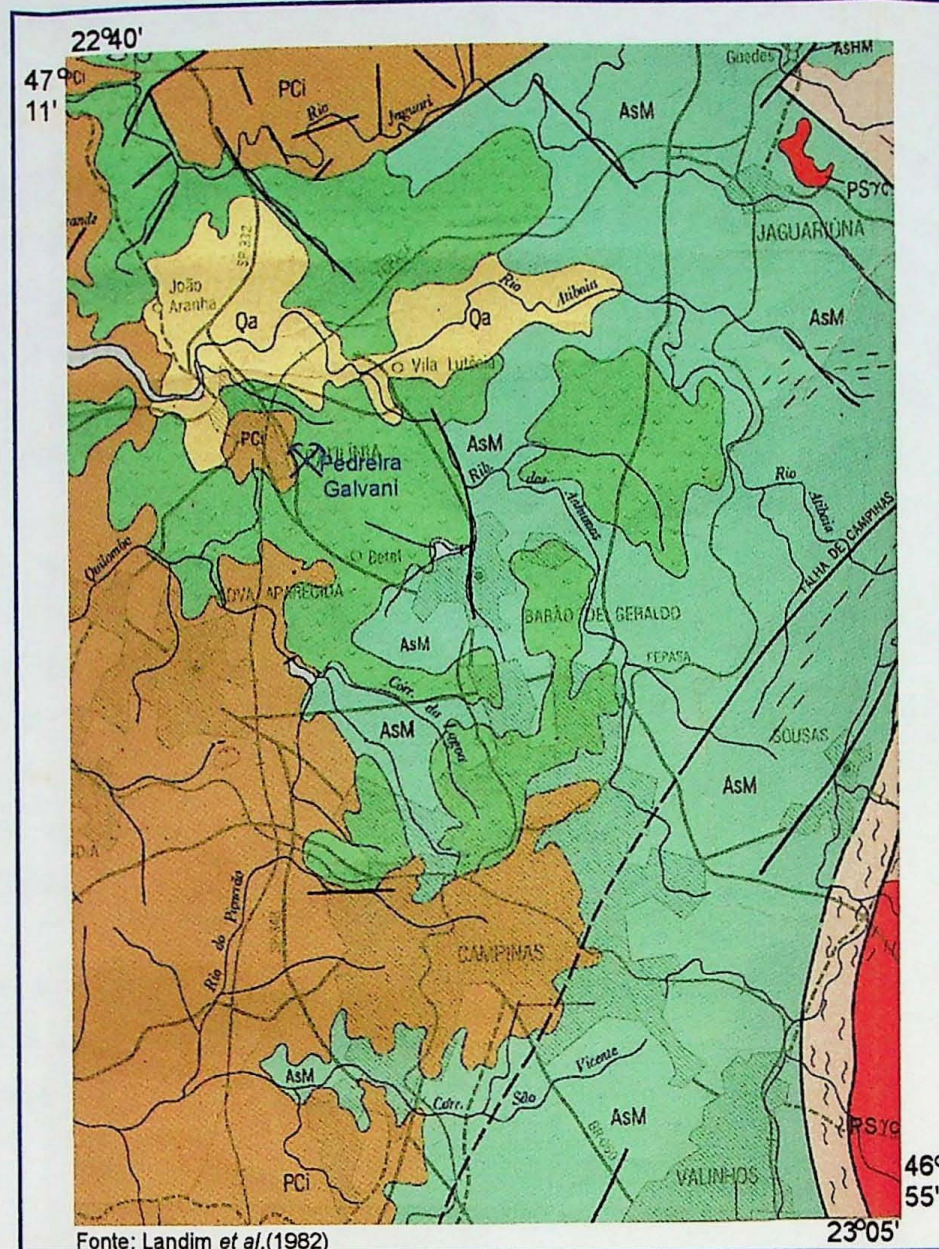
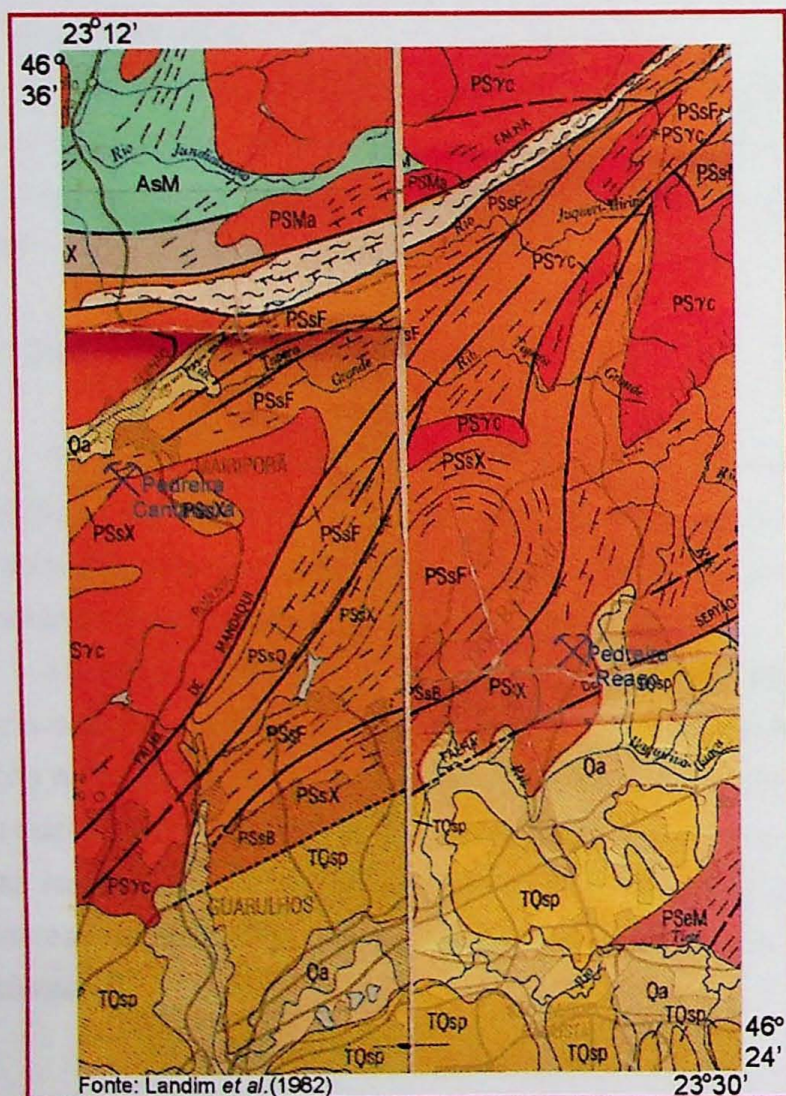
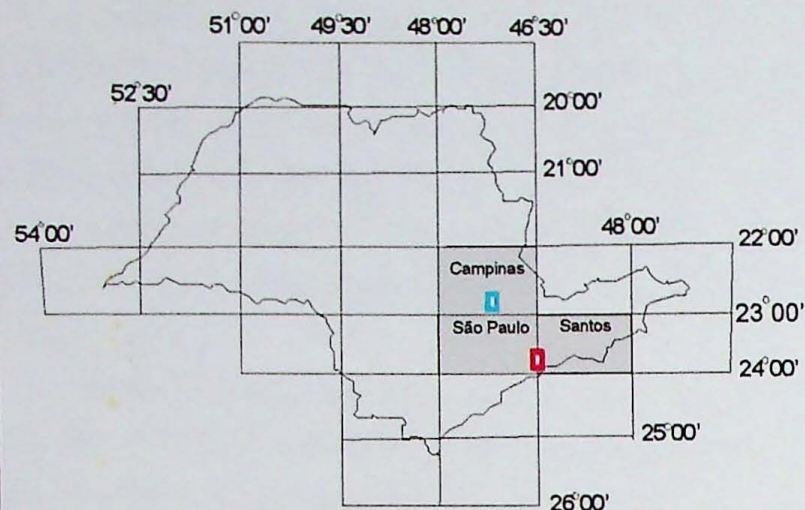
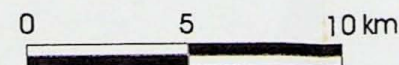


Figura 3 : Mapa de distribuição das unidades litoestratigráficas no Estado de São Paulo (Fonte: IPT, 1981)

Localização das Folhas Utilizadas



ESCALA 1:250.000



Unidades litoestratigráficas

- Depósitos aluviais, areias e argilas, conglomerados na base (Qa)
- Formação São Paulo** - Argilitos, siltitos e arenitos argilosos finos, subordinadamente arenitos grosseiros e conglomeráticos (TQsp)
- Suítas Básicas** - Diques e sills em geral básicos, incluindo diabásio, dioritos pórfiros, monzonitos pórfiros, tranquiandesitos, gabros e lamprófiros
- Subgrupo Itararé** - Arenitos finos a grosseiros, siltitos, lamitos, diamictitos e ritmitos, cores amarelo, vermelho e cinza (Pci)
- Suítas Granitóides** - Corpos granitóides foliados, com contato parcialmente discordante, textura porfiroide freqüente, composição de tonalítica a granítica (fácies Cantareira) (PSyc)
- Grupo São Roque** - Filitos, incluindo metassiltitos, quartzo xisto, quartzitos e micaxistos subordinados (PSsF)
- Clorita xisto e quartzo micaxisto, subordinadamente metassiltitos, metagrauvacas, metacórseos, calcário, dolomitos e calcíticos, calciossilicatadas e filito (PSsX)
- Complexo Embu** - Migmatitos heterogêneos essencialmente estromáticos, com paleossoma xistoso, gnáissico ou anfibolítico, migmatitos homogêneos variados predominando os de natureza homofânica, oftalmítica e facoidal (PSeM)
- Complexo Silvianópolis** - Gnaisses embrechíticos com núcleos de granulito e anatexitos não diferenciados contendo ocorrências restritas do Grupo Amparo (AsM)

Convenções Cartográficas Convenções Geológicas

- | | |
|---|---|
| • Cidades | Contato definido |
| ○ Distritos e Vilas | Contato inferido |
| Reservatório existente | Falha com rejeito não definido |
| Curso d'água | Falha inferida, lineamento foto-geológico |
| Rodovia Pavimentada | Falha encoberta |
| Rodovia sem pavimentação | Traço de foliação e/ou de acabamento com sentido de mergulho indicado |
| Estrada de Ferro | Traço de fratura |
| Pedreiras | Zona cataclástica |
| | Diques de rochas básicas |

Figura 4: Mapa Geológico do Estado de São Paulo (simplificado), destacando a localização das pedreiras amostradas

2.2.3 Grupo São Roque

As rochas supracrustais, granitóides e gnáissico-migmatíticas tradicionalmente consideradas como Grupo São Roque afloram continuamente sob a forma de uma faixa de pouco mais de 180 km de comprimento e 50 km de largura máxima, que acunham no sentido nordeste até as proximidades de Monteiro Lobato (Bistrichi *et al.*, 1981 *apud* Juliani, 1993).

A pedreira Reago de acordo com sua localização no mapa geológico do Estado de São Paulo 1:250.000 está geologicamente localizada sobre os gnaisses-migmatíticos do Grupo São Roque (Figura 4).

Nesta pedreira segundo Juliani (1993), o corpo principal tem forma de uma lente alongada na direção nordeste-sudoeste com aproximadamente 0,75 km de largura e pouco mais de 2,5 km de comprimento. As formas alongadas devem-se às deformações introduzidas pela Zona de Cisalhamento do Rio Jaguari, que conferem as rochas uma forte estruturação cataclástico-milonítica, especialmente nas bordas das lentes, que diminui de intensidade no sentido noroeste. Os contatos com as encaixantes são sempre concordantes devido a transposição tectônica, que parece concentrar-se nos contatos, não afetando grandes porções dos metassedimentos.

De acordo com Juliani (1993), na pedreira Reago podem ser observadas diversas falhas, com rochas miloníticas finas com decímetros a poucos metros de espessura, cortando as rochas já cataclasadas. Veios de quartzo, deformados ou não, encaixam-se também nestas zonas.

2.2.4 Suítes Básicas

De acordo com Monteiro (1986), as rochas basálticas mesozóicas da Bacia do Paraná e vizinhanças são oriundas de um intenso vulcanismo do tipo fissural. Este vulcanismo teria se dado por um mecanismo de alívio de pressão, não havendo manifestações violentas, à exceção de casos isolados através de grandes fendas de tensão.

Monteiro (1986) afirma ainda que os *sills* representam corpos menores ocorrendo invariavelmente ao longo de toda a Bacia do Paraná, sendo a frequência com que aparecem função da proximidade das zonas de efusão do material magmático; são formas concordantes ou mesmo discordantes (*sheet*). Afirma ainda que ocorre grande quantidade de diques nas áreas vizinhas aos derrames, próximo ao fluxo de lavas, agrupados em sistemas de corpos tabulares e subparalelos, em alguns casos constituindo-se em alimentadores das atividades vulcânicas.

Os diabásios são abundantes no município de Paulínia, tendendo a formar corpos pequenos, alongados, de no máximo 8 km de comprimento tendo em média 3 km na maior dimensão. Os corpos mais alongados podem se orientar seguindo as direções NE (preferencialmente), NW ou EW, podendo acompanhar regiões de fraturamento anteriores e/ou contemporâneos ao evento magmático. Estes corpos comportam-se principalmente como diques (apresentando por vezes contatos nitidamente verticais) e em parte como *sills* (concordantes com o acamamento das rochas do Subgrupo Itararé) (Instituto Geológico, 1995).

A pedra Galvani está localizada sobre o afloramento de um dique de diabásio mesozóico (Figura 4). Essa conclusão foi tomada a partir da descrição petrográfica. Infelizmente devido a escala do mapa utilizado 1:250.000 não foi possível representar esse dique.

2.3. Descrição das Principais Normas Utilizadas

Neste item descreve-se as normas de ensaio de forma consultados durante a execução deste trabalho, são elas: ABNT NBR-7809, ABNT NBR – 6954, DNER – DPT M 86-64 e o CRD C119-53. No entanto, para a execução de todas elas, com exceção do ABNT NBR – 6954, é necessário fazer o ensaio de granulometria ABNT NBR – 7217, por isso este ensaio apresenta-se também descrito abaixo.

2.3.1 Agregados - Determinação da Composição Granulométrica (ABNT NBR 7217)

A norma ABNT NBR 7217 prescreve o método para a determinação da composição granulométrica de agregados graúdos e miúdos para concreto.

De acordo com esta norma, é necessário para o ensaio a seguinte aparelhagem: balança, estufa, peneiras da série normal com abertura de 76, 38, 19, 9,5, 4,8 e <4,8 mm e intermediária com abertura 64, 50, 32, 25, 12,5 e 6,3 em mm, bandejas e pincel de cerdas macias.

Primeiramente as amostras devem ser misturadas de maneira a homogenizar o material e em seguida quarteadas. Tomam-se para o ensaio de granulometria duas partes opostas do quarteamento. Pesa-se esse material para obter a massa inicial.

O procedimento adotado é o descrito a seguir.

As peneiras são sobrepostas em ordem crescente da base para o topo, uma sobre a outra com o fundo para uma bandeja. Coloca-se porções de amostras sobre a peneira superior do conjunto, evitando a formação de camada espessa de material sobre qualquer uma das peneiras; o acúmulo de material sobre a peneira impede o igual acesso de todos os grãos à tela durante a agitação, podendo também provocar a deformação permanente da tela. Agita-se o conjunto de peneiras de modo a haver uma classificação prévia, e faz-se uma classificação manual de toda a amostra em uma peneira para depois passar para a seguinte. São, então, separados os fragmentos retidos em cada peneira e colocados em uma bandeja devidamente identificados. A partir daí calcula-se as porcentagens retidas e acumulada, em massa, em cada peneiras.

Estes resultados são tabelados e a partir deles pode-se representar graficamente a porcentagem de material retido e acumulado em cada fração granulométrica. Calcula-se também, a partir destes resultados o módulo de finura¹ e a dimensão máxima². Tendo-se assim uma quantidade representativa para cada fração granulométrica.

2.3.2 Agregado Graúdo – Determinação do Índice de Forma pelo Método do Paquímetro (ABNT NBR 7809)

A norma da ABNT NBR – 7809 descreve o método através do qual se determina o índice de forma do agregado graúdo com dimensão máxima característica superior a 9,5 mm.

O índice de forma do agregado é calculado pela relação entre o comprimento e a espessura dos grãos do agregado, ponderada pela quantidade de grãos de cada fração granulométrica que o compõe. Chamando-se de “a” o comprimento do fragmento, sendo esta a maior dimesão possível de ser medida, e “c” a menor distância possível entre planos paralelos entre si e a direção do comprimento do grão que o tangeciam (Figura 5).

Os procedimentos adotados são descritos a seguir.

As amostras para o ensaio foram submetidas à análise granulométrica descrita no item 2.3.1. São desprezadas as frações passantes na peneira de 9,5 mm e aquelas cujas porcentagens, em massa, retidas individuais sejam iguais ou inferiores a 5%.

¹ Módulo de Finura: Soma das porcentagens retidas acumuladas em massa de um agregado, nas peneiras da série normal, dividido por 100.

² Dimensão Máxima: Agregado representa uma porcentagem, retida acumulada igual ou imediatamente inferior a 5% em massa.

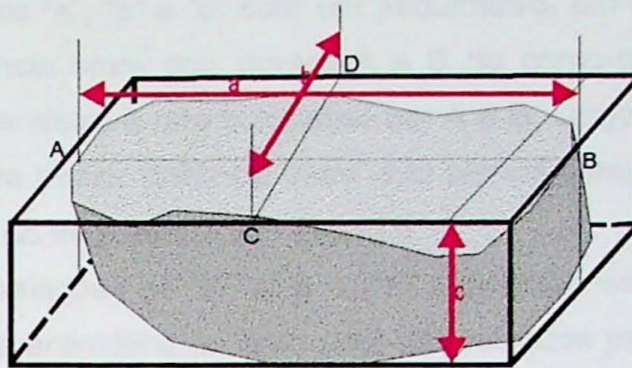


Figura 5: Dimensões do corpo de prova a serem medidas

Cada fração obtida deve ser quarteada até a obtenção do número de grãos, calculado pela seguinte fórmula:

$$N_i = (200 / F_1 + F_2 + \dots F_i \dots + F_n) \times F_i \quad (1)$$

Onde:

N_i =número de grãos para medição na fração i (este valor deve ser arredondado ao inteiro mais próximo);

200=número de grãos necessários para o ensaio;

F_i =porcentagem em massa retida individual correspondente à fração i ;

$F_1+F_2+\dots F_i \dots + F_n$ = soma das porcentagens em peso retidas individuais das frações obtidas.

O cálculo do N_i fornece a quantidade de fragmentos que devem ser medidos em cada fração granulométrica, de modo que de posse desses valores basta efetuar, com o paquímetro, a medida do comprimento de "a" e "c".

O índice de forma é dado pela média, já ponderada pela Fórmula (1), das relações entre o comprimento e a espessura "a"/"c" de todos os grãos medidos. O resultado deve ser arredondado ao inteiro mais próximo.

2.3.3 Lastro Padrão – Determinação da Forma do Material (ABNT NBR 6954)

A norma ABNT NBR 6954 prescreve o método de determinação da forma do material do lastro-padrão para via férrea.

O corpo de prova utilizado para o ensaio é cada um dos 25 fragmentos de rocha obtidos ao acaso de cada lote, a ser verificado.

O procedimento adotado é descrito a seguir.

Mede-se as dimensões “a”, “b” e “c” com um paquímetro, em mm. Onde “a” é o maior comprimento (a maior distância entre dois pontos A e B do corpo-de-prova) “b” é a largura (distância entre duas retas paralelas à reta que passa por A e B, tangenciando C e D do corpo-de prova) e “c” é a espessura (maior distância entre dois planos paralelos às retas AB e CD e que tangenciem a superfície do fragmento). Ver Figura 5.

Deve-se calcular as relações de “b”/“a” e “c”/“b” individualmente para cada fragmento, determina-se, então, a média aritmética de cada uma das relações para que o corpo de prova possa ser classificado de acordo com a Tabela 1:

Tabela 1: Classificação da forma do corpo de prova segundo a norma ABNT NBR 6954

| Média das relações b/a e c/b | Classificação da forma |
|------------------------------|------------------------|
| $b/a > 0,5$ e $c/b > 0,5$ | Cúbica |
| $b/a < 0,5$ e $c/b > 0,5$ | Alongada |
| $b/a > 0,5$ e $c/b < 0,5$ | Lamelar |
| $b/a < 0,5$ e $c/b < 0,5$ | Alongada-Lamelar |

Notar que este método determina a relação 1:2 para a classificação da forma.

2.3.4 Índice de Forma de Agregado (DNER – DPT M 86)

O método DNER DPT M 86 fixa o modo pelo qual se determina a variação dos eixos multidirecionais das partículas que compõem o agregado, definindo-a pelo índice de forma.

A aparelhagem necessária é a seguinte: crivos de abertura circular com diâmetro de 76, 63,5, 50, 38, 32, 25, 19, 16, 12,7, 9,5 e 6,3 mm, ajustáveis ao caixilho para peneiramento; conjunto de crivos redutores, de abertura retangular de 38, 32, 25, 21, 19, 17, 16, 12,7, 10,5, 9,5, 8,5, 8, 6,3, 5,3, 4,8, 4,2 e de 3,2 mm, com respectivo suporte para peneiramento (Foto1); peneiras de 76, 63,5, 50, 38, 25, 19, 12,7, 9,5 e de 4,8 mm; balança com capacidade para 20kg, sensível a 1g e bandejas.

Inicialmente procede-se uma análise granulométrica do material para saber em qual das graduações da Tabela 2 ele se enquadra.

Tabela 2: Crivos e peneiras a serem utilizados no ensaio DNER – DPT M 86.

| Graduação | Crivos de abertura circular (mm) | | Pesos das frações da amostra (g) | Crivos redutores correspondentes (mm)* | |
|-----------|-------------------------------------|--------|--|---|----------|
| | Passante | Retido | | Crivo I | Crivo II |
| A | 76,0 | 63,5 | 3000 | 38,0 | 25,0 |
| | 63,5 | 50,0 | 3000 | 32,0 | 21,0 |
| | 50,0 | 38,0 | 3000 | 25,0 | 17,0 |
| | 38,0 | 32,0 | 3000 | 19,0 | 12,7 |
| B | 32,0 | 25,0 | 2000 | 16,0 | 10,5 |
| | 25,0 | 19,0 | 2000 | 12,7 | 8,5 |
| | 19,0 | 16,0 | 2000 | 9,5 | 6,3 |
| C | 19,0 | 16,0 | 2000 | 9,5 | 6,3 |
| | 16,0 | 12,7 | 2000 | 8,0 | 5,3 |
| | 12,7 | 9,5 | 2000 | 6,3 | 4,2 |
| D | 12,7 | 9,5 | 1000 | 6,3 | 4,2 |
| | 9,5 | 6,3 | 1000 | 4,8 | 3,2 |

* Notar que a abertura dos crivos redutores I e II correspondem a 1/2 e 1/3 dos valores da abertura da malha do crivo circular passante.

