

CARACTERIZAÇÃO MECANÍSTICA DE AGREGADOS RECICLADOS DE
RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO DOS MUNICÍPIOS DO RIO DE
JANEIRO E DE BELO HORIZONTE PARA USO EM PAVIMENTAÇÃO

Cinconegui da Graça Fernandes

TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DA COORDENAÇÃO DOS
PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS EM
ENGENHARIA CIVIL.

Aprovada por:

Prof^a. Laura Maria Goretti da Motta, D.Sc.

Prof. Jacques de Medina, L.D.

Dr^a. Prepredigna Delmiro Elga Almeida da Silva, D.Sc.

Prof. Alexandre Benetti Parreira, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL

DEZEMBRO DE 2004

FERNANDES, CINCONEGUI DA GRAÇA

Caracterização Mecânica de Agregados Reciclados de Resíduos de Construção e Demolição Para Uso em Pavimentação dos Municípios do Rio de Janeiro e de Belo Horizonte [Rio de Janeiro] 2004.

IX. 109 p. 29,7 cm (COPPE/UFRJ, M.Sc., Engenharia Civil, 2004)

Tese - Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE.

1. Agregados Reciclados,
2. Caracterização Mecânica,
3. Pavimentação.

I. COPPE/UFRJ II. Título (série).

*À sociedade humana, dedico esta tese,
exploradora, por natureza, e tutora, por intelecto, da vida na Terra.*

AGRADECIMENTOS

A Deus e a meu Mestre Jesus Cristo por tudo, inclusive pelos conhecimentos filosóficos e acadêmicos que aos poucos me libertam dos grilhões de minha natureza ignorante.

Aos meus amados pais, João e Gilza Fernandes, pela orientação, apoio e ao amor que sempre me dispensaram, essenciais às conquistas dos meus mais dignos sonhos.

Aos meus irmãos Sidinei e Márcio e ao meu primo Felipe, pelo carinho e pela confiança em minhas idéias e atitudes.

À magnífica Prof^a Laura Maria Goretti da Motta, minha querida Orientadora, dotada de brilhantismo e humildade singulares, e apenas comuns àqueles indivíduos especiais, que marcam positivamente a evolução da humanidade com a dignidade de suas vidas.

Ao Corpo Docente da COPPE, em especial aqueles que compõem o Programa de Engenharia Civil na área de Geotecnia, bem como à Prof^a Helena Polivanov, pela paciência e pela solicitude nos esclarecimentos das minhas mais diversas indagações.

Aos técnicos e ao pessoal de apoio do Laboratório de Geotecnia Prof. Jacques de Medina e do laboratório de informática do PEC, destacando meus amigos Marcos (Bororó), Rodrigo, Ralph, Álvaro Dellê, Ana, Carlinhos e Ricardo Gil por todo o apoio dado ao desenvolvimento dos meus ensaios laboratoriais e também as secretárias Márcia e Joseane pela atenção a mim empenhada.

Aos Professores Meyer e Henrique Longo pela confiança e pelo apoio ao ingresso no curso de mestrado em Geotecnia.

Ao Corpo Discente da área de Geotecnia, destacadamente aos amigos Sidiclei Magalhães, Francisco Duque, Eduardo Macedo, Fernando Afonso, Tatiana, Cíntia, Raphael Thuler, André Luiz da Silva, Rodrigo Müller, Marcos Fritz, Adriana Martins, Alexandre Pacheco, Anderson, Candida Pedroza, Carolina Costa, Daniel Cordeiro, Diego Turri, Filipe Franco, Helton Ribeiro, José Luiz Gerlach, Marcos Balaguer, Maria do Socorro Mateus, Maurício Barros, Nicolle de Freitas, Osmar Garcia, Petrônio

Montezum, Renata Rocha, Roberto de Carvalho, Saulo Loureiro, Verônica Cavalcante e Viviane Guedes que contribuíram através das mais diferentes formas para a realização deste trabalho e, além disso, deram-me o prazer e a honra de compartilharem comigo a grande aventura da busca do conhecimento.

À Secretaria da COPPE, destacadamente ao Jairo Leite, à Elizabeth Cornélio e à Rita de Cássia da Motta.

À Prof^a Consuelo Alves da Costa por ter me presenteado com a tese de mestrado do Eng^o de Produção Marcelo Abelaira Vizzoto, uma das referências deste trabalho.

À Usina de Reciclagem do Catumbi, destacando mais uma vez o Eng^o Fernando Afonso, que me forneceu os agregados reciclados para a sua caracterização, inclusive se incumbindo pessoalmente da entrega destes no Laboratório Jacques de Medina.

À Prefeitura de Belo Horizonte e em especial à Dr^a Nilda Xavier Pires, ao Eng^o Agenor, à Eng^a Miriam Jesus Coelho e a toda equipe de trabalho da Usina de Reciclagem do Estoril, que com extrema cordialidade e diligência me apresentou esta usina e obras executadas e em execução por esta Prefeitura com o emprego dos agregados reciclados. Além disso, forneceram sem restrições para os ensaios de caracterização mecânica todos os agregados que eu necessitasse e pudesse transportar.

À Eletrobrás através do Eng^o Angelo Carillo, Chefe da Divisão de Engenharia de Geração, que possibilitou a continuidade desta tese após o meu ingresso nesta empresa, bem como, aos meus amigos Luiz Estima, Leonardo Gardino, Marcelo Jaques, Rodrigo Martins, Simone Garcia, José A. Rosso, Márcio Pimenta, Heitor de Oliveira, José Jair Bianchesi, Alan Nudel, Marcos Pozzato e Jailson Alves pelos comentários, sugestões e incentivos a realização deste trabalho, como também pelo fornecimento e indicação de parte do material bibliográfico aqui empregado.

A CAPES pelo apoio financeiro fornecido durante este curso de mestrado, garantindo-me condições psicológicas favoráveis a um bom desenvolvimento do mesmo.

A todo aquele que de forma anônima contribui para a conclusão desta pesquisa.

Resumo da Tese apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.)

CARACTERIZAÇÃO MECANÍSTICA DE AGREGADOS RECICLADOS DE
RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO DOS MUNICÍPIOS DO RIO DE
JANEIRO E DE BELO HORIZONTE PARA USO EM PAVIMENTAÇÃO

Cinconegui da Graça Fernandes

Dezembro/2004

Orientadora: Laura Maria Goretti da Motta

Programa: Engenharia Civil

Neste trabalho são caracterizados mecanisticamente os agregados reciclados de resíduos de construção e demolição (RCD) dos Municípios do Rio de Janeiro e Belo Horizonte, visando sua aplicação em bases, sub-base e reforços de subleito de pavimentos rodoviários urbanos e rurais. Foram também realizados ensaios comuns à caracterização de agregados convencionais, bem como aqueles de enfoque ambiental. Verificou-se através de cálculo numérico a adequação do uso destes materiais em estruturas de pavimento a partir de um projeto rodoviário real, substituindo os agregados convencionais por estes originados na britagem dos RCD. Por fim, os resultados apresentados nesta tese corroboram para a comprovação das viabilidades técnica, econômica, social e ecológica do emprego destes materiais em pavimentação.

Abstract of Thesis presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.)

MECHANISTIC CHARACTERIZATION OF THE RECYCLED AGGREGATE
FROM CONSTRUCTION AND DEMOLITION'S WASTES PROCEEDING FROM
RIO DE JANEIRO COUNTY AND FROM BELO HORIZONTE COUNTY FOR
APPLICATION IN PAVEMENT

Cinconeui da Graça Fernandes

December/2004

Advisor: Laura Maria Goretti da Motta

Department: Civil Engineering

In this work the recycled aggregates from construction and demolition's waste (CDW) proceeding from Rio de Janeiro County and from Belo Horizonte County are mechanistically characterized intending their employment in bases, in sub-base and in reinforcement layer of the urban and rural's highway pavement. Also they were accomplished by same test used to the characterization of natural aggregates beside the environmental tests. Their application was checked by numeric calculus in pavement structures from actual design through the substitution the nature aggregates for theses one. Finally, the shown results in this thesis confirm that their employment in highway pavement is technically economically socially and environmentally viable.

ÍNDICE

CAPÍTULO I.....	1
<i>INTRODUÇÃO.....</i>	<i>1</i>
CAPÍTULO II.....	7
<i>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</i>	<i>7</i>
2.1 Normalização internacional e nacional para agregados reciclados de RCD.....	8
2.2 Caracterização de agregados reciclados.....	12
2.2.1 Gravimetria do RCD (matéria-prima).....	12
2.2.2. Granulometria.....	13
2.2.3 Ensaio de Abrasão “Los Angeles”.....	18
2.2.4 Ensaio de Índice de Forma.....	21
2.2.5 Ensaios de Lixiviação e de Solubilização.....	23
2.2.6 Ensaio Triaxial Dinâmico - Módulo de Resiliência.....	24
2.2.7 Ensaio Triaxial Dinâmico – Deformação Permanente.....	31
2.3 Programa para análise de estrutura de pavimento – FEPAVE.....	33
CAPÍTULO III.....	37
<i>Materiais e Métodos.....</i>	<i>37</i>
3.1 Agregados reciclados de RCD.....	38
3.2 Análise granulométrica.....	43
3.2.1 Aparelhagem.....	43
3.2.2 Ensaio.....	44
3.3 Ensaio de compactação.....	45
3.3.1 Aparelhagem.....	45
3.3.2 Ensaio.....	47
3.4 Ensaio triaxial dinâmico – Módulo de Resiliência.....	48
3.4.1 Aparelhagem.....	49
3.4.2 Ensaio.....	50
3.5 Ensaio triaxial dinâmico – Deformação permanente.....	53
3.5.1 Aparelhagem.....	54
3.5.2 Ensaio.....	54
3.6 Ensaio de abrasão Los Angeles.....	55
3.6.1 Aparelhagem.....	55
3.6.2 Ensaio.....	56

3.7 Ensaio de índice de forma.....	57
3.7.1 Aparelhagem.....	57
3.7.2 Ensaio.....	58
3.8 Ensaio sobre a massa bruta, ensaio de lixiviação e ensaio de solubilização	59
3.8.1 Ensaio.....	61
3.8.1.1 Ensaio sobre a Massa Bruta.....	61
3.8.1.2 Ensaio de Lixiviação	61
3.8.1.3 Ensaio de Solubilização	62
CAPÍTULO 4	65
<i>ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS</i>	<i>65</i>
4.1 Análise granulométrica.....	65
4.2 Ensaio de compactação.....	69
4.3 Ensaio triaxial dinâmico – Módulo de Resiliência.....	74
4.4 Ensaio triaxial dinâmico – Deformação permanente.....	82
4.5 Ensaio de abrasão Los Angeles.....	87
4.6 Ensaio de Índice de Forma	88
4.7 Ensaio sobre a massa bruta, ensaio de lixiviação e ensaio de solubilização	89
4.7.1 Agregados reciclados tipo Misto da usina do Catumbi.....	89
4.7.2 Agregados reciclados tipo Misto da usina do Estoril.....	90
4.8 Aplicação dos resultados de Módulo de Resiliência	93
4.8.1 Via Light - Estrutura do pavimento	94
4.8.2 Via Light – Redimensionamento.....	95
CAPÍTULO 5.....	97
<i>CONCLUSÕES E SUGESTÕES DE PESQUISAS FUTURAS.....</i>	<i>97</i>
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	101
BIBLIOGRAFIA CONSULTADA.....	108
ANEXO 1 - Resultados de ensaios de caracterização – PBH/SUDECAP/Diretoria de Manutenção	
ANEXO 2 - Ensaio de granulometria – Folhas de ensaio	
ANEXO 3 - Ensaio de compactação – Folhas de ensaio	
ANEXO 4 - Módulo de Resiliência composto – Planilhas	
ANEXO 5 - Abrasão Los Angeles – Folhas de ensaio	
ANEXO 6 - Índice de Forma – Folhas de Ensaio	

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

Ao longo das últimas décadas, pesquisadores brasileiros e estrangeiros estão caracterizando e estudando formas de aproveitamento técnico-econômico-ambiental dos denominados resíduos de construção e demolição (RCD) ou simplesmente entulhos, que são gerados pelo progresso humano, pela necessidade de se dominar e transformar a natureza a seu benefício. Através de novas construções, reformas ou demolições daquelas já existentes, gera-se RCD que compõe a maior parte do lixo dos grandes centros urbanos. Em Salvador, por exemplo, são coletados cerca de 2750 t/dia de RCD, ou seja, 50% de todo o lixo dessa capital (Cassa et al, 2001).

Portanto, ao considerarmos os custos, os impactos ambientais e suas restrições legais envolvidos na destinação de grandes quantidades desse resíduo, justificam-se pesquisas que venham propiciar um destino nobre a estes RCD.

A busca pelo chamado desenvolvimento sustentável levou países como os EUA e a Espanha a desenvolverem programas governamentais que visam diagnosticar os setores geradores de resíduos, suas fontes, tipos e quantidades, de forma a subsidiar o aproveitamento dos mesmos através da reciclagem. Contudo, países com pouco material primário tais como Holanda, Bélgica e Dinamarca são os que mais reciclam entulhos, atingindo percentual superior a 90 %, ainda assim precisando importar areia da Sibéria e entulhos da Inglaterra (Coelho & Chaves, 1998 apud Ciocchi, 2003).¹

Segundo o Report N° EPA530-R-98-010 publicado em junho de 1998 pela U.S. Environmental Protection Agency Municipal and Industrial Solid Waste Division Office of Solid Waste, estima-se que nos EUA foram gerados, no ano de 1996, 136 milhões de toneladas de RCD (TABELA 1.1), sendo:

¹ Coelho, P, E.; Chaves, A., P., 1998. Reciclagem de Entulho – uma opção de negócio potencialmente lucrativa e ambientalmente simpática. In Areia e Brita, nº 5, pp. 31-35, São Paulo.

1. 43% dos resíduos de origem residencial (58 milhões t/ano) e 57% de origem não-residencial (78 milhões t/ano);
2. 48% referente a demolições de edifícios, 44% referente a reformas prediais e 8% em canteiros de obra. Nesta TABELA 1.1 não estão incluídos os resíduos relativos a rodovias, pontes e limpeza de terreno.

Neste país, apenas 20% a 30% deste resíduo gerado foi destinado à reciclagem, destacando-se materiais como concreto, asfalto, metais e madeira.

TABELA 1.1 - Resumo da geração estimada de RCD nos EUA em 1996.
(Report N° EPA530-R-98-010, 1998)

Origem	Residencial		Não-residencial		Total	
	(x10 ³ t)	(%)	(x10 ³ t)	(%)	(x10 ³ t)	(%)
Construção	6560	11	4270	6	10830	8
Reforma	31900	55	28000	36	59900	44
Demolição	19700	34	45100	58	61800	48
Total	58160	100	77370	100	135530	100
Percentual	43		57		100	

Fonte: Franklin Associates

Na Espanha, com o intuito de melhor gerir os RCD, o Conselho de Ministros aprovou a Resolução de 14 de junho de 2001 da Secretaria Geral de Meio Ambiente que define o Plano Nacional de Resíduos de Construção e Demolição 2001-2006, onde são encontrados, por exemplo, custos e financiamentos de plantas de reciclagem, diagnóstico da situação atual com estimativas das quantidades de entulho produzido nas diversas comunidades espanholas, bem como percentagem reciclada ou reutilizada e aquela vertida ou incinerada nos demais países da União Européia (TABELA 1.2). Isso permite verificar que, quando vista como uma única organização geopolítica, a Europa se apresenta em condições semelhantes aos EUA quanto ao percentual de resíduos reciclados.

Por outro lado, segundo Ciochi (2003) o Brasil, onde as técnicas de reciclagem de concreto começaram há cerca de 20 anos, recicla menos de 5% do entulho gerado a cada ano.

TABELA 1.2 - Plano Nacional de RCD (2001-2006) da Espanha - Geração e Reciclagem de RCD (Pallás,2001)

Estado Membro	Entulho (x10 ⁶) t	Porcentagem reutilizada ou reciclada	Porcentagem vertida ou incinerada
Alemanha	59	17	83
Reino Unido	30	45	55
França	24	15	85
Itália	20	9	91
Espanha	13	<5	>95
Holanda	11	90	10
Bélgica	7	87	13
Áustria	5	41	59
Portugal	3	<5	>95
Dinamarca	3	81	19
Grécia	2	<5	>95
Suécia	2	21	79
Finlândia	1	45	55
Irlanda	1	<5	>95
Luxemburgo	0	N/A	N/A
Total	180	28	72

Fonte: Construction and demolition waste management practices, and their economic impacts. CE. Symonds & Ass, Fevereiro, 1999.

Segundo John & Agopyan (2001), se o processo de produção de agregados reciclados de RCD em sua versão tecnológica mais simples está consolidado no Brasil, o mesmo não pode ser dito do emprego do agregado. Embora existam experiências no emprego de agregados mistos (solo, concreto, pedras, argamassas, cerâmica vermelha e branca) na produção de pavimentação e este procedimento esteja em uso no Brasil desde o final da década de 80, não está disponível ao público, no entanto, documentação técnica abrangente e consistente. O mesmo acontece com a produção de argamassa a partir dos agregados em canteiros de obras, que recentemente tem sido objeto de investigação acadêmica.

Ainda segundo John & Agopyan (2001), o grau de conhecimento da tecnologia de emprego dos agregados na produção de componentes, como blocos de pavimentação, meio-fios e blocos de alvenaria, era ainda mais rudimentar, embora existisse alguma experiência prática incipiente e algumas pesquisas sistemáticas em planejamento à

época do documento. A reciclagem de agregados de RCD na produção de concreto só agora está sendo objeto de pesquisas, no país.

Um aspecto que dificulta a utilização de agregados reciclados é a sua aparente heterogeneidade. No Brasil, o controle tecnológico necessário ao emprego efetivo destes materiais depende de estudos que forneçam parâmetros para a sua avaliação, visto ser este controle essencial ao emprego do agregado reciclado em pavimentação. Os estudos neste sentido estão em fase inicial.

Contudo, a Resolução do CONAMA N° 307, de 5 de julho de 2002, que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão de resíduos da construção civil, apresenta-se como um agente essencial ao aumento sensível do percentual da reciclagem desse material. Por exemplo, o parágrafo 1º, art. 4º diz: “Os resíduos da construção civil não poderão ser dispostos em aterros de resíduos domiciliares, em áreas de “bota fora”, em encostas, corpos d’água, lotes vagos e em áreas protegidas por Lei,...”. O artigo 10, inciso I dessa resolução estabelece que os resíduos Classe A, material de estudo desta tese, deverão ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados, ou encaminhados a áreas de aterro de resíduos da construção civil, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura.

Além do aspecto legal, sabe-se que a reciclagem do entulho contribui para a preservação dos recursos naturais ao reduzir a degradação ambiental causada pela extração das matérias-primas convencionais.

Existem ainda os aspectos técnicos e econômicos, que ao lado do aspecto ambiental supracitado, devem ser contemplados no estudo de aproveitamento dos RCD. O aproveitamento destes na forma de agregados para pavimentação como materiais destinados a camadas de base e sub-base apresenta as seguintes vantagens (Carneiro, Burgos e Alberte, 2001; Trichês e Kruckyj, 1999):

1. Utilização de quantidade significativa de material reciclado tanto na fração miúda quanto na graúda;
2. Simplicidade dos processos de execução do pavimento e de produção do agregado reciclado;

3. Possibilidade de utilização dos diversos materiais componentes do entulho (concretos, argamassas, materiais cerâmicos, areia, pedras, etc...);
4. Utilização de parte do material em granulometrias graúdas;
5. Utilização em locais com presença de água, por ser considerado material não plástico e com baixa ou nula expansibilidade.
6. Redução dos custos da administração pública Municipal com a remoção do material depositado clandestinamente ao longo das vias públicas, terrenos baldios, cursos d'água e encostas;
7. Aumento da vida útil dos aterros sanitários, reduzindo a necessidade de áreas para implantação de novos aterros;
8. Diminuição nos custos de pavimentação.

Assim, justifica-se o desenvolvimento de pesquisas na área de pavimentação que venha a contribuir quanto ao aproveitamento de agregados provenientes de RCD.

Por fim, destaca-se o desenvolvimento computacional que permite considerar os esforços mecânicos como aqueles transmitidos ao pavimento pelas rodas dos veículos, a ação da temperatura, as características dos materiais que compõem as camadas dos pavimentos (módulo de resiliência) e inclusive esta própria estratificação dos mesmos, ou seja, considerações concernentes a uma visão mais mecanística e menos empírica do projeto rodoviário, como acontece em outras estruturas da engenharia civil (edifícios, silos, barragens, etc...).

Assim sendo, nesta tese são apresentadas algumas contribuições, sejam elas de caráter estritamente mecanística oriundas, por exemplo, de ensaios triaxiais dinâmicos, ou de caráter ambiental, como os ensaios químicos de Lixiviação e de Solubilização de RCD. Os objetivos do presente trabalho são: caracterizar mecanicamente, de forma a aplicá-los em bases e sub-bases de pavimentos, e atendendo às restrições ambientais, agregados reciclados de RCD das cidades do Rio de Janeiro e Belo Horizonte, visando uso em pavimentação.

Em Belo Horizonte já existem vias urbanas executadas (dimensionadas empiricamente) com esse material aplicado em base e sub-bases de pavimentos, com sucesso, como

pôde comprovar o autor deste trabalho em visita a obras concluídas e em andamento, em agosto de 2003.

Para a realização deste trabalho foram feitos estudos que estão apresentados em 5 capítulos, o primeiro sendo esta introdução.

No segundo capítulo, apresenta-se a revisão bibliográfica, abordando o estágio de normalização nacional e internacional sobre o tema, bem como a contribuição de alguns centros de pesquisa em ensaios e resultados que contribuem na composição das condições de contorno dessa Tese.

No terceiro capítulo, trata-se dos procedimentos e equipamentos de ensaios adotados, mostrando em que condições os resultados deste estudo foram obtidos.

No quarto capítulo, são apresentados os resultados obtidos nos diversos ensaios e a partir destes apresenta-se ainda um pavimento dimensionado com agregados reciclados de RCD, permitindo compará-lo com um pavimento projetado anteriormente para uma obra real do município do RJ com agregados naturais (convencionais).

No quinto e último capítulo, são apresentadas as conclusões e sugestões de continuidades da pesquisa.

Tem-se ainda seis anexos:

- Anexo 1 - Resultados de ensaios de caracterização – PBH/SUDECAP/Diretoria de Manutenção;
- Anexo 2 – Ensaio de granulometria – Folhas de ensaio;
- Anexo 3 – Ensaio de compactação – Folhas de ensaio;
- Anexo 4 – Módulo de Resiliência composto – Planilhas;
- Anexo 5 – Abrasão Los Angeles – Folhas de ensaio;
- Anexo 6 – Índice de Forma – Folhas de Ensaio.

CAPÍTULO II

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A norma brasileira de pavimentação NBR-7207/82 da ABNT proveio da antiga norma “Terminologia e classificação de pavimentação” TB-7 de 1953, onde se encontra a seguinte definição:

“O pavimento é uma estrutura construída após a terraplenagem e destinada, econômica e simultaneamente, em seu conjunto, a:

1. resistir e distribuir ao subleito os esforços verticais produzidos pelo tráfego;
2. melhorar as condições de rolamento quanto à comodidade e segurança;
3. resistir aos esforços horizontais que nela atuam, tornando mais durável a superfície de rolamento”.

Ao se apresentar a definição acima, à exceção do aspecto ambiental, enfatizam-se os aspectos normativo, econômico, técnico e, principalmente, o caráter social, que devem envolver qualquer projeto de Engenharia e com os quais procura-se balizar essa pesquisa.

Por outro lado, Medina (1997) define Mecânica dos Pavimentos como “disciplina da engenharia civil que estuda os pavimentos como sistemas em camadas e sujeitos às cargas dos veículos”.

Dentro do aspecto técnico, a citação do livro “Mecânica dos Pavimentos” não é obra do acaso. O autor do presente trabalho acredita nas relações de causa e efeito em que a Física, a Matemática e demais ciências podem interpretar, fugindo do puro empirismo, que era vital nos primórdios da pavimentação, e abordando o pavimento de forma análoga a uma estrutura de edifício ou de uma barragem. Portanto, procurou-se conduzir a revisão bibliográfica e demais partes desta pesquisa a respeito dos agregados reciclados de RCD e de sua matéria-prima baseados nos aspectos conceituais da Mecânica dos Pavimentos.

2.1 Normalização internacional e nacional para agregados reciclados de RCD

Segundo Levy (2001), em termos de normalização Internacional, para agregados reciclados existem:

1. A proposta japonesa de normalização BCSJ de (1977),
2. A Norma Britânica 6543,
3. A Norma Holandesa CUR (1986),
4. O adendo à Norma dinamarquesa DIF (1989),
5. As diretrizes da RILEM TC 121 DRG apresentadas no 3º Simpósio Internacional sobre Demolição e Reutilização de Concreto e Alvenaria (1993),
6. O relatório do comitê CEN 154 AHG - Recycled Aggregates, este grupo já tem pronta a lista dos ensaios necessários para cada aplicação que permitiu detectar a necessidade de se pesquisar determinadas propriedades além de criar certos ensaios específicos.

No Brasil, editou-se, com validade a partir de 30/09/2004, a norma ABNT NBR 15116 - Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos. Esta Norma estabelece os requisitos de emprego de agregados reciclados, a partir de resíduos sólidos da construção civil, destinando-se a:

1. Obras de pavimentação viária: em camadas de reforço de subleito, sub-base e base de pavimentações ou revestimento primário de vias não pavimentadas;
2. Preparo de concreto sem função estrutural.

Nesta norma define-se:

“resíduos da construção civil – Resíduos provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto, solo, rocha, madeira, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha.”

Como exemplo ilustrativo deste material apresentam-se na Figura 2.1 algumas fotos obtidas pelo autor deste trabalho.



Figura 2.1 – Vista geral onde será construído o novo Hospital Paulino Werneck; pilhas de RCD; equipamento (escavadeira) utilizado na demolição das edificações então existentes e remoção de RCD; RCD proveniente de reforma domiciliar. (Fotos do autor).

Nesta norma também destaca-se, dentre outros aspectos, a preocupação com propriedades como a distribuição granulométrica do material, Índice de Forma, os teores máximos de contaminantes, além dos parâmetros de capacidade de suporte e expansibilidade.

Tem-se publicadas pela ABNT em 30/06/2004 e com validade a partir de 30/07/2004 as normas:

1. NBR 15113 – Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação;
2. NBR 15114 – Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – Área de reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação;

3. NBR 15115 – Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos.

Atendendo à resolução do CONAMA 307/2002, os resíduos se classificam em quatro classes, segundo a NBR 15116: A, B, C e D. Nesta tese são estudados aqueles definidos como Classe A, ou seja, resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como:

1. Resíduos de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplenagem;
2. Resíduos de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento e outros), argamassa e concreto;
3. Resíduos de processo de preparo e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios e outros) produzidos nos canteiros de obras.

Por outro lado, alguns municípios do país dispõem de especificações para o uso de agregados reciclados, como no caso de São Paulo que na Portaria 32/SIURB G/2003 estabelece a PMSP/SP ETS - 001/2002 que define os critérios que orientam a execução de camadas de reforço do subleito, sub-base ou base mista de pavimentos com Agregado Reciclado de Resíduo Sólido da Construção Civil, denominado "Agregado Reciclado", em obras de pavimentação sob a fiscalização da Prefeitura do Município de São Paulo (PMSP).

Esta norma da PMSP classifica os resíduos sólidos da construção civil que se aplicam à reciclagem, com posterior aplicação em obras de pavimentação, em:

1. Resíduos Sólidos Cerâmicos de Construção Civil – Constituídos predominantemente (acima de 70% em massa) de materiais cerâmicos, tais como peças ou fragmentos de tijolos, telhas, manilhas, blocos, revestimentos e assemelhados, confeccionados com argila e submetidos à queima;
2. Resíduos Sólidos Cimentícios de Construção Civil – Constituídos predominantemente (acima de 70% em massa) de materiais compostos por areias com aglomerantes, argamassas, concretos endurecidos, artefatos ou

fragmentos de concreto ou argamassa de cimento, tais como blocos, lajes e lajotas, vigas, colunas e assemelhados, tendo como materiais constitutivos básicos as areias, agregados pétreos, cimentos e cales;

3. Resíduos Sólidos Mistos de Construção Civil - Constituídos predominantemente (acima de 70% em massa) dos materiais descritos nos itens 1 e 2.

Nunes (2004) apresenta a terminologia Resíduos Sólidos de Construção e Demolição (RCD) e Resíduos Sólidos de Construção Civil (RCC), adotando em seu trabalho esta última, para a denominação de resíduos sólidos freqüentemente chamados de entulho de obras, caliça ou metralha. No capítulo III (“Arcabouço Legal e Normativo”), segue apresentando a definição destes resíduos segundo a Resolução nº 307 do CONAMA (idêntica àquela apresentada pela NBR 15116), bem como a adotada pela COMLURB (Companhia Municipal de Limpeza Urbana) do município do Rio de Janeiro, que se refere a “Resíduos Sólidos Inertes” oriundos de obras de construção civil, renovação e demolição de imóveis (incluídos os bens móveis inservíveis e os resíduos oriundos de poda de árvores e limpeza de jardins).

A norma NBR 10004/1987 classifica os resíduos sólidos como seco ou molhado (natureza física), como matéria orgânica ou inorgânica (composição química) e como perigoso, não inerte e inerte (risco potencial ao meio ambiente). Tem-se complementarmente as normas:

1. ABNT/NBR 10005/87 – Lixiviação de resíduos – Procedimentos;
2. ABNT/NBR 10006/87 – Solubilização de resíduos – Procedimentos;
3. ABNT/NBR 10007/87 – Amostragem de resíduos – Procedimentos;

Academicamente, pode-se citar a contribuição advinda de LIMA (1999), onde é apresentada uma proposição de diretrizes para produção e normalização de resíduo de construção reciclado e suas aplicações em argamassas e concretos, para regulamentação dos agregados provenientes da reciclagem.

Também em 2001, foram constituídos dois Grupos de Trabalho com apoio do SINDUSCON e do IBRACON, através do Comitê Técnico CT 206 Meio Ambiente, para preparação de textos básicos visando a elaboração de documentos intitulados:

“Práticas recomendadas para a utilização de agregados reciclados”, um em pavimentação e o outro em concreto.

2.2 Caracterização de agregados reciclados

Salienta-se que, embora esta pesquisa trate da caracterização mecânica de agregados reciclados para base e sub-base de pavimentos, a pouca bibliografia disponível está voltada basicamente para o aproveitamento desses materiais em concretos, mas como estes materiais são avaliados por critérios mecânicos e físicos que também são pertinentes à pavimentação, estes estudos também são descritos nesta revisão.

2.2.1 Gravimetria do RCD (matéria-prima)

O comportamento mecânico do agregado reciclado de RCD, como de qualquer outro material depende de vários fatores, desde da matéria-prima que o compõe (entulho, nesse caso) até a forma em que ele é empregado, passando pelo seu processo de fabricação. Assim parece pertinente apresentar os resultados de ensaios gravimétricos de RCD listados por Carneiro et al (2001) e Fernando Afonso (pesquisa em andamento - COPPE) (TABELA 2.1) de algumas regiões do país e do exterior, onde pode-se verificar a variabilidade dessa matéria-prima e entender a sua importância no comportamento de seus agregados ao fim dessa Tese.

Por outro lado, ainda segundo Carneiro et al (2001), as características do RCD estão condicionadas a parâmetros específicos da região geradora dos mesmos e à variação ao longo do tempo. Na construção de edifícios, enquanto nos países desenvolvidos são gerados altos percentuais de papel e plástico (provenientes de embalagens), nos países em desenvolvimentos são geradas grandes quantidades de concreto, argamassa, blocos, entre outros, devido às altas perdas do processo.

TABELA 2.1 – Composição, em porcentagem, do entulho de diversas regiões/países Carneiro et al (2001) com modificações.

Material	Origem							
	Reino Unido ¹	Hong Kong ²	São Carlos ³	São Paulo ⁴	São Paulo ⁵	Ribeirão Preto ⁶	Salvador ⁷	Rio de Janeiro ⁸
Concreto e argamassa	9	17	69	12	33	59	53	66
Solo e areia	75*	19	-	82*	32	-	22	-
Cerâmica	5	12	29	3	30	23	14	12
Rochas	-	23	1	-	-	18	5	14
Outros	11	28	1	3	5	-	6	8**

(*) Solo, areia e rocha.

1 Construction...,1996

2 Hong Kong Polytechnic, 1993, citado por Levy (1997)

3 Pinto (1989)

4 Castro (1998)

(**) Material misto (cerâmica, concreto e argamassa).

5 Brito Filho (1999), citado por John (2000)

6 Zordan (1997)

7 Carneiro (2000)

8 Afonso (2004)

Carneiro et al (2001) ressaltam ainda que além dos fatores regionais, as diferenças observadas na composição do RCD podem ser atribuídas ao período de amostragem, à técnica de amostragem utilizada, ao local de coleta da amostra (canteiro/aterro) e ao tipo de obras predominantes, tais como trabalhos rodoviários e sobras de demolição.

2.2.2. Granulometria

Para Pinto (1998) a granulometria do agregado, representada pela curva de distribuição granulométrica, é uma das características que asseguram estabilidade aos pavimentos, em consequência do maior atrito interno obtido por entrosamento das partículas, desde a mais graúda à partícula mais fina.

Por outro lado, o sistema de classificação de solos e agregados proposto pela AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) (1978) utiliza a curva granulométrica para avaliar e classificar o material de acordo com sua aplicação (vias secundárias, aterros, subleitos, bases e sub-bases de pavimentos flexíveis, entre outros).

No que se refere a esses agregados reciclados, Sagoe-Crentsil & Brown (1998)² apud Buttler (2003) cita que a granulometria do agregado depende do processo de britagem utilizado. No entanto, isso não vem sendo considerado na sua confecção.

No Brasil, as especificações para materiais de base e sub-base de pavimentos estabilizados granulometricamente são apresentados por normas DNER e ABNT (NBR-11804), que, por sua vez, indicam a necessidade de que a curva granulométrica seja contínua e que se enquadre nas faixas granulométricas especificadas. Granulometria contínua, por sua vez, é aquela em que estão presentes todos os tamanhos de partículas de um determinado intervalo granulométrico, permitindo, como citado anteriormente, que os grãos menores do material se encaixem nos vazios intergranulares dos maiores, possibilitando constituir um material mais compacto, conseqüentemente mais resistente e menos deformável.

No trabalho realizado por Carneiro et al (2001), para verificar a viabilidade técnica do emprego de agregados reciclados de RCD de Salvador-BA em camadas de base e sub-base de pavimentos, foram considerados estes agregados em duas frações: graúda (passante na peneira 19mm e retido na peneira 4,8mm) e miúda (passante na peneira 4,8mm). Essas duas frações foram misturadas a dois solos seguindo determinados percentuais (ex.: 70% solo “laterítico” e 30% agregado reciclado miúdo): um de comportamento laterítico proveniente da Formação Barreiras e o outro de comportamento não laterítico, do horizonte C saprolítico. As duas misturas com o agregado reciclado miúdo não se enquadraram nas faixas granulométricas especificadas pela NBR-11804, ao contrário daquelas confeccionadas com a fração graúda dos mesmos. A partir da análise de resultados de ISC (Índice de Suporte Califórnia), observou-se que, respeitando determinadas dosagens, as misturas se mostraram adequadas à sua aplicação em bases e sub-base de pavimentos.

De forma semelhante, porém utilizando agregado reciclado e solos do município de São Paulo-SP, Bodi et al (1995) realizaram um dos primeiros trabalhos em pavimentação no Brasil utilizando esse tipo de agregado, servindo inclusive de referência para a pesquisa citada anteriormente de Carneiro et al (2001). Dentre outras coisas, eles verificaram o

² Sagoe-Crentsil, K.K. & Brown, T. 1998, 'Performance requirements of building products derived from construction and demolition waste', *Proc. CIB World Building Congress, 'Construction and the Environment'*, Gavle, Suécia, 7-12 June 1998

comportamento das misturas nas várias dosagens, observando que os grãos de RCD britado apresentam boa resistência à compressão e ao embricamento, quando comparados ao entulho bruto, uma vez que na britagem, a fragmentação se dá no plano de menor resistência do material. Portanto, as frações menos resistentes são praticamente reduzidas às granulometrias de areias ou solos, resultando em material de enchimento e ancoragem dos grãos mais resistentes. Segundo eles, este fato é que resulta em uma curva de capacidade de suporte crescente, em função do aumento da porcentagem de RCD na mistura.

A Prefeitura Municipal de Belo Horizonte vem produzindo agregados reciclados de RCD nas Estações de reciclagem de Entulho da Construção Civil dos bairros Estoril e Pampulha, distinguindo-os em tipo A (compostos basicamente de concreto e argamassas) e tipo B (material misto: cerâmica, concreto, argamassa e outros). Granulometricamente, ambos os produtos são apresentados como bica corrida. Existe o projeto de uma terceira usina que em acréscimo às demais, possuirá um conjunto de peneiras, possibilitando a produção de brita graduada. Desde 1996, vem sendo executadas com esses materiais bases e sub-bases de pavimentos com projeto calcado no ISC e na experiência dos Engenheiros desse Município. Vias como a Av. Mário Werneck, com trecho executado com esse material (existem trechos em agregado convencional e minério de ferro) em meados da década de 90 (Figura 2.2) apresentam-se em condições de tráfego semelhantes àqueles trechos confeccionados com agregado convencional. Contudo, não se pode afirmar se houve, ou não, um superdimensionamento das camadas do pavimento, uma vez que, como citado antes, contou-se com a experiência laboratorial e executiva dos Engenheiros da Prefeitura de Belo Horizonte, feitas empiricamente.



Figura 2.2 – Av. Mário Werneck, com trecho executado com agregado reciclado. (Foto do autor, ago/2003).

Apresenta-se na Tabela 2.2 parte da tabela apresentada na norma ABNT NBR 15116 no tocante à granulometria sugerida para emprego de RCD em pavimentação:

Tabela 2.2– Requisitos gerais para agregado reciclado destinado a pavimento (granulometria) – NBR 15116

Propriedades	Agregado reciclado classe A		Normas de ensaios	
	Miúdo	Graúdo	Agregado Miúdo	Agregado Graúdo
Distribuição granulométrica	não uniforme e bem graduada com coeficiente de uniformidade $C_u \geq 10$		NBR 7181	
Dimensão máxima característica	≤ 63 mm		NBR NM 248	

Em comparação à aplicação em camadas inferiores de pavimento e no que se refere a granulometria, cita-se a utilização dos agregados reciclados em concreto. Levy (1997)

informa que produzir agregados reciclados bem graduados e limpos, não será suficiente para garantir a qualidade do processo de reciclagem. O material deverá ser adequado à finalidade específica para a qual se destina, ou seja, fisicamente sua granulometria deverá enquadrar-se dentro de determinados limites e, quimicamente, só poderá conter níveis mínimos toleráveis de contaminação, para que, desta forma, o concreto produzido possa ser durável e haja garantia da estabilidade das estruturas construídas.

Levy (2001) diz que quando se fazem concretos com menor exigência de qualidade, usam-se, às vezes, agregados provenientes de jazidas de rocha que contêm uma variedade completa de tamanhos, desde o menor até o maior, denominados bica corrida ou brita graduada. Porém a alternativa usada no preparo de concretos de boa qualidade consiste em obter o agregado em pelo menos dois grupos de tamanhos, sendo as principais divisões entre agregado miúdo e agregado graúdo (Neville, 1997). A determinação da curva granulométrica de um agregado é uma tarefa simples, porém decidir se a granulometria do agregado pode ser considerada aceitável ou não para produção de concreto, é uma tarefa mais complexa e parece que ainda nos dias atuais o meio técnico não apresenta consenso sobre o assunto. Como inúmeros outros conceitos, o de granulometria ideal foi se modificando com o tempo. Na década de 70, o meio técnico indicava que o ideal para produção de concreto seria utilizar areia grossa, no Estado de São Paulo. Esta areia normalmente era encontrada na região de Jacaréí. Atualmente com a dificuldade crescente de se localizar este tipo de areia, entre as concreteiras a utilização de areia fina assim como areias compostas artificialmente com finos de pedreiras têm sido normalmente utilizadas na produção de concretos, sem qualquer restrição pelos consumidores.

Portanto, a utilização da curva granulométrica como parâmetro para seleção de um agregado a ser utilizado na produção de concreto, não pode ser adotado como critério absoluto ao invés disso deve ser entendido como critério orientativo para prever a trabalhabilidade do concreto a ser produzido com determinado agregado. Ainda, (Levy, 2001) a procedência dos resíduos de construção destinados à produção de agregados reciclados deve ser considerada relevante, uma vez que dependendo da sua origem, ao passarem por um determinado britador estes resíduos darão origem a agregados com forma totalmente diferentes entre si. Em determinadas condições, podem levar a um consumo de cimento extremamente elevado, tornando inviável técnica e

economicamente a produção de concretos de classes com resistências superiores a 30 MPa. Para esse pesquisador, o recomendável, portanto, é que, além da forma, textura e granulometria, a seleção de agregados reciclados na produção de concretos seja realizada dependendo de sua origem, alvenaria ou concreto, evitando-se a mistura, uma vez que apresentam características diferenciadas.

2.2.3 Ensaio de Abrasão “Los Angeles”

Define-se no método de ensaio DNER-ME 035/98 a abrasão “Los Angeles” do agregado como o desgaste sofrido pelo mesmo, quando colocado na máquina “Los Angeles” juntamente com uma carga abrasiva (esferas padrões de aço), submetido a um determinado número de revoluções desta máquina à velocidade de 30 rpm a 33 rpm.

O resultado do ensaio (A_n) é avaliado pela perda de material em relação massa inicial (m_n) da amostra passante na peneira N° 12:

$$A_n = (m_n - m_{n'}) \times 100 / m_n \quad (2.1)$$

Onde:

A_n = abrasão “Los Angeles” na graduação n;

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

m_n = massa total da amostra lavada e seca, colocada no tambor;

$m_{n'}$ = massa total da amostra lavada e seca, após o ensaio, retida na peneira de 1,7 mm.

Pinto (1998) ressalta que, sem destacar a aplicação em base ou sub-base de pavimento, o valor Los Angeles deve ser baixo para os serviços do tipo tratamento superficial e macadame betuminoso, sendo que nas misturas betuminosas geralmente pode-se projetar uma matriz argamassada de modo a atenuar a má qualidade do agregado. Por exemplo, uma argamassa com excesso de agregado miúdo, filer e cimento asfáltico, minimiza o atrito dos grãos, sem alterar as demais características da mistura betuminosa.

No trabalho realizado por Carneiro et al (2001), para verificar a viabilidade técnica do emprego de agregados reciclados de RCD de Salvador-BA em camadas de base e sub-base de pavimentos, citado no item anterior, o agregado reciclado graúdo apresentou

45% de desgaste neste ensaio, ou seja, $A_n = 45\%$. Portanto o material do citado estudo atendeu às especificações da NBR 11804 para sub-base e base de pavimentos (<55%).

Foi realizado um estudo em parceria pela NOVACAP e COPPE, e realizado pela Prof^a Laura M. G. da Motta em 1999, no laboratório de Geotecnia da COPPE, com agregados reciclados proveniente de Brasília-DF, os quais foram britados e peneirados separadamente em granulometria que se encaixam nas curvas superior, média e inferior da faixa A da especificação DNER-ES 303/97. No tocante ao ensaio de abrasão “Los Angeles”, estes apresentaram um desgaste médio de 49%.

No que diz respeito à norma NBR 15116 - Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos – ABNT, não consta nenhum parâmetro que diga respeito ao Ensaio de Abrasão “Los Angeles”.

Um trabalho interessante foi desenvolvido por Buttler (2003), onde se compara a perda de material por abrasão em uma amostra de agregado natural, que foi aproximadamente igual a 20 %, com a perda de material dos agregados reciclados a partir de concretos produzidos com este agregado de várias idades (1, 7, 28 dias), a qual girou em torno de 42% (1 dia) e 29% (28 dias), ressaltando que o resultado para a idade de 7 dias, embora superior, ficou próximo (~30%) daquele a 28 dias.

Para fins de comparação entre os agregados reciclados e aqueles convencionais, o estudo realizado por Ribeiro et al (2003) levantou que o Rio de Janeiro era em 1996 o segundo mercado consumidor de pedra britada do país. Eram 9 milhões de toneladas de material, produzidos por 32 pedreiras de pequeno e médio porte. Segundo o Sindibrita, a região metropolitana respondia por cerca de 80% da demanda total do estado. Foram coletadas amostras de rochas e de agregados em duas graduações de brita (1 e 2) em 24 pedreiras situadas na região do Grande Rio. Dois dos ensaios adotados para classificar estes materiais foram o de Abrasão “Los Angeles” e Índice de Forma (abordado em item seguinte).

Para o ensaio Los Angeles, Ribeiro et al (2003) relacionaram:

1. Sua classificação por faixas de avaliação: excelente para desgastes de até 20%, bom para valores de 20% a 30%, regular, para desgastes de 30% a 40%, e insatisfatória para desgastes superiores a 40%;
2. A norma C-33/72, da ASTM, que fixa a perda máxima no ensaio de abrasão em 50%, e que aconselha ainda que, nos agregados para concreto hidráulico exposto ao desgaste, o índice máximo seja de 30%;
3. A especificação do DNER (de maior interesse para a esta Tese) que, para uso em revestimento, especifica para o agregado um desgaste de no máximo 50%;
4. As especificações do LNEC, que prevêm, para concretos betuminosos, um desgaste menor ou igual a 35% (E-265/73), e, para revestimentos superficiais, menor ou igual a 40% (E-266/73);
5. As recomendações francesas, bastante rigorosas na especificação de tratamentos superficiais, caso em que prescrevem um desgaste inferior a 25%;
6. A especificação brasileira EB 655, para lastro ferroviário, que fixa o desgaste máximo em 40%;
7. A norma brasileira NBR 7211, estabelece que a abrasão deve ser inferior a 50% em peso do material (intervalo igual àquele do DNER).

Verificaram, então, que para norma brasileira NBR 7211:

1. Em 4 das 24 pedreiras analisadas (16,7% dos casos), as duas graduações de brita produzidas apresentaram resultados insatisfatórios;
2. Em 12 das 24 pedreiras (50% dos casos), pelo menos uma das duas graduações apresentou resultado insatisfatório.

Ramos (2003) apresenta um estudo com materiais granulares empregados no município do Rio de Janeiro e Grande Rio, realizando ensaios dinâmicos de amostras de britas de várias pedreiras do município e próximas para a confecção de um catálogo de pavimentos flexíveis. Neste trabalho, apenas as amostras de brita 0 de duas pedreiras apresentaram desgastes à Abrasão Los Angeles iguais a 50% e 51% respectivamente. As demais amostras de brita 0 e 1 das demais pedreiras apresentaram valores inferiores ao limite de 50%.

2.2.4 Ensaio de Índice de Forma

Segundo a norma NBR 7809, que prescreve o método através do qual se determina o índice de forma do agregado graúdo com dimensão máxima característica superior a 9,5 mm, este índice é média da relação entre o comprimento e a espessura dos grãos do agregado, ponderada pela quantidade de grãos de cada fração granulométrica que o compõe.

Apresenta-se na TABELA 2.3 parte da tabela apresentada na norma NBR 15116, porém no que diz respeito ao índice de forma:

TABELA 2.3 – Requisitos gerais para agregado reciclado destinado a pavimento (índice de forma) – NBR 15116

Propriedades	Agregado reciclado classe A		Normas de ensaios	
	Miúdo	Graúdo	Agregado Miúdo	Agregado Graúdo
Índice de forma	-	≤ 3	-	NBR 7809

Pinto (1998) afirma que nos tratamentos superficiais é importante trabalhar com agregados mais cúbicos ou menos lamelares, pois estes últimos são facilmente quebrados pela ação do tráfego, dando origem à formação acelerada de buracos na pista da rodovia.

Carneiro et al (2001) obtiveram para os agregados reciclados de Salvador, o índice de forma para o agregado graúdo reciclado com dimensão máxima característica superior a 9,5 mm o valor de 2,6, apresentando-se assim não lamelar e dentro do que está preconizado na norma NBR 15116.

Assim como no item anterior, cita-se o trabalho Ribeiro et al (2003) com os agregados naturais ou convencionais (britas 1 e 2) do município do Rio de Janeiro e Grande Rio, em termos de índice de forma. Adotaram inicialmente o modo de determinação

especificado pela NBR 5564, que avalia a forma segundo duas relações, calculadas a partir da medida de 3 dimensões das britas, verificando que os índices de forma de todos os agregados ensaiados corresponderam à forma cúbica, fato que evidencia que todos possuem forma adequada ao emprego na produção de concreto.

Ribeiro et al (2003) continuam citando que a norma brasileira NBR 7809, aplicável ao caso neste estudo adota a medida de apenas duas dimensões das partículas, e a norma brasileira NBR 7211 estabelece que a relação entre a maior e a menor não deve ser superior a 3. Observou-se que este critério foi atendido por todas as pedreiras analisadas. Também Ramos (2003) apresenta resultados semelhantes.

Se por um lado, encontra-se na área de pavimentação poucos trabalhos com agregados reciclados de “entulho” em que se contemple os estudos da forma dos mesmos, por outro, em se tratando de tecnologia do concreto isso é bem difundido e essencial à análise do comportamento e da confecção desse material. Assim, ainda em trabalhos voltados a aplicação de agregados reciclados de RCD em concreto de cimento Portland (CCP), destaca-se mais uma vez Levy (2001), observando que a forma dos grãos tem influência no volume total de pasta necessário para garantir a plasticidade especificada de determinado concreto e que , de acordo com estudo realizado por Ravindrarajah & Tam (1985), a forma das partículas dos agregados reciclados é mais angular que a dos agregados naturais. Com base em pesquisas executadas por Hansen e Narud (1983) apud Levy (2001) conclui-se que os agregados miúdos reciclados provenientes de processo de britagem, apresentam formas maiores e mais angulosas do que seria desejável para produção de boas misturas.

Levy (2001) continua afirmando: “Uma vez que os agregados miúdos reciclados contêm um grande número de partículas angulares, não constitui surpresa o fato de que concretos elaborados exclusivamente com estes agregados, sejam mais consistentes e conseqüentemente apresentem menor trabalhabilidade do que concretos preparados com agregados naturais utilizando-se o mesmo traço”. Formatos cúbicos e texturas impermeáveis apresentam menor demanda de água para atingir determinada plasticidade. Tal fato deve ser considerado sempre que se realizar um estudo de dosagem de CCP. Com a utilização de agregados reciclados não haveria de ser diferente, portanto a utilização de resíduos provenientes de alvenaria para produção de

agregados a serem utilizados no preparo de novos concretos deve ser analisada com cautela, uma vez que tal solução sempre apresentará como produto final, agregados mais angulosos e mais absorventes que os agregados provenientes de resíduos de concreto.

2.2.5 Ensaios de Lixiviação e de Solubilização

O ensaio de lixiviação tem como objetivo identificar a concentração de substâncias que se separam do material por meio de lavagem e percolação. Em contrapartida, o ensaio de solubilização identifica a concentração de substâncias solúveis em água presentes no material. Estes ensaios são preconizados pelas normas NBR 10004 e 10005. A partir desses dois ensaios pode-se também classificar se o agregado reciclado é inerte, não-inerte ou perigoso.

Por outro lado, NBR 15116 - Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos – ABNT não trata deste assunto. Existem considerações sobre teores de contaminantes, porém contemplando aqueles que têm ação nociva unicamente sobre a qualidade dos concretos confeccionados com esse tipo de agregado.

Quanto ao emprego no Brasil desses ensaios voltado à aplicação em projetos rodoviários, por exemplo, Vizzoto (2003) ressalta que existem poucos dados a respeito, uma vez que corriqueiramente adotam-se os agregados reciclados de RCD como inertes. Contudo, Carneiro et al (2001) verificaram para os agregados reciclados de Salvador a possibilidade de risco de contaminação ambiental por metais pesados através dos ensaios de lixiviação e solubilização. Segundo eles, a determinação da concentração de metais foi realizado por espectrometria de emissão atômica, espectrometria de absorção atômica em chama, geração de hidretos e vapor a frio. Os resultados obtidos se apresentaram de acordo com os limites máximos permitidos para resíduos sólidos pela NBR 10004, ou seja, os agregados reciclados gráudo e miúdo de pesquisa de Salvador não apresentaram riscos à saúde pública nem ao meio ambiente.

2.2.6 Ensaio Triaxial Dinâmico - Módulo de Resiliência

Adotando-se uma abordagem mecanística ou mecanística-empírica em projetos rodoviários, é essencial o uso de termos como resiliência, Módulo de Resiliência e ensaios triaxiais dinâmicos realizados com um dos objetivos de definir equações que expressem o valor deste módulo de acordo com determinadas tensões atuantes. O Módulo de Resiliência de solos e materiais de pavimentação para base e sub-base é definido como a relação entre a tensão pulsante aplicada no ensaio triaxial (tensão desvio, σ_d) e a sua correspondente deformação axial recuperável.

Até o momento, não foram identificados trabalhos acadêmicos que abordassem ensaios dinâmicos, caracterizando os agregados reciclados através do seu módulo de resiliência e deformações permanentes decorrentes de aplicação de cargas repetidas em ensaios triaxiais dinâmicos. O trabalho encomendado pela NOVACAP à COPPE e realizado pela Prof^a Laura Motta em 1999, nos laboratórios desta instituição com materiais provenientes de Brasília-DF (Tabela 2.4, Figuras 2.3 e 2.4) que foram britados e peneirados separadamente em granulometria que se encaixasse nas curvas superior, média e inferior da faixa A da especificação DNER-ES 303/97, apresenta resultados para o MR (módulo de resiliência) (Tabelas 2.5 e 2.6, Figura 2.5) inclusive para corpos de prova 15 x 30 cm.

Estes resultados de ensaio são apresentados por Motta & Fernandes (2003), que também apresenta o andamento da pesquisa desta tese à época, para caracterização de resíduos sólidos da construção civil do Rio de Janeiro e de Belo Horizonte para uso em camadas de pavimentos urbanos, fazendo um breve relato de experiências da capital mineira com uso deste material e de outros locais.

Tabela 2.4 – Resumo dos ensaios de compactação e ISC para o agregado reciclado de entulho realizado na NOVACAP (Motta & Fernandes, 2003)

ENERGIA	UMIDADE ÓTIMA (%)	PESO ESPECÍFICO SECO MÁXIMO (kN/m ³)	ISC (%)	EXPANSÃO (%)
NORMAL	13,5	18,10	180	0
INTERMEDIÁRIA	16,5	18,15	157	0
MODIFICADA	12,6	18,40	187	0



Figura 2.3 – Agregado reciclado de Brasília: vista geral, frações, corpo de prova inteiro e desfeito. (Motta e Fernandes, 2003).

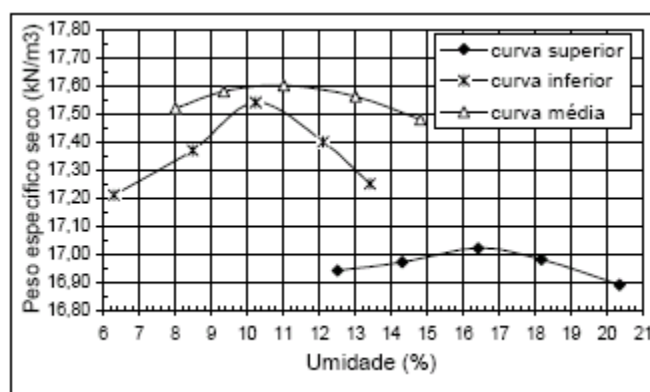


Figura 2.4 – Resultado do ensaio de compactação para o agregado reciclado na energia intermediária, realizados na NOVACAP. (Motta e Fernandes, 2003)

Tabela 2.5 – Resultados dos ensaios de compactação e triaxial dinâmico para o agregado reciclado de Brasília, na energia intermediária, realizados na COPPE (Motta e Fernandes, 2003).

