

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

CONTRIBUIÇÃO À PETROGRAFIA DE PEDRA BRITADA

Deyna Pinho

Orientadora: Profa. Dra. Lília Mascarenhas Sant'Agostino

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Programa de Pós-Graduação em Recursos Minerais e Hidrogeologia

SÃO PAULO
2007

Ficha catalográfica preparada pelo Serviço de Biblioteca e Documentação
do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo

Pinho, Deyna

Contribuição à petrografia de pedra britada /
Deyna Pinho. - São Paulo, 2007.

447 f. : il.

Dissertação (Mestrado) : IGc/USP

Orient.: Sant'Agostino, Lília Mascarenhas

1. Brita 2. Minerais industriais 3. Petrografia
4. Região metropolitana: Pedreiras 5. Petrologia
estrutural 6. Mapa geológico I. Título

*Dedico este trabalho a
Deus, a minha família e
a todos os que me apoiaram!*

AGRADECIMENTOS

Este trabalho envolveu a colaboração de diversas pessoas que trabalham na área de exploração de pedra britada, de algumas associações de produtores de pedra britada, como também colegas e amigos nas atividades de campo e desenvolvimento da dissertação. Também foi imprescindível o suporte financeiro pela CAPES, e infraestrutura do Instituto de Geociências da USP que para eles também expresso meus agradecimentos.

Assim, agradeço ao Eng. Fauaz Abdul Hak da PEDRAPAR (PR), a Marlene da AGABRITAS (RS), ao Eng. Leandro Fagundes da UFGRS, a SINDIBRITA (RJ), ao SINDIPEDRAS (SP) pelas informações concedidas de vital importância no desenvolvimento desta pesquisa.

Agradeço as bibliotecas da CPRM, em especial, a Tânia Freire (CPRM-RJ), a Ana Lúcia (CPRM-RS), a Silvana (CPRM-MG) pela ajuda na aquisição das cartas geológicas bases para o desenvolvimento de uma parte essencial na dissertação. Agradeço também ao Olindo Assis Martins Filho, pesquisador da fundação Oswaldo Cruz (MG), a minha amiga geógrafa Adriana pela ajuda na aquisição da cópia de cartas geológicas.

Meus sinceros agradecimentos ao Fábio da Eldorado Mineração (RS), pela permissão e cooperação; também agradeço a Incopel (RS), ao Sr. Darcy da Inecol (PR), Cimento Rio Branco S.A. (PR), ao Darli da Ibrata (RJ); em especial ao seu Geraldo pela assistência na coleta de amostras na Ibrata mineração. Agradeço ao Luis Simonetti pela permissão em fazer coleta das amostras na Pedreira Vigné (RJ); a Mata Grande (MG), a Britadora Betim (MG), em especial, ao Fabio, Eduardo, Mário Jr. E Mário pelo carisma e apoio na visita e amostragem. Agradeço a Pedreira Santa Isabel (SP), em especial ao Técnico Luiz que permitiu e auxiliou durante todo o

processo de amostragem no local, também agradeço ao Eng. Marcio da Embu S.A. pela permissão de amostragem.

Meus sinceros agradecimentos também a Dra. Geóloga Mirian Cruxên do Laboratório de Petrologia e Tecnologia de Rochas do IPT pelas informações, sugestões e assistência na petrografia de pedra britada. Agradeço também a Geóloga Gláucia Cuchierato pelo auxílio no começo dessa pesquisa e claro, meus verdadeiros agradecimento a Profa. Dra. Lília Mascarenhas Sant'Agostino que me orientou durante todas as fases dessa pesquisa e outras anteriores.

Por fim, agradeço aos meus pais pela paciência e por terem me amparado e acompanhado em todas as etapas de campo dessa pesquisa, a amiga e geóloga Fernanda Nishyama pela ajuda em conseguir alguns contatos importantes, a e amiga geóloga Alexandra V. Suhogusoff pela ajuda em campo e fases finais deste trabalho, a Dra. Geóloga Lucelene Martins pela assistência na tiragem das fotomicrografias no laboratório de óptica, a Rachel C. Prochoroff pelo seu impecável conhecimento da Língua Inglesa, ao Pérsio Witkowski pela ajuda na língua francesa, ao geólogo Fernando Pelegrini Spinelli pela imensa ajuda em diversas etapas dessa pesquisa, principalmente na impressão final.

Obrigado Deus por mais esta conquista!

*"Conserva-te no temor do senhor,
pois é a fonte de vida e sabedoria,
e lança fora todos os seus medos."*

*PV 23:17, 14:27, 111:10 e
JJo 4:18b*

RESUMO

O conhecimento das propriedades físico-químicas da composição mineralógica dos agregados é de extrema importância para o não comprometimento da obra em que serão empregados. Desse modo, o conhecimento da petrografia, mineralogia e geologia das rochas-fonte para brita também são extremamente necessárias.

O principal objetivo deste trabalho foi gerar informações sobre a geologia, mercado produtor e petrografia das rochas-fonte da pedra britada nas principais regiões produtoras do país. As informações disponíveis neste segmento da mineração são escassas, principalmente devido às próprias características do setor onde os investimentos em pesquisas geológicas geralmente são escassos e por vezes pouco exigidos.