Escolhida a graduação selecionam-se as frações nas quantidades em peso indicada na Tabela 2, usando-se peneiras com crivos circulares. De cada fração separa-se as partículas retidas no crivo redutor de abertura igual à metade do tamanho da diretriz³ correspondente, anotando-se o seu peso (Crivo I). O material que passa no primeiro crivo redutor deve ser testado em um segundo crivo redutor de abertura igual a um terço do tamanho diretriz da fração. Anota-se o peso do material retido neste crivo. Este procedimento é repetido para todas as frações que compõem a graduação escolhida.

Determina-se, então, para cada fração que compõe a graduação, as porcentagens retidas nos crivos redutores em relação a seu peso inicial. O índice de forma é calculado pela expressão:

$$F = (P_1 + \frac{1}{2} P_2) / 100 \times n \quad (2)$$

Onde:

F= índice de forma;

P₁= soma das porcentagens retidas nos crivos I, de todas as frações que compõe a graduação;

P₂= soma das porcentagens retidas nos crivos II, de todas as frações que compõe a graduação;

n= número de frações (ou tamanho diretriz) que compõe a graduação escolhida.

2.3.5 Ensaio de Lameridade e Alongaridade em Agregados (CRD C119)

Este método visa determinar a forma dos fragmentos pela determinação das relações entre as três dimensões dos fragmentos (comprimento, largura e espessura).

Um aparelho denominado calibrador proporcional (Foto 2), peneiras com aberturas de 25, 19, 12,5, 9,5 e 4,8 mm e uma balança com sensibilidade de 0,5 g são as aparelhagens necessárias para a execução deste ensaio.

Penetra-se uma porção representativa de material usando-se as peneirada nas peneiras acima citadas, excluindo-se as quantidades retidas quer representem menos de 10% da amostra e as passantes na malha de 4,8 mm. Este material é quarteado até um mínimo de 100 fragmentos e ensaiado no calibrador proporcional. Este aparelho permite a escolha de três critérios de proporcionalidade (1:2, 1:3, 1:5) entre as dimensões dos fragmentos, com simples mudança na posição do pino de rotação. O critério 1:3 é o sugerido por essa norma.

As formas dos fragmentos são definidas pelo seguinte teste:

♦ Teste de alongamento: fazer a maior abertura da extremidade do braço do aparelho igual a maior dimensão do fragmento. Se a largura do fragmento passar pela menor abertura, o fragmento é considerado *alongado*.

♦ Teste de lameridade: fazer a maior abertura da extremidade do braço do aparelho igual a largura do fragmento. Se a espessura do fragmento passar pela menor abertura o fragmento é considerado *lamelar*.

Se o fragmento satisfizer as condições tanto de alongamento quanto de lameridade ele é considerado como *alongado-lamelar*. Se não satisfizer a nenhuma das duas condições ele é considerado *cúbico*.

Como resultado apresenta-se a classificação dos fragmentos nas diversas categorias mencionadas São apresentados em número ou em peso com suas respectivas distribuições percentuais.

³ Tamanho Diretriz é o valor do diâmetro do menor crivo de abertura circular, especificado, em que passam todos os grãos de uma fração, das que compõe a graduação escolhida.

3. DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

3.1 Amostragem

As amostragens foram feitas nas correias transportadoras das minerações, após a paralisação das mesmas e a retirada de aproximadamente 50 kg de material contido nela (o equivalente a quase 2 metros de correia).

Nos depósitos, onde houve coleta de material já classificado, a amostragem foi feita em vários pontos da pilha evitando a coleta de material nas zonas periféricas devido a segregação que normalmente ali ocorre.

Na execução da amostragem foram utilizados os seguintes materiais: pá, saco de lona, fita adesiva e etiquetas.

Na execução da amostragem foi obedecida a norma ABNT NBR 7216 para amostragem de agregados.

Cabe ressaltar, que por normas de segurança das empresas, onde o material foi coletado, não foi permitido permanecer na frente de lavra tempo suficiente para uma descrição detalhada desta.

3.1.1 Pedreiras Reago

Nesta pedreira a britagem primária é feita com britador de mandíbulas e as britagens secundárias, terciárias e quaternárias com britadores cônicos.

As amostras de brita foram coletadas na correia transportadora, nas saídas das britagens terciária e quaternária, antes de passarem pelas peneiras. Foram colocadas em sacos de lona, aproximadamente, 50 kg de amostras contendo brita 1, brita 2, brita 3, pedrisco e pó de pedra. Para seção delgada foram coletadas, na frente de lavra, (Foto 3) blocos de rocha fresca.

3.1.2 Pedreira Cantareira

Esta pedreira funciona com sete britadores: dois britadores primários de mandíbula, um britador secundário giratório, dois britadores terciários cônicos e dois britadores quaternários, também cônicos.

Devido ao volume de produção não foi possível a paralisação do processo para a coleta do material na correia transportadora. Coletou-se, então, o material já classificado (brita 1, brita 2, brita 3, pedrisco e pó de pedra) para uma mistura posterior, de acordo com porcentagens cedidas, gentilmente, pelo engenheiro responsável pela pedreira, que fez com que o material coletado, após misturado, se apresentasse com porcentagens semelhantes às aquelas antes da classificação. No entanto, para este estudo a mistura tornou-se desnecessária, porque posteriormente as amostras foram separadas por frações granulométricas.

Foram coletados na frente de lavra (Foto 4) blocos de rocha fresca para a confecção de lâminas.

3.1.3 Pedreira Galvani

Nesta pedreira a britagem é feita com um britador primário de mandíbulas, sendo que os demais britadores (secundário, terciário e quaternário) são cônicos.

A amostragem de brita 1, pedrisco e pó de pedra foi feita na correia transportadora (na saída da primeira peneira). As amostras de brita 2 e 3 foram coletadas no depósito, já classificadas, para uma mistura posterior.

Na frente de lavra, Foto 5, foram coletadas amostras para a laminação.

3.2. Petrografia

Os estudos petrográficos incluíram a descrição de seções delgadas de amostras selecionadas nas pedreiras Reago, Cantareira e Galvani, de modo a serem representativas da litologia predominante no local. Contudo, por se tratarem de rochas com litologias aparentemente homogêneas, não se considerou necessário a descrição de muitas lâminas. Porém, cabe ressaltar que esta descrição tem como prioridade determinar características gerais das rochas, não se tratando de estudo petrográfico detalhado.

Foi utilizado microscópio da marca ZEISS (*Standard WL Research Microscope*) para as descrições petrográficas e para as fotomicrografias utilizou-se o equipamento da marca ZEISS (*Axioplan*).

A seguir apresenta-se as descrições petrográficas do material coletado em cada pedreira e no anexo 1 um resumo das principais características das amostras descritas a seguir.

3.2.1 Pedreira Reago

A rocha observada nessa pedreira apresenta uma matriz quartzo-feldspática (feldspato K), textura granoblástica muito fina, com cordões de quartzo recristalizados, estes com granulação maior que a da matriz, orientados e subparalelos entre si.

De modo geral, a rocha apresenta uma textura granoblástica inequigranular a porfiroclástica (Foto 6). Sua granulação varia de muito fina a média, sendo que na matriz milonítica varia de 0,02 a 0,06 mm e os porfiroclastos de feldspato chegam a ter 2 mm. Observou-se fraturas intragranulares preenchidas por sericita.

Os minerais essenciais encontrados foram quartzo (40-50%), microclínio (20-30%), oligoclásio (10%) e biotita (5%). Secundariamente observou-se epidoto (5%), sericita (<5%) e carbonato. Como minerais acessórios aparecem titanita, zircão e opacos.

Os grãos de quartzo, na sua maioria, apresentam-se xenomórficos, alguns mostram formas alongadas. Aqueles presentes na matriz têm extinção ondulante, enquanto que os dos cordões não a apresentam.

Porfiroclastos de microclínio estão dispersos pela matriz onde quase não se observa sua geminação em grade; alguns cristais aparecem alongados ou pertitizados e com microfraturas.

O feldspato potássico, em grande quantidade na matriz da rocha, acha-se inequigranular.

A biotita aparece na cor verde, bastante sericitizada na matriz da rocha.

O epidoto presente na rocha evidencia uma alteração hidrotermal desta. Este aparece associado à biotita ou próximo a ela, tendo sido também encontrado dentro do feldspato potássico, disperso pela rocha e formando cordões.

A titanita e os opacos constituem cristais hipidiomórficos a automórficos.

O plagioclásio na matriz, e em porfiroclastos, apresentam geminação Lei da Albita e estão um pouco saussuritizados.

Esta rocha, de acordo com suas características litológicas e texturais, recebe o nome de *gnaisse milonítico*.

3.2.2 Pedreira Cantareira

Trata-se de uma rocha com estrutura maciça e textura granular hipidiomórfica, com cristais de forma variando de hipidiomórfica a xenomórfica destacando-se os cristais de quartzo e feldspatos. Sua granulação varia de média a grossa (0,2 a 5,5mm) (Foto 7).

Foram observados, na rocha, oligoclásio (30-40%), quartzo (20-30%), biotita (15-20%) e microclínio (10%). Secundariamente tem-se sericita e carbonato, e como acessórios titanita e opacos.

O oligoclásio aparece como cristais tabulares a alongados quase sempre saussuritizados. Sericita e carbonato substituem parcialmente este plagioclásio em alguns pontos.

Megacristais de microclínio tabulares foram observados. Alguns microclínios são pertíticos e com inclusões de plagioclásio saussuritizados e biotita.

Os grãos de quartzo formam agregados de cristais anédricos, inalterados. Exibem extinção ondulante, de aproximadamente 5°, e algumas microfissuras.

A biotita apresenta-se geralmente em agregados dispersos pela rocha, tendo suas bordas corroídas. Aparecem quase sempre entre os grãos de feldspato (oligoclásio e microclínio) e de quartzo.

Os opacos não têm forma definida e seus cristais estão sempre isolados.

A titanita observada tem forma automórfica.

A esta rocha dá-se o nome de *biotita granito (3b)*.

3.3.3 Pedreira Galvani

A pedreira é constituída de uma rocha muito homogênea. A estrutura da rocha é maciça e a textura intergranular; sua granulação varia de fina a média (0,25 a 5mm) (Foto 8). A rocha apresenta alteração deutérica hidrotermal, evidenciada pela hornblenda, biotita e filossilicatos verdes.

Foram encontrados como minerais essenciais andesina (40-45%), augita (35-40%) e opacos (15-20%). Secundariamente obsevou-se hornblenda, biotita marrom e filossilicatos verdes; como acessório tem-se olivina.

A andesina ocorre em cristais ripiformes com geminação Lei da Albita e Carlsbad. Alguns cristais aparecem zonados e com microfissuras intragranulares.

A biotita aparece na cor marrom dispersa pela rocha, sempre corroída nas bordas e associada ao piroxênio.

O piroxênio altera nas bordas para hornblenda, com inclusões de minerais opacos em alguns grãos.

Os opacos são subédricos e estão dispersos pela lâmina. Alguns formam inclusões em hornblenda.

De acordo com as características observadas e modo de ocorrência, dá-se o nome de *diabásio* a essa rocha.

3.3. Ensaios de Forma

3.3.1 Procedimentos Adotados

Todas as amostras coletadas passaram pelo mesmo procedimento padrão, descrito a seguir, sendo que as particularidades de cada uma serão descritas juntamente como os resultados.

As amostras coletadas em todas as pedreiras foram primeiramente homogenizadas, quarteadas e pesadas.

Todo esse material, foi então, passado em peneiras com as seguintes aberturas, em mm: 50, 38, 32, 25, 19, 12,5 e 9,5. Procedendo-se da seguinte maneira: peneirou-se todo o material, primeiramente, nas peneiras de abertura 50, 38 e 32 e em seguida o material passante na peneira 32 foi peneirado nas peneiras 25, 19, 12,5 e 9,5. Esse peneiramento foi feito desta maneira para que não se tivesse uma coluna muito alta de peneiras empilhadas, o que dificultaria seu manuseio.

Após uma separação prévia do material por agitação das peneiras, cada fragmento foi submetido a uma classificação manual, para verificar se ele realmente pertenceria àquela fração granulométrica. Após o peneiramento obteve-se o material separado em diferentes frações granulométricas, que foram pesadas, de acordo com a norma ABNT NBR 7217 (Agregados - determinação da fração granulométrica) decrita no item 2.3.1.

Em seguida as amostras retidas nas peneiras de 50, 38, 32, 25, 19, 12,5 e 9,5 mm, foram lavadas em água corrente e levadas para secar, a uma temperatura de $110^{\circ}\pm 5^{\circ}\text{C}$, em uma estufa por aproximadamente 48 horas. Este procedimento é adotado para que o pó não danifique os equipamentos utilizados para ensaios de forma e se possa ter a massa das frações que serão utilizadas neste ensaio.

O material saído da estufa, após um prévio resfriamento, foi novamente pesado em uma balança da marca *Bilici Automatici* para 20kg, para determinar a perda de massa após a lavagem.

Como a diferença entre as massa inicial (antes do ensaio de granulometria) e a massa final (massa do material após ensaio de granulometria e lavagem) foi muito pequena (<5% do valor da massa inicial) em todas as amostras estudadas, não foi necessário fazer uma correção⁴ nos valores de massa; para a execução do ensaio usou-se, então, esses valores de massa para o cálculo da distribuição granulométrica.

⁴ A correção dos valores é feita mutiplicando-se a diferença entre a massa final e inicial pelos valores em massa do material retido nas suas respectivas peneiras.

Foi feito para as amostras um ensaio de granulometria completo. Calculando-se, também, a partir das porcentagens em massas retidas acumuladas nas peneiras, o módulo de finura e a dimensão máxima.

O ensaio de granulometria descrito acima foi o primeiro procedimento para que se pudesse realizar o ensaio de forma da ABNT NBR 7809 (Agregado graúdo - determinação do índice de forma pelo método do paquímetro), porque é através das porcentagens retidas obtidas no ensaio de granulometria que se determina a quantidade de fragmentos a ser utilizada no ensaio de forma. Apesar de ter sido utilizada a série completa de peneiras no ensaio de granulometria, para o cálculo das quantidades de fragmentos a serem utilizados nos ensaios utilizou-se apenas as amostras retidas até a peneira de 9,5 mm, de acordo com a norma NBR 7809. Contudo essa norma despreza as quantidades de massa acumuladas inferiores 5% o que não foi feito para os ensaios aqui descritos, pois tentou-se abranger todas as graduações para possíveis comparações.

De posse das porcentagens retidas calculou-se, através da Fórmula (1) descrita no item 2.3.2, a quantidade de fragmentos a serem medidos.

Foi então coletada, aleatoriamente de cada fração granulométrica, a quantidade de fragmentos calculada.

Destes fragmentos foram medidas as três dimensões de acordo com a Figura 5. Este procedimento foi adotado de forma a permitir que os valores pudessem ser aproveitados também no ensaio de forma para lastro (ABNT NBR 6954).

Calculou-se o índice de forma pela relação entre comprimento ("a") e espessura ("c") de todos os grãos medidos, obtendo-se um índice de forma para as amostras

De posse destas medidas calculou-se também a relação largura pelo comprimento (" b/a ") e a relação da espessura pela largura (" c/b ") e a média destas relações, bem como a forma individual de cada fragmento de acordo com a Tabela 1. A forma resultante no ensaio da ABNT NBR 6954 é obtida pela média dos pares de valores " b/a " e " c/b ".

Estes mesmos fragmentos foram passados no medidor proporcional, para a execução do ensaio pela norma CRD C119, de acordo com o descrito no item 2.3.5.

Os resultados apresentados neste trabalho estão expressos em peso com suas respectivas distribuições percentuais. Por se tratar de um estudo comparativo utilizou-se as três proporções possíveis do medidor (1:2, 1:3, 1:5). No entanto, cabe lembrar que a norma sugere que seja executado o ensaio na proporção 1:3.

Para a execução do Ensaio do DNER – DPT M 86 foi necessário peneirar as amostras retidas na peneira de 19 mm na peneira de 16 mm, para que se tivesse a seqüência correta de material para passar nos crivos circulares. De acordo com a Tabela 3, sugerida por Yoshida *et al.* (1972), onde estão indicadas as frações das malhas quadradas a serem utilizadas para o peneiramento em cada crivo circular.

Tabela 3: Frações a serem utilizadas para cada graduação da norma DNER DPT M 86 (Yoshida *et al.*, 1972).

| Graduação | Crivos de abertura circular (mm) | | Peneira de malha quadrada a ser utilizada (mm) |
|-----------|----------------------------------|--------|--|
| | Passando | Retido | |
| A | 76,0 | 63,5 | 64 |
| | 63,5 | 50,0 | 50 |
| | 50,0 | 38,0 | 38 |
| | 38,0 | 32,0 | 32 |
| B | 32,0 | 25,0 | 25 |
| | 25,0 | 19,0 | 19 |
| | 19,0 | 16,0 | 16 |
| C | 19,0 | 16,0 | 16 |
| | 16,0 | 12,7 | 12,5 |
| | 12,7 | 9,5 | 9,5 |
| D | 12,7 | 9,5 | 9,5 |
| | 9,5 | 6,3 | 6,3 |

Escolhida a graduação de acordo com a Tabela 3, passou-se, então, cada amostra em seu crivo correspondente. Para todas as amostras estudadas foi escolhida a graduação C, visto que, para todas elas havia a quantidade representativa em peso necessária, e também para que fosse possível uma melhor comparação do resultado deste ensaio.

Procedeu-se da seguinte maneira: foram passadas as frações, passantes no crivo circular de 19 mm e retido no crivo circular de 16 mm, no crivo redutor de 9,5 mm. Pesou-se o material passante no crivo redutor de 9,5 mm, que a seguir foi passado no crivo redutor de 6,3 mm e assim sucessivamente por toda a graduação C. Obteve-se então a soma das porcentagens das frações retidas no crivo redutor I e a soma das porcentagens das frações retidas no crivo redutor II. Com esses valores de massa, em porcentagem, foi calculado o índice de forma, através da Fórmula (2) descrita no item 2.3.4.

Na execução de todos os ensaios de forma optou-se pela utilização dos 200 fragmentos, escolhidos de maneira ponderada, pela distribuição granulométrica, de acordo com a norma ABNT NBR 7809, para que se pudesse fazer uma melhor comparação dos resultados. No entanto, para o ensaio do DNER DPT M 86, não foi possível a sua utilização porque neste caso necessitava-se de uma quantidade maior de amostras.

Cabe ressaltar que a norma ABNT NBR 6954 pede a utilização de 25 fragmentos escolhidos ao acaso. Todavia, a utilização dos 200 fragmentos, escolhidos ponderadamente, permite obter um resultado mais representativo no estudo comparativo.

4. RESULTADOS OBTIDOS

4.1 Gnaisse Milonítico (Pedreira Reago)

A seguir apresenta-se todos os resultados obtidos nos ensaios realizados no gnaisse milonítico coletado na Pedreira Reago.

A Tabela 4 apresenta os valores de massa obtidos após o peneiramento dos 35.405g de amostra nesta tabela, também encontra-se a diferença entre as massas inicial e após o peneiramento.

Tabela 4: Distribuição granulométrica da amostras da Pedreira Reago

| Retida na peneira (mm) | Massa (g) |
|------------------------------------|-----------------|
| 50 | 790,4 |
| 38 | 5.338,1 |
| 32 | 2.926,7 |
| 25 | 3.042,8 |
| 19 | 5.044,4 |
| 12,5 | 7.416,8 |
| 9,5 | 2.504,4 |
| 6,3 | 2.145,2 |
| 4,8 | 1.024,1 |
| <4,8 | 5.082,8 |
| Massa final | 35.315,7 |
| Massa inicial | 35.405 |
| Massa inicial – Massa final | 89,3 |

Como a diferença entre as massas inicial e final foi muito pequena 89,3g, o que representa 0,25% da massa total inicial, não foi necessário fazer uma correção nos valores de massa. Usou-se então esses valores de massa para o ensaio de granulometria.

De acordo com as massas obtidas, teve-se as porcentagens retidas e acumuladas para as amostras tratadas, apresentadas a seguir.

Tabela 5: Valores das porcentagens retidas e acumuladas para cada fração granulométrica das amostras da Pedreira Reago usadas para os ensaios

| Abertura das peneiras (mm) | Material retido (g) | Porcentagem retida (%) | Porcentagem acumulada (%) |
|----------------------------|---------------------|------------------------|---------------------------|
| 50 | 790,40 | 2,90 | 2,90 |
| 38 | 5338,10 | 19,74 | 22,64 |
| 32 | 2926,70 | 10,81 | 33,45 |
| 25 | 3042,80 | 11,25 | 44,70 |
| 19 | 5044,40 | 18,65 | 63,35 |
| 12,5 | 7416,80 | 27,40 | 90,75 |
| 9,5 | 2504,40 | 9,25 | 100,00 |
| 4,8 | | | 100,00 |
| 2,4 | | | 100,00 |
| 1,2 | | | 100,00 |
| 0,6 | | | 100,00 |
| 0,3 | | | 100,00 |
| 0,15 | | | 100,00 |
| Total | 27063,60 | 100,00 | |

| | |
|-------------------------|-------|
| Módulo de finura | 7,86 |
| Dimensão máxima | 50 mm |

Os dados apresentados na Tabela 5 são apresentados, também, no anexo 2 na forma gráfica, para sua melhor visualização.

De posse das porcentagens acumuladas calcula-se, através da Fórmula (1) descrita no item 2.3.2, a quantidade de fragmentos a serem medidos, de acordo com a norma ABNT NBR 7809. Para a Pedreira Reago foi medida a seguinte quantidade de fragmentos, coletados aleatoriamente de cada fração granulométrica, apresentada na Tabela 6.