Faixa A do DNER	Peso Especifico Seco (kN/m³)	Umidade (%)	MR para $\sigma_d = 0,704$ MPa	
Curva Superior (mais fino)	2º ponto	16,97	14,0	268
	3º ponto	17,02	16,0	251
	4º ponto	16,98	18,0	204
	$W_{ótima}$	16,98	15,9	236
Curva Média	2º ponto	17,58	9,4	265
	3º ponto	17,6	11,0	234
	4º ponto	17,56	13,0	220
	$W_{ótima}$	17,24	12,9	250
Curva Inferior (mais grosso)	2º ponto	17,37	8,5	281
	3º ponto	17,54	10,0	238
	4º ponto	17,40	12,0	268
	$W_{ótima}$	16,96	12,6	286

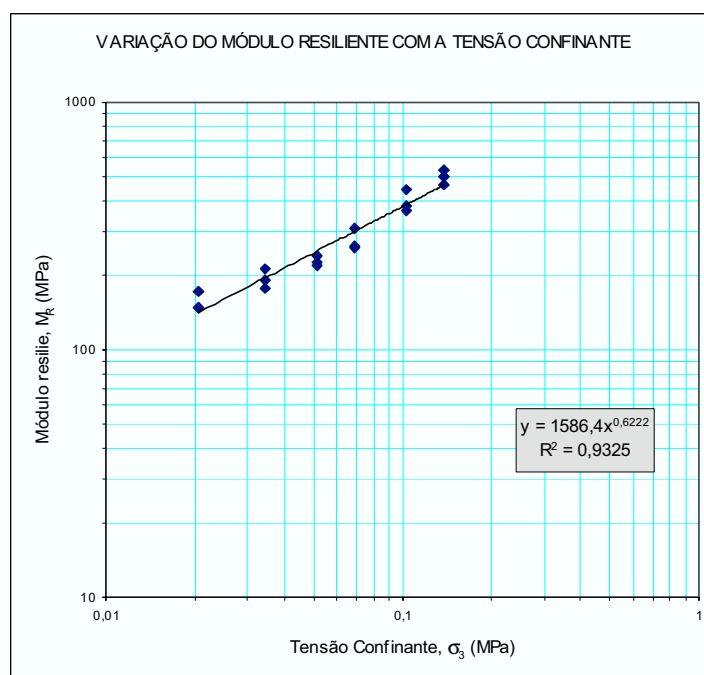


Figura 2.5 – Módulo de Resiliência da amostra de agregado de Brasília, preparada com granulometria mais fina da faixa A do DNER, CP1 – 2º ponto da curva de compactação. (Motta e Fernandes, 2003).

Tabela 2.6 –Resumo dos modelos de comportamento tensão-deformação para o agregado reciclado de entulho de Brasília (Motta e Fernandes, 2003).

Faixa A do DNER		Peso Especifico Seco (kN/m ³)	Umidade (%)	MR (MPa)		
				k_1	k_2	R^2
Curva Superior (mais fino)	2º ponto	16,97	14,0	1586	0,62	0,932
	3º ponto	17,02	16,0	667	0,32	0,306
	4º ponto	16,98	18,0	1412	0,69	0,926
	$W_{ótima}$	16,98	15,9	1623	0,64	0,936
Curva Média	2º ponto	17,58	9,4	3505	0,59	0,919
	3º ponto	17,6	11,0	3842	0,66	0,968
	4º ponto	17,56	13,0	3051	0,61	0,966
	$W_{ótima}$	17,24	12,9	1539	0,65	0,941
Curva Inferior (mais grosso)	2º ponto	17,37	8,5	1586	0,62	0,933
	3º ponto	17,54	10,0	1551	0,67	0,920
	4º ponto	17,40	12,0	1532	0,64	0,934
	$W_{ótima}$	16,96	12,6	1338	0,62	0,914

Lamentavelmente a norma 15116 de 2004 voltada para agregado reciclado de RCD para uso em pavimentação não contempla esse tipo de ensaio, preterindo uma abordagem mecânica do projeto de pavimentos em detrimento da visão e do ensaio tradicional em nosso país, aquele do ISC (Índice de Suporte Califórnia).

Por outro lado, existem diversos trabalhos acadêmicos no país voltados para a caracterização mecânica de agregados naturais. Como referência inicial dos mesmos, Medina (1997) atribui a Francis Hveem o primeiro estudo sistemático cujo objetivo era determinar a deformabilidade de pavimentos. Esse levantamento foi iniciado pelo órgão rodoviário da Califórnia em 1938 com as medições de deflexões de pavimentos sujeitos

ao tráfego, culminando na campanha de medidas em 1951, período em que se estabeleceram os valores máximos admissíveis de deflexões de forma que os pavimentos tivessem uma vida de fadiga satisfatória. Hveem relacionava o trincamento progressivo que ocorria nos revestimentos asfálticos com as deformações resilientes das camadas subjacentes, principalmente o subleito, adotando o termo resiliente, ao invés de elástica para as deformações reversíveis, argumentando que, estas são nos pavimentos muito maiores que nos sólidos elásticos como o concreto, aço, etc.

Por outro lado, o ensaio de ISC determina o índice de resistência à penetração por compressão de um solo, podendo não corresponder ao efeito das cargas que são aplicadas rapidamente, com intensidade variável e frequências diferentes, ocasionando na maioria das vezes deslocamentos muito reduzidos, com valores bem menores do que 0,1”considerado no referido ensaio. Portanto, comentava Seed (1955) apud Santos (1998), que são baixas as correlações entre o índice de resistência ISC com o desempenho do pavimento. Solos que apresentam o mesmo valor de ISC (resistência) podem possuir comportamentos diferentes quando submetidos a ação de cargas repetidas.

Ainda segundo Medina (1997), uma referência fundamental para os estudos de laboratório sobre resiliência iniciados em 1977 na COPPE/UFRJ foi o Special Report 162 do TRB de 1975. Tais estudos intensificaram-se a partir do Convênio COPPE/UFRJ e o IPR/DNER em 1978. Várias teses de mestrado e doutorado no estudo da mecânica dos pavimentos foram desenvolvidas ao longo destes anos, resultando numa grande quantidade de informações sobre o comportamento de ensaios dinâmicos de cargas repetidas em solos, agregados naturais, misturas asfálticas e bases cimentadas.

Pérez Espinosa (1987) foi o primeiro a ensaiar no Brasil materiais de granulometria mais grossa e utilizou um modelo (equação 2.2) para representar o comportamento resiliente dos materiais granulares graúdos, calcado em ensaios triaxiais de carga repetida de uma brita.

$$MR = k_3 \theta^{k_4} \epsilon_a^c \quad (2.2)$$

Onde:

MR = Módulo de Resiliência;

k_3, k_4, c = parâmetros de resiliência;

θ = soma das tensões principais;

ϵ_a = deformação axial

A partir dos dados levantados nestes diversos trabalhos, foi possível obter parâmetros de resiliência e modelos de fadiga, que, por sua vez, foram considerados para dimensionamento de reforço dos pavimentos flexíveis por Preussler (1983) e nos dimensionamentos de pavimentos novos por Motta (1991).

A classificação através da resiliência dos solos, presente no Manual de Pavimentação do DNER (1996), fundamenta-se no conhecimento do módulo de resiliência dos materiais expresso por modelos de comportamento elástico não linear. Pelo banco de dados que serviu de base para esta proposição de classificação, sabe-se que algumas características estão implícitas tais como os solos granulares, referência para os agregados reciclados de RCD, são aqueles que apresentam menos que 35% em peso de material passando na peneira nº 200 (0,075 mm).

O modelo normalmente utilizado, proposto por Hicks (1970) para retratar o comportamento do solo granular é aquele apresentado na equação 2.3:

$$MR = K_1 \sigma_3^{k_2} \quad (2.3)$$

Onde:

σ_3 = tensão de confinamento;

k_1 e k_2 = constantes ou parâmetros de resiliência determinadas em ensaio triaxial de carga repetida.

Contudo, Macêdo (1996) propôs um modelo que apresentou boa correlação tanto para solo argiloso, quanto para granulares, que leva em consideração os par de tensões confinante e desvio, representado pela equação 2.4, cujos valores de coeficiente de correlação, R^2 , são superiores a 0,90 e apresenta melhor performance que o modelo proposto por Hicks. Ferreira (2002), estudou os vários modelos para o comportamento resiliente dos materiais e concluiu também, conforme Macêdo (1996), que o Modelo Resiliente Composto representa a melhor forma de expressar a resiliência dos materiais.

$$MR = k_1 \sigma_3^{k_2} \sigma_d^{k_3} \quad (2.4)$$

Onde:

σ_3 = tensão de confinamento;

σ_d = tensão desvio;

k_1 , k_2 e k_3 = constantes ou parâmetros de resiliência.

No Manual do DNER (1996), encontra-se de acordo com o comportamento resiliente, a discriminação de três classes de solos (A, B e C), que retratam o modelo $MR = k_1 \sigma_3^{k_2}$:

1. O solo do grupo A apresenta grau de resiliência elevado, não sendo aconselhado seu uso em estrutura de pavimentos,
2. O solo do grupo B apresenta resiliência moderada, podendo ser empregado em qualquer camada do pavimento, dependendo de k_2 ; se $k_2 \leq 0,50$ terá bom comportamento, caso contrário, ou seja $k_2 > 0,50$, depende da espessura e da qualidade do subleito, e
3. O Solo do grupo C de baixo grau de resiliência pode ser utilizado em qualquer camada do pavimento, resultando em estruturas com baixas deflexões.

Segundo Ramos (2003), o Módulo de Resiliência não é propício como índice de qualificação de um agrupamento de solos, especialmente quando expressa comportamento elástico não linear. Este, continua ele, não é um valor intrínseco do material, não é uma propriedade índice, pois varia com a forma de obtenção, com as características de moldagem do corpo de prova, com a energia e muitos outros parâmetros. Pérez Espinosa (1987) também fez esta ressalva quando do estudo de deformação permanente de materiais granulares.

Por outro lado, sabe-se que em Mecânica dos Pavimentos considera-se o pavimento como um sistema em camadas, tendo o material que ser compatibilizado com seus “vizinhos” na estrutura. Como lembrado por Ramos (2003), muitos autores já comentaram que os ensaios dinâmicos não são indicados para “especificações” genéricas, devendo compor as exigências de especificação de cada projeto específico. Observação esta muito interessante quando se lida com novos materiais como os agregados reciclados de entulho. Portanto, uma das grandes vantagens do uso dos

métodos mecanísticos de dimensionamento é não partir de restrições “absolutas” quanto aos materiais.

Segundo Preussler (1978) apud Ramos (2003), “quando um determinado solo não coesivo (areia ou pedregulho) é submetido a um carregamento repetido, grandes deformações permanentes ocorrem durante os primeiros ciclos da carga, como consequência de movimentos relativos entre partículas, ou fratura das mesmas nos pontos de contato. Com a repetição de carregamento, o material adquire rigidez e as deformações permanentes ao final de cada ciclo da carga aplicada diminuem até tornarem-se muito pequenas ou nulas. A partir deste instante, o solo apresenta um arranjo estável de partículas e um comportamento quase elástico no sentido de que toda a deformação nele causada pelo carregamento é recuperável quando este é retirado. Nestas condições, o módulo do material torna-se aproximadamente constante”.

Ramos (2003) apresenta resultados de Módulo de Resiliência (MR) para os materiais granulares, pó de pedra e brita corrida da cidade do Rio de Janeiro, onde o modelo em função da tensão desvio apresenta fraca correlação, $R^2 < 0,63$ para pó de pedra e $R^2 < 0,69$ para brita corrida. Em alguns casos o valor do coeficiente de correlação chegou próximo a 0. Analisando os materiais em função da tensão confinante, modelo proposto por Hicks, verifica-se coeficiente de correlação variável, no caso do pó de pedra entre 0,93 a 0,04 e para as britas corridas de 0,93 a 0,05, com vários resultados superiores a 0,50. Ramos (2003) comenta que a tensão confinante apresenta maior contribuição para o estudo do módulo de resiliência dos materiais granulares, visto que os mesmos possuem fraca coesão. Entretanto o módulo dos materiais estudados mostraram que a tensão desvio também tem sua influência. Ao se verificar a influência do par de tensões em conjunto, com a equação proposta por Macêdo (1996), vê-se que tanto os modelos obtidos para amostras de pó de pedra quanto de brita corrida apresentam valores de $R^2 > 0,92$, sendo portanto um modelo bem apropriado para o estudo dos solos e materiais granulares.

As equações médias dos materiais granulares estudados por Ramos o valor de módulo, para a condição de tensão desvio mínima e confinante máxima, 500 MPa para brita corrida na energia modificada, e valor de 480 MPa para brita corrida na energia intermediária e 380 MPa para o pó de pedra na energia intermediária. No caso contrário,

ou seja, para tensão desvio máxima e confinante máxima obteve-se 220 MPa para brita corrida na energia modificada e na intermediária e 160 MPa para o pó de pedra na energia intermediária.

2.2.7 Ensaio Triaxial Dinâmico – Deformação Permanente

Segundo Medina (1997), embora o defeito mais freqüente nos pavimentos flexíveis brasileiros seja o trincamento do revestimento asfáltico deflexão do mesmo apoiado em camadas granulares geralmente deformáveis elasticamente, as deformações permanentes, irreversíveis, estão presentes seja nas trilhas de rodas dos caminhões nas estradas seja em estacionamentos de revestimento asfáltico, constituindo um fator importante no projeto de pavimentos flexíveis.

Pérez Espinosa (1987), observou que a análise das deformações permanentes é um problema relativamente complexo, tanto ao nível de sua evolução em função do número de repetições da carga quanto ao nível das relações entre as tensões e deformações, existindo dois métodos para a avaliação do afundamento da trilha de roda para um determinado tráfego acumulado: o primeiro através das relações entre tensões e as deformações permanentes volumétrica e cisalhante e o segundo via relações entre as tensões e a deformação principal permanente, que permite somente a avaliação do afundamento sob o eixo do carregamento. Por sua vez, esta última pode ser avaliada durante o ensaio de carga repetida, cujo par de tensões é pré-fixado, e a deformação axial (principal) permanente evolui com o aumento do número de aplicações de carga. Uma equação bastante simples utilizada para representar esta deformação (ϵ_p) é conhecida como modelo de Monismith, dada por:

$$\epsilon_p = k_1 N^{k_2} \quad (2.5)$$

Onde:

k_1 e k_2 são coeficientes determinados experimentalmente;

N é o número de ciclos aplicações de carga.

Na tentativa de contemplar a deformação permanente devida ao tráfego e não a soma desta com aquela verificada durante a construção do pavimento, foi proposta por Paute e Martinez (1982)³ apud Pérez Espinosa (1987) a seguinte relação:

$$\epsilon_{p(N)} = \epsilon_{p(100)} + K'_1(N-100)^{K'_2} \quad (2.6)$$

Onde:

$\epsilon_{p(N)}$ é a deformação axial permanente após N aplicações de carga ($N \gg 100$);

$\epsilon_{p(100)}$ é a deformação axial permanente após 100 aplicações de carga;

K'_1 e K'_2 são coeficientes determinados experimentalmente;

N é o número de aplicações de carga.

Outro modelo foi sugerido por Barksdale (1972) apud Pérez Espinosa (1987) contemplando, por exemplo, as tensões aplicadas para um número específico de aplicações de carga, a coesão e o ângulo de atrito interno. Barksdale propôs ainda um método de cálculo para se determinar o afundamento da trilha de roda, subdividindo a estrutura do pavimento em subcamadas, calculando as tensões no centro das mesmas através de teorias elásticas ou viscoelásticas não-lineares e, por fim, somando todos os produtos das deformações plásticas médias no centro destas subcamadas pela espessura das mesmas.

A deformação permanente, dentro da engenharia rodoviária brasileira, foi considerada no Método do DNER, baseando-se este no CBR, onde a estrutura do pavimento é concebida para proteger o subleito quanto à ruptura por cisalhamento ou por acúmulo de deformação permanente. Contudo, Motta (1991) ressalta que ela não é função somente do subleito, mas do somatório das contribuições de todas as camadas.

Sabe-se que conforme o valor da tensão desvio pode haver o acomodamento das deformações permanentes, como enunciou Preussler (1978). Porém para tensões desvio

³ Paute, J. L; Martinez, J., 1982, "Structural finite element design of unbound material pavement from cycle loading triaxial tests", In: Proc., *Fifth Int. Conference on the Structural Design of Asphalt Pavements*, Delft.

de certo porte ou valor limiar da mesma, a deformação permanente pode crescer continuamente.

Por fim, para agregados reciclados, objeto de estudo nesta tese, não se tem conhecimento a respeito de ensaios realizados que verifiquem, por exemplo, a evolução da deformação permanente através do número de aplicação de cargas em ensaios dinâmicos e a existência ou não de seus limites, caso esta evolução seja assintótica.

2.3 Programa para análise de estrutura de pavimento – FEPAVE

O FEPAVE, Finite Element Analysis of Pavement Structures, foi desenvolvido na Universidade da Califórnia, em Berkeley, Califórnia, USA. E. L. Wilson desenvolveu este programa em 1965, em linguagem científica FORTRAN para computadores de grande porte (“mainframe”).

Em 1968, J. M. Duncan, C. L. Monismith e E. L. Wilson promoveram modificações na versão original de forma a permitir a geração automática de configurações de elementos finitos adequadas à análise de estruturas axissimétricas de pavimentos flexíveis, além de adaptar, através de análise não linear, Módulos de Resiliência dependentes da temperatura e do estado de tensões atuante.

O programa foi doado a COPPE em 1973, e desde então tem sido testado e estudado em teses de mestrado e doutorado pertinentes à análise de estruturas flexíveis de pavimento, tendo Motta (1991) implementado o programa FEPAVE para uso em microcomputador e o adaptando à consideração da confiabilidade pelo tratamento probabilístico de Rosenblueth (FEPAVE 2), permitindo estimar a média e o desvio padrão dos parâmetros de projeto. O conceito de confiabilidade está associado ao risco estatístico que se quer admitir em um projeto. No manual da AASHTO em 1986, foi introduzido este conceito de maneira explícita, sugerindo diferentes níveis de confiança a serem empregados nos projetos, conforme a importância da estrada e sua localização em região urbana ou rural, mas neste caso representado somente por um certo valor de ajuste do tráfego.

O programa FEPAVE 2 utiliza o método dos elementos finitos, onde o meio contínuo é dividido em elementos fictícios de dimensões finitas, ligadas entre si por pontos nodais que se assimilam a articulações sem atrito. Aplica-se a teoria da elasticidade para obter a relação entre as forças e os deslocamentos nodais de cada elemento e, a partir destes, os deslocamentos no seu interior. Calcula-se a matriz de rigidez de cada elemento. Os elementos ligam-se pelas faces ou lados. As rigidezes elementares acoplam-se numa matriz de rigidez global da estrutura.

Resolvido o sistema, têm-se os deslocamentos nodais. A partir destes calculam-se as tensões no interior de cada elemento e os deslocamentos nos nós para todo o meio estratificado. De acordo com o operador, o programa gera automaticamente uma malha e acolhe os módulos dependentes ou não das tensões. As deformações (específicas) são as derivadas primeiras dos deslocamentos e as tensões relacionam-se às deformações:

$$[\sigma] = [D] \times [\varepsilon] \quad (2.7)$$

Onde:

[D] = matriz constitutiva, que é função das características do material;

[σ] = tensão;

[ε] = deformação.

A característica dos materiais é em geral tomada como o valor do módulo de resiliência ou de elasticidade que, se for não linear, dependerá do estado de tensões.

Algumas regras se recomendam para a discretização do meio contínuo:

- A fronteira lateral de cerca de 20 R, sendo R o raio da área carregada;
- A fronteira do fundo a 40 R, ou mais;
- A razão das dimensões dos lados do quadrilátero não deve ser maior que 5:1, de forma que as determinações das tensões sejam acuradas (mais importante quanto mais próximo à carga).

O FEPAVE2 admite até 12 camadas de materiais diferentes, com comportamento elástico, isotrópico podendo ser linear ou não linear. Além disso, permite variar o módulo dos materiais asfálticos em função do perfil de temperaturas ao longo da

espessura da camada. O programa foi definido para carregamento único (eixo simples de roda simples), sendo que para o caso de pavimentos com comportamento elástico linear pode-se simular a roda dupla através da superposição dos efeitos. Correntemente, admite-se para cálculo da deflexão máxima correspondente ao eixo padrão, o deslocamento calculado para uma distância radial de $3R/2$, onde R é o raio da área de contato do pneu, multiplicado por 2, o que representa o efeito conjunto das duas rodas mesmo quando se usa a elasticidade não linear.

Silva (1995) estudou a consideração de modelos lineares e não lineares, tendo constatado que para algumas estruturas:

1. A deflexão na superfície é maior no modelo não linear e é mais próxima da medida no campo;
2. A tensão vertical máxima medida no topo do subleito é 22% maior para caso linear;
3. A deformação de tração na camada inferior do revestimento na análise não linear é 38 % superior;
4. A análise não linear permite a obtenção de uma estrutura mais flexível e próxima a real.

Para facilitar a utilização do programa, Silva (1995) criou um arquivo de dados utilitário denominado UTILFEP.EXE, em linguagem Pascal que é composto de um menu principal com oito sub-rotinas:

1. Ler arquivo;
2. Entrada de dados;
3. Alterar e/ou exibir dados;
4. Execução
5. Impressão de resultados;
6. Gráficos e resumos de resultados;
7. Valores do coeficiente de Poisson e módulo de resiliência;
8. Sair do programa

Com base nos resultados obtidos, verifica-se se a estrutura proposta atende aos *Critérios de Ruptura* para o período de projeto estudado: fadiga da camada betuminosa e de acúmulos de deformações plásticas (permanente). É comum na COPPE empregar a curva de fadiga em função da diferença de tensão e para o subleito (deformação plástica) utilizar a equação desenvolvida por Heukelom e Klomp (1962), que não é aplicável a todos os casos:

$$\sigma_{\text{vertical}} = 0,006Mr/(1+0,7\log(N)) \quad (2.8)$$

Onde:

σ_{vertical} = tensão vertical no subleito (kgf/cm²);

Mr = Módulo de Resiliência do subleito (kgf/cm²);

N = valor do número de solicitações admissíveis definido para o projeto.

CAPÍTULO III

Materiais e Métodos

Como já citado no Capítulo I, o propósito desta tese é caracterizar mecanicamente alguns agregados reciclados de RCD das cidades do Rio de Janeiro e Belo Horizonte, de forma a aplicá-los em bases e sub-bases de pavimentos, e atendendo às restrições ambientais.

Em Belo Horizonte, já existem vias urbanas executadas com esse material, mas que foram dimensionadas empiricamente. Em visita a estas vias realizada em agosto de 2003, foram observados algumas trincas no revestimento, contudo, em menor proporção e gravidade das aquelas apresentadas em trechos adjacentes executados com agregados convencionais ou provenientes de minério de ferro. Além de ruas e avenidas em plena operação, visitaram-se outras em diferentes fases de execução, observando uma relevante deposição das maiores partículas da brita corrida (superiores a 19 mm) às margens das pistas (Figura 3.1). Fato, este, também importante na escolha das dimensões dos corpos-de-prova a serem usados nesta pesquisa.

Nesta tese, quando se diz agregado reciclado de RCD do Rio de Janeiro e de Belo Horizonte, tratam-se de amostras de materiais oriundos de usinas ou estações de reciclagem de entulho da construção civil dos bairros do Catumbi (Rua Itapirú, 527) no Rio de Janeiro e do Estoril (Rua Nilo Antônio Gazire, 147) em Belo Horizonte, a primeira destas de propriedade privada e a segunda de propriedade pública municipal.

Por fim, os ensaios realizados e apresentados neste capítulo são aqueles imprescindíveis ao dimensionamento mecânico de pavimentos e/ou contemplados na norma NBR, foram realizados também ensaios de Lixiviação e Solubilização, que estão associados à classificação de resíduos quanto ao aspecto ambiental.



Figura 3.1 – Rua em Belo Horizonte antes da imprimação; rua imprimada com partículas segregadas à margem; ponto do pavimento a ser reparado e visulaização da brita corrida compactada; rua imprimada. (Fotos do autor, ago/2003).

3.1 Agregados reciclados de RCD

Segundo Nunes (2004), dentre 5507 municípios brasileiros apenas onze possuem usinas de reciclagem operando ou em pré-operação, totalizando 14 usinas. A Prefeitura de Belo Horizonte (PBH) possui as estações de reciclagem do Estoril e da Pampulha, sendo este município o único a possuir as três diretrizes da gestão de RCD (facilitação da disposição, segregação na captação e alteração da destinação) implantadas e operando. A usina do Catumbi no Rio de Janeiro, por sua vez, pertence à iniciativa privada desprovida de qualquer apoio do poder público municipal à sua inserção no processo de limpeza pública urbana.

Cita-se, como exemplo, o procedimento de geração de agregados reciclados de RCD na usina do Estoril (Figura 3.2):

1. Molhagem do RCD ao chegar na usina ainda na caçamba do caminhão;
2. Descarregamento do RCD em área apropriada;

3. Espalhamento do RCD em leiras com utilização de pá-carregadeira;
4. Pré-triagem do RCD, separando basicamente papéis, plásticos, gesso, madeira e metais (grandes fragmentos);
5. Triagem do material com a separação dos RCD provenientes de peças de concretos;
6. Carga e lançamento de RCD (fragmentos de concreto ou mistos) no britador com auxílio da pá-carregadeira;
7. Britagem do RCD e deposição dos agregados sobre esteiras rolantes;
8. Retirada, através de eletroímãs, de pequenos artefatos metálicos existentes dentre os agregados ainda sobre as esteiras;
9. Transporte do material britado para a área de armazenagem específica.



Figura 3.2 - Molhagem do RCD ao chegar na usina; vista geral da área de descarregamento de RCD; pré-triagem do RCD; lançamento de RCD no britador; transporte em esteira com eletroímã dos agregados; carregamento de caminhão com agregados reciclados destinados às obras da PBH. (Fotos do autor, ago/2003).

Observa-se ainda que:

1. A molhagem do RCD ou dos agregados reciclados é realizada periodicamente sobre os seus depósitos a fim de se evitar a formação de poeira em suspensão;
2. Existe nesta usina uma barreira vegetal com intuito de se evitar a dispersão desta poeira, atingindo a vizinhança habitacional;
3. O agregado reciclado tipo Concreto, denominado Tipo A pela PBH, é destinado à confecção de blocos e peças de pavimentos intertravados de concreto (Figura 3.3);
4. O agregado reciclado tipo misto, denominado Tipo B, é destinado às obras de pavimentação.



Figura 3.3 - Blocos e intertravados de concreto produzidos com agregados reciclados tipo A produzidos na usina do Estoril (PBH). (Fotos do autor, ago/2003).

Nesta pesquisa contou-se com dois tipos de agregados reciclados, denominados simplifcadamente concreto e misto. O primeiro é o agregado reciclado obtido do beneficiamento de RCD, composto na sua fração graúda de no mínimo 90% em massa de fragmento a base de cimento Portland e rochas. O segundo é o agregado reciclado

composto na sua fração graúda de menos de 90% em massa de fragmentos à base de cimento Portland e rochas.

A usina do Catumbi disponibilizou para a pesquisa agregados do tipo misto separados por frações granulométricas, do pó-de-pedra à brita 1 (Figura 3.4). Esta particularidade se mostrou importante a partir do momento que se pode graduar as britas para ensaio, variando-as em três granulometrias distintas (superior, intermediária e inferior) dentro da faixa D para base (DNER-ES 303/97). Salienta-se ainda que, embora não tenham sido utilizadas, esta usina forneceu britas de frações superiores, porém não separadas por peneiramento.



Figura 3.4 – Peneirador; pilhas de agregados reciclados – Usina do Catumbi. (Fotos Fernando Afonso, 2003).

Em contrapartida, os agregados provenientes da estação de reciclagem do Estoril foram fornecidos nos dois tipos, concreto e misto, cuja denominação local é agregados tipo A e tipo B respectivamente. Devido à ausência de peneiramento na usina como aquele citado no parágrafo anterior, o produto da britagem disponibilizado foi a brita corrida ou bica corrida.

Na coleta das amostras de agregados nas usinas e na redução das mesmas para ensaios de laboratório, foram adotadas as normas DNER-PRO 120/97 e DNER-PRO 199/96 respectivamente, visando assim obter maior representatividade desses materiais nos ensaios.

Após a análise granulométrica das amostras de campo (item 3.2), pôde-se desenvolver os ensaios da pesquisa sobre as amostras de laboratório nas combinações apresentadas no Quadro 3.1, contemplando: o tipo de material, a granulometria do material em função da posição dentro da faixa D ou não especificada chamada bica corrida (Figura 3.5), a energia de compactação e a sua fonte geradora (usina).

Quadro 3.1 – Amostras ensaiadas em laboratório

Amostra	Agregado	Granulometria	Energia de compactação	Cidade
MSIRJ	<u>M</u> isto	<u>S</u> uperior	<u>I</u> ntermediária	<u>R</u> io de <u>J</u> aneiro
MSMRJ	<u>M</u> isto	<u>S</u> uperior	<u>M</u> odificada	<u>R</u> io de <u>J</u> aneiro
MMIRJ	<u>M</u> isto	Inter <u>m</u> ediária	<u>I</u> ntermediária	<u>R</u> io de <u>J</u> aneiro
MMMRJ	<u>M</u> isto	Inter <u>m</u> ediária	<u>M</u> odificada	<u>R</u> io de <u>J</u> aneiro
MIIRJ	<u>M</u> isto	<u>I</u> nferior	<u>I</u> ntermediária	<u>R</u> io de <u>J</u> aneiro
MIMRJ	<u>M</u> isto	<u>I</u> nferior	<u>M</u> odificada	<u>R</u> io de <u>J</u> aneiro
CIBH	<u>C</u> oncreto	Bica Corrida	<u>I</u> ntermediária	<u>B</u> elo <u>H</u> orizonte
CMBH	<u>C</u> oncreto	Bica Corrida	<u>M</u> odificada	<u>B</u> elo <u>H</u> orizonte
MIBH	<u>M</u> isto	Bica Corrida	<u>I</u> ntermediária	<u>B</u> elo <u>H</u> orizonte
MMBH	<u>M</u> isto	Bica Corrida	<u>M</u> odificada	<u>B</u> elo <u>H</u> orizonte



Figura 3.4 – Parte dos agregados reciclados do Rio de Janeiro e Belo Horizonte armazenados no Laboratório de Geotecnia da COPPE; amostras de agregados reciclados do Rio de Janeiro ensacadas de acordo com sua granulometria (superior, intermediária ou inferior).

3.2 Análise granulométrica

A partir deste ensaio pôde-se desenvolver os estudos sobre as amostras de laboratório apresentadas na Quadro 3.1. Para tanto, adotou-se o Método de Ensaio DNER-ME 083/98, a partir do qual determinou-se a composição granulométrica dos agregados reciclados de ambas as usinas, ensaiando-se as britas 1 e 0, o pedrisco e o pó-de-pedra do Catumbi e as bicas corridas do Estoril (Anexo 2). É importante informar ainda que, no caso do pedrisco e do pó-de-pedra, foi também realizado o Ensaio de Sedimentação DNER-ME 051/94.

3.2.1 Aparelhagem

Com base no descrito na norma DNER 083/98, utilizou-se (Figura 3.5):

1. Agitador mecânico de peneiras, com dispositivo para fixação desde uma peneira até seis, inclusive tampa e fundo;
2. Peneiras de malhas quadradas;
3. Balança com capacidade de 10 kg, sensível a 0.1 g;
4. Estufa com dimensão apropriadas, capaz de manter temperatura uniforme ($110 \pm 5^\circ\text{C}$);
5. Escovas apropriadas para a limpeza de peneiras;
6. Quarteador;
7. Tabuleiros metálicos.



Figura 3.5 - Balança com capacidade de 10 kg, sensível a 0.1 g; peneirador com peneiras quadradas; peneirador com peneiras redondas; estufa. (Fotos do autor, 2004).

Foram utilizados nestes ensaios dois modelos de peneirador mecânico, um de peneira quadrada de dimensões 50x50x10cm para a parte graúda e outro de peneiras redondas para a fração miúda, sendo a balança preconizada pela norma com capacidade de 20 kg com sensibilidade a 1 g.

3.2.2 Ensaio

Após a redução da amostra por quarteamento, seguiu-se:

1. Secagem de amostra em estufa com esfriamento à temperatura ambiente e determinação da sua massa total;
2. Encaixe das peneiras, previamente limpas, no agitador de peneiras com abertura de malha em ordem crescente da base ao topo, com fundo;
3. Lançamento da amostra sobre a peneira superior, de modo a evitar a formação de camada espessa de material sobre qualquer uma das peneiras;

4. Realização do peneiramento pela agitação mecânica do conjunto;
5. Pesagem do material retido em cada peneira, juntamente com a porção que porventura tenha ficado preso às malhas, que é retirada com escova, e que não deve ter sua passagem forçada através das mesmas;
6. Soma de todas as massas retidas.

Os resultados deste ensaio serão apresentados no Capítulo 4 e Anexo 2. O passo seguinte à determinação da composição granulométrica dos agregados foi a realização da dosagem destes, no caso do material do Rio de Janeiro, para a obtenção das três curvas granulométricas (superior, intermediária e inferior) enquadradas na faixa D do DNER. Estas também serão apresentadas no próximo capítulo.

3.3 Ensaio de compactação

Para as amostras listadas no Quadro 3.1, realizaram-se os ensaios de compactação, baseados no Método de Ensaio DNER-ME 162/94, determinando a massa específica máxima do solo seco e a respectiva umidade ótima e, juntamente com o ensaio triaxial dinâmico, o intervalo de umidade na qual poderiam ser moldados os corpos de prova para a obtenção do Módulo de Resiliência dos materiais amostrados, pois adotar um intervalo de $\pm 2\%$ da umidade ótima poderia gerar Módulos de Resiliência que não representassem estas amostras.

3.3.1 Aparelhagem

Com base no descrito na norma DNER-ME 162/94 e compatibilizando os corpos-de-prova aos subseqüentes ensaios triaxiais dinâmicos, utilizou-se (Figura 3.6):

1. Tabuleiro metálico;
2. Provetas de 1000 ml e 200 ml;
3. Colher de pedreiro;
4. Sacos plásticos;
5. Elásticos;
6. Molde cilíndrico tripartido, com entalhe superior externo, com diâmetro interno aproximadamente igual a 10 cm e altura 20 cm;

7. Braçadeiras metálicas para o confinamento do molde cilíndrico;
8. Cilindro complementar com entalhe inferior interno;
9. Suporte metálico para o molde cilíndrico com dispositivo de fixação;
10. Película plástica circular (diâmetro aproximadamente igual a 15 cm);
11. Régua graduada;
12. Colher;
13. Cápsulas de alumínio;
14. Balança com capacidade de 10 kg, sensível a 0.1 g;
15. Estufa com dimensão apropriadas, capaz de manter temperatura uniforme (110 ± 5 °C);
16. Compactador mecânico;
17. Régua metálica biselada rígida de comprimento aproximadamente igual a 30 cm.

Antes da realização do ensaio propriamente dito, foi feita a preparação das amostras nas seguintes etapas:

1. Coloca-se uma porção da amostra a ser compactada, com massa igual a 5 kg, sobre o tabuleiro metálico;
2. Com a(s) proveta(s) graduada(s), adiciona-se gradativamente água ao material, homogeneizando-os com a colher de pedreiro até poder formar com as mãos grumos consistentes;
3. Anota-se a quantidade de água adicionada necessária para esta porção da amostra atingir o ponto acima citado;
4. Embala-se essa porção da amostra dentro de dois sacos plásticos hermeticamente fechados (vedando-os com auxílio de elásticos);
5. Pega-se outra porção da amostra, adicionado o mesmo volume de água utilizada na mistura anterior mais 2%, homogeneizando e embalando-a;
6. Repete-se esse procedimento para mais três porções da amostra, perfazendo um total de cinco pontos com o teor de água variando entorno de 2%;
7. Pega-se as cinco porções da amostras homogeneizadas, dispondo todas estas em outro saco plástico, e colocando-o na câmara úmida por um período não menor que 24 horas.

Observa-se que neste procedimento não identificou-se a umidade higroscópica das amostras.



Figura 3.6 - Compactadores mecânicos; moldes de CP, cápsulas e demais utensílios usados no ensaio de compactação.

3.3.2 Ensaio

Após as 24 horas de permanência na câmara úmida:

1. Retiram-se as porções da amostra da câmara úmida;
2. Monta-se o molde cilíndrico tripartido, confinado por duas braçadeiras;
3. Leva-se o molde cilíndrico à balança e mede-se sua massa;
4. Fixa-se o molde, sobre a película plástica, à base metálica;
5. Coloca-se o molde cilíndrico no compactador mecânico, ajustando o número de golpes a ser efetuado pelo mesmo, compatível com o peso do soquete, a altura de queda do mesmo, o número de camadas a serem compactadas e a energia de compactação;
6. Retira-se uma parcela da primeira porção da amostra a ser compactada, colocando-a em cápsula de alumínio cuja massa foi previamente determinada, medindo-se a massa do conjunto (cápsula e amostra) para posterior determinação da umidade de compactação;
7. Em seguida coloca-se uma parcela do material úmido no molde cilíndrico de forma a perfazer 1/10 da altura do mesmo após a compactação;

8. Aciona-se o equipamento de compactação para a realização dos golpes anteriormente citado e a subsequente compactação da camada;
9. Verifica-se a altura da camada, utilizando a régua graduada e ajustando a quantidade de material requerido para as demais camadas a serem compactadas;
10. Repetem-se os três últimos itens para a compactação de outras quatro camadas;
11. Após compactar as cinco primeiras camadas e também depois da décima, retiram-se novas porções de material do saco plástico para obtenção da umidade de compactação, totalizando três cápsulas;
12. Colocam-se as cápsulas em estufa;
13. Depois de compactar a oitava camada, coloca-se o cilindro complementar e compactam-se as duas últimas;
14. Leva-se o molde cilíndrico à bancada e retira-se o cilindro complementar;
15. Bisela-se o topo do molde cilíndrico, ficando o corpo-de-prova com uma superfície plana e nivelada ao topo do molde;
16. Retira-se o molde da base e mede-se sua massa;
17. Repete-se todo o procedimento anteriormente citado para as demais porções da amostra nos outros teores de umidade;
18. Após a verificação da constância de massa das cápsulas secas em estufa, conhecido o volume do molde, calcula-se a massa específica aparente seca das amostras e suas respectivas umidades de compactação;
19. Monta-se o gráfico umidade de compactação versus massa específica aparente seca;
20. No gráfico, para o ponto de maior valor de massa específica aparente seca, encontra-se a correspondente umidade ótima.

Realizou-se com os três corpos-de-prova de maior massa específica aparente seca os ensaios triaxiais dinâmicos para obtenção do Módulo de Resiliência, confrontando os resultados com as respectivas umidades dos mesmos.

Este procedimento objetivou verificar em qual intervalo de umidade poder-se-ia compactar as futuras séries de corpos-de-prova de forma a se obter um Módulo de Resiliência representativo para cada amostra estudada (discriminadas na Quadro 3.1).

3.4 Ensaio triaxial dinâmico – Módulo de Resiliência

O ensaio de compactação de preparação do CPs a serem submetidos ao ensaio dinâmico foi feito no item anterior. Este ensaio é um pré-requisito do ensaio triaxial dinâmico, no qual são preparados os corpos-de-prova.

A realização do ensaio triaxial dinâmico para a determinação do Módulo de Resiliência das amostras citadas no Quadro 3.1 tem como referência o Método de Ensaio DNER-ME 131/94. No entanto, os procedimentos e equipamentos utilizados são aqueles adotados no laboratório de Geotecnia da COPPE/UFRJ que estão descritos em Vianna (2002).

3.4.1 Aparelhagem

1. Sistema pneumático de carregamento composto por (Figura 3.7):
 - a. Sistema de ar comprimido;
 - b. Regulador de pressão para aplicação da tensão desvio;
 - c. Regulador de pressão para aplicação da tensão confinante;
 - d. Válvula de transmissão do carregamento vertical;
 - e. Mangotes;
 - f. Cilindro de pressão e pistão de carga;
 - g. Temporizador de controle da frequência e tempo de duração do carregamento (tensão desvio);
2. Sistema para vácuo;
3. Sistema de medição de deformação da amostra composto por:
 - a. Dois transdutores mecânico-eletromagnético de deslocamento tipo LVDT (Linear variable differential transformer);
 - b. Hastes rosqueadas sobre as quais são posicionados os LVDTs;
 - c. Amplificador de sinal dos transdutores;
 - d. Sistema de aquisição e reprodução de dados como tensões confinantes e desvio, deformações elásticas e totais e registros em microcomputador com monitor e impressora;
4. Conexão;
5. Haste;
6. Cabeçote (top-cap);

7. Base;
8. Suporte central;
9. Célula triaxial;
10. Estrutura da prensa;
11. Membrana de borracha;
12. Cilindro para colocação da membrana de borracha (encamisador);
13. Elásticos;
14. Pedra porosa;
15. Cuba metálica;
16. Balança com capacidade de 10 kg, sensível a 0.1 g;
17. Estufa com dimensão apropriadas, capaz de manter temperatura uniforme ($110\pm 5^{\circ}\text{C}$).

3.4.2 Ensaio

1. Após a compactação, mede-se a massa do corpo-de-prova, ainda dentro do molde, descontando-se a massa do molde tripartido;
2. Coloca-se o corpo-de-prova (CP) sobre a pedra porosa ainda envolvido pelo molde cilíndrico tripartido;
3. Retiram-se as braçadeiras;
4. Desmoldam-se as três partes do cilindro;
5. Coloca-se o cabeçote sobre o CP;
6. Com o auxílio do encamisador, envolve-se o CP com a membrana de borracha;
7. Colocam-se elásticos envolvendo a membrana na altura do cabeçote;
8. Coloca-se o CP sobre a base da célula triaxial;
9. Colocam-se elásticos envolvendo a membrana na altura da base da célula triaxial;
10. Fixam-se os LVDTs ao cabeçote;
11. Coloca-se o cilindro da célula triaxial;
12. Colocam-se as hastes de fixação da tampa da célula triaxial;
13. Assenta-se a tampa da célula triaxial, prendendo-a às respectivas hastes;
14. Coloca-se a conexão da haste ao pistão de carga;
15. Encaixam-se os mangotes de ar comprimido para aplicação das tensões desvio e confinante;

16. Libera-se o ar comprimido;
17. Liga-se o sistema de aquisição e reprodução de dados;
18. Faz-se o ajuste fino, com o auxílio das hastes rosqueadas (item 3.4.1 – 3c), dos LVDTs dentro do intervalo de voltagem para a leitura dos deslocamentos;
19. Inicia-se a fase de condicionamento, para eliminar ou minimizar os efeitos da deformação plástica e da história de tensões, com aplicação de 500 golpes em três estágios de aplicação de tensão desvio e confinante, conforme Quadro 3.2. O equipamento triaxial da COPPE já está automaticamente programado para realização desta fase;
20. Após condicionamento, ajustam-se novamente os transdutores e inicia-se o ensaio triaxial. Também nesta etapa as condições (18 ciclos de carga, número de golpes/ciclo, outros) para o ensaio já estão programadas no microcomputador. Na tabela 3.3 estão dispostos estes ciclos de carga;
21. Após a aplicação do último ciclo de carga, verifica-se os valores e os gráficos diretamente no monitor e, caso todos os pontos tenham sido computados ou nenhuma anomalia verificada, o ensaio pode ser considerado terminado;
22. Retira-se o corpo de prova;
23. Coloca-se o CP na cuba metálica;
24. Verifica-se a massa do CP imediatamente após o ensaio;
25. Coloca-se o CP em estufa para secagem;
26. Após a verificação da constância de massa do CP em estufa e, conhecido o volume do mesmo e a massa da cuba metálica, calcula-se a umidade de ensaio do CP.



Figura 3.7 – Visão geral do equipamento montado para o ensaio triaxial; equipamento de controle monitoramento de tensões e microcomputador. (Fotos do autor, 2004).

O programa instalado no microcomputador (Vianna, 2002) além de fornecer todos os pontos do ensaio, como as relações tensão desvio e deformação resiliente, traça uma linha de tendência potencial com o respectivo valor de R^2 , que pode ser adotada ou não para representar o Módulo de Resiliência da amostra.

Salienta-se ainda que em ocorrendo qualquer anomalia nos resultados, pode-se imediatamente reiniciar o ensaio triaxial, sem a necessidade de proceder ao condicionamento.

Todos os ensaios triaxiais dinâmicos deste estudo foram realizados na condição de drenagem livre. **A maioria dos ensaios foi realizada em CP de 10 x 20 cm, e alguns poucos em CP 15 x 30 cm.**

Quadro 3.2 – Estágios de tensões utilizados na fase de condicionamento no ensaio triaxial

Estágio	Tensão confinante (σ_3) (MPa)	Tensão desvio (σ_d) (MPa)
1	0,070	0,048
2	0,070	0,141
3	0,105	0,211

Quadro 3.3 – Ciclos de carga e valores de tensão do ensaio de Módulo de Resiliência

Ciclo de carga	Tensão confinante (σ_3) (MPa)	Tensão desvio (σ_d) (MPa)
1 – 1	0,021	0,021
1 – 2		0,041
1 – 3		0,062
2 – 1	0,034	0,034
2 – 2		0,069
2 – 3		0,103
3 – 1	0,051	0,051
3 – 2		0,103
3 – 3		0,154
4 – 1	0,069	0,069
4 – 2		0,137
4 – 3		0,206
5 – 1	0,103	0,103
5 – 2		0,206
5 – 3		0,309
6 – 1	0,137	0,137
6 – 2		0,275
6 – 3		0,412

3.5 Ensaio triaxial dinâmico – Deformação permanente

Segundo Medina (1997), a deformação permanente é a parcela da deformação total que não é recuperável a cada aplicação de carga, e que se acumula com a repetição das

cargas no ensaio triaxial dinâmico. Para este ensaio, os procedimentos adotados são aqueles adotados no laboratório de Geotecnia da COPPE/UFRJ.

3.5.1 Aparelhagem

A aparelhagem necessária à realização deste ensaio é a mesma citada no item 3.4.1.

3.5.2 Ensaio

O procedimento adotado neste ensaio é análogo àquele descrito no item 3.4.2 para a determinação do Módulo de Resiliência, excetuando a fase de condicionamento prévio, ou seja, inicia-se os registros das deformações na primeira aplicação de carga e também fixa-se um só nível de tensão durante todo o ensaio. Portanto, após o ajuste fino dos LVDTs, dentro do intervalo de voltagem para a leitura dos deslocamentos, segue:

1. Informa-se o par de tensões para aplicação sobre o corpo-de-prova. Neste estudo foi escolhido tensão confinante $\sigma_3=0,105$ MPa, tensão desvio $\sigma_d= 0,315$ MPa;
2. Informa-se o número de repetições de carga a ser aplicada (entre 10^4 e 10^5);
3. Após a aplicação da última carga, fecha-se o programa;
4. Retira-se o corpo de prova;
5. Coloca-se o CP na cuba metálica;
6. Verifica-se a massa do CP imediatamente após o ensaio;
7. Coloca-se o CP em estufa para secagem;
8. Após a verificação da constância de massa do CP em estufa e, conhecido o volume do mesmo e a massa da cuba metálica, calcula-se a umidade de ensaio do CP.

Observa-se ainda que as deformações permanentes acumuladas registradas no ensaio são referidas à posição do registro inicial da primeira aplicação de carga e que o gráfico deformação permanente versus número de aplicações de carga é apresentado em tela do monitor pelo programa computacional desenvolvido pelo engenheiro Ricardo Gil Domingues (Vianna, 2002) a partir da centésima aplicação da mesma, possibilitando acompanhar a evolução destas deformações ao longo do ensaio e permitindo que se possa acrescentar ou reduzir o número de aplicações de carga durante a realização deste.

3.6 Ensaio de abrasão Los Angeles

Este ensaio objetiva verificar o desgaste sofrido pelo agregado quando colocado na máquina “Los Angeles” juntamente com uma carga abrasiva. Adotou-se nessa pesquisa o Método de Ensaio DNER-ME 035/98. Para tanto, embora não seja obrigatório, deve-se conhecer a distribuição granulométrica dos agregados a serem estudados. Neste caso, apresenta-se no Quadro 3.4 a graduação para ensaio dos agregados reciclados das usinas do Catumbi e do Estoril.

Quadro 3.4 – Graduação para o ensaio de abrasão Los Angeles

Agregado reciclado	Usina de reciclagem	Graduação para ensaio Los Angeles
Brita 0	Catumbi	C
Brita 1	Catumbi	B
Bica corrida - Misto	Estoril	A
Bica corrida - Concreto	Estoril	A

3.6.1 Aparelhagem

Adotando-se o que prescreve a norma DNER-ME 035/98:

1. Balança com capacidade de 20 kg e com sensibilidade a 1 g;
2. Carga abrasiva (12 esferas de aço com aproximadamente 47,6 mm de diâmetro, com massa entre 390 e 445 g, e tendo massa total igual a ± 5000 g);
3. Estufa com dimensão apropriada, capaz de manter temperatura entre 105 °C e 110 °C;
4. Tabuleiro metálico;
5. Máquina “Los Angeles” cujas dimensões são apresentadas na norma, sendo fabricada, fixada e operada de forma a manter a velocidade periférica uniforme;
6. Peneiras de malhas quadradas com caixilhos metálicos e aberturas nominais em milímetros iguais a: 76, 63, 50, 38, 25, 19, 6,3 , 4,8 , 2,4 , 2 e 1,7;
7. Bandeja de folha de flandres de aproximadamente 700 x 500 x 50 mm;
8. Pá de cabo curto;

9. Escova de fibra.

Esferas de ferro fundido poderão ser usadas com as mesmas dimensões e carga daquelas de aço, porém devem apresentar superfície uniforme e composição química que atenda àquela prescrita na norma.

3.6.2 Ensaio

Após a escolha da graduação a ser adotada no ensaio procedem-se as seguintes etapas (Figura 3.8):

1. Lava-se e seca-se em estufa o agregado a ser ensaiado até se verificar constância de massa;
2. Peneira-se o agregado e quarteiam-se as diferentes porções retiradas nas diferentes peneiras, fornecendo a amostra da graduação escolhida;
3. Determinam-se as massas das porções da graduação acima citada, com aproximação de 1 g, obtendo as massas e tolerâncias especificadas na Tabela 1 da norma DNER-ME 035/98;
4. Misturam-se as diversas porções da graduação, obtendo a massa da amostra seca antes do ensaio;
5. Determina-se a carga abrasiva do ensaio, de acordo com a graduação escolhida;
6. Verificam-se as condições das esferas quanto a massa, dimensões e uniformidade de superfície;
7. Limpa-se internamente o tambor;
8. Colocam-se a amostra e a respectiva carga abrasiva;
9. Fecha-se o tambor cuidando para que não se perca material;
10. Aciona-se o tambor com velocidade de 30 a 33 rpm (se for disponível este controle) até completar 500 rotações, para as graduações A, B, C e D, ou 1000 rotações para as demais graduações;
11. Retira-se todo o material do tambor;
12. Separam-se as esferas, limpando-as com escova;
13. Passa-se a amostra na peneira 1,7 mm, rejeitando-se o material passante;
14. Lava-se o material retido na peneira 1,7 mm, secando-o em estufa, durante no mínimo 3 horas;

15. Retira-se o material da estufa, deixando-o esfriar e determina-se sua massa com aproximação de 1 g;
16. De posse das massas da amostra lavada e seca antes (m_n) e depois (m_n' , retida na peneira 1,7 mm) do ensaio, calcula-se a abrasão Los Angeles (A_n) pela equação 2.1.



Figura 3.8 - Máquina “Los Angeles”; amostras a serem ensaiadas de Belo Horizonte e do Rio de Janeiro.

3.7 Ensaio de índice de forma

Nesta pesquisa foi adotada a norma NBR 7809, que prescreve o método através do qual se determina o índice de forma de agregados graúdos cuja dimensão máxima característica seja superior a 9,5 mm. A escolha desta norma deu-se por dois motivos: o primeiro se refere a simplicidade inerente ao método, que exige basicamente o uso do paquímetro para sua realização e o outro está na indicação do uso desta pela norma NBR 15116.

3.7.1 Aparelhagem

1. Peneiras de ensaio, da série normal e intermediária, segundo a NBR 5734;
2. Paquímetro aferido com sensibilidade de 0,1 mm;
3. Balança com capacidade de 10 kg, sensível a 0.1 g;

4. Estufa com dimensão apropriadas, capaz de manter temperatura uniforme (110 ± 5 °C).

3.7.2 Ensaio

Segundo a norma, a amostra do agregado remetida ao laboratório deve ser colhida nas quantidades constantes na Tabela 3.5:

Tabela 3.5 – Massa mínima da amostra inicial

Dimensão (D) dos grãos (mm)	Massa mínima da amostra inicial (kg)
$D \leq 19$	8
$19 < D \leq 25$	16
$25 < D \leq 38$	24
$38 < D$	32

No laboratório realizam-se os seguintes procedimentos:

1. Secagem da amostra em estufa até constância de massa;
2. Análise granulométrica da amostra;
3. Desprezo das frações passantes na peneira de malha 9,5 mm e aquelas cujas percentagens, em massa, retidas individuais sejam iguais ou inferiores a 5%;
4. Quarteamento de cada fração obtida até a obtenção do número de grãos, calculado segundo a fórmula:

$$N_i = 200 \times F_i / (F_1 + F_2 + \dots + F_i + \dots + F_n) \quad (3.1)$$

Onde:

200 = número de grãos necessários ao ensaio;

N_i = número inteiro de grãos para medição da fração i ;

F_i = percentagem em massa retida individual correspondente a fração i ;

$F_1 + F_2 + \dots + F_i + \dots + F_n$ = soma das percentagens em massa retidas individuais das frações obtidas;

5. Medição do comprimento (c) e da espessura (e) de cada um dos grãos obtidos pelo quarteamento;
6. Cálculo do índice de forma pela média, ponderada pela fórmula acima, das relações entre o comprimento e a espessura (c/e) de todos os grãos medidos, arredondando o resultado ao décimo.

3.8 Ensaio sobre a massa bruta, ensaio de lixiviação e ensaio de solubilização

Ao contrário dos demais ensaios, os ensaios sobre a massa bruta, de lixiviação e solubilização não foram realizados nos laboratórios de Geotecnia da COPPE/UFRJ. Duas amostras de agregados reciclados, uma da usina do Catumbi (misto) e outra da usina do Estoril (misto), foram enviadas ao laboratório da empresa TASQA Serviços Analíticos Ltda (2004) para este fim. Observa-se que, segundo este laboratório, foram adotadas as seguintes normas e referências:

1. ABNT/NBR 10004/87 – Resíduos Sólidos – Classificação;
2. ABNT/NBR 10005/87 – Lixiviação de resíduos – Procedimentos;
3. ABNT/NBR 10006/87 – Solubilização de resíduos – Procedimentos;
4. ABNT/NBR 10007/87 – Amostragem de resíduos – Procedimentos;
5. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater – American Public Health Association – Ed. 20th (1998);
6. EPA – Environmental Protection Agency's.

Contudo, entrou em vigor a partir de 30/11/2004, ou seja, após a realização destes ensaios, a revisão das normas:

1. ABNT/NBR 10004/2004 – Resíduos Sólidos – Classificação;
2. ABNT/NBR 10005/2004 – Lixiviação de resíduos – Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos;
3. ABNT/NBR 10006/2004 – Solubilização de resíduos – Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos;
4. ABNT/NBR 10007/2004 – Amostragem de resíduos;
5. ABNT/NBR 14598:2000 – Produtos de petróleo – Determinação do ponto de fulgor pelo aparelho de vaso fechado *Pensky-Martens*; e ainda

6. A recomendação de uso da USEPA – SW 846 – *Test methods for evaluating solid waste – Physical/chemical methods* da edição mais recente.

Como citado no item *Introdução* da norma ABNT/NBR 10004/2004, as premissas estabelecidas para a revisão foram a correção, complementação e a atualização da norma em vigor e a desvinculação do processo de classificação em relação apenas à disposição final de resíduos sólidos.

A classificação de resíduos sólidos envolve a identificação do processo ou atividade que lhes deu origem, de seus constituintes e características, e a comparação destes constituintes com listagens de resíduos e substâncias cujo impacto à saúde e ao meio ambiente é conhecido.