Os cinco principais pólos produtores de pedra britada, alvos de estudo deste trabalho, incluem as cinco maiores regiões metropolitanas do país: São Paulo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Paraná, Rio Grande do Sul. São locais que possuem diferentes rochas-fonte de brita para cada centro produtor, devido à diversidade geológica e abundância daquelas nestes centros.

Assim sendo, na região de São Paulo capital a principal rocha-fonte utilizada são granitos e gnaisses provenientes do Embasamento; na região de Belo Horizonte são os calcários provenientes do Grupo Bambuí; na região do Rio de Janeiro capital são os sienitos alcalinos, localizados em diversos corpos alcalinos intrusivos e gnaisses; na região de Curitiba (RMC) são calcários (Formações Perau e Votuverava) e migmatitos extraídos de complexos migmatíticos; e na região de Porto Alegre (RMPA) são predominantemente basaltos e dacitos da Formação Serra Geral.

Neste trabalho foi gerado um mapa geológico com localização das pedreiras ativas no período de 2004-2006 para cada região metropolitana relativa à capital de cada Estado. Em cada região foram selecionadas as minerações representativas de

acordo com a geologia (rocha-fonte) e produtividade e feitas amostragens e mapeamento em frentes de lavra para a realização de análises petrográficas.

As 180 amostras coletadas nas diferentes regiões metropolitanas foram analisadas petrograficamente de forma macroscópica, selecionadas e analisadas na forma microscópica, com base nas normas ABNT e recomendações do Laboratório de Petrologia e Tecnologia de Rochas do IPT. As principais características observadas foram: a composição mineralógica, texturas, estruturas, presença de minerais deletérios, grau de alteração deutérica e estado microfissural. Essas características intrínsecas da rocha-fonte influenciam diretamente a forma e a composição do material britado, e podem dificultar sua aplicação ou mesmo comprometê-la, tanto por motivo de geração de reação álcali-agregado com ligantes quanto por comprometer a resistência mecânica exigida na mistura.

O desconhecimento dessas características muitas vezes gera um baixo aproveitamento dos materiais, principalmente finos de pedreira, que se acumulam em pilhas de rejeito ao derredor das empresas mineradoras podendo causar sérios problemas ambientais. Portanto, o trabalho gerou informações para uma melhor otimização e utilização das matérias-primas ou rochas-fonte de brita, contribuindo também indiretamente na redução desses problemas ambientais que atingem as principais regiões urbanas do país.

ABSTRACT

It is extremely important to know the physical and chemical properties of aggregate mineralogical composition so that the construction where they will be used is not compromised. In this sense, knowing the petrography and mineralogy is as necessary as knowing the geology of the rock deposit to be developed as a source of crushed stone.

The main purpose of this work was to generate information on the geology, market and petrography of the rock source of crushed stone in the main producing areas of Brazil. This type of information is not commonly available, especially due to this sector's characteristics, where investments in geological research are usually scarce and rarely required.

The five main states that are crushed stone producers and that therefore contain the centers of production on which this present work focused as case study are: São Paulo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Paraná and Rio Grande do Sul. Each production center presents different types of crushed stone, mainly because of the geological diversity and abundance of the source rock in these places.

In the region of the capital of São Paulo the main source rocks are granite and gneiss extracted from the embasement; in Belo Horizonte they are carbonates from the Bambuí group; in Rio de Janeiro, the alkali sienites, localized in diverse intrusive alkaline rocks and gneiss; in the region of Curitiba they are carbonates (Perau and Votuverava Formations) and migmatites extracted from migmatite complex; finally, in the region of Porto Alegre (RMPA), they are basalts and dacites from the Serra Geral Formation.

The rock mines in urban regions, related to the state capitals and which were active in the period from 2004 to 2006, are shown on the geological maps generated for the present work. One map has been made for each urban region. The most important mines are shown according to the geology of the source-rock and the

productivity. Samples and mapping or description of the benches from the over feet were also made in order to further proceed in petrographic analysis.

The 180 samples collected in each urban region suffered macroscopic petrographic analysis after which they were selected and analysed microscopically, according to the ABNT norms and to the recommendation of the Laboratory of Petrology and Rock Technology of IPT. The main observed characteristics were: mineral composition, texture, structure, presence of deleterious minerals, degree in methoeic alteration and microfissural mapping. These intrinsic characteristics of the source rock influence directly the form and composition of the crushed stones and might cause difficulty or even compromise its use due to alkali-aggregate reaction or because of mechanical resistance lower than that required in the mixture.

The lack of acknowledgement of these characteristics will often cause the poor use of material, especially of the stone quarry fines, which will end up as reject piled up around mines, causing environmental problems. Therefore, the present work has generated relevant information that can be used to optimize and better use raw material and source rock of crushed stone. It might also contribute indirectly to diminish the environmental problems which are evident in the main urban regions of the country.

RÉSUMÉ

La connaissance des propriétés physico-chimiques, quant à la composition minéralogique, des granulats, est extrêmement importante au non-compromettement des travaux où ils seront employés, d'où la connaissance de la pétrographie et de la minéralogie accouplée à la géologie des roches sources du gravier sont nécessaires.