Tabela 6: Quantidade de fragmentos utilizada nos ensaios de forma normas ABNT e CRD (Pedreira Reago)

| Retido na peneiras (mm) | Nº de fragmentos (quant.) |
|-------------------------|---------------------------|
| 50 | 4 |
| 38 | 40 |
| 32 | 22 |
| 25 | 23 |
| 19 | 38 |
| 12,5 | 55 |
| 9,5 | 19 |
| Total | 201 |

No Anexo 3 estão apresentadas as medidas das três dimensões destes fragmentos, bem como o cálculo das relações entre as dimensões medidas.

Na Tabela 7 apresenta-se os resultados obtidos nos ensaios de forma da ABNT para esta pedreira, calculados de acordo com o descrito em suas respectivas normas.

Tabela 7: Resultados dos ensaios da ABNT para a Pedreira Reago

| | NBR 7809 | NBR 6954 |
|------------------|----------|--|
| Média "a" | 4,5 | 4,5 |
| Média "b" | 3,2 | 3,2 |
| Média "c" | 1,8 | 1,8 |
| Média "b"/"a" | - | 0,7 |
| Média "c"/"b" | - | 0,6 |
| Média de "a"/"c" | 2,5 | - |
| Forma | - | Forma média: cúbica cúbica=69% alongada=5% lamelar=25% alongada-lamelar=0% |

Estes resultados apresentaram a forma *cúbica* como sendo a forma média para os fragmentos desta pedreira.

Com os mesmos fragmentos, utilizados para os ensaios da ABNT, fez-se o ensaio pela norma CRD C119. Os resultados deste ensaio apresentam-se na Tabela 8.

Tabela 8: Resultados obtidos no ensaio CRD C119 nas três proporções possíveis (Pedreira Reago)

| Formas observadas | 1:2 | | 1:3 | | 1:5 | |
|-------------------|-----------|----|-----------|----|-----------|-----|
| | Massa (g) | % | Massa (g) | % | Massa (g) | % |
| Cúbica | 5186 | 66 | 7618 | 98 | 7800 | 100 |
| Alongada | 140 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Lamelar | 2428 | 31 | 184 | 2 | 0 | 0 |
| Alongada-Lamenlar | 48 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Como já dito anteriormente para o ensaio do DNER, as amostras foram passadas nos crivos referentes a *graduação C*, obtendo-se os resultados apresentados nas Tabela 9.

Tabela 9: Resultados do ensaio do DNER para a Pedreira Reago

| Crivo circular (passante) (mm) | Crivo redutor I | | Crivo redutor II | | Índice de forma |
|--------------------------------|-----------------|-------------------|------------------|-------------------|-----------------|
| | Crivo (mm) | % em massa retida | Crivo (mm) | % em massa retida | |
| 19 | 9,5 | 74,60 | 6,3 | 22,13 | 0,86 |
| 16 | 8,0 | 70,35 | 5,3 | 26,36 | |
| 12,7 | 6,3 | 84,6 | 4,2 | 10,9 | |
| | Total | 229,55 | Total | 59,39 | |

Notar que o crivo redutor I corresponde a metade do valor do crivo circular passante e que o crivo redutor II é um terço deste.

4.2 Biotita Granito (Pedreira Cantareira)

As amostras de biotita granito da Pedreira Cantareira, foram coletadas previamente classificadas como brita 3, brita 2, brita 1, pedrisco e pó. Portanto, para o experimento não foi necessário uma homogeneização do material. Foram tomadas apenas duas porções do material: uma de brita 1 e outra de brita 2, totalizando 50.470 g de material para os ensaios. Não tomou-se uma porção de brita 3 para o ensaio, porque fragmentos nesta dimensão não estavam mais sendo produzidos, estavam apenas armazenados há algum tempo na pedreira.

Após a seleção do material, iniciou-se o ensaio de granulometria com as amostras de brita 1 e 2. Obteve-se uma massa de 50.366 g, distribuída conforme a Tabela 10.

Tabela 10: Distribuição granulométrica da amostra da Pedreira Cantareira

| Retida na peneiras (mm) | Massa (g) |
|------------------------------------|--------------|
| 25 | 2140 |
| 19 | 15300 |
| 12,5 | 22151 |
| 9,5 | 7225 |
| <9,5 | 3550 |
| Massa final | 50366 |
| Massa inicial | 50470 |
| Massa inicial – Massa final | 104 |

Como a diferença entre a massa inicial e a massa final (após a lavagem) foi muito pequena, o correspondente a 0,20% da massa inicial, não foi necessário corrigir os valores de massa. Foram então calculadas as porcentagens retida e acumulada para cada fração granulométrica como mostra a Tabela 11.

Tabela 11: Valores das porcentagens retidas e acumuladas para cada fração granulométrica das amostras da Pedreira Cantareira usadas para ensaio

| Abertura das peneiras (mm) | Material retido (g) | Porcentagem retida (%) | Porcentagem acumulada (%) |
|----------------------------|---------------------|------------------------|---------------------------|
| 25 | 2140 | 3,79 | 3,79 |
| 19 | 15300 | 27,10 | 30,89 |
| 12,5 | 22165 | 39,26 | 70,16 |
| 9,5 | 7225 | 12,80 | 82,96 |
| 6,3 | 2730 | 4,84 | 87,79 |
| 4,8 | 1230 | 2,18 | 89,97 |
| 2,4 | 5660 | 10,03 | 100,00 |
| 1,2 | | | 100,00 |
| 0,6 | | | 100,00 |
| 0,3 | | | 100,00 |
| 0,15 | | | 100,00 |
| Total | 56450 | 100,00 | |

| | |
|-------------------------|--------------|
| Módulo de finura | 7,04 |
| Dimensão máxima | 25 mm |

Os resultados apresentados na Tabela 11 estão apresentados em forma gráfica no Anexo 4.

Para a execução dos ensaios da ABNT foram coletados, aleatoriamente, as quantidades de fragmentos apresentadas na Tabela 12.

Tabela 12: Quantidade de fragmentos utilizada para os ensaios de forma norma ABNT e CRD (Pedreira Cantareira)

| Retidas na peneiras (mm) | Nº de fragmentos (quant.) |
|--------------------------|---------------------------|
| 25 | 9 |
| 19 | 65 |
| 12,5 | 95 |
| 9,5 | 31 |
| Total | 200 |

Cada um dos 200 fragmentos foi medido em suas três dimensões (comprimento, largura e espessura), tendo suas medidas anotadas e apresentadas no Anexo 5. A Tabela 13 apresenta os resultados obtidos para os ensaios da ABNT, bem como as médias das dimensões dos fragmentos.

Tabela 13: Resultados dos ensaios da ABNT para a Pedreira Cantareira

| | NBR 7809 | NBR 6954 |
|------------------|----------|--|
| Média "a" | 2,8 | 2,8 |
| Média "b" | 2,0 | 2,0 |
| Média "c" | 1,3 | 1,3 |
| Média "b"/"a" | - | 0,8 |
| Média "c"/"b" | - | 0,7 |
| Média de "a"/"c" | 2,2 | - |
| Forma | - | Forma média: cúbica cúbica=87,5% alongada=1% lamelar=11,5% alongada-lamelar=0% |

Para o ensaio CRD C119 foram utilizadas as mesmas 200 amostras selecionadas para os ensaios da ABNT, sendo que os resultados são apresentados na Tabela 14.

Tabela 14: Resultados obtidos no ensaio CRD C119 nas três proporções possíveis (Pedreira Cantareira)

| Formas observadas | 1:2 | | 1:3 | | 1:5 | |
|-------------------|-----------|----|-----------|----|-----------|-----|
| | Massa (g) | % | Massa (g) | % | Massa (g) | % |
| Cúbica | 1525,8 | 79 | 1894,9 | 98 | 1928,0 | 100 |
| Alongada | 84,4 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Lamelar | 302,0 | 16 | 32,93 | 2 | 0 | 0 |
| Alongada-Lamenlar | 15,3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |

O ensaio de forma DNER DPT M 86 foi feito com a utilização todas as amostras já previamente peneiradas nas peneiras de malha quadrada utilizando-se das frações recomendadas. Os resultados deste ensaio estão apresentados na Tabela 15.

Tabela 15: Resultados do ensaio do DNER para a Pedreira Cantareira

| Crivo circular (passante) (mm) | Crivo redutor I | | Crivo redutor II | | Índice de forma |
|--------------------------------|-----------------|-------------------|------------------|-------------------|-----------------|
| | Crivo (mm) | % em massa retida | Crivo (mm) | % em massa retida | |
| 19 | 9,5 | 77,00 | 6,3 | 20,75 | 0,84 |
| 16 | 8,0 | 65,88 | 5,3 | 30,80 | |
| 12,7 | 6,3 | 72,00 | 4,2 | 22,65 | |
| | Total | 214,88 | Total | 74,20 | |

4.3 Diabásio (Pedreira Galvani)

Todo o diabásio coletado na Pedreira Galvani, o equivalente a 53.245 g de brita variando de brita 3 a pó, foi peneirado de acordo com a norma ABNT NBR 7217. A distribuição granulométrica é apresentada na Tabela 16.

Tabela 16: Distribuição granulométrica da amostra da Pedreira Galvani

| Retida na peneira (mm) | Massa (g) |
|------------------------------------|------------------|
| 50 | 2590 |
| 38 | 11900 |
| 32 | 1670 |
| 25 | 895 |
| 19 | 11720 |
| 12,5 | 11160 |
| 9,5 | 3455 |
| 6,3 | 3240 |
| 4,8 | 1155 |
| <4,8 | 5020 |
| Massa final | 52805 |
| Massa inicial | 53245 |
| Massa inicial – Massa final | 440 |

A partir do valor da massa final verificou-se que houve uma perda de apenas 0,8% da massa inicial, não sendo necessárias correções.

Com esses valores de massa foram feitos os cálculos de porcentagem do material retido e acumulado, bem como foi calculado o módulo de finura e a dimensão máxima do material. Estes resultados estão apresentados na Tabela 17.

Tabela 17: Valores das porcentagens retidas e acumuladas para cada fração granulométrica das amostras da Pedreira Galvani usadas para o ensaio

| Abertura das Peneiras (mm) | Material retido (g) | Porcentagem retida (%) | Porcentagem Acumulada (%) |
|-----------------------------------|----------------------------|-------------------------------|----------------------------------|
| 50 | 2590,00 | 4,90 | 4,90 |
| 38 | 11990,00 | 22,67 | 27,57 |
| 32 | 1670,00 | 3,16 | 30,72 |
| 25 | 895,00 | 1,69 | 32,42 |
| 19 | 11720,00 | 22,16 | 54,57 |
| 12,5 | 11160,00 | 21,10 | 75,67 |
| 9,5 | 3455,00 | 6,53 | 82,20 |
| 6,3 | 3240 | 6,13 | 88,33 |
| 4,8 | 1155,00 | 2,18 | 90,51 |
| 2,4 | 5020,00 | 9,49 | 100,00 |
| 1,2 | | | 100,00 |
| 0,6 | | | 100,00 |
| 0,3 | | | 100,00 |
| 0,15 | | | 100,00 |
| Total | 52895,00 | 100,00 | |

| | |
|-------------------------|-------|
| Módulo de finura | 7,55 |
| Dimensão máxima | 50 mm |

Os resultados das porcentagens retidas e acumuladas estão apresentados graficamente no Anexo 6.

A partir dos valores das massas retidas em cada fração granulométrica foi calculada a quantidade de fragmentos de cada fração granulométrica a serem medidos para os ensaios da ABNT (Tabela 18).

Tabela 18: Quantidade de fragmentos a serem utilizados nos ensaio de forma norma ABNT e CRD (Pedreira Galvani)

| Retida na peneiras (mm) | Nº de fragmentos (quant.) |
|-------------------------|---------------------------|
| 50 | 12 |
| 38 | 55 |
| 32 | 8 |
| 25 | 4 |
| 19 | 54 |
| 12,5 | 51 |
| 9,5 | 16 |
| Total | 200 |

As quantidades de fragmentos acima citada são escolhidas ao acaso dentre o material peneirado, para que suas dimensões possam ser medidas. A média destes valores e os principais resultados dos ensaios da ABNT estão apresentados na Tabela 19, sendo que no Anexo 7 apresenta-se os valores individuais para cada fragmento.

Tabela 19: Resultados dos ensaios da ABNT para a Pedreira Galvani

| | NBR 7809 | NBR 6954 |
|------------------|----------|--|
| Média "a" | 4,6 | 4,6 |
| Média "b" | 3,0 | 3,0 |
| Média "c" | 2,0 | 2,0 |
| Média "b"/"a" | - | 0,7 |
| Média "c"/"b" | - | 0,7 |
| Média de "a"/"c" | 2,3 | - |
| Forma | - | Forma média: cúbica cúbica=81% alongada=5,5% lamelar=13,5% alongada-lamelar=0% |

Com estes mesmos fragmentos foi efetuado o ensaio conforme CRD C119. Em cada um dos fragmentos foi feito o teste de alongamento e lameridade, como descrito no item 2.3.5, nos três critérios de proporcionalidade possíveis (1:2, 1:3, 1:5). Os resultados encontram-se na Tabela 20.

Tabela 20: Resultados obtidos no ensaio CRD C119 nas três proporções possíveis (Pedreira Galvani)

| Formas observadas | 1:2 | | 1:3 | | 1:5 | |
|-------------------|-----------|-------|-----------|------|-----------|-----|
| | Massa (g) | % | Massa (g) | % | Massa (g) | % |
| Cúbica | 9773,5 | 76,05 | 12617,5 | 98,5 | 12850,2 | 100 |
| Alongada | 1327,9 | 10,35 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Lamelar | 1748,5 | 13,60 | 196,7 | 1,5 | 0 | 0 |
| Alongada-Lamenlar | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Após este ensaio os fragmentos foram devolvidos a suas respectivas bandejas para se executar o ensaio DNER DPT M 86, cujos resultados são apresentados na Tabela 21.

Tabela 21: Resultados do ensaio do DNER para a Pedreira Galvani

| Crivo circular (passante) (mm) | Crivo redutor I | | Crivo redutor II | | Índice de forma |
|--------------------------------|-----------------|-------------------|------------------|-------------------|-----------------|
| | Crivo (mm) | % em massa retida | Crivo (mm) | % em massa retida | |
| 19 | 9,5 | 81,69 | 6,3 | 15,87 | 0,89 |
| 16 | 8,0 | 87,55 | 5,3 | 15,98 | |
| 12,7 | 6,3 | 69,71 | 4,2 | 25,23 | |
| | Total | 238,95 | Total | 57,08 | |

5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O estudo comparativo foi realizado, com base nos valores medidos e na distribuição granulométrica, mesmo considerando que a Pedreira Cantareira apresenta materiais apenas na faixa correspondente a brita 1 e 2.

O ensaio de forma da NBR 7809 é o recomendado pela ABNT para a classificação de forma quando o material será usado para concreto. Este ensaio apresenta a forma dos fragmentos por meio de um número (média de "a"/"c"), que pode variar de "um" a , teoricamente, 'infinito'. No entanto, os resultados deste ensaio devem ser menores ou iguais a três, sendo que, quanto mais próximo de "um" maior a quantidade de fragmentos cúbicos no material.

Observou-se nas amostras estudadas que cubicidade, por esse método, cresce na seguinte ordem: gnaiss milonítico (2,5) < diabásio (2,3) < granito (2,2).

Nota-se, que para todo o conjunto de dados, conforme a razão de "a"/"c", não existe necessariamente a relação entre o tamanho do fragmento e a cubicidade (Tabela 22).

Contudo, se compararmos os resultados obtidos em todas as frações notaremos que o diabásio apresenta seus fragmentos de maiores dimensões como sendo os mais cúbicos e o gnaiss como sendo os menos cúbicos.

Tabela 22: Resultados dos índices de forma ABNT NBR 7809 por fração granulométrica

| Frações granulométricas | Média "a"/"c" | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
| | Gnaiss (Pedreira Reago) | Granito (Pedreira Cantareira) | Diabásio (Pedreira Galvani) |
| 50 | 2,87 | - | 1,15 |
| 38 | 2,42 | - | 2,4 |
| 32 | 2,41 | - | 2,9 |
| 25 | 2,24 | 1,75 | 2,40 |
| 19 | 2,43 | 2,00 | 2,30 |
| 12,5 | 2,70 | 2,20 | 2,50 |
| 9,5 | 2,59 | 2,60 | 2,20 |

Este método, NBR 7809, por sua vez, possibilita ter uma visão global das formas apresentadas pelos fragmentos, pois utiliza uma extensa faixa de granulometria, o que aumenta a representatividade da amostra e evita a subjetividade do operador na classificação da forma.

O ensaio da NBR 6954, que é o recomendado pela ABNT para a classificação da forma do fragmento para lastro de via férrea, é extremamente simples, que apresenta os resultados por meio de um par de valores e sua correspondente forma, além de poder apresentando porcentagens das formas individuais dos fragmentos: cúbicos, alongados, lamelares e alongados-lamelares.

Nota-se que para rochas mais orientadas, como o gnaiss, a porcentagem de fragmentos cúbicos é menor e que aparecem mais fragmentos lamelares que nos outros tipos litológicos estudados. Isso se deve ao fato do gnaiss ser uma rocha muito orientada, influenciando, assim o aparecimento de uma maior quantidade de fragmentos lamelares, apesar da utilização de britadores cônicos na britagem secundária, terciária e quaternária, que induzem um aumento na quantidade de fragmentos cúbicos.

Analisando o índice de forma, obtido através das relações " b/a " e " c/b ", para as diferentes frações granulométricas, observou-se, não existir relação entre tamanho do fragmento e cubicidade (Tabela 23).

Tabela 23: Forma dos fragmentos de todas as frações granulométricas ensaiadas segundo ABNT NBR 6954

| Fração (mm) | Formas Observadas | Gnaiss (%) | Granito (%) | Diabásio (%) |
|-------------|-------------------|------------|-------------|--------------|
| 50 | cúbica | 75 | - | 100 |
| | alongada | 0 | - | 0 |
| | lamelar | 25 | - | 0 |
| | alongada-lamelar | 0 | - | 0 |
| 38 | cúbica | 60 | - | 80 |
| | alongada | 5 | - | 4 |
| | lamelar | 35 | - | 16 |
| | alongada-lamelar | 0 | - | 0 |
| 32 | cúbica | 86 | - | 75 |
| | alongada | 0 | - | 0 |
| | lamelar | 14 | - | 25 |
| | alongada-lamelar | 0 | - | 0 |
| 25 | cúbica | 87 | 89 | 75 |
| | alongada | 0 | 11 | 25 |
| | lamelar | 13 | 0 | 0 |
| | alongada-lamelar | 0 | 0 | 0 |
| 19 | cúbica | 74 | 91 | 81 |
| | alongada | 2 | 9 | 4 |
| | lamelar | 24 | 0 | 15 |
| | alongada-lamelar | 0 | 0 | 0 |
| 12,5 | cúbica | 58 | 88 | 74 |
| | alongada | 10 | 10,5 | 12 |
| | lamelar | 24 | 1,5 | 14 |
| | alongada-lamelar | 0 | 0 | 0 |
| 9,5 | cúbica | 73 | 77 | 94 |
| | alongada | 13 | 19 | 0 |
| | lamelar | 14 | 4 | 6 |
| | alongada-lamelar | 0 | 0 | 0 |

Quando analisadas as porcentagens de fragmentos cúbicos para todas as frações, nota-se, no entanto, que o diabásio novamente, tal como no ensaio NBR 7809, apresenta uma maior quantidade de fragmentos cúbicos na fração de maior dimensão.

Nos ensaios da ABNT, portanto, não notou-se a influencia da dimensão do fragmento na sua forma, ao contrário do que foi verificado por Yoshida *et. al* (1972) para basaltos compactos.

O método do CRD C119, como dito anteriormente, classifica os fragmentos como cúbicos, alongados, lamelares ou alongados-lamelares.

Neste método notou-se que a proporção 1:5 é extremamente tolerante, por classificar os três tipos litológicos como 100% cúbicos; não existindo assim, em nenhuma das rochas estudadas, fragmentos alongados ou lamelares. A proporção 1:3, sugerida pela norma, apresenta-se mais exigente que 1:5 mostrando, em todas as amostras, poucos fragmentos alongados e lamelares, e classifica sempre uma grande quantidade de fragmentos como cúbicos. Notar que para todas as amostras os resultados foram iguais (98% cúbicos e 2% lamelares).

A proporção 1:2 é a mais rigorosa na sua classificação, apresentando sempre a presença fragmentos alongados e lamelares independente do tipo de rocha.

Observou-se que este método apresenta, portanto, um aumento na quantidade de fragmentos cúbicos à medida que diminuimos as proporções ($1:2 < 1:3 < 1:5$). Nota-se uma certa coincidência deste método com o método da ABNT NBR 6954 que também usa a relação 1:2 entre as medidas dos eixos dos fragmentos, conforme a Tabela 24.

Tabela 24: Comparação da classificação da cubicidade na relação 1:2 entre os métodos ABNT 6954 e CRD C119.

| Método | Amostras | Fragmentos cúbicos (%) | Fragmentos não cúbicos* (%) |
|--------|---------------------|------------------------|-----------------------------|
| ABNT | Pedreira Reago | 69 | 31 |
| | Pedreira Cantareira | 88 | 12 |
| | Pedreira Galvani | 80 | 20 |
| CRD | Pedreira Reago | 66 | 34 |
| | Pedreira Cantareira | 79 | 21 |
| | Pedreira Galvani | 76 | 24 |

* fragmentos não cúbicos = lamelares + alongados + alongados-lamelares

O método CRD é um método simples e rápido, que apresenta resultados diretos, onde há possibilidade de variação do critério de avaliação da forma do fragmento conforme o rigor desejado para qualificação do material, sem alterar o procedimento.

O ensaio do DNER – DPT M 86, que classifica a forma de fragmentos para rodovias, apresenta o resultado do índice de forma como um número que varia teoricamente entre “zero” e “um”. Quanto mais próximo de “um” maior a quantidade de fragmentos cúbicos na amostra. Este método, por apresentar várias graduações para o ensaio, aumenta a representatividade dos resultados além de simplicidade na apresentação dos resultados. O grande problema deste método que é sua execução é relativamente trabalhosa.

Nos ensaios realizados observou-se um aumento na quantidade de fragmentos cúbicos nesta ordem: granito (0,84)<gnaisse milonítico (0,86)<diabásio (0,89).

Comparando os resultados do método do DNER com o método da ABNT NBR 7809, constata-se que, o método do DNER apresenta uma menor quantidade de fragmentos cúbicos para o granito, e que método da ABNT, ao contrário, mostra maior quantidade de fragmentos cúbicos (Tabela 25). Parece haver uma incoerência nestes resultados quando se observa a ordem crescente da presença fragmentos cúbicos, no entanto ambos os ensaios, quando comparados um a um apresentaram como a forma cúbica como predominante.