A segregação dos resíduos na fonte geradora e a identificação da sua origem são partes integrantes dos laudos de classificação, onde a descrição de matérias-primas, de insumos e do processo no qual o resíduo foi gerado devem ser explicitados.

A identificação dos constituintes a serem avaliados na caracterização do resíduo deve ser estabelecida de acordo com as matérias-primas, os insumos e o processo que lhe deu origem.

Ressalta-se a alteração no *Padrão para o ensaio de solubilização* quanto aos limites máximos no extrato em mg/L. O limite para o Fenol, por exemplo, passa de 0,001 para 0,01 (Fenóis totais).

Todos os procedimentos sofreram alteração e/ou complementação, incluindo a procedimento de retirada de amostras de montes ou pilhas e de sacos, barris, de resíduos ou similares, bem como sugestão de amostradores de resíduos líquidos e sólidos.

Os procedimentos de ensaios constantes dos relatórios da TASQA (2004), que foram baseados nas normas NBR 10004/87, 10005/87 e 10006/87, são transcritos a seguir.

3.8.1 Ensaio

3.8.1.1 Ensaio sobre a Massa Bruta

Para a determinação dos elementos metálicos, uma massa de cerca de 5 g de amostra previamente homogeneizada foi digerida por meio de ácido clorídrico/nítrico. A solução obtida foi diluída com água ultrapurificada até o volume de 100 ml. Para o caso da dosagem de cianeto, uma massa de 10g foi submetida a tratamento por ácido sulfúrico, procedendo-se a destilação do mesmo, seguido de absorção em solução de hidróxido de sódio.

3.8.1.2 Ensaio de Lixiviação

O teste de Lixiviação foi aplicado de acordo com o descrito na norma ABNT/NBR 10005 de setembro/1987. Primeiramente, verifica-se o teor de sólidos não filtráveis da amostra para que esta seja preparada por um dos três casos abaixo:

Caso 1: Amostras Sólidas

1. O extrato de lixiviado é montado mantendo-se a proporção de 100g da amostra na base úmida para 1600g de água ultrapurificada;
2. O pH da mistura é medido e se for superior a 5,2 é ajustado em $5,0 \pm 0,2$ através da adição de solução de Ácido Acético 0,5 mol/l;
3. A mistura é colocada sob agitação. Em períodos adequados o pH do meio é monitorado de forma a mantê-lo em 5,0 se necessário com a solução de Ácido Acético. A agitação é encerrada após 24 horas;
4. O volume de solução de Ácido Acético 0,5 mol/L gasto é anotado e o volume final da fração líquida é completado com água ultrapurificada o suficiente para 1600ml de solução;
5. A solução resultante é filtrada em filtro de porosidade 0,45 μ m para em seguida ser submetida às determinações químicas.

Caso 2: Amostras Líquidas com Teor de Sólidos Não-Filtráveis inferior à 0,5%

O extrato para análise é obtido através da filtração da amostra em filtro de porosidade 0,45µm na qual a fase sólida é descartada.

Caso 3: Amostras Líquidas com Teor de Sólidos Não-Filtráveis superior à 0,5%

1. Primeiramente filtra-se a amostra em filtro de porosidade 0,45µm até obtenção de uma massa de Sólidos Não-Filtráveis;
2. A fração líquida obtida é quantificada e acondicionada para ser adicionada ao extrato do lixiviado dos Sólidos Não-Filtráveis;
3. A porção de Sólidos Não-Filtráveis é submetida a extração como no Caso 1.

As amostras analisadas pertencem ao Caso 1.

3.8.1.3 Ensaio de Solubilização

1. É colocada 250g da amostra (Base Seca) em frasco de 2000ml;
2. É adicionado 1000 ml de água ultrapurificada e agitada a amostra em velocidade baixa por 5 minutos;
3. Tampa-se o frasco e deixa-se em repouso total por 7 dias;
4. Após este período de repouso, esta solução é filtrada em esquema de aparelhagem com membrana filtrante com 0,45µm.

Estas soluções foram empregadas na determinação dos resultados analíticos do "Solubilizado".

Procedimento Analítico

As seguintes determinações foram realizadas:

Solubilizado:

• Alumínio, Arsênio, Bário, Cádmio, Chumbo, Cianeto, Cloretos, Cobre, Cromo Total, Dureza, Fenol Total, Ferro, Fluoretos, Manganês, Mercúrio, Nitratos, Prata, Selênio, Sódio, Surfactantes, Sulfatos, Zinco.

Lixiviado:

- Arsênio, Bário, Cádmio, Chumbo, Cromo Total, Fluoretos, Mercúrio, Prata, Selênio.

Massa Bruta:

- Arsênio, Berílio, Chumbo, Cianetos, Cromo VI, Óleos e Graxas, Fenol Total, Mercúrio, pH, Selênio, Vanádio.

As metodologias de quantificação e de preparação das amostras aplicadas foram aquelas mencionadas na norma, cujas técnicas analíticas estão indicadas no Quadro 3.6:

Quadro 3.6 - Metodologias de quantificação e de preparação das amostras

Parâmetro	Método (Massa Bruta)	Método (Lixiviado)	Método (Solubilizado)
Alumínio	-	-	SM 3120B
Arsênio	SM 3120B	SM 3120B	SM 3120B
Bário	-	SM 3120B	SM 3120B
Berílio	SM 3120B	-	-
Cádmio	-	SM 3120B	SM 3120B
Chumbo	SM 3120B	SM 3120B	SM 3120B
Cianeto	SM 4500 CN - F	-	SM 4500 CN - F
Cloreto	-	-	SM 4500 Cl - D
Cobre	-	-	SM 3111B
Cromo Hexavalente	SM 3500 Cr - B	-	-
Cromo Total	-	SM 3120B	SM 3120B
Dureza	-	-	SM 3111B
Fenóis	SM 5530C	-	SM 5530C
Ferro	-	-	SM 3111B
Fluoreto	-	SM 4500 F - C	SM 4500 F - C
Manganês	-	-	SM 3111B
Mercúrio	EPA 7470 A	EPA 7470 A	EPA 7470 A
Nitrato	-	-	SM 4500 F
pH	SM 4500B	-	-
Prata	-	SM 3120B	SM 3120B
Selênio	SM 3120B	SM 3120B	SM 3120B
Sódio	-	-	SM 3111B
Sulfato	-	-	SM 4500E
Surfactantes	-	-	SM 5540C
Vanádio	SM 3120B	-	-
Zinco	-	-	SM 3111B

CAPÍTULO 4

ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS

4.1 Análise granulométrica

Determinou-se inicialmente a composição granulométrica dos agregados reciclados, ensaiando-se as britas 1 (Figura 4.1) e 0, o pedrisco e o pó-de-pedra da usina do Catumbi e as bicas corridas (Figura 4.3) da estação do Estoril. De posse da granulometria dos materiais do Rio de Janeiro, dosaram-se três grupos de amostras para a pesquisa, enquadrando-as na Faixa D do DNER para base (Tabelas 4.1, 4.2 e 4.3): uma no limite superior desta faixa, outra no limite inferior e o último numa posição intermediária em relação às duas primeiras (Figura 4.2). Assim, a pesquisa contou com três britas graduadas de agregados reciclados de RCD tipo Misto do Rio de Janeiro e duas britas corridas de Belo Horizonte: uma a partir de agregados de concreto e outra proveniente de agregados tipo misto.

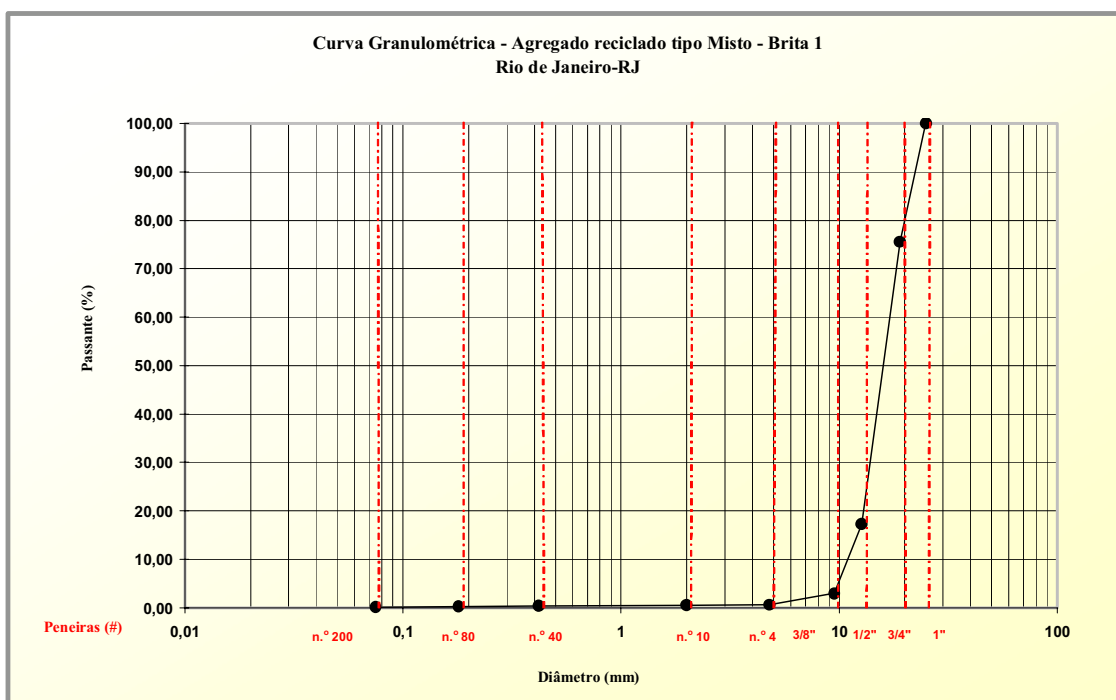


Figura 4.1 - Curva Granulométrica - Brita 1 / Agregado reciclado tipo Misto – RJ

Quanto à graduação das britas nas distribuições granulométricas superior, intermediária e inferior, esta foi realizada por “tentativa e erro”, visando a aproximação máxima dos limites da faixa D, considerando as tolerâncias permitidas para cada fração granulométrica, e em percentuais de britas 1 e 0, pedrisco e pó-de-pedra que representassem valores múltiplos de 10 (dez) para as massas em grama destes agregados, procurando assim facilitar os trabalhos laboratoriais.

Tabela 4.1 – Dosagem - Brita graduada – Curva Superior.

Peneiras		Brita 1		Brita 0		Pedrisco		Pó de Pedra		DNER Faixa D		Curva Superior 100%	Tolerância da Faixa de Projeto	
#	mm	Amostra Total %	Dosagem 5%	Amostra Total %	Dosagem 10%	Amostra Total %	Dosagem 50%	Amostra Total %	Dosagem 35%					
1"	25	100,00	5,00	100,00	10,00	100,00	50,00	100,00	35,00	100	100	100,00	-7	7
3/8"	9,5	2,97	0,15	90,34	9,03	100,00	50,00	100,00	35,00	60	100	94,18	-7	7
n° 04	4,8	0,65	0,03	13,10	1,31	99,80	49,90	99,90	34,97	50	85	86,21	-5	5
n° 10	2	0,59	0,03	2,96	0,30	76,90	38,45	95,40	33,39	40	70	72,17	-5	5
n° 40	0,42	0,42	0,02	1,52	0,15	39,70	19,85	68,20	23,87	25	45	43,89	-2	2
n° 200	0,075	0,16	0,01	0,18	0,02	15,00	7,50	22,80	7,98	10	25	15,51	-2	2

Tabela 4.2 – Dosagem - Brita graduada – Curva Intermediária.

Peneiras		Brita 1		Brita 0		Pedrisco		Pó de Pedra		DNER Faixa D		Curva "Média" 100%	Tolerância da Faixa de Projeto	
#	mm	Amostra Total %	Dosagem 15%	Amostra Total %	Dosagem 20%	Amostra Total %	Dosagem 35%	Amostra Total %	Dosagem 30%					
1"	25	100,00	15,00	100,00	20,00	100,00	35,00	100,00	30,00	100	100	100,00	-7	7
3/8"	9,5	2,97	0,45	90,34	18,07	100,00	35,00	100,00	30,00	60	100	83,51	-7	7
n° 04	4,8	0,65	0,10	13,10	2,62	99,80	34,93	99,90	29,97	50	85	67,62	-5	5
n° 10	2	0,59	0,09	2,96	0,59	76,90	26,92	95,40	28,62	40	70	56,22	-5	5
n° 40	0,42	0,42	0,06	1,52	0,30	39,70	13,90	68,20	20,46	25	45	34,72	-2	2
n° 200	0,075	0,16	0,02	0,18	0,04	15,00	5,25	22,80	6,84	10	25	12,15	-2	2

Tabela 4.3 – Dosagem - Brita graduada – Curva Inferior.

Peneiras		Brita 1		Brita 0		Pedrisco		Pó de Pedra		DNER Faixa D		Curva Inferior 100%	Tolerância da Faixa de Projeto	
#	mm	Amostra Total %	Dosagem 35%	Amostra Total %	Dosagem 20%	Amostra Total %	Dosagem 10%	Amostra Total %	Dosagem 35%					
1"	25	100,00	35,00	100,00	20,00	100,00	10,00	100,00	35,00	100	100	100,00	-7	7
3/8"	9,5	2,97	1,04	90,34	18,07	100,00	10,00	100,00	35,00	60	100	64,11	-7	7
n° 04	4,8	0,65	0,23	13,10	2,62	99,80	9,98	99,90	34,97	50	85	47,79	-5	5
n° 10	2	0,59	0,21	2,96	0,59	76,90	7,89	95,40	33,39	40	70	41,88	-5	5
n° 40	0,42	0,42	0,15	1,52	0,30	39,70	3,97	68,20	23,87	25	45	28,29	-2	2
n° 200	0,075	0,16	0,06	0,18	0,04	15,00	1,50	22,80	7,98	10	25	9,57	-2	2

Por outro lado, embora disponibilizada pela prefeitura de Belo Horizonte (Anexo 1), fez-se como já citado a análise granulométrica do agregado reciclado tipo Misto de BH, bem como aquele proveniente de concretos, constatando uma distribuição similar entre ambos os materiais.

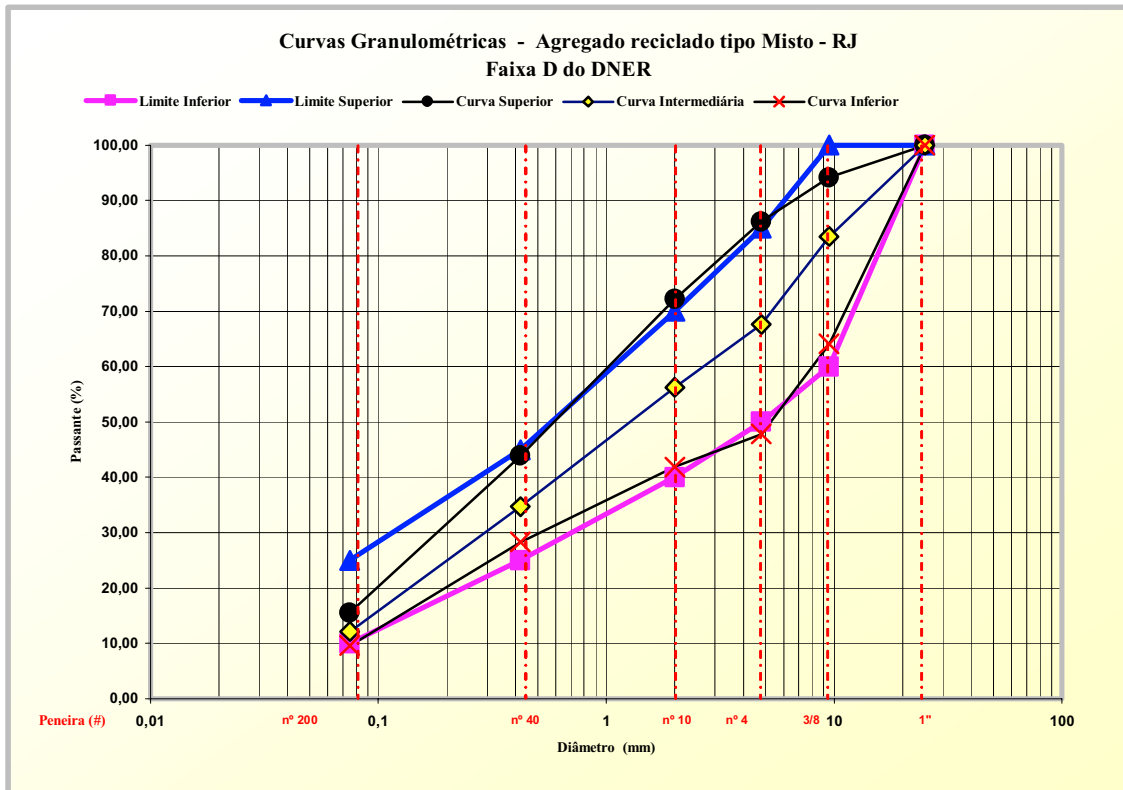


Figura 4.2 - Curvas Granulométricas - Britas graduadas / Agregado reciclado tipo Misto – RJ

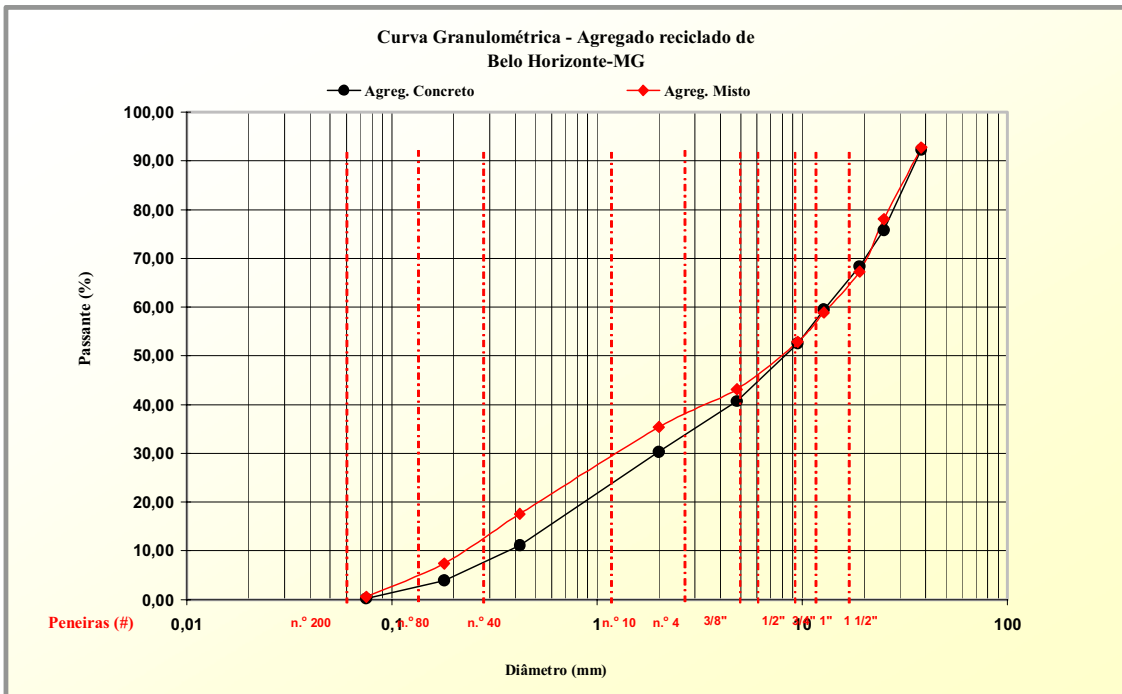


Figura 4.3 - Curva Granulométrica - Brita corrida / Agregado reciclado Misto e de Concreto – BH

As cinco curvas granulométricas (três curvas para o material do Rio de Janeiro e duas curvas para o material de Belo Horizonte) representam, de fato, quatro distribuições

distintas entre si, três graduadas e uma corrida, que foram objetos de análise dos resultados obtidos a partir dos ensaios de compactação e de Módulo de Resiliência posteriormente executados.

No caso dos agregados reciclados da usina do Estoril, foi realizada ainda uma nova análise granulométrica após os ensaios dinâmicos (Módulo de Resiliência) com três amostras (Figura 4.4) denominadas de MIBH01B, MIBH01C e MIBH01D (agregado tipo Misto, compactado sob energia intermediária, originado de Belo Horizonte), onde 01 significa primeira amostra da série a ser ensaiada dinamicamente e as letras B, C e D são respectivamente o 2º, 3º e 4º pontos da curva de compactação (item 4.2). Esta análise, em comparação com aquela feita inicialmente, permitiu verificar uma alteração na composição granulométrica destes materiais, percebendo um aumento da quantidade de partículas entre o material passante na peneira nº 10 e retido na nº 40, Figura 4.5. Isto decorreu da **quebra de partículas ocasionada fundamentalmente no ensaio de compactação**, pré-requisito para o ensaio de módulo. Corroborando com esta afirmativa, tem-se que, caso esta quebra de partículas houvesse ocorrido devido ao ensaio de MR, ela seria percebida através da deformação do CP que, por sua vez, é constantemente monitorada durante a realização deste ensaio. Na Figura 4.5, pode-se ver ainda a distribuição granulométrica média das três amostras supracitadas.



Figura 4.4 – Corpos-de-prova (CPs) de agregados tipo Misto de Belo Horizonte, compactados sob energia intermediária (MIBH01B, MIBH01C e MIBH01D); bancada com estes CPs destinados a novo ensaio de granulometria após processo de destorroamento.

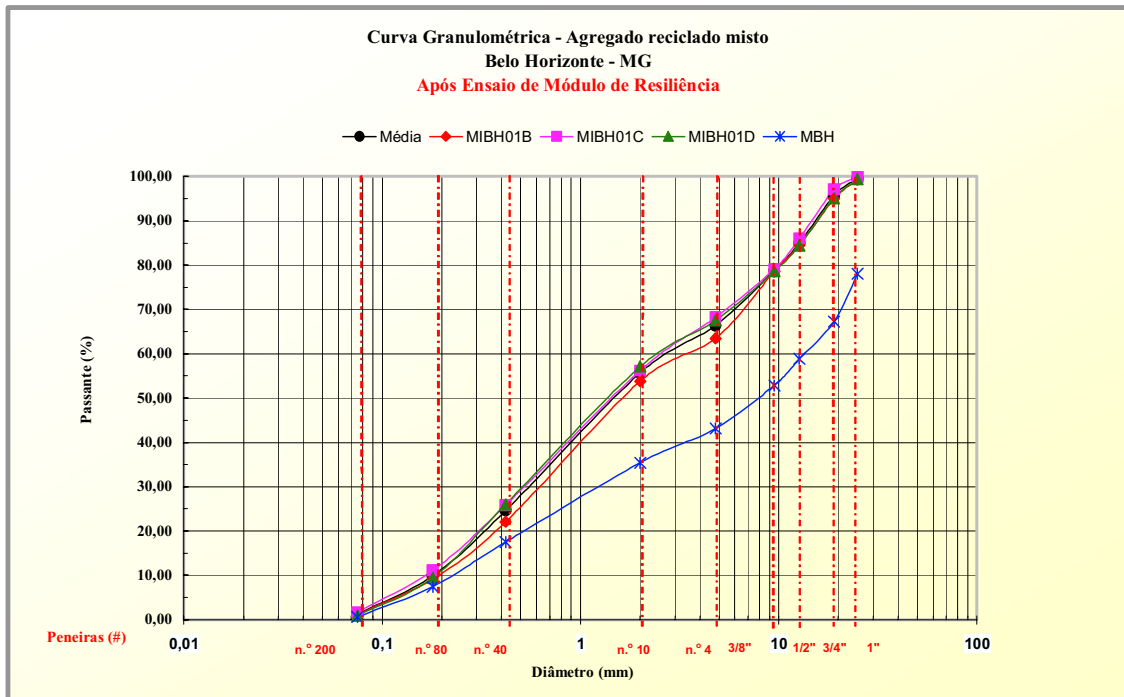


Figura 4.5 - Comparação entre curvas granulométricas - Antes e após (MBH) o ensaio de Módulo de Resiliência

4.2 Ensaio de compactação

Com vistas ao emprego dos agregados reciclados de RCD em camadas de base e sub-base de pavimentos, submetem-se as amostras neste ensaio às energias modificada e intermediária respectivamente, perfazendo as dez amostras apresentadas no Quadro 3.1.

As curvas de compactação foram traçadas a partir da adição de uma linha de tendência, obtida pela regressão polinomial de 2ª ordem, que considerasse quatro ou todos os cinco pontos (umidade, peso específico aparente seco) deste ensaio, gerando-se assim uma equação de 2º grau onde o ponto de máximo (vértice da parábola) corresponde à umidade ótima e ao peso específico aparente seco máximo (w_{ot} , $\gamma_{s_{max}}$). Além destes parâmetros e da equação, determinou-se o valor de R^2 de modo a avaliar a adequação da linha de tendência aos pontos do ensaio.

Na figura 4.6, apresenta-se o resultado gráfico para a série de amostras MSIRJ01. Os demais gráficos e planilhas correlatas estão apresentados no Anexo 3. Estão mostrados na Tabela 4.4 os resultados de umidade ótima e peso específico máximo aparente seco relativo a todas as amostras ensaiadas.

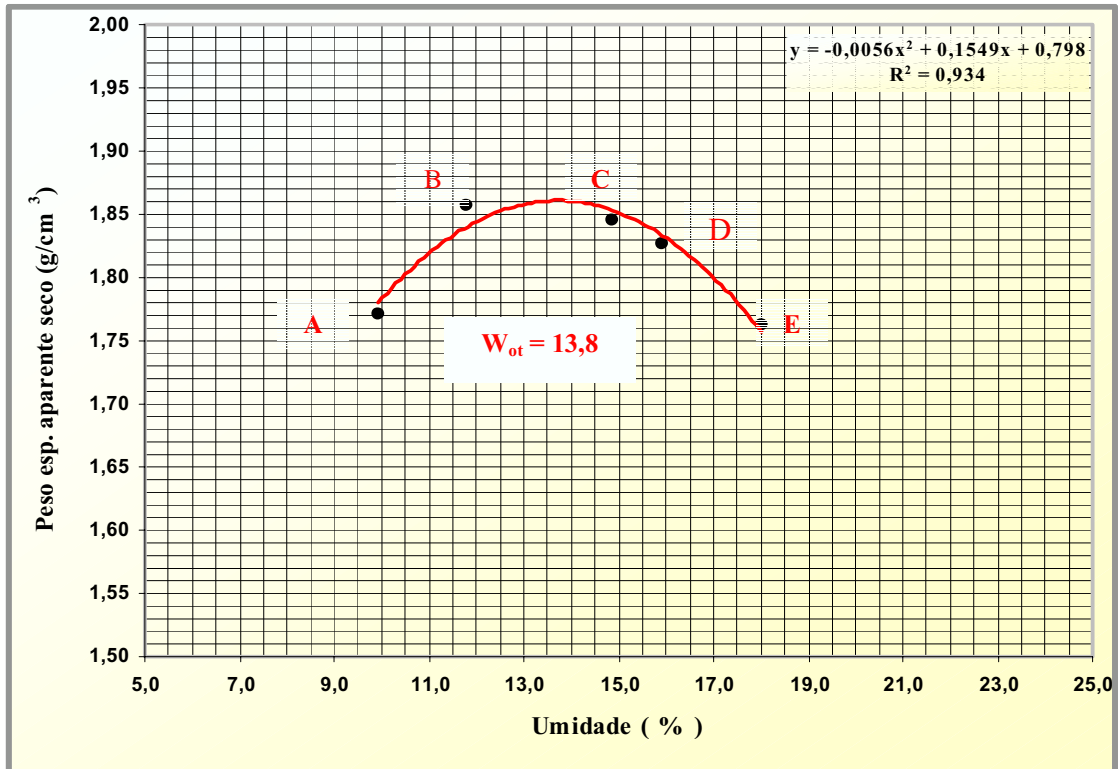


Figura 4.6 - Curva de compactação da amostra MSIRJ.

Embora seja difícil analisar a influência da granulometria nos resultados de peso específico e umidade ótima desconsiderando a energia de compactação, o tipo de material e a origem dos mesmo, pôde-se observar que a dispersão dos resultados no caso da umidade ótima (w_{ot}) está entorno de 11% e o peso específico aparente seco máximo (γ_{secmax}) aproximadamente igual a 2,5%. Neste fator de influência foi considerado o conjunto de todas as amostras.

Tabela 4.4 – Umidade ótima versus peso específico aparente seco - amostras estudadas

Amostra	Energia de compactação	Umidade ótima (%)	Peso específico aparente seco (g/cm ³)
MSIRJ	Intermediária	13,8	1,87
MSMRJ	Modificada	12,5	1,89
MMIRJ	Intermediária	13,2	1,86
MMMRJ	Modificada	12,7	1,89
MIIRJ	Intermediária	13,0	1,83
MIMRJ	Modificada	12,4	1,91
CIBH	Intermediária	15,2	1,82
CMBH	Modificada	14,1	1,87
MIBH	Intermediária	17,0	1,76
MMBH	Modificada	15,7	1,81

Além da granulometria, pôde-se observar uma dispersão semelhante quando verifica-se o tipo de material (misto ou concreto), especificamente dentre aqueles provenientes de agregados reciclados tipo Misto, visto que o universo de amostras provenientes de concreto é mínima.

Por outro lado, os resultados de umidade ótima e de peso específico aparente seco, quanto a energia de compactação e a origem do material, mostram-se com baixa dispersão, destacadamente para a energia intermediária e dentre amostras do Rio de Janeiro.

Por fim, conclui-se que, embora as amostras sejam originadas de materiais tão heterogêneos como os RCD, a variação dos resultados é baixa, principalmente considerando que a umidade ótima é menor quanto maior for a energia de compactação e que a relevância desta análise de dispersão recai sobre o peso específico aparente seco máximo. Na Tabela 4.5 são apresentados os resultados nos quais baseou-se essa conclusão.

Realizaram-se ainda ensaios de Módulo de Resiliência (MR) com os três corpos-de-prova (pontos B, C e D da Figura 4.6) que apresentaram as umidades de compactação mais próximas àquelas definidas como ótima, definindo assim qual seria o intervalo de umidade a ser empregada na compactação dos futuros CPs a serem ensaiados para a obtenção deste módulo. Para tanto, considerou-se o valor de módulo para o maior par de tensões ($\sigma_3=0,137$ MPa , $\sigma_d=0,412$ MPa) associado à respectiva umidade (w), como mostrado na Tabela 4.6, concluindo-se que esse parâmetro deveria situar se entre $w_{ot} - 2\% < w < w_{ot} + 1\%$. Salienta-se que esse nível de tensões foi escolhido por apresentar uma baixa dispersão entre resultados de ensaios dentro da série de amostras.

Tabela 4.5 – Fatores de influências nos valores de Umidade Ótima e Peso Específico Aparente Máximo.

Fatores de Influência								Parâmetro
granulometria				energia de compactação				Grandeza
W _{ot} (%)	γ _{secmax} (g/cm ³)	W _{ot} (%)	γ _{secmax} (g/cm ³)	W _{ot} (%)	γ _{secmax} (g/cm ³)	W _{ot} (%)	γ _{secmax} (g/cm ³)	Grandeza
		Intermediária		Modificada				Subparâmetro
[12,4;17]	[1,76;1,91]	[13,0;17]	[1,76;1,87]	[12,4;15,7]	[1,81;1,89]			Intervalo
14,0	1,85	14,4	1,8	13,5	1,87			Média Aritmética
1,5	0,05	0,4	0,02	1,4	0,04			Desvio Padrão

tipo de material				origem do material				Parâmetro
W _{ot} (%)	γ _{secmax} (g/cm ³)	W _{ot} (%)	γ _{secmax} (g/cm ³)	W _{ot} (%)	γ _{secmax} (g/cm ³)	W _{ot} (%)	γ _{secmax} (g/cm ³)	Grandeza
Misto		Concreto		Rio de Janeiro		Belo Horizonte		Subparâmetro
[12,4;17]	[1,76;1,91]	[14,1;15,2]	[1,82;1,87]	[12,4;13,8]	[1,83;1,91]	[14,1;17]	[1,76;1,87]	Intervalo
13,8	1,85	14,7	1,85	12,9	1,88	15,5	1,82	Média Aritmética
1,7	0,05	0,8	0,04	0,5	0,03	1,2	0,05	Desvio Padrão

Ressalta-se que para a amostra MMBH, o ensaio do terceiro CP (MMBH01D), ou seja, aquele referente ao quarto ponto (D) da curva de compactação, apresentou grandes deformações plásticas, sendo interrompido nos primeiros estágios de carga (Tabela 4.6).

Tabela 4.6 – Umidade de compactação versus Módulo de Resiliência para
($\sigma_3 = 0,137$ MPa, $\sigma_d = 0,412$ MPa)

Amostra	Umidade (w) (%)	$\Delta_{(w-wot)}$ (%)	MR (MPa)	$\Delta_{(MR-MRot)^*}$ (MPa)	$\Delta_{(MR-MRot)/MRot}^*$ (%)
MSIRJ01B	11,9	-1,9	323	-4	-1,2
MSIRJ01C	13,7	-0,1	327	0	0,0
MSIRJ01D	15,1	1,3	207	-120	-36,7
MSMRJ01B	11,2	-1,3	332	-14	-4,0
MSMRJ01C	12,9	0,4	346	0	0,0
MSMRJ01D	15,1	2,6	220	-126	-36,4
MMIRJ01B	11,3	-1,9	326	2	0,6
MMIRJ01C	13,2	0,0	324	0	0,0
MMIRJ01D	15,1	1,9	285	-39	-12,0
MMMRJ01B	11,2	-1,5	359	-3	-0,8
MMMRJ01C	12,7	0,0	362	0	0,0
MMMRJ01D	15,0	2,3	241	-121	-33,4
MIIRJ01B	10,9	-2,1	348	1	0,3
MIIRJ01C	13,2	0,2	347	0	0,0
MIIRJ01D	15,0	2	280	-67	-19,3
MIMRJ01B	11,1	-1,3	371	25	7,2
MIMRJ01C	12,8	0,4	346	0	0,0
MIMRJ01D	14,1	1,7	292	-54	-15,6
CIBH01B	9,2	-6,0	456	62	15,7
CIBH01C	11,2	-4,0	434	40	10,2
CIBH01D	13,0	-2,2	394	0	0,0
CMBH01B	11,0	-3,1	443	15	3,5
CMBH01C	13,0	-1,1	416	-12	-2,8
CMBH01D	14,8	0,7	428	0	0,0
MIBH01B	13,9	-3,1	395	61	18,3
MIBH01C	17,1	0,1	350	16	4,8
MIBH01D	17,0	0,0	334	0	0,0
MMBH01B	14,1	-1,6	417	111	36,3
MMBH01C	15,3	-0,4	306	0	0,0
MMBH01D	16,4	0,7	(**)	(**)	(**)

(*) MRot foi considerado igual ao MR do CP cuja a umidade está mais próximo a ótima.

(**) Ensaio interrompido.

4.3 Ensaio triaxial dinâmico – Módulo de Resiliência

Conhecido o intervalo de umidade de compactação a ser empregado, realizou-se a compactação e o ensaio de Módulo de Resiliência de mais 8 (oito) corpos-de-prova por amostra segundo a combinação de amostras listadas no Quadro 3.1, totalizando 10 CPs destinados ao ensaio de MR ao serem considerados os resultados deste ensaio dos CPs 01B e 01C (constantes na Tabela 4.6). Foram realizados 119 ensaios de MR nesta pesquisa (113 em CPs 10 x 20 cm e 6 em CPs 15 x 30 cm).

Como o programa desenvolvido pelo Laboratório de Geotenia /COPPE para plotagem de dados de ensaio de Módulo de Resiliência, faz uma regressão tipo potencial com uma única variável, tensão confinante (σ_3) ou tensão desvio (σ_d), e como a dispersão entre os resultados deste ensaio apresentou-se alta, ou seja, valores do coeficiente de correlação R^2 baixos (inferiores a 0,60) tanto para σ_3 como, principalmente, para σ_d , optou-se por uma regressão que resultasse em um Módulo de Resiliência Composto contemplando ambas as tensões (σ_3 , σ_d). Este módulo composto é aquele proposto por Macêdo (1996) e ratificado pelos estudos de Ferreira (2002): $MR = k_1 \sigma_3^{k_2} \sigma_d^{k_3}$, onde k_1 , k_2 e k_3 são os coeficientes experimentais da equação. Os resultados são apresentados em MPa nas Tabelas 4.7, 4.8, 4.9 para CPs 10x20 cm e 4.10 para CPs 15x30. As duas primeiras são relativas aos materiais do Rio de Janeiro e as demais, de Belo Horizonte.

Na Tabela 4.7 encontram-se o Módulo de Resiliência e seu correspondente R^2 , através dos coeficientes k_1 , k_2 e k_3 , para cada CP e para cada combinação de amostras do Rio de Janeiro. Salienta-se ainda que este último não é uma média aritmética dos 10 resultados de sua série, porém uma regressão a partir de todos os dados desta combinação.

Por sua vez, na Tabela 4.8, são apresentados os resultados de MR de amostras do Rio de Janeiro, considerando primeiramente o efeito da distribuição granulométrica, depois o efeito da energia de compactação e, por último, o tipo de material, embora não se tenha para o Rio de Janeiro aquele proveniente de concreto para efetuar-se uma comparação entre os mesmos.

Tabela 4.7 – Módulo de Resiliência (M_R) em MPa – Amostras do Rio de Janeiro

Amostra	$M_R = K_1 \sigma_3^{k_2} \sigma_d^{k_3}$				Amostra	$M_R = K_1 \sigma_3^{k_2} \sigma_d^{k_3}$			
	K_1	K_2	K_3	R^2		K_1	K_2	K_3	R^2
CP 10 X 20					CP 10 X 20				
MSIRJ01B	522	0,46	-0,21	0,9688	MSIRJ	528	0,47	-0,24	0,9633
MSIRJ01C	531	0,56	-0,34	0,9558					
MSIRJ02	560	0,49	-0,24	0,9719					
MSIRJ03	481	0,44	-0,27	0,9575					
MSIRJ04	496	0,46	-0,28	0,9692					
MSIRJ05	475	0,44	-0,26	0,9709					
MSIRJ06	552	0,48	-0,23	0,9668					
MSIRJ07	528	0,44	-0,18	0,9698					
MSIRJ08	561	0,49	-0,22	0,9633					
MSIRJ09	580	0,46	-0,14	0,9744					
MMSMRJ01B	475	0,41	-0,25	0,9708	MMSMRJ	563	0,46	-0,26	0,9603
MMSMRJ01C	685	0,58	-0,26	0,9642					
MMSMRJ02	618	0,46	-0,22	0,9696					
MMSMRJ03	564	0,46	-0,29	0,9697					
MMSMRJ04	545	0,44	-0,29	0,9672					
MMSMRJ05	652	0,50	-0,23	0,9702					
MMSMRJ06	587	0,44	-0,22	0,9697					
MMSMRJ07	548	0,43	-0,28	0,9617					
MMSMRJ08	462	0,43	-0,27	0,9727					
MMSMRJ09	536	0,40	-0,24	0,9739					
MNMIRJ01B	514	0,43	-0,22	0,9735	MNMIRJ	564	0,47	-0,23	0,9512
MNMIRJ01C	558	0,50	-0,24	0,9650					
MNMIRJ02	639	0,53	-0,24	0,9659					
MNMIRJ03	608	0,53	-0,26	0,9582					
MNMIRJ04	550	0,52	-0,34	0,9579					
MNMIRJ05	593	0,43	-0,15	0,9541					
MNMIRJ06	639	0,53	-0,21	0,9575					
MNMIRJ07	527	0,41	-0,15	0,9634					
MNMIRJ08	443	0,34	-0,20	0,9497					
MNMIRJ09	596	0,48	-0,29	0,9550					
MNMMRJ01B	455	0,35	-0,25	0,9669	MNMMRJ	589	0,50	-0,26	0,9357
MNMMRJ01C	644	0,53	-0,23	0,9551					
MNMMRJ02	683	0,52	-0,22	0,9526					
MNMMRJ03	670	0,56	-0,28	0,9584					
MNMMRJ04	611	0,50	-0,22	0,9716					
MNMMRJ05	521	0,50	-0,32	0,9609					
MNMMRJ06	723	0,56	-0,19	0,9702					
MNMMRJ07	407	0,42	-0,45	0,9474					
MNMMRJ08	557	0,46	-0,20	0,9681					
MNMMRJ09	712	0,56	-0,22	0,9626					
MIIIRJ01B	458	0,34	-0,18	0,9638	MIIIRJ	555	0,47	-0,26	0,9258
MIIIRJ01C	578	0,48	-0,23	0,9681					
MIIIRJ02	302	0,31	-0,47	0,9409					
MIIIRJ03	686	0,52	-0,23	0,9573					
MIIIRJ04	550	0,52	-0,34	0,9579					
MIIIRJ05	623	0,50	-0,21	0,9687					
MIIIRJ06	699	0,56	-0,24	0,9635					
MIIIRJ07	655	0,51	-0,17	0,9667					
MIIIRJ08	705	0,55	-0,24	0,9635					
MIIIRJ09	458	0,39	-0,28	0,9555					
MIMRJ01B	614	0,48	-0,22	0,9693	MIMRJ	591	0,44	-0,22	0,9446
MIMRJ01C	534	0,43	-0,19	0,9625					
MIMRJ02	573	0,49	-0,29	0,9617					
MIMRJ03	749	0,49	-0,21	0,9757					
MIMRJ04	653	0,48	-0,18	0,9694					
MIMRJ05	421	0,27	-0,25	0,9612					
MIMRJ06	541	0,43	-0,19	0,9675					
MIMRJ07	644	0,49	-0,28	0,9642					
MIMRJ08	651	0,42	-0,16	0,9616					
MIMRJ09	591	0,43	-0,18	0,9651					

Tabela 4.8 – Módulo de Resiliência (MR) em MPa Grupo de amostras do Rio de Janeiro

Parâmetro	Amostra	$M_R = k_1 \sigma_3^{k_2} \sigma_d^{k_3}$			
		K_1	K_2	K_3	R^2
Energia (E)	MS_RJ	545	0,46	-0,25	0,9527
	MM_RJ	576	0,48	-0,24	0,9431
	MI_RJ	573	0,45	-0,24	0,9344
Granulometria (G)	M_IRJ	549	0,47	-0,24	0,9432
	M_MRJ	581	0,46	-0,24	0,9457
G, E	MRJ	564	0,47	-0,24	0,9423

Por outro lado, a Tabela 4.9 mostra o efeito do tipo de material (concreto ou misto), quando se apresentam os resultados de MR para as combinações CBH e MBH, e o efeito da energia de compactação ao compararmos as combinações CIBH e CMBH, por exemplo. Através da proximidade entre os valores de k_2 e k_3 , verifica-se que a energia e a granulometria influenciam pouco nos valores de MR. Contudo, neste caso, a participação da granulometria não pôde ser avaliada, pois todas as amostras são britas corridas com composição granulométrica semelhante.

Quando se verificam os resultados de MR para a amostra MMBHG, ou seja, agregado tipo misto (M), energia de compactação modificada (M), originário de Belo Horizonte (BH) e tamanho de CP 15 x 30 cm (G), percebe-se que estes são sistematicamente e consideravelmente inferiores àqueles provenientes de CPs 10 x 20 cm (Figura 4.9).

Acredita-se que as partículas de maior diâmetro, contempladas nos CPs 15 x 30 cm, usaram mais energia para seu deslocamento relativo nestes CPs durante a sua compactação do que para sua fragmentação e estes deslocamentos tenham ocorrido durante o ensaio de MR, reduzindo as deformações recuperáveis. Portanto, existe não só a influência do tamanho do corpo de prova como da granulometria dos agregados.

Na Figura 4.8, pode-se observar que os valores de Módulo de Resiliência em função do σ_d em MPa das amostras de britas graduadas de RCD do Rio de Janeiro se apresentam relativamente próximos. Considerando os resultados de MR entre as amostras com mesma granulometria e compactadas com energias diferentes, como, por exemplo, a MSIRJ e a MSMRJ, apresentou-se uma diferença de resultados maior quanto menor a

presença de finos na composição granulométrica na amostra. Assim a diferença entre o MR das amostras de granulometria superior é maior (MSIRJ e a MSMRJ) que aqueles de granulometrias intermediária e inferior (MIIRJ e MIMRJ). Por sua vez, aquelas que foram compactadas em energia maior apresentam maior módulo.

Tabela 4.9 – Módulo de Resiliência (M_R) em MPa – Amostras de Belo Horizonte

Amostra CP 10 X 20	$M_R = k_1 \sigma_3^{k_2} \sigma_d^{k_3}$				Amostra CP 10 X 20	$M_R = k_1 \sigma_3^{k_2} \sigma_d^{k_3}$				Amostra CP 10 X 20	$M_R = k_1 \sigma_3^{k_2} \sigma_d^{k_3}$				
	K_1	K_2	K_3	R^2		K_1	K_2	K_3	R^2		K_1	K_2	K_3	R^2	
CIBH01B	632	0,39	-0,19	0,9620	CIBH	550	0,47	-0,29	0,8678	CBH	564	0,45	-0,28	0,8670	
CIBH01C	731	0,47	-0,15	0,9354											
CIBH02	606	0,44	-0,17	0,9123											
CIBH03	489	0,53	-0,38	0,8474											
CIBH04	528	0,52	-0,38	0,8087											
CIBH05	604	0,50	-0,27	0,8532											
CIBH06	406	0,50	-0,48	0,7879											
CIBH07	474	0,36	-0,23	0,8895											
CIBH08	535	0,47	-0,32	0,8890											
CIBH09	528	0,48	-0,30	0,8287											
CMBH01B	407	0,41	-0,48	0,8661	CMBH	580	0,44	-0,27	0,8690		MBH	454	0,44	-0,25	0,8614
CMBH01C	615	0,42	-0,17	0,9318											
CMBH02	510	0,53	-0,41	0,8401											
CMBH03	621	0,45	-0,30	0,9267											
CMBH04	573	0,47	-0,25	0,8866											
CMBH05	621	0,50	-0,28	0,8735											
CMBH06	651	0,50	-0,31	0,8240											
CMBH07	601	0,30	-0,18	0,9505											
CMBH08	567	0,39	-0,15	0,9477											
CMBH09	620	0,45	-0,19	0,9408											
MIBH01B	513	0,51	-0,31	0,8643	MIBH	430	0,45	-0,26	0,8730	MMBH		477	0,43	-0,24	0,8589
MIBH01C	300	0,37	-0,42	0,8333											
MIBH02	439	0,48	-0,26	0,9183											
MIBH03	505	0,52	-0,22	0,9300											
MIBH04	538	0,46	-0,20	0,9329											
MIBH05	482	0,38	-0,14	0,9252											
MIBH06	481	0,46	-0,23	0,8878											
MIBH07	410	0,51	-0,38	0,8824											
MIBH08	509	0,51	-0,23	0,9123											
MIBH09	251	0,28	-0,17	0,9155											
MMBH01B	335	0,45	-0,62	0,8844	MMBH	477	0,43	-0,24	0,8589		MMBHG	117	-0,03	0,02	0,9214
MMBH01C	386	0,32	-0,13	0,9245											
MMBH02	484	0,43	-0,20	0,9352											
MMBH03	576	0,51	-0,21	0,9349											
MMBH04	552	0,50	-0,21	0,9223											
MMBH05	494	0,40	-0,24	0,9259											
MMBH06	492	0,41	-0,20	0,9305											
MMBH07	331	0,40	-0,44	0,8709											
MMBH08	417	0,38	-0,30	0,9289											
MMBH09	581	0,53	-0,19	0,9434											

Tabela 4.10 – Módulo de Resiliência (M_R) em MPa – Amostras de Belo Horizonte (CP15x30 cm)

Amostra CP 15 X 30	$M_R = k_1 \sigma_3^{k_2} \sigma_d^{k_3}$				Amostra CP 15 X 30	$M_R = k_1 \sigma_3^{k_2} \sigma_d^{k_3}$			
	K_1	K_2	K_3	R^2		K_1	K_2	K_3	R^2
MMBHG01	128	-0,03	0,06	0,9483	MMBHG	117	-0,03	0,02	0,9214
MMBHG02	90	-0,07	-0,01	0,9475					
MMBHG03	123	-0,02	0,05	0,9475					
MMBHG04	133	-0,02	0,10	0,9501					
MMBHG05	103	-0,02	-0,17	0,9257					
MMBHG06	124	-0,03	0,03	0,9580					

Observa-se ainda na Figura 4.7 uma mudança sensível a partir de $\sigma_d = 0,150$ MPa, valor em que a amostra MSMRJ deixa de apresentar maior MR, alterando-se para amostra MIMRJ e uma aproximação maior entorno do MR global do agregado misto do Rio de Janeiro (MRJ), o qual assume para todos os valores da tensão desvio σ_d um valor intermediário para o MR dentre todas as amostras.

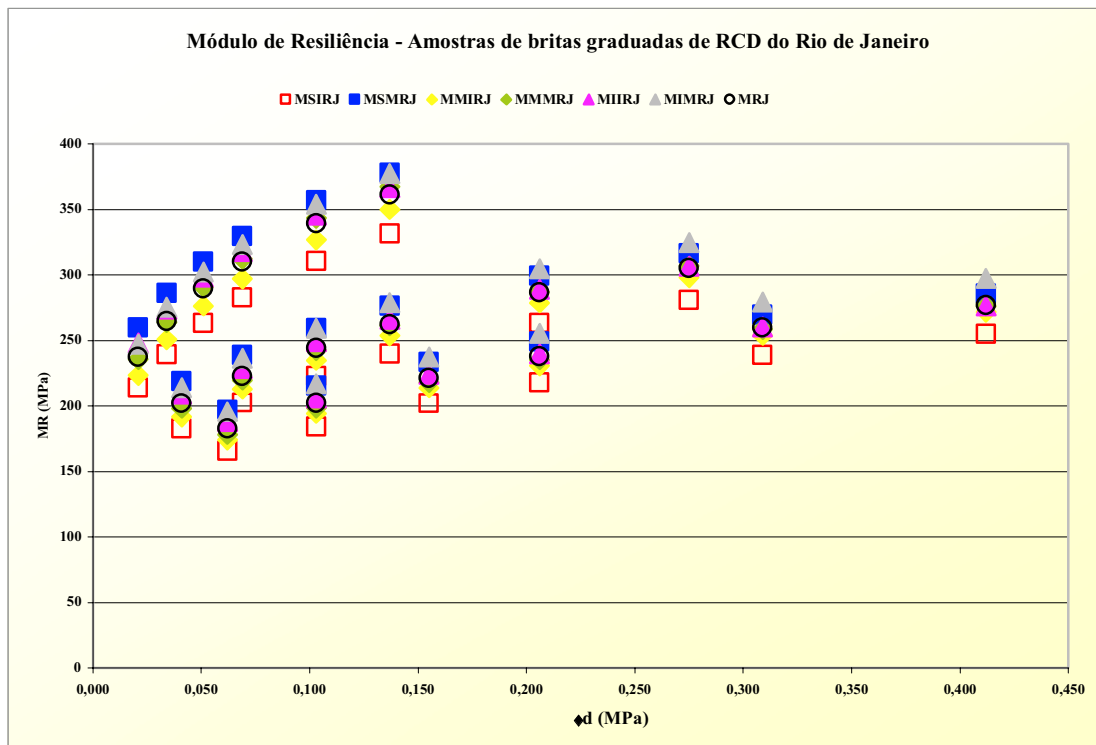


Figura 4.7 – Resultado de Módulo de Resiliência por tensões desvio para as amostras de britas graduadas de RCD do Rio de Janeiro e MR global (MRJ).

A partir da Figura 4.8, observa-se nas amostras de brita corrida de RCD de Belo Horizonte que todas as provenientes de agregados de concreto apresentam MR superior àquelas oriundas de agregados tipo misto. Embora os resultados sejam próximos uns dos outros (aproximadamente 10%), as amostras compactadas sob energia modificada apresentam Módulo de Resiliência superior às demais. O MR global das amostras de concreto e misto (CBH e MBH) representa a média das mesmas. Por fim, como já observado nas amostras do Rio de Janeiro, a partir de $\sigma_d = 0,150$ MPa existe uma convergência ou aproximação de todos os valores de módulo. A Figura 4.8 ilustra o que pode ser observado através da Tabela 4.7.

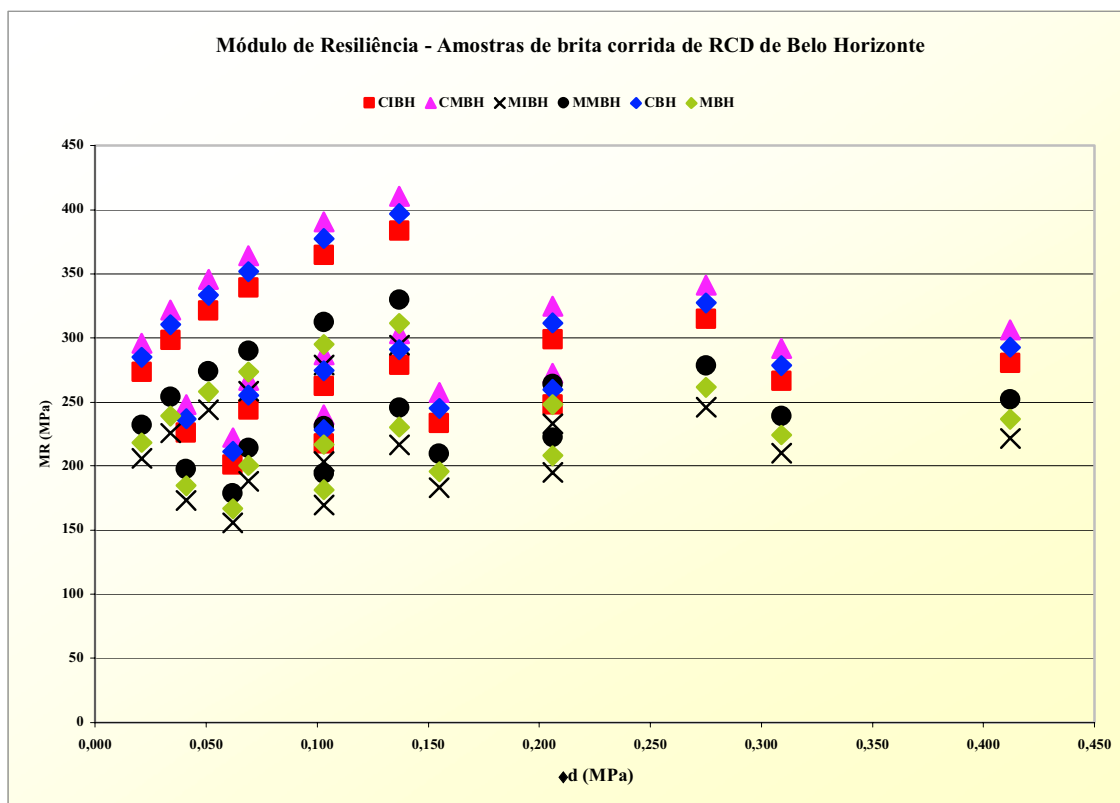


Figura 4.8 - Resultado de Módulo de Resiliência por tensões desvio para as amostras de brita corrida de RCD de Belo Horizonte e MR global para amostra de RCD de concreto e misto (CBH e MBH).

Ramos (2003) apresenta a equação média do Módulo de Resiliência Composto das Britas Corridas de uma série de pedreiras do Estado do Rio de Janeiro em função das energias de compactação intermediária e modificada. A seguir apresentam-se as equações dos Módulos que representam estas britas para cada uma das energias:

- Para a energia intermediária:
 - $MR = 3584,4 \sigma_3^{0,40} \sigma_d^{-0,12}$ em Kgf/cm^2 ou
 - $MR = 672,8 \sigma_3^{0,40} \sigma_d^{-0,12}$ em MPa;
- Para energia modificada:
 - $MR = 3658,9 \sigma_3^{0,44} \sigma_d^{-0,09}$ em Kgf/cm^2 ou
 - $MR = 836,2 \sigma_3^{0,44} \sigma_d^{-0,09}$ em MPa

Com esta informação supracitada e de forma análoga a Ramos (2003), pôde-se plotar graficamente o MR x σ_d em MPa (Figura 4.9), contemplando os agregados reciclados de RCD do Rio de Janeiro e Belo Horizonte e as britas corridas (BC) estudadas por

Ramos (2003), as quais codificou-se em BCIRJ (**B**rita **C**orrida compactada sob energia **i**ntermediária do **R**io de **J**aneiro) e BCMRJ e esta última compactada sob energia modificada.