Le but principal de cet ouvrage a été de générer des informations sur la géologie, le marché producteur du gravier, et la pétrographie des rochers sources de pierre concassée dans les principales régions productrices du Brésil, puisque les informations disponibles dans ce secteur de l'exploitation des mines sont insuffisantes, principalement dû aux caractéristiques propres du secteur, où les investissements à la recherche géologique sont généralement rares ou peu exigés.

Les cinq principaux pôles brésiliens producteurs de pierre concassée, et qui incluent les plus grandes régions des grandes villes producteurs du Brésil : São Paulo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Paraná et Rio Grande do Sul . Ces lieux possèdent des différentes roches sources de gravier, dont les différences sont liées à la diversité géologique, et abondances des centres eux-mêmes. De cette façon, à São Paulo les principales roches sources utilisées sont des granites et gneisses provenant du sous-sol cristallin ; à Belo Horizonte ce sont des calcaires provenant du Groupe Bambuí ; à Rio de Janeiro ce sont des siénites alcalines localisées en divers corps alcalins intrusifs, et des gneisses ; à Curitiba ce sont des calcaires (Formations Perau et Votuverava) et des migmatites extraites des complexes migmatitiques ; et à Porto Alegre prédominent des basaltes et des dacites de la Formation Serra Geral.

Dans cet ouvrage, il ont été produites une carte géologique avec la localisation des mines de gravier actives entre les périodes 2004 à 2006 par région de grande ville relative à la capitale de l'état. Dans chacune, nous avons sélectionné les mines des graviers plus représentatifs selon la géologie (Roche Source), et la productivité. À partir des cartes géologiques et de la localisation des mines. Des échantillonnages et de

la cartographie avant-labour de chaque cas pour la réalisation des analyses pétrographiques ont aussi été faits.

Les 180 échantillons des roches collectées dans les différentes régions des grandes villes ont été analysés pétrographiquement à la forme macroscopique, sélectionnés et analysés à la forme microscopique selon les normes ABNT et recommandations du Laboratoire de Pétrologie et Technologie des Roches de l'IPT. Les principales caractéristiques observées ont été : la composition minéralogique, les textures, les structures, les présences des minéraux délétères, le degré de la modification deutérique, et l'état microfissurel. Caractéristiques intrinsèques de la roche source qui influencent directement la forme et la composition du matériel concassé, et qui peuvent difficilement leur application ou même la compromettre, aussi bien provoquant une réaction alcali-granat dans béton que pour compromettre la résistance mécanique exigée dans la mixture.

La méconnaissance de ces caractéristiques produit fréquemment un petit taux d'utilisation des matériaux, surtout les fins de pierre concassée qui s'accumulent en piles des rejets autour des exploitations de gravier qui peuvent causer des problèmes à l'environnement. De cette façon, cet ouvrage peut être utile pour donner des informations pour une meilleure utilisation et optimisation des matières premières ou roches sources de gravier, et pour contribuer indirectement aussi dans la réduction des problèmes d'environnement.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1: Produção de pedra Britada nos estados brasileiros. Fonte: DNPM (2005a).	12
FIGURA 2.2: Representatividade estadual da produção de pedra britada em 2005. Fonte: DNPM (2006).	13
FIGURA 2.3: Evolução da produção pedra britada entre 1994 e 2005. Fonte: DNPM (1985 a 1991), (1996 a 2005a).	14
FIGURA 2.4: Comparação entre os tipos de rochas usadas como pedra britada no Brasil e nos EUA. Fonte: DNPM (2006), USGS (2006).	15
FIGURA 2.5: Comparação entre os usos de pedra britada no Brasil e no Canadá. Fonte: DNPM (2006) e Panagapko (2005).	15
FIGURA 2.6: Reservas medidas e lavráveis de pedra britada no Brasil, discriminando os cinco principais estados produtores em 2004. Fonte: DNPM (2005a).	16
FIGURA 2.7: A forma da RMSP de acordo com os municípios que a compõem.	17
FIGURA 2.8: Vendas anuais de pedra britada na RMSP entre 1994 e 2006; valores expressos em 1.000 toneladas. Fonte: SINDIPEDRAS (2007).	18
FIGURA 2.9: Reservas medidas e lavráveis de pedra britada do Estado de São Paulo e da RMSP. Fonte: DNPM (2005a).	18
FIGURA 2.10: A forma da RMEBH de acordo com os municípios que compõem a RMBH e os municípios adicionados.	19
FIGURA 2.11: Reservas medidas e lavráveis de pedra britada de Minas Gerais e da RMEBH.	20
FIGURA 2.12: A forma da RMERJ de acordo com os municípios que compõem a RMRJ e os municípios adicionados.	21
FIGURA 2.13: Reservas medidas e lavráveis de pedra britada do Estado do Rio de Janeiro e da RMERJ. Fonte: DNPM (2005a).	22
FIGURA 2.14: A forma da RMPA de acordo com os municípios que a compõem.	22
FIGURA 2.15: Reservas medidas e lavráveis de pedra britada do Paraná e da RMC. Fonte DNPM (2005a).	23
FIGURA 2.16: A atual RMPA de acordo com os municípios que a compõem, com destaque para os municípios que foram incorporados desde sua criação.	24
FIGURA 2.17: Reservas medidas e lavráveis de pedra britada do Rio Grande do Sul e RMPA. Fonte: DNPM (2005a).	25