Tabela 25: Comparação dos resultados dos ensaios ABNT NBR 7809 e DNER DPT – M 86

| | NBR 7809 | DNER |
|-------------------------------|----------|------|
| Granito (Pedreira Cantareira) | 2,2 | 0,84 |
| Diabásio (Pedreira Galvani) | 2,3 | 0,89 |
| Gnaisse (Pedreira Reago) | 2,5 | 0,86 |

A seguir apresenta-se uma tabela com a síntese de todos os resultados obtidos nos ensaio de forma.

Tabela 26: Resumo dos resultados dos ensaios de forma realizados

| Resultados | | | Pedreira Reago (gnaisse milonítico) | Pedreira Cantareira (biotita granito) | Pedreira Galvani (diabásio) |
|---|------------------|------------------|--|--|--------------------------------|
| Módulo de Finura | | | 7,86 | 7,04 | 7,55 |
| Dimensão Máxima | | | 50 | 25 | 50 |
| Média de b/a | | | 0,7 | 0,8 | 0,7 |
| Média de c/b | | | 0,6 | 0,7 | 0,7 |
| Forma Média | | | cúbica | cúbica | cúbica |
| Frequência de Formas (%) A partir das medidas de a, b e c | cúbica | | 69 | 88 | 80 |
| | alongada | | 5 | 1 | 6 |
| | lamelar | | 25 | 12 | 14 |
| | alongada-lamelar | | 0 | 0 | 0 |
| Média de a/c | | | 2,5 | 2,2 | 2,3 |
| Índice de Forma DNER | | | 0,86 | 0,84 | 0,89 |
| CRD | 1:2 | cúbica | 66 | 79 | 76 |
| | | alongada | 2 | 4 | 10 |
| | | lamelar | 31 | 16 | 14 |
| | | alongada-lamelar | 1 | 1 | 0 |
| | 1:3 | cúbica | 98 | 98 | 98 |
| | | alongada | 0 | 0 | 0 |
| | | lamelar | 2 | 2 | 2 |
| | | alongada-lamelar | 0 | 0 | 0 |
| | 1:5 | cúbica | 100 | 100 | 100 |
| | | alongada | 0 | 0 | 0 |
| | | lamelar | 0 | 0 | 0 |
| | | alongada-lamelar | 0 | 0 | 0 |

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De forma geral, nota-se que todos os resultados apresentaram-se, em alguns aspectos, coerentes, pois em todos eles a forma predominante foi a cúbica. Se forem analisados, no entato, os resultados individualmente, e levados em consideração o tipo litológico ensaiado, notar-se que:

- ♦ os resultados obtidos por meio dos ensaios de forma da ABNT comprovam uma analogia entre os mesmos, pois ambos apresentam a Pedreira Cantareira como sendo a de com maior quantidade de fragmentos cúbicos, seguida da Pedreira Galvani e Reago, nesta ordem. Estes ensaios também não verificam uma tendencia no aumento na quantidade de fragmentos cúbicos com o aumento da granulometria.
- ♦ o ensaio do DNER mostra uma divergência dos ensaios da ABNT, pois classifica a pedreira Galvani como sendo a pedreira com fragmentos de maior cúbicidade seguida da Reago e, por último, a pedreira Cantareira enquanto que os da ABNT mostram a sequência Pedreira Cantareira, Galvani e Reago.
- ♦ o ensaio do na proporção CRD 1:2 mostra analogia com os ensaios da ABNT, por classificar a Pedreira Cantareira como tendo maior quantidade de fragmentos cúbicos e Reago como a de menor quantidade destes e a Galvani como intermediária. Na proporção 1:3 do método CRD as pedreiras Reago, Cantareira e Galvani apresentam a mesma quantidade de fragmentos cúbicos. Na relação 1:5 do método CRD diverge de todos resultados obtidos nos outros ensaios, pois nele 100% dos fragmentos de todas as pedreiras são cúbicos, independente da granulometria ou da litologia.

Quanto a representatividade, o ensaio do DNER mostrou-se adequado em atender este requisito por apresentar várias graduações para o ensaio. É entretanto, método bastante trabalhoso e requer uma massa mínima relativamente alta de material para o ensaio na graduação adotada e maior ainda antes da preparação da amostra para qualquer graduação.

Dentre todos os ensaios o método do CRD é o mais simples de ser executados, pois necessita de poucos fragmentos (cerca de 100) apresentando a facilidade de se mudar as proporções (1:2, 1:3 e 1:5), o que permite ser mais ou menos rigoroso na escolha de fragmentos alongadas e lamelares.

O método da ABNT 6954 é um método muito prático e simples, pois necessita apenas de 25 fragmentos e um paquímetro; no entato, os fragmentos coletados ao acaso podem ou não ser representativos do todo. A apresentação dos resultados, entretanto, é de fácil compreensão. Além disso permite apresentar a frequência das formas encontradas.

O método ABNT NBR 7809 é de procedimento bastante simples e tão representativo quanto o DNER, porém mais fácil de ser executado. A igual representatividade se deve ao fato da amostra se composta por ponderação com base na distribuição granulométrica. A apresentação do resultado se faz, entretanto, apenas pelo grau de cubicidade da amostra; não mostrando, contudo, a quantidade de fragmentos não cúbicos.

De acordo com os ensaios realizados, e com os resultados obtidos foi possível concluir que, para uma maior representatividade dos resultados, pode-se fazer a composição da amostra com base na distribuição granulométrica, como recomenda a NBR 7809 e executar o ensaio de forma de acordo com a norma NBR 6954, apresentando o resultado de forma pela média, além de se poder mostrar a frequência das formas encontradas.

Quanto à influência da litologia na forma dos fragmentos pôde-se notar que o grau de cubicidade mostra-se, na maioria dos ensaios, menor para o material da Pedreira Reago, provavelmente por se tratar de uma rocha gnáissica cuja orientação dos minerais dada por sua estrutura, facilita a ocorrência de fragmentos tendendo a não cúbicos (alongados, lamelares e alongados-lamelares). A não ocorrência de um menor grau de cubicidade, se deve provavelmente, aos processos de britagem (secundária, terciária e quaternária) adotados pela empresa, como meio de melhorar a cubicidade de seu produto.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. (1989) Lastro - padrão - determinação da forma do material. 2p. Rio de Janeiro. (NBR – 6954).
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT (1983) Agregado graúdo. Determinação do índice de forma pelo método do paquímetro. 3p. Rio de Janeiro. (NBR – 7809)
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT (1992) Apreciação petrográfica de agregados. 7p. Rio de Janeiro. (NBR – 7389).
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. (1987) Amostragem de agregado 4p. Rio de Janeiro. (NBR – 7216).
- BISTRICHI, C. A. (1982) Geologia do Sinclínório de Pirapora, SP. São Paulo, Inst. Geoc. USP. 92p. (Dissertação de Mestrado).
- CAMPOS, H. C. N. S. (1993) Caracterização cartográfica das províncias hidrogeoquímicas do Estado de São Paulo. São Paulo, Inst. Geoc. USP. 177p. (Tese de Doutorado)
- CONCRET RESEARCH DIVISION (1953) Method of test for flat and elongated particles in coarse aggregate. 5p. E.U.A.. (CRD C119).
- CORREIA, C. T.; SZABÓ, G. A. J.; ULBRICH, H. H. G. J.; JANASI, V. A.; KIHARA, Y. (1992) GMP-205 Elementos de mineralogia e geologia - Aulas teóricas: textos condensados, São Paulo, Inst. Geoc. USP. 118p.
- DANTAS, A. S. L. (1990) Geologia da faixa São Roque e intrusivas associadas na região entre São Paulo e Mairiporã, Norte de São Paulo, SP. São Paulo, Inst. Geoc. USP, 199p. (Dissertação de Mestrado).
- DEPARTAMENTO NACIONAL de ESTRADAS de RODAGEM - DNER (1964) Índice de forma de agregados. 3p. Rio de Janeiro. (DPT M 86).

- FRAZÃO, E. B. (1987) A importância das características tecnológicas da pedra britada para lastro de ferrovia. Solos e Rochas - Revista Brasileira de Geotecnia, v. 10, n.3, p.11-20.
- FRAZÃO, E.B.; PARAGUASSU, A.B. (1998) Materiais rochosos para construção civil. In: OLIVEIRA, A.M.S.; BRITO, S.N.A. Geologia de Engenharia. São Paulo, ABGE. p. 331-342.
- FRAZÃO, E.B.; SBRIGHI NETO, C. (1984) The influence of the shape of the coarse aggregate on some hydraulic concrete properties. In: INTERNACIONAL SYMPOSIUM ON AGGREGATE, 30, France, 1994. Bulletin of the International Association of Engineering Geology. France, IAEG, p.221-224.
- FULFARO, V. J.; SAAD, A. R.; SANTOS, M. V.; VIANNA, R. B. (1982) Compartimentação e evolução tectônica da Bacia do Paraná. Revista Brasileira de Geociências. v.12, n.4, p. 590-610.
- HASUI, Y. (1981) Mapa de jazidas e ocorrências minerais do estado de São Paulo. V.1. p.13 a 349. Texto explicativo. (IPT).
- HASUI, Y; CARNEIRO, C. D. R.; BRISTRICHI, C. A. (1978) Os granitos e granitóides da região de dobramentos do Suldeste nos estados de São Paulo e Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30, Recife, 1978. Anais...Recife, SBG. V.6, p. 2579-2593.
- INSTITUTO GEOLÓGICO (1995) Subsídios para o planejamento regional e urbano do meio físico na porção média da Bacia do Rio Piracicaba, SP. São Paulo. V.II, p.167-210.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT - (1981) Mapa Geológico do Estado de São Paulo. Escala 1:500.000, São Paulo, IPT/ PROMINÉRIO. V.1.
- JULIANI, C. (1992) O embasamento pré-cambriano de São Paulo In: Seminário de problemas geológicos e geotécnicos da Região Metropolitana de São Paulo, São Paulo, 1992, São Paulo, ABAS/ABGE/SBG-SP. p.3-20.

- JULIANI, C. (1993) Geologia, petrogênese e aspectos metalogenéticos dos grupos Serra de Itaberaba e São Roque na Região das Serra do Itaberaba e da Pedra Branca, NE da cidade de São Paulo. São Paulo, Inst. Geoc. USP. 2V (Tese de Doutorado).
- KAGAYA, M.; TOKUDA, H; KAWADAMI, M.. (1984) Influence of aggregate characteristics on movement of the particle in concrete due to vibrating compaction In: INTERNACIONAL SYMPOSIUM ON AGGREGATE, 30, France, 1984. Bulletin of the Internacinal Association of Engineering Geology. France, IAEG, p.249-253.
- KAPLAN, M.F. (1959) Flexural and compressive strength of concrete as affected by the properties of coarse aggregate. Journal of the American Concret Institute v.30, n.7-12, p.1193-1208.
- LANDIM, P. M. B.; COTTAS, L. R.; FIORI, A. P. (1984) Mapa Geológico do Estado de São Paulo. São Paulo, UNESP/DAEE. Escala 1:250.000.
- LEINZ, V.; AMARAL, S.E. (1989) Geologia Geral. 11ed. São Paulo, Editora Nacional. 399p.
- MALEWSKI, J. (1984) A comparison of particle shape characteristics of crushed basalt and granite rocks. In: INTERNACIONAL SYMPOSIUM ON AGGREGATE, 29, France, 1994. Bulletin of the International Association of Engineering Geology. France, IAEG, p.401-403.
- MENEGASSE, L. N. (1991) Estudos hidrogeológicos das rochas metassedimentares do Grupo São Roque a NW da grande São Paulo: Critérios para a locação de poços profundos. São Paulo. Inst. Geoc. USP. 104p. (Dissertação de Mestrado)
- MONTEIRO, R. L. (1986) Aspectos geológicos, mineralógicos, petrológicos e geoquímicos de um corpo basáltico localizado no município de Tanquinho, SP. São Paulo, Inst. Geoc. USP. 158p. (Dissertação de Mestrado).
- RAMOS, M.; SMITH, M.R.; KOJOVIC, T. (1994) Aggregate shape - Prediction and control during crushing. Quarry Management, xerox de separata, p.23-30.

YOSHIDA, R.; FRAZÃO E.B.; GIROLDO, A.M.P. (1972) Estudo sobre forma de agregados rochosos. In: SEMANA PAULISTA DE GEOLOGIA APLICADA, 4, São Paulo, 1972. Anais..., São Paulo. APGA. P. 285p.



Foto 1: Criança de 12 meses com febre e irritação na pele.



Foto 2: Criança de 12 meses com febre e irritação na pele.

FOTOS



Foto 1: Crivos de abertura circular e crivos redutores utilizados no ensaio do DNER DPT M86

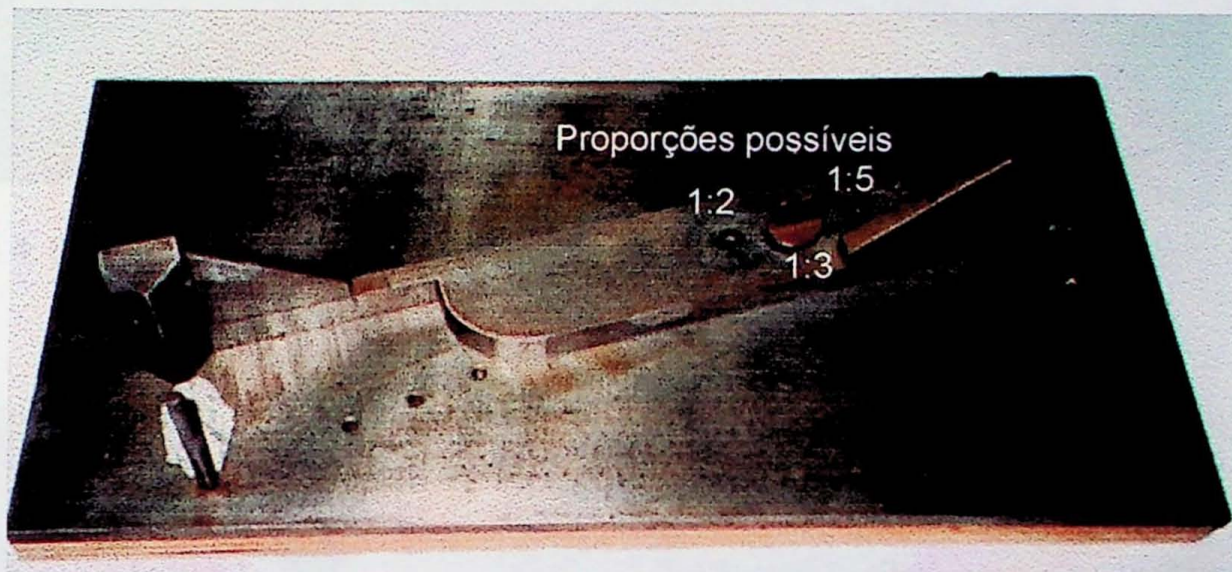


Foto 2: Calibrador proporcional usado no ensaio do CRD C119

FOTOS



Foto 3: Frente de lavra da Pedreira Reago. A seta indica o local de coleta do material para a confecção de lâminas petrográficas (abril/1999)

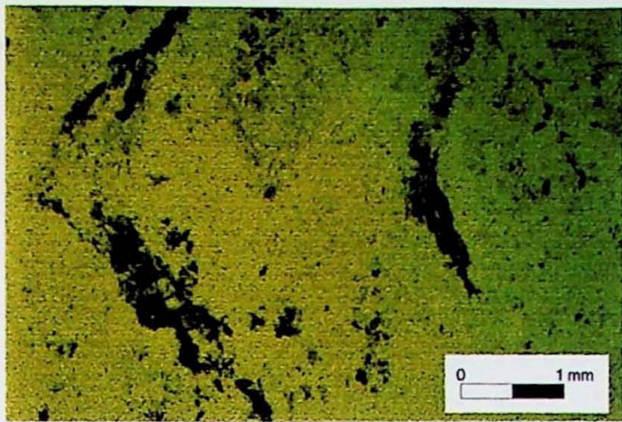


Foto 4: Frente de lavra da Pedreira Cantareira. A seta indica o local de coleta do material para a confecção de lâminas petrográficas (abril/1999)

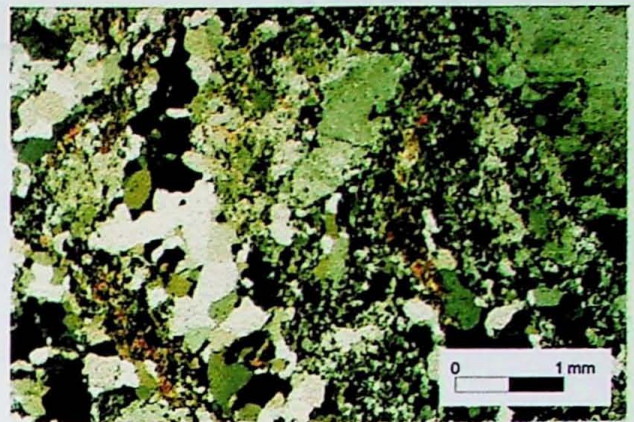


Foto 5 : Frente de lavra da Pedreira Galvani. Amostras para confecção de lâminas foram retiradas da bancada inferior no material de desmonte (abril/1999)

FOTOS

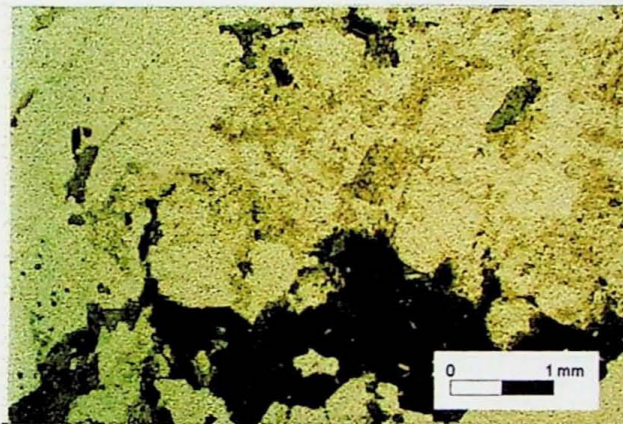


(A)

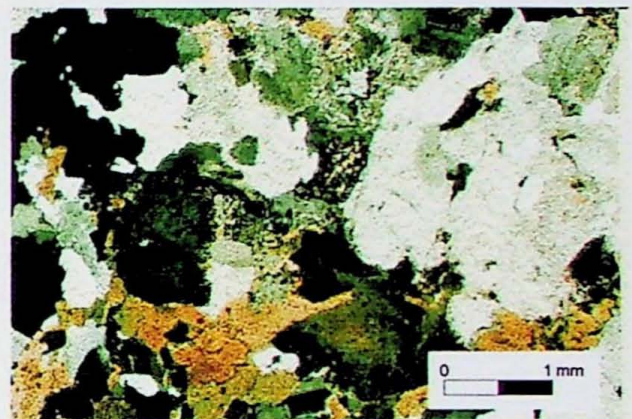


(B)

Foto 6: Gnaiss milonítico da Pedreira Reago. Matriz quartzo-feldspática de textura granoblástica com cordões de quartzo recristalizados.
Foto A sem analisador e Foto B com analisador

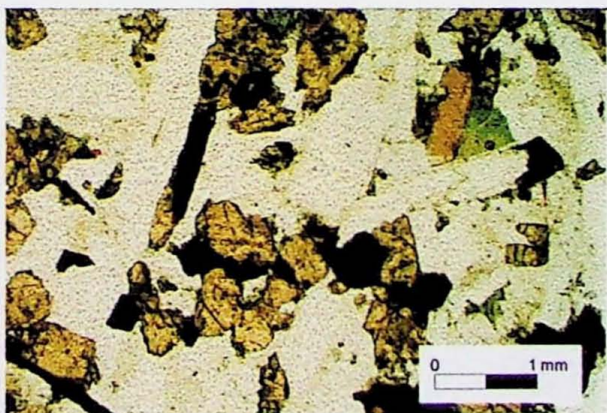


(A)

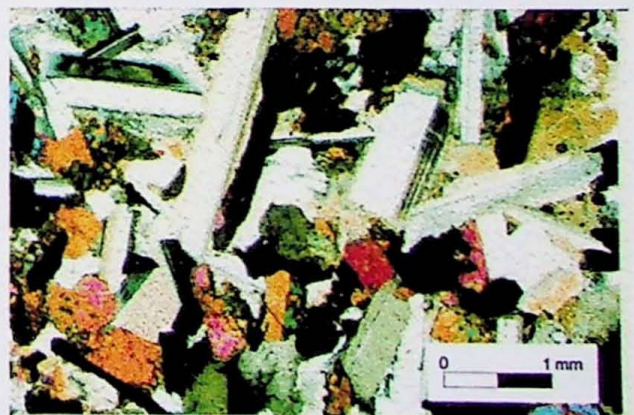


(B)

Foto 7: . Textura granular hipidiomórfica do biotita granito (3b) da Pedreira Cantareira.
Foto A sem analisador e Foto B com analisador.



(A)



(B)

Foto 8: Textura inequigranular do diabásio da Pedreira Galvani. Foto A sem analisador e Foto B com analisador.