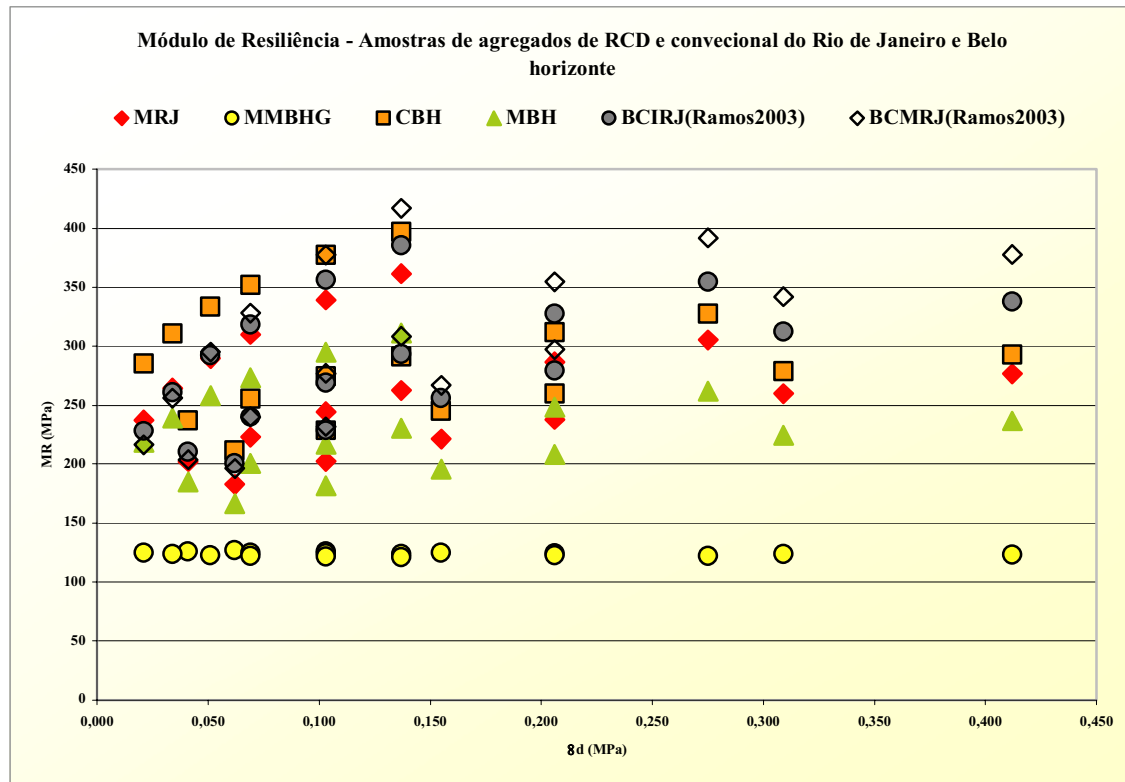


Figura 4.9 - Resultado de Módulo de Resiliência por tensões desvio para as amostras de agregados de RCD do Rio de Janeiro e Belo Horizonte e convencional do Rio de Janeiro (Ramos, 2003)

Por fim, como já citado anteriormente, na Figura 4.9 pode-se observar o Módulo de Resiliência de todas as amostras de agregados do Rio de Janeiro, MRJ, e de Belo Horizonte, MMBHG, CBH e MBH, bem como das amostras de britas corridas estudadas por Ramos (2003), BCIRJ e BCMRJ. Com auxílio desta figura observa-se que:

- O valor do MR das amostras de agregados reciclados do Rio de Janeiro está situado abaixo daquele referente aos agregados provenientes de concreto e acima daquele associado às amostras de material tipo Misto de BH;
- O MR das amostras de agregados reciclados de concreto são maiores do que aquele referente às amostras de agregados tipo Misto, independentemente da energia de compactação empregada (Figura 4.8);
- A partir do valor da tensão desvio (σ_d) igual a 0,150 MPa, o módulo das britas corridas do Rio de Janeiro (BCIRJ e BCMRJ), compactadas sob energia

intermediária ou modificada, apresenta-se superior àqueles associados a quaisquer amostras de material reciclado. A diferença do MR neste ponto entre ambos os materiais, convencional e reciclado, é aproximadamente igual a 20%, excetuando a amostra MMBHG;

- Para valores inferiores a $\sigma_d = 0,150$ MPa, pode-se afirmar que o MR dos agregados convencionais e reciclados são equivalentes;
- As amostras ensaiadas em CPs 15 x 30 cm, que apresentam composição granulométrica contemplando partículas maiores, apresentam MR inferior a todas as demais confeccionadas em CPs 10 x 20 cm, aproximadamente 50% destas últimas.

Portanto, em se tratando de MR de amostras provenientes de agregados reciclados, conclui-se que:

1. A composição granulométrica e a energia de compactação exercem pouca influência no valor do Módulo de Resiliência dos agregados em geral;
2. O tipo de material, de Concreto ou Misto, é o principal responsável na diferenciação dos valores de módulo. Agregado tipo Concreto apresentam MR superior;
3. Considerando que na Usina do Estoril em Belo Horizonte são separados os RCD de forma a produzir agregados reciclados tipo Misto e de Concreto, na Usina do Catumbi no Rio de Janeiro não existe tal triagem, gerando apenas agregados tipo Misto e, além disso, o MR das amostras destes últimos apresentam valores intermediários entre aqueles produzidos na primeira usina, ou seja, entre os de Concreto e os Misto de BH, conclui-se portanto que também a origem (metrópole) influencia pouco no valor deste módulo;
4. Os materiais convencionais apresentam maiores módulos para elevadas tensões desvios ($\sigma_d > 0,250$ MPa), porém sem caracterizar uma diferença que desqualifique os agregados reciclados como tais, ou seja esta diferença não é tão sensível como aquela observada entre agregados e solos argilosos ou agregados e misturas asfálticas, por exemplo;
5. Por fim, a equação para o MR proposto por Hicks (1970) não representa adequadamente também o agregado reciclado de RCD, seja em função de σ_3 (R^2

< 0,60) seja, em função de σ_d . Por outro lado, o módulo composto por estas duas tensões proposto por Macêdo (1996) e ratificado por Ferreira (2002) se ajusta satisfatoriamente, como por exemplo para os materiais do Rio de Janeiro, onde o coeficiente de correlação R^2 está sempre acima de 0,93, e, por outro lado, diferenciando-se dos agregados reciclados de Brasília que forma bem representados pela equação de Hicks (1970) em função de σ_3 (Tabela 2.6).

4.4 Ensaio triaxial dinâmico – Deformação permanente

Com vista a caracterizar os agregados reciclados, objeto de estudo nesta tese, procurou-se verificar a evolução da deformação permanente através do número de aplicação de cargas no respectivo ensaio dinâmico e a existência ou não de seus limites, caso esta evolução seja assintótica.

Considerando as limitações de materiais e de tempo, escolheram-se duas amostras de agregados reciclados de RCD do Rio de Janeiro para submetê-las ao ensaio de deformação permanente, MSIRJ e MIMRJ sob o par de tensão $\sigma_d=3,150 \text{ kgf/cm}^2$ e $\sigma_3=1,050 \text{ kgf/cm}^2$. A primeira delas (MSIRJ) escolhida por apresentar nesta tese os menores resultados de MR e, por sua vez, a última (MIMRJ) os maiores valores dentre aqueles oriundos desta cidade.

Por outro lado, este par de tensões citado anteriormente foi escolhido por ser aquele de maior magnitude na fase de condicionamento do ensaio de MR, produzindo nos CPs as maiores deformações plásticas. Não existe norma que defina sob que par de tensões deva ser escolhido para a realização do ensaio de deformação permanente. No entanto, deve-se considerar o par de tensões mais compatível com aquele que submeterá a amostra em campo.

Os ensaios de deformação permanente foram realizados em 3 CPs 10 x 20 cm de cada amostra com repetições de carga superiores a 2×10^5 ciclos, à exceção de um CP cujo ensaio foi interrompido depois de 10^3 aplicações de carga por problemas no equipamento. Na Tabela 4.11 são apresentadas as equações de deformação permanente das amostras anteriormente citada do Rio de Janeiro, com codificação acrescida da letra

D (deformação permanente) e na Figura 4.10 os gráficos relativos a essa equação. Verificou-se que:

- As amostras DMSIRJ apresentaram deformações permanentes específicas (ϵ_p) superiores às apresentadas pelas amostras DMIMRJ, aproximadamente igual a 1,00 % ou 2,00 mm (valor máximo) para as primeiras contra 0,60 % ou 1,20 mm das demais;
- Comparando os dados acima com aqueles obtidos por Espinosa (1987), especificamente para “Brita IC” (Tabela 4.12 e Figura 4.11) que foi ensaiada no mesmo nível de tensão dos agregados reciclados do Rio de Janeiro, observa-se que estes últimos apresentaram valores de deformação axial permanente inferiores aos encontrados para esta brita.
- A equação potencial ($\epsilon_p = KN^A$) representou a deformação das duas amostras satisfatoriamente ($R^2 > 0,91$);
- Embora o CP DMIMRJ01 tenha tido seu ensaio interrompido prematuramente, a extrapolação do mesmo apontou um comportamento semelhante aos demais CPs da mesma amostra;
- Um dos CPs da amostra MIMRJ (DMIMRJ02) levado à 504300 aplicações de carga, apresentou um comportamento assintótico mostrado em todos os demais ensaios;
- A deformação permanente é muito mais sensível à distribuição granulométrica e à energia de compactação, analisadas em conjunto, do que ao Módulo de Resiliência, verificando-se uma variação de aproximadamente 50% entre as duas granulometrias e 10% para a energia de compactação, embora todos os valores apresentados sejam muito baixos.

Tabela 4.11 – Equação de Deformação Permanente de duas amostras de agregados reciclados do Rio de Janeiro

Amostra CP 10 x 20	$\epsilon_p = KN^A$		
	K	A	R ²
DMSIRJ01	0,0052	0,0551	0,9191
DMSIRJ02	0,0042	0,0621	0,9131
DMSIRJ03	0,0037	0,0591	0,9535
DMIMRJ01	0,0024	0,0697	0,9380
DMIMRJ02	0,0018	0,0603	0,9402
DMIMRJ04	0,0032	0,0436	0,9432

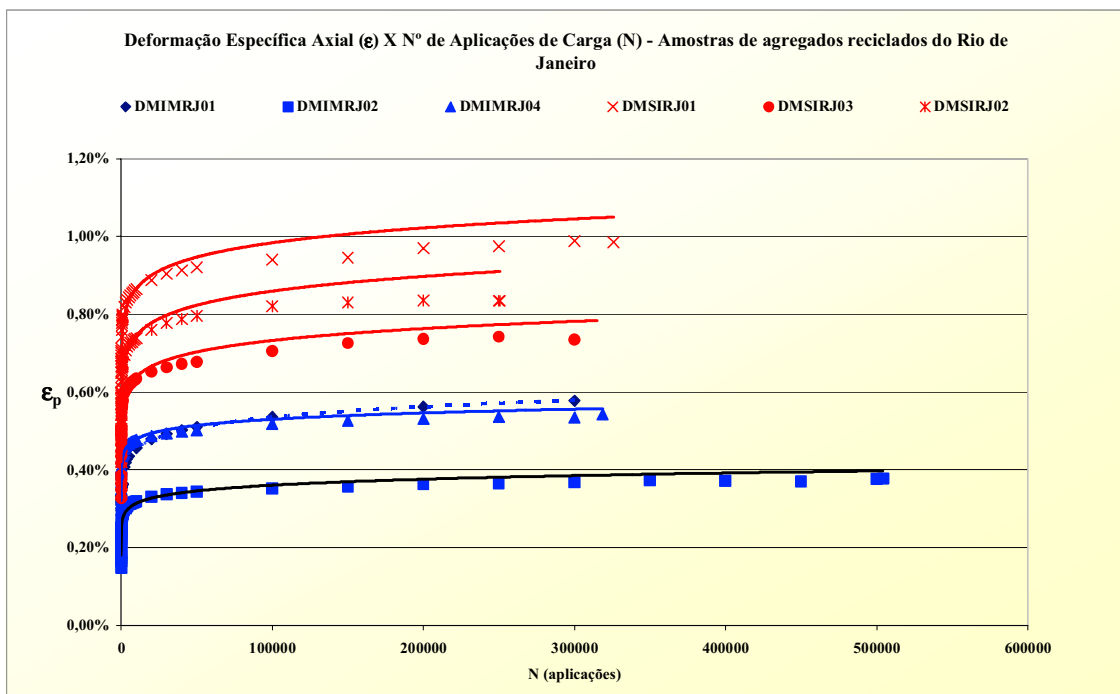


Figura 4.10 – Gráficos Deformação Permanente X Número de Aplicações de Carga para amostras do Rio de Janeiro.

(*) Está em pontilhado a extrapolação do gráfico do ensaio interrompido depois de 1000 aplicações de carga.

Tabela 4.12 – Equação de Deformação Permanente de duas amostras de britas do Rio de Janeiro por níveis de tensões (Espinosa,1987)

Amostra	Nível de Tensão		$\epsilon_p = KN^A$		
	σ_d	σ_3	K	A	R
	(kgf/cm ²)				
Brita IA	0,70	0,70	0,00181	0,03830	0,983
Brita IB	2,10	0,70	0,00262	0,03330	0,951
Brita IC	3,15	1,05	0,00466	0,07730	0,944
Brita IIA	2,10	0,70	0,00196	0,03170	0,982
Brita IIB	0,84	0,21	0,00308	0,03190	0,976

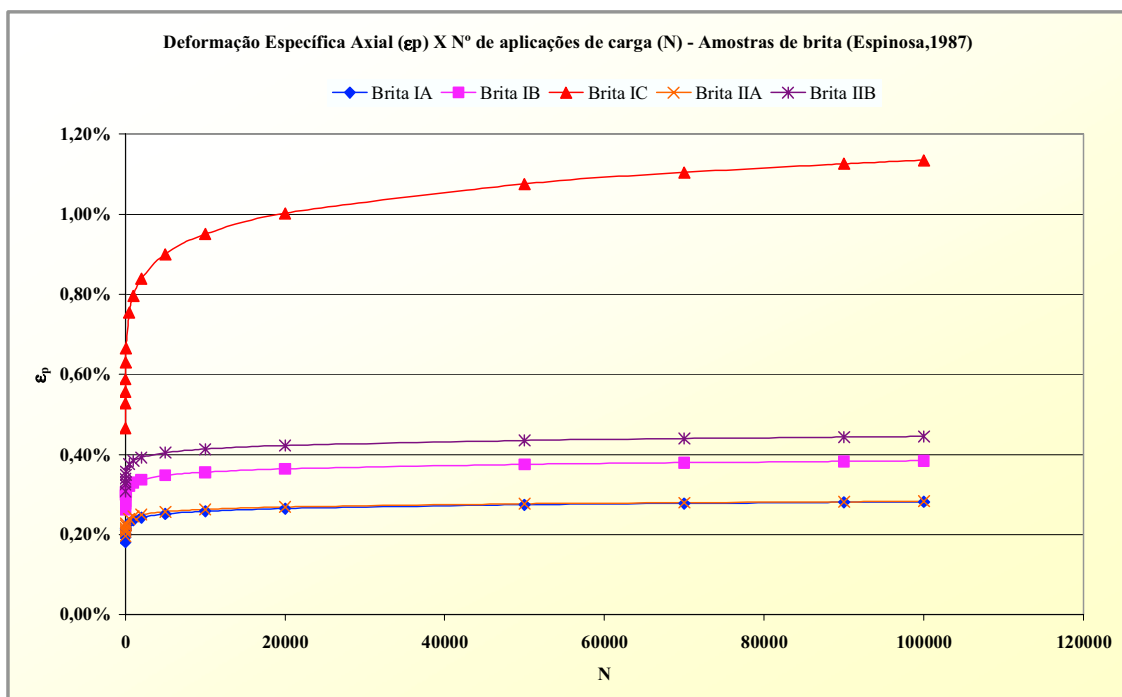


Figura 4.11 – Gráficos Deformação Permanente X Número de Aplicações de Carga para amostras de brita do Rio de Janeiro (Espinosa, 1987).

Após os ensaios de deformação permanente foram realizados nos corpos-de-prova DMSIRJ, ensaios de Módulo de Resiliência a fim de se verificar a alteração ou não do mesmo após um número considerável de aplicações de carga ($N > 3 \times 10^5$). A codificação ADP constante na Tabela 4.13 significa “após ensaio de deformação permanente”. Por outro lado, os resultados destes ensaios estão também apresentados na Figura 4.13 juntamente com aquele “médio” para tal amostra obtido no ensaio de MR apresentada no item 4.3.

Tabela 4.13 – Módulo de Resiliência da amostra MSIRJ obtido após o ensaio de Deformação Permanente

Amostra CP 10 x 20	MR = $K_1 \sigma_3^{K_2} \sigma_d^{K_3}$				Amostra CP 10 x 20	MR = $K_1 \sigma_3^{K_2} \sigma_d^{K_3}$			
	K_1	K_2	K_3	R^2		K_1	K_2	K_3	R^2
MSIRJ-ADP-01	546	0,39185	-0,26097	0,95458	MSIRJ-ADP	587	0,40661	-0,2529	0,9575
MSIRJ-ADP-02	585	0,40086	-0,22795	0,95256					
MSIRJ-ADP-03	633	0,42712	-0,26982	0,96335					

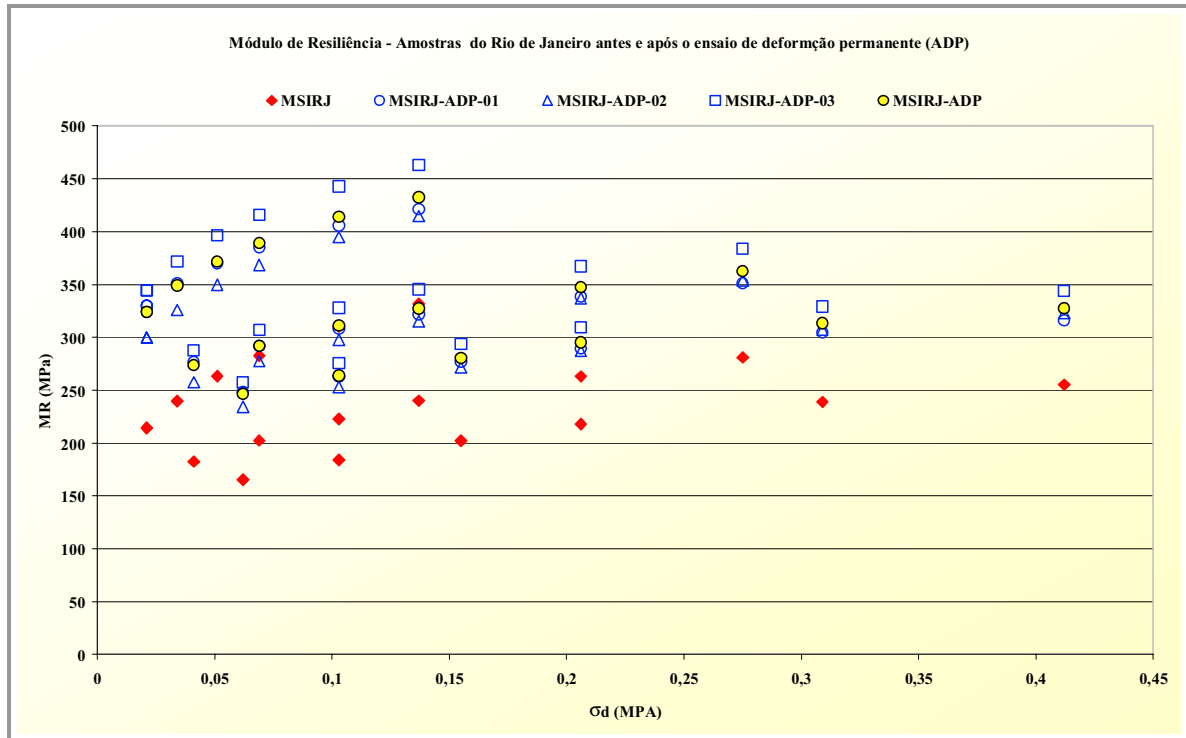


Figura 4.12 - Módulo de Resiliência - Amostras de britas graduadas de RCD do Rio de Janeiro (MSIRJ) antes e após ensaio de Deformação Permanente.

A partir dos resultados de MR expostos na Figura 4.13, observa-se que:

1. Todos os três resultados obtidos após o ensaio de deformação permanente apresentaram MR superiores àqueles apresentados pela amostra MSIRJ. Analisando o MR através dos parâmetros k_2 e k_3 , tem-se que contribuição de k_2 para esta diferença é de aproximadamente de 30% e de k_3 é de 10%;
2. A equação do MR composto também se mostrou adequado para os CPs MSIRJ-ADP, apresentando um fator de correlação $R^2 > 0,95$, conforme listado na Tabela 4.13;
3. Graficamente, pode-se verificar que quanto maior for σ_d maior a convergência entre os resultados de MR, embora esteja contemplado neste módulo a contribuição de k_2 (observação 1).

4.5 Ensaio de abrasão Los Angeles

Como já citado no item 3.6, este ensaio objetiva verificar o desgaste sofrido pelo agregado, quando colocado na máquina “Los Angeles” juntamente com uma carga abrasiva. Este ensaio contemplou os agregados disponibilizados pelas usinas de reciclagem do Catumbi (RJ) e do Estoril (BH): Britas 0 e 1 da primeira usina e as britas corridas de agregados reciclados tipo Misto e de Concreto da última. Na Tabela 4.14 são apresentados os resultados deste ensaio.

Tabela 4.14 – Resultados do Ensaio de Abrasão Los Angeles de Agregados Reciclados de RCD do Rio de Janeiro e Belo Horizonte

Agregado Reciclado	Origem (Usina)	Gradação Los Angeles	Nº de Rotações do Tambor	Nº de Esferas	Massa da Carga Abrasiva (g)	Resultado de Ensaio (An)
Brita 0	Catumbi	C	500	8	3330+20	59
Brita 1	Catumbi	B	500	11	4584+25	66
Brita corrida - Misto	Estoril	A	500	12	5000+25	55
Bitra corrida - Concreto	Estoril	A	500	12	5000+25	52

Na norma NBR 15116 não consta nenhum parâmetro que diga respeito ao Ensaio de Abrasão “Los Angeles”. Adotando as especificações da NBR 11804 para sub-base e base de pavimentos, tem-se que os resultados deste ensaio devem ser inferiores a 55%. Portanto, apenas os agregados da usina do Estoril enquadram-se dentro das especificações. Observa-se que o valor 55% aferido para a brita corrida tipo Misto é igual a 54,7% considerando uma casa decimal. Caso considerada a especificação do DNER que, para uso em revestimento, especifica para o agregado um desgaste de no máximo 50%, todas as amostras possuem desgaste superior a este. Contudo e

principalmente, isso não é relevante quando se empregam estes materiais nas demais camadas do pavimento.

Por outro lado, os resultados disponíveis deste ensaio realizado em agregados reciclados de Brasília (Motta, 1999), 49%, e de Salvador (Carneiro et al, 2001), 45%, apresentam-se inferiores, ou seja, melhores, do que aqueles provenientes de agregados reciclados do Rio de Janeiro e Belo Horizonte.

Por fim, correlacionando os resultados deste ensaio com aqueles de MR, verifica-se que os agregados reciclados com menor desgaste à abrasão, ou seja, as britas corridas de Belo Horizonte, necessariamente não apresentam os maiores resultados de módulo e, quanto a deformação permanente, os agregados reciclados do Rio de Janeiro que sofreram grandes desgastes à abrasão apresentaram pequenos acúmulos de deformações plásticas.

4.6 Ensaio de Índice de Forma

Como citado no capítulo anterior, adotou-se a norma NBR 7809, que prescreve o método através do qual se determina o índice de forma do agregado graúdo com dimensão máxima característica superior a 9,5 mm. A norma NBR 15116 especifica valor inferior a 3,0 como limite ao emprego destes agregados.

Na Tabela 4.15 são apresentados os resultados do ensaio de Índice de Forma da Brita 1 da usina do Catumbi e das britas corridas da usina do Catumbi, respeitada a dimensão máxima supracitada. Todos estes agregados apresentaram-se adequados ao uso segundo a norma NBR 15116, contradizendo a expectativa em contrário calcada no fato destes agregados tipo Misto possuírem visualmente sensível presença de fragmentos aparentemente lamelares cerâmicos oriundos de telhas, pisos e azulejos.

A cubicidade dos agregados reciclados, principalmente aqueles tipo misto, decorre em parte da sua suscetibilidade ao desgaste superficial das partículas. Tal afirmação é facilmente verificável no próprio peneiramento inerente a este ensaio.

A suscetibilidade à fragmentação é outro aspecto relevante. Embora não seja evidente no ensaio de Índice de Forma, certamente contribuirá para a redução destes índices

quando os agregados forem submetidos ao procedimento de compactação, seja em laboratório seja em campo.

Tabela 4.15 – Índice de Forma de agregados reciclados de RCD do Rio de Janeiro e Belo Horizonte

Agregado Reciclado	Origem (Usina)	Índice de Forma (IF)
Brita 1	Catumbi	2,7
Brita corrida - Misto	Estoril	2,8
Brita corrida - Concreto	Estoril	2,9

4.7 Ensaio sobre a massa bruta, ensaio de lixiviação e ensaio de solubilização

Conforme citado no item 3.8, ao contrário dos demais ensaios, estes realizados sobre a massa bruta, de lixiviação e solubilização não foram desenvolvidos nos laboratórios de Geotecnia da COPPE/UFRJ. Duas amostras de agregados reciclados, uma da usina do Catumbi (misto) e outra da usina do Estoril (misto) foram enviadas ao laboratório da empresa TASQA Serviços Analíticos Ltda para este fim, registradas como amostra N°: 08251/04 e amostra N°: 08252/04 respectivamente. A seguir são apresentados os resultados obtidos por esta empresa.

4.7.1 Agregados reciclados tipo Misto da usina do Catumbi

Quanto ao ensaio de Massa Bruta:

Os parâmetros analisados apresentaram concentrações inferiores às indicadas nas Listagens 9 e 10 da norma ABNT/NBR 10004/87.

Quanto ao ensaio de Lixiviado:

Os parâmetros analisados apresentaram concentrações inferiores às indicadas na Listagem 7 da norma ABNT/NBR 10004/87.

Quanto ao ensaio de Solubilizado:

Os parâmetros analisados que estão em destaque na TABELA 4.16 apresentaram concentrações de Alumínio e Fenol superiores às indicadas na Listagem 8 da norma

ABNT/NBR 10004/87. Contudo, segundo a NBR 10004/2004 a concentração de Fenol se encontra abaixo do limite máximo.

Portanto, a partir dos resultados dos parâmetros analisados, esta amostra (coletada em julho de 2003) se classifica como: **Resíduo Classe II (Resíduo Não-Inerte)**

Tabelas 4.16 -Resultados Analíticos Parâmetros Químicos no Lixiviado, Solubilizado e Massa Bruta – Agregado reciclado tipo Misto do Rio de Janeiro

Parâmetros	Amostra Bruta			Lixiviado			Solubilizado		
	Resultado (mg/kg)	LQ (mg/kg)	Lim Máx Res Total (*) (mg/kg)	Resultado (mg/L)	LQ (mg/L)	Lim Máx Lixiviado (**) (mg/L)	Resultado (mg/L)	LQ (mg/L)	Lim Máx Solubilizado (***) (mg/L)
Alumínio							0,29	0,05	0,2
Arsênio	NC	0,14	1000	0,03	0,005	5	0,03	0,005	0,05
Bário				0,15	0,003	100	0,02	0,003	1
Berílio	NC	0,02	100						
Cádmio				<LQ	0,03	0,5	<LQ	0,004	0,005
Chumbo	NC	0,12	1000	<LQ	0,2	5	<LQ	0,003	0,05
Cianeto	NC	0,15	1000				<LQ	0,015	0,1
Cloreto							21,4	2	250
Cobre							<LQ	0,1	1
Cromo Total				<LQ	0,08	5	<LQ	0,013	0,05
Cromo VI	NC	0,4	100						
Dureza							192	0,05	500
Fenóis	NC	0,004	10				0,004	0,001	0,001
Ferro							<LQ	0,1	0,3
Fluoreto				0,29	0,07	150	0,40	0,07	1,5
Manganês							0,02	0,05	0,1
Mercúrio	NC	0,02	100	<LQ	0,0005	0,1	<LQ	0,0005	0,001
Nitrato							4,1	0,1	10
Prata				<LQ	0,05	5	<LQ	0,05	0,05
Selênio	NC	0,2	100	0,06	0,007	1	<LQ	0,007	0,01
Sódio							12,5	0,01	200
Sulfato							<LQ	2	400
Surfactantes							0,11	0,04	0,2
Vanádio	NC	0,2	1000						
Zinco							0,02	0,01	5

NA = Não Aplicável. <LQ = Valor menor que o Limite de Quantificação indicado.

(*) Listagem 9 e 10 da NBR 10.004 (**) Listagem 7 da NBR 10.004 (***) Listagem 8 da NBR 10.004

NC = Não Contratado.

Parâmetros	Solubilizado		Amostra Bruta		Lim Máx Res Total*
	Resultado	LQ	Resultado	LQ	
pH	8,7	0 - 14	6,0	0 - 14	2 - 12,5
Óleos e Graxas (% peso/peso)			<LQ	0,00005	5
Líquidos Livres			NC		

NC = Não Contratado.

4.7.2 Agregados reciclados tipo Misto da usina do Estoril

Quanto ao ensaio de Massa Bruta:

Os parâmetros analisados apresentaram concentrações inferiores às indicadas nas Listagens 9 e 10 da norma ABNT/NBR 10004/87.

Quanto ao ensaio de Lixiviado:

Os parâmetros analisados apresentaram concentrações inferiores às indicadas na Listagem 7 da norma ABNT/NBR 10004/87.

Quanto ao ensaio de Solubilizado:

Os parâmetros analisados mostrados em destaque na TABELA 4.17 apresentaram concentrações superiores às indicadas na Listagem 8 da norma ABNT/NBR 10004/87.

Portanto, a partir dos resultados dos parâmetros analisados, esta amostra (coletada em agosto de 2003) se classifica como: **Resíduo Classe II (Resíduo Não-Inerte)**

Tabelas 4.17 -Resultados Analíticos Parâmetros Químicos no Lixiviado, Solubilizado e Massa Bruta – Agregado reciclado tipo Mistado de Belo Horizonte.

Parâmetros	Amostra Bruta			Lixiviado			Solubilizado		
	Resultado (mg/kg)	LQ (mg/kg)	Lim Máx Res Total (*) (mg/kg)	Resultado (mg/L)	LQ (mg/L)	Lim Máx Lixiviado (**) (mg/L)	Resultado (mg/L)	LQ (mg/L)	Lim Máx Solubilizado (***) (mg/L)
Alumínio							0,40	0,05	0,2
Arsênio	NC	0,1	1000	0,03	0,005	5	0,02	0,005	0,05
Bário				0,15	0,003	100	0,01	0,003	1
Berílio	NC	0,02	100						
Cádmio				<LQ	0,03	0,5	<LQ	0,004	0,005
Chumbo	NC	4	1000	<LQ	0,2	5	<LQ	0,003	0,05
Cianeto	NC	0,3	1000				0,02	0,015	0,1
Cloreto							15,4	2	250
Cobre							<LQ	0,1	1
Cromo Total				<LQ	0,08	5	<LQ	0,013	0,05
Cromo VI	NC	0,4	100						
Dureza							232	0,05	500
Fenóis	NC	0,04	10				<LQ	0,001	0,001
Ferro							<LQ	0,1	0,3
Fluoreto				0,42	0,07	150	0,81	0,07	1,5
Manganês							<LQ	0,05	0,1
Mercurio	NC	0,01	100	<LQ	0,0005	0,1	<LQ	0,0005	0,001
Nitrato							5,4	0,1	10
Prata				<LQ	0,05	5	<LQ	0,05	0,05
Selênio	NC	0,14	100	<LQ	0,007	1	0,02	0,007	0,01
Sódio							5,77	0,01	200
Sulfato							270	2	400
Surfactantes							0,15	0,04	0,2
Vanádio	NC	0,2	1000						
Zinco							<LQ	0,01	5

NA = Não Aplicável. <LQ = Valor menor que o Limite de Quantificação indicado.

(*) Listagem 9 e 10 da NBR 10.004 (**) Listagem 7 da NBR 10.004 (***) Listagem 8 da NBR 10.004

NC = Não Contratado.

Parâmetros	Solubilizado		Amostra Bruta		Lim Máx Res Total*
	Resultado	LQ	Resultado	LQ	
pH	9,2	0 - 14	6,0	0 - 14	2 - 12,5
Óleos e Graxas (% peso/peso)			<LQ	0,00005	5
Líquidos Livres			NC		

NC = Não Contratado.

A partir dos resultados apresentados anteriormente, imagina-se, a princípio, que tanto os materiais produzidos na usina do Catumbi quanto aqueles da usina do Estoril não são adequados a aplicação em pavimentação, pois foram classificados como não inertes. Contudo vale salientar:

1. Resíduos inertes, ou seja, da Classe III, são aqueles que submetidos ao ensaio de Solubilização de Resíduos (NBR 10006) não tiveram, como cita a norma, nenhum dos seus constituintes solubilizados a concentrações superiores ao **padrão de potabilidade** da água, conforme Listagem nº 8 (Anexo H) da norma NBR 10004, excetuando-se os padrões de aspecto cor, turbidez e sabor. Ela cita ainda, como exemplo destes materiais: rochas, tijolos, vidros e certos plásticos e borrachas que não são decompostos prontamente;
2. A norma NBR 10004/87 é de 1987 e não está direcionada a um uso específico do resíduo;
3. Um dos constituintes que apresentou concentração superior àquela preconizada por norma foi o Alumínio, tanto para a amostra do Rio de Janeiro quanto para a de Belo Horizonte. Este, por sua vez, é um metal abundante em solos tropicais, constituindo parte da matéria-prima de artefatos cerâmicos e também estão presentes “in natura” entre os RCD. Fenóis, no caso do Rio de Janeiro, e Selênio, em Belo Horizonte, também tiveram suas concentrações acima dos valores máximos permitidos. Contudo, suas origens vão desde de sabonetes e xampus anticaxa a ligas metálicas, passando por produtos plásticos abundantes em lixos metropolitanos;
4. Em geral, o nível do lençol freático no Brasil se apresenta baixo em relação ao nível do terreno;
5. O pavimento é projetado considerando um sistema de drenagem que o proteja da ação danosa da água.

Contemplando o exposto acima, deve-se, portanto, considerar que tais resultados não inviabilizam o uso de agregados reciclados de RCD. No entanto, estes resultados indicam uma atenção especial ao seu emprego, por exemplo, cuidados a serem tomados com a drenagem de águas superficiais e subterrâneas.

4.8 Aplicação dos resultados de Módulo de Resiliência

Objetivando verificar a viabilidade econômica da utilização dos agregados reciclados de RCD dos Municípios do Rio de Janeiro e de Belo Horizonte, neste capítulo é apresentado um redimensionamento mecânico de um trecho de pavimento da Via Light, estudando a substituição do agregado convencional formador da base (e sub-base) do pavimento por estes agregados artificiais. Esta via foi escolhida por dois motivos básicos:

1. Foi objeto de tese de mestrado (Darous, 2003) defendida na COPPE/UFRJ, contendo todas as informações pertinentes ao dimensionamento mecânico;
2. É uma via de elevado volume de tráfego, expressando a sua importância para a metrópole do Rio de Janeiro.

Por outro lado, foi adotado neste redimensionamento o programa computacional que apresentou os resultados mais satisfatórios segundo Darous em sua tese supracitada: o FEPAVE2 (Finite Element Analysis of Pavement Structures) o qual possibilita a aplicação da elasticidade não-linear, utilizando os módulos de Resiliência dos materiais determinados nos ensaios dinâmicos. Pode-se definir através da análise mecânica a deflexão máxima, a tensão vertical no subleito e da tensão de tração na fibra inferior do revestimento asfáltico. Desta forma, determinando a estrutura que venha a atender ao número de eixos equivalentes de referência, assegura-se a expectativa de vida de fadiga e de deformação permanente.

Apresenta-se uma breve descrição da Via Light e os materiais que compõem o corpo do pavimento, incluindo aí os agregados reciclados, e os resultados relativos a este dimensionamento.

Segundo Darous (2003), a Via Light se destina a ser um corredor rodoviário entre a sede do Município de Nova Iguaçu e o centro da cidade do Rio de Janeiro. O trecho estudado corresponde ao Lote 2: Avenida Brasil/ Madureira.

A pedra selecionada para utilização no projeto foi a Pedreira Ibrata. Para esta, além dos ensaios rotineiramente executados em materiais destinados à execução de

terraplenagem e pavimentos, foram executados, no Laboratório de Geotecnia da COPPE/UFRJ, os Ensaio Triaxiais Dinâmicos, objetivando a obtenção do Módulo de Resiliência da brita a ser utilizada no projeto. Para efeito de projeto, foi utilizado o resultado do ensaio que apresentou menor dispersão, obtendo-se o Módulo de Resiliência Composto equivalente a $MR = 2.769 \sigma_3^{0,421} \sigma_d^{0,075}$ em kgf/cm^2 . Este será o material a ser substituído pelos módulos referentes aos agregados reciclados de RCD. O subleito também foi ensaiado, fornecendo o $MR = 4125 \sigma_3^{0,062} \sigma_d^{-0,473}$ em kgf/cm^2 .

4.8.1 Via Light - Estrutura do pavimento

Como a premissa do redimensionamento da estrutura do pavimento do Trecho 2 da Via Light foi a substituição dos agregados convencionais por aqueles originados de RCD com a manutenção de todos demais materiais e propriedades, apresenta-se abaixo o resultado final para a estrutura desta via, denominada alternativa PR5 (Tabela 4.18), segundo Darous (2003):

Tabela 4.18 – Via Light / Trecho 2 - Alternativa PR5 (Darous, 2003)

Camada	Material	MR (kgf/cm^2)	μ^*	Espessura (cm)
Capa	CBUQ na Faixa nº IV A do Instituto de Asfalto (CAP-40)	50.000	0,35	15
Binder	CBUQ na Faixa B do DNER (CAP-40)	50.000	0,35	
Base	Brita Corrida (pedreira IBRATA)	$2.769 \sigma_3^{0,421} \sigma_d^{0,075}$	0,5	17
Sub-base	Brita Corrida (pedreira IBRATA)	$2.769 \sigma_3^{0,421} \sigma_d^{0,076}$	0,5	18
Subleito	Argila Amarela (jazida pertencente a H. J. Rodrigues Melo Ltda)	$4.125 \sigma_3^{0,062} \sigma_d^{-0,473}$	0,5	-

Observação:

1. μ = Coeficiente de Poisson
2. (*) O programa FEPAVE não aceita valores para o Coeficiente de Poisson iguais a 0,5.

Vale ressaltar que Darous adotou para os critérios de ruptura (fadiga das camadas betuminosas e acúmulo de deformações plásticas) os seguintes valores:

1. Fadiga das camadas betuminosas
 - Deformação específica horizontal máxima de tração ($\epsilon_{tl,m}$) = $8,61 \times 10^{-5}$, determinada pelo critério do Instituto de Asfalto para o número N de projeto = $2,08 \times 10^7$ (AASHTO);

2. Acúmulo de deformações plásticas

- Deformações específicas verticais de compressão ($\epsilon_{v_{lim}}$) ocorrentes no topo da camada de subleito = $-2,45 \times 10^{-4}$, determinado segundo a expressão do Instituto de Asfalto para o mesmo N.

Contudo, como o programa FEPAVE fornece as tensões verticais no topo do subleito, considera-se a média dos MRs ao longo do subleito e a aplica à equação desenvolvida por Heukelom e Klomp (equação 2.8) para a determinação da tensão vertical limite, verificando, assim, o atendimento do projeto ao Critério de “Acúmulo de Deformações Plásticas”.

4.8.2 Via Light – Redimensionamento

No redimensionamento da estrutura do pavimento desta via, consideraram-se as seguintes amostras de agregados reciclados: MIIRJ, MIMRJ, MIBH e MMBH (Quadro 3.1).

A princípio, a substituição dos agregados da base e da sub-base ocorreu considerando como ponto de partida as espessuras de camadas da alternativa PR5, mantendo-se invariável a espessura da camada de revestimento (15 cm) como mostrado na Tabela 4.19. Obteve-se a espessura de 20 cm para a base composta por qualquer das quatro amostra acima, considerando desprezível a diferença máxima de 3,6% encontrada entre a deformação de tração limite e a deformação de tração obtida para a base composta pela amostra MIBH.

A partir daí, procurou-se verificar a possibilidade da redução da espessura do revestimento, assim otimizando economicamente o projeto. Na Tabela 4.19 constam os resultados finais para as estruturas do pavimento associadas ao uso de cada uma destas amostras.

Ressalta-se que, ao contrário da deformação de tração que foi um fator limitante para a determinação da espessura da camada de base, a tensão vertical no topo do subleito

(σ_{vsl}) mostrou-se em todos os casos muito inferior àquela obtida pela equação de Heukelom e Klomp para o mesmo tráfego ($1/18 \sigma_{vim}$).

Tabela 4.19 – Via Light/Trecho 2 - Resultado final para as espessuras das camadas de pavimento

Amostra Camada	Espessuras (cm)				
	MIIRJ	MIMRJ	MIBH	MMBH	MIIRJR
Revestimento	15	15	15	15	14
Base	20	20	20	20	13
$\epsilon_{t_{lim}}$	$8,71 \times 10^{-5}$	$8,64 \times 10^{-5}$	$8,92 \times 10^{-5}$	$8,72 \times 10^{-5}$	$8,87 \times 10^{-5}$
σ_{vsl}^{**}	0,351	0,354	0,336	0,349	0,511

(**) Tensão vertical no topo subleito em kgf/cm².

MIIRJR = alternativa que contempla o uso da amostra MIIRJ com alteração da camada de revestimento.

Por fim, pode-se verificar que, além da redução do volume da base a ser adotada e/ ou do revestimento, a utilização do agregado reciclado ainda se mostra atrativa economicamente quando se considera o custo destes materiais e aqueles convencionais. Na Usina do Catumbi, no ano de 2003, o valor praticado de venda era de R\$ 10,00 / m³ (fonte: Fernando Afonso, sócio proprietário da usina). Na Usina do Estoril, por sua vez, o custo de seus agregados girava em torno de R\$ 8,75 / m³, nesta mesma época, agosto de 2003 (fonte: Miriam Jesus Coelho, gerente da usina). Por outro lado, o preço do m³ de brita corrida no município do Rio de Janeiro era aproximadamente igual R\$ 24,00 (fonte: EMOP, março de 2003).

CAPÍTULO 5

CONCLUSÕES E SUGESTÕES DE PESQUISAS FUTURAS

A caracterização mecânica dos agregados reciclados de RCD dos municípios do Rio de Janeiro e Belo Horizonte para uso em pavimentação apresentada nesta tese, objetivou atender a três aspectos: técnico, econômico e sócio-ambiental.

Com base nos estudos realizados foi possível obter as seguintes conclusões:

O uso dos agregados reciclados de RCD estudados nesta pesquisa é viável tecnicamente, economicamente motivador, ambientalmente benéfico e, além disso, uma resposta à necessidade de crescimento sustentável não apenas de um município, mas de um país, caracterizando a adoção da “filosofia” da racionalidade, da filosofia da preservação.

Considerando o redimensionamento do projeto da Via Light/Trecho 2, o uso de agregados reciclados se mostrou viável economicamente, seja pelo menor preço deste material em relação àqueles convencionais, seja pelo menor consumo dos mesmos.

A compactação para obtenção dos corpos-de-prova para ensaio de Módulo de Resiliência impõe uma alteração na composição granulométrica destes materiais de RCD, percebendo-se um aumento de partículas entre o material passante na peneira nº 10 e retido na nº 40, decorrente da quebra de partículas.

A granulometria, a energia de compactação, o tipo de material e a origem dos agregados reciclados influenciam pouco nos resultados obtidos no ensaio de compactação para a umidade ótima (w_{ot}) para o peso específico aparente seco máximo (γ_{secmax}), em especial para as amostras do Rio de Janeiro, embora as amostras sejam originadas de materiais tão heterogêneos como os RCD.

A composição granulométrica, a energia de compactação e a origem (municípios do Rio de Janeiro e de Belo Horizonte) exercem pouca influência no valor do Módulo de Resiliência. O tipo de material, de Concreto ou Misto, é o principal responsável na

diferenciação dos resultados deste ensaio. Agregados tipo de Concreto apresentam MR superior.

Os valores de MR têm a mesma ordem de grandeza daqueles apresentados por materiais britados convencionais de uso corrente em base de ruas da cidade do Rio de Janeiro caracterizados em estudos por Ramos (2003).

A equação para o MR proposto por Hicks (1970) não representa adequadamente o agregado reciclado de RCD, seja em função de σ_3 ($R^2 < 0,60$) seja, principalmente, em função de σ_d . Por outro lado, o módulo composto por estas duas tensões proposto por Macêdo (1996) e se ajusta satisfatoriamente.

A deformação permanente dos materiais estudados é muito mais sensível à distribuição granulométrica e à energia de compactação, analisadas em conjunto, do que ao Módulo de Resiliência.

Quanto ao ensaio de Abrasão Los Angeles, todas as amostras estudadas apresentaram desgaste superior àquele admitido pela especificação do DNER para base. Verifica-se porém que os agregados reciclados com menor desgaste à abrasão, (as britas corridas de Belo Horizonte) necessariamente não apresentam os maiores resultados de módulo. Quanto a deformação permanente, os agregados reciclados do Rio de Janeiro que sofreram grandes desgastes à abrasão apresentaram pequenos acúmulos de deformações plásticas.

Quanto ao Índice de Forma (NBR 7809), todos os agregados estudados se apresentaram adequados ao uso segundo a norma NBR 15116. A cubicidade dos agregados reciclados verificada neste ensaio, principalmente aqueles tipo Misto, decorre em parte da suscetibilidade ao desgaste superficial das partículas, verificável no próprio peneiramento inerente a este ensaio. Embora não seja evidente no ensaio de Índice de Forma, a suscetibilidade à fragmentação contribui para a redução destes índices, quando os agregados reciclados são submetidos ao procedimento de compactação, seja em laboratório seja em campo.

Nos ensaios de massa bruta e de lixiviação as amostras passaram nos limites da norma NBR 10004/87. Os ensaios de solubilização apresentaram concentrações superiores, de Alumínio e Fenóis (este último está abaixo do limite para a NBR 10004/2004) para agregados do município do Rio de Janeiro e de Alumínio e Selênio para aqueles de Belo Horizonte, àquelas indicadas na Listagem 8 da norma ABNT/NBR 10004/87. Portanto, as amostras estudadas destas metrópoles são classificadas como Resíduo Classe II (Resíduo Não-Inerte). No entanto, tal resultado não inviabiliza o uso de agregados reciclados de RCD.

Como sugestão de novos estudos, recomenda-se:

- Dosar as britas graduadas e/ou corridas de agregados reciclados a partir da distribuição granulométrica resultante dos ensaios de compactação e de Módulo de Resiliência, realizando novamente estes ensaios de forma a verificar a distribuição granulométrica mais adequada, no que diz respeito aos valores de MR, e otimizar a produção de agregados nas usinas com vistas à aplicação dos mesmos em bases e sub-bases de pavimento;
- Realizar novos ensaios de MR, considerando a mistura dos agregados reciclados tipo Misto e de concreto de Belo Horizonte, visando gerar uma nova alternativa ao fornecimento de material à pavimentação com a redução das atividades de triagem dos mesmos;
- Submeter novas amostras a ensaios de MR, objetivando verificar se a alteração da “cultura do desperdício” e a reforma e demolição de edificações mais recentes nos municípios do Rio de Janeiro e Belo Horizonte implica em uma variação sensível nos valores deste módulo. Isso seria uma nova variável na pesquisa: o fator tempo;
- Realizar ensaios de MR de uma amostra de agregado reciclado em CPs de várias idades, observando a existência do efeito pozolânico;

- Desenvolver mais ensaios de deformação permanente, com maior número e maior diversidade de amostras, considerando diferentes níveis de tensão e um número grande de aplicações de carga;
- Ensaiar segundo a Abrasão Los Angeles britas graduadas e não mais as britas 0 e 1 provenientes da usina do Catumbi no Rio de Janeiro, verificando a adequação maior ou menor da mistura ao desgaste superficial;
- Verificar o quanto a suscetibilidade à fragmentação das partículas cerâmicas altera os resultados do ensaio de Índice de Forma, a partir de agregados reciclados submetidos ao procedimento de compactação, caracterizando a forma efetiva do material na base e sub-base dos pavimentos, ou seja, qual a forma do material que estará intertravado (“interlocking”) nestas camadas;
- Ensaiar novas amostras de agregados de Belo Horizonte e do Rio de Janeiro quanto à lixiviação e solubilização, verificando se a classificação de resíduos não-inerte (classe II) persiste ao longo do tempo ou se está constatação é apenas pontual, e segundo a nova norma NBR 10004 de 30 de novembro de 2004.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT NBR 5734 – Peneiras para ensaio com tela de tecido metálico.

ABNT NBR 7809/83 – Agregado graúdo – Determinação do índice de forma pelo método do paquímetro.

ABNT NBR 15113 - Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes - Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação.

ABNT NBR 15114 - Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – Áreas de reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação.

ABNT NBR 15115 - Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos.

ABNT NBR 15116 - Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos.

ABNT NBR 10004/87 – Resíduos Sólidos – Classificação.

ABNT NBR 10004/2004 – Resíduos Sólidos – Classificação.

ABNT NBR 10005/87 – Lixiviação de resíduos – Procedimentos.

ABNT NBR 10005/2004 – Lixiviação de resíduos – Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos.

ABNT NBR 10006/87 – Solubilização de resíduos – Procedimentos.

ABNT NBR 10006/2004 – Solubilização de resíduos – Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos.

ABNT NBR 10007/87 – Amostragem de resíduos – Procedimentos.

ABNT NBR 10007/2004 – Amostragem de resíduos.

ABNT NBR 14598:2000 – Produtos de petróleo – Determinação do ponto de fulgor pelo aparelho de vaso fechado *Pensky-Martens*.

Afonso, Fernando J. A. (2004 - Pesquisa em andamento). COPPE/UFRJ.

Bodi, Janos; Brito Filho, J.A.; Almeida, S. “Utilização de entulho de construção civil reciclado na pavimentação urbana”. In: *anais da 29ª Reunião Anual de Pavimentação*, v. 3, pp 408-436, Cuiabá, out.1995.

Buttler, A M., 2003, “Concreto com agregados graúdos reciclados de concreto – influência da idade de reciclagem nas propriedades dos agregados e concretos reciclados”. 199 f. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

Carneiro, Alex P.; Quadros, Bárbara E.; Oliveira, Ana M. et al , “Características do entulho e do agregado reciclado”. In: *Reciclagem de Entulho para a Produção de Materiais de Construção*, Editora da UFBA, pp 142-187, 2001.

Carneiro, Alex P.; Burgos, Paulo C. & Alberte, Elaine P., “Uso do agregado reciclado em camadas de base e sub-base de pavimentos”. In: *Reciclagem de Entulho para a Produção de Materiais de Construção*, Editora da UFBA, pp 188-227, 2001.

Cassa, José C. S.; Carneiro, Alex P.; Brum, Irineu A.. & Costa, Dayana B., “Diagnóstico dos setores produtores de resíduos na região metropolitana de Salvador/BA” . In: *Reciclagem de Entulho para a Produção de Materiais de Construção*, Editora da UFBA, pp 46-75, 2001.

Ciocchi, Luis, 2003, “Reciclagem de concreto”, Associação dos Engenheiros Civis do Estado Pará, pp 1-3. Site: www.engepara.com.br/artigo06102006.htm

Darous, João, 2003, “Estudo comparativo entre sistemas de cálculo de tensões e deformações utilizados em dimensionamento de pavimentos asfálticos novos”. (COPPE/ UFRJ, M.Sc.,Engenharia Civil, 2003).

DNER, 1996, “Manual de Pavimentação”, IPR/DNER/ABNT ,Publicação 697, 2º Edição, Rio de Janeiro, Brasil, pp.320.

DNER-ME 035/98 – Agregados – determinação da abrasão “Los Angeles”.

DNER-ME 041/94 – Solos – preparação de amostras para ensaio de caracterização.

DNER-ME 051/94 – Solos – Análise granulométrica.

DNER-ME 082/94 – Solos – Determinação do limite de plasticidade.

DNER-ME 083/98 – Agregados – Análise granulométrica.

DNER-ME 084/95 – Agregado miúdo – Determinação da densidade real.

DNER-PRO 120/97 – Coleta de amostra de agregados.

DNER-ME 122/94 – Solos – Determinação do limite de liquidez – método de referência e método expedito.

DNER-ME 129/94 – Solos – Compactação utilizando amostras não trabalhadas.

DNER-ME 131/94 – Solos – Determinação do módulo de resiliência.

DNER-ME 162/94 - Solos – Ensaio de compactação utilizando amostras trabalhadas.

DNER-PRO 199/96 – Redução de amostra de campo de agregados ara ensaio de laboratório.

DNER-ES 303/97 Base estabilizada granulometricamente.

Espinosa, Vicente R. P., 1987, “Ensaio triaxiais de carga repetida de uma brita”, Tese de M.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

Ferreira, J. G. H. M., 2002, “Elaboração e Análise da Base de Dados de Ensaio Triaxiais Dinâmicos da COPPE/UFRJ, Tese de M.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

Hicks, R.G., 1970, “Factors Influencing the Resilient Properties of Granular Materials”, Tese de PhD, Universidade da Califórnia, Berkeley.

Huisman, C.L. & Briston, R.A. Recycled Portland cement concrete specifications and control in Federal Highway Administration (FHWA) in: National Seminar on PCC Pavement recycling and rehabilitation, St Louis, Missouri USA 1981. Federal Highway Administration .Proceedings Report FHWA- TS -82-208 -1981. pp. 140-143. /9358

John, V. M. & Agopyan V. “Reciclagem de resíduos da construção”. In: *SEMINÁRIO - RECICLAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES*, 2001, São Paulo. Anais São Paulo : Secretaria de Estado do Meio Ambiente/CETESB, 2001p.

Jucá, José F. T. “Disposição final dos resíduos sólidos urbanos no Brasil”. In: *5º CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOTECNIA AMBIENTAL .REGEO’2003*. Porto Alegre, RS. 2003. 32p.

Latterza, L. M., 1998, “Concreto com agregado graúdo proveniente da reciclagem de resíduos de construção e demolição: um novo material para fabricação de painéis leves de vedação”. 116 f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

Leite, M. B. & Molin, D. D., 2002, “Avaliação da atividade pozolânica do material cerâmico presente no agregado reciclado de resíduo de construção e demolição”. *Sitientibus*, Feira de Santana, n.26, p.111-130, jan./jun. 2002

Leite, M. B., 2001, “Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição”. 270 f. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Levy, S. M. & Helene, P. “Durabilidade de concretos produzidos com resíduos minerais de construção civil: práticas recomendadas”. In: *SEMINÁRIO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL: PRÁTICAS RECOMENDADAS*, 3., 2000, São Paulo: CT 206 Meio Ambiente, pp.3-14, 2000.

Levy, S. M., 2001, “Contribuição ao estudo da durabilidade de concretos produzidos com resíduos de concreto e alvenaria”. 184 f. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica. Universidade de São Paulo, São Paulo.

Levy, S. M., 1997, “Reciclagem do entulho de construção civil, para utilização como agregado de argamassas e concretos”. 147 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica. Universidade de São Paulo, São Paulo.

Lima, J.A. Ribeiro; Proposição de Diretrizes para Produção e Normalização de Resíduo de Construção Reciclado e suas Aplicações em Argamassas e Concretos. São Paulo, 1999 240p. Dissertação (Mestrado) Escola de Engenharia de São Carlos Universidade de São Paulo.