FIGURA 2.18: Ilustração dos tipos de formas de fragmentos de acordo com a espessura, largura e comprimento. Fonte: NBR 6954 (ABNT, 1989).....	29
FIGURA 3.1: Fluxograma de todo o processo de confecção das cartas geológicas e de localização de pedreiras das Regiões Metropolitanas..	39
FIGURA 3.2: Esquema na disposição das amostras nas amostragens em frentes de lavra	40
FIGURA 4.1: Comparação entre a representatividade de produção de pedra britada, e principais litotipos explorados.	46
FIGURA 4.2: Mapa geológico da Região Metropolitana de Porto Alegre.	49
FIGURA 4.3: Mapa geológico da Região Metropolitana de Curitiba.	52
FIGURA 4.4: Mapa geológico da Região Metropolitana Expandida de Belo Horizonte.	54
FIGURA 4.5: Mapa geológico da Região Metropolitana Expandida do Rio de Janeiro.	56
FIGURA 4.6: Mapa geológico da Região Metropolitana de São Paulo.	59
FIGURA 4.7: Modelo da ficha de descrição macroscópica utilizada (Anexo I). ..	62
FIGURA 4.8: Modelo da ficha de descrição microscópica utilizada (Anexo II). ..	62
FIGURA 4.9: Localização e acesso a Eldorado Mineração Ltda.	63
FIGURA 4.10: Localização dos perfis de amostragem na Eldorado Mineração Ltda	64
FIGURA 4.11: Localização e acesso a Incopel – Indústria de Comercio de Pedras Britadas Ltda.	74
FIGURA 4.12: Localização dos perfis de amostragem na Incopel – Indústria de Comercio de Pedras Britadas Ltda.	75
FIGURA 4.13: Localização e acesso a Inecol – Indústria e Comércio de Pedras Britadas Ltda.	89
FIGURA 4.14: Localização dos perfis de amostragem na Inecol – Indústria e Comércio de Pedras Britadas.	89
FIGURA 4.15: Localização e acesso a Mina Saíva pertencente a Cimento Rio Branco S.A.	99
FIGURA 4.16: Localização dos perfis de amostragem na mina Saíva, Cimento Rio Branco S.A.	100
FIGURA 4.17: Localização e acesso a Mata Grande Mineração Ltda.	108
FIGURA 4.18: Localização dos perfis de amostragem na Mata Grande Mineração Ltda	109
FIGURA 4.19: Localização e acesso a Britadora Betim Ltda.	118

FIGURA 4.20: Localização dos perfis de amostragem na Britadora Betim Ltda.	119
FIGURA 4.21: Localização e acesso a Ibrata Mineração Ltda.	127
FIGURA 4.22: Localização dos perfis de amostragem na Ibrata Mineração Ltda.	128
FIGURA 4.23: Localização e acesso a Pedreira Vigné Ltda.	138
FIGURA 4.24: Localização dos perfis de amostragem na Pedreira Vigné Ltda.	139
FIGURA 4.25: Localização e acesso a Pedreira Santa Isabel Ltda.	148
FIGURA 4.26: Localização dos perfis de amostragem na Pedreira Santa Isabel Ltda.	149
FIGURA 4.27: Localização e acesso para a Pedreira Itapeti pertencente à Embu S.A.	159
FIGURA 4.28: Localização dos perfis de amostragem na Pedreira Itapeti, pertencente à Embu S.A.	160

LISTA DE FOTOS

FOTO 1.1: Pó de Pedra	8
FOTO 1.2.: Brita 0	8
FOTO 1.3: Brita "½"	8
FOTO 1.4: Brita 1	8
FOTO 1.5: Brita 2	8
FOTO 1.6: Brita 3	8
FOTO 1.7: Brita 5	8
FOTO 1.8: Rachão ou gabão	8
FOTO 2.1: Fotomicrografia exemplo de estado microfissural intragranular e intergranular; sericita em feldspato	34
FOTO 2.2: Fotomicrografia exemplo de estado microfissural transgranular; microveio de carbonato	34
FOTO 4.1: Fotomicrografia da amostra ES-A02 (Grupo ES-I); 12,5x, polarizadores cruzados.	72
FOTO 4.2: Fotomicrografia da amostra ES-B02 (Grupo ES-II); 40x, polarizadores cruzados.	72
FOTO 4.3: Fotomicrografia da amostra ES-C02 (Grupo ES-III); 40x, polarizadores cruzados.	73
FOTO 4.4: Fotomicrografia da amostra ES-C10 (Grupo ES-IV); 12,5x, polarizadores cruzados.	73
FOTO 4.5: Fotomicrografia da amostra ES-C09 (Grupo ES-V); 40x, polarizadores cruzados.	73
FOTO 4.6: Fotomicrografia da amostra ES-C10 (Grupo ES-VI); 12,5x, polarizadores cruzados.	73
FOTO 4.7: Fotomicrografia da amostra EV-A03 (grupo EV-I); 40x, polarizadores descruzados.	85
FOTO 4.8: Fotomicrografia da amostra EV-C02 (grupo EV-IV); 40x, polarizadores descruzados.	85
FOTO 4.9: Fotomicrografia da amostra EV-B02 (grupo EV-II); 40x, polarizadores descruzados.	85
FOTO 4.10: Fotomicrografia da amostra EV-B03 (grupo EV-III); 40x, polarizadores descruzados.	85
FOTO 4.11: Fotomicrografia da amostra EV-E01 (grupo EV-VI); 40x, polarizadores descruzados.	86
FOTO 4.12: Fotomicrografia da amostra EV-E03 (grupo ES-VII); 40x,	