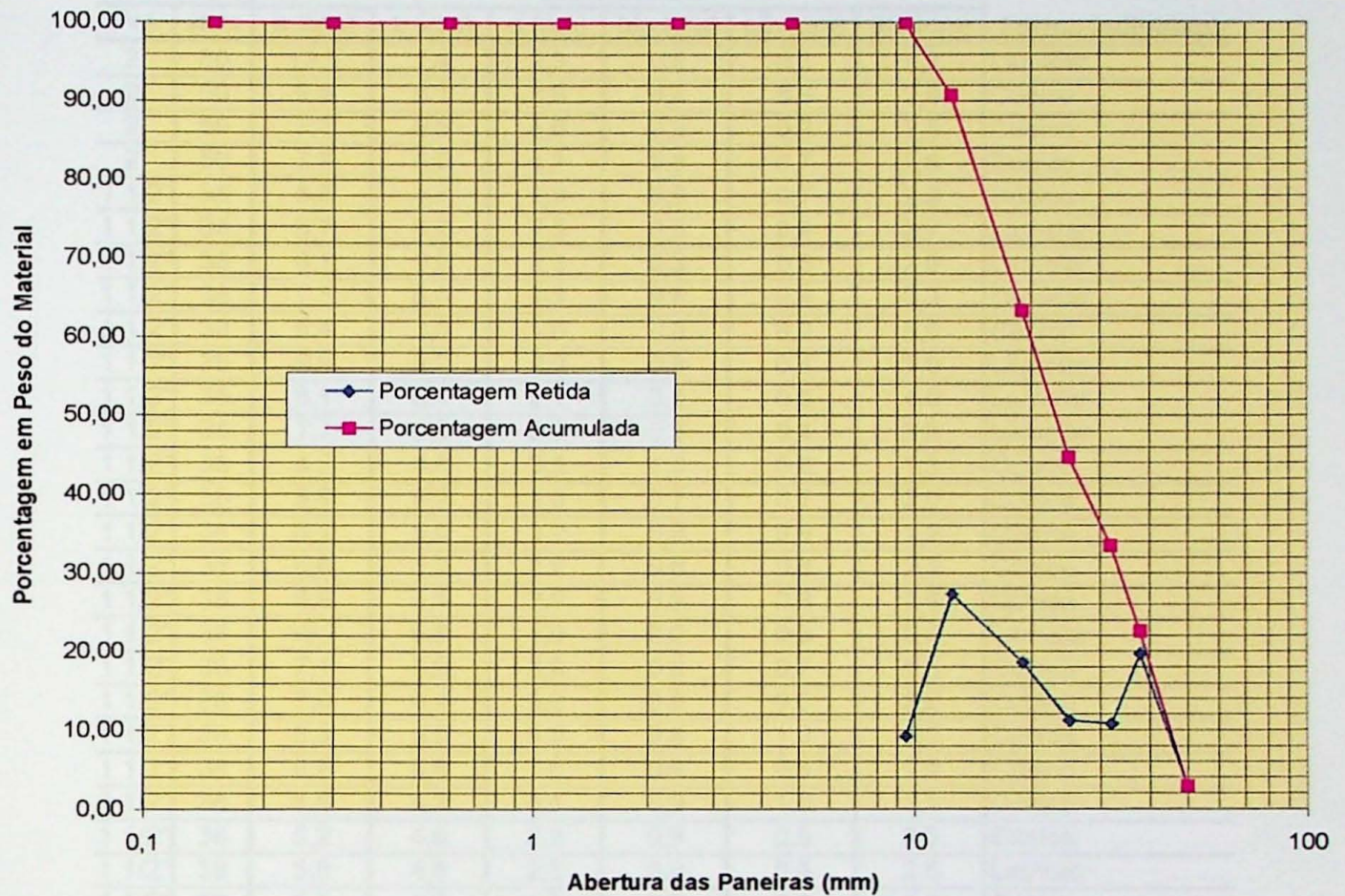
RESUMO DAS PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS PETROGRÁFICAS DAS AMOSTRAS ESTUDADAS

ANEXO 1

| Características | Pedreira Reago | Pedreira Cantareira | Pedreira Galvani |
|-----------------|--|--|--|
| estrutura | muito orientada | pouco orientada | maciça |
| textura | granuloblástica inequigranular a porfiroclástica | granular hipidiomórfica | intergranular |
| granulação | muito fina a média (0,02 a 0,06 mm) | média a grossa (0,2 a 5,5 mm) | fin a média (0,20 a 5 mm) |
| mineralogia | min. essenciais | quartzo (40-50%), microclínio (20-30%), oligoclásio (10%) e biotita (5%) | andesina (40-45%), augita (35-40%) e opacos |
| | min. secundários | epidoto (5%), sericita (<5%) e carbonato | hornblenda, biotita marrom e filossilicatos verdes |
| | min. acessórios | titanita, zircão e opacos | olivina |
| alteração | sericitização (biotita) e alteração hidrotermal (evidenciada pelo epidoto) | saussuritização (oligoclásio) | deutérica hidrotermal (evidenciada pela hornblenda, biotita e filossilicatos verdes) |
| fraturas | intragranulares preenchidas por sericita | microfraturas nos grão de quartzo | microfissuras intragranulares |
| classificação | gneisse milonítico | biotita granito | diabásio |

ANEXO 2

ENSAIO DE GRANULOMETRIA DA PEDREIRA REAGO



| Abertura das Peneiras (mm) | Percentagem Retida | Percentagem Acumulada | Material Retido |
|----------------------------|--------------------|-----------------------|-----------------|
| 50 | 2,90 | 2,90 | 790,40 |
| 38 | 19,74 | 22,64 | 5338,10 |
| 32 | 10,81 | 33,45 | 2926,70 |
| 25 | 11,25 | 44,70 | 3042,80 |
| 19 | 18,65 | 63,35 | 5044,40 |
| 12,5 | 27,40 | 90,75 | 7416,80 |
| 9,5 | 9,25 | 100,00 | 2504,40 |
| 6,3 | | | |
| 4,8 | | 100,00 | |
| 2,4 | | 100,00 | |
| 1,2 | | 100,00 | |
| 0,6 | | 100,00 | |
| 0,3 | | 100,00 | |
| 0,15 | | 100,00 | |
| Total | 100,00 | | 27063,60 |

| | |
|-------------------|-------|
| Módulo de Finura: | 7,86 |
| Dimensão Máxima: | 50 mm |

ANEXO 3

MEDIDAS DAS DIMENSÕES DOS FRAGMENTOS DA PEDREIRA REAGO

| PENEIRAS | | DIMENSÕES | | | | | | Forma Individual |
|----------|----|-----------|--------|--------|----------|----------|----------|------------------|
| Pol. | mm | a (cm) | b (cm) | c (cm) | b/a (cm) | c/b (cm) | a/c (cm) | |
| 2" | 50 | 12,1 | 7,4 | 2,3 | 0,6 | 0,3 | 5,2 | Lamelar |
| 2" | 50 | 9,9 | 6,1 | 3,8 | 0,6 | 0,6 | 2,6 | Cúbico |
| 2" | 50 | 7,1 | 5,6 | 4,0 | 0,8 | 0,7 | 1,8 | Cúbico |
| 2" | 50 | 7,8 | 6,0 | 4,1 | 0,8 | 0,7 | 1,9 | Cúbico |
| 1 1/2" | 38 | 5,8 | 4,4 | 2,9 | 0,8 | 0,7 | 2,0 | Cúbico |
| 1 1/2" | 38 | 6,7 | 6,2 | 2,5 | 0,9 | 0,4 | 2,7 | Lamelar |
| 1 1/2" | 38 | 6,1 | 5,0 | 2,3 | 0,8 | 0,5 | 2,6 | Lamelar |
| 1 1/2" | 38 | 7,5 | 6,0 | 2,3 | 0,8 | 0,4 | 3,3 | Lamelar |
| 1 1/2" | 38 | 5,4 | 3,0 | 1,0 | 0,5 | 0,3 | 5,6 | Cúbico |
| 1 1/2" | 38 | 5,9 | 5,2 | 2,0 | 0,9 | 0,4 | 3,0 | Lamelar |
| 1 1/2" | 38 | 8,1 | 6,4 | 2,1 | 0,8 | 0,3 | 4,0 | Lamelar |
| 1 1/2" | 38 | 7,7 | 5,8 | 2,3 | 0,8 | 0,4 | 3,3 | Lamelar |
| 1 1/2" | 38 | 4,7 | 4,6 | 3,5 | 1,0 | 0,8 | 1,3 | Cúbico |
| 1 1/2" | 38 | 5,9 | 4,3 | 3,0 | 0,7 | 0,7 | 2,0 | Cúbico |
| 1 1/2" | 38 | 6,1 | 5,0 | 3,2 | 0,8 | 0,6 | 1,9 | Cúbico |
| 1 1/2" | 38 | 6,0 | 4,7 | 2,6 | 0,8 | 0,6 | 2,3 | Cúbico |
| 1 1/2" | 38 | 6,0 | 5,1 | 3,9 | 0,9 | 0,8 | 1,5 | Cúbico |
| 1 1/2" | 38 | 10,7 | 6,6 | 1,9 | 0,6 | 0,3 | 5,5 | Lamelar |
| 1 1/2" | 38 | 7,1 | 5,6 | 3,8 | 0,8 | 0,7 | 1,8 | Cúbico |
| 1 1/2" | 38 | 7,0 | 6,4 | 3,2 | 0,9 | 0,5 | 2,2 | Cúbico |
| 1 1/2" | 38 | 6,3 | 5,0 | 5,0 | 0,8 | 1,0 | 1,3 | Cúbico |
| 1 1/2" | 38 | 8,8 | 5,6 | 3,6 | 0,6 | 0,6 | 2,4 | Cúbico |
| 1 1/2" | 38 | 4,6 | 4,2 | 4,1 | 0,9 | 1,0 | 1,1 | Cúbico |
| 1 1/2" | 38 | 5,2 | 4,6 | 2,3 | 0,9 | 0,5 | 2,3 | Cúbico |
| 1 1/2" | 38 | 5,8 | 4,8 | 2,2 | 0,8 | 0,5 | 2,6 | Lamelar |
| 1 1/2" | 38 | 6,5 | 4,6 | 3,5 | 0,7 | 0,8 | 1,9 | Cúbico |
| 1 1/2" | 38 | 8,8 | 4,3 | 2,7 | 0,5 | 0,6 | 3,3 | Alongado |
| 1 1/2" | 38 | 6,6 | 6,4 | 2,7 | 1,0 | 0,4 | 2,5 | Lamelar |
| 1 1/2" | 38 | 6,2 | 5,9 | 3,2 | 0,9 | 0,5 | 2,0 | Cúbico |
| 1 1/2" | 38 | 8,1 | 4,7 | 4,1 | 0,6 | 0,9 | 2,0 | Alongado |
| 1 1/2" | 38 | 7,5 | 4,5 | 4,3 | 0,6 | 1,0 | 1,7 | Cúbico |
| 1 1/2" | 38 | 3,8 | 3,6 | 2,4 | 0,9 | 0,7 | 1,6 | Cúbico |
| 1 1/2" | 38 | 5,5 | 5,0 | 3,2 | 0,9 | 0,6 | 1,7 | Cúbico |
| 1 1/2" | 38 | 9,2 | 6,0 | 2,9 | 0,7 | 0,5 | 3,2 | Lamelar |
| 1 1/2" | 38 | 8,9 | 5,6 | 4,4 | 0,6 | 0,8 | 2,0 | Cúbico |
| 1 1/2" | 38 | 4,9 | 4,6 | 3,9 | 0,9 | 0,8 | 1,3 | Cúbico |
| 1 1/2" | 38 | 6,8 | 4,7 | 3,7 | 0,7 | 0,8 | 1,8 | Cúbico |
| 1 1/2" | 38 | 6,5 | 3,8 | 4,1 | 0,6 | 1,1 | 1,6 | Cúbico |
| 1 1/2" | 38 | 7,2 | 5,2 | 2,6 | 0,7 | 0,5 | 2,8 | Lamelar |
| 1 1/2" | 38 | 7,1 | 5,1 | 1,7 | 0,7 | 0,3 | 4,1 | Lamelar |
| 1 1/2" | 38 | 6,5 | 5,1 | 3,0 | 0,8 | 0,6 | 2,2 | Lamelar |
| 1 1/2" | 38 | 5,4 | 3,9 | 3,5 | 0,7 | 0,9 | 1,6 | Cúbico |
| 1 1/2" | 38 | 5,4 | 4,0 | 3,4 | 0,7 | 0,8 | 1,6 | Cúbico |
| 1 1/2" | 38 | 7,1 | 6,6 | 2,2 | 0,9 | 0,3 | 3,2 | Lamelar |
| 1 1/4" | 32 | 8,1 | 4,2 | 3,2 | 0,5 | 0,8 | 2,5 | Cúbico |
| 1 1/4" | 32 | 4,2 | 3,9 | 3,2 | 0,9 | 0,8 | 1,3 | Cúbico |
| 1 1/4" | 32 | 7,9 | 4,0 | 2,5 | 0,5 | 0,6 | 3,1 | Cúbico |
| 1 1/4" | 32 | 5,8 | 3,5 | 3,5 | 0,6 | 1,0 | 1,7 | Cúbico |
| 1 1/4" | 32 | 4,9 | 3,5 | 2,9 | 0,7 | 0,8 | 1,7 | Cúbico |
| 1 1/4" | 32 | 7,2 | 4,5 | 2,3 | 0,6 | 0,5 | 3,2 | Cúbico |
| 1 1/4" | 32 | 5,3 | 4,6 | 2,9 | 0,9 | 0,6 | 1,8 | Cúbico |
| 1 1/4" | 32 | 5,5 | 7,8 | 2,1 | 1,4 | 0,3 | 2,6 | Lamelar |
| 1 1/4" | 32 | 7,4 | 4,2 | 2,3 | 0,6 | 0,5 | 3,2 | Cúbico |

cont.

MEDIDAS DAS DIMENSÕES DOS FRAGMENTOS DA PEDREIRA REAGO

| PENEIRAS | | DIMENSÕES | | | | | | Forma Individual |
|----------|----|-----------|--------|--------|----------|----------|----------|------------------|
| Pol. | mm | a (cm) | b (cm) | c (cm) | b/a (cm) | c/b (cm) | a/c (cm) | |
| 1 1/4" | 32 | 7,2 | 4,8 | 0,8 | 0,7 | 0,2 | 9,0 | Lamelar |
| 1 1/4" | 32 | 4,3 | 4,2 | 2,5 | 1,0 | 0,6 | 1,8 | Cúbico |
| 1 1/4" | 32 | 5,5 | 3,0 | 2,8 | 0,6 | 0,9 | 2,0 | Cúbico |
| 1 1/4" | 32 | 4,3 | 4,7 | 2,9 | 1,1 | 0,6 | 1,5 | Cúbico |
| 1 1/4" | 32 | 4,3 | 3,3 | 2,3 | 0,8 | 0,7 | 1,8 | Cúbico |
| 1 1/4" | 32 | 4,3 | 4,0 | 1,7 | 0,9 | 0,4 | 2,6 | Lamelar |
| 1 1/4" | 32 | 4,7 | 4,6 | 2,6 | 1,0 | 0,6 | 1,8 | Cúbico |
| 1 1/4" | 32 | 5,8 | 4,7 | 2,9 | 0,8 | 0,6 | 2,0 | Cúbico |
| 1 1/4" | 32 | 5,6 | 4,2 | 2,7 | 0,7 | 0,7 | 2,0 | Cúbico |
| 1 1/4" | 32 | 4,8 | 4,0 | 3,2 | 0,8 | 0,8 | 1,5 | Cúbico |
| 1 1/4" | 32 | 6,5 | 3,7 | 2,8 | 0,6 | 0,8 | 2,3 | Cúbico |
| 1 1/4" | 32 | 5,2 | 4,4 | 2,8 | 0,9 | 0,6 | 1,9 | Cúbico |
| 1 1/4" | 32 | 4,8 | 4,1 | 3,4 | 0,9 | 0,8 | 1,4 | Cúbico |
| 1" | 25 | 5,0 | 3,3 | 2,3 | 0,7 | 0,7 | 2,2 | Cúbico |
| 1" | 25 | 5,3 | 3,2 | 3,0 | 0,6 | 0,9 | 1,8 | Cúbico |
| 1" | 25 | 3,8 | 3,4 | 2,5 | 0,9 | 0,7 | 1,5 | Cúbico |
| 1" | 25 | 4,4 | 2,8 | 2,6 | 0,6 | 0,9 | 1,7 | Cúbico |
| 1" | 25 | 5,6 | 3,9 | 1,5 | 0,7 | 0,4 | 3,8 | Lamelar |
| 1" | 25 | 5,7 | 3,5 | 2,0 | 0,6 | 0,6 | 2,9 | Cúbico |
| 1" | 25 | 6,2 | 3,2 | 1,8 | 0,5 | 0,6 | 3,5 | Cúbico |
| 1" | 25 | 4,2 | 3,8 | 2,6 | 0,9 | 0,7 | 1,6 | Cúbico |
| 1" | 25 | 4,1 | 2,9 | 2,1 | 0,7 | 0,7 | 2,0 | Cúbico |
| 1" | 25 | 3,4 | 3,0 | 2,2 | 0,9 | 0,8 | 1,5 | Cúbico |
| 1" | 25 | 5,6 | 4,2 | 2,4 | 0,7 | 0,6 | 2,3 | Cúbico |
| 1" | 25 | 4,2 | 3,2 | 2,4 | 0,8 | 0,7 | 1,8 | Cúbico |
| 1" | 25 | 4,7 | 3,7 | 2,1 | 0,8 | 0,6 | 2,2 | Cúbico |
| 1" | 25 | 4,0 | 3,3 | 2,1 | 0,8 | 0,6 | 1,9 | Cúbico |
| 1" | 25 | 3,9 | 3,6 | 2,2 | 0,9 | 0,6 | 1,8 | Cúbico |
| 1" | 25 | 4,0 | 3,5 | 1,7 | 0,9 | 0,5 | 2,4 | Lamelar |
| 1" | 25 | 3,7 | 3,6 | 1,8 | 1,0 | 0,5 | 2,0 | Cúbico |
| 1" | 25 | 5,3 | 3,8 | 2,0 | 0,7 | 0,5 | 2,7 | Cúbico |
| 1" | 25 | 4,4 | 2,7 | 3,0 | 0,6 | 1,1 | 1,4 | Cúbico |
| 1" | 25 | 5,3 | 3,7 | 2,6 | 0,7 | 0,7 | 2,1 | Cúbico |
| 1" | 25 | 4,3 | 3,9 | 1,0 | 0,9 | 0,3 | 4,4 | Lamelar |
| 1" | 25 | 5,2 | 3,7 | 2,8 | 0,7 | 0,8 | 1,9 | Cúbico |
| 1" | 25 | 3,6 | 2,6 | 2,5 | 0,7 | 0,9 | 1,5 | Cúbico |
| 3/4" | 19 | 4,5 | 3,0 | 1,1 | 0,7 | 0,4 | 4,1 | Lamelar |
| 3/4" | 19 | 3,0 | 2,9 | 2,0 | 1,0 | 0,7 | 1,5 | Cúbico |
| 3/4" | 19 | 3,6 | 2,5 | 1,5 | 0,7 | 0,6 | 2,4 | Cúbico |
| 3/4" | 19 | 4,4 | 2,4 | 2,0 | 0,5 | 0,8 | 2,2 | Cúbico |
| 3/4" | 19 | 3,8 | 2,3 | 1,6 | 0,6 | 0,7 | 2,3 | Cúbico |
| 3/4" | 19 | 2,9 | 2,9 | 1,6 | 1,0 | 0,6 | 1,9 | Cúbico |
| 3/4" | 19 | 4,7 | 2,8 | 1,0 | 0,6 | 0,4 | 4,5 | Lamelar |
| 3/4" | 19 | 5,1 | 2,7 | 2,0 | 0,5 | 0,7 | 2,6 | Cúbico |
| 3/4" | 19 | 3,7 | 2,5 | 1,0 | 0,7 | 0,4 | 3,7 | Lamelar |
| 3/4" | 19 | 5,2 | 2,6 | 1,4 | 0,5 | 0,5 | 3,8 | Cúbico |
| 3/4" | 19 | 3,8 | 3,0 | 2,3 | 0,8 | 0,8 | 1,6 | Cúbico |
| 3/4" | 19 | 3,9 | 3,5 | 1,9 | 0,9 | 0,5 | 2,1 | Cúbico |
| 3/4" | 19 | 5,1 | 2,8 | 2,4 | 0,6 | 0,8 | 2,1 | Cúbico |
| 3/4" | 19 | 3,4 | 2,1 | 1,8 | 0,6 | 0,9 | 1,9 | Cúbico |
| 3/4" | 19 | 2,7 | 2,3 | 1,4 | 0,9 | 0,6 | 1,9 | Cúbico |
| 3/4" | 19 | 4,2 | 2,7 | 1,4 | 0,6 | 0,5 | 3,1 | Cúbico |
| 3/4" | 19 | 5,2 | 2,8 | 1,1 | 0,5 | 0,4 | 4,6 | Lamelar |

cont.