Macêdo, J. A. G., 1996, “Interpretação de Ensaios Deflectométricos para Avaliação Estrutural de Pavimentos Flexíveis- A Experiência com FWD no Brasil”, Tese de D.Sc, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

Medina, J., 1997, “Mecânica dos Pavimentos”, editora UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil.

Motta, L. M. G., 1991, “Métodos de Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis; Critério de Confiabilidade e Ensaio de Cargas Repetidas”, Tese de Doutorado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil.

Motta, L. M. G., 1999, “Discussão sobre utilização de entulho em pavimentação”. Relatório Interno - COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil.

Motta, L.; Fernandes, C., “Utilização de resíduo sólido da construção civil em pavimentação urbana.” In: *anais da 12ª Reunião Anual de Pavimentação*, Aracaju, nov. 2003.

Nunes, Kátia R. A. “Avaliação de investimentos e de desempenho de centrais de reciclagem para resíduos sólidos de construção e demolição”. 2004. 276 p. (COPPE/UFRJ, D.Sc., Engenharia de Produção, 2004).

Pallás, Carmen Martorelli. La Secretaria General. Plan Nacional de Residuos de la Contrucción y Demolición 2001-2006. Resolución de 14 de junio de 2001, Madrid.

Pinto, S. “Materiais pétreos e concreto asfáltico: conceituação e dosagem”. Departamento de Engenharia de Fortificação e Construção/IME. Rio de Janeiro, RJ. 1998. 82p.

Portaria 32/SIURB G/2003 - PMSP/SP ETS - 001/2002 - Camadas de reforço do subleito, sub-base e base mista de pavimento com agregado reciclado de resíduos sólidos da construção civil.

Preussler, E. S, 1978, “Ensaio Triaxiais Dinâmicos e um solo Arenoso”, Tese de M.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

Ramos, C. R., 2003. “Estudo para o Desenvolvimento de um Catálogo de Pavimentos flexíveis do Município do Rio de Janeiro”. Rio de Janeiro. 301 p. (COPPE/UFRJ, M.Sc., Engenharia Civil, 2003)

Ravindrarajah, R. S. & Tam, T. C. “Properties of concrete made with crushed concrete as coarse aggregate”. Magazine of Concrete Research. Vol. 37 nº130 march 1985 pp.29-38.

Resolución de 14-06-2001. Plan nacional de residuos de construcción y demolición (2001-2006). Ediatec S.L., 1 ed. Madrid, España.

Resolução CONAMA Nº 307 de julho de 2002.

Ribeiro, E. M.; Almeida, I. R.; Prudêncio, W. J. “Pesquisa de agregados graúdos do Rio de Janeiro para a produção de concretos de alto desempenho”. In: *45º Congresso Brasileiro do Concreto*. Vitória-ES. 2003. p 117, material digital em CD.

Silva, P. D. E. A. (1995). Contribuição para o Aperfeiçoamento do Emprego do Programa FEPAVE2 em Estudos e Projetos de Pavimentos Flexíveis. Tese de Mestrado, COPPE/ UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater – American Public Health Association – Ed. 20th (1998).

Terra, L. Eulálio; “Finos de Pedreira para Confeção de Concreto Estrutural . Práticas Recomendadas” In: *SEMINÁRIO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL, II.* , São Paulo 1999. ANAIS IBRACON CT- 206 1999. pp. 65-71

Triches, G.; Kruckyj, P.R. “Aproveitamento de entulho da construção civil na pavimentação urbana” In: Congresso Brasileiro de Geotecnia Ambiental 4., São José dos Campos, São Paulo, 1999.

Vianna, A.A. D. C., 2002, “Contribuição para o Estabelecimento de um Material Padrão e de Metodologia para Calibração de Equipamentos de Ensaio Dinâmicos”, Tese M.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

Vizzoto, Marcelo, 2003, “Entulho da construção civil em Manaus: um estudo de caso”, Tese M.Sc., Pró-reitoria de Pesquisas e Pós-graduação/UFAM, Manaus, AM, Brasil.

Zordan, S. E., 1997, “A utilização do entulho como agregado, na confecção do concreto”. 140 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia Civil - FEC, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

Building Contractors Society of Japan B.C.S.J. Proposed standard for the use of recycled aggregate and recycled aggregate concrete. Committee on Disposal and Reuse of Construction Waste (1977)

Commissie voor Uitvoering van Research CUR Betonpuingranulaaten Metselwerkpuins Granulaat als Toeslagsmaterial van Beton. Commissie voor Uitvoering van Research ingesteld door de Betonvereniging, Rapport 125- 1986

DIF Proposed amendment to the Danish concrete code: use of recycled demolition rubble - 1989 Dansk Beton,6, n°4.

DNER, 1997, “Especificações Gerais para Obras Rodoviárias do DNER”, IPR/DNER/ABNT , Pavimentos Flexíveis, V. III/IV, 1ª edição, Rio de Janeiro, Brasil.

Hansen, T. C. & Narud, H. Strength of recycled concrete made from crushed concrete coarse aggregate Concrete International - Design and construction, 5 n, pp 79-83- 1983

Hansen, T.C. “Recycled of demolished concrete and masonry”. London: Chapman & Hall, 1992. 316p. Part One: Recycled aggregates and recycled aggregate concrete, p. 1-160. (RILEM TC Report 6).

Heukelom, W., Klomp, A. J. G., 1962, “Dynamic Testing as a Means of Controlling Pavements During and After Construction”, 1ª International Conference of Structural Design of Asphalt Pavements, Michigan University, Ann Arbor, pp.667-669.

Huang, Yang H., 1993, “Pavement Analysis and Design”. 1 ed. New Jersey. Prentice-Hall, Inc.

Müller, C, “Requirements on concrete for future recycling”, Aachen University of Technology, Germany. Site: www.b-I-m.de/public/ibac/mueller.htm

Pinto, S.; Preussler, Ernesto, 2002, “Pavimentação rodoviária: conceitos fundamentais sobre pavimentos flexíveis”, COPIARTE Copiadora e Artes Gráficas, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

Paute, J. L; Martinez, J., 1982, “Structural finite element design of unbound material pavement from cycle loading triaxial tests”, In: Proc., *Fifth Int. Conference on the Structural Design of Asphalt Pavements*, Delft.

Souza, Murillo Lopes de , 1981, “Método de projeto de pavimentos flexíveis”. 3 ed. Rio de Janeiro, IPR. (IPR. Publ. 667).

RILEM TC 121-DRG RILEM RECOMMENDATION Specifications for concrete with recycled aggregates *Materials and Structures* 1994, pp. 557 – 559

Sagoe-Crentsil, K.K. & Brown, T. 1998, 'Performance requirements of building products derived from construction and demolition waste', *Proc. CIB World Building Congress, 'Construction and the Environment'*, Gavle, Suécia, 7–12 June 1998

Stancati, Gene; Nogueira, João B.; Vilar, Orenco M., “Ensaio de laboratório em Mecânica dos Solos”, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, Brasil, 1981.

Vazquez, Enric; Utilización de Resíduos en La C.E.E. Aspectos Políticos y Ambientales, in *RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL, ALTERNATIVA ECONOMICA PARA PROTEÇÃO AMBIENTAL (SEMINÁRIO)*, São Paulo 1997, ANAIS São Paulo CT 206 IBRACON p 64 .66.

Zordan, S. E., “Entulho da indústria da construção civil”, *Fichas Técnicas*, pp 1-9. Site: www.reciclagem.pcc.usp.br/entulho_ind_ccivil.htm

Anexo 1

Resultados de ensaios de caracterização
PBH / SUDECAP / Diretoria de Manutenção

PBH - SUDECAP - DIRETORIA DE MANUTENÇÃO

MATERIAL RECICLADO DA CONSTRUÇÃO CIVIL

ENSAIOS DE CARATERIZAÇÃO

	Próctor Normal	Próctor Intermediário	Próctor Modificado
CBR	38,5	70,6	116,0
Expansão (%)	0	0	0
Umidade ótima (%)	14,3	16,4	16,2
Densidade Máxima Seca (t/m ³)	1,628	1,690	1,723

GRANULOMETRIA ANTES DA COMPACTAÇÃO

Peneiras	% Passada
1 1/2"	100,0
1"	98,6
3/4"	95,4
1/2"	86,0
3/8"	77,4
Nº 04	58,0
Nº 10	45,0
Nº 20	37,2
Nº 40	26,9
Nº 250	22,6
Nº 100	14,8
Nº 200	12,3

GRANULOMETRIA DEPOIS DA COMPACTAÇÃO

Peneiras	% Passada
3/4"	100,0
1/2"	93,6
3/8"	85,1
Nº 04	65,7
Nº 10	53,0
Nº 20	40,8
Nº 40	29,7
Nº 250	25,4
Nº 100	19,6
Nº 200	18,6

Classificação H.R.B. = A - 1 - a
Índice de grupo = 0

Anexo 2

Ensaaios de Granulometria
Folhas de ensaio

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DE AGREGADOS

Material:	Brita 1 - Entulho Catumbi/RJ	Projeto:	Tese de Mestrado Cinconegui
------------------	------------------------------	-----------------	-----------------------------

AMOSTRA 1

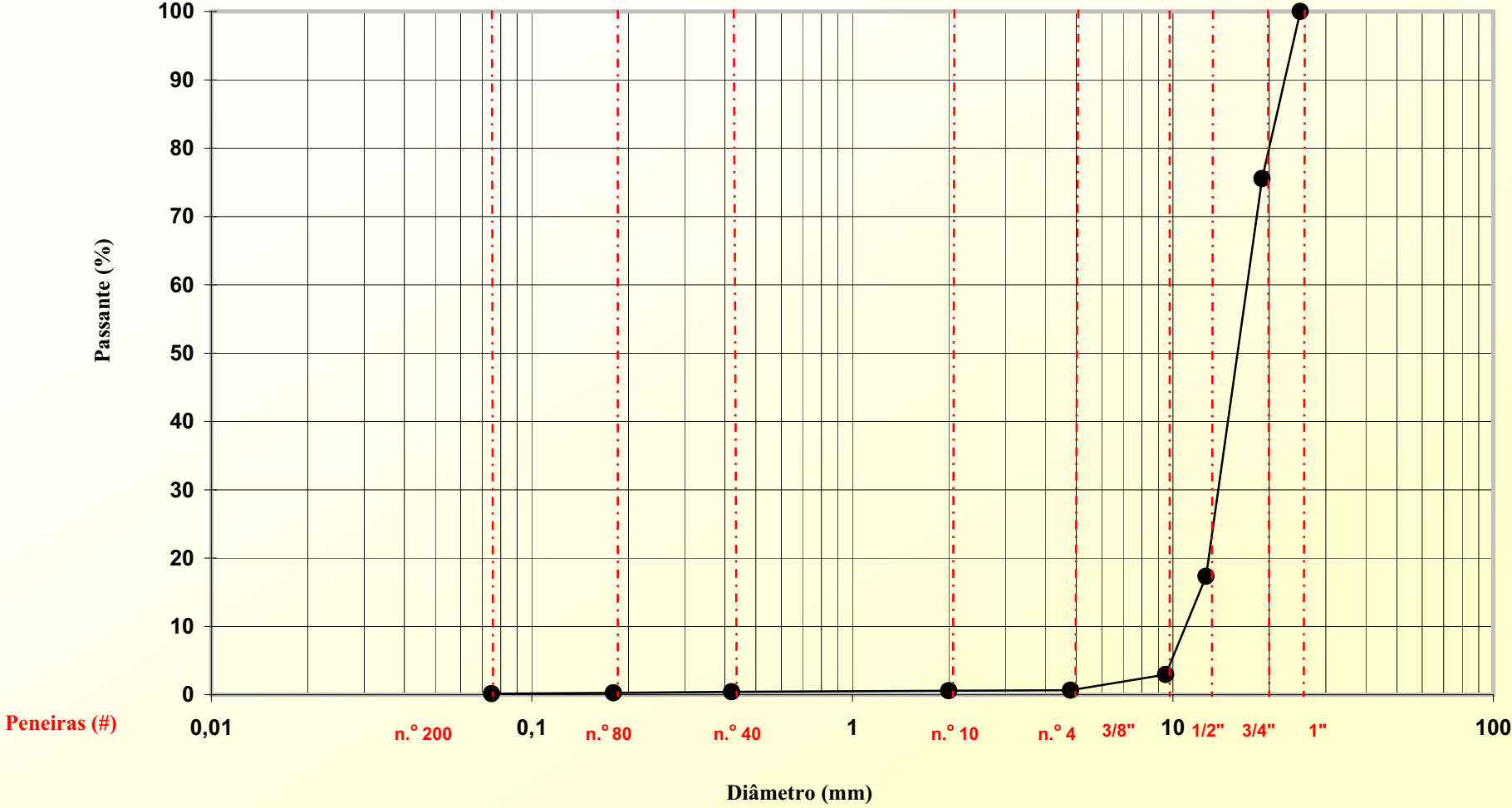
Peneiras		Retido				Passante	Média %
#	mm	Peso Acum.	Peso	%	% Acum.	%	
1"	25	0,0	0,0	0,00	0,00	100,00	100,00
3/4"	19	338,4	338,4	26,81	26,81	73,19	75,54
1/2"	12,7	1057,5	719,1	56,98	83,80	16,20	17,33
3/8"	9,5	1219,1	161,6	12,81	96,60	3,40	2,97
nº 04	4,8	1253,8	34,7	2,75	99,35	0,65	0,65
nº 10	2	1254,8	1,0	0,08	99,43	0,57	0,59
nº 40	0,42	1256,9	2,1	0,17	99,60	0,40	0,42
nº 80	0,18	1258,5	1,6	0,13	99,72	0,28	0,28
nº 200	0,075	1260,0	1,5	0,12	99,84	0,16	0,16
Fundo		1262,0	2,0	0,16	100,00	0,00	0,00
			1262,00	100,00			

AMOSTRA 2

Peneiras		Retido				Passante
#	mm	Peso Acum.	Peso	%	% Acum.	%
1"	25	0,0	0,0	0,00	0,00	100,00
3/4"	19	272,6	272,6	22,10	22,10	77,90
1/2"	12,7	1006,1	733,5	59,46	81,55	18,45
3/8"	9,5	1202,4	196,3	15,91	97,46	2,54
nº 04	4,8	1225,8	23,4	1,90	99,36	0,64
nº 10	2	1226,1	0,3	0,02	99,38	0,62
nº 40	0,42	1228,4	2,3	0,19	99,57	0,43
nº 80	0,18	1230,2	1,8	0,15	99,72	0,28
nº 200	0,075	1231,6	1,4	0,11	99,83	0,17
Fundo		1233,7	2,1	0,17	100,00	0,00
			1233,70	100,00		

PPE/UFRJ	PROGRAMA DE ENGENHARIA CIVIL		
CLIENTE: Cinconegui	LAB. DE GEOTECNIA - PAVIMENTAÇÃO		
	AMOSTRA: Agregado rec. misto - Usina do Catumbi		
OPERADOR: Cinconegui	Rio de Janeiro		
RECEBIDO EM ___/___/___	DATA: 3/8/03	REG.LAB.	

**Curva Granulométrica - Agregado reciclado tipo Misto - Brita 1
Rio de Janeiro-RJ**



ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DE AGREGADOS

Material:	Brita 0 - Entulho Catumbi/RJ	Projeto:	Tese de Mestrado Cinconegui
------------------	------------------------------	-----------------	-----------------------------

AMOSTRA 1

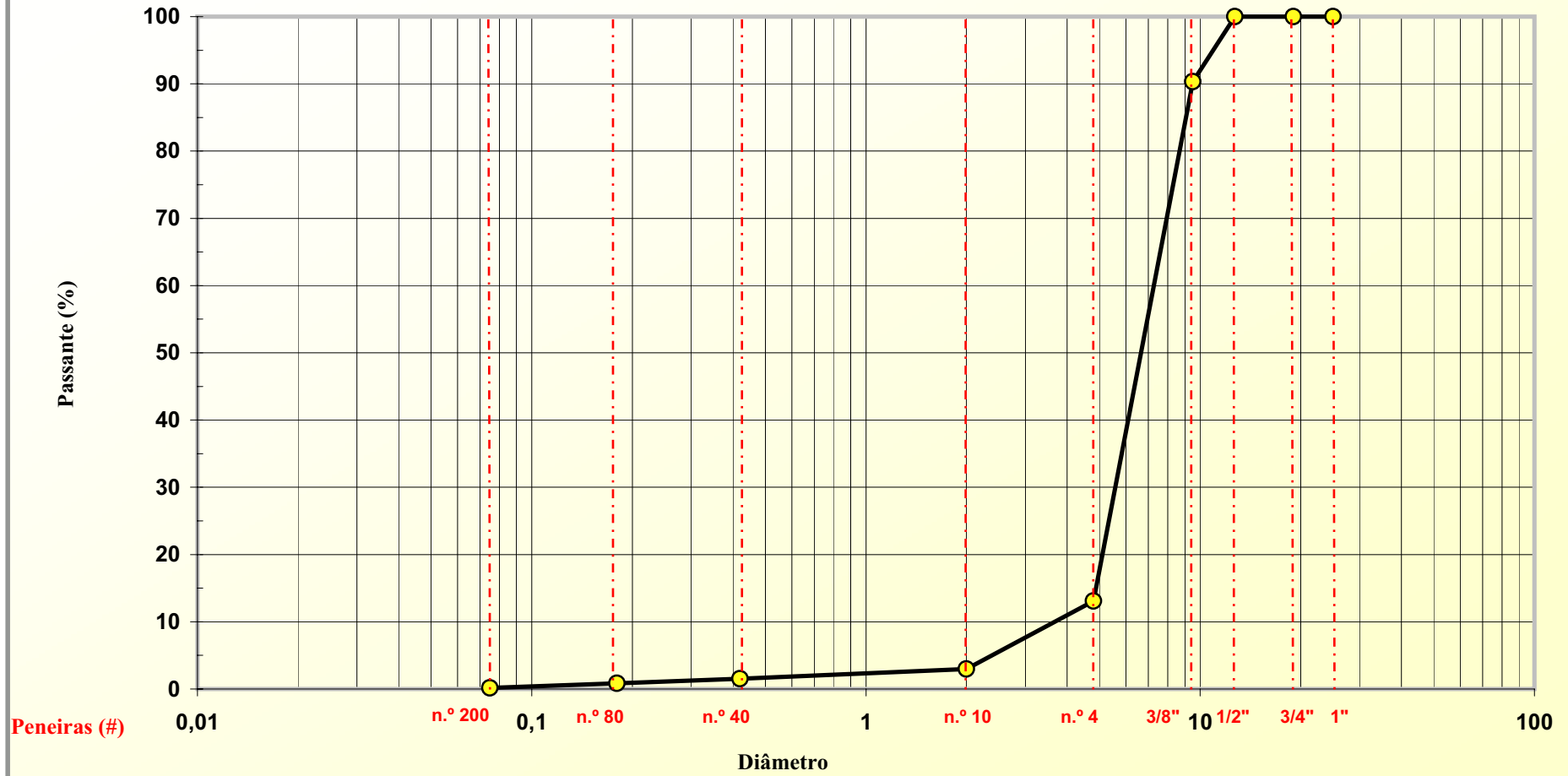
Peneiras		Retido				Passante	Média %
#	mm	Peso Acum.	Peso	%	% Acum.	%	
1"	25	0,0	0,0	0,00	0,00	100,00	100,00
3/4"	19	0,0	0,0	0,00	0,00	100,00	100,00
1/2"	12,7	0,0	0,0	0,00	0,00	100,00	100,00
3/8"	9,5	134,5	134,5	11,23	11,23	88,77	90,34
nº 04	4,8	1092,8	958,3	80,01	91,24	8,76	13,10
nº 10	2	1185,8	93,0	7,76	99,01	0,99	2,96
nº 40	0,42	1188,9	3,1	0,26	99,27	0,73	1,52
nº 80	0,18	1191,5	2,6	0,22	99,48	0,52	0,83
nº 200	0,075	1195,8	4,3	0,36	99,84	0,16	0,18
Fundo		1197,7	1,9	0,16	100,00	0,00	0,00
			1197,70	100,00			

AMOSTRA 2

Peneiras		Retido				Passante
#	mm	Peso Acum.	Peso	%	% Acum.	%
1"	25	0,0	0,0	0,00	0,00	100,00
3/4"	19	0,0	0,0	0,00	0,00	100,00
1/2"	12,7	0,0	0,0	0,00	0,00	100,00
3/8"	9,5	96,9	96,9	8,09	8,09	91,91
nº 04	4,8	989,0	892,1	74,48	82,57	17,43
nº 10	2	1138,8	149,8	12,51	95,07	4,93
nº 40	0,42	1170,2	31,4	2,62	97,70	2,30
nº 80	0,18	1184,0	13,8	1,15	98,85	1,15
nº 200	0,075	1195,4	11,4	0,95	99,80	0,20
Fundo		1197,8	2,4	0,20	100,00	0,00
			1197,80	100,00		

PE/UFRJ	PROGRAMA DE ENGENHARIA CIVIL	
CLIENTE: Cinconegui	LAB. DE GEOTECNIA - PAVIMENTAÇÃO	
OPERADOR: Cinconegui	AMOSTRA: Agregado rec. misto - Usina do Catumbi	
RECEBIDO EM ___/___/___	Rio de Janeiro-RJ	DATA: 3/8/03 REG.LAB.

Curva Granulométrica - Agregado reciclado misto - Brita 0
Rio de Janeiro-RJ



GRANULOMETRIA - PENEIRAMENTO FINO E GROSSO

PESO AMOSTRA SECA		UMIDADE HIGROSCÓPICA			
amostra total umida	3901,20	cápsula n ^o	2B	C2	F3
retido na # 10	850,90	solo umido + capsula	98,79	106,16	94,15
umido passando na # 10	3050,30	solo seco + capsula	92,90	99,72	88,60
seco passando na # 10	2825,79	capsula	18,59	18,53	19,02
amostra total seca	3676,69	solo seco	74,31	81,19	69,58

	umidade (h%)	7,926	7,932	7,976
--	--------------	-------	-------	-------

PENEIRAMENTO GROSSO				umidade média (hm %)	
				7,94	
peneiras	mat.retido	material	%total	fator de correção	
				0,9264	

USBS	acum.	passado	acum.pas.	PENEIRAMENTO FINO				
------	-------	---------	-----------	-------------------	--	--	--	--

1 1/2"	0,00	3676,69	100,0					
1"	0,00	3676,69	100,0	peneiras	retido	material	%parcial	%total
3/4"	0,00	3676,69	100,0	USBS	acumul.	passado	acum.pas.	acum.pas.
3/8"	0,00	3676,69	100,0	10	0,01	107,92	100,0	76,9
4	6,10	3670,59	99,8	20	30,2	77,73	72,0	55,4
8	692,30	2984,39	81,2	30	40,66	67,27	62,3	47,9
10	850,90	2825,79	76,9	40	51,14	56,79	52,6	40,4
				60	65,03	42,90	39,7	30,5
				100	76,59	31,34	29,0	22,3
				200	85,18	22,75	21,1	16,2

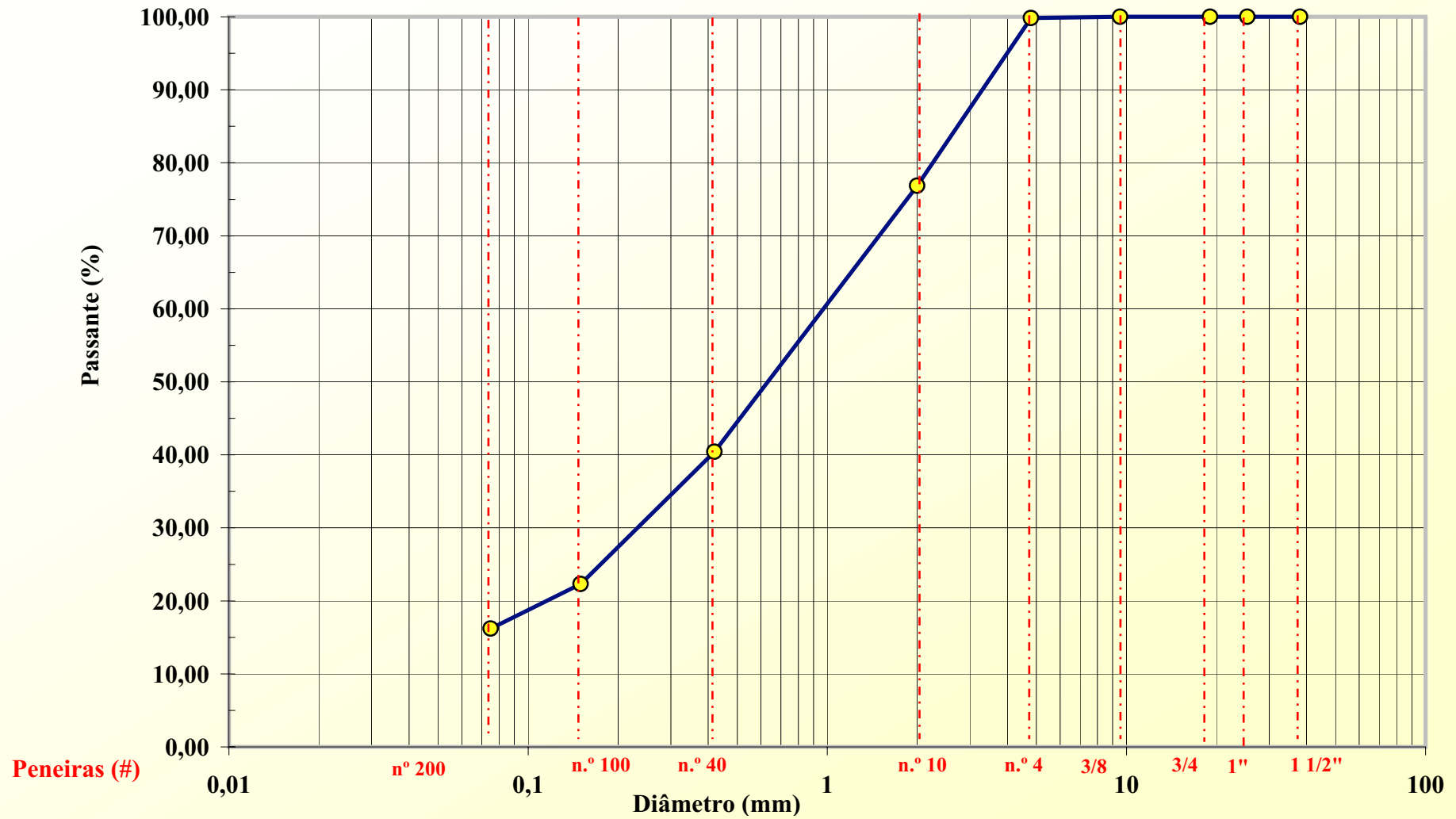
SEDIMENTAÇÃO	
peso umido (g)	116,50
peso seco (g)	107,93

DENSIDADE REAL DOS GRÃOS:	2,651
---------------------------	-------

obs.

COPPE/UFRJ	PROGRAMA DE ENGENHARIA CIVIL
	LAB. DE GEOTECNIA - CARACTERIZAÇÃO
	AMOSTRA: Pedrisco - Ag. Rec. RJ
OPERADOR: Cinconegui/Francisco	
RECEBIDO EM __/__/__	DATA: 20/08/03
	REG.LAB.

Curva Granulométrica - Agregado reciclado misto - Pedrisco
Rio de Janeiro-RJ



GRANULOMETRIA - PENEIRAMENTO FINO E GROSSO

PESO AMOSTRA SECA		UMIDADE HIGROSCÓPICA			
amostra total umida	3687,60	cápsula n ^o	47	F22	79
retido na # 10	161,10	solo umido + capsula	69,75	69,97	95,21
umido passando na # 10	3526,50	solo seco + capsula	66,73	66,74	91,81
seco passando na # 10	3342,03	capsula	10,37	9,35	30,80
amostra total seca	3503,13	solo seco	56,36	57,39	61,01

	umidade (h%)	5,358	5,628	5,573
--	--------------	-------	-------	-------

PENEIRAMENTO GROSSO				umidade média (hm %)	
				5,52	
peneiras	mat.retido	material	%total	fator de correção	0,9477

USBS	acum.	passado	acum.pas.	PENEIRAMENTO FINO				
------	-------	---------	-----------	-------------------	--	--	--	--

1 1/2"	0,00	3503,13	100,0					
1"	0,00	3503,13	100,0	peneiras	retido	material	%parcial	%total
3/4"	0,00	3503,13	100,0	USBS	acumul.	passado	acum.pas.	acum.pas.
3/8"	0,00	3503,13	100,0	10	0	108,19	100,0	95,4
4	3,30	3499,83	99,9	20	11,5	96,69	89,4	85,3
8	45,20	3457,93	98,7	30	17,8	90,39	83,5	79,7
10	161,10	3342,03	95,4	40	30,82	77,37	71,5	68,2
				60	47,88	60,31	55,7	53,2
				100	69,25	38,94	36,0	34,3
				200	82,28	25,91	23,9	22,8

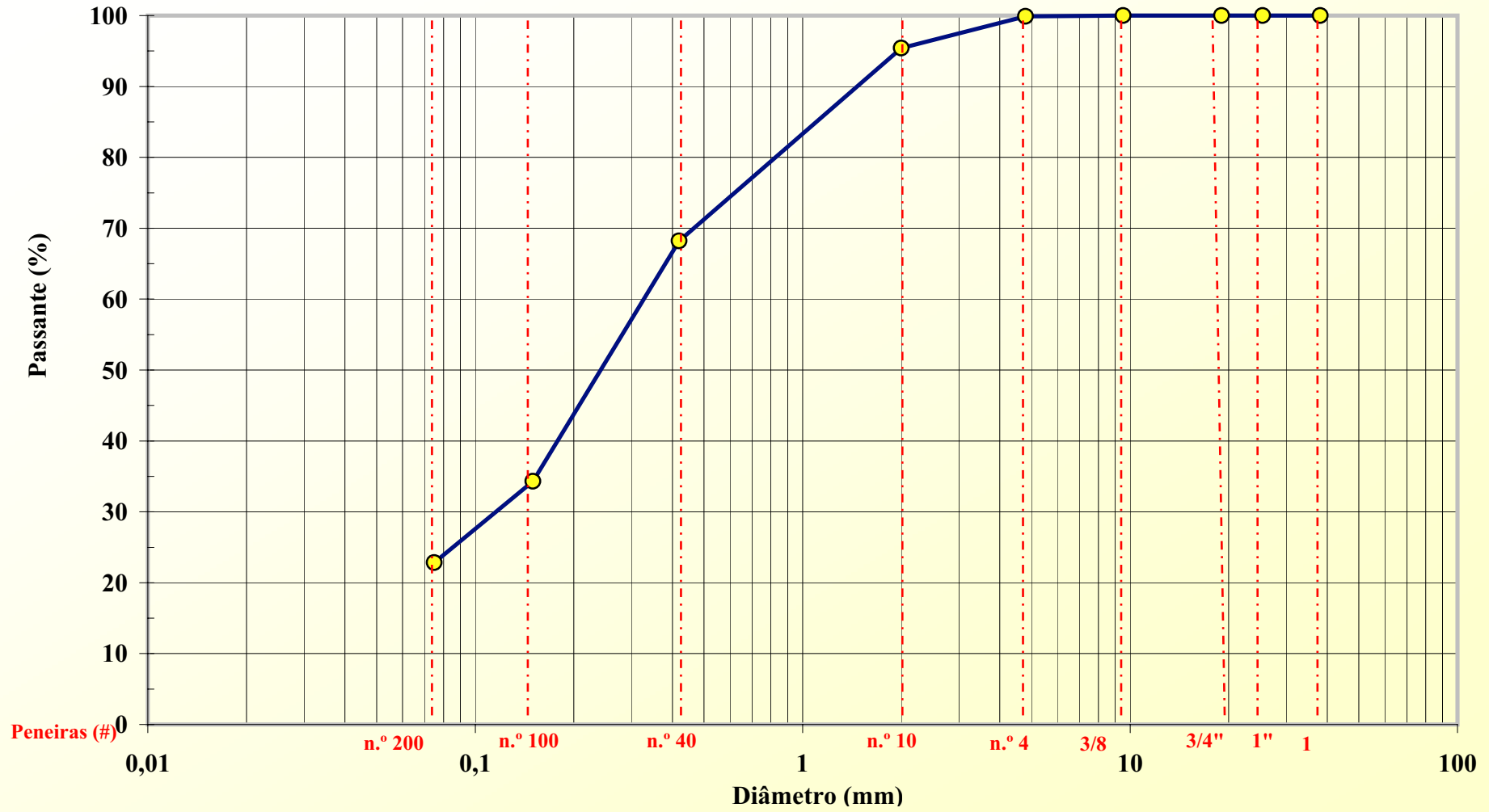
SEDIMENTAÇÃO	
peso umido (g)	114,16
peso seco (g)	108,19

DENSIDADE REAL DOS GRÃOS:	2,641
---------------------------	-------

obs.

COPPE/UFRJ	PROGRAMA DE ENGENHARIA CIVIL
	LAB. DE GEOTECNIA - CARACTERIZAÇÃO
	AMOSTRA: Pó-de-pedra - Ag. Rec. - RJ
OPERADOR: Cinconegui/Francisco	
RECEBIDO EM __/__/__	DATA: 20/08/03 REG.LAB.

**Curva Granulométrica - Agregado reciclado Misto - Pó-de-pedra
Rio de Janeiro-RJ**

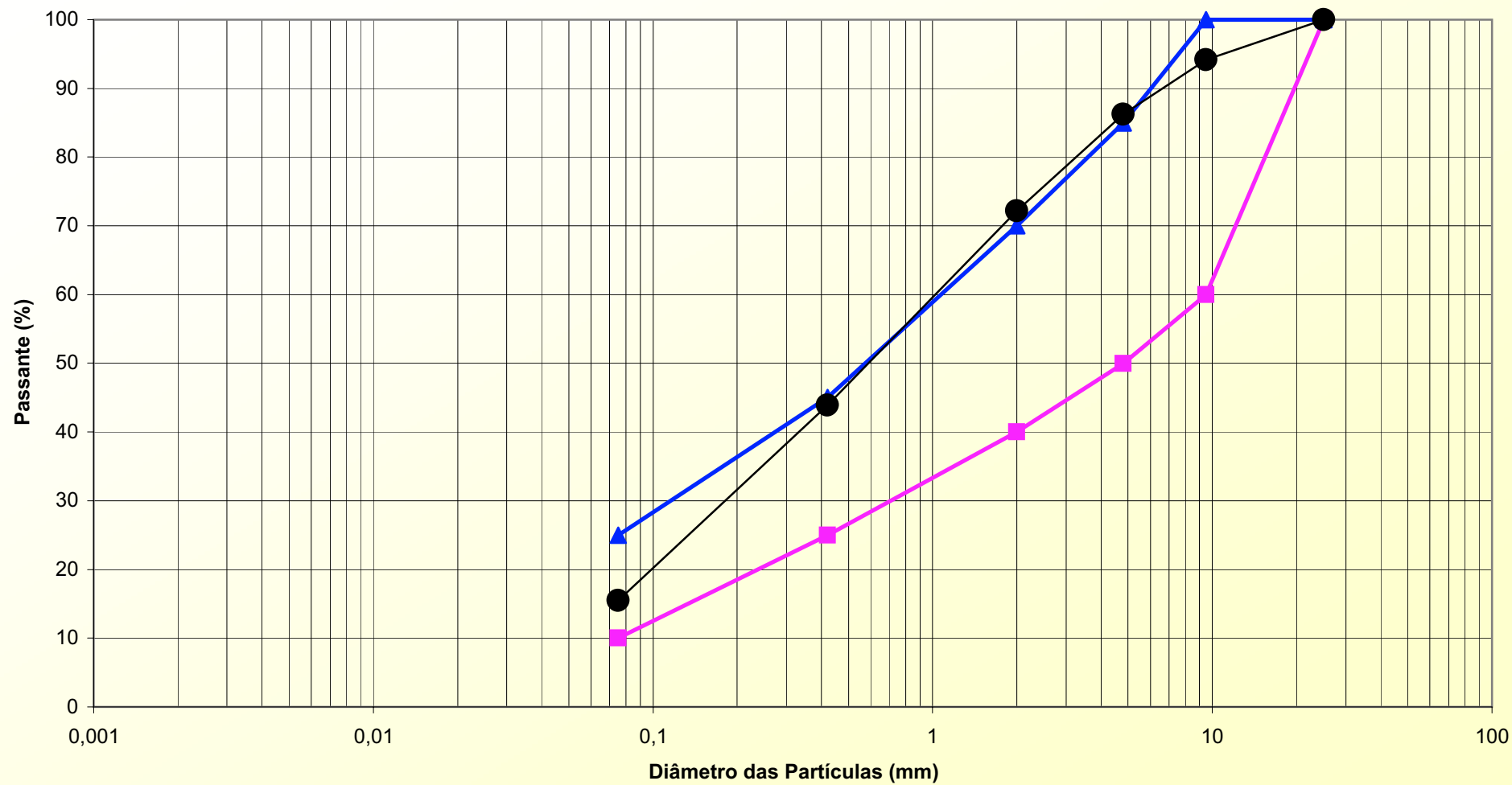


**AGREGADO RECICLADO DO RIO DE JANEIRO
DOSAGEM - CURVA SUPERIOR**

Peneiras		Brita 1		Brita 0		Pedrisco		Pó de Pedra		DNER Faixa D		Curva Superior 100%	Tolerância da Faixa de Projeto	
#	mm	Amostra Total %	Dosagem 5%	Amostra Total %	Dosagem 10%	Amostra Total %	Dosagem 50%	Amostra Total %	Dosagem 35%					
1"	25	100,00	5,00	100,00	10,00	100,00	50,00	100,00	35,00	100	100	100,00	-7	7
3/8"	9,5	2,97	0,15	90,34	9,03	100,00	50,00	100,00	35,00	60	100	94,18	-7	7
nº 04	4,8	0,65	0,03	13,10	1,31	99,80	49,90	99,90	34,97	50	85	86,21	-5	5
nº 10	2	0,59	0,03	2,96	0,30	76,90	38,45	95,40	33,39	40	70	72,17	-5	5
nº 40	0,42	0,42	0,02	1,52	0,15	39,70	19,85	68,20	23,87	25	45	43,89	-2	2
nº 200	0,075	0,16	0,01	0,18	0,02	15,00	7,50	22,80	7,98	10	25	15,51	-2	2

Enquadramento na Faixa D do DNER

—■— Limite Inferior —▲— Limite Superior —●— Curva Superior

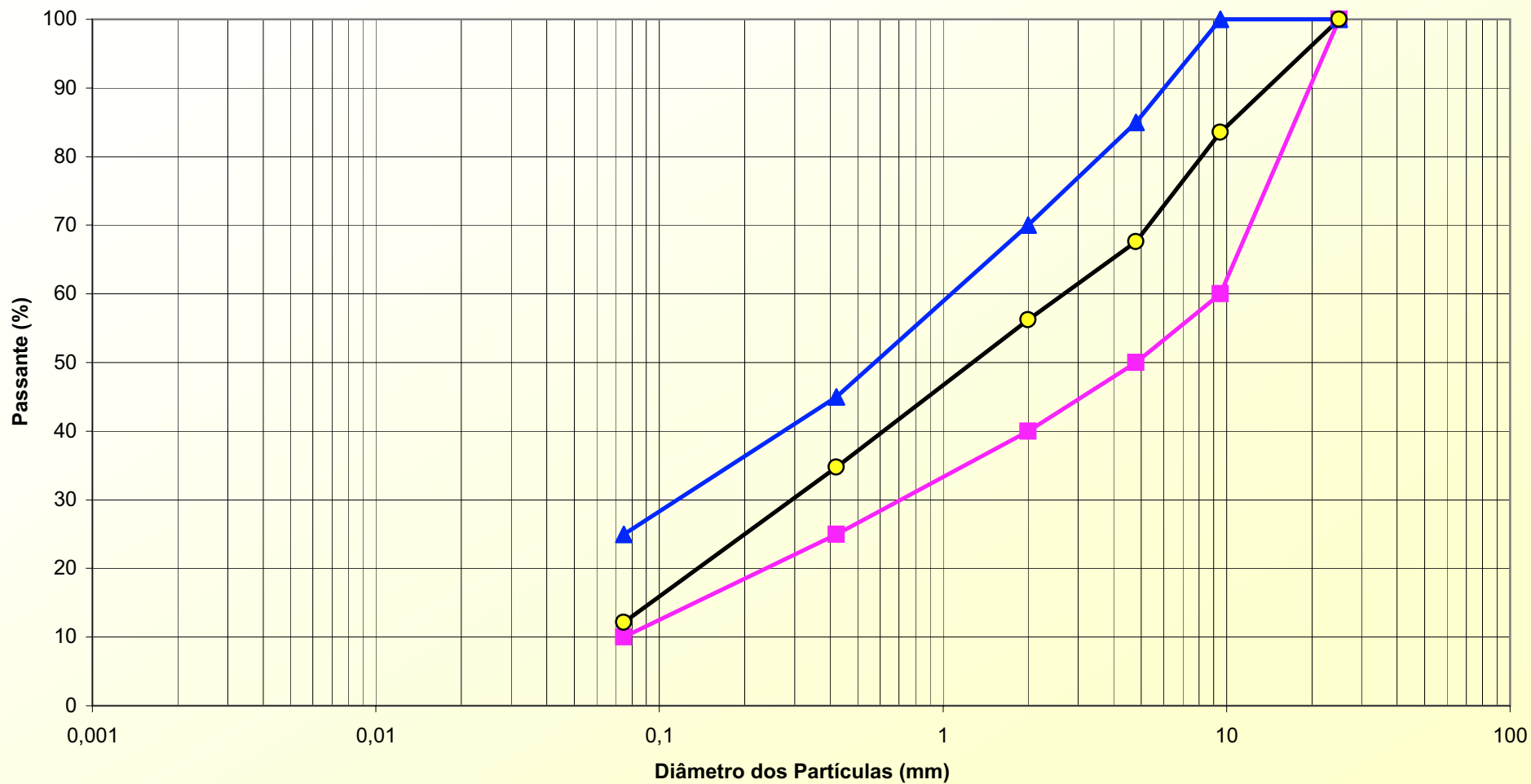


**AGREGADO RECICLADO DO RIO DE JANEIRO
DOSAGEM - CURVA INTERMEDIÁRIA**

Peneiras		Brita 1		Brita 0		Pedrisco		Pó de Pedra		DNER Faixa D		Curva "Média" 100%	Tolerância da Faixa de Projeto	
#	mm	Amostra Total %	Dosagem 15%	Amostra Total %	Dosagem 20%	Amostra Total %	Dosagem 35%	Amostra Total %	Dosagem 30%					
1"	25	100,00	15,00	100,00	20,00	100,00	35,00	100,00	30,00	100	100	100,00	-7	7
3/8"	9,5	2,97	0,45	90,34	18,07	100,00	35,00	100,00	30,00	60	100	83,51	-7	7
nº 04	4,8	0,65	0,10	13,10	2,62	99,80	34,93	99,90	29,97	50	85	67,62	-5	5
nº 10	2	0,59	0,09	2,96	0,59	76,90	26,92	95,40	28,62	40	70	56,22	-5	5
nº 40	0,42	0,42	0,06	1,52	0,30	39,70	13,90	68,20	20,46	25	45	34,72	-2	2
nº 200	0,075	0,16	0,02	0,18	0,04	15,00	5,25	22,80	6,84	10	25	12,15	-2	2

Enquadramento na Faixa D do DNER

—■— Limite Inferior —▲— Limite Superior —●— Curva Média

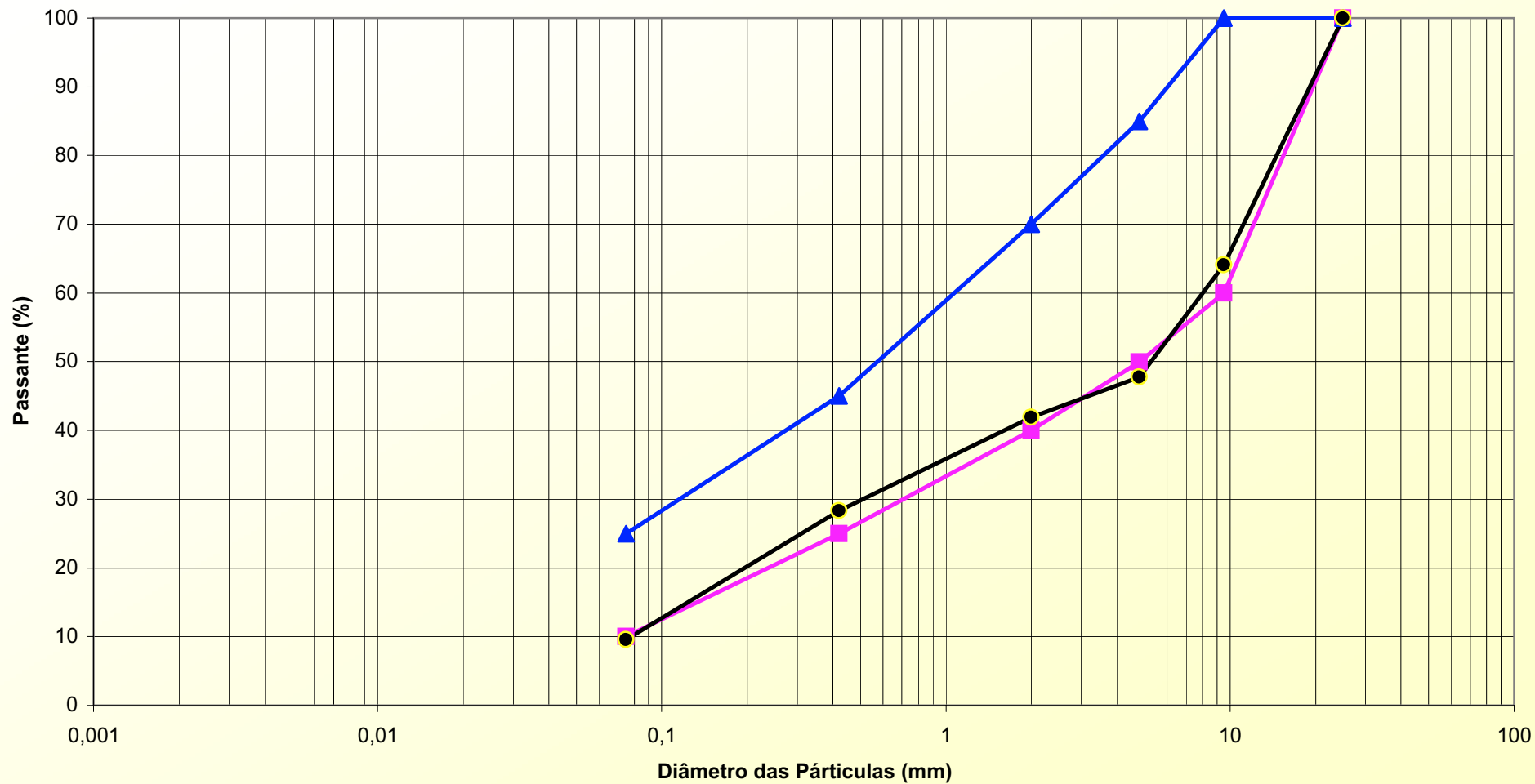


**AGREGADO RECICLADO DO RIO DE JANEIRO
DOSAGEM - CURVA INFERIOR**

Peneiras		Brita 1		Brita 0		Pedrisco		Pó de Pedra		DNER Faixa D		Curva Inferior 100%	Tolerância da Faixa de Projeto	
#	mm	Amostra Total %	Dosagem 35%	Amostra Total %	Dosagem 20%	Amostra Total %	Dosagem 10%	Amostra Total %	Dosagem 35%					
1"	25	100,00	35,00	100,00	20,00	100,00	10,00	100,00	35,00	100	100	100,00	-7	7
3/8"	9,5	2,97	1,04	90,34	18,07	100,00	10,00	100,00	35,00	60	100	64,11	-7	7
nº 04	4,8	0,65	0,23	13,10	2,62	99,80	9,98	99,90	34,97	50	85	47,79	-5	5
nº 10	2	0,59	0,21	2,96	0,59	76,90	7,69	95,40	33,39	40	70	41,88	-5	5
nº 40	0,42	0,42	0,15	1,52	0,30	39,70	3,97	68,20	23,87	25	45	28,29	-2	2
nº 200	0,075	0,16	0,06	0,18	0,04	15,00	1,50	22,80	7,98	10	25	9,57	-2	2

Enquadramento na Faixa D do DNER

—■— Limite Inferior —▲— Limite Superior —●— Curva Inferior



ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DE AGREGADOS

Material: Agregado concreto-BH **Projeto:** Tese de mestrado Cinconegui

AMOSTRA 1

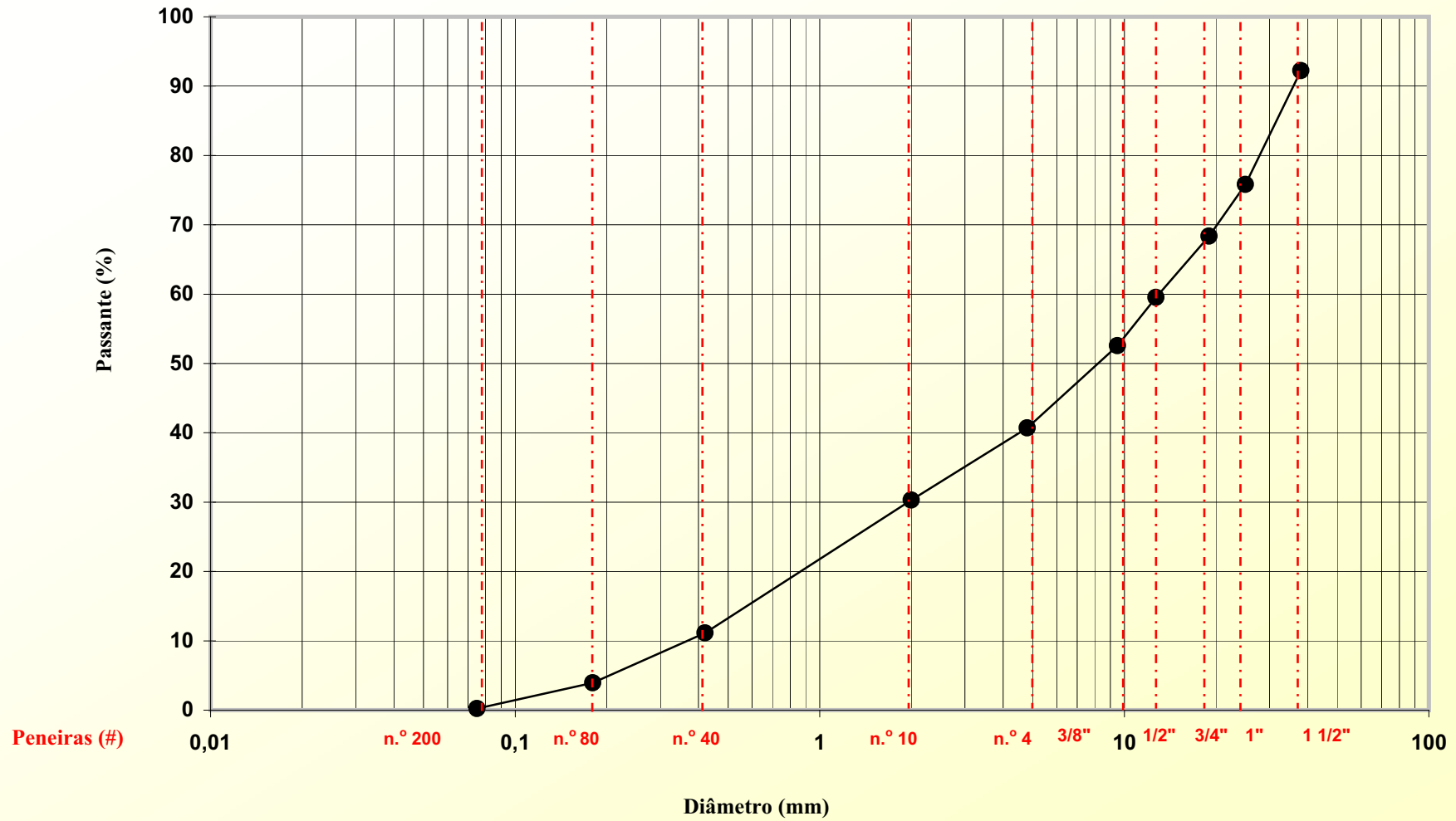
Peneiras		Retido				Passante	Média %
#	mm	Peso Acum.	Peso	%	% Acum.	%	
1 1/2"	38	137,1	137,1	6,6	6,56	93,44	92,25
1"	25	450,4	313,3	15,0	21,54	78,46	75,81
3/4"	19	623,4	173,0	8,3	29,82	70,18	68,36
1/2"	12,7	824,7	201,3	9,6	39,44	60,56	59,53
3/8"	9,5	975,3	150,6	7,2	46,65	53,35	52,58
nº 04	4,8	1205,0	229,7	11,0	57,63	42,37	40,71
nº 10	2	1420,6	215,6	10,3	67,95	32,05	30,31
nº 40	0,42	1846,3	425,7	20,4	88,31	11,69	11,14
nº 80	0,18	2008,5	162,2	7,8	96,06	3,94	3,95
nº 200	0,075	2085,8	77,3	3,7	99,76	0,24	0,24
Fundo		2090,8	5,0	0,2	100,00	0,00	0,00
			2090,8	100,0			

AMOSTRA 2

Peneiras		Retido				Passante
#	mm	Peso Acum.	Peso	%	% Acum.	%
1 1/2"	38	155,8	155,8	8,9	8,94	91,06
1"	25	468,0	312,2	17,9	26,85	73,15
3/4"	19	583,2	115,2	6,6	33,45	66,55
1/2"	12,7	723,3	140,1	8,0	41,49	58,51
3/8"	9,5	840,3	117,0	6,7	48,20	51,80
nº 04	4,8	1062,4	222,1	12,7	60,94	39,06
nº 10	2	1245,4	183,0	10,5	71,44	28,56
nº 40	0,42	1558,7	313,3	18,0	89,41	10,59
nº 80	0,18	1674,1	115,4	6,6	96,03	3,97
nº 200	0,075	1739,0	64,9	3,7	99,75	0,25
Fundo		1743,3	4,3	0,2	100,00	0,00
			1743,3	100,0		

COPPE/UFRJ		PROGRAMA DE ENGENHARIA CIVIL	
CLIENTE:	Cinconegui	LAB. DE GEOTECNIA - PAVIMENTAÇÃO	
OPERADOR:	Cinconegui	AMOSTRA: Agregado de concreto - Usina de Estoril	
RECEBIDO EM ___/___/___		Belo Horizonte - MG	DATA: 3/5/2004 REG.LAB.