polarizadores descruzados	86
FOTO 4.13: Fotomicrografia da amostra EV-C03 (grupo ES-V); 40x, polarizadores descruzados	86
FOTO 4.14: Fotomicrografia da amostra EV-F02 (grupo ES-VIII); 40x, polarizadores descruzados.	86
FOTO 4.15: Fotomicrografia da amostra CL-A01 (grupo CL-I); 40x, polarizadores descruzados.	96
FOTO 4.16: Fotomicrografia da amostra CL-B03 (grupo CL-IV); 40x, polarizadores cruzados.	96
FOTO 4.17: Fotomicrografia da amostra CL-B07 (grupo CL-III); 40x, polarizadores descruzados.	96
FOTO 4.18: Fotomicrografia da amostra CL-B02 (grupo CL-III); 40x, polarizadores descruzados.	97
FOTO 4.19: Fotomicrografia da amostra CL-A04 (grupo CL-V); 40x, polarizadores descruzados.	97
FOTO 4.20: Fotomicrografia da amostra CL-A07 (grupo CL-II); 40x, polarizadores cruzados.	97
FOTO 4.21: Fotomicrografia da amostra CL-A06 (grupo CL-IV); 40x, polarizadores cruzados.	97
FOTO 4.22: Fotomicrografia da amostra RBS-A02 (grupo RBS-I); 40x, polarizadores descruzados.	106
FOTO 4.23: Fotomicrografia da amostra RBS-A05 (grupo RBS-II); 40x, polarizadores descruzados.	106
FOTO 4.24: Fotomicrografia da amostra RBS-A07 (grupo RBS-III); 40x, polarizadores descruzados.	106
FOTO 4.25: Fotomicrografia da amostra RBS-B03 (grupo RBS-V); 40x, polarizadores descruzados.	106
FOTO 4.26: Fotomicrografia da amostra RBS-B07a (grupo RBS-IV); 40x, polarizadores descruzados.	106
FOTO 4.27: Fotomicrografia da amostra SL-B09/10 (grupo SL-VI); 12,5x, polarizadores descruzados.	116
FOTO 4.28: Fotomicrografia da amostra SL-B09 (grupo SL-II); 12,5x, polarizadores descruzados.	116
FOTO 4.29: Fotomicrografia da amostra SL-B05 (grupo SL-V); 12,5x, polarizadores descruzados.	116
FOTO 4.30: Fotomicrografia da amostra SL-A04 (grupo SL-I); 40x,	

polarizadores descruzados.	117
FOTO 4.31: Fotomicrografia da amostra SL-A07 (grupo SL-III); 12,5x, polarizadores descruzados.	117
FOTO 4.32: Fotomicrografia da amostra SL-B01 (grupo SL-IV); 40x, polarizadores descruzados.	117
FOTO 4.33: microfotografia da amostra BT-A01 (grupo BT-I); 40x, polarizadores descruzados.	125
FOTO 4.34: microfotografia da amostra BT-A06 (grupo BT-III); 12,5x, polarizadores descruzados.	125
FOTO 4.35: microfotografia da amostra BT-A02/03 (grupo BT-II); 12,5x, polarizadores descruzados.	125
FOTO 4.36: microfotografia da amostra BT-A03 (grupo BT-IV); 40x, polarizadores descruzados.	125
FOTO 4.37: microfotografia da amostra BT-B07 (grupo BT-III); 40x, polarizadores descruzados.	125
FOTO 4.38: microfotografia da amostra IT-A02 (grupo IT-II); 12,5x, polarizadores descruzados.	135
FOTO 4.39: microfotografia da amostra IT-A01 (grupo IT-I); 12,5x, polarizadores descruzados.	135
FOTO 4.40: microfotografia da amostra IT-A10b (grupo IT-VI); 12,5x, polarizadores descruzados.	135
FOTO 4.41: microfotografia da amostra IT-A03 (grupo IT-V); 40x, polarizadores descruzados.	135
FOTO 4.42: microfotografia da amostra IT-A04 (grupo IT-IV); 12,5x, polarizadores cruzados.	136
FOTO 4.43: microfotografia da amostra IT-A06 (grupo IT-III); 12,5x, polarizadores cruzados.	136
FOTO 4.44: microfotografia da amostra IT-B01 (grupo IT-VII); 12,5x, polarizadores descruzados.	136
FOTO 4.45: microfotografia da amostra IT-B02 (grupo IT-VIII); 12,5x, polarizadores descruzados.	136
FOTO 4.46: microfotografia da amostra NI-A02 (grupo NI-I); 40x, polarizadores cruzados.	146
FOTO 4.47: microfotografia da amostra NI-A03 (grupo NI-II); 100x, polarizadores cruzados.	146
FOTO 4.48: microfotografia da amostra NI-A06 (grupo NI-III); 12,5x,	