MEDIDAS DAS DIMENSÕES DOS FRAGMENTOS DA PEDREIRA REAGO

| PENEIRAS | | DIMENSÕES | | | | | | Forma Individual |
|----------|------|-----------|--------|--------|----------|----------|----------|------------------|
| Pol. | mm | a (cm) | b (cm) | c (cm) | b/a (cm) | c/b (cm) | a/c (cm) | |
| 3/4" | 19 | 3,0 | 2,6 | 1,8 | 0,9 | 0,7 | 1,7 | Cúbico |
| 3/4" | 19 | 3,3 | 2,4 | 2,1 | 0,7 | 0,9 | 1,5 | Cúbico |
| 3/4" | 19 | 3,5 | 2,9 | 1,1 | 0,8 | 0,4 | 3,1 | Lamelar |
| 3/4" | 19 | 3,1 | 2,4 | 1,9 | 0,8 | 0,8 | 1,6 | Cúbico |
| 3/4" | 19 | 3,1 | 3,8 | 1,5 | 1,2 | 0,4 | 2,1 | Lamelar |
| 3/4" | 19 | 3,3 | 2,9 | 1,2 | 0,9 | 0,4 | 2,9 | Lamelar |
| 3/4" | 19 | 3,1 | 2,5 | 1,3 | 0,8 | 0,5 | 2,4 | Cúbico |
| 3/4" | 19 | 3,5 | 2,5 | 1,7 | 0,7 | 0,7 | 2,1 | Cúbico |
| 3/4" | 19 | 3,5 | 2,6 | 1,0 | 0,7 | 0,4 | 3,5 | Lamelar |
| 3/4" | 19 | 3,2 | 2,9 | 1,5 | 0,9 | 0,5 | 2,1 | Cúbico |
| 3/4" | 19 | 3,0 | 2,2 | 1,8 | 0,7 | 0,8 | 1,7 | Cúbico |
| 3/4" | 19 | 3,8 | 2,9 | 1,3 | 0,8 | 0,5 | 2,8 | Lamelar |
| 3/4" | 19 | 3,3 | 3,1 | 1,8 | 0,9 | 0,6 | 1,8 | Cúbico |
| 3/4" | 19 | 4,7 | 2,2 | 1,9 | 0,5 | 0,9 | 2,4 | Alongado |
| 3/4" | 19 | 3,3 | 2,3 | 1,6 | 0,7 | 0,7 | 2,0 | Cúbico |
| 3/4" | 19 | 3,1 | 2,6 | 1,9 | 0,8 | 0,7 | 1,6 | Cúbico |
| 3/4" | 19 | 4,7 | 2,6 | 1,4 | 0,6 | 0,5 | 3,3 | Cúbico |
| 3/4" | 19 | 3,2 | 2,4 | 1,8 | 0,8 | 0,8 | 1,8 | Cúbico |
| 3/4" | 19 | 3,5 | 3,1 | 1,6 | 0,9 | 0,5 | 2,1 | Cúbico |
| 3/4" | 19 | 3,2 | 2,3 | 2,0 | 0,7 | 0,9 | 1,5 | Cúbico |
| 3/4" | 19 | 3,0 | 2,8 | 1,6 | 0,9 | 0,6 | 1,9 | Cúbico |
| 1/2" | 12,5 | 3,0 | 1,4 | 1,3 | 0,5 | 0,9 | 2,4 | Alongado |
| 1/2" | 12,5 | 2,7 | 2,0 | 1,0 | 0,8 | 0,5 | 2,6 | Cúbico |
| 1/2" | 12,5 | 3,5 | 2,0 | 1,0 | 0,6 | 0,5 | 3,5 | Lamelar |
| 1/2" | 12,5 | 4,2 | 1,6 | 1,0 | 0,4 | 0,6 | 4,2 | Alongado |
| 1/2" | 12,5 | 2,9 | 2,1 | 1,3 | 0,7 | 0,6 | 2,2 | Cúbico |
| 1/2" | 12,5 | 2,9 | 1,9 | 1,3 | 0,7 | 0,6 | 2,3 | Cúbico |
| 1/2" | 12,5 | 3,8 | 1,7 | 1,4 | 0,4 | 0,8 | 2,8 | Alongado |
| 1/2" | 12,5 | 2,7 | 1,9 | 1,2 | 0,7 | 0,6 | 2,3 | Cúbico |
| 1/2" | 12,5 | 3,2 | 2,1 | 1,7 | 0,7 | 0,8 | 1,9 | Cúbico |
| 1/2" | 12,5 | 5,8 | 2,3 | 0,9 | 0,4 | 0,4 | 6,1 | Alongado-Lamelar |
| 1/2" | 12,5 | 4,5 | 2,1 | 1,7 | 0,5 | 0,8 | 2,6 | Alongado |
| 1/2" | 12,5 | 3,9 | 1,5 | 1,0 | 0,4 | 0,7 | 3,9 | Alongado |
| 1/2" | 12,5 | 3,2 | 1,8 | 1,4 | 0,6 | 0,8 | 2,3 | Cúbico |
| 1/2" | 12,5 | 3,0 | 1,8 | 0,8 | 0,6 | 0,4 | 4,0 | Lamelar |
| 1/2" | 12,5 | 2,5 | 2,4 | 1,6 | 1,0 | 0,6 | 1,6 | Cúbico |
| 1/2" | 12,5 | 3,2 | 1,9 | 0,8 | 0,6 | 0,4 | 3,9 | Lamelar |
| 1/2" | 12,5 | 2,8 | 2,2 | 1,6 | 0,8 | 0,8 | 1,7 | Cúbico |
| 1/2" | 12,5 | 3,3 | 2,3 | 1,1 | 0,7 | 0,5 | 2,9 | Lamelar |
| 1/2" | 12,5 | 3,0 | 1,9 | 1,7 | 0,6 | 0,9 | 1,7 | Cúbico |
| 1/2" | 12,5 | 2,7 | 1,9 | 1,4 | 0,7 | 0,7 | 2,0 | Cúbico |
| 1/2" | 12,5 | 2,6 | 2,5 | 1,2 | 1,0 | 0,5 | 2,3 | Lamelar |
| 1/2" | 12,5 | 2,3 | 2,2 | 1,6 | 0,9 | 0,7 | 1,4 | Cúbico |
| 1/2" | 12,5 | 3,3 | 2,0 | 0,6 | 0,6 | 0,3 | 5,9 | Lamelar |
| 1/2" | 12,5 | 2,1 | 1,8 | 1,4 | 0,9 | 0,8 | 1,5 | Cúbico |
| 1/2" | 12,5 | 2,1 | 1,4 | 1,1 | 0,7 | 0,8 | 1,8 | Cúbico |
| 1/2" | 12,5 | 3,0 | 2,7 | 0,5 | 0,9 | 0,2 | 5,8 | Lamelar |
| 1/2" | 12,5 | 2,9 | 1,8 | 1,2 | 0,6 | 0,6 | 2,5 | Cúbico |
| 1/2" | 12,5 | 2,1 | 1,9 | 0,8 | 0,9 | 0,4 | 2,7 | Lamelar |
| 1/2" | 12,5 | 2,5 | 2,1 | 1,0 | 0,8 | 0,5 | 2,4 | Cúbico |
| 1/2" | 12,5 | 3,1 | 1,8 | 0,8 | 0,6 | 0,4 | 4,2 | Lamelar |
| 1/2" | 12,5 | 2,6 | 1,9 | 1,2 | 0,7 | 0,6 | 2,2 | Cúbico |
| 1/2" | 12,5 | 2,8 | 2,2 | 1,3 | 0,8 | 0,6 | 2,2 | Cúbico |

ANEXO 3

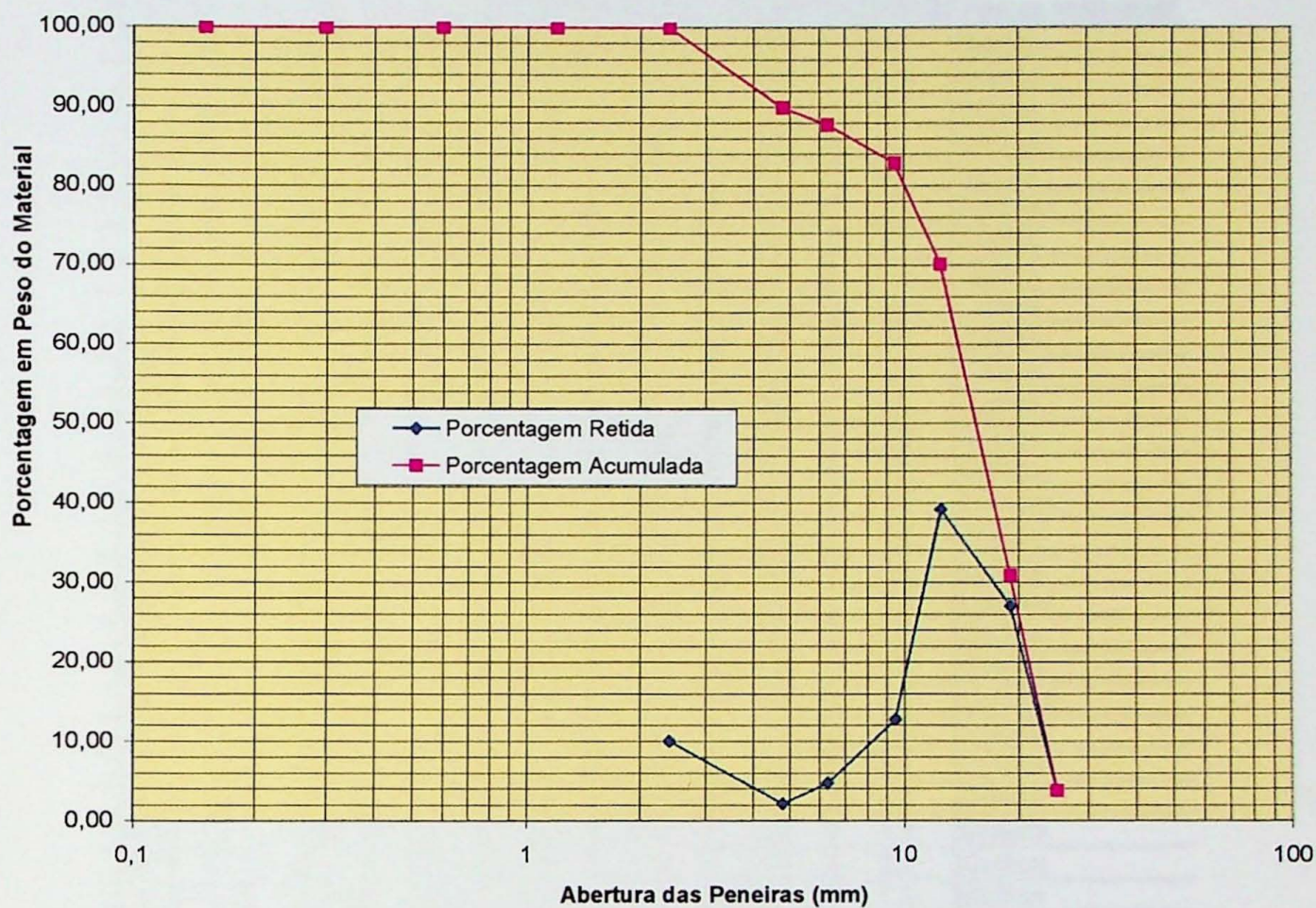
cont.

MEDIDAS DAS DIMENSÕES DOS FRAGMENTOS DA PEDREIRA REAGO

| PENEIRAS | | DIMENSÕES | | | | | | Forma Individual |
|----------|------|-----------|--------|--------|----------|----------|----------|------------------|
| Pol. | mm | a (cm) | b (cm) | c (cm) | b/a (cm) | c/b (cm) | a/c (cm) | |
| 1/2" | 12,5 | 3,3 | 2,1 | 1,9 | 0,6 | 0,9 | 1,7 | Cúbico |
| 1/2" | 12,5 | 2,4 | 1,5 | 1,5 | 0,6 | 1,0 | 1,6 | Cúbico |
| 1/2" | 12,5 | 2,7 | 2,0 | 1,5 | 0,8 | 0,7 | 1,8 | Cúbico |
| 1/2" | 12,5 | 2,3 | 1,8 | 0,9 | 0,8 | 0,5 | 2,4 | Cúbico |
| 1/2" | 12,5 | 2,3 | 1,8 | 1,4 | 0,8 | 0,8 | 1,6 | Cúbico |
| 1/2" | 12,5 | 2,1 | 1,9 | 1,0 | 0,9 | 0,5 | 2,0 | Cúbico |
| 1/2" | 12,5 | 2,7 | 2,0 | 1,1 | 0,7 | 0,5 | 2,6 | Cúbico |
| 1/2" | 12,5 | 2,0 | 1,5 | 1,4 | 0,7 | 0,9 | 1,4 | Cúbico |
| 1/2" | 12,5 | 2,0 | 1,5 | 1,4 | 0,8 | 0,9 | 1,4 | Cúbico |
| 1/2" | 12,5 | 2,6 | 2,1 | 1,7 | 0,8 | 0,8 | 1,5 | Cúbico |
| 1/2" | 12,5 | 3,6 | 2,7 | 0,8 | 0,8 | 0,3 | 4,4 | Lamelar |
| 1/2" | 12,5 | 2,4 | 1,8 | 1,3 | 0,7 | 0,7 | 1,9 | Cúbico |
| 1/2" | 12,5 | 3,5 | 2,5 | 1,3 | 0,7 | 0,5 | 2,7 | Cúbico |
| 1/2" | 12,5 | 3,4 | 2,1 | 0,6 | 0,6 | 0,3 | 5,9 | Lamelar |
| 1/2" | 12,5 | 2,4 | 1,8 | 1,2 | 0,8 | 0,7 | 2,0 | Cúbico |
| 1/2" | 12,5 | 3,1 | 2,2 | 1,0 | 0,7 | 0,5 | 3,1 | Lamelar |
| 1/2" | 12,5 | 3,2 | 2,1 | 1,0 | 0,6 | 0,5 | 3,3 | Lamelar |
| 1/2" | 12,5 | 2,9 | 2,0 | 1,2 | 0,7 | 0,6 | 2,4 | Cúbico |
| 1/2" | 12,5 | 2,4 | 2,1 | 1,0 | 0,9 | 0,5 | 2,4 | Lamelar |
| 1/2" | 12,5 | 2,6 | 2,3 | 0,9 | 0,9 | 0,4 | 3,0 | Lamelar |
| 1/2" | 12,5 | 2,6 | 2,0 | 1,4 | 0,8 | 0,7 | 1,8 | Cúbico |
| 1/2" | 12,5 | 2,7 | 2,4 | 1,1 | 0,9 | 0,5 | 2,5 | Lamelar |
| 1/2" | 12,5 | 3,2 | 2,0 | 1,0 | 0,6 | 0,5 | 3,2 | Lamelar |
| 1/2" | 12,5 | 3,4 | 1,3 | 0,9 | 0,4 | 0,7 | 3,6 | Alongado |
| 1/2" | 12,5 | 2,1 | 1,5 | 0,6 | 0,7 | 0,4 | 3,3 | Lamelar |
| 1/2" | 12,5 | 2,0 | 1,6 | 0,9 | 0,8 | 0,6 | 2,2 | Cúbico |
| 1/2" | 12,5 | 2,3 | 1,5 | 1,2 | 0,6 | 0,8 | 1,9 | Cúbico |
| 3/8" | 9,5 | 2,2 | 1,7 | 0,6 | 0,8 | 0,3 | 4,0 | Lamelar |
| 3/8" | 9,5 | 2,9 | 1,2 | 1,1 | 0,4 | 1,0 | 2,5 | Alongado |
| 3/8" | 9,5 | 2,2 | 1,4 | 1,0 | 0,6 | 0,7 | 2,2 | Cúbico |
| 3/8" | 9,5 | 2,7 | 1,3 | 1,0 | 0,5 | 0,7 | 2,8 | Alongado |
| 3/8" | 9,5 | 2,8 | 1,5 | 0,9 | 0,5 | 0,6 | 3,0 | Cúbico |
| 3/8" | 9,5 | 2,0 | 1,2 | 1,2 | 0,6 | 1,0 | 1,7 | Cúbico |
| 3/8" | 9,5 | 1,7 | 1,0 | 0,9 | 0,6 | 0,9 | 1,8 | Cúbico |
| 3/8" | 9,5 | 2,3 | 1,3 | 0,8 | 0,6 | 0,6 | 2,9 | Cúbico |
| 3/8" | 9,5 | 1,9 | 1,1 | 0,7 | 0,6 | 0,6 | 2,9 | Cúbico |
| 3/8" | 9,5 | 2,3 | 1,3 | 0,7 | 0,6 | 0,6 | 3,2 | Cúbico |
| 3/8" | 9,5 | 1,8 | 1,4 | 0,7 | 0,8 | 0,5 | 2,6 | Cúbico |
| 3/8" | 9,5 | 2,0 | 1,3 | 1,2 | 0,6 | 0,9 | 1,7 | Cúbico |
| 3/8" | 9,5 | 2,1 | 1,3 | 0,9 | 0,6 | 0,7 | 2,4 | Cúbico |
| 3/8" | 9,5 | 1,7 | 1,2 | 0,7 | 0,7 | 0,6 | 2,4 | Cúbico |
| 3/8" | 9,5 | 1,8 | 1,4 | 0,7 | 0,8 | 0,5 | 2,7 | Lamelar |
| Média | | | | | 0,7 | 0,6 | 2,5 | Cúbica |

ANEXO 4

ENSAIO DE GRANULOMETRIA DA PEDREIRA CANTAREIRA



| Abertura das Peneiras (mm) | Porcentagem Retida | Porcentagem Acumulada | Material Retido |
|----------------------------|--------------------|-----------------------|-----------------|
| 25 | 3,79 | 3,79 | 2140 |
| 19 | 27,10 | 30,89 | 15300 |
| 12,5 | 39,26 | 70,16 | 22165 |
| 9,5 | 12,80 | 82,96 | 7225 |
| 6,3 | 4,84 | 87,79 | 2730 |
| 4,8 | 2,18 | 89,97 | 1230 |
| 2,4 | 10,03 | 100,00 | 5660 |
| 1,2 | | 100,00 | |
| 0,6 | | 100,00 | |
| 0,3 | | 100,00 | |
| 0,15 | | 100,00 | |
| Total | 100,00 | | 56450 |

| | |
|-------------------|-------|
| Módulo de Finura: | 7,04 |
| Dimensão Máxima: | 25 mm |

ANEXO 5

MEDIDAS DAS DIMENSÕES DOS FRAGMENTOS DA PEDREIRA CANTAREIRA

| PENEIRAS | | DIMENSÕES | | | | | | Forma Individual |
|----------|----|-----------|--------|--------|----------|----------|----------|------------------|
| Pol. | mm | a (cm) | b (cm) | c (cm) | b/a (cm) | c/b (cm) | a/c (cm) | |
| 1" | 25 | 2,9 | 2,6 | 2,1 | 0,9 | 0,8 | 1,4 | Cúbica |
| 1" | 25 | 3,0 | 2,9 | 1,6 | 1,0 | 0,6 | 1,9 | Cúbica |
| 1" | 25 | 3,0 | 2,9 | 2,4 | 1,0 | 0,8 | 1,3 | Cúbica |
| 1" | 25 | 2,9 | 2,7 | 2,5 | 0,9 | 0,9 | 1,2 | Cúbica |
| 1" | 25 | 3,0 | 2,8 | 2,4 | 0,9 | 0,9 | 1,3 | Cúbica |
| 1" | 25 | 3,8 | 3,7 | 1,4 | 1,0 | 0,4 | 2,7 | Lamelar |
| 1" | 25 | 2,9 | 2,8 | 2,2 | 1,0 | 0,8 | 1,3 | Cúbica |
| 1" | 25 | 3,4 | 2,6 | 2,1 | 0,8 | 0,8 | 1,6 | Cúbica |
| 1" | 25 | 3,7 | 3,3 | 1,5 | 0,9 | 0,5 | 2,5 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 4,2 | 3,4 | 1,6 | 0,8 | 0,5 | 2,6 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 3,5 | 2,5 | 2,3 | 0,7 | 0,9 | 1,5 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 2,8 | 2,7 | 1,7 | 1,0 | 0,6 | 1,6 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 3,6 | 2,7 | 1,9 | 0,8 | 0,7 | 1,9 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 2,7 | 2,7 | 2,3 | 1,0 | 0,9 | 1,2 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 4,0 | 2,8 | 1,1 | 0,7 | 0,4 | 3,6 | Lamelar |
| 3/4" | 19 | 2,8 | 2,7 | 1,7 | 1,0 | 0,6 | 1,6 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 3,9 | 2,9 | 1,6 | 0,7 | 0,6 | 2,4 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 3,5 | 2,7 | 1,2 | 0,8 | 0,4 | 2,9 | Lamelar |
| 3/4" | 19 | 3,1 | 2,5 | 1,7 | 0,8 | 0,7 | 1,8 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 3,4 | 2,7 | 2,2 | 0,8 | 0,8 | 1,5 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 3,0 | 2,9 | 0,9 | 1,0 | 0,3 | 3,3 | Lamelar |
| 3/4" | 19 | 3,2 | 3,2 | 1,7 | 1,0 | 0,5 | 1,9 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 5,0 | 2,8 | 1,6 | 0,6 | 0,6 | 3,1 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 4,8 | 2,6 | 2,1 | 0,5 | 0,8 | 2,3 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 3,2 | 3,1 | 1,9 | 1,0 | 0,6 | 1,7 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 2,9 | 2,6 | 1,4 | 0,9 | 0,5 | 2,1 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 3,2 | 2,5 | 1,8 | 0,8 | 0,7 | 1,8 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 3,6 | 2,6 | 1,5 | 0,7 | 0,6 | 2,4 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 4,2 | 2,6 | 1,4 | 0,6 | 0,5 | 3,0 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 3,4 | 2,5 | 1,8 | 0,7 | 0,7 | 1,9 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 3,2 | 2,9 | 1,7 | 0,9 | 0,6 | 1,9 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 3,2 | 2,4 | 1,5 | 0,8 | 0,6 | 2,1 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 2,9 | 2,5 | 2,1 | 0,9 | 0,8 | 1,4 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 3,0 | 2,6 | 2,1 | 0,9 | 0,8 | 1,4 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 3,0 | 2,7 | 1,1 | 0,9 | 0,4 | 2,7 | Lamelar |
| 3/4" | 19 | 2,9 | 2,6 | 1,7 | 0,9 | 0,7 | 1,7 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 3,3 | 3,2 | 1,4 | 1,0 | 0,4 | 2,4 | Lamelar |
| 3/4" | 19 | 4,0 | 2,4 | 1,3 | 0,6 | 0,5 | 3,1 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 3,7 | 2,9 | 2,0 | 0,8 | 0,7 | 1,9 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 2,4 | 2,1 | 1,8 | 0,9 | 0,9 | 1,3 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 3,1 | 2,2 | 1,7 | 0,7 | 0,8 | 1,8 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 3,3 | 2,4 | 1,7 | 0,7 | 0,7 | 1,9 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 3,3 | 2,2 | 1,8 | 0,7 | 0,8 | 1,8 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 5,2 | 2,6 | 2,0 | 0,5 | 0,8 | 2,6 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 3,5 | 2,1 | 1,5 | 0,6 | 0,7 | 2,3 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 3,0 | 2,8 | 2,1 | 0,9 | 0,8 | 1,4 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 3,4 | 2,1 | 1,8 | 0,6 | 0,9 | 1,9 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 2,9 | 2,3 | 2,3 | 0,8 | 1,0 | 1,3 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 2,7 | 2,7 | 1,5 | 1,0 | 0,6 | 1,8 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 3,6 | 2,3 | 1,5 | 0,6 | 0,7 | 2,4 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 3,7 | 2,6 | 2,3 | 0,7 | 0,9 | 1,6 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 2,9 | 2,8 | 1,5 | 1,0 | 0,5 | 1,9 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 4,3 | 3,1 | 1,5 | 0,7 | 0,5 | 2,9 | Cúbica |

cont.