Curva Granulométrica - Agregado reciclado de Belo Horizonte-MG



ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DE AGREGADOS

Material: Agregado misto-BH **Projeto:** Tese de mestrado Cinconegui

AMOSTRA 1

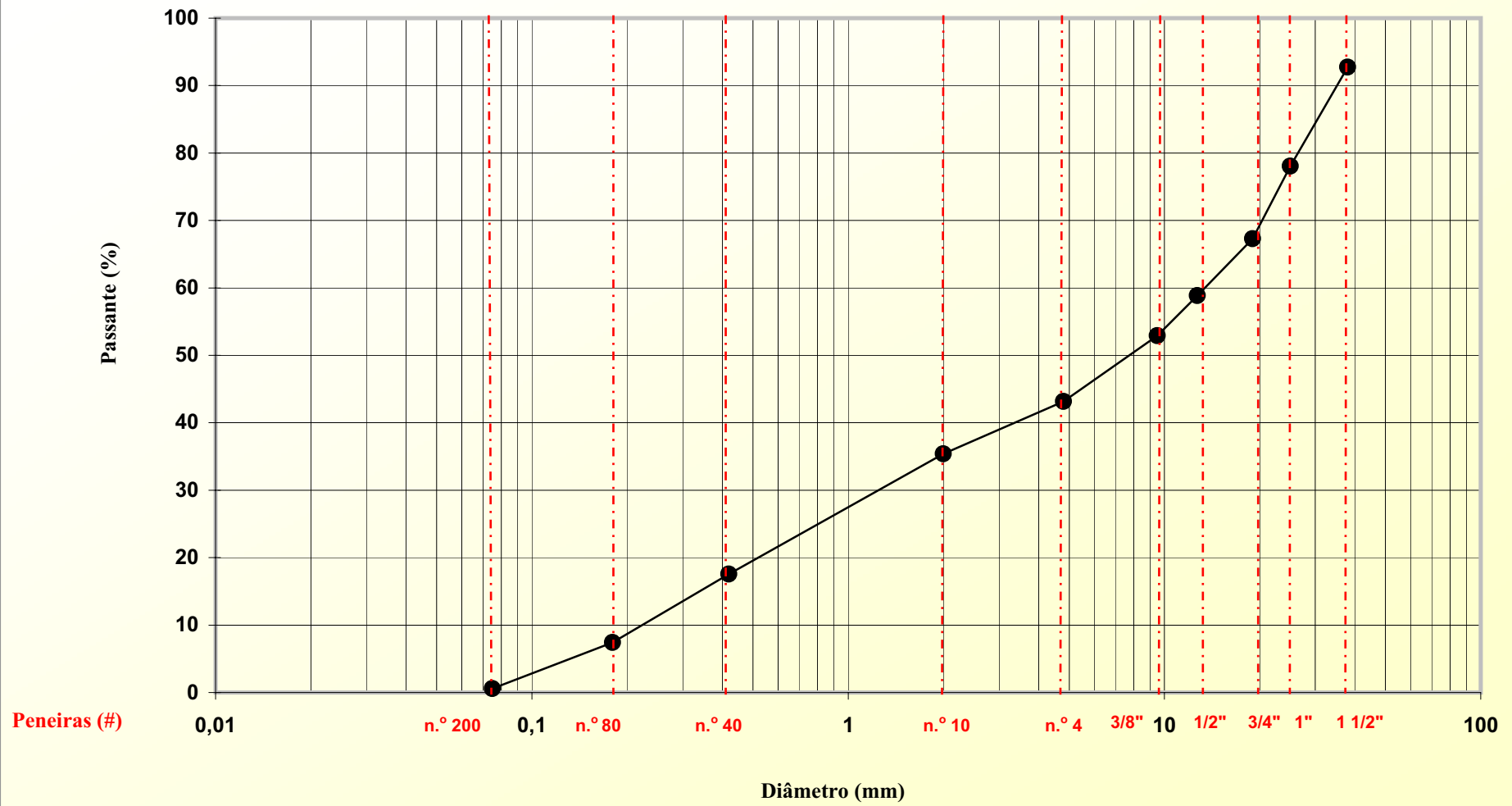
Peneiras		Retido				Passante	Média %
#	mm	Peso Acum.	Peso	%	% Acum.	%	
1 1/2"	38	41,9	41,9	3,0	2,96	97,04	92,72
1"	25	233,5	191,6	13,5	16,50	83,50	78,05
3/4"	19	410,0	176,5	12,5	28,98	71,02	67,27
1/2"	12,7	551,5	141,5	10,0	38,98	61,02	58,85
3/8"	9,5	640,5	89,0	6,3	45,27	54,73	52,90
nº 04	4,8	771,4	130,9	9,3	54,52	45,48	43,15
nº 10	2	885,0	113,6	8,0	62,55	37,45	35,39
nº 40	0,42	1154,6	269,6	19,1	81,60	18,40	17,55
nº 80	0,18	1308,5	153,9	10,9	92,48	7,52	7,42
nº 200	0,075	1407,2	98,7	7,0	99,46	0,54	0,57
Fundo		1414,9	7,7	0,5	100,00	0,00	0,00
			1414,9	100,0			

AMOSTRA 2

Peneiras		Retido				Passante
#	mm	Peso Acum.	Peso	%	% Acum.	%
1 1/2"	38	166,8	166,8	11,6	11,60	88,40
1"	25	394,0	227,2	15,8	27,39	72,61
3/4"	19	524,7	130,7	9,1	36,48	63,52
1/2"	12,7	623,2	98,5	6,8	43,32	56,68
3/8"	9,5	703,8	80,6	5,6	48,93	51,07
nº 04	4,8	851,2	147,4	10,2	59,17	40,83
nº 10	2	959,1	107,9	7,5	66,67	33,33
nº 40	0,42	1198,3	239,2	16,6	83,30	16,70
nº 80	0,18	1333,1	134,8	9,4	92,67	7,33
nº 200	0,075	1429,9	96,8	6,7	99,40	0,60
Fundo		1438,5	8,6	0,6	100,00	0,00
			1438,5	100,0		

COPPE/UFRJ	PROGRAMA DE ENGENHARIA CIVIL	
CLIENTE: Cinconegui	LAB. DE GEOTECNIA - PAVIMENTAÇÃO	
	AMOSTRA: Agregado misto - Usina de Estoril	
OPERADOR: Cinconegui	Belo Horizonte - MG	
RECEBIDO EM ___/___/___	DATA: 1/5/2004	REG.LAB.

**Curva Granulométrica - Agregado reciclado tipo Misto
Belo Horizonte-MG**



Curva Granulométrica - Agregado reciclado misto
Belo Horizonte - MG
Após Ensaio de Módulo de Resiliência

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DE AGREGADOS

Projeto: Tese de mestrado - Cinconegui

Material: MIBH01B, MIBH01C, MIBH01D

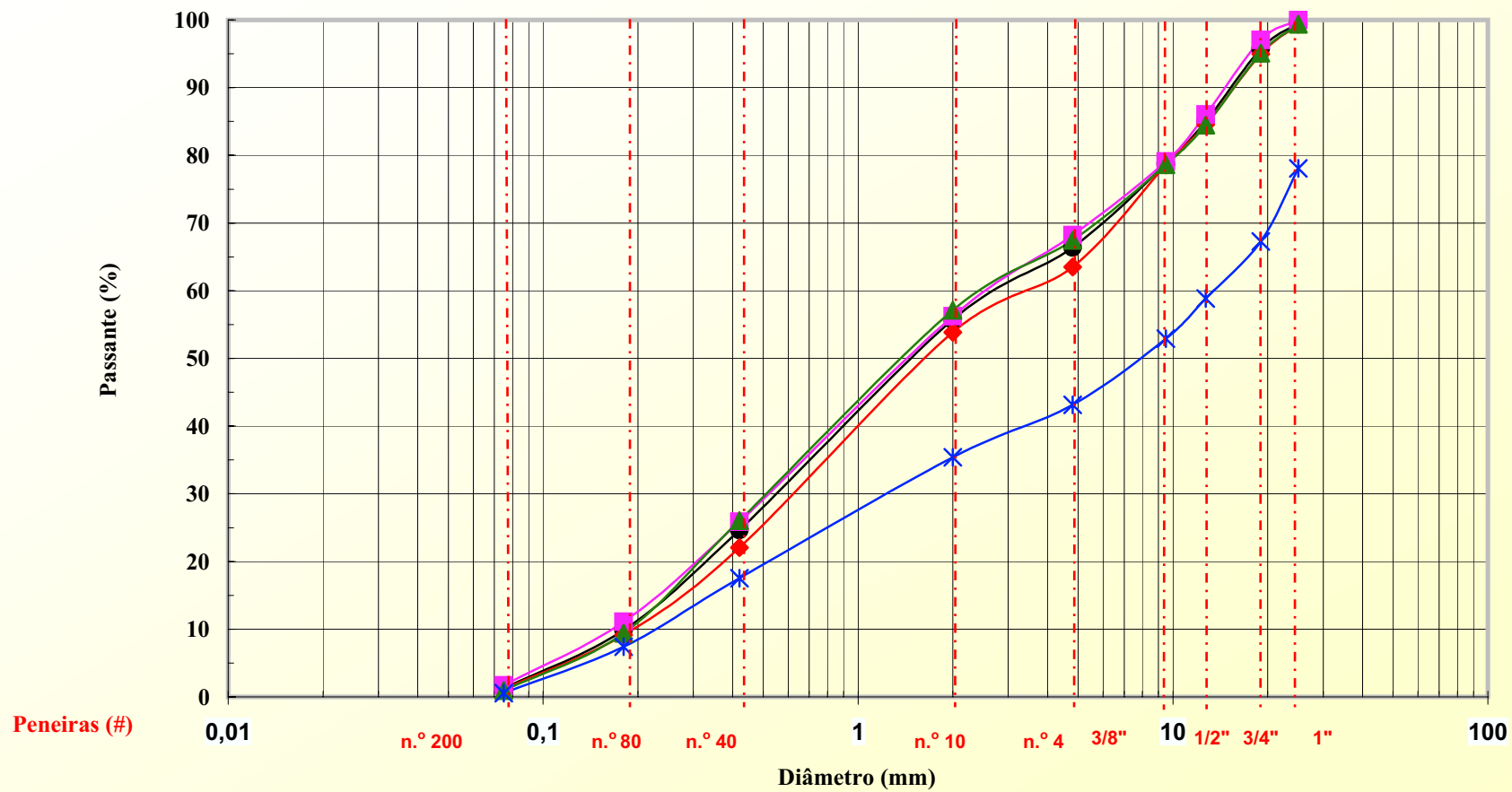
Peneiras		MIBH01B				Passante	MIBH01C				Passante	MIBH01D				Passante	Passante Média
Abertura		Retido					Retido					Retido					
#	mm	Peso Acu.	Peso	%	% Acum.	%	Peso Acu.	Peso	%	% Acum.	%	Peso Acu.	Peso	%	% Acum.	%	%
1"	25	18,2	18,2	0,7	0,66	99,34	0,0	0,0	0,0	0,00	100,00	17,7	17,7	0,7	0,65	99,35	99,56
3/4"	19	139,4	121,2	4,4	5,02	94,98	82,0	82,0	2,9	2,94	97,06	133,6	115,9	4,3	4,91	95,09	95,71
1/2"	12,7	428,4	289,0	10,4	15,43	84,57	388,6	306,6	11,0	13,96	86,04	422,8	289,2	10,6	15,55	84,45	85,02
3/8"	9,5	594,6	166,2	6,0	21,42	78,58	581,8	193,2	6,9	20,89	79,11	581,5	158,7	5,8	21,38	78,62	78,77
n° 04	4,8	1013,3	418,7	15,1	36,50	63,50	885,0	303,2	10,9	31,78	68,22	884,8	303,3	11,2	32,54	67,46	66,39
n° 10	2	1281,5	268,2	9,7	46,17	53,83	1218,5	333,5	12,0	43,76	56,24	1166,2	281,4	10,3	42,88	57,12	55,73
n° 40	0,42	2164,0	882,5	31,8	77,96	22,04	2064,7	846,2	30,4	74,15	25,85	2010,8	844,6	31,1	73,94	26,06	24,65
n° 80	0,18	2522,0	358,0	12,9	90,86	9,14	2475,6	410,9	14,8	88,91	11,09	2463,6	452,8	16,7	90,59	9,41	9,88
n° 200	0,075	2743,6	221,6	8,0	98,84	1,16	2737,5	261,9	9,4	98,32	1,68	2693,9	230,3	8,5	99,06	0,94	1,26
Fundo		2775,8	32,2	1,2	100,00	0,00	2784,4	46,9	1,7	100,00	0,00	2719,4	25,5	0,9	100,00	0,00	0,00
			2775,8	100,0				2784,4	100,0				2719,4	100,0			

Curva Granulométrica - Agregado reciclado misto

Belo Horizonte - MG

Após Ensaio de Módulo de Resiliência

● Média ◆ MIBH01B ■ MIBH01C ▲ MIBH01D * MBH



ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DE AGREGADOS

Material: Entulho Brasília S7000 **Projeto:** Tese de Mestrado Cinconegui

AMOSTRA 1

Peneiras		Retido				Passante	Média %
#	mm	Peso Acum.	Peso	%	% Acum.	%	
1"	25	78,4	78,4	6,67	6,67	93,33	92,11
3/4"	19	164,6	86,2	7,34	14,01	85,99	85,63
1/2"	12,7	303,6	139,0	11,83	25,84	74,16	75,53
3/8"	9,5	383,6	80,0	6,81	32,65	67,35	69,00
nº 04	4,8	491,9	108,3	9,22	41,87	58,13	59,39
nº 10	2	635,2	143,3	12,20	54,07	45,93	46,81
nº 40	0,42	896,6	261,4	22,25	76,32	23,68	24,28
nº 80	0,18	1000,4	103,8	8,84	85,15	14,85	15,44
nº 200	0,075	1078,4	78,0	6,64	91,79	8,21	8,74
Fundo		1174,8	96,4	8,21	100,00	0,00	0,00
			1174,80	93,33			

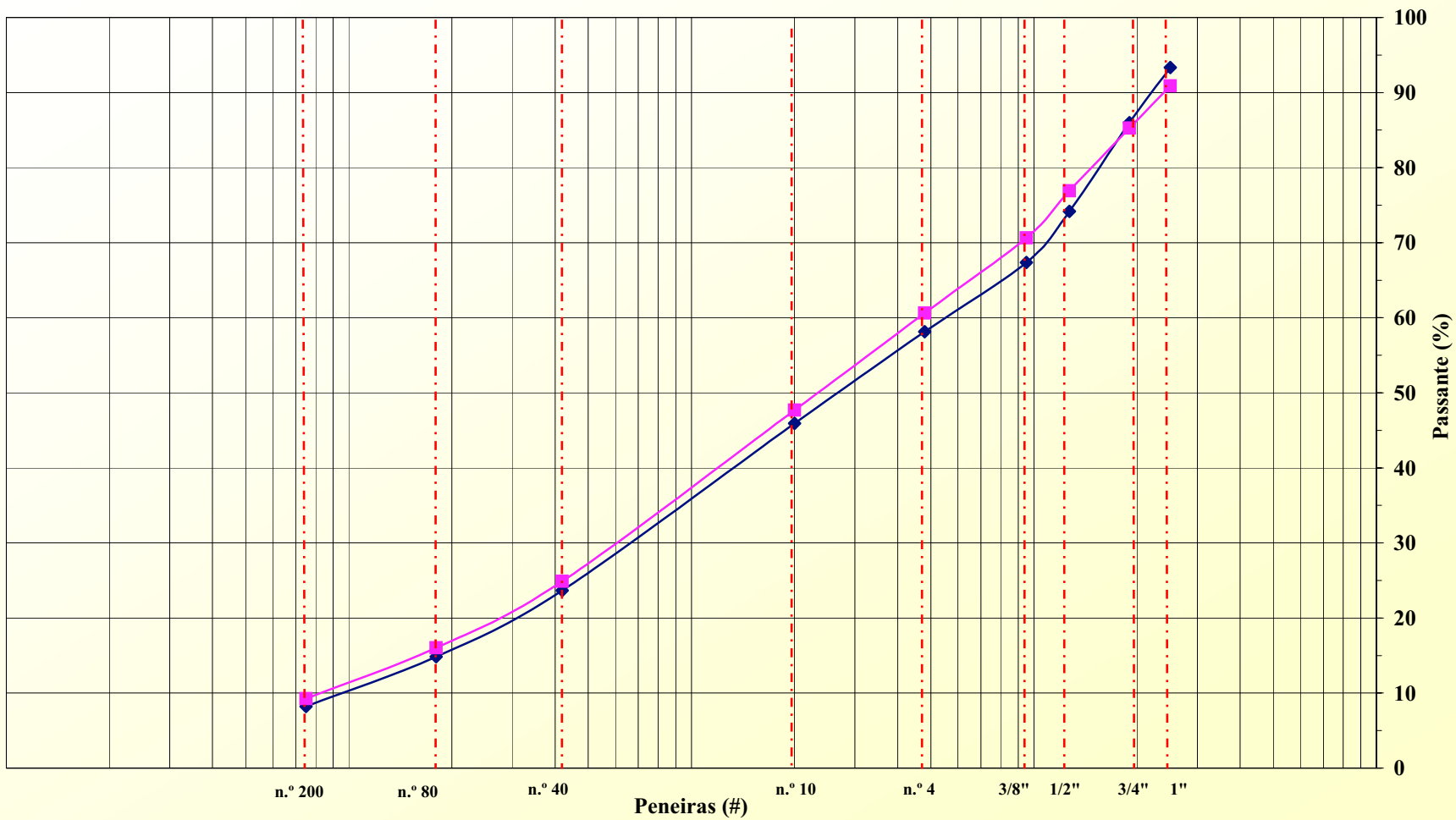
AMOSTRA 2

Peneiras		Retido				Passante
#	mm	Peso Acum.	Peso	%	% Acum.	%
1"	25	107,3	107,3	9,10	9,10	90,9
3/4"	19	173,8	66,5	5,64	14,74	85,26
1/2"	12,7	272,5	98,7	8,37	23,10	76,90
3/8"	9,5	346,1	73,6	6,24	29,35	70,65
nº 04	4,8	464,2	118,1	10,01	39,36	60,64
nº 10	2	617,0	152,8	12,96	52,31	47,69
nº 40	0,42	885,9	268,9	22,80	75,11	24,89
nº 80	0,18	990,4	104,5	8,86	83,97	16,03
nº 200	0,075	1070,0	79,6	6,75	90,72	9,28
Fundo		1179,4	109,4	9,28	100,00	0,00
			1179,40	90,90		

COPPE/UFRJ	PROGRAMA DE ENGENHARIA CIVIL	
CLIENTE:	LAB. DE GEOTECNIA - PAVIMENTAÇÃO	
OPERADOR:	AMOSTRA:	
RECEBIDO EM ___/___/___	DATA:	REG.LAB.

Entulho de Brasília - Curva Superior (S7000)

◆ Am 1 ■ Am2



ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DE AGREGADOS

Material: Entulho Brasília M7000 **Projeto:** Tese de Mestrado Cinconegui

AMOSTRA 1

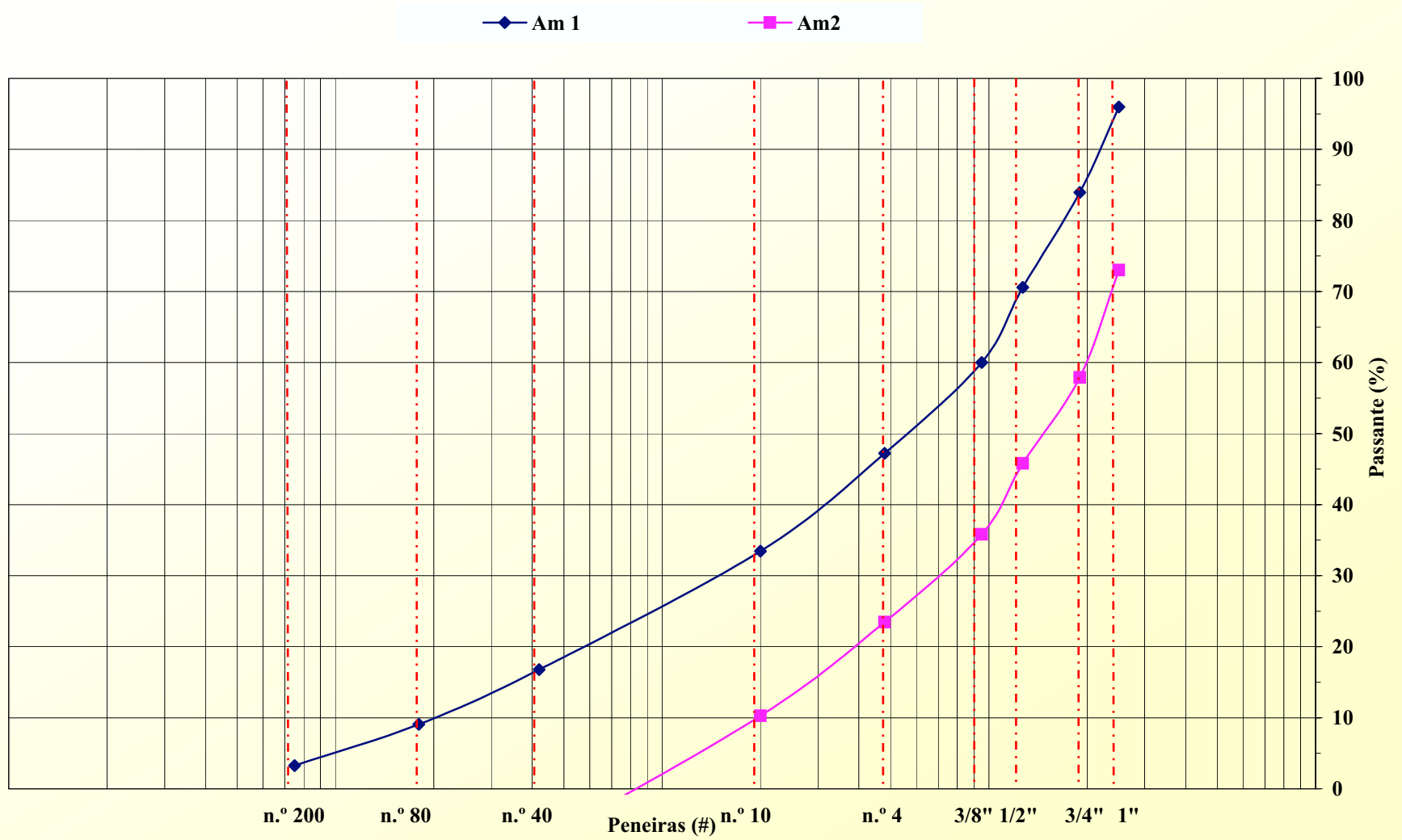
Peneiras		Retido				Passante	Média %
#	mm	Peso Acum.	Peso	%	% Acum.	%	
1"	25	42,0	42,0	4,04	4,04	95,96	84,49
3/4"	19	166,8	124,8	12,01	16,05	83,95	70,93
1/2"	12,7	305,7	138,9	13,36	29,41	70,59	58,19
3/8"	9,5	415,8	110,1	10,59	40,00	60,00	47,91
nº 04	4,8	548,6	132,8	12,78	52,78	47,22	35,34
nº 10	2	691,5	142,9	13,75	66,53	33,47	21,88
nº 40	0,42	865,0	173,5	16,69	83,22	16,78	4,64
nº 80	0,18	945,1	80,1	7,71	90,93	9,07	-3,20
nº 200	0,075	1005,4	60,3	5,80	96,73	3,27	-8,92
Fundo		1081,4	76,0	7,31	104,04	-4,04	-15,51
			1039,40	100,00			

AMOSTRA 2

Peneiras		Retido				Passante
#	mm	Peso Acum.	Peso	%	% Acum.	%
1"	25	231,1	231,1	26,97	26,97	73,0
3/4"	19	360,6	129,5	15,11	42,09	57,91
1/2"	12,7	464,4	103,8	12,11	54,20	45,80
3/8"	9,5	549,9	85,5	9,98	64,18	35,82
nº 04	4,8	655,8	105,9	12,36	76,54	23,46
nº 10	2	768,6	112,8	13,17	89,71	10,29
nº 40	0,42	921,0	152,4	17,79	107,49	-7,49
nº 80	0,18	989,3	68,3	7,97	115,46	-15,46
nº 200	0,075	1037,6	48,3	5,64	121,10	-21,10
Fundo		1087,9	50,3	5,87	126,97	-26,97
			856,80	100,00		

OPPE/UFRJ	PROGRAMA DE ENGENHARIA CIVIL	
CLIENTE: Cinconegui	LAB. DE GEOTECNIA - PAVIMENTAÇÃO	
	AMOSTRA Entulho de Brasília - Curva Intermediária	
OPERADOR: Cinconegui		
RECEBIDO EM ___/___/___	DATA: abril-03	REG.LAB.

Entulho Brasília - Curva Intermediária (M7000)



ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DE AGREGADOS

Material: Entulho Brasília I7000 | **Projeto:** Tese de Mestrado Cinconegui

AMOSTRA 1

Peneiras		Retido				Passante	Média %
#	mm	Peso Acum.	Peso	%	% Acum.	%	
1"	25	67,6	67,6	5,76	5,76	94,24	88,34
3/4"	19	319,0	251,4	21,41	27,17	72,83	69,09
1/2"	12,7	581,8	262,8	22,38	49,55	50,45	46,76
3/8"	9,5	736,8	155,0	13,20	62,75	37,25	35,01
nº 04	4,8	852,4	115,6	9,85	72,59	27,41	26,27
nº 10	2	956,7	104,3	8,88	81,48	18,52	17,93
nº 40	0,42	1050,1	93,4	7,95	89,43	10,57	10,22
nº 80	0,18	1095,8	45,7	3,89	93,32	6,68	6,46
nº 200	0,075	1135,6	39,8	3,39	96,71	3,29	3,21
Fundo		1174,2	38,6	3,29	100,00	0,00	0,00
			1174,20	94,24			

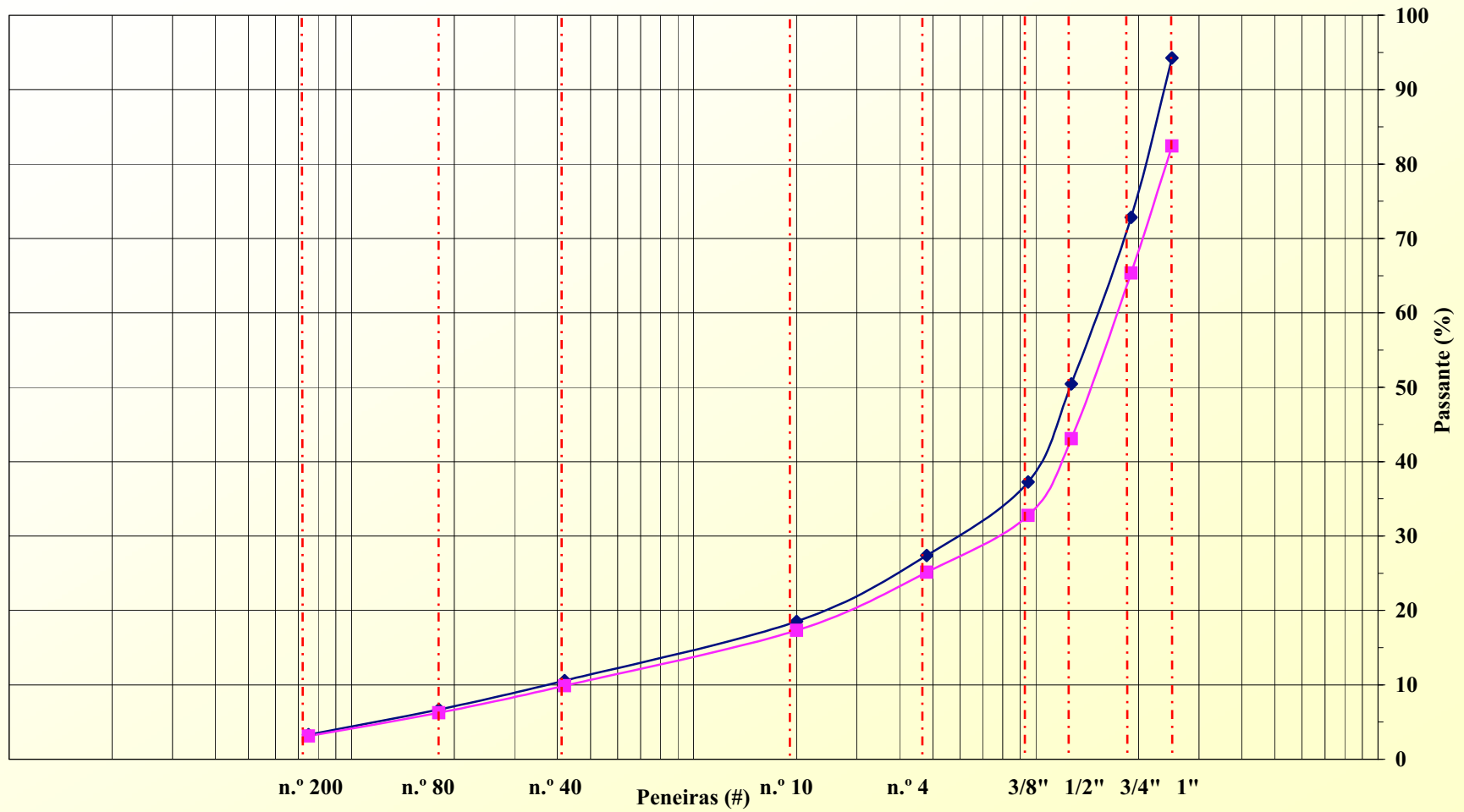
AMOSTRA 2

Peneiras		Retido				Passante
#	mm	Peso Acum.	Peso	%	% Acum.	%
1"	25	206,9	206,9	17,57	17,57	82,4
3/4"	19	408,2	201,3	17,09	34,66	65,34
1/2"	12,7	670,6	262,4	22,28	56,94	43,06
3/8"	9,5	791,9	121,3	10,30	67,24	32,76
nº 04	4,8	881,8	89,9	7,63	74,87	25,13
nº 10	2	973,6	91,8	7,79	82,66	17,34
nº 40	0,42	1061,6	88,0	7,47	90,13	9,87
nº 80	0,18	1104,2	42,6	3,62	93,75	6,25
nº 200	0,075	1140,8	36,6	3,11	96,86	3,14
Fundo		1177,8	37,0	3,14	100,00	0,00
			1177,80	82,43		

COPPE/UFRJ		PROGRAMA DE ENGENHARIA CIVIL	
CLIENTE:	Cinconegui	LAB. DE GEOTECNIA - PAVIMENTAÇÃO	
		AMOSTRA: Entulho de Brasília - Curva Inferior	
OPERADOR:	Cinconegui		
RECEBIDO EM ___/___/___		DATA:	abril-03 REG.LAB.

Entulho Brasília - Curva Inferior (I7000)

—◆— Am 1 —■— Am2



Anexo 3

Ensaaios de Compactação
Folhas de ensaio

ENSAIO DE COMPACTAÇÃO

Amostra : **MSIRJ - Usina do Catumbi - RJ**

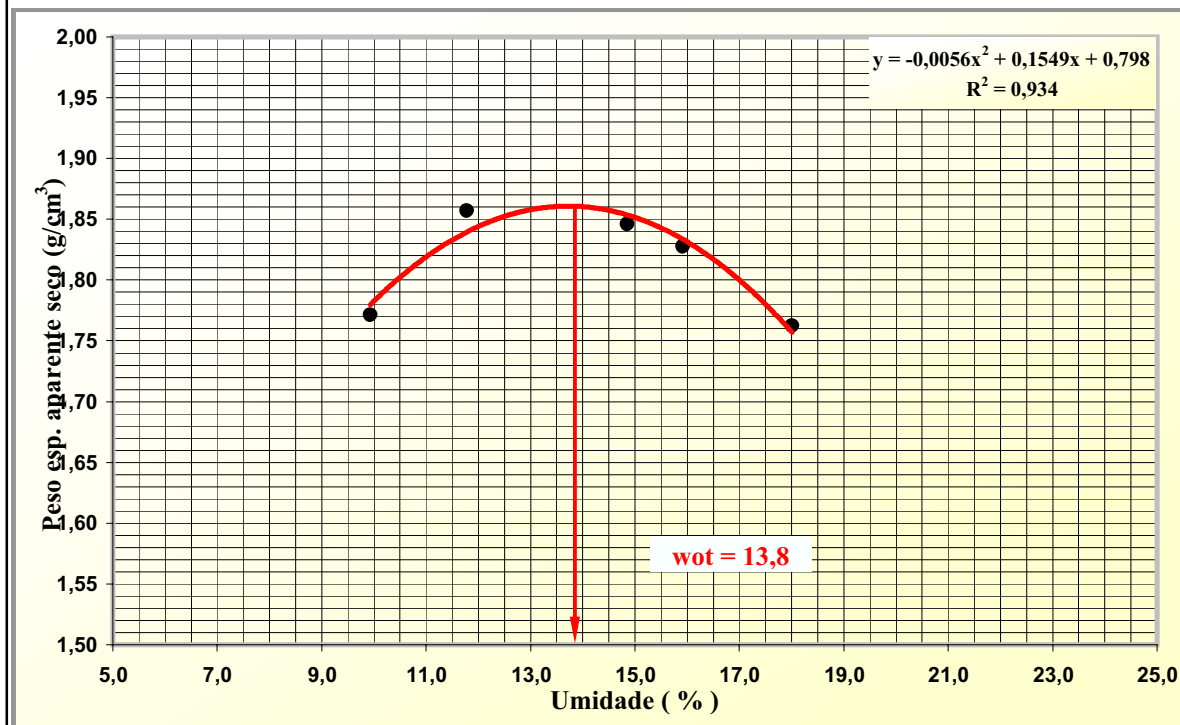
Prof.: **Laura Motta**

CARACTERÍSTICAS DO ENSAIO

Tipo : **E. Intermediária** n^o da Camadas **10** golpes/camadas **14,8**

COMPACTAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

ENSAIO	1		2		3		4		5		6
Molde N ^o	49		34		3		34		3		
Diâmetro(cm)	10,00		10,00		10,00		10,00		10,00		
Altura(cm)	20,00		20,00		20,00		20,00		20,00		
Volume(cm ³)	1570,00		1570,00		1570,00		1570,00		1570,00		
P. molde(g)	4919,70		4940,20		4906,90		4940,20		4906,90		
P.T.Úmido(g)	7976,60		8198,80		8235,10		8266,00		8171,90		
Solo Seco(g)	2780,73		2915,16		2897,91		2869,23		2766,73		
γ_s (g/cm ³)	1,771		1,857		1,846		1,828		1,762		
Cápsula n ^o	55	54	53	51	48	45	42	43	44	51	
Tara (g)	40,70	39,70	42,50	42,20	41,60	41,30	41,20	41,50	40,00	42,20	
P.T.Úmido (g)	130,10	134,00	127,40	102,60	149,70	169,50	164,00	172,80	151,80	168,70	
P.T.Seco (g)	122,10	125,40	118,50	96,20	136,00	152,60	147,40	154,50	135,00	149,10	
Solo Seco (g)	81,40	85,70	76,00	54,00	94,40	111,30	106,20	113,00	95,00	106,90	
Umidade (%)	9,83	10,04	11,71	11,85	14,51	15,18	15,63	16,19	17,68	18,33	
w.média (%)	9,93		11,78		14,85		15,91		18,01		



COPPE/UFRJ

LABORATÓRIO DE GEOTECNIA

Projeto : **Tese de mestrado**

Interessado :

Cinconegui

Local : **Rio de Janeiro**

data : **25/09/2003**

figura :

ENSAIO DE COMPACTAÇÃO

Amostra : **MSMRJ - Usina do Catumbi - RJ**

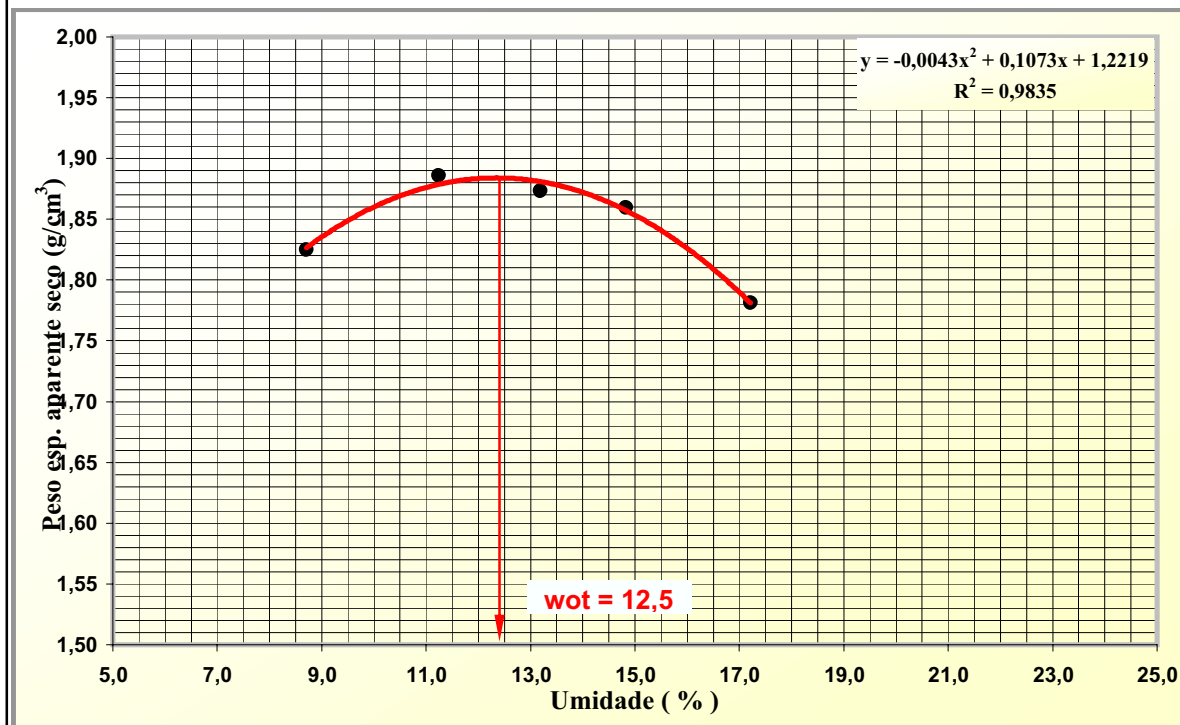
Prof.: **Laura Motta**

CARACTERÍSTICAS DO ENSAIO

Tipo : **E. Modificada** nº da Camadas **10** golpes/camadas **31**

COMPACTAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

ENSAIO	1		2		3		4		5		6
Molde Nº	49		49		3		34		49		
Diâmetro(cm)	10,00		10,00		10,00		10,00		10,00		
Altura(cm)	20,00		20,00		20,00		20,00		20,00		
Volume(cm ³)	1570,00		1570,00		1570,00		1570,00		1570,00		
P. molde(g)	4958,20		4958,20		4900,20		4911,30		4958,20		
P.T.Úmido(g)	8072,40		8251,60		8229,10		8263,70		8236,50		
Solo Seco(g)	2864,73		2960,67		2941,08		2919,46		2796,79		
γ_s (g/cm ³)	1,825		1,886		1,873		1,860		1,781		
Cápsula nº	102	103	47	52	99	101	116	117	111	112	
Tara (g)	64,70	61,00	39,80	40,80	61,00	66,00	65,80	63,50	68,20	65,20	
P.T.Úmido (g)	173,40	206,10	174,30	167,60	177,10	179,90	246,00	203,40	269,80	228,80	
P.T.Seco (g)	164,90	194,20	160,70	154,80	163,10	167,10	222,90	185,20	240,40	204,60	
Solo Seco (g)	100,20	133,20	120,90	114,00	102,10	101,10	157,10	121,70	172,20	139,40	
Umidade (%)	8,48	8,93	11,25	11,23	13,71	12,66	14,70	14,95	17,07	17,36	
w.média (%)	8,71		11,24		13,19		14,83		17,22		



COPPE/UFRJ

LABORATÓRIO DE GEOTECNIA

Projeto : **Tese de mestrado** Interessado : **Cinconegui**

Local : **Rio de Janeiro** data : **30/09/2003** figura :

ENSAIO DE COMPACTAÇÃO

Amostra : **MMIRJ - Usina do Catumbi - RJ**

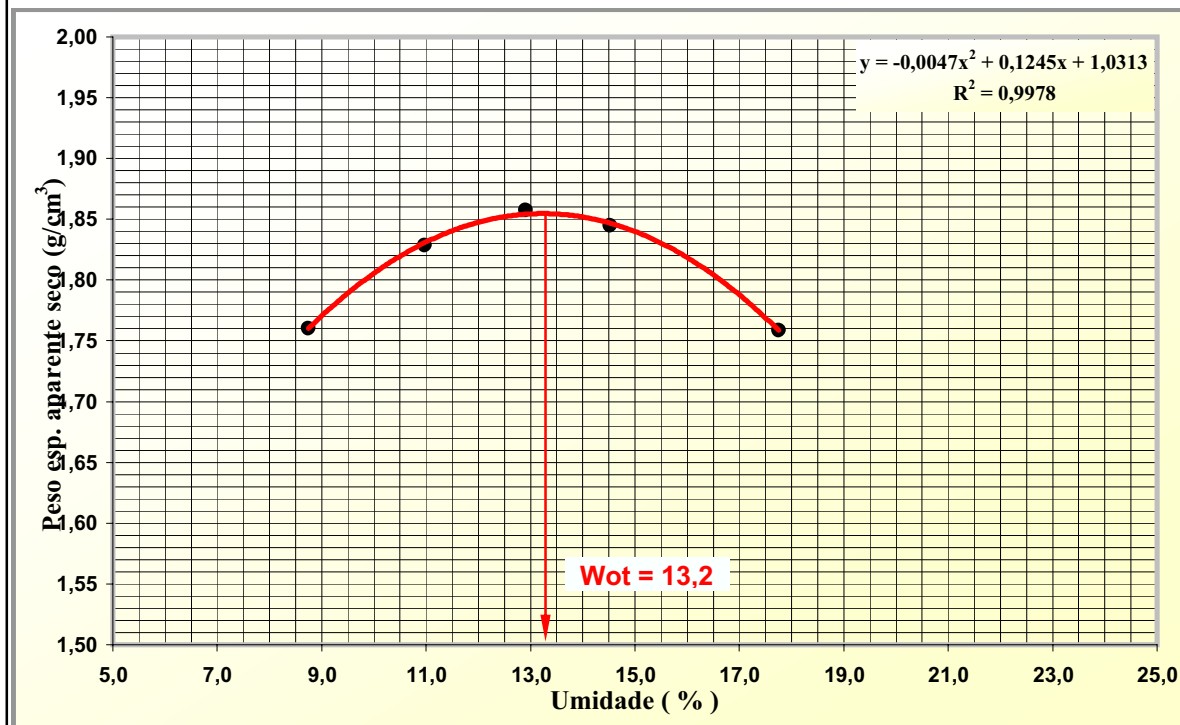
Prof.: **Laura Motta**

CARACTERÍSTICAS DO ENSAIO

Tipo : **E. Intermediária** n^o da Camadas **10** golpes/camadas **14,8**

COMPACTAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

ENSAIO	1		2		3		4		5		6
Molde N ^o	34		34		3		49		49		
Diâmetro(cm)	10,00		10,00		10,00		10,00		10,00		
Altura(cm)	20,00		20,00		20,00		20,00		20,00		
Volume(cm ³)	1570,00		1570,00		1570,00		1570,00		1570,00		
P. molde(g)	4875,00		4875,00		4972,00		4919,80		4919,80		
P.T.Úmido(g)	7880,40		8061,30		8264,60		8236,60		8171,30		
Solo Seco(g)	2763,75		2871,28		2916,34		2896,12		2761,33		
γ_s (g/cm ³)	1,760		1,829		1,858		1,845		1,759		
Cápsula n ^o	114	105	110	115	106	121	104	119	100	122	
Tara (g)	58,90	66,20	64,00	57,30	60,70	56,30	64,10	62,10	61,90	58,20	
P.T.Úmido (g)	444,10	376,00	304,90	258,00	239,80	255,80	386,70	407,40	379,40	317,40	
P.T.Seco (g)	415,00	349,60	282,00	237,40	218,80	233,60	344,40	365,10	331,20	278,60	
Solo Seco (g)	356,10	283,40	218,00	180,10	158,10	177,30	280,30	303,00	269,30	220,40	
Umidade (%)	8,17	9,32	10,50	11,44	13,28	12,52	15,09	13,96	17,90	17,60	
w.média (%)	8,74		10,97		12,90		14,53		17,75		



COPPE/UFRJ

LABORATÓRIO DE GEOTECNIA

Projeto : **Tese de mestrado**

Interessado :

Cinconegui

Local : **Rio de Janeiro**

data : **02/10/2003**

figura :

ENSAIO DE COMPACTAÇÃO

Amostra : **MMRJ - Usina do Catumbi - RJ**

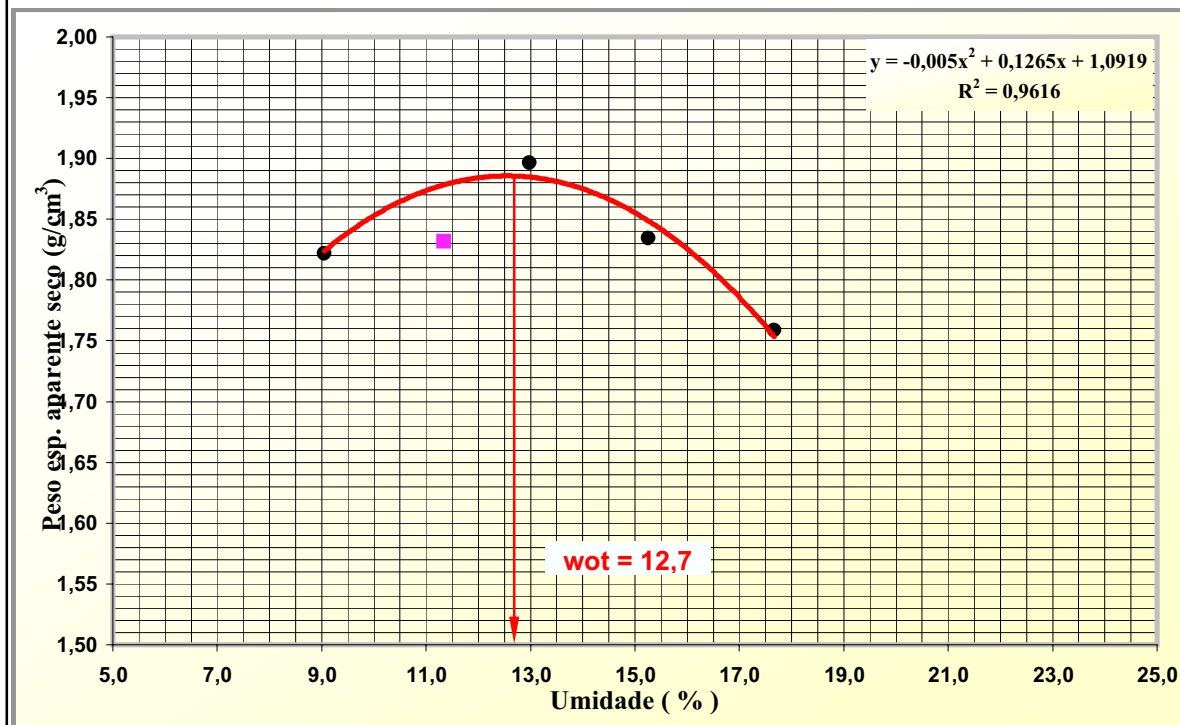
Prof.: **Laura Motta**

CARACTERÍSTICAS DO ENSAIO

Tipo : **E. Modificada** n^o da Camadas **10** golpes/camadas **31**

COMPACTAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

ENSAIO	1		2		3		4		5		6
Molde N ^o	34		34		49		3		49		
Diâmetro(cm)	10,00		10,00		10,00		10,00		10,00		
Altura(cm)	20,00		20,00		20,00		20,00		20,00		
Volume(cm ³)	1570,00		1570,00		1570,00		1570,00		1570,00		
P. molde(g)	4903,00		4903,00		4956,20		4907,60		4956,20		
P.T.Úmido(g)	8021,80		8104,80		8320,00		8227,10		8204,80		
Solo Seco(g)	2859,99		2875,66		2977,24		2880,10		2760,76		
γ_s (g/cm ³)	1,822		1,832		1,896		1,834		1,758		
Cápsula n ^o	53	55	43	48	44	51	45	49	42	54	
Tara (g)	42,50	40,70	41,40	41,70	40,10	42,30	41,40	40,20	41,10	39,70	
P.T.Úmido (g)	276,90	266,70	308,70	278,60	247,80	273,20	258,80	272,70	212,20	272,90	
P.T.Seco (g)	257,60	247,80	280,10	255,70	223,90	246,70	230,80	241,10	186,20	238,30	
Solo Seco (g)	215,10	207,10	238,70	214,00	183,80	204,40	189,40	200,90	145,10	198,60	
Umidade (%)	8,97	9,13	11,98	10,70	13,00	12,96	14,78	15,73	17,92	17,42	
w.média (%)	9,05		11,34		12,98		15,26		17,67		



COPPE/UFRJ

LABORATÓRIO DE GEOTECNIA

Projeto : **Tese de mestrado** Interessado : **Cinconegui**

Local : **Rio de Janeiro** data : **06/10/2003** figura :

ENSAIO DE COMPACTAÇÃO

Amostra : **MIIRJ - Usina do Catumbi - RJ**

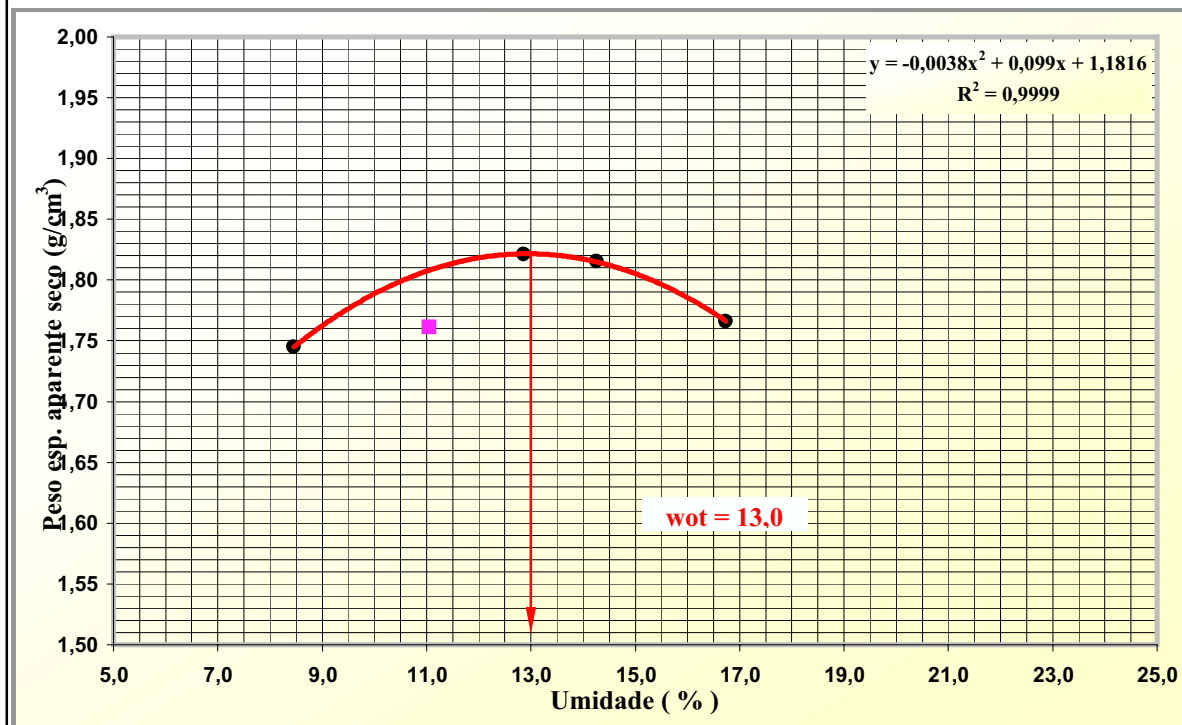
Prof.: **Laura Motta**

CARACTERÍSTICAS DO ENSAIO

Tipo : **E. Intermediária** n^o da Camadas **10** golpes/camadas **14,8**

COMPACTAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

ENSAIO	1		2		3		4		5		6
Molde N ^o	S/ N ^o		34		S/ N ^o		49		S/ N ^o		
Diâmetro(cm)	10,00		10,00		10,00		10,00		10,00		
Altura(cm)	20,00		20,00		20,00		20,00		20,00		
Volume(cm ³)	1570,00		1570,00		1570,00		1570,00		1570,00		
P. molde(g)	4639,20		4905,00		4639,20		4956,10		4639,20		
P.T.Úmido(g)	7610,10		7975,50		7866,30		8212,50		7876,20		
Solo Seco(g)	2739,39		2764,94		2859,41		2850,13		2772,93		
γ_s (g/cm ³)	1,745		1,761		1,821		1,815		1,766		
Cápsula n ^o	46	50	107	109	110	114	115	120	106	121	
Tara (g)	40,80	41,60	61,70	64,60	64,00	58,90	57,40	60,80	60,80	56,30	
P.T.Úmido (g)	194,10	206,50	599,60	463,30	468,60	378,70	387,00	351,00	338,50	359,50	
P.T.Seco (g)	182,20	193,60	545,70	423,90	424,50	340,70	346,10	314,60	298,90	315,80	
Solo Seco (g)	141,40	152,00	484,00	359,30	360,50	281,80	288,70	253,80	238,10	259,50	
Umidade (%)	8,42	8,49	11,14	10,97	12,23	13,48	14,17	14,34	16,63	16,84	
w.média (%)	8,45		11,05		12,86		14,25		16,74		



COPPE/UFRJ

LABORATÓRIO DE GEOTECNIA

Projeto : **Tese de mestrado**

Interessado :

Cinconegui

Local : **Rio de Janeiro**

data : **07/10/2003**

figura :

ENSAIO DE COMPACTAÇÃO

Amostra : **MIMRJ - Usina do Catumbi - RJ**

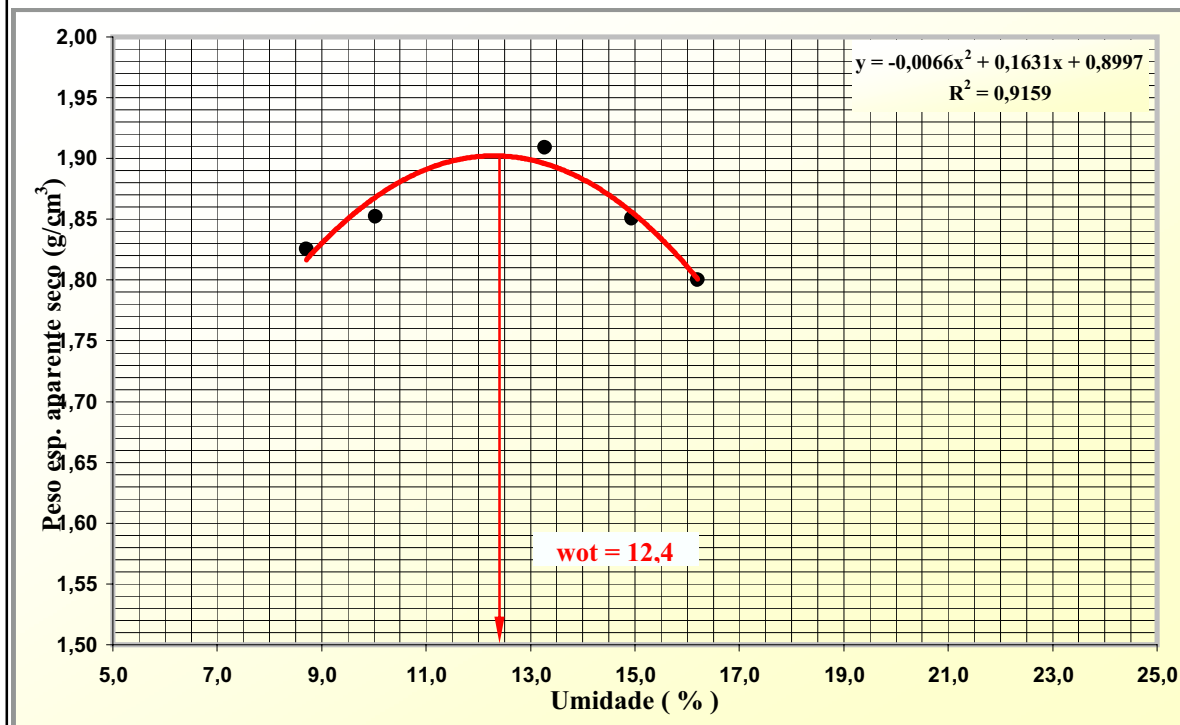
Prof.: **Laura Motta**

CARACTERÍSTICAS DO ENSAIO

Tipo : **E. Modificada** n^o da Camadas **10** golpes/camadas **31**

COMPACTAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

ENSAIO	1		2		3		4		5		6
Molde N ^o	34		34		34		34		34		
Diâmetro(cm)	10,00		10,00		10,00		10,00		10,00		
Altura(cm)	20,00		20,00		20,00		20,00		20,00		
Volume(cm ³)	1570,00		1570,00		1570,00		1570,00		1570,00		
P. molde(g)	4810,30		4811,20		4810,50		4810,80		4811,50		
P.T.Úmido(g)	7926,10		8010,90		8205,60		8149,80		8096,20		
Solo Seco(g)	2866,33		2907,92		2997,27		2905,17		2826,66		
γ_s (g/cm ³)	1,826		1,852		1,909		1,850		1,800		
Cápsula n ^o	135	136	137	139	144	146	142	145	140	141	
Tara (g)	70,80	69,00	61,10	61,40	68,00	62,30	69,30	68,10	65,20	71,80	
P.T.Úmido (g)	371,00	367,10	374,50	390,10	380,40	348,90	332,80	396,00	492,60	465,70	
P.T.Seco (g)	347,40	342,80	347,10	358,90	344,80	314,40	298,40	353,60	435,50	408,50	
Solo Seco (g)	276,60	273,80	286,00	297,50	276,80	252,10	229,10	285,50	370,30	336,70	
Umidade (%)	8,53	8,88	9,58	10,49	12,86	13,69	15,02	14,85	15,42	16,99	
w.média (%)	8,70		10,03		13,27		14,93		16,20		