polarizadores cruzados.	146
FOTO 4.49: microfotografia da amostra NI-B02a (grupo NI-VI); 12,5x, polarizadores cruzados.	146
FOTO 4.50: microfotografia da amostra NI-A08 (grupo NI-IV); 40x, polarizadores cruzados.	146
FOTO 4.51: microfotografia da amostra NI-B03 (grupo NI-V); 12,5x, polarizadores cruzados.	146
FOTO 4.52: microfotografia da amostra SI-C04b (grupo SI-III); 12,5x, polarizadores cruzados.	157
FOTO 4.53: microfotografia da amostra SI-C10 (grupo SI-V); 12,5x, polarizadores cruzados.	157
FOTO 4.54: microfotografia da amostra SI-C04a (grupo SI-IV); 12,5x, polarizadores cruzados.	157
FOTO 4.55: microfotografia da amostra SI-C09 (grupo SI-II); 12,5x, polarizadores cruzados.	157
FOTO 4.56: microfotografia da amostra MC-B02 (grupo MC-I); 40x, polarizadores cruzados.	167
FOTO 4.57: microfotografia da amostra MC-A06 (grupo MC-II); 40x, polarizadores cruzados.	167
FOTO 4.58: microfotografia da amostra MC-B05/06a (grupo MC-IV); 40x, polarizadores cruzados.	167
FOTO 4.59: microfotografia da amostra MC-B05/06b (grupo MC-V); 40x, polarizadores cruzados.	167

LISTA DE TABELAS

TABELA 1.1: Terminologia de acordo com a natureza dos agregados para construção civil, de acordo com a ABNT	6
TABELA 1.2: Terminologia de acordo com as dimensões dos agregados para construção civil, de acordo com a ABNT	7
TABELA 2.1: Posição do Brasil em relação à produção de agregados e pedra britada entre os principais países	11
TABELA 2.1: Posição dos agregados para construção civil em relação à produção mineral nacional	11
TABELA 2.3: Grau de alteração nas rochas e suas características distintas segundo a ABNT	44
TABELA 3.1: Abreviações minerais	47
TABELA 4.1: Municípios das Regiões Metropolitanas e o número de pedreiras.	
TABELA 4.2: Empresas visitadas e valores de produção e produtos comercializados	61
TABELA 4.3: Relação dos agrupamentos das amostras por suas características semelhantes na Eldorado Mineração	68
TABELA 4.4: Relação dos agrupamentos das amostras por suas características semelhantes, na Incopel.	81
TABELA 4.5: Relação dos agrupamentos das amostras por suas características semelhantes, na Incol.	96
TABELA 4.6: Relação dos agrupamentos das amostras por suas características semelhantes, na Cimento Rio Branco.	102
TABELA 4.7: Relação dos agrupamentos das amostras por suas características semelhantes, na Mata Grande Mineração.	112
TABELA 4.8: Relação dos agrupamentos das amostras por suas características semelhantes, na RMBH.	120
TABELA 4.9: Relação dos agrupamentos das amostras por suas características semelhantes, na RMRJ.	135
TABELA 4.10: Relação dos agrupamentos das amostras por suas características semelhantes, na RMERJ.	142
TABELA 4.11: Relação dos agrupamentos das amostras por suas características semelhantes, na Pedreira Santa Isabel.	153
TABELA 4.12: Relação dos agrupamentos das amostras por suas características semelhantes, na Pedreira Itapeti.	163
TABELA 5.1: O número de pedreiras e os principais litotipos e formações em	

que se encontram.	170
TABELA 5.2: Resumo das principais características das litologias de acordo com as análises petrográficas, na RMPA.	172
TABELA 5.3: Resumo das principais características das litologias de acordo com as análises petrográficas, na RMC.	174
TABELA 5.4: Resumo das principais características das litologias de acordo com as análises petrográficas, na RMEBH.	176
TABELA 5.6: Resumo das principais características das litologias de acordo com as análises petrográficas, na RMERJ.	178
TABELA 5.7: Resumo das principais características das litologias de acordo com as análises petrográficas, na RMSP.	180