MEDIDAS DAS DIMENSÕES DOS FRAGMENTOS DA PEDREIRA CANTAREIRA

| PENEIRAS | | DIMENSÕES | | | | | | Forma Individual |
|----------|------|-----------|--------|--------|----------|----------|----------|------------------|
| Pol. | mm | a (cm) | b (cm) | c (cm) | b/a (cm) | c/b (cm) | a/c (cm) | |
| 3/4" | 19 | 2,7 | 1,9 | 1,7 | 0,7 | 0,9 | 1,6 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 3,9 | 2,7 | 2,0 | 0,7 | 0,7 | 2,0 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 2,4 | 2,3 | 2,0 | 1,0 | 0,9 | 1,2 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 4,7 | 3,0 | 1,4 | 0,6 | 0,5 | 3,4 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 2,6 | 2,5 | 1,8 | 1,0 | 0,7 | 1,4 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 3,7 | 2,5 | 2,0 | 0,7 | 0,8 | 1,9 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 2,8 | 2,5 | 2,2 | 0,9 | 0,9 | 1,3 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 2,9 | 2,8 | 2,0 | 1,0 | 0,7 | 1,5 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 3,3 | 3,1 | 1,6 | 0,9 | 0,5 | 2,1 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 3,0 | 2,4 | 1,4 | 0,8 | 0,6 | 2,1 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 3,4 | 2,2 | 2,0 | 0,6 | 0,9 | 1,7 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 3,0 | 2,3 | 1,8 | 0,8 | 0,8 | 1,7 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 3,2 | 2,7 | 2,1 | 0,8 | 0,8 | 1,5 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 2,7 | 2,3 | 1,8 | 0,9 | 0,8 | 1,5 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 3,9 | 2,9 | 2,1 | 0,7 | 0,7 | 1,9 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 3,3 | 2,7 | 1,8 | 0,8 | 0,7 | 1,8 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 3,8 | 2,9 | 0,9 | 0,8 | 0,3 | 4,2 | Lamelar |
| 3/4" | 19 | 4,0 | 2,8 | 2,6 | 0,7 | 0,9 | 1,5 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 4,0 | 3,0 | 1,8 | 0,8 | 0,6 | 2,2 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 3,8 | 2,4 | 2,1 | 0,6 | 0,9 | 1,8 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 2,8 | 2,4 | 1,6 | 0,9 | 0,7 | 1,8 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 3,6 | 1,7 | 1,0 | 0,5 | 0,6 | 3,6 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 2,0 | 1,8 | 1,5 | 0,9 | 0,8 | 1,3 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 2,7 | 1,4 | 1,1 | 0,5 | 0,8 | 2,5 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 3,5 | 1,7 | 1,5 | 0,5 | 0,9 | 2,3 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 3,0 | 2,1 | 1,7 | 0,7 | 0,8 | 1,8 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 2,0 | 2,0 | 1,3 | 1,0 | 0,7 | 1,5 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 3,1 | 1,8 | 1,4 | 0,6 | 0,8 | 2,2 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 2,6 | 1,7 | 1,4 | 0,7 | 0,8 | 1,9 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 2,5 | 2,0 | 0,9 | 0,8 | 0,5 | 2,8 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 2,7 | 2,7 | 1,5 | 1,0 | 0,6 | 1,8 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 2,4 | 2,2 | 1,2 | 0,9 | 0,5 | 2,0 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 3,6 | 1,5 | 1,1 | 0,4 | 0,7 | 3,3 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 2,6 | 2,0 | 1,2 | 0,8 | 0,6 | 2,2 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 2,8 | 1,6 | 1,2 | 0,6 | 0,8 | 2,3 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 2,4 | 2,0 | 1,0 | 0,8 | 0,5 | 2,4 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 2,9 | 1,9 | 1,5 | 0,7 | 0,8 | 1,9 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 2,2 | 1,5 | 1,0 | 0,7 | 0,7 | 2,2 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 2,4 | 1,5 | 1,0 | 0,6 | 0,7 | 2,4 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 2,6 | 1,7 | 1,7 | 0,7 | 1,0 | 1,5 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 2,9 | 2,2 | 1,4 | 0,8 | 0,6 | 2,1 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 2,5 | 2,1 | 1,4 | 0,8 | 0,7 | 1,8 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 2,5 | 2,3 | 0,9 | 0,9 | 0,4 | 2,8 | Lamelar |
| 1/2" | 12,5 | 3,0 | 1,3 | 1,3 | 0,4 | 1,0 | 2,3 | Alongada |
| 1/2" | 12,5 | 2,1 | 1,9 | 1,4 | 0,9 | 0,7 | 1,5 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 2,5 | 1,8 | 1,4 | 0,7 | 0,8 | 1,8 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 2,9 | 2,0 | 1,1 | 0,7 | 0,6 | 2,6 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 2,8 | 2,2 | 1,1 | 0,8 | 0,5 | 2,5 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 2,7 | 1,4 | 1,3 | 0,5 | 0,9 | 2,1 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 2,3 | 1,8 | 0,8 | 0,8 | 0,4 | 2,9 | Lamelar |
| 1/2" | 12,5 | 2,1 | 1,8 | 0,9 | 0,9 | 0,5 | 2,3 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 2,2 | 2,0 | 1,0 | 0,9 | 0,5 | 2,2 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 2,3 | 1,4 | 1,4 | 0,6 | 1,0 | 1,6 | Cúbica |

cont.

MEDIDAS DAS DIMENSÕES DOS FRAGMENTOS DA PEDREIRA CANTAREIRA

| PENEIRAS | | DIMENSÕES | | | | | | Forma Individual |
|----------|------|-----------|--------|--------|----------|----------|----------|------------------|
| Pol. | mm | a (cm) | b (cm) | c (cm) | b/a (cm) | c/b (cm) | a/c (cm) | |
| 1/2" | 12,5 | 2,2 | 1,4 | 1,1 | 0,6 | 0,8 | 2,0 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 2,7 | 2,1 | 1,5 | 0,8 | 0,7 | 1,8 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 2,3 | 1,7 | 1,4 | 0,7 | 0,8 | 1,6 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 2,2 | 2,5 | 1,8 | 1,1 | 0,7 | 1,2 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 2,4 | 2,0 | 1,0 | 0,8 | 0,5 | 2,4 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 2,1 | 1,9 | 1,6 | 0,9 | 0,8 | 1,3 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 2,5 | 1,8 | 1,2 | 0,7 | 0,7 | 2,1 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 2,0 | 1,8 | 0,8 | 0,9 | 0,4 | 2,5 | Lamelar |
| 1/2" | 12,5 | 2,8 | 2,0 | 1,1 | 0,7 | 0,6 | 2,5 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 2,9 | 1,5 | 1,2 | 0,5 | 0,8 | 2,4 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 2,4 | 2,0 | 0,9 | 0,8 | 0,5 | 2,7 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 1,7 | 1,5 | 1,2 | 0,9 | 0,8 | 1,4 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 2,5 | 1,7 | 1,4 | 0,7 | 0,8 | 1,8 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 2,7 | 2,0 | 0,8 | 0,7 | 0,4 | 3,4 | Lamelar |
| 1/2" | 12,5 | 2,2 | 1,8 | 1,0 | 0,8 | 0,6 | 2,2 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 2,7 | 1,9 | 1,5 | 0,7 | 0,8 | 1,8 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 2,3 | 1,5 | 1,1 | 0,7 | 0,7 | 2,1 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 3,0 | 2,0 | 1,3 | 0,7 | 0,7 | 2,3 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 3,7 | 2,2 | 1,1 | 0,6 | 0,5 | 3,4 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 2,8 | 1,6 | 1,7 | 0,6 | 1,1 | 1,6 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 2,4 | 1,8 | 0,5 | 0,8 | 0,3 | 4,8 | Lamelar |
| 1/2" | 12,5 | 2,3 | 1,3 | 1,2 | 0,6 | 0,9 | 1,9 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 3,6 | 1,8 | 1,4 | 0,5 | 0,8 | 2,6 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 2,2 | 1,5 | 1,4 | 0,7 | 0,9 | 1,6 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 1,9 | 1,7 | 1,3 | 0,9 | 0,8 | 1,5 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 2,7 | 2,1 | 1,4 | 0,8 | 0,7 | 1,9 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 1,5 | 1,3 | 1,0 | 0,9 | 0,8 | 1,5 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 2,1 | 1,9 | 1,0 | 0,9 | 0,5 | 2,1 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 3,1 | 1,9 | 1,8 | 0,6 | 0,9 | 1,7 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 2,6 | 1,8 | 1,7 | 0,7 | 0,9 | 1,5 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 2,0 | 1,7 | 1,3 | 0,9 | 0,8 | 1,5 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 2,1 | 2,1 | 1,0 | 1,0 | 0,5 | 2,1 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 2,9 | 2,0 | 0,8 | 0,7 | 0,4 | 3,6 | Lamelar |
| 1/2" | 12,5 | 2,6 | 1,8 | 0,7 | 0,7 | 0,4 | 3,7 | Lamelar |
| 1/2" | 12,5 | 2,9 | 2,1 | 1,5 | 0,7 | 0,7 | 1,9 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 2,1 | 2,0 | 1,0 | 1,0 | 0,5 | 2,1 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 2,2 | 1,8 | 1,5 | 0,8 | 0,8 | 1,5 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 3,1 | 1,9 | 1,4 | 0,6 | 0,7 | 2,2 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 3,5 | 2,0 | 1,2 | 0,6 | 0,6 | 2,9 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 3,0 | 2,4 | 0,4 | 0,8 | 0,2 | 7,5 | Lamelar |
| 1/2" | 12,5 | 2,5 | 2,0 | 1,6 | 0,8 | 0,8 | 1,6 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 2,8 | 1,8 | 1,6 | 0,6 | 0,9 | 1,8 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 2,1 | 1,8 | 1,5 | 0,9 | 0,8 | 1,4 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 2,1 | 1,6 | 1,2 | 0,8 | 0,8 | 1,8 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 2,5 | 1,5 | 1,2 | 0,6 | 0,8 | 2,1 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 3,2 | 1,6 | 1,5 | 0,5 | 0,9 | 2,1 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 2,2 | 1,8 | 0,6 | 0,8 | 0,3 | 3,7 | Lamelar |
| 1/2" | 12,5 | 2,6 | 2,3 | 0,6 | 0,9 | 0,3 | 4,3 | Lamelar |
| 1/2" | 12,5 | 1,7 | 1,3 | 1,1 | 0,8 | 0,8 | 1,5 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 2,2 | 1,6 | 1,0 | 0,7 | 0,6 | 2,2 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 2,1 | 2,0 | 1,3 | 1,0 | 0,7 | 1,6 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 2,0 | 1,6 | 1,4 | 0,8 | 0,9 | 1,4 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 1,8 | 1,6 | 1,2 | 0,9 | 0,8 | 1,5 | Cúbica |

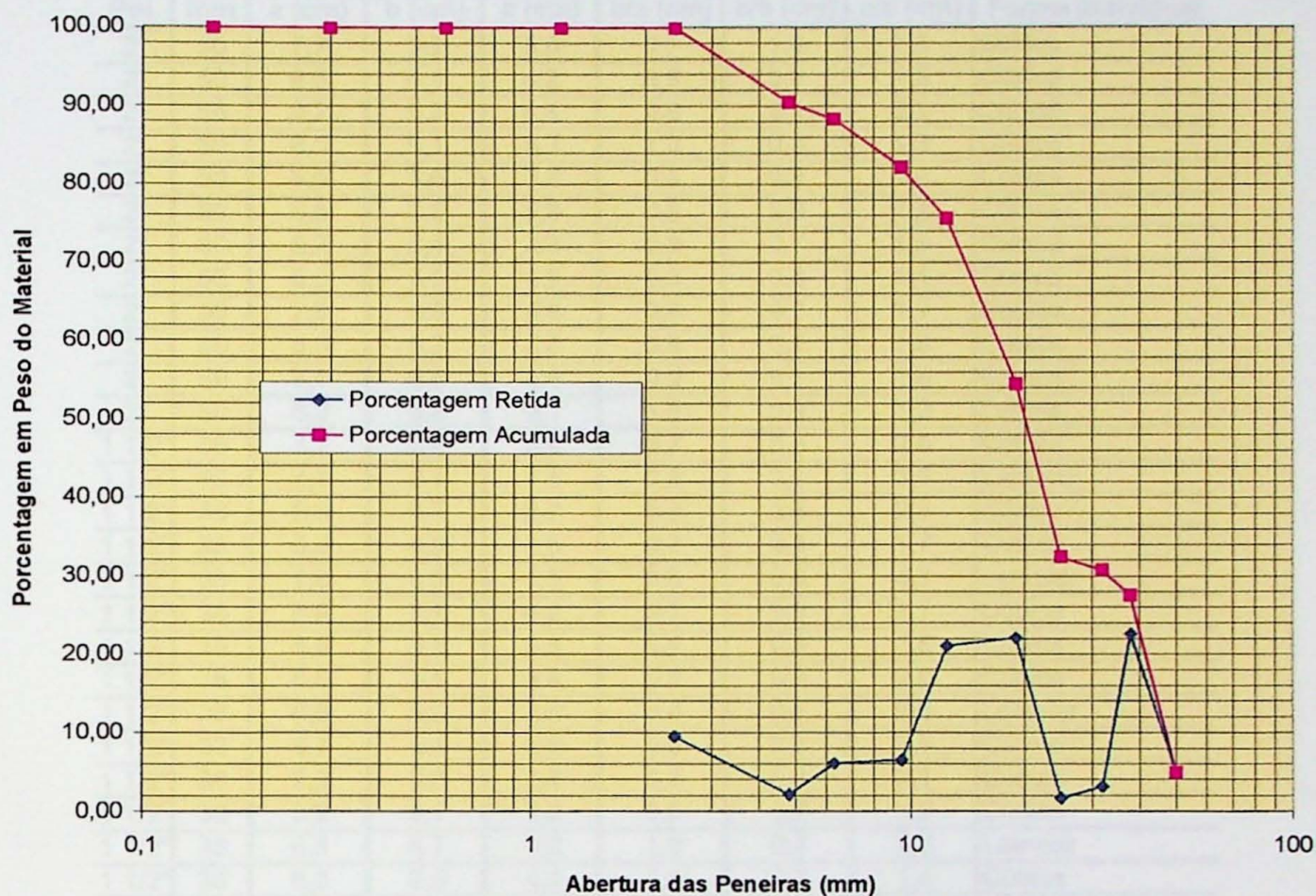
cont.

MEDIDAS DAS DIMENSÕES DOS FRAGMENTOS DA PEDREIRA CANTAREIRA

| PENEIRAS | | DIMENSÕES | | | | | | Forma Individual |
|----------|------|-----------|--------|--------|----------|----------|----------|------------------|
| Pol. | mm | a (cm) | b (cm) | c (cm) | b/a (cm) | c/b (cm) | a/c (cm) | |
| 1/2" | 12,5 | 3,8 | 2,2 | 1,0 | 0,6 | 0,5 | 3,8 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 1,7 | 1,5 | 0,7 | 0,9 | 0,5 | 2,4 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 2,6 | 1,3 | 0,8 | 0,5 | 0,6 | 3,3 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 1,8 | 1,5 | 1,3 | 0,8 | 0,9 | 1,4 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 2,4 | 1,4 | 0,9 | 0,6 | 0,6 | 2,7 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 2,3 | 2,1 | 1,1 | 0,9 | 0,5 | 2,1 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 2,2 | 1,6 | 1,6 | 0,7 | 1,0 | 1,4 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 2,3 | 2,1 | 1,2 | 0,9 | 0,6 | 1,9 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 1,8 | 1,4 | 1,0 | 0,8 | 0,7 | 1,8 | Cúbica |
| 3/8" | 9,5 | 2,7 | 1,3 | 1,1 | 0,5 | 0,8 | 2,5 | Cúbica |
| 3/8" | 9,5 | 2,6 | 1,6 | 0,6 | 0,6 | 0,4 | 4,3 | Lamelar |
| 3/8" | 9,5 | 2,2 | 1,2 | 1,0 | 0,5 | 0,8 | 2,2 | Cúbica |
| 3/8" | 9,5 | 1,9 | 1,5 | 0,6 | 0,8 | 0,4 | 3,2 | Lamelar |
| 3/8" | 9,5 | 2,5 | 1,1 | 1,0 | 0,4 | 0,9 | 2,5 | Alongada |
| 3/8" | 9,5 | 2,2 | 1,3 | 0,8 | 0,6 | 0,6 | 2,8 | Cúbica |
| 3/8" | 9,5 | 2,2 | 1,3 | 0,5 | 0,6 | 0,4 | 4,4 | Lamelar |
| 3/8" | 9,5 | 2,2 | 1,3 | 0,8 | 0,6 | 0,6 | 2,8 | Cúbica |
| 3/8" | 9,5 | 2,4 | 1,3 | 1,1 | 0,6 | 0,8 | 2,1 | Cúbica |
| 3/8" | 9,5 | 2,6 | 1,3 | 0,9 | 0,5 | 0,7 | 2,9 | Cúbica |
| 3/8" | 9,5 | 2,3 | 1,2 | 1,1 | 0,5 | 0,9 | 2,1 | Cúbica |
| 3/8" | 9,5 | 2,1 | 1,2 | 1,1 | 0,6 | 0,9 | 1,9 | Cúbica |
| 3/8" | 9,5 | 1,6 | 1,3 | 1,0 | 0,8 | 0,8 | 1,6 | Cúbica |
| 3/8" | 9,5 | 2,2 | 1,2 | 1,0 | 0,5 | 0,8 | 2,2 | Cúbica |
| 3/8" | 9,5 | 2,6 | 1,7 | 1,0 | 0,7 | 0,6 | 2,6 | Cúbica |
| 3/8" | 9,5 | 2,4 | 1,3 | 1,0 | 0,5 | 0,8 | 2,4 | Cúbica |
| 3/8" | 9,5 | 2,3 | 1,2 | 1,0 | 0,5 | 0,8 | 2,3 | Cúbica |
| 3/8" | 9,5 | 1,6 | 1,3 | 0,9 | 0,8 | 0,7 | 1,8 | Cúbica |
| 3/8" | 9,5 | 1,6 | 1,3 | 0,8 | 0,8 | 0,6 | 2,0 | Cúbica |
| 3/8" | 9,5 | 2,4 | 1,4 | 0,8 | 0,6 | 0,6 | 3,0 | Cúbica |
| 3/8" | 9,5 | 1,8 | 1,4 | 0,8 | 0,8 | 0,6 | 2,3 | Cúbica |
| 3/8" | 9,5 | 1,6 | 1,5 | 0,7 | 0,9 | 0,5 | 2,3 | Cúbica |
| 3/8" | 9,5 | 1,8 | 1,6 | 1,4 | 0,9 | 0,9 | 1,3 | Cúbica |
| 3/8" | 9,5 | 1,8 | 1,4 | 0,5 | 0,8 | 0,4 | 3,6 | Lamelar |
| 3/8" | 9,5 | 2,4 | 1,4 | 0,8 | 0,6 | 0,6 | 3,0 | Cúbica |
| 3/8" | 9,5 | 2,6 | 1,2 | 0,6 | 0,5 | 0,5 | 4,3 | Cúbica |
| 3/8" | 9,5 | 1,6 | 1,2 | 1,1 | 0,8 | 0,9 | 1,5 | Cúbica |
| 3/8" | 9,5 | 2,0 | 1,3 | 1,2 | 0,7 | 0,9 | 1,7 | Cúbica |
| 3/8" | 9,5 | 1,9 | 1,6 | 0,6 | 0,8 | 0,4 | 3,2 | Lamelar |
| 3/8" | 9,5 | 1,3 | 1,1 | 0,7 | 0,8 | 0,6 | 1,9 | Cúbica |
| 3/8" | 9,5 | 1,8 | 1,5 | 0,4 | 0,8 | 0,3 | 4,5 | Lamelar |
| Média | | | | | 0,8 | 0,7 | 2,2 | Cúbica |

ANEXO 6

ENSAIO DE GRANULOMETRIA DA PEDREIRA GALVANI



| Abertura das Peneiras (mm) | Percentagem Retida | Percentagem Acumulada | Material Retido |
|----------------------------|--------------------|-----------------------|-----------------|
| 50 | 4,90 | 4,90 | 2590,00 |
| 38 | 22,67 | 27,57 | 11990,00 |
| 32 | 3,16 | 30,72 | 1670,00 |
| 25 | 1,69 | 32,42 | 895,00 |
| 19 | 22,16 | 54,57 | 11720,00 |
| 12,5 | 21,10 | 75,67 | 11160,00 |
| 9,5 | 6,53 | 82,20 | 3455,00 |
| 6,3 | 6,13 | 88,33 | 3240 |
| 4,8 | 2,18 | 90,51 | 1155,00 |
| 2,4 | 9,49 | 100,00 | 5020,00 |
| 1,2 | | 100,00 | |
| 0,6 | | 100,00 | |
| 0,3 | | 100,00 | |
| 0,15 | | 100,00 | |
| Total | 82,20 | | 52895,00 |

| | |
|-------------------|-------|
| Módulo de Finura: | 7,55 |
| Dimensão Máxima: | 50 mm |