COPPE/UFRJ

LABORATÓRIO DE GEOTECNIA

Projeto : **Tese de mestrado** Interessado : **Cinconegui**

Local : **Rio de Janeiro** data : **07/10/2003** figura :

ENSAIO DE COMPACTAÇÃO

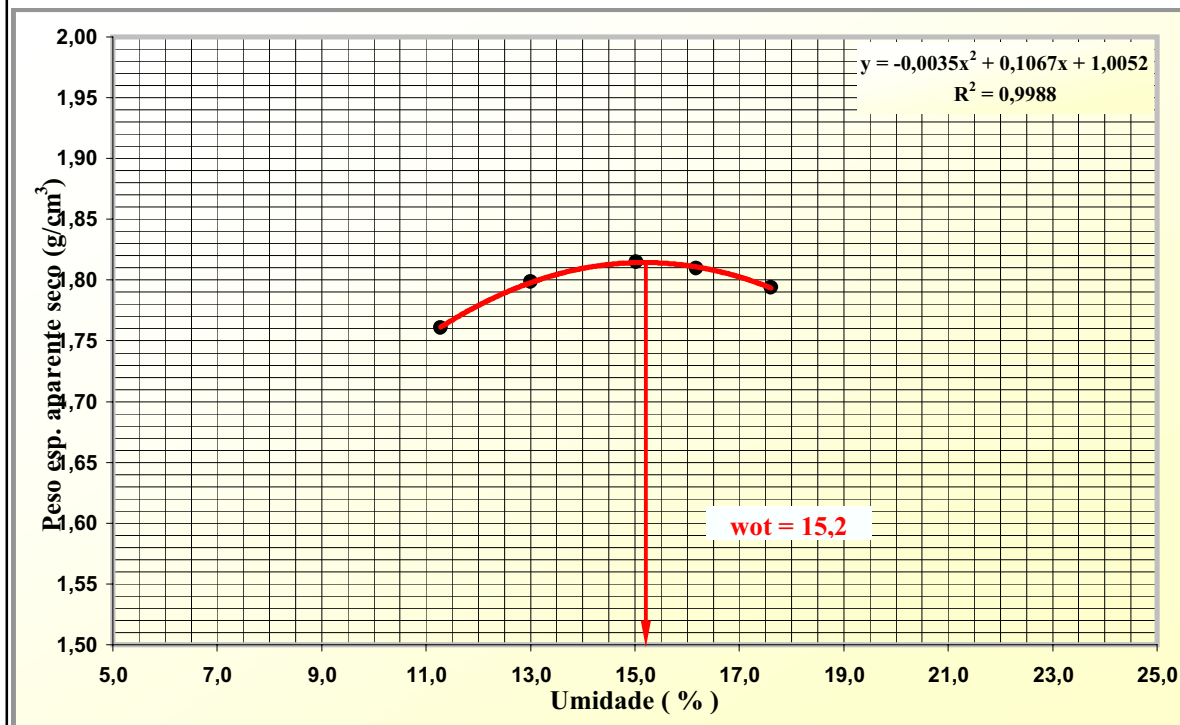
Amostra : **CIBH - Usina do Estoril - BH-MG** Prof.: **Laura Motta**

CARACTERÍSTICAS DO ENSAIO

Tipo : E. Intermediária n^o da Camadas 10 golpes/camadas 17,9

COMPACTAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

ENSAIO	1		2		3		4		5		6
Molde N ^o	34		34		34		34		34		
Diâmetro(cm)	10,00		10,00		10,00		10,00		10,00		
Altura(cm)	20,00		20,00		20,00		20,00		20,00		
Volume(cm ³)	1570,00		1570,00		1570,00		1570,00		1570,00		
P. molde(g)	4806,30		4806,30		4806,30		4806,30		4806,30		
P.T.Úmido(g)	7882,70		7997,40		8083,40		8107,10		8118,80		
Solo Seco(g)	2764,59		2823,78		2849,04		2841,23		2816,62		
γ_s (g/cm ³)	1,761		1,799		1,815		1,810		1,794		
Cápsula n ^o	151	160	170	171	173	174	175	176	178	192	
Tara (g)	32,80	31,40	32,30	36,80	39,80	34,30	40,80	38,70	35,90	40,60	
P.T.Úmido (g)	288,60	303,50	353,60	289,60	298,60	382,60	419,70	405,30	376,20	397,80	
P.T.Seco (g)	262,60	276,00	317,00	260,20	266,00	335,50	370,60	350,80	329,50	340,00	
Solo Seco (g)	229,80	244,60	284,70	223,40	226,20	301,20	329,80	312,10	293,60	299,40	
Umidade (%)	11,31	11,24	12,86	13,16	14,41	15,64	14,89	17,46	15,91	19,31	
w.média (%)	11,28		13,01		15,02		16,18		17,61		



COPPE/UFRJ

LABORATÓRIO DE GEOTECNIA

Projeto : Tese de mestrado Interessado : Cinconegui

Local : Rio de Janeiro data : 15/03/2004 figura :

ENSAIO DE COMPACTAÇÃO

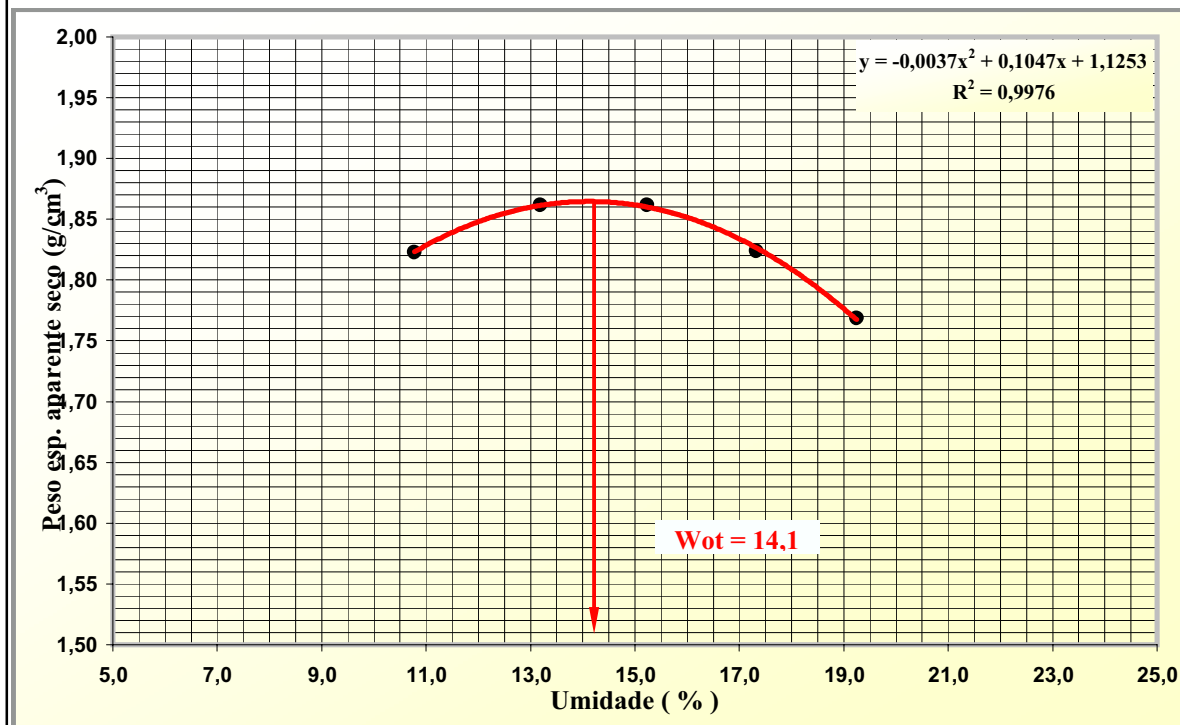
Amostra : **CMBH - Usina do Estoril - BH-MG** Prof.: **Laura Motta**

CARACTERÍSTICAS DO ENSAIO

Tipo : E. Modificada n^o da Camadas 10 golpes/camadas 37,5

COMPACTAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

ENSAIO	1		2		3		4		5		6
Molde N ^o	34		S/ N ^o		49		34		S/N		
Diâmetro(cm)	10,00		10,00		10,00		10,00		10,00		
Altura(cm)	20,00		20,00		20,00		20,00		20,00		
Volume(cm ³)	1570,00		1570,00		1570,00		1570,00		1570,00		
P. molde(g)	4809,80		4639,50		4954,90		4809,40		4639,50		
P.T.Úmido(g)	7980,30		7948,10		8323,20		8168,50		7950,60		
Solo Seco(g)	2861,91		2923,09		2923,15		2863,15		2776,75		
γ_s (g/cm ³)	1,823		1,862		1,862		1,824		1,769		
Cápsula n ^o	162	163	152	154	175	176	173	174	168	170	
Tara (g)	38,70	32,00	41,80	37,80	40,80	38,70	39,90	34,40	38,80	32,20	
P.T.Úmido (g)	261,70	251,00	281,30	284,00	306,40	312,60	283,50	281,80	272,20	321,40	
P.T.Seco (g)	240,80	228,90	253,70	255,00	271,30	276,40	248,30	244,50	234,80	274,40	
Solo Seco (g)	202,10	196,90	211,90	217,20	230,50	237,70	208,40	210,10	196,00	242,20	
Umidade (%)	10,34	11,22	13,03	13,35	15,23	15,23	16,89	17,75	19,08	19,41	
w.média (%)	10,78		13,19		15,23		17,32		19,24		



COPPE/UFRJ

LABORATÓRIO DE GEOTECNIA

Projeto : Tese de mestrado Interessado : Cinconegui

Local : Rio de Janeiro data : 25/09/2003 figura :

ENSAIO DE COMPACTAÇÃO

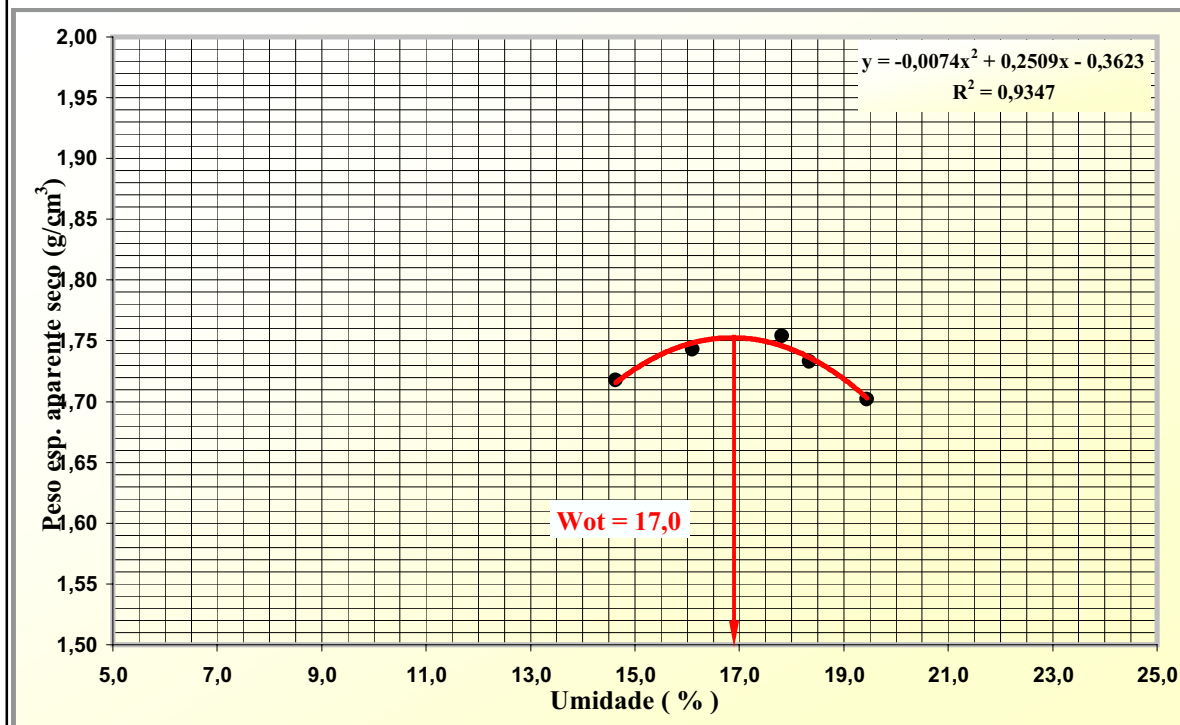
Amostra : **MIBH - Usina do Estoril - BH-MG** Prof.: **Laura Motta**

CARACTERÍSTICAS DO ENSAIO

Tipo : E. Modificada n^o da Camadas 10 golpes/camadas 37,5

COMPACTAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

ENSAIO	1		2		3		4		5		6
Molde N ^o	S/ N ^o preto		49		34		S/n		34		
Diâmetro(cm)	10,00		10,00		10,00		10,00		10,00		
Altura(cm)	20,00		20,00		20,00		20,00		20,00		
Volume(cm ³)	1570,00		1570,00		1570,00		1570,00		1570,00		
P. molde(g)	4639,20		4954,90		4808,10		4639,20		4808,10		
P.T.Úmido(g)	7730,30		8131,80		8052,00		7859,00		8000,00		
Solo Seco(g)	2696,55		2736,22		2753,35		2720,80		2672,34		
γ_s (g/cm ³)	1,718		1,743		1,754		1,733		1,702		
Cápsula n ^o	100	109	150	154	175	177	176	178	113	121	
Tara (g)	62,00	64,70	42,10	33,80	40,80	37,70	38,70	35,90	65,80	56,20	
P.T.Úmido (g)	403,00	420,80	239,60	260,20	266,20	253,10	234,30	243,90	420,80	351,20	
P.T.Seco (g)	360,00	374,80	212,20	228,80	230,80	221,80	205,00	210,60	361,80	304,20	
Solo Seco (g)	298,00	310,10	170,10	195,00	190,00	184,10	166,30	174,70	296,00	248,00	
Umidade (%)	14,43	14,83	16,11	16,10	18,63	17,00	17,62	19,06	19,93	18,95	
w.média (%)	14,63		16,11		17,82		18,34		19,44		



COPPE/UFRJ

LABORATÓRIO DE GEOTECNIA

Projeto : Tese de mestrado Interessado : Cinconegui

Local : Rio de Janeiro data : 25/09/2003 figura :

ENSAIO DE COMPACTAÇÃO

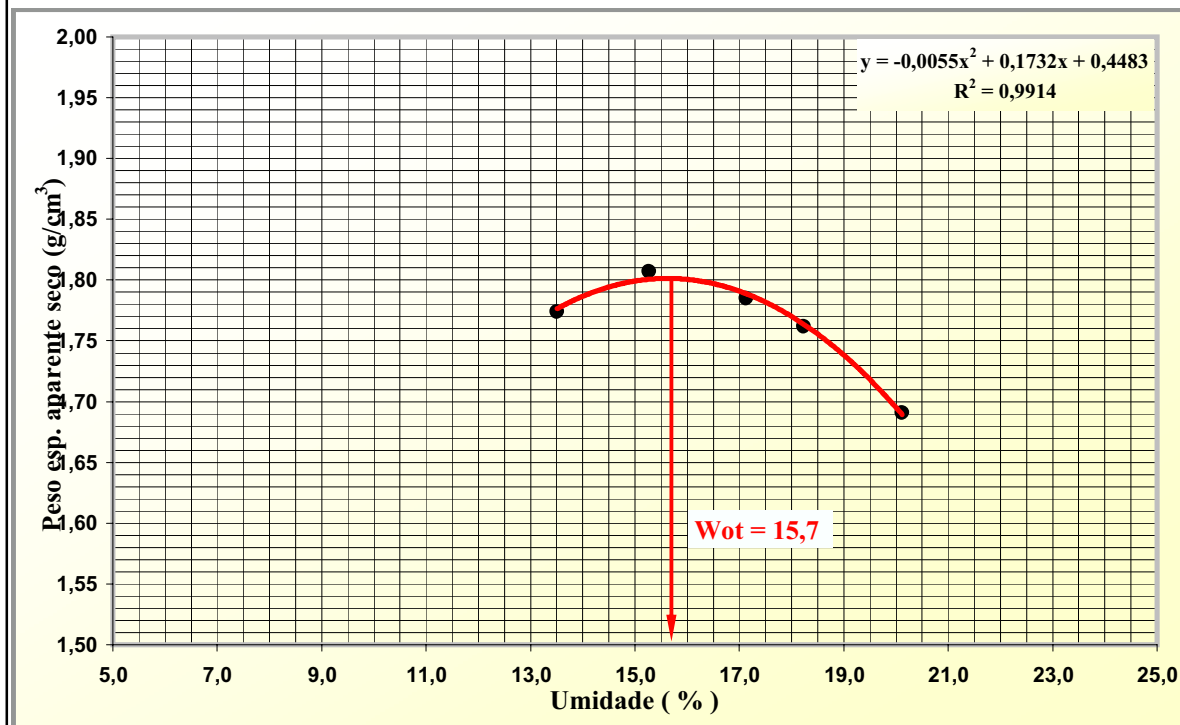
Amostra : **MMBH - Usina do Estoril - BH-MG** Prof.: **Laura Motta**

CARACTERÍSTICAS DO ENSAIO

Tipo : E. Modificada n^o da Camadas 10 golpes/camadas 37,5

COMPACTAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

ENSAIO	1		2		3		4		5		6
Molde N ^o	S/ N ^o preto		49		34		S/n		34		
Diâmetro(cm)	10,00		10,00		10,00		10,00		10,00		
Altura(cm)	20,00		20,00		20,00		20,00		20,00		
Volume(cm ³)	1570,00		1570,00		1570,00		1570,00		1570,00		
P. molde(g)	4639,20		4954,90		4808,10		4639,20		4808,10		
P.T.Úmido(g)	7800,00		8225,40		8090,90		7909,70		7996,90		
Solo Seco(g)	2784,80		2837,14		2802,56		2766,20		2654,64		
γ_s (g/cm ³)	1,774		1,807		1,785		1,762		1,691		
Cápsula n ^o	160	165	158	164	153	159	156	168	162	163	
Tara (g)	31,40	43,30	41,20	30,50	33,50	42,50	40,70	38,70	38,70	32,20	
P.T.Úmido (g)	288,50	270,20	288,20	286,20	253,10	235,80	266,20	247,70	318,10	280,80	
P.T.Seco (g)	257,70	243,40	255,20	252,60	221,00	207,50	231,40	215,50	271,70	238,80	
Solo Seco (g)	226,30	200,10	214,00	222,10	187,50	165,00	190,70	176,80	233,00	206,60	
Umidade (%)	13,61	13,39	15,42	15,13	17,12	17,15	18,25	18,21	19,91	20,33	
w.média (%)	13,50		15,27		17,14		18,23		20,12		



COPPE/UFRJ

LABORATÓRIO DE GEOTECNIA

Projeto : Tese de mestrado Interessado : Cinconegui

Local : Rio de Janeiro data : 25/09/2003 figura :

Anexo 4

Módulo de Resiliência Composto
Planilhas

Ensaio Triaxial Dinâmico								COEFICIENTES DA REGRESSÃO				
Módulo de Resiliência (módulo composto) "Amostra": MSIRJ								INTERSEÇÃO		-6,2683745		
								b1		-0,4719057		
								b2		1,23858915		
								k1		k2		k3
0,001895307		-0,4719057		1,2385891								
R ² = 0,96588968								M _R = K ₁ σ ₃ ^{k2} σ _d ^{k3}				
K ₁ = 1/k ₁		K ₂ = -k ₂		K ₃ = 1-k ₃								
528		0,4719		-0,2386								
DADOS DO ENSAIO TRIAXIAL DINÂMICO												
σ ₃ (kgf/cm2)	σ _d (kgf/cm2)	ε _a	M _R (kgf/cm2)	LN ε _a	LN σ ₃	LN σ _d	M _R Calculado (kgf/cm2)	ERRO (kgf/cm2)	ERRO (%)	Resíduo Padronizado		
0,021	0,021	0,000084	250	-9,38469	-3,86323284	-3,86323284	214	36	14,31	0,64		
0,021	0,041	0,00022	186	-8,42188	-3,86323284	-3,19418321	183	4	2,01	0,07		
0,021	0,062	0,000376	165	-7,88592	-3,86323284	-2,78062089	165	-1	0,34	-0,01		
0,034	0,034	0,000126	270	-8,97923	-3,38139475	-3,38139475	240	30	11,17	0,54		
0,034	0,069	0,000375	184	-7,88858	-3,38139475	-2,67364877	202	-18	10,04	-0,33		
0,034	0,103	0,000632	163	-7,36662	-3,38139475	-2,27302629	184	-21	12,91	-0,38		
0,051	0,051	0,0002	255	-8,51719	-2,97592965	-2,97592965	263	-8	3,33	-0,15		
0,051	0,103	0,000553	186	-7,50015	-2,97592965	-2,27302629	223	-37	19,63	-0,66		
0,051	0,155	0,000852	182	-7,06792	-2,97592965	-1,86433016	202	-20	11,10	-0,36		
0,069	0,069	0,000302	228	-8,10508	-2,67364877	-2,67364877	283	-54	23,75	-0,97		
0,069	0,137	0,000679	202	-7,29489	-2,67364877	-1,98777435	240	-38	18,98	-0,69		
0,069	0,206	0,000998	206	-6,90976	-2,67364877	-1,57987911	218	-11	5,52	-0,20		
0,103	0,103	0,000389	265	-7,85193	-2,27302629	-2,27302629	310	-46	17,25	-0,82		
0,103	0,206	0,000785	262	-7,14983	-2,27302629	-1,57987911	263	-1	0,27	-0,01		
0,103	0,309	0,00116	266	-6,75934	-2,27302629	-1,174414	239	28	10,33	0,49		
0,137	0,137	0,000423	324	-7,76814	-1,98777435	-1,98777435	332	-8	2,45	-0,14		
0,137	0,275	0,000889	309	-7,02541	-1,98777435	-1,29098418	281	28	9,16	0,51		
0,137	0,412	0,001275	323	-6,66481	-1,98777435	-0,88673193	255	68	21,04	1,22		
0,021	0,021	0,000062	339	-9,68838	-3,86323284	-3,86323284	214	124	36,75	2,23		
0,021	0,041	0,00021	195	-8,46840	-3,86323284	-3,19418321	183	13	6,46	0,23		
0,021	0,062	0,000387	160	-7,85709	-3,86323284	-2,78062089	165	-5	3,28	-0,09		
0,034	0,034	0,000127	268	-8,97132	-3,38139475	-3,38139475	240	28	10,46	0,50		
0,034	0,069	0,000391	176	-7,84680	-3,38139475	-2,67364877	202	-26	14,73	-0,47		
0,034	0,103	0,000691	149	-7,27737	-3,38139475	-2,27302629	184	-35	23,45	-0,63		
0,051	0,051	0,000189	270	-8,57376	-2,97592965	-2,97592965	263	6	2,35	0,11		
0,051	0,103	0,000567	182	-7,47515	-2,97592965	-2,27302629	223	-41	22,66	-0,74		
0,051	0,155	0,000909	171	-7,00317	-2,97592965	-1,86433016	202	-32	18,53	-0,57		
0,069	0,069	0,000255	271	-8,27425	-2,67364877	-2,67364877	283	-12	4,50	-0,22		
0,069	0,137	0,000684	200	-7,28755	-2,67364877	-1,98777435	240	-40	19,86	-0,71		
0,069	0,206	0,001043	198	-6,86565	-2,67364877	-1,57987911	218	-20	10,28	-0,36		
0,103	0,103	0,000359	287	-7,93219	-2,27302629	-2,27302629	310	-24	8,21	-0,42		
0,103	0,206	0,000839	246	-7,08330	-2,27302629	-1,57987911	263	-18	7,17	-0,32		
0,103	0,309	0,001147	269	-6,77061	-2,27302629	-1,174414	239	31	11,33	0,55		
0,137	0,137	0,000419	327	-7,77764	-1,98777435	-1,98777435	332	-5	1,48	-0,09		
0,137	0,275	0,000898	306	-7,01534	-1,98777435	-1,29098418	281	25	8,24	0,45		
0,137	0,412	0,001261	327	-6,67585	-1,98777435	-0,88673193	255	72	21,90	1,28		
0,021	0,021	0,000077	273	-9,47171	-3,86323284	-3,86323284	214	59	21,45	1,05		
0,021	0,041	0,000216	190	-8,44023	-3,86323284	-3,19418321	183	7	3,79	0,13		
0,021	0,062	0,000372	167	-7,89662	-3,86323284	-2,78062089	165	1	0,73	0,02		
0,034	0,034	0,000122	279	-9,01149	-3,38139475	-3,38139475	240	39	13,99	0,70		
0,034	0,069	0,00035	197	-7,95758	-3,38139475	-2,67364877	202	-5	2,70	-0,10		
0,034	0,103	0,000577	179	-7,45767	-3,38139475	-2,27302629	184	-6	3,08	-0,10		
0,051	0,051	0,000201	254	-8,51221	-2,97592965	-2,97592965	263	-10	3,85	-0,18		
0,051	0,103	0,000533	193	-7,53699	-2,97592965	-2,27302629	223	-30	15,30	-0,53		
0,051	0,155	0,000833	186	-7,09048	-2,97592965	-1,86433016	202	-16	8,62	-0,29		
0,069	0,069	0,000257	268	-8,26643	-2,67364877	-2,67364877	283	-14	5,31	-0,26		
0,069	0,137	0,000631	217	-7,36820	-2,67364877	-1,98777435	240	-23	10,57	-0,41		
0,069	0,206	0,000965	213	-6,94338	-2,67364877	-1,57987911	218	-4	2,03	-0,08		
0,103	0,103	0,000376	274	-7,88592	-2,27302629	-2,27302629	310	-37	13,33	-0,66		
0,103	0,206	0,000801	257	-7,12965	-2,27302629	-1,57987911	263	-6	2,32	-0,11		
0,103	0,309	0,001138	272	-6,77848	-2,27302629	-1,174414	239	33	12,03	0,59		
0,137	0,137	0,000388	353	-7,85451	-1,98777435	-1,98777435	332	21	6,02	0,38		
0,137	0,275	0,000833	330	-7,09048	-1,98777435	-1,29098418	281	49	14,88	0,88		
0,137	0,412	0,001227	336	-6,70318	-1,98777435	-0,88673193	255	81	24,01	1,45		
0,021	0,021	0,000066	318	-9,62586	-3,86323284	-3,86323284	214	104	32,67	1,86		
0,021	0,041	0,000178	230	-8,63373	-3,86323284	-3,19418321	183	48	20,72	0,86		
0,021	0,062	0,000327	190	-8,02555	-3,86323284	-2,78062089	165	24	12,73	0,43		
0,034	0,034	0,000105	324	-9,16155	-3,38139475	-3,38139475	240	84	25,97	1,51		
0,034	0,069	0,000343	201	-7,97778	-3,38139475	-2,67364877	202	-1	0,65	-0,02		
0,034	0,103	0,000583	177	-7,44732	-3,38139475	-2,27302629	184	-7	4,15	-0,13		
0,051	0,051	0,000163	313	-8,72176	-2,97592965	-2,97592965	263	49	15,78	0,89		
0,051	0,103	0,000504	204	-7,59293	-2,97592965	-2,27302629	223	-18	9,03	-0,33		
0,051	0,155	0,000858	181	-7,06091	-2,97592965	-1,86433016	202	-21	11,88	-0,38		
0,069	0,069	0,000283	244	-8,17006	-2,67364877	-2,67364877	283	-39	15,97	-0,70		
0,069	0,137	0,000659	208	-7,32479	-2,67364877	-1,98777435	240	-32	15,48	-0,58		
0,069	0,206	0,00093	222	-6,98033	-2,67364877	-1,57987911	218	4	1,67	0,07		
0,103	0,103	0,000354	291	-7,94621	-2,27302629	-2,27302629	310	-19	6,70	-0,35		
0,103	0,206	0,000737	280	-7,21292	-2,27302629	-1,57987911	263	16	5,86	0,29		
0,103	0,309	0,00108	286	-6,83079	-2,27302629	-1,174414	239	47	16,51	0,85		
0,137	0,137	0,000427	321	-7,75873	-1,98777435	-1,98777435	332	-11	3,42	-0,20		
0,137	0,275	0,000814	338	-7,11355	-1,98777435	-1,29098418	281	57	16,82	1,02		
0,137	0,412	0,001228	336	-6,70237	-1,98777435	-0,88673193	255	80	23,95	1,44		
0,021	0,021	0,000066	318	-9,62586	-3,86323284	-3,86323284	214	104	32,67	1,86		
0,021	0,041	0,000185	222	-8,59515	-3,86323284	-3,19418321	183	39	17,60	0,70		
0,021	0,062	0,000319	194	-8,05032	-3,86323284	-2,78062089	165	29	14,87	0,52		
0,034	0,034	0,000114	298	-9,07931	-3,38139475	-3,38139475	240	59	19,63	1,05		
0,034	0,069	0,000354	195	-7,94621	-3,38139475	-2,67364877	202	-8	3,87	-0,14		
0,034	0,103	0,000591	174	-7,43369	-3,38139475	-2,27302629	184	-10	5,58	-0,17		
0,051	0,051	0,000173	295	-8,66222	-2,97592965	-2,97592965	263	31	10,62	0,56		
0,051	0,103	0,000524	197	-7,55402	-2,97592965	-2,27302629	223	-26	13,35	-0,47		
0,051	0,155	0,000774	200	-7,16394	-2,97592965	-1,86433016	202	-2	0,93	-0,03		
0,069	0,069	0,000237	291	-8,34745	-2,67364877	-2,67364877	283	8	2,88	0,15		
0,069	0,137	0,000639	214	-7,35651	-2,67364877	-1,98777435	240	-26	11,97	-0,46		
0,069	0,206	0,000953	216	-6,95590	-2,67364877	-1,57987911	218	-2	0,76	-0,03		
0,103	0,103	0,00036	286	-7,92941	-2,27302629	-2,27302629	310	-24	8,51	-0,44		
0,103	0,206	0,00078	264	-7,15622	-2,27302629	-1,57987911	263	1	0,37	0,02		
0,103	0,309	0,001094	282	-6,81791	-2,27302629	-1,174414	239	44	15,43	0,78		

0,137	0,137	0,0004	343	-7,82405	-1,98777435	-1,98777435	332	11	3,12	0,19
0,137	0,275	0,000839	328	-7,08330	-1,98777435	-1,29098418	281	47	14,27	0,84
0,137	0,412	0,001267	325	-6,67110	-1,98777435	-0,88673193	255	70	21,53	1,26
0,021	0,021	0,000074	284	-9,51145	-3,86323284	-3,86323284	214	70	24,51	1,25
0,021	0,041	0,000181	227	-8,61701	-3,86323284	-3,19418321	183	44	19,38	0,79
0,021	0,062	0,000336	185	-7,99840	-3,86323284	-2,78062089	165	19	10,33	0,34
0,034	0,034	0,000111	306	-9,10598	-3,38139475	-3,38139475	240	67	21,74	1,19
0,034	0,069	0,000352	196	-7,95188	-3,38139475	-2,67364877	202	-6	3,29	-0,12
0,034	0,103	0,000599	172	-7,42025	-3,38139475	-2,27302629	184	-12	7,01	-0,22
0,051	0,051	0,0002	255	-8,51719	-2,97592965	-2,97592965	263	-8	3,33	-0,15
0,051	0,103	0,000515	200	-7,57134	-2,97592965	-2,27302629	223	-23	11,41	-0,41
0,051	0,155	0,000835	186	-7,08808	-2,97592965	-1,86433016	202	-16	8,88	-0,30
0,069	0,069	0,000246	280	-8,31018	-2,67364877	-2,67364877	283	-2	0,81	-0,04
0,069	0,137	0,000662	207	-7,32025	-2,67364877	-1,98777435	240	-33	16,00	-0,59
0,069	0,206	0,000963	214	-6,94546	-2,67364877	-1,57987911	218	-4	1,82	-0,07
0,103	0,103	0,000358	288	-7,93498	-2,27302629	-2,27302629	310	-23	7,91	-0,41
0,103	0,206	0,000809	255	-7,11971	-2,27302629	-1,57987911	263	-8	3,34	-0,15
0,103	0,309	0,001139	271	-6,77760	-2,27302629	-1,174414	239	32	11,95	0,58
0,137	0,137	0,000424	323	-7,76578	-1,98777435	-1,98777435	332	-9	2,69	-0,16
0,137	0,275	0,000873	315	-7,04358	-1,98777435	-1,29098418	281	34	10,80	0,61
0,137	0,412	0,001279	322	-6,66168	-1,98777435	-0,88673193	255	67	20,79	1,20
0,021	0,021	0,000008	263	-9,43348	-3,86323284	-3,86323284	214	48	18,39	0,87
0,021	0,041	0,000217	189	-8,43561	-3,86323284	-3,19418321	183	6	3,35	0,11
0,021	0,062	0,000376	165	-7,88592	-3,86323284	-2,78062089	165	-1	0,34	-0,01
0,034	0,034	0,000118	288	-9,04483	-3,38139475	-3,38139475	240	48	16,81	0,87
0,034	0,069	0,000371	186	-7,89931	-3,38139475	-2,67364877	202	-16	8,86	-0,30
0,034	0,103	0,000612	168	-7,39878	-3,38139475	-2,27302629	184	-16	9,33	-0,28
0,051	0,051	0,000195	262	-8,54251	-2,97592965	-2,97592965	263	-2	0,75	-0,04
0,051	0,103	0,000569	181	-7,47163	-2,97592965	-2,27302629	223	-42	23,09	-0,75
0,051	0,155	0,000797	194	-7,13466	-2,97592965	-1,86433016	202	-8	3,93	-0,14
0,069	0,069	0,000286	241	-8,15952	-2,67364877	-2,67364877	283	-41	17,20	-0,74
0,069	0,137	0,000661	207	-7,32176	-2,67364877	-1,98777435	240	-33	15,83	-0,59
0,069	0,206	0,00096	215	-6,94588	-2,67364877	-1,57987911	218	-3	1,50	-0,06
0,103	0,103	0,000362	285	-7,92387	-2,27302629	-2,27302629	310	-26	9,11	-0,46
0,103	0,206	0,000773	266	-7,16523	-2,27302629	-1,57987911	263	3	1,26	0,06
0,103	0,309	0,001097	282	-6,81518	-2,27302629	-1,174414	239	43	15,20	0,77
0,137	0,137	0,000418	328	-7,78003	-1,98777435	-1,98777435	332	-4	1,24	-0,07
0,137	0,275	0,000845	325	-7,07617	-1,98777435	-1,29098418	281	44	13,66	0,80
0,137	0,412	0,001269	325	-6,66953	-1,98777435	-0,88673193	255	70	21,41	1,25
0,021	0,021	0,000084	250	-9,38469	-3,86323284	-3,86323284	214	36	14,31	0,64
0,021	0,041	0,000216	190	-8,44023	-3,86323284	-3,19418321	183	7	3,79	0,13
0,021	0,062	0,000388	160	-7,85451	-3,86323284	-2,78062089	165	-6	3,54	-0,10
0,034	0,034	0,00016	213	-8,74034	-3,38139475	-3,38139475	240	-27	12,81	-0,49
0,034	0,069	0,000386	179	-7,85967	-3,38139475	-2,67364877	202	-24	13,26	-0,43
0,034	0,103	0,00063	163	-7,36979	-3,38139475	-2,27302629	184	-21	12,55	-0,37
0,051	0,051	0,000204	250	-8,49739	-2,97592965	-2,97592965	263	-13	5,40	-0,24
0,051	0,103	0,000567	182	-7,47515	-2,97592965	-2,27302629	223	-41	22,66	-0,74
0,051	0,155	0,000874	177	-7,04243	-2,97592965	-1,86433016	202	-25	13,97	-0,44
0,069	0,069	0,000307	225	-8,08866	-2,67364877	-2,67364877	283	-58	25,80	-1,04
0,069	0,137	0,000658	208	-7,32631	-2,67364877	-1,98777435	240	-32	15,30	-0,57
0,069	0,206	0,000985	209	-6,92287	-2,67364877	-1,57987911	218	-9	4,15	-0,16
0,103	0,103	0,000383	269	-7,86748	-2,27302629	-2,27302629	310	-42	15,44	-0,74
0,103	0,206	0,000821	251	-7,10499	-2,27302629	-1,57987911	263	-12	4,87	-0,22
0,103	0,309	0,001142	271	-6,77497	-2,27302629	-1,174414	239	32	11,72	0,57
0,137	0,137	0,000428	320	-7,75639	-1,98777435	-1,98777435	332	-12	3,66	-0,21
0,137	0,275	0,000887	310	-7,02767	-1,98777435	-1,29098418	281	29	9,37	0,52
0,137	0,412	0,001294	318	-6,65002	-1,98777435	-0,88673193	255	63	19,86	1,13
0,021	0,021	0,000086	244	-9,36116	-3,86323284	-3,86323284	214	30	12,27	0,54
0,021	0,041	0,000247	166	-8,30612	-3,86323284	-3,19418321	183	-17	10,02	-0,30
0,021	0,062	0,00041	151	-7,79935	-3,86323284	-2,78062089	165	-14	9,42	-0,26
0,034	0,034	0,000129	264	-8,95570	-3,38139475	-3,38139475	240	24	9,05	0,43
0,034	0,069	0,000403	171	-7,81657	-3,38139475	-2,67364877	202	-31	18,25	-0,56
0,034	0,103	0,000657	157	-7,32783	-3,38139475	-2,27302629	184	-27	17,37	-0,49
0,051	0,051	0,000208	245	-8,47797	-2,97592965	-2,97592965	263	-18	7,47	-0,33
0,051	0,103	0,00055	187	-7,50559	-2,97592965	-2,27302629	223	-36	18,98	-0,64
0,051	0,155	0,000898	173	-7,01534	-2,97592965	-1,86433016	202	-30	17,09	-0,53
0,069	0,069	0,000314	220	-8,06612	-2,67364877	-2,67364877	283	-63	28,67	-1,13
0,069	0,137	0,000704	195	-7,25873	-2,67364877	-1,98777435	240	-45	23,36	-0,82
0,069	0,206	0,000999	206	-6,90876	-2,67364877	-1,57987911	218	-12	5,63	-0,21
0,103	0,103	0,000404	255	-7,81410	-2,27302629	-2,27302629	310	-56	21,77	-1,00
0,103	0,206	0,000783	263	-7,15238	-2,27302629	-1,57987911	263	0	0,02	0,00
0,103	0,309	0,001152	268	-6,76626	-2,27302629	-1,174414	239	29	10,95	0,53
0,137	0,137	0,000432	317	-7,74708	-1,98777435	-1,98777435	332	-15	4,63	-0,26
0,137	0,275	0,000874	315	-7,04243	-1,98777435	-1,29098418	281	34	10,69	0,60
0,137	0,412	0,001293	319	-6,65079	-1,98777435	-0,88673193	255	63	19,92	1,14
0,021	0,021	0,000099	212	-9,22039	-3,86323284	-3,86323284	214	-2	0,99	-0,04
0,021	0,041	0,000251	163	-8,29006	-3,86323284	-3,19418321	183	-19	11,80	-0,35
0,021	0,062	0,000407	152	-7,80670	-3,86323284	-2,78062089	165	-13	8,62	-0,24
0,034	0,034	0,000167	204	-8,69752	-3,38139475	-3,38139475	240	-36	17,74	-0,65
0,034	0,069	0,000409	169	-7,80180	-3,38139475	-2,67364877	202	-34	20,01	-0,61
0,034	0,103	0,000647	159	-7,34316	-3,38139475	-2,27302629	184	-25	15,59	-0,45
0,051	0,051	0,000217	235	-8,43561	-2,97592965	-2,97592965	263	-28	12,12	-0,51
0,051	0,103	0,000576	179	-7,45940	-2,97592965	-2,27302629	223	-44	24,60	-0,79
0,051	0,155	0,000881	176	-7,03445	-2,97592965	-1,86433016	202	-26	14,88	-0,47
0,069	0,069	0,000316	218	-8,05977	-2,67364877	-2,67364877	283	-64	29,49	-1,16
0,069	0,137	0,000671	204	-7,30674	-2,67364877	-1,98777435	240	-36	17,58	-0,64
0,069	0,206	0,001012	204	-6,89583	-2,67364877	-1,57987911	218	-14	7,00	-0,26
0,103	0,103	0,000402	256	-7,81906	-2,27302629	-2,27302629	310	-54	21,17	-0,97
0,103	0,206	0,000831	248	-7,09288	-2,27302629	-1,57987911	263	-15	6,15	-0,27
0,103	0,309	0,001167	265	-6,75332	-2,27302629	-1,174414	239	26	9,79	0,46
0,137	0,137	0,000436	314	-7,73787	-1,98777435	-1,98777435	332	-18	5,60	-0,32
0,137	0,275	0,000856	321	-7,06324	-1,98777435	-1,29098418	281	40	12,53	0,72
0,137	0,412	0,001289	320	-6,65389	-1,98777435	-0,88673193	255	64	20,17	1,16
		Desv. Padrão	55,75365917					Média	11,7125	

Ensaio Triaxial Dinâmico							COEFICIENTES DA REGRESSÃO				
Módulo de Resiliência (módulo composto) "Amostra": MSMRJ							INTERSEÇÃO			-6,3335162	
							b1			-0,4553271	
							b2			1,25503419	
							k1			k2	k3
							0,001775779	-0,4553271	1,2550342		
							R ² =			0,96588968	
							M _R = K ₁ σ ₃ ^{k₁} K ₂ σ _d ^{k₂} K ₃ σ _d ^{k₃}				
							K ₁ = 1/k ₁	K ₂ = -k ₂	K ₃ = 1-k ₃		
							563	0,4553	-0,2550		
DADOS DO ENSAIO TRIAXIAL DINÂMICO											
σ ₃ (kgf/cm ²)	σ _d (kgf/cm ²)	ε _a	M _R (kgf/cm ²)	LN ε _a	LN σ ₃	LN σ _d	M _R Calculado (kgf/cm ²)	ERRO (kgf/cm ²)	ERRO (%)	Resíduo Padronizado	
0,021	0,021	0,000065	323	-9,64112	-3,86323284	-3,86323284	260	63	19,60	1,00	
0,021	0,041	0,000176	233	-8,64503	-3,86323284	-3,19418321	219	14	5,99	0,22	
0,021	0,062	0,000312	199	-8,07251	-3,86323284	-2,78062089	197	2	0,82	0,03	
0,034	0,034	0,000111	309	-9,11503	-3,38139475	-3,38139475	286	23	7,45	0,36	
0,034	0,069	0,000325	212	-8,03169	-3,38139475	-2,67364877	239	-27	12,49	-0,42	
0,034	0,103	0,000546	189	-7,51289	-3,38139475	-2,27302629	216	-27	14,31	-0,42	
0,051	0,051	0,000171	298	-8,67385	-2,97592965	-2,97592965	310	-12	4,03	-0,19	
0,051	0,103	0,000486	212	-7,62930	-2,97592965	-2,27302629	259	-47	22,37	-0,75	
0,051	0,155	0,000787	197	-7,14728	-2,97592965	-1,86433016	234	-37	18,65	-0,58	
0,069	0,069	0,000264	261	-8,23956	-2,67364877	-2,67364877	330	-68	26,12	-1,07	
0,069	0,137	0,000598	229	-7,42192	-2,67364877	-1,98777435	277	-48	20,80	-0,75	
0,069	0,206	0,000913	226	-6,99877	-2,67364877	-1,57987911	249	-24	10,53	-0,37	
0,103	0,103	0,000353	292	-7,94904	-2,27302629	-2,27302629	357	-65	22,41	-1,03	
0,103	0,206	0,000763	270	-7,17825	-2,27302629	-1,57987911	299	-29	10,86	-0,46	
0,103	0,309	0,001076	287	-6,83450	-2,27302629	-1,174414	270	17	6,01	0,27	
0,137	0,137	0,0004	343	-7,82405	-1,98777435	-1,98777435	378	-36	10,42	-0,56	
0,137	0,275	0,000816	337	-7,11110	-1,98777435	-1,29098418	317	20	6,05	0,32	
0,137	0,412	0,001241	332	-6,69184	-1,98777435	-0,88673193	286	46	13,97	0,73	
0,021	0,021	0,000082	256	-9,40879	-3,86323284	-3,86323284	260	-4	1,43	-0,06	
0,021	0,041	0,000239	172	-8,33905	-3,86323284	-3,19418321	219	-47	27,67	-0,75	
0,021	0,062	0,000401	155	-7,82155	-3,86323284	-2,78062089	197	-42	27,47	-0,67	
0,034	0,034	0,000129	264	-8,95570	-3,38139475	-3,38139475	286	-23	8,54	-0,35	
0,034	0,069	0,000411	168	-7,79692	-3,38139475	-2,67364877	239	-71	42,26	-1,12	
0,034	0,103	0,000651	158	-7,33700	-3,38139475	-2,27302629	216	-57	36,29	-0,90	
0,051	0,051	0,000203	251	-8,50230	-2,97592965	-2,97592965	310	-59	23,50	-0,93	
0,051	0,103	0,000554	186	-7,49835	-2,97592965	-2,27302629	259	-73	39,50	-1,15	
0,051	0,155	0,000869	178	-7,04817	-2,97592965	-1,86433016	234	-55	31,01	-0,87	
0,069	0,069	0,000245	282	-8,31425	-2,67364877	-2,67364877	330	-48	17,05	-0,75	
0,069	0,137	0,000682	201	-7,29048	-2,67364877	-1,98777435	277	-76	37,76	-1,19	
0,069	0,206	0,000949	217	-6,96010	-2,67364877	-1,57987911	249	-32	14,89	-0,51	
0,103	0,103	0,000357	289	-7,93777	-2,27302629	-2,27302629	357	-69	23,80	-1,08	
0,103	0,206	0,00076	271	-7,18219	-2,27302629	-1,57987911	299	-28	10,42	-0,44	
0,103	0,309	0,001064	290	-6,84572	-2,27302629	-1,174414	270	21	7,06	0,32	
0,137	0,137	0,000394	348	-7,83916	-1,98777435	-1,98777435	378	-30	8,76	-0,48	
0,137	0,275	0,000819	336	-7,10743	-1,98777435	-1,29098418	317	19	5,71	0,30	
0,137	0,412	0,001189	347	-6,73464	-1,98777435	-0,88673193	286	61	17,58	0,96	
0,021	0,021	0,00007	300	-9,56702	-3,86323284	-3,86323284	260	40	13,42	0,63	
0,021	0,041	0,000178	230	-8,63373	-3,86323284	-3,19418321	219	11	4,92	0,18	
0,021	0,062	0,00032	194	-8,04719	-3,86323284	-2,78062089	197	-3	1,72	-0,05	
0,034	0,034	0,000108	315	-9,13338	-3,38139475	-3,38139475	286	29	9,13	0,45	
0,034	0,069	0,00032	216	-8,04719	-3,38139475	-2,67364877	239	-23	10,76	-0,36	
0,034	0,103	0,000521	198	-7,55976	-3,38139475	-2,27302629	216	-18	9,07	-0,28	
0,051	0,051	0,000161	317	-8,73411	-2,97592965	-2,97592965	310	6	2,05	0,10	
0,051	0,103	0,000463	222	-7,67778	-2,97592965	-2,27302629	259	-37	16,58	-0,58	
0,051	0,155	0,000718	216	-7,23904	-2,97592965	-1,86433016	234	-18	8,25	-0,28	
0,069	0,069	0,000242	285	-8,32657	-2,67364877	-2,67364877	330	-45	15,61	-0,70	
0,069	0,137	0,000559	245	-7,48936	-2,67364877	-1,98777435	277	-32	12,92	-0,50	
0,069	0,206	0,000838	246	-7,08449	-2,67364877	-1,57987911	249	-4	1,45	-0,06	
0,103	0,103	0,000337	306	-7,99543	-2,27302629	-2,27302629	357	-52	16,86	-0,81	
0,103	0,206	0,000686	300	-7,28463	-2,27302629	-1,57987911	299	1	0,33	0,02	
0,103	0,309	0,000958	323	-6,95066	-2,27302629	-1,174414	270	53	16,32	0,83	
0,137	0,137	0,000356	385	-7,94058	-1,98777435	-1,98777435	378	7	1,73	0,10	
0,137	0,275	0,000725	379	-7,22934	-1,98777435	-1,29098418	317	63	16,53	0,99	
0,137	0,412	0,001087	379	-6,82433	-1,98777435	-0,88673193	286	93	24,65	1,47	
0,021	0,021	0,00058	362	-9,75507	-3,86323284	-3,86323284	260	102	28,26	1,61	
0,021	0,041	0,000152	270	-8,79163	-3,86323284	-3,19418321	219	51	18,81	0,80	
0,021	0,062	0,000276	225	-8,19511	-3,86323284	-2,78062089	197	28	12,27	0,43	
0,034	0,034	0,000092	370	-9,29372	-3,38139475	-3,38139475	286	83	22,59	1,31	
0,034	0,069	0,000285	242	-8,16302	-3,38139475	-2,67364877	239	3	1,35	0,05	
0,034	0,103	0,000501	206	-7,59890	-3,38139475	-2,27302629	216	-10	4,89	-0,16	
0,051	0,051	0,000157	325	-8,75926	-2,97592965	-2,97592965	310	15	4,48	0,23	
0,051	0,103	0,000444	232	-7,71969	-2,97592965	-2,27302629	259	-27	11,80	-0,43	
0,051	0,155	0,000695	223	-7,27160	-2,97592965	-1,86433016	234	-11	4,78	-0,17	
0,069	0,069	0,00021	329	-8,46840	-2,67364877	-2,67364877	330	-1	0,33	-0,02	
0,069	0,137	0,000543	252	-7,51840	-2,67364877	-1,98777435	277	-24	9,69	-0,38	
0,069	0,206	0,000837	246	-7,08569	-2,67364877	-1,57987911	249	-3	1,33	-0,05	
0,103	0,103	0,000306	337	-8,09193	-2,27302629	-2,27302629	357	-21	6,11	-0,32	
0,103	0,206	0,00068	303	-7,29342	-2,27302629	-1,57987911	299	4	1,20	0,06	
0,103	0,309	0,000964	321	-6,94442	-2,27302629	-1,174414	270	51	15,80	0,80	
0,137	0,137	0,000336	408	-7,99840	-1,98777435	-1,98777435	378	30	7,25	0,46	
0,137	0,275	0,000721	381	-7,23487	-1,98777435	-1,29098418	317	65	16,99	1,02	
0,137	0,412	0,001077	383	-6,83358	-1,98777435	-0,88673193	286	97	25,34	1,52	
0,021	0,021	0,00053	396	-9,84522	-3,86323284	-3,86323284	260	136	34,44	2,15	
0,021	0,041	0,000148	277	-8,81830	-3,86323284	-3,19418321	219	58	20,94	0,91	
0,021	0,062	0,00027	230	-8,21709	-3,86323284	-2,78062089	197	33	14,17	0,51	
0,034	0,034	0,000098	347	-9,23054	-3,38139475	-3,38139475	286	61	17,54	0,96	
0,034	0,069	0,000286	241	-8,15952	-3,38139475	-2,67364877	239	2	1,01	0,04	
0,034	0,103	0,000495	208	-7,61095	-3,38139475	-2,27302629	216	-8	3,63	-0,12	
0,051	0,051	0,000149	342	-8,81156	-2,97592965	-2,97592965	310	32	9,35	0,50	
0,051	0,103	0,000441	234	-7,72647	-2,97592965	-2,27302629	259	-26	11,04	-0,41	
0,051	0,155	0,000701	221	-7,26300	-2,97592965	-1,86433016	234	-13	5,68	-0,20	
0,069	0,069	0,000207	333	-8,48279	-2,67364877	-2,67364877	330	4	1,11	0,06	
0,069	0,137	0,000543	252	-7,51840	-2,67364877	-1,98777435	277	-24	9,69	-0,38	
0,069	0,206	0,00085	242	-7,07027	-2,67364877	-1,57987911	249	-7	2,91	-0,11	
0,103	0,103	0,0003	343	-8,11173	-2,27302629	-2,27302629	357	-14	4,03	-0,22	
0,103	0,206	0,000665	310	-7,31572	-2,27302629	-1,57987911	299	10	3,38	0,16	
0,103	0,309	0,000894	346	-7,01980	-2,27302629	-1,174414	270	76	21,91	1,19	