LISTA DE PERFIS

Perfil RMPA 01A: Eldorado Mineração Ltda., Eldorado do Sul - RS	65
Perfil RMPA 01B: Eldorado Mineração Ltda., Eldorado do Sul - RS	65
Perfil RMPA 01C: Eldorado Mineração Ltda., Eldorado do Sul - RS	66
Perfil RMPA 01C (continuação): Eldorado Mineração Ltda., Eldorado do Sul - RS	67
Perfil RMPA 02A: INCOPEL Indústria e Comércio de Pedras Ltda, Estância Velha – RS	76
Perfil RMPA 02B: INCOPEL Indústria e Comércio de Pedras Ltda, Estância Velha – RS	77
Perfil RMPA 02C: INCOPEL Indústria e Comércio de Pedras Ltda, Estância Velha – RS	78
Perfil RMPA 02D: INCOPEL Indústria e Comércio de Pedras Ltda, Estância Velha – RS	78
Perfil RMPA 02E: INCOPEL Indústria e Comércio de Pedras Ltda, Estância Velha – RS	79
Perfil RMPA 02F: INCOPEL Indústria e Comércio de Pedras Ltda, Estância Velha – RS	80
Perfil RMC 01A: Inecol – Indústria e Comercio de Pedras Britadas Ltda, Campo Largo, PR	90
Perfil RMC 01B: Inecol – Indústria e Comercio de Pedras Britadas Ltda, Campo Largo, PR	91
Perfil RMC 01B (continuação): Inecol – Indústria e Comercio de Pedras Britadas Ltda, Campo Largo, PR	92
Perfil RMC 02A/B: Inecol – Indústria e Comercio de Pedras Britadas Ltda, Campo Largo, PR	101
Perfil RMEBH 01A: Mata Grande mineração Ltda., Sete Lagoas – MG	110
Perfil RMEBH 01B: Mata Grande mineração Ltda., Sete Lagoas – MG	111
Perfil RMEBH 02A: Britadora Betim Ltda., Betim – MG	121
Perfil RMEBH 02B: Britadora Betim Ltda., Betim – MG	122
Perfil RMERJ 01A: Ibrata Mineração Ltda., Itaboraí – RJ	129
Perfil RMERJ 01A (continuação): Ibrata Mineração Ltda., Itaboraí – RJ	130
Perfil RMERJ 01B: Ibrata Mineração Ltda., Itaboraí – RJ	131
Perfil RMERJ 02A: Pedreira Vigné Ltda, Nova Iguaçu – RJ	140
Perfil RMERJ 02B: Pedreira Vigné Ltda, Nova Iguaçu – RJ	141
Perfil RMSP 01A: Pedreira Santa Isabel Ltda., Santa Isabel – SP	151

Perfil RMSP 01B: Pedreira Santa Isabel Ltda., Santa Isabel – SP	151
Perfil RMSP 01C: Pedreira Santa Isabel Ltda., Santa Isabel – SP	152
Perfil RMSP 01C (<i>continuação</i>): Pedreira Santa Isabel Ltda., Santa Isabel – SP	153
Perfil RMSP 02A: Pedreira Itapeti – Embu S.A., Moji das Cruzes – SP	161
Perfil RMSP 02B: Pedreira Itapeti – Embu S.A., Moji das Cruzes – SP	162

LISTAS DE PRANCHAS

PRANCHA 4.1:	69
PRANCHA 4.2:	70
PRANCHA 4.3:	71
PRANCHA 4.4:	82
PRANCHA 4.5:	83
PRANCHA 4.6:	84
PRANCHA 4.7:	94
PRANCHA 4.8:	95
PRANCHA 4.9:	103
PRANCHA 4.10:	104
PRANCHA 4.11:	105
PRANCHA 4.12:	113
PRANCHA 4.13:	114
PRANCHA 4.14:	115
PRANCHA 4.15:	123
PRANCHA 4.16:	124
PRANCHA 4.17:	133
PRANCHA 4.18:	134
PRANCHA 4.19:	143
PRANCHA 4.20:	144
PRANCHA 4.21:	145
PRANCHA 4.22:	154
PRANCHA 4.23:	155
PRANCHA 4.24:	156
PRANCHA 4.25:	164
PRANCHA 4.26:	165
PRANCHA 4.27:	166

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 4.1: Difratoograma de raios x da amostra EV-B02; curva (1) amostra não glicolada, curva (2) amostra glicolada..... 87

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

RM – Região Metropolitana

RME – Região Metropolitana Expandida

RMPA - – Região Metropolitana de porto Alegre

RMC – Região Metropolitana de Curitiba

RMBH – Região Metropolitana de Belo Horizonte

RMEBH – Região Metropolitana Expandida de Belo Horizonte

RMRJ – Região Metropolitana do Rio de Janeiro

RMERJ – Região Metropolitana Expandida do Rio de Janeiro

RMSP– Região Metropolitana de São Paulo

UP – Unidades de produção de pedra britada

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS

RESUMO

ABSTRACT

RÉSUMÉ

Capítulo I - Introdução, Objetivos, Justificativas, Definições	1
1.1. INTRODUÇÃO	2
1.2. OBJETIVOS	3
1.3. JUSTIFICATIVAS	4
1.4. DEFINIÇÕES	5
Capítulo II – Revisão Bibliográfica: Cenário Econômico e a Petrografia de Pedra Britada	9
2.1. O CENÁRIO ECONÔMICO DO SETOR DE AGREGADOS	10
2.1.1. Panorama Nacional e Internacional	10
2.1.2. Panorama das Regiões Metropolitanas	16
2.1.2.1. REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO (RMSP)	17
2.1.2.2. REGIÃO METROPOLITANA EXPANDIDA DE BELO HORIZONTE (RMEBH)	18
2.1.2.3. REGIÃO METROPOLITANA EXPANDIDA DO RIO DE JANEIRO (RMERJ)	21
2.1.2.4. REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA (RMC)	22
2.1.2.5. REGIÃO METROPOLITANA DE PORTO ALEGRE (RMPA)	24
2.2. A PETROGRAFIA DA PEDRA BRITADA	25
2.2.1. Os Minerais Deletérios e as suas implicações	26
2.2.2. A Forma e Arranjo dos Minerais	28
2.2.3. Trabalhos Anteriores e Aplicações da Petrografia de Pedra Britada	30
2.2.4. Normas Técnicas	32
Capítulo III – Materiais e Métodos	35
3.1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	36
3.2. SELECÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDOS	37
3.3. CONFECÇÃO DOS MAPAS GEOLÓGICOS COM A	