ANEXO 7

MEDIDAS DAS DIMENSÕES DOS FRAGMENTOS DA PEDREIRA GALVANI

| PENEIRAS | | DIMENSÕES | | | | | | Forma Individual |
|----------|----|-----------|--------|--------|----------|----------|----------|------------------|
| Pol. | mm | a (cm) | b (cm) | c (cm) | b/a (cm) | c/b (cm) | a/c (cm) | |
| 2" | 50 | 7,7 | 5,1 | 5,0 | 0,7 | 1,0 | 1,5 | Cúbica |
| 2" | 50 | 6,5 | 5,4 | 4,2 | 0,8 | 0,8 | 1,5 | Cúbica |
| 2" | 50 | 9,2 | 5,3 | 4,4 | 0,6 | 0,8 | 2,1 | Cúbica |
| 2" | 50 | 6,3 | 6,1 | 4,7 | 1,0 | 0,8 | 1,3 | Cúbica |
| 2" | 50 | 8,8 | 5,6 | 5,3 | 0,6 | 0,9 | 1,7 | Cúbica |
| 2" | 50 | 6,5 | 5,8 | 5,3 | 0,9 | 0,9 | 1,2 | Cúbica |
| 2" | 50 | 5,7 | 5,4 | 3,8 | 0,9 | 0,7 | 1,5 | Cúbica |
| 2" | 50 | 6,5 | 5,5 | 4,5 | 0,8 | 0,8 | 1,4 | Cúbica |
| 2" | 50 | 7,8 | 6,8 | 4,6 | 0,9 | 0,7 | 1,7 | Cúbica |
| 2" | 50 | 5,6 | 5,3 | 3,6 | 0,9 | 0,7 | 1,6 | Cúbica |
| 2" | 50 | 7,1 | 6,6 | 4,4 | 0,9 | 0,7 | 1,6 | Cúbica |
| 2" | 50 | 6,0 | 5,8 | 5,1 | 1,0 | 0,9 | 1,2 | Cúbica |
| 1 1/2" | 38 | 7,7 | 5,4 | 2,8 | 0,7 | 0,5 | 2,8 | Cúbica |
| 1 1/2" | 38 | 7,1 | 6,1 | 1,8 | 0,9 | 0,3 | 3,9 | Lamelar |
| 1 1/2" | 38 | 6,3 | 5,7 | 2,7 | 0,9 | 0,5 | 2,3 | Cúbica |
| 1 1/2" | 38 | 6,2 | 4,5 | 3,6 | 0,7 | 0,8 | 1,7 | Cúbica |
| 1 1/2" | 38 | 7,0 | 3,6 | 1,5 | 0,5 | 0,4 | 4,7 | Lamelar |
| 1 1/2" | 38 | 6,9 | 4,7 | 4,0 | 0,7 | 0,9 | 1,7 | Cúbica |
| 1 1/2" | 38 | 5,9 | 5,3 | 3,3 | 0,9 | 0,6 | 1,8 | Cúbica |
| 1 1/2" | 38 | 8,6 | 5,1 | 4,4 | 0,6 | 0,9 | 2,0 | Cúbica |
| 1 1/2" | 38 | 6,8 | 6,0 | 2,6 | 0,9 | 0,4 | 2,6 | Lamelar |
| 1 1/2" | 38 | 5,7 | 5,1 | 3,9 | 0,9 | 0,8 | 1,5 | Cúbica |
| 1 1/2" | 38 | 7,2 | 5,6 | 3,4 | 0,8 | 0,6 | 2,1 | Cúbica |
| 1 1/2" | 38 | 6,2 | 5,1 | 3,8 | 0,8 | 0,7 | 1,6 | Cúbica |
| 1 1/2" | 38 | 6,8 | 6,7 | 3,0 | 1,0 | 0,4 | 2,3 | Lamelar |
| 1 1/2" | 38 | 6,3 | 6,0 | 4,4 | 1,0 | 0,7 | 1,4 | Cúbica |
| 1 1/2" | 38 | 6,1 | 4,4 | 3,8 | 0,7 | 0,9 | 1,6 | Cúbica |
| 1 1/2" | 38 | 8,2 | 5,3 | 3,6 | 0,6 | 0,7 | 2,3 | Cúbica |
| 1 1/2" | 38 | 6,1 | 4,3 | 4,1 | 0,7 | 1,0 | 1,5 | Cúbica |
| 1 1/2" | 38 | 11,2 | 5,8 | 3,8 | 0,5 | 0,7 | 2,9 | Cúbica |
| 1 1/2" | 38 | 9,8 | 4,2 | 3,4 | 0,4 | 0,8 | 2,9 | Alongada |
| 1 1/2" | 38 | 5,5 | 5,3 | 3,1 | 1,0 | 0,6 | 1,8 | Cúbica |
| 1 1/2" | 38 | 9,2 | 3,6 | 3,4 | 0,4 | 0,9 | 2,7 | Alongada |
| 1 1/2" | 38 | 10,4 | 5,2 | 3,3 | 0,5 | 0,6 | 3,2 | Cúbica |
| 1 1/2" | 38 | 9,1 | 4,1 | 2,3 | 0,5 | 0,6 | 4,0 | Cúbica |
| 1 1/2" | 38 | 5,2 | 4,5 | 2,7 | 0,9 | 0,6 | 1,9 | Cúbica |
| 1 1/2" | 38 | 9,4 | 5,4 | 1,8 | 0,6 | 0,3 | 5,2 | Lamelar |
| 1 1/2" | 38 | 6,7 | 5,8 | 4,1 | 0,9 | 0,7 | 1,6 | Cúbica |
| 1 1/2" | 38 | 7,4 | 5,5 | 3,0 | 0,7 | 0,5 | 2,5 | Cúbica |
| 1 1/2" | 38 | 7,0 | 6,4 | 2,9 | 0,9 | 0,5 | 2,4 | Cúbica |
| 1 1/2" | 38 | 6,1 | 5,6 | 0,8 | 0,9 | 0,1 | 7,6 | Lamelar |
| 1 1/2" | 38 | 8,8 | 4,2 | 4,1 | 0,5 | 1,0 | 2,1 | Cúbica |
| 1 1/2" | 38 | 11,2 | 5,7 | 3,0 | 0,5 | 0,5 | 3,7 | Cúbica |
| 1 1/2" | 38 | 9,4 | 4,8 | 4,5 | 0,5 | 0,9 | 2,1 | Cúbica |
| 1 1/2" | 38 | 8,2 | 5,0 | 2,7 | 0,6 | 0,5 | 3,0 | Cúbica |
| 1 1/2" | 38 | 7,3 | 5,7 | 2,4 | 0,8 | 0,4 | 3,0 | Lamelar |
| 1 1/2" | 38 | 6,5 | 5,0 | 4,1 | 0,8 | 0,8 | 1,6 | Cúbica |
| 1 1/2" | 38 | 6,0 | 5,9 | 2,3 | 1,0 | 0,4 | 2,6 | Lamelar |
| 1 1/2" | 38 | 7,6 | 4,6 | 4,6 | 0,6 | 1,0 | 1,7 | Cúbica |
| 1 1/2" | 38 | 7,3 | 4,0 | 3,2 | 0,5 | 0,8 | 2,3 | Cúbica |
| 1 1/2" | 38 | 5,6 | 5,6 | 3,9 | 1,0 | 0,7 | 1,4 | Cúbica |
| 1 1/2" | 38 | 4,9 | 4,4 | 3,4 | 0,9 | 0,8 | 1,4 | Cúbica |
| 1 1/2" | 38 | 8,7 | 5,8 | 3,2 | 0,7 | 0,6 | 2,7 | Cúbica |

cont.

MEDIDAS DAS DIMENSÕES DOS FRAGMENTOS DA PEDREIRA GALVANI

| PENEIRAS | | DIMENSÕES | | | | | | Forma Individual |
|----------|----|-----------|--------|--------|----------|----------|----------|------------------|
| Pol. | mm | a (cm) | b (cm) | c (cm) | b/a (cm) | c/b (cm) | a/c (cm) | |
| 1 1/2" | 38 | 8,6 | 6,9 | 3,9 | 0,8 | 0,6 | 2,2 | Cúbica |
| 1 1/2" | 38 | 8,3 | 5,0 | 2,8 | 0,6 | 0,6 | 3,0 | Cúbica |
| 1 1/2" | 38 | 5,6 | 5,5 | 4,8 | 1,0 | 0,9 | 1,2 | Cúbica |
| 1 1/2" | 38 | 5,9 | 5,8 | 2,2 | 1,0 | 0,4 | 2,7 | Lamelar |
| 1 1/2" | 38 | 8,2 | 6,3 | 4,6 | 0,8 | 0,7 | 1,8 | Cúbica |
| 1 1/2" | 38 | 6,5 | 4,8 | 4,5 | 0,7 | 0,9 | 1,4 | Cúbica |
| 1 1/2" | 38 | 5,7 | 4,5 | 2,8 | 0,8 | 0,6 | 2,0 | Cúbica |
| 1 1/2" | 38 | 6,9 | 5,1 | 4,6 | 0,7 | 0,9 | 1,5 | Cúbica |
| 1 1/2" | 38 | 6,0 | 5,0 | 2,3 | 0,8 | 0,5 | 2,6 | Cúbica |
| 1 1/2" | 38 | 5,5 | 4,3 | 3,5 | 0,8 | 0,8 | 1,6 | Cúbica |
| 1 1/2" | 38 | 7,2 | 5,0 | 3,9 | 0,7 | 0,8 | 1,8 | Cúbica |
| 1 1/2" | 38 | 5,5 | 5,2 | 2,4 | 0,9 | 0,5 | 2,3 | Cúbica |
| 1 1/2" | 38 | 8,0 | 4,7 | 4,3 | 0,6 | 0,9 | 1,9 | Cúbica |
| 1 1/4" | 32 | 8,5 | 5,3 | 2,5 | 0,6 | 0,5 | 3,4 | Cúbica |
| 1 1/4" | 32 | 6,9 | 5,0 | 1,5 | 0,7 | 0,3 | 4,6 | Lamelar |
| 1 1/4" | 32 | 6,5 | 4,7 | 3,5 | 0,7 | 0,7 | 1,9 | Cúbica |
| 1 1/4" | 32 | 7,6 | 4,4 | 1,8 | 0,6 | 0,4 | 4,2 | Lamelar |
| 1 1/4" | 32 | 4,4 | 4,0 | 2,2 | 0,9 | 0,6 | 2,0 | Cúbica |
| 1 1/4" | 32 | 6,8 | 3,7 | 3,4 | 0,5 | 0,9 | 2,0 | Cúbica |
| 1 1/4" | 32 | 5,7 | 4,9 | 2,6 | 0,9 | 0,5 | 2,2 | Cúbica |
| 1 1/4" | 32 | 6,1 | 5,0 | 2,3 | 0,8 | 0,5 | 2,7 | Cúbica |
| 1" | 25 | 7,6 | 3,3 | 1,6 | 0,4 | 0,5 | 4,8 | Alongada |
| 1" | 25 | 3,2 | 2,7 | 2,1 | 0,8 | 0,8 | 1,5 | Cúbica |
| 1" | 25 | 4,0 | 2,7 | 2,4 | 0,7 | 0,9 | 1,7 | Cúbica |
| 1" | 25 | 4,0 | 2,8 | 2,5 | 0,7 | 0,9 | 1,6 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 3,9 | 2,9 | 1,3 | 0,7 | 0,4 | 3,0 | Lamelar |
| 3/4" | 19 | 5,9 | 2,6 | 1,7 | 0,4 | 0,7 | 3,5 | Alongada |
| 3/4" | 19 | 3,0 | 2,7 | 2,1 | 0,9 | 0,8 | 1,4 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 4,5 | 2,5 | 1,4 | 0,6 | 0,6 | 3,2 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 3,6 | 2,5 | 1,8 | 0,7 | 0,7 | 2,0 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 3,1 | 2,5 | 2,0 | 0,8 | 0,8 | 1,6 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 3,3 | 2,2 | 1,2 | 0,7 | 0,5 | 2,8 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 4,3 | 2,4 | 1,7 | 0,6 | 0,7 | 2,5 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 2,9 | 2,3 | 1,9 | 0,8 | 0,8 | 1,5 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 3,0 | 2,3 | 1,7 | 0,8 | 0,7 | 1,8 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 3,3 | 2,3 | 2,3 | 0,7 | 1,0 | 1,4 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 2,8 | 2,8 | 1,8 | 1,0 | 0,6 | 1,6 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 4,2 | 3,3 | 1,0 | 0,8 | 0,3 | 4,2 | Lamelar |
| 3/4" | 19 | 5,7 | 2,4 | 2,2 | 0,4 | 0,9 | 2,6 | Alongada |
| 3/4" | 19 | 2,5 | 2,1 | 2,0 | 0,8 | 1,0 | 1,3 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 2,7 | 2,4 | 1,5 | 0,9 | 0,6 | 1,8 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 3,4 | 2,3 | 1,3 | 0,7 | 0,6 | 2,6 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 3,0 | 2,3 | 1,4 | 0,8 | 0,6 | 2,1 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 3,0 | 2,5 | 1,5 | 0,8 | 0,6 | 2,0 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 3,0 | 2,6 | 0,9 | 0,9 | 0,3 | 3,3 | Lamelar |
| 3/4" | 19 | 3,2 | 2,6 | 1,4 | 0,8 | 0,5 | 2,3 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 3,5 | 2,7 | 1,7 | 0,8 | 0,6 | 2,1 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 2,9 | 2,3 | 2,0 | 0,8 | 0,9 | 1,5 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 3,1 | 2,5 | 2,0 | 0,8 | 0,8 | 1,6 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 3,5 | 2,4 | 1,5 | 0,7 | 0,6 | 2,3 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 3,3 | 2,7 | 1,8 | 0,8 | 0,7 | 1,8 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 2,9 | 2,2 | 1,7 | 0,8 | 0,8 | 1,7 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 5,0 | 3,0 | 1,1 | 0,6 | 0,4 | 4,5 | Lamelar |

cont.

MEDIDAS DAS DIMENSÕES DOS FRAGMENTOS DA PEDREIRA GALVANI

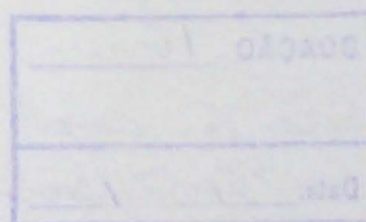
| PENEIRAS | | DIMENSÕES | | | | | | Forma Individual |
|----------|------|-----------|--------|--------|----------|----------|----------|------------------|
| Pol. | mm | a (cm) | b (cm) | c (cm) | b/a (cm) | c/b (cm) | a/c (cm) | |
| 3/4" | 19 | 3,6 | 3,1 | 1,5 | 0,9 | 0,5 | 2,4 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 3,9 | 2,5 | 2,2 | 0,6 | 0,9 | 1,8 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 3,9 | 2,9 | 1,8 | 0,7 | 0,6 | 2,2 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 2,8 | 2,7 | 0,6 | 1,0 | 0,2 | 4,7 | Lamelar |
| 3/4" | 19 | 3,0 | 2,8 | 1,7 | 0,9 | 0,6 | 1,8 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 3,8 | 2,4 | 1,4 | 0,6 | 0,6 | 2,7 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 3,3 | 2,6 | 1,6 | 0,8 | 0,6 | 2,1 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 3,3 | 2,6 | 1,5 | 0,8 | 0,6 | 2,2 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 2,6 | 2,4 | 1,5 | 0,9 | 0,6 | 1,7 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 3,7 | 3,0 | 0,9 | 0,8 | 0,3 | 4,1 | Lamelar |
| 3/4" | 19 | 3,9 | 3,4 | 2,1 | 0,9 | 0,6 | 1,9 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 3,5 | 2,9 | 1,7 | 0,8 | 0,6 | 2,1 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 4,3 | 2,6 | 1,1 | 0,6 | 0,4 | 3,9 | Lamelar |
| 3/4" | 19 | 2,5 | 2,5 | 1,6 | 1,0 | 0,6 | 1,6 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 3,1 | 2,9 | 2,6 | 0,9 | 0,9 | 1,2 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 3,4 | 2,5 | 1,6 | 0,7 | 0,6 | 2,1 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 3,8 | 2,9 | 2,1 | 0,8 | 0,7 | 1,8 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 2,5 | 2,3 | 2,0 | 0,9 | 0,9 | 1,3 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 3,8 | 2,3 | 1,8 | 0,6 | 0,8 | 2,1 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 3,7 | 2,5 | 1,9 | 0,7 | 0,8 | 1,9 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 3,8 | 2,7 | 1,8 | 0,7 | 0,7 | 2,1 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 3,6 | 2,6 | 2,0 | 0,7 | 0,8 | 1,8 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 4,0 | 2,7 | 1,9 | 0,7 | 0,7 | 2,1 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 3,9 | 2,2 | 2,0 | 0,6 | 0,9 | 2,0 | Cúbica |
| 3/4" | 19 | 4,0 | 2,6 | 0,7 | 0,7 | 0,3 | 5,7 | Lamelar |
| 1/2" | 12,5 | 5,3 | 2,3 | 1,3 | 0,4 | 0,6 | 4,1 | Alongada |
| 1/2" | 12,5 | 2,6 | 1,9 | 1,8 | 0,7 | 0,9 | 1,4 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 4,0 | 2,0 | 1,9 | 0,5 | 1,0 | 2,1 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 4,3 | 1,7 | 1,7 | 0,4 | 1,0 | 2,5 | Alongada |
| 1/2" | 12,5 | 3,6 | 2,2 | 1,3 | 0,6 | 0,6 | 2,8 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 3,1 | 1,9 | 1,3 | 0,6 | 0,7 | 2,4 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 3,2 | 1,9 | 1,6 | 0,6 | 0,8 | 2,0 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 2,7 | 2,5 | 1,8 | 0,9 | 0,7 | 1,5 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 4,7 | 1,7 | 1,4 | 0,4 | 0,8 | 3,4 | Alongada |
| 1/2" | 12,5 | 4,4 | 2,1 | 0,8 | 0,5 | 0,4 | 5,5 | Lamelar |
| 1/2" | 12,5 | 3,7 | 2,2 | 0,9 | 0,6 | 0,4 | 4,1 | Lamelar |
| 1/2" | 12,5 | 3,9 | 2,2 | 0,8 | 0,6 | 0,4 | 4,9 | Lamelar |
| 1/2" | 12,5 | 3,0 | 1,7 | 1,0 | 0,6 | 0,6 | 3,0 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 3,0 | 2,1 | 1,3 | 0,7 | 0,6 | 2,3 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 3,1 | 2,6 | 0,9 | 0,8 | 0,3 | 3,4 | Lamelar |
| 1/2" | 12,5 | 4,9 | 2,1 | 1,0 | 0,4 | 0,5 | 4,9 | Alongada |
| 1/2" | 12,5 | 3,9 | 1,9 | 1,4 | 0,5 | 0,7 | 2,8 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 3,1 | 1,9 | 1,6 | 0,6 | 0,8 | 1,9 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 4,7 | 1,7 | 1,2 | 0,4 | 0,7 | 3,9 | Alongada |
| 1/2" | 12,5 | 4,7 | 2,1 | 1,0 | 0,4 | 0,5 | 4,7 | Alongada |
| 1/2" | 12,5 | 2,3 | 1,9 | 1,3 | 0,8 | 0,7 | 1,8 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 3,3 | 2,2 | 1,5 | 0,7 | 0,7 | 2,2 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 2,3 | 1,7 | 1,4 | 0,7 | 0,8 | 1,6 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 2,5 | 2,1 | 1,1 | 0,8 | 0,5 | 2,3 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 2,3 | 1,6 | 0,7 | 0,7 | 0,4 | 3,3 | Lamelar |
| 1/2" | 12,5 | 1,6 | 1,5 | 1,5 | 0,9 | 1,0 | 1,1 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 1,6 | 1,6 | 1,0 | 1,0 | 0,6 | 1,6 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 2,5 | 1,9 | 1,6 | 0,8 | 0,8 | 1,6 | Cúbica |

ANEXO 7

cont.

MEDIDAS DAS DIMENSÕES DOS FRAGMENTOS DA PEDREIRA GALVANI

| PENEIRAS | | DIMENSÕES | | | | | | Forma Individual |
|----------|------|-----------|--------|--------|----------|----------|----------|------------------|
| Pol. | mm | a (cm) | b (cm) | c (cm) | b/a (cm) | c/b (cm) | a/c (cm) | |
| 1/2" | 12,5 | 2,5 | 2,0 | 1,5 | 0,8 | 0,8 | 1,7 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 3,6 | 1,9 | 1,6 | 0,5 | 0,8 | 2,3 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 2,5 | 2,3 | 1,6 | 0,9 | 0,7 | 1,6 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 1,8 | 1,7 | 1,6 | 0,9 | 0,9 | 1,1 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 2,4 | 2,3 | 1,4 | 1,0 | 0,6 | 1,7 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 3,4 | 2,4 | 1,5 | 0,7 | 0,6 | 2,3 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 4,0 | 2,2 | 1,2 | 0,6 | 0,5 | 3,3 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 3,4 | 2,4 | 1,2 | 0,7 | 0,5 | 2,8 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 2,5 | 2,2 | 1,4 | 0,9 | 0,6 | 1,8 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 2,2 | 2,1 | 1,3 | 1,0 | 0,6 | 1,7 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 2,6 | 2,2 | 1,0 | 0,8 | 0,5 | 2,6 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 2,1 | 2,1 | 1,2 | 1,0 | 0,6 | 1,8 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 2,7 | 1,8 | 1,1 | 0,7 | 0,6 | 2,5 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 2,8 | 2,7 | 1,1 | 1,0 | 0,4 | 2,5 | Lamelar |
| 1/2" | 12,5 | 3,9 | 2,1 | 0,8 | 0,5 | 0,4 | 4,9 | Lamelar |
| 1/2" | 12,5 | 3,0 | 1,6 | 1,5 | 0,5 | 0,9 | 2,0 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 2,1 | 1,8 | 1,6 | 0,9 | 0,9 | 1,3 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 2,4 | 2,0 | 1,2 | 0,8 | 0,6 | 2,0 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 2,5 | 2,0 | 1,3 | 0,8 | 0,7 | 1,9 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 1,9 | 1,6 | 0,9 | 0,8 | 0,6 | 2,1 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 2,2 | 1,8 | 1,1 | 0,8 | 0,6 | 2,0 | Cúbica |
| 1/2" | 12,5 | 1,9 | 1,4 | 1,3 | 0,7 | 0,9 | 1,5 | Cúbica |
| 3/8" | 9,5 | 1,9 | 1,4 | 0,8 | 0,7 | 0,6 | 2,4 | Cúbica |
| 3/8" | 9,5 | 1,7 | 1,1 | 1,0 | 0,6 | 0,9 | 1,7 | Cúbica |
| 3/8" | 9,5 | 2,3 | 1,4 | 0,7 | 0,6 | 0,5 | 3,3 | Cúbica |
| 3/8" | 9,5 | 2,0 | 1,2 | 1,1 | 0,6 | 0,9 | 1,8 | Cúbica |
| 3/8" | 9,5 | 1,9 | 1,8 | 1,1 | 0,9 | 0,6 | 1,7 | Cúbica |
| 3/8" | 9,5 | 2,5 | 1,9 | 1,4 | 0,8 | 0,7 | 1,8 | Cúbica |
| 3/8" | 9,5 | 2,3 | 1,5 | 1,2 | 0,7 | 0,8 | 1,9 | Cúbica |
| 3/8" | 9,5 | 2,4 | 1,5 | 0,9 | 0,6 | 0,6 | 2,7 | Cúbica |
| 3/8" | 9,5 | 2,0 | 1,4 | 0,8 | 0,7 | 0,6 | 2,5 | Cúbica |
| 3/8" | 9,5 | 2,0 | 1,5 | 0,9 | 0,8 | 0,6 | 2,2 | Cúbica |
| 3/8" | 9,5 | 1,5 | 1,5 | 1,4 | 1,0 | 0,9 | 1,1 | Cúbica |
| 3/8" | 9,5 | 1,9 | 1,4 | 0,8 | 0,7 | 0,6 | 2,4 | Cúbica |
| 3/8" | 9,5 | 2,2 | 1,2 | 0,9 | 0,5 | 0,8 | 2,4 | Cúbica |
| 3/8" | 9,5 | 1,9 | 1,5 | 0,6 | 0,8 | 0,4 | 3,2 | Lamelar |
| 3/8" | 9,5 | 1,6 | 1,3 | 0,9 | 0,8 | 0,7 | 1,8 | Cúbica |
| 3/8" | 9,5 | 1,8 | 1,5 | 1,0 | 0,8 | 0,7 | 1,8 | Cúbica |
| Média | | | | | 0,7 | 0,7 | 2,3 | Cúbica |



DOAÇÃO 16

Sig. Produzido

Data: 26/07/2000