LOCALIZAÇÃO DAS PEDREIRAS	37
3.4. AMOSTRAGEM	40
3.5. ESTUDOS PETROGRÁFICOS	41
3.5.1. Confeção das Seções Delgadas Microscópicas	42
Capítulo IV – Resultados Obtidos	45
4.1. CONTEXTO GEOLÓGICO DAS PEDREIRAS	47
4.1.1. Região Metropolitana de Porto Alegre	48
4.1.2. Região Metropolitana de Curitiba	50
4.1.3. Região Metropolitana Expandida de Belo Horizonte	53
4.1.4. Região Metropolitana Expandida do Rio de Janeiro	55
4.1.5. Região Metropolitana de São Paulo	57
4.2. AMOSTRAGEM E PETROGRAFIA DOS CENTROS PRODUTORES	60
4.2.1. Eldorado Mineração LTDA	62
4.2.1.1. LOCALIZAÇÃO E ACESSOS	62
4.2.1.2. AMOSTRAGEM	63
4.2.1.3. PERFIS DE FRENTE DE LAVRA E PETROGRAFIA	64
4.2.2. Incopel – Indústria e Comercio de Pedras Britadas LTDA	73
4.2.2.1. LOCALIZAÇÃO E ACESSOS	73
4.2.2.2. AMOSTRAGEM	74
4.2.2.3. PERFIS DE FRENTE DE LAVRA E PETROGRAFIA	75
4.2.3. Inecol – Indústria e Comercio de Pedras Britadas LTDA	87
4.2.3.1. LOCALIZAÇÃO E ACESSOS	87
4.2.3.2. AMOSTRAGEM	88
4.2.3.3. PERFIS DE FRENTE DE LAVRA E PETROGRAFIA	89
4.2.4. Cimento Rio Branco S.A. – Mina Saiva	98
4.2.4.1. LOCALIZAÇÃO E ACESSOS	98
4.2.4.2. AMOSTRAGEM	99
4.2.4.3. PERFIS DE FRENTE DE LAVRA E PETROGRAFIA	100
4.2.5. Mata grande Mineração LTDA	107
4.2.5.1. LOCALIZAÇÃO E ACESSOS	107
4.2.5.2. AMOSTRAGEM	108
4.2.5.3. PERFIS DE FRENTE DE LAVRA E PETROGRAFIA	109
4.2.6. Britadora Betim LTDA	117
4.2.6.1. LOCALIZAÇÃO E ACESSOS	118

4.2.6.2. AMOSTRAGEM	119
4.2.6.3. PERFIS DE FRENTE DE LAVRA E PETROGRAFIA	120
4.2.7. Ibrata Mineração LTDA	126
4.2.7.1. LOCALIZAÇÃO E ACESSOS	126
4.2.7.2. AMOSTRAGEM	127
4.2.7.3. PERFIS DE FRENTE DE LAVRA E PETROGRAFIA	128
4.2.8. Pedreira Vigné LTDA	137
4.2.8.1. LOCALIZAÇÃO E ACESSOS	137
4.2.8.2. AMOSTRAGEM	138
4.2.8.3. PERFIS DE FRENTE DE LAVRA E PETROGRAFIA	139
4.2.9. Pedreira Santa Isabel LTDA	148
4.2.9.1. LOCALIZAÇÃO E ACESSOS	148
4.2.9.2. AMOSTRAGEM	149
4.2.9.3. PERFIS DE FRENTE DE LAVRA E PETROGRAFIA	150
4.2.10. Embu S.A. – Pedreira Itapeti	158
4.2.10.1. LOCALIZAÇÃO E ACESSOS	158
4.2.10.2. AMOSTRAGEM	159
4.2.10.3. PERFIS DE FRENTE DE LAVRA E PETROGRAFIA	160
Capítulo V – Consolidação de Informações	169
5.1. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	170
5.1.1. Região Metropolitana de Porto Alegre	171
5.1.2. Região Metropolitana de Curitiba	173
5.1.3. Região Metropolitana Expandida de Belo Horizonte	175
5.1.4. Região Metropolitana Expandida do Rio de Janeiro	177
5.1.5. Região Metropolitana de São Paulo	179
5.2. CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES	181
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	185
Anexo I – Fichas de Descrição Macroscópicas	195
Região Metropolitana de Porto Alegre	196
Região Metropolitana de Curitiba	234
Região Metropolitana Expandida de Belo Horizonte	272
Região Metropolitana Expandida do Rio de Janeiro	305
Região Metropolitana de São Paulo	342

Anexo II – Fichas de Descrição Microscópicas	382
Região Metropolitana de Porto Alegre	383
Região Metropolitana de Curitiba	398
Região Metropolitana Expandida de Belo Horizonte	411
Região Metropolitana Expandida do Rio de Janeiro	423
Região Metropolitana de São Paulo	438