0,137	0,137	0,000348	394	-7,96331	-1,98777435	-1,98777435	378	15	3,94	0,24
0,137	0,275	0,000736	374	-7,21428	-1,98777435	-1,29098418	317	57	15,26	0,90
0,137	0,412	0,0011	375	-6,81245	-1,98777435	-0,88673193	286	89	23,75	1,40
0,021	0,021	0,000068	309	-9,59600	-3,86323284	-3,86323284	260	49	15,89	0,77
0,021	0,041	0,000191	215	-8,56324	-3,86323284	-3,19418321	219	-4	2,03	-0,07
0,021	0,062	0,000327	190	-8,02555	-3,86323284	-2,78062089	197	-7	3,95	-0,12
0,034	0,034	0,000136	250	-8,90286	-3,38139475	-3,38139475	286	-36	14,43	-0,57
0,034	0,069	0,000337	205	-7,99543	-3,38139475	-2,67364877	239	-34	16,65	-0,54
0,034	0,103	0,000578	178	-7,45594	-3,38139475	-2,27302629	216	-37	21,01	-0,59
0,051	0,051	0,000179	285	-8,62812	-2,97592965	-2,97592965	310	-25	8,90	-0,40
0,051	0,103	0,000479	215	-7,64381	-2,97592965	-2,27302629	259	-44	20,61	-0,70
0,051	0,155	0,00073	212	-7,22247	-2,97592965	-1,86433016	234	-21	10,06	-0,34
0,069	0,069	0,000239	289	-8,33905	-2,67364877	-2,67364877	330	-41	14,18	-0,64
0,069	0,137	0,000583	235	-7,44732	-2,67364877	-1,98777435	277	-42	17,77	-0,66
0,069	0,206	0,000898	229	-7,01534	-2,67364877	-1,57987911	249	-20	8,72	-0,31
0,103	0,103	0,000309	333	-8,08217	-2,27302629	-2,27302629	357	-24	7,15	-0,38
0,103	0,206	0,000672	307	-7,30525	-2,27302629	-1,57987911	299	7	2,36	0,11
0,103	0,309	0,001025	301	-6,88306	-2,27302629	-1,174414	270	32	10,47	0,50
0,137	0,137	0,000362	378	-7,92387	-1,98777435	-1,98777435	378	0	0,07	0,00
0,137	0,275	0,000746	369	-7,20078	-1,98777435	-1,29098418	317	52	14,11	0,82
0,137	0,412	0,001119	368	-6,79532	-1,98777435	-0,88673193	286	83	22,43	1,30
0,021	0,021	0,000064	328	-9,65663	-3,86323284	-3,86323284	260	68	20,84	1,08
0,021	0,041	0,000166	247	-8,70352	-3,86323284	-3,19418321	219	28	11,33	0,44
0,021	0,062	0,000292	212	-8,13876	-3,86323284	-2,78062089	197	15	7,18	0,24
0,034	0,034	0,000123	276	-9,00333	-3,38139475	-3,38139475	286	-10	3,49	-0,15
0,034	0,069	0,000309	223	-8,08217	-3,38139475	-2,67364877	239	-16	6,95	-0,24
0,034	0,103	0,000532	194	-7,53887	-3,38139475	-2,27302629	216	-22	11,38	-0,35
0,051	0,051	0,000161	317	-8,73411	-2,97592965	-2,97592965	310	6	2,05	0,10
0,051	0,103	0,000438	235	-7,73329	-2,97592965	-2,27302629	259	-24	10,29	-0,38
0,051	0,155	0,000713	217	-7,24603	-2,97592965	-1,86433016	234	-16	7,49	-0,26
0,069	0,069	0,000244	283	-8,31834	-2,67364877	-2,67364877	330	-47	16,57	-0,74
0,069	0,137	0,000562	244	-7,48401	-2,67364877	-1,98777435	277	-33	13,52	-0,52
0,069	0,206	0,000872	236	-7,04472	-2,67364877	-1,57987911	249	-13	5,57	-0,21
0,103	0,103	0,000308	334	-8,08541	-2,27302629	-2,27302629	357	-23	6,81	-0,36
0,103	0,206	0,000688	299	-7,28172	-2,27302629	-1,57987911	299	0	0,04	0,00
0,103	0,309	0,000976	317	-6,93205	-2,27302629	-1,174414	270	47	14,75	0,73
0,137	0,137	0,000347	395	-7,96619	-1,98777435	-1,98777435	378	17	4,21	0,26
0,137	0,275	0,000753	365	-7,19145	-1,98777435	-1,29098418	317	49	13,31	0,76
0,137	0,412	0,001075	383	-6,83543	-1,98777435	-0,88673193	286	98	25,48	1,54
0,021	0,021	0,000057	368	-9,77246	-3,86323284	-3,86323284	260	109	29,50	1,71
0,021	0,041	0,000149	275	-8,81156	-3,86323284	-3,19418321	219	56	20,41	0,88
0,021	0,062	0,000278	223	-8,18789	-3,86323284	-2,78062089	197	26	11,63	0,41
0,034	0,034	0,000088	386	-9,33817	-3,38139475	-3,38139475	286	100	25,96	1,58
0,034	0,069	0,00028	246	-8,18072	-3,38139475	-2,67364877	239	8	3,08	0,12
0,034	0,103	0,000442	233	-7,72420	-3,38139475	-2,27302629	216	17	7,47	0,27
0,051	0,051	0,00014	364	-8,87387	-2,97592965	-2,97592965	310	54	14,83	0,85
0,051	0,103	0,000453	227	-7,69962	-2,97592965	-2,27302629	259	-32	14,07	-0,50
0,051	0,155	0,000688	225	-7,28172	-2,97592965	-1,86433016	234	-8	3,72	-0,13
0,069	0,069	0,000219	315	-8,42644	-2,67364877	-2,67364877	330	-15	4,63	-0,23
0,069	0,137	0,000564	243	-7,48046	-2,67364877	-1,98777435	277	-34	13,93	-0,53
0,069	0,206	0,000843	244	-7,07854	-2,67364877	-1,57987911	249	-5	2,06	-0,08
0,103	0,103	0,000305	338	-8,09520	-2,27302629	-2,27302629	357	-19	5,77	-0,31
0,103	0,206	0,000656	314	-7,32935	-2,27302629	-1,57987911	299	15	4,69	0,23
0,103	0,309	0,000973	318	-6,93513	-2,27302629	-1,174414	270	48	15,01	0,75
0,137	0,137	0,000353	388	-7,94904	-1,98777435	-1,98777435	378	10	2,56	0,16
0,137	0,275	0,000713	386	-7,24603	-1,98777435	-1,29098418	317	69	17,91	1,09
0,137	0,412	0,000986	418	-6,92185	-1,98777435	-0,88673193	286	132	31,65	2,08
0,021	0,021	0,000068	309	-9,59600	-3,86323284	-3,86323284	260	49	15,89	0,77
0,021	0,041	0,000178	230	-8,63373	-3,86323284	-3,19418321	219	11	4,92	0,18
0,021	0,062	0,000341	182	-7,98363	-3,86323284	-2,78062089	197	-15	8,40	-0,24
0,034	0,034	0,000113	301	-9,08812	-3,38139475	-3,38139475	286	15	4,92	0,23
0,034	0,069	0,000347	199	-7,96619	-3,38139475	-2,67364877	239	-40	20,11	-0,63
0,034	0,103	0,00054	191	-7,52394	-3,38139475	-2,27302629	216	-25	13,05	-0,39
0,051	0,051	0,000184	277	-8,60057	-2,97592965	-2,97592965	310	-33	11,94	-0,52
0,051	0,103	0,000537	192	-7,52951	-2,97592965	-2,27302629	259	-68	35,22	-1,06
0,051	0,155	0,000768	202	-7,17172	-2,97592965	-1,86433016	234	-32	15,79	-0,50
0,069	0,069	0,000238	290	-8,34324	-2,67364877	-2,67364877	330	-40	13,70	-0,62
0,069	0,137	0,000662	207	-7,32025	-2,67364877	-1,98777435	277	-70	33,72	-1,10
0,069	0,206	0,000989	208	-6,91882	-2,67364877	-1,57987911	249	-41	19,74	-0,65
0,103	0,103	0,000354	291	-7,94621	-2,27302629	-2,27302629	357	-66	22,76	-1,04
0,103	0,206	0,000749	275	-7,19677	-2,27302629	-1,57987911	299	-24	8,83	-0,38
0,103	0,309	0,001097	282	-6,81518	-2,27302629	-1,174414	270	12	4,18	0,19
0,137	0,137	0,00042	326	-7,77526	-1,98777435	-1,98777435	378	-52	15,94	-0,82
0,137	0,275	0,000931	295	-6,97925	-1,98777435	-1,29098418	317	-21	7,19	-0,33
0,137	0,412	0,001299	317	-6,64616	-1,98777435	-0,88673193	286	32	9,95	0,50
0,021	0,021	0,000062	339	-9,68838	-3,86323284	-3,86323284	260	79	23,31	1,24
0,021	0,041	0,000162	253	-8,72791	-3,86323284	-3,19418321	219	34	13,47	0,54
0,021	0,062	0,000272	228	-8,20971	-3,86323284	-2,78062089	197	31	13,54	0,49
0,034	0,034	0,000095	358	-9,26163	-3,38139475	-3,38139475	286	72	20,07	1,13
0,034	0,069	0,000289	239	-8,14908	-3,38139475	-2,67364877	239	0	0,03	0,00
0,034	0,103	0,00047	219	-7,66278	-3,38139475	-2,27302629	216	4	1,60	0,06
0,051	0,051	0,000165	309	-8,70957	-2,97592965	-2,97592965	310	-1	0,38	-0,02
0,051	0,103	0,00042	245	-7,77526	-2,97592965	-2,27302629	259	-14	5,76	-0,22
0,051	0,155	0,000694	223	-7,27304	-2,97592965	-1,86433016	234	-10	4,63	-0,16
0,069	0,069	0,000248	278	-8,30208	-2,67364877	-2,67364877	330	-51	18,48	-0,81
0,069	0,137	0,000538	255	-7,52765	-2,67364877	-1,98777435	277	-22	8,68	-0,35
0,069	0,206	0,000841	245	-7,08092	-2,67364877	-1,57987911	249	-4	1,82	-0,07
0,103	0,103	0,000291	354	-8,14219	-2,27302629	-2,27302629	357	-3	0,91	-0,05
0,103	0,206	0,000675	305	-7,30080	-2,27302629	-1,57987911	299	6	1,93	0,09
0,103	0,309	0,000987	313	-6,92084	-2,27302629	-1,174414	270	43	13,79	0,68
0,137	0,137	0,000356	385	-7,94058	-1,98777435	-1,98777435	378	7	1,73	0,10
0,137	0,275	0,000734	375	-7,21700	-1,98777435	-1,29098418	317	58	15,49	0,91
0,137	0,412	0,001115	370	-6,79890	-1,98777435	-0,88673193	286	84	22,71	1,32
		Desv. Padrão	63,59103162						Média	12,4911

Ensaio Triaxial Dinâmico							COEFICIENTES DA REGRESSÃO				
Módulo de Resiliência (módulo composto)							INTERSEÇÃO			-6,3341775	
							b1			-0,4696671	
"Amostra": MMIRJ							b2			1,23021364	
							k1			k2	k3
							0,001774605	-0,4696671	1,2302136		
							R ² =			0,96588968	
							M _R = K ₁ σ ₃ ^{k₁} K ₂ σ _d ^{k₂} K ₃ σ _d ^{k₃}				
							K ₁ = 1/k ₁	K ₂ = -k ₂	K ₃ = 1-k ₃		
DADOS DO ENSAIO TRIAXIAL DINÂMICO							564	0,4697	-0,2302		
σ ₃ (kgf/cm ²)	σ _d (kgf/cm ²)	ε _a	M _R (kgf/cm ²)	LN ε _a	LN σ ₃	LN σ _d	M _R Calculado (kgf/cm ²)	ERRO (kgf/cm ²)	ERRO (%)	Resíduo Padronizado	
0,021	0,021	0,000072	292	-9,53884	-3,86323284	-3,86323284	223	68	23,39	1,08	
0,021	0,041	0,0002	205	-8,51719	-3,86323284	-3,19418321	192	13	6,57	0,21	
0,021	0,062	0,000335	185	-8,00138	-3,86323284	-2,78062089	174	11	5,91	0,17	
0,034	0,034	0,000146	233	-8,83190	-3,38139475	-3,38139475	251	-18	7,68	-0,28	
0,034	0,069	0,000362	191	-7,92387	-3,38139475	-2,67364877	213	-22	11,78	-0,35	
0,034	0,103	0,000579	178	-7,45421	-3,38139475	-2,27302629	194	-16	9,21	-0,26	
0,051	0,051	0,000185	276	-8,59515	-2,97592965	-2,97592965	276	-1	0,24	-0,01	
0,051	0,103	0,000507	203	-7,58700	-2,97592965	-2,27302629	235	-32	15,70	-0,50	
0,051	0,155	0,000799	194	-7,13215	-2,97592965	-1,86433016	214	-20	10,28	-0,31	
0,069	0,069	0,000247	279	-8,30612	-2,67364877	-2,67364877	297	-18	6,34	-0,28	
0,069	0,137	0,000645	212	-7,34626	-2,67364877	-1,98777435	254	-41	19,43	-0,65	
0,069	0,206	0,000932	221	-6,97818	-2,67364877	-1,57987911	231	-10	4,48	-0,16	
0,103	0,103	0,000362	285	-7,92387	-2,27302629	-2,27302629	327	-42	14,92	-0,67	
0,103	0,206	0,000793	260	-7,13969	-2,27302629	-1,57987911	279	-19	7,31	-0,30	
0,103	0,309	0,001108	279	-6,80520	-2,27302629	-1,174414	254	25	8,95	0,39	
0,137	0,137	0,000414	331	-7,78964	-1,98777435	-1,98777435	350	-19	5,79	-0,30	
0,137	0,275	0,000851	323	-7,06910	-1,98777435	-1,29098418	298	25	7,72	0,39	
0,137	0,412	0,001262	326	-6,67506	-1,98777435	-0,88673193	272	55	16,77	0,86	
0,021	0,021	0,000084	250	-9,38469	-3,86323284	-3,86323284	223	27	10,63	0,42	
0,021	0,041	0,00022	186	-8,42188	-3,86323284	-3,19418321	192	-5	2,78	-0,08	
0,021	0,062	0,000386	161	-7,85967	-3,86323284	-2,78062089	174	-14	8,42	-0,21	
0,034	0,034	0,000118	288	-9,04483	-3,38139475	-3,38139475	251	37	12,97	0,59	
0,034	0,069	0,000389	177	-7,85193	-3,38139475	-2,67364877	213	-36	20,11	-0,56	
0,034	0,103	0,000643	160	-7,34937	-3,38139475	-2,27302629	194	-34	21,29	-0,54	
0,051	0,051	0,00021	243	-8,46840	-2,97592965	-2,97592965	276	-33	13,78	-0,53	
0,051	0,103	0,000562	183	-7,48401	-2,97592965	-2,27302629	235	-52	28,25	-0,82	
0,051	0,155	0,00086	180	-7,05858	-2,97592965	-1,86433016	214	-34	18,70	-0,53	
0,069	0,069	0,00026	265	-8,25483	-2,67364877	-2,67364877	297	-32	11,94	-0,50	
0,069	0,137	0,000681	201	-7,29195	-2,67364877	-1,98777435	254	-53	26,10	-0,83	
0,069	0,206	0,000985	209	-6,92287	-2,67364877	-1,57987911	231	-22	10,43	-0,34	
0,103	0,103	0,00039	264	-7,84936	-2,27302629	-2,27302629	327	-63	23,81	-0,99	
0,103	0,206	0,000808	255	-7,12095	-2,27302629	-1,57987911	279	-24	9,34	-0,38	
0,103	0,309	0,001093	283	-6,81883	-2,27302629	-1,174414	254	29	10,19	0,45	
0,137	0,137	0,000422	325	-7,77051	-1,98777435	-1,98777435	350	-25	7,84	-0,40	
0,137	0,275	0,000861	319	-7,05742	-1,98777435	-1,29098418	298	21	6,63	0,33	
0,137	0,412	0,00127	324	-6,66874	-1,98777435	-0,88673193	272	53	16,25	0,83	
0,021	0,021	0,000085	247	-9,37286	-3,86323284	-3,86323284	223	24	9,56	0,37	
0,021	0,041	0,000203	202	-8,50230	-3,86323284	-3,19418321	192	10	5,17	0,16	
0,021	0,062	0,000386	161	-7,85967	-3,86323284	-2,78062089	174	-14	8,42	-0,21	
0,034	0,034	0,000127	268	-8,97132	-3,38139475	-3,38139475	251	17	6,33	0,27	
0,034	0,069	0,000369	187	-7,90471	-3,38139475	-2,67364877	213	-26	13,94	-0,41	
0,034	0,103	0,000627	164	-7,37456	-3,38139475	-2,27302629	194	-30	18,27	-0,47	
0,051	0,051	0,000199	256	-8,52221	-2,97592965	-2,97592965	276	-20	7,82	-0,32	
0,051	0,103	0,000553	186	-7,50015	-2,97592965	-2,27302629	235	-49	26,19	-0,77	
0,051	0,155	0,00087	178	-7,04702	-2,97592965	-1,86433016	214	-36	20,08	-0,56	
0,069	0,069	0,000254	272	-8,27818	-2,67364877	-2,67364877	297	-25	9,36	-0,40	
0,069	0,137	0,000669	205	-7,30973	-2,67364877	-1,98777435	254	-49	23,88	-0,77	
0,069	0,206	0,000926	222	-6,98464	-2,67364877	-1,57987911	231	-8	3,81	-0,13	
0,103	0,103	0,00034	303	-7,98656	-2,27302629	-2,27302629	327	-24	7,93	-0,38	
0,103	0,206	0,000781	264	-7,15494	-2,27302629	-1,57987911	279	-15	5,68	-0,24	
0,103	0,309	0,001055	293	-6,85421	-2,27302629	-1,174414	254	39	13,31	0,61	
0,137	0,137	0,000393	349	-7,84170	-1,98777435	-1,98777435	350	-1	0,43	-0,02	
0,137	0,275	0,000808	340	-7,12095	-1,98777435	-1,29098418	298	42	12,38	0,66	
0,137	0,412	0,001168	353	-6,75246	-1,98777435	-0,88673193	272	81	22,97	1,28	
0,021	0,021	0,000077	273	-9,47171	-3,86323284	-3,86323284	223	49	18,07	0,78	
0,021	0,041	0,000208	197	-8,47797	-3,86323284	-3,19418321	192	6	2,83	0,09	
0,021	0,062	0,000392	158	-7,84425	-3,86323284	-2,78062089	174	-16	10,10	-0,25	
0,034	0,034	0,000112	304	-9,09701	-3,38139475	-3,38139475	251	53	17,40	0,83	
0,034	0,069	0,000401	172	-7,82155	-3,38139475	-2,67364877	213	-41	23,82	-0,65	
0,034	0,103	0,000634	162	-7,36346	-3,38139475	-2,27302629	194	-32	19,59	-0,50	
0,051	0,051	0,000199	256	-8,52221	-2,97592965	-2,97592965	276	-20	7,82	-0,32	
0,051	0,103	0,000518	199	-7,56554	-2,97592965	-2,27302629	235	-36	18,21	-0,57	
0,051	0,155	0,000835	186	-7,08808	-2,97592965	-1,86433016	214	-28	15,25	-0,45	
0,069	0,069	0,000254	272	-8,27818	-2,67364877	-2,67364877	297	-25	9,36	-0,40	
0,069	0,137	0,000664	206	-7,31723	-2,67364877	-1,98777435	254	-47	22,95	-0,75	
0,069	0,206	0,000906	227	-6,90647	-2,67364877	-1,57987911	231	-4	1,57	-0,06	
0,103	0,103	0,000358	288	-7,93498	-2,27302629	-2,27302629	327	-39	13,65	-0,62	
0,103	0,206	0,000764	270	-7,17694	-2,27302629	-1,57987911	279	-9	3,38	-0,14	
0,103	0,309	0,001099	281	-6,81335	-2,27302629	-1,174414	254	27	9,69	0,43	
0,137	0,137	0,000415	330	-7,78723	-1,98777435	-1,98777435	350	-20	6,05	-0,31	
0,137	0,275	0,000825	333	-7,10013	-1,98777435	-1,29098418	298	35	10,54	0,55	
0,137	0,412	0,001134	363	-6,78200	-1,98777435	-0,88673193	272	92	25,21	1,44	
0,021	0,021	0,000058	362	-9,75507	-3,86323284	-3,86323284	223	139	38,29	2,19	
0,021	0,041	0,000171	240	-8,67385	-3,86323284	-3,19418321	192	48	20,11	0,76	
0,021	0,062	0,000308	201	-8,08541	-3,86323284	-2,78062089	174	27	13,49	0,43	
0,034	0,034	0,000095	358	-9,26163	-3,38139475	-3,38139475	251	107	29,94	1,69	
0,034	0,069	0,000326	212	-8,02861	-3,38139475	-2,67364877	213	-1	0,66	-0,02	
0,034	0,103	0,00055	187	-7,50559	-3,38139475	-2,27302629	194	-7	3,74	-0,11	
0,051	0,051	0,000146	349	-8,83190	-2,97592965	-2,97592965	276	73	20,89	1,15	
0,051	0,103	0,000473	218	-7,65642	-2,97592965	-2,27302629	235	-17	7,94	-0,27	
0,051	0,155	0,000785	197	-7,14983	-2,97592965	-1,86433016	214	-16	8,35	-0,26	
0,069	0,069	0,000208	332	-8,47797	-2,67364877	-2,67364877	297	35	10,45	0,55	
0,069	0,137	0,000657	209	-7,32783	-2,67364877	-1,98777435	254	-45	21,65	-0,71	
0,069	0,206	0,000868	237	-7,04932	-2,67364877	-1,57987911	231	6	2,69	0,10	
0,103	0,103	0,000346	298	-7,96907	-2,27302629	-2,27302629	327	-29	9,84	-0,46	
0,103	0,206	0,000734	281	-7,21700	-2,27302629	-1,57987911	279	2	0,68	0,03	
0,103	0,309	0,001032	299	-6,87626	-2,27302629	-1,174414	254	46	15,20	0,72	

0,137	0,137	0,000364	376	-7,91836	-1,98777435	-1,98777435	350	26	6,98	0,41
0,137	0,275	0,000761	361	-7,18088	-1,98777435	-1,29098418	298	63	17,48	1,00
0,137	0,412	0,001118	369	-6,79621	-1,98777435	-0,88673193	272	97	26,27	1,53
0,021	0,021	0,000078	269	-9,45880	-3,86323284	-3,86323284	223	46	17,01	0,72
0,021	0,041	0,000195	210	-8,54251	-3,86323284	-3,19418321	192	19	8,90	0,30
0,021	0,062	0,000397	156	-7,83157	-3,86323284	-2,78062089	174	-18	11,51	-0,28
0,034	0,034	0,00015	227	-8,80488	-3,38139475	-3,38139475	251	-24	10,63	-0,38
0,034	0,069	0,000378	183	-7,88062	-3,38139475	-2,67364877	213	-31	16,72	-0,48
0,034	0,103	0,00058	178	-7,45248	-3,38139475	-2,27302629	194	-17	9,40	-0,26
0,051	0,051	0,000203	251	-8,50230	-2,97592965	-2,97592965	276	-25	9,99	-0,40
0,051	0,103	0,000533	193	-7,53699	-2,97592965	-2,27302629	235	-42	21,63	-0,66
0,051	0,155	0,00081	191	-7,11848	-2,97592965	-1,86433016	214	-23	11,80	-0,36
0,069	0,069	0,000274	252	-8,20238	-2,67364877	-2,67364877	297	-45	17,97	-0,71
0,069	0,137	0,00068	201	-7,29342	-2,67364877	-1,98777435	254	-52	25,91	-0,82
0,069	0,206	0,0009	229	-7,01312	-2,67364877	-1,57987911	231	-2	0,90	-0,03
0,103	0,103	0,000363	284	-7,92111	-2,27302629	-2,27302629	327	-43	15,24	-0,68
0,103	0,206	0,000741	278	-7,20751	-2,27302629	-1,57987911	279	-1	0,27	-0,01
0,103	0,309	0,000958	323	-6,95066	-2,27302629	-1,174414	254	69	21,28	1,08
0,137	0,137	0,000423	324	-7,76814	-1,98777435	-1,98777435	350	-26	8,09	-0,41
0,137	0,275	0,00081	340	-7,11848	-1,98777435	-1,29098418	298	41	12,16	0,65
0,137	0,412	0,001135	363	-6,78112	-1,98777435	-0,88673193	272	91	25,15	1,44
0,021	0,021	0,000076	276	-9,48478	-3,86323284	-3,86323284	223	53	19,14	0,83
0,021	0,041	0,000257	160	-8,26643	-3,86323284	-3,19418321	192	-32	20,06	-0,50
0,021	0,062	0,000409	152	-7,80180	-3,86323284	-2,78062089	174	-23	14,88	-0,36
0,034	0,034	0,000155	219	-8,77209	-3,38139475	-3,38139475	251	-31	14,32	-0,50
0,034	0,069	0,000391	176	-7,84680	-3,38139475	-2,67364877	213	-37	20,73	-0,58
0,034	0,103	0,000688	154	-7,31122	-3,38139475	-2,27302629	194	-40	26,00	-0,63
0,051	0,051	0,000215	237	-8,44487	-2,97592965	-2,97592965	276	-39	16,49	-0,62
0,051	0,103	0,000544	189	-7,51656	-2,97592965	-2,27302629	235	-46	24,14	-0,72
0,051	0,155	0,000898	173	-7,01534	-2,97592965	-1,86433016	214	-41	23,94	-0,65
0,069	0,069	0,000262	263	-8,24717	-2,67364877	-2,67364877	297	-34	12,80	-0,53
0,069	0,137	0,000697	197	-7,26873	-2,67364877	-1,98777435	254	-57	29,06	-0,90
0,069	0,206	0,000879	234	-7,03673	-2,67364877	-1,57987911	231	3	1,46	0,05
0,103	0,103	0,000377	273	-7,88327	-2,27302629	-2,27302629	327	-54	19,68	-0,85
0,103	0,206	0,000787	262	-7,14728	-2,27302629	-1,57987911	279	-17	6,49	-0,27
0,103	0,309	0,001078	287	-6,83265	-2,27302629	-1,174414	254	33	11,42	0,52
0,137	0,137	0,000415	330	-7,78723	-1,98777435	-1,98777435	350	-20	6,05	-0,31
0,137	0,275	0,000831	331	-7,09288	-1,98777435	-1,29098418	298	33	9,89	0,52
0,137	0,412	0,001226	336	-6,70400	-1,98777435	-0,88673193	272	64	19,15	1,01
0,021	0,021	0,000083	253	-9,39667	-3,86323284	-3,86323284	223	30	11,69	0,47
0,021	0,041	0,000212	193	-8,45892	-3,86323284	-3,19418321	192	2	0,96	0,03
0,021	0,062	0,000383	162	-7,86748	-3,86323284	-2,78062089	174	-12	7,58	-0,19
0,034	0,034	0,000137	248	-8,89553	-3,38139475	-3,38139475	251	-3	1,04	-0,04
0,034	0,069	0,000343	201	-7,97778	-3,38139475	-2,67364877	213	-12	5,91	-0,19
0,034	0,103	0,000605	170	-7,41028	-3,38139475	-2,27302629	194	-24	14,12	-0,38
0,051	0,051	0,000209	244	-8,47318	-2,97592965	-2,97592965	276	-32	13,24	-0,51
0,051	0,103	0,000569	181	-7,47163	-2,97592965	-2,27302629	235	-54	29,84	-0,85
0,051	0,155	0,00084	185	-7,08211	-2,97592965	-1,86433016	214	-29	15,94	-0,46
0,069	0,069	0,000301	229	-8,10840	-2,67364877	-2,67364877	297	-68	29,59	-1,07
0,069	0,137	0,000641	214	-7,35248	-2,67364877	-1,98777435	254	-40	18,69	-0,63
0,069	0,206	0,000905	228	-7,00758	-2,67364877	-1,57987911	231	-3	1,46	-0,05
0,103	0,103	0,000386	267	-7,85967	-2,27302629	-2,27302629	327	-60	22,54	-0,95
0,103	0,206	0,000834	247	-7,08928	-2,27302629	-1,57987911	279	-32	12,85	-0,50
0,103	0,309	0,001067	290	-6,84290	-2,27302629	-1,174414	254	36	12,32	0,56
0,137	0,137	0,000428	320	-7,75639	-1,98777435	-1,98777435	350	-30	9,37	-0,47
0,137	0,275	0,000868	317	-7,04932	-1,98777435	-1,29098418	298	19	5,88	0,29
0,137	0,412	0,001181	349	-6,74139	-1,98777435	-0,88673193	272	77	22,12	1,22
0,021	0,021	0,000058	362	-9,75507	-3,86323284	-3,86323284	223	139	38,29	2,19
0,021	0,041	0,000165	248	-8,70957	-3,86323284	-3,19418321	192	57	22,92	0,90
0,021	0,062	0,000326	190	-8,02861	-3,86323284	-2,78062089	174	16	8,43	0,25
0,034	0,034	0,0001	340	-9,21034	-3,38139475	-3,38139475	251	89	26,25	1,41
0,034	0,069	0,00033	209	-8,01642	-3,38139475	-2,67364877	213	-4	1,90	-0,06
0,034	0,103	0,000503	205	-7,59492	-3,38139475	-2,27302629	194	10	5,12	0,17
0,051	0,051	0,000207	246	-8,48279	-2,97592965	-2,97592965	276	-30	12,16	-0,47
0,051	0,103	0,000463	222	-7,67778	-2,97592965	-2,27302629	235	-13	5,65	-0,20
0,051	0,155	0,000744	208	-7,20347	-2,97592965	-1,86433016	214	-6	2,69	-0,09
0,069	0,069	0,000277	249	-8,19149	-2,67364877	-2,67364877	297	-48	19,26	-0,76
0,069	0,137	0,000622	220	-7,38257	-2,67364877	-1,98777435	254	-33	15,17	-0,53
0,069	0,206	0,000905	228	-7,00758	-2,67364877	-1,57987911	231	-3	1,46	-0,05
0,103	0,103	0,000361	285	-7,92663	-2,27302629	-2,27302629	327	-42	14,60	-0,66
0,103	0,206	0,000756	272	-7,18747	-2,27302629	-1,57987911	279	-6	2,30	-0,10
0,103	0,309	0,001018	304	-6,88992	-2,27302629	-1,174414	254	50	16,35	0,78
0,137	0,137	0,000412	333	-7,79449	-1,98777435	-1,98777435	350	-18	5,28	-0,28
0,137	0,275	0,000817	337	-7,10987	-1,98777435	-1,29098418	298	38	11,41	0,61
0,137	0,412	0,00112	368	-6,79443	-1,98777435	-0,88673193	272	96	26,14	1,52
0,021	0,021	0,000054	389	-9,82653	-3,86323284	-3,86323284	223	165	42,55	2,61
0,021	0,041	0,000151	272	-8,79823	-3,86323284	-3,19418321	192	80	29,46	1,26
0,021	0,062	0,000295	210	-8,12854	-3,86323284	-2,78062089	174	36	17,14	0,57
0,034	0,034	0,000099	343	-9,22039	-3,38139475	-3,38139475	251	93	26,98	1,46
0,034	0,069	0,000313	220	-8,06931	-3,38139475	-2,67364877	213	7	3,35	0,12
0,034	0,103	0,000519	198	-7,56361	-3,38139475	-2,27302629	194	4	2,10	0,07
0,051	0,051	0,000169	302	-8,68561	-2,97592965	-2,97592965	276	25	8,43	0,40
0,051	0,103	0,000438	235	-7,73329	-2,97592965	-2,27302629	235	0	0,05	0,00
0,051	0,155	0,0007	221	-7,26443	-2,97592965	-1,86433016	214	7	3,38	0,12
0,069	0,069	0,000196	352	-8,53740	-2,67364877	-2,67364877	297	55	15,62	0,87
0,069	0,137	0,000569	241	-7,47163	-2,67364877	-1,98777435	254	-13	5,36	-0,20
0,069	0,206	0,000881	234	-7,03445	-2,67364877	-1,57987911	231	3	1,23	0,05
0,103	0,103	0,000312	330	-8,07251	-2,27302629	-2,27302629	327	3	0,95	0,05
0,103	0,206	0,000651	316	-7,33700	-2,27302629	-1,57987911	279	38	11,91	0,59
0,103	0,309	0,000983	314	-6,92490	-2,27302629	-1,174414	254	60	19,23	0,95
0,137	0,137	0,000341	402	-7,98363	-1,98777435	-1,98777435	350	52	12,86	0,81
0,137	0,275	0,000748	368	-7,19811	-1,98777435	-1,29098418	298	69	18,89	1,09
0,137	0,412	0,000948	435	-6,96116	-1,98777435	-0,88673193	272	163	37,48	2,57
		Desv. Padrão	63,41895988					Média	13,4185	

Ensaio Triaxial Dinâmico							COEFICIENTES DA REGRESSÃO			Resíduo Padronizado
Módulo de Resiliência (módulo composto)							INTERSEÇÃO			
"Amostra": MMMRJ							b1	-6,3776134		
							b2	-0,4953663		
							k ₁	k ₂	k ₃	
							0,001699173	-0,4953663	1,2583839	
							R ² = 0,96588968			
							M _R = K ₁ σ ₃ ^{k₁} K ₂ σ _d ^{k₂} K ₃ σ _d ^{k₃}			
							K ₁ = 1/k ₁	K ₂ = -k ₂	K ₃ = 1-k ₃	
							589	0,4954	-0,2584	
DADOS DO ENSAIO TRIAXIAL DINÂMICO										
σ ₃ (kgf/cm ²)	σ _d (kgf/cm ²)	ε _a	M _R (kgf/cm ²)	LN ε _a	LN σ ₃	LN σ _d	M _R Calculado (kgf/cm ²)	ERRO (kgf/cm ²)	ERRO (%)	Resíduo Padronizado
0,021	0,021	0,000056	375	-9,79016	-3,86323284	-3,86323284	236	139	37,18	1,84
0,021	0,041	0,000147	279	-8,82508	-3,86323284	-3,19418321	198	81	28,94	1,07
0,021	0,062	0,000267	232	-8,22826	-3,86323284	-2,78062089	178	54	23,30	0,71
0,034	0,034	0,000094	362	-9,27222	-3,38139475	-3,38139475	264	98	26,99	1,29
0,034	0,069	0,000278	248	-8,18789	-3,38139475	-2,67364877	220	28	11,38	0,37
0,034	0,103	0,000496	208	-7,60893	-3,38139475	-2,27302629	198	9	4,50	0,12
0,051	0,051	0,000149	342	-8,81156	-2,97592965	-2,97592965	291	52	15,06	0,68
0,051	0,103	0,000432	238	-7,74708	-2,97592965	-2,27302629	242	-4	1,68	-0,05
0,051	0,155	0,00067	231	-7,30823	-2,97592965	-1,86433016	218	13	5,71	0,17
0,069	0,069	0,000249	277	-8,29806	-2,67364877	-2,67364877	312	-35	12,70	-0,46
0,069	0,137	0,00058	236	-7,45248	-2,67364877	-1,98777435	262	-25	10,75	-0,34
0,069	0,206	0,000858	240	-7,06091	-2,67364877	-1,57987911	235	5	1,94	0,06
0,103	0,103	0,000326	316	-8,02861	-2,27302629	-2,27302629	343	-27	8,69	-0,36
0,103	0,206	0,0007	294	-7,26443	-2,27302629	-1,57987911	287	7	2,44	0,09
0,103	0,309	0,000971	318	-6,93718	-2,27302629	-1,174414	259	60	18,75	0,79
0,137	0,137	0,000378	362	-7,88062	-1,98777435	-1,98777435	367	-5	1,38	-0,07
0,137	0,275	0,000757	363	-7,18615	-1,98777435	-1,29098418	307	56	15,52	0,74
0,137	0,412	0,001148	359	-6,76973	-1,98777435	-0,88673193	276	82	22,97	1,09
0,021	0,021	0,000074	284	-9,51145	-3,86323284	-3,86323284	236	48	16,98	0,64
0,021	0,041	0,000216	190	-8,44023	-3,86323284	-3,19418321	198	-8	4,41	-0,11
0,021	0,062	0,000374	166	-7,89125	-3,86323284	-2,78062089	178	-12	7,44	-0,16
0,034	0,034	0,000125	272	-8,98720	-3,38139475	-3,38139475	264	8	2,91	0,10
0,034	0,069	0,000385	179	-7,86227	-3,38139475	-2,67364877	220	-41	22,73	-0,54
0,034	0,103	0,000641	161	-7,35248	-3,38139475	-2,27302629	198	-38	23,42	-0,50
0,051	0,051	0,000192	266	-8,55802	-2,97592965	-2,97592965	291	-25	9,45	-0,33
0,051	0,103	0,000538	191	-7,52765	-2,97592965	-2,27302629	242	-51	26,63	-0,67
0,051	0,155	0,000823	188	-7,10255	-2,97592965	-1,86433016	218	-30	15,83	-0,39
0,069	0,069	0,000285	242	-8,16302	-2,67364877	-2,67364877	312	-70	29,00	-0,93
0,069	0,137	0,000637	215	-7,35874	-2,67364877	-1,98777435	262	-47	21,63	-0,61
0,069	0,206	0,000917	225	-6,99440	-2,67364877	-1,57987911	235	-11	4,80	-0,14
0,103	0,103	0,000351	293	-7,95472	-2,27302629	-2,27302629	343	-50	17,03	-0,66
0,103	0,206	0,000743	277	-7,20481	-2,27302629	-1,57987911	287	-10	3,55	-0,13
0,103	0,309	0,001026	301	-6,88209	-2,27302629	-1,174414	259	43	14,15	0,56
0,137	0,137	0,00038	361	-7,87534	-1,98777435	-1,98777435	367	-7	1,92	-0,09
0,137	0,275	0,000787	349	-7,14728	-1,98777435	-1,29098418	307	43	12,17	0,56
0,137	0,412	0,001137	362	-6,77936	-1,98777435	-0,88673193	276	86	23,71	1,13
0,021	0,021	0,000067	313	-9,61082	-3,86323284	-3,86323284	236	78	24,84	1,03
0,021	0,041	0,000208	197	-8,47797	-3,86323284	-3,19418321	198	-1	0,54	-0,01
0,021	0,062	0,000369	168	-7,90471	-3,86323284	-2,78062089	178	-10	6,00	-0,13
0,034	0,034	0,000128	266	-8,96348	-3,38139475	-3,38139475	264	2	0,58	0,02
0,034	0,069	0,000374	184	-7,89125	-3,38139475	-2,67364877	220	-35	19,22	-0,47
0,034	0,103	0,000556	185	-7,49474	-3,38139475	-2,27302629	198	-13	7,06	-0,17
0,051	0,051	0,000182	280	-8,61150	-2,97592965	-2,97592965	291	-11	3,75	-0,14
0,051	0,103	0,000527	195	-7,54831	-2,97592965	-2,27302629	242	-47	24,04	-0,62
0,051	0,155	0,000739	210	-7,21021	-2,97592965	-1,86433016	218	-8	4,00	-0,11
0,069	0,069	0,000244	283	-8,31834	-2,67364877	-2,67364877	312	-30	10,44	-0,39
0,069	0,137	0,000633	216	-7,36504	-2,67364877	-1,98777435	262	-45	20,87	-0,60
0,069	0,206	0,000881	234	-7,03445	-2,67364877	-1,57987911	235	-2	0,68	-0,02
0,103	0,103	0,000325	317	-8,03169	-2,27302629	-2,27302629	343	-26	8,36	-0,35
0,103	0,206	0,000694	297	-7,27304	-2,27302629	-1,57987911	287	10	3,28	0,13
0,103	0,309	0,000957	323	-6,95171	-2,27302629	-1,174414	259	64	19,93	0,85
0,137	0,137	0,000386	355	-7,85967	-1,98777435	-1,98777435	367	-13	3,53	-0,17
0,137	0,275	0,000736	374	-7,21428	-1,98777435	-1,29098418	307	67	17,86	0,88
0,137	0,412	0,001055	391	-6,85421	-1,98777435	-0,88673193	276	114	29,21	1,51
0,021	0,021	0,000071	296	-9,55283	-3,86323284	-3,86323284	236	60	20,35	0,79
0,021	0,041	0,000205	200	-8,49250	-3,86323284	-3,19418321	198	2	0,91	0,02
0,021	0,062	0,000366	169	-7,91288	-3,86323284	-2,78062089	178	-9	5,14	-0,11
0,034	0,034	0,000114	298	-9,07931	-3,38139475	-3,38139475	264	34	11,45	0,45
0,034	0,069	0,000361	191	-7,92663	-3,38139475	-2,67364877	220	-29	15,08	-0,38
0,034	0,103	0,000604	171	-7,41194	-3,38139475	-2,27302629	198	-28	16,30	-0,37
0,051	0,051	0,000175	291	-8,65072	-2,97592965	-2,97592965	291	1	0,24	0,01
0,051	0,103	0,000513	201	-7,57523	-2,97592965	-2,27302629	242	-42	20,75	-0,55
0,051	0,155	0,000826	188	-7,09892	-2,97592965	-1,86433016	218	-30	16,25	-0,40
0,069	0,069	0,000222	311	-8,41283	-2,67364877	-2,67364877	312	-2	0,48	-0,02
0,069	0,137	0,000652	210	-7,33547	-2,67364877	-1,98777435	262	-51	24,49	-0,68
0,069	0,206	0,000884	233	-7,03105	-2,67364877	-1,57987911	235	-2	1,03	-0,03
0,103	0,103	0,000338	305	-7,99246	-2,27302629	-2,27302629	343	-39	12,69	-0,51
0,103	0,206	0,000742	278	-7,20616	-2,27302629	-1,57987911	287	-9	3,41	-0,13
0,103	0,309	0,000971	318	-6,93718	-2,27302629	-1,174414	259	60	18,75	0,79
0,137	0,137	0,000381	360	-7,87271	-1,98777435	-1,98777435	367	-8	2,18	-0,10
0,137	0,275	0,000781	352	-7,15494	-1,98777435	-1,29098418	307	45	12,84	0,60
0,137	0,412	0,001089	378	-6,82250	-1,98777435	-0,88673193	276	102	26,93	1,35
0,021	0,021	0,000076	276	-9,48478	-3,86323284	-3,86323284	236	41	14,74	0,54
0,021	0,041	0,000206	199	-8,48763	-3,86323284	-3,19418321	198	1	0,42	0,01
0,021	0,062	0,000359	173	-7,93219	-3,86323284	-2,78062089	178	-5	3,13	-0,07
0,034	0,034	0,000147	231	-8,82508	-3,38139475	-3,38139475	264	-33	14,18	-0,43
0,034	0,069	0,000369	187	-7,90471	-3,38139475	-2,67364877	220	-33	17,63	-0,44
0,034	0,103	0,000595	173	-7,42695	-3,38139475	-2,27302629	198	-25	14,57	-0,33
0,051	0,051	0,000186	274	-8,58976	-2,97592965	-2,97592965	291	-17	6,03	-0,22
0,051	0,103	0,00052	198	-7,56168	-2,97592965	-2,27302629	242	-44	22,40	-0,59
0,051	0,155	0,000814	190	-7,11355	-2,97592965	-1,86433016	218	-28	14,56	-0,37
0,069	0,069	0,000244	283	-8,31834	-2,67364877	-2,67364877	312	-30	10,44	-0,39
0,069	0,137	0,000618	222	-7,38902	-2,67364877	-1,98777435	262	-40	18,00	-0,53
0,069	0,206	0,000926	222	-6,98464	-2,67364877	-1,57987911	235	-13	5,83	-0,17
0,103	0,103	0,000341	302	-7,98363	-2,27302629	-2,27302629	343	-41	13,69	-0,55
0,103	0,206	0,00077	268	-7,16912	-2,27302629	-1,57987911	287	-20	7,32	-0,26
0,103	0,309	0,001081	286	-6,82987	-2,27302629	-1,174414	259	27	9,55	0,36

0,137	0,137	0,000395	347	-7,83662	-1,98777435	-1,98777435	367	-21	5,94	-0,27
0,137	0,275	0,00081	340	-7,11848	-1,98777435	-1,29098418	307	33	9,61	0,43
0,137	0,412	0,001171	352	-6,74990	-1,98777435	-0,88673193	276	75	21,42	1,00
0,021	0,021	0,000061	344	-9,70464	-3,86323284	-3,86323284	236	109	31,57	1,44
0,021	0,041	0,000183	224	-8,60602	-3,86323284	-3,19418321	198	26	11,54	0,34
0,021	0,062	0,000333	186	-8,00737	-3,86323284	-2,78062089	178	8	4,34	0,11
0,034	0,034	0,000105	324	-9,16155	-3,38139475	-3,38139475	264	60	18,44	0,79
0,034	0,069	0,00034	203	-7,98656	-3,38139475	-2,67364877	220	-17	8,38	-0,22
0,034	0,103	0,000593	174	-7,43032	-3,38139475	-2,27302629	198	-25	14,18	-0,33
0,051	0,051	0,000176	290	-8,64503	-2,97592965	-2,97592965	291	-1	0,33	-0,01
0,051	0,103	0,000515	200	-7,57134	-2,97592965	-2,27302629	242	-42	17,12	-0,56
0,051	0,155	0,000835	186	-7,08808	-2,97592965	-1,86433016	218	-33	17,52	-0,43
0,069	0,069	0,000235	294	-8,35593	-2,67364877	-2,67364877	312	-19	6,37	-0,25
0,069	0,137	0,000641	214	-7,35248	-2,67364877	-1,98777435	262	-48	22,39	-0,63
0,069	0,206	0,000952	216	-6,95695	-2,67364877	-1,57987911	235	-19	8,80	-0,25
0,103	0,103	0,000346	298	-7,96907	-2,27302629	-2,27302629	343	-46	15,36	-0,60
0,103	0,206	0,000779	264	-7,15750	-2,27302629	-1,57987911	287	-23	8,57	-0,30
0,103	0,309	0,001069	289	-6,84103	-2,27302629	-1,174414	259	31	10,55	0,40
0,137	0,137	0,000394	348	-7,83916	-1,98777435	-1,98777435	367	-20	5,67	-0,26
0,137	0,275	0,000816	337	-7,11110	-1,98777435	-1,29098418	307	30	8,94	0,40
0,137	0,412	0,001189	347	-6,73464	-1,98777435	-0,88673193	276	70	20,22	0,93
0,021	0,021	0,00009	233	-9,31570	-3,86323284	-3,86323284	236	-2	0,97	-0,03
0,021	0,041	0,000262	156	-8,24717	-3,86323284	-3,19418321	198	-42	26,65	-0,55
0,021	0,062	0,000438	142	-7,73329	-3,86323284	-2,78062089	178	-37	25,82	-0,48
0,034	0,034	0,000164	207	-8,71564	-3,38139475	-3,38139475	264	-57	27,38	-0,75
0,034	0,069	0,000418	165	-7,78003	-3,38139475	-2,67364877	220	-55	33,25	-0,72
0,034	0,103	0,00064	161	-7,35404	-3,38139475	-2,27302629	198	-37	23,23	-0,49
0,051	0,051	0,000212	241	-8,45892	-2,97592965	-2,97592965	291	-50	20,85	-0,66
0,051	0,103	0,000551	187	-7,50378	-2,97592965	-2,27302629	242	-56	29,69	-0,73
0,051	0,155	0,000841	184	-7,08092	-2,97592965	-1,86433016	218	-34	18,36	-0,45
0,069	0,069	0,000263	262	-8,24336	-2,67364877	-2,67364877	312	-50	19,04	-0,66
0,069	0,137	0,000665	206	-7,31572	-2,67364877	-1,98777435	262	-56	26,98	-0,73
0,069	0,206	0,00095	217	-6,95905	-2,67364877	-1,57987911	235	-19	8,57	-0,25
0,103	0,103	0,000371	278	-7,89931	-2,27302629	-2,27302629	343	-66	23,70	-0,87
0,103	0,206	0,000777	265	-7,16007	-2,27302629	-1,57987911	287	-22	8,29	-0,29
0,103	0,309	0,001074	288	-6,83637	-2,27302629	-1,174414	259	29	10,14	0,39
0,137	0,137	0,000398	344	-7,82906	-1,98777435	-1,98777435	367	-23	6,74	-0,31
0,137	0,275	0,000825	333	-7,10013	-1,98777435	-1,29098418	307	26	7,93	0,35
0,137	0,412	0,001118	349	-6,74224	-1,98777435	-0,88673193	276	73	20,82	0,96
0,021	0,021	0,000031	677	-10,38152	-3,86323284	-3,86323284	236	442	65,22	5,83
0,021	0,041	0,000105	390	-9,16155	-3,86323284	-3,19418321	198	192	49,24	2,54
0,021	0,062	0,000234	265	-8,36019	-3,86323284	-2,78062089	178	87	32,78	1,15
0,034	0,034	0,000065	523	-9,64112	-3,38139475	-3,38139475	264	259	49,51	3,42
0,034	0,069	0,000254	272	-8,27818	-3,38139475	-2,67364877	220	52	19,03	0,68
0,034	0,103	0,000456	226	-7,69302	-3,38139475	-2,27302629	198	28	12,20	0,36
0,051	0,051	0,000129	395	-8,95570	-2,97592965	-2,97592965	291	105	26,46	1,38
0,051	0,103	0,000413	249	-7,79206	-2,97592965	-2,27302629	242	7	2,79	0,09
0,051	0,155	0,000679	228	-7,29489	-2,97592965	-1,86433016	218	10	4,44	0,13
0,069	0,069	0,000186	371	-8,58976	-2,67364877	-2,67364877	312	59	15,81	0,77
0,069	0,137	0,00054	254	-7,52394	-2,67364877	-1,98777435	262	-8	3,11	-0,10
0,069	0,206	0,000831	248	-7,09288	-2,67364877	-1,57987911	235	12	5,03	0,16
0,103	0,103	0,000293	352	-8,13534	-2,27302629	-2,27302629	343	8	2,31	0,11
0,103	0,206	0,000664	310	-7,31723	-2,27302629	-1,57987911	287	23	7,46	0,31
0,103	0,309	0,000934	331	-6,97603	-2,27302629	-1,174414	259	72	21,85	0,95
0,137	0,137	0,000335	409	-8,00138	-1,98777435	-1,98777435	367	42	10,15	0,55
0,137	0,275	0,000716	384	-7,24183	-1,98777435	-1,29098418	307	77	20,10	1,02
0,137	0,412	0,001074	384	-6,83637	-1,98777435	-0,88673193	276	107	27,93	1,42
0,021	0,021	0,000077	273	-9,47171	-3,86323284	-3,86323284	236	37	13,62	0,49
0,021	0,041	0,000211	194	-8,46365	-3,86323284	-3,19418321	198	-4	2,00	-0,05
0,021	0,062	0,000378	164	-7,88062	-3,86323284	-2,78062089	178	-14	8,59	-0,19
0,034	0,034	0,000137	248	-8,89553	-3,38139475	-3,38139475	264	-16	6,41	-0,21
0,034	0,069	0,000375	184	-7,88858	-3,38139475	-2,67364877	220	-36	19,54	-0,47
0,034	0,103	0,000611	169	-7,40041	-3,38139475	-2,27302629	198	-30	17,65	-0,39
0,051	0,051	0,000207	246	-8,48279	-2,97592965	-2,97592965	291	-44	18,00	-0,59
0,051	0,103	0,000539	191	-7,52579	-2,97592965	-2,27302629	242	-51	26,87	-0,68
0,051	0,155	0,000818	189	-7,10865	-2,97592965	-1,86433016	218	-29	15,12	-0,38
0,069	0,069	0,000265	260	-8,23578	-2,67364877	-2,67364877	312	-52	19,95	-0,69
0,069	0,137	0,000653	210	-7,33393	-2,67364877	-1,98777435	262	-52	24,69	-0,68
0,069	0,206	0,000932	221	-6,97818	-2,67364877	-1,57987911	235	-14	6,51	-0,19
0,103	0,103	0,000379	272	-7,87797	-2,27302629	-2,27302629	343	-72	26,36	-0,95
0,103	0,206	0,000783	263	-7,15238	-2,27302629	-1,57987911	287	-24	9,13	-0,32
0,103	0,309	0,001095	282	-6,81700	-2,27302629	-1,174414	259	24	8,38	0,31
0,137	0,137	0,000407	337	-7,80670	-1,98777435	-1,98777435	367	-31	9,16	-0,41
0,137	0,275	0,000856	321	-7,06324	-1,98777435	-1,29098418	307	14	4,47	0,19
0,137	0,412	0,001213	340	-6,71466	-1,98777435	-0,88673193	276	63	18,61	0,83
0,021	0,021	0,000082	256	-9,40879	-3,86323284	-3,86323284	236	21	8,01	0,27
0,021	0,041	0,000235	174	-8,35593	-3,86323284	-3,19418321	198	-24	13,60	-0,31
0,021	0,062	0,000415	149	-7,78723	-3,86323284	-2,78062089	178	-29	19,21	-0,38
0,034	0,034	0,000137	248	-8,89553	-3,38139475	-3,38139475	264	-16	6,41	-0,21
0,034	0,069	0,0004	173	-7,82405	-3,38139475	-2,67364877	220	-47	27,51	-0,63
0,034	0,103	0,000636	162	-7,36031	-3,38139475	-2,27302629	198	-36	22,46	-0,48
0,051	0,051	0,000203	251	-8,50230	-2,97592965	-2,97592965	291	-39	15,72	-0,52
0,051	0,103	0,00054	191	-7,52394	-2,97592965	-2,27302629	242	-52	27,10	-0,68
0,051	0,155	0,000825	188	-7,10013	-2,97592965	-1,86433016	218	-30	16,11	-0,40
0,069	0,069	0,000255	271	-8,27425	-2,67364877	-2,67364877	312	-42	15,42	-0,55
0,069	0,137	0,00065	211	-7,33854	-2,67364877	-1,98777435	262	-51	24,11	-0,67
0,069	0,206	0,000916	225	-6,99549	-2,67364877	-1,57987911	235	-11	4,68	-0,14
0,103	0,103	0,000366	281	-7,91288	-2,27302629	-2,27302629	343	-62	22,03	-0,82
0,103	0,206	0,000741	278	-7,20751	-2,27302629	-1,57987911	287	-9	3,27	-0,12
0,103	0,309	0,001013	305	-6,89484	-2,27302629	-1,174414	259	46	15,24	0,61
0,137	0,137	0,000384	357	-7,86487	-1,98777435	-1,98777435	367	-11	2,99	-0,14
0,137	0,275	0,000801	343	-7,12965	-1,98777435	-1,29098418	307	36	10,61	0,48
0,137	0,412	0,001132	364	-6,78377	-1,98777435	-0,88673193	276	88	24,04	1,16
		Desv. Padrão	75,72653386						Média	14,5130

Ensaio Triaxial Dinâmico							COEFICIENTES DA REGRESSÃO			Resíduo Padronizado
Módulo de Resiliência (módulo composto) "Amostra": MIIRJ							INTERSEÇÃO	-6,3192477		
							b1	-0,465651		
							b2	1,25719451		
							k ₁	k ₂	k ₃	
							0,001801298	-0,465651	1,2571945	
							R ² = 0,96588968			
							M _R = K ₁ σ ₃ ^{k₂} σ _d ^{k₃}			
							K ₁ = 1/k ₁	K ₂ = -k ₂	K ₃ = 1-k ₃	
							555	0,4657	-0,2572	
							DADOS DO ENSAIO TRIAXIAL DINÂMICO			
σ ₃ (kgf/cm2)	σ _d (kgf/cm2)	ε _a	M _R (kgf/cm2)	LN ε _a	LN σ ₃	LN σ _d	M _R Calculado (kgf/cm2)	ERRO (kgf/cm2)	ERRO (%)	
0,021	0,021	0,000066	318	-9,62586	-3,86323284	-3,86323284	248	70	22,02	0,82
0,021	0,041	0,000178	230	-8,63373	-3,86323284	-3,19418321	209	21	9,31	0,25
0,021	0,062	0,00029	214	-8,14563	-3,86323284	-2,78062089	188	26	12,15	0,30
0,034	0,034	0,000106	321	-9,15207	-3,38139475	-3,38139475	274	46	14,47	0,54
0,034	0,069	0,000316	218	-8,05977	-3,38139475	-2,67364877	229	-10	4,73	-0,12
0,034	0,103	0,000516	200	-7,56940	-3,38139475	-2,27302629	206	-7	3,35	-0,08
0,051	0,051	0,00019	268	-8,56849	-2,97592965	-2,97592965	299	-30	11,22	-0,35
0,051	0,103	0,000468	220	-7,66704	-2,97592965	-2,27302629	249	-29	13,21	-0,34
0,051	0,155	0,000749	207	-7,19677	-2,97592965	-1,86433016	224	-17	8,39	-0,20
0,069	0,069	0,000275	251	-8,19874	-2,67364877	-2,67364877	318	-67	26,72	-0,79
0,069	0,137	0,000618	222	-7,38902	-2,67364877	-1,98777435	267	-45	20,23	-0,53
0,069	0,206	0,000901	229	-7,01201	-2,67364877	-1,57987911	240	-11	4,97	-0,13
0,103	0,103	0,00037	278	-7,90201	-2,27302629	-2,27302629	346	-67	24,16	-0,79
0,103	0,206	0,000698	295	-7,26729	-2,27302629	-1,57987911	289	6	2,01	0,07
0,103	0,309	0,001029	300	-6,87917	-2,27302629	-1,174414	261	40	13,23	0,47
0,137	0,137	0,000405	338	-7,81162	-1,98777435	-1,98777435	367	-29	8,44	-0,34
0,137	0,275	0,000793	347	-7,13969	-1,98777435	-1,29098418	307	40	11,58	0,47
0,137	0,412	0,001183	348	-6,73970	-1,98777435	-0,88673193	276	72	20,65	0,84
0,021	0,021	0,000079	266	-9,44606	-3,86323284	-3,86323284	248	18	6,66	0,21
0,021	0,041	0,00021	195	-8,46840	-3,86323284	-3,19418321	209	-14	7,00	-0,16
0,021	0,062	0,000352	176	-7,95188	-3,86323284	-2,78062089	188	-12	6,63	-0,14
0,034	0,034	0,000113	301	-9,08812	-3,38139475	-3,38139475	274	27	8,82	0,31
0,034	0,069	0,000362	191	-7,92387	-3,38139475	-2,67364877	229	-38	19,98	-0,45
0,034	0,103	0,000582	177	-7,44904	-3,38139475	-2,27302629	206	-29	16,57	-0,34
0,051	0,051	0,000206	248	-8,48763	-2,97592965	-2,97592965	299	-51	20,59	-0,60
0,051	0,103	0,000523	197	-7,55593	-2,97592965	-2,27302629	249	-52	26,52	-0,61
0,051	0,155	0,000782	198	-7,15366	-2,97592965	-1,86433016	224	-26	13,16	-0,31
0,069	0,069	0,000245	282	-8,31425	-2,67364877	-2,67364877	318	-36	12,90	-0,43
0,069	0,137	0,000649	211	-7,34008	-2,67364877	-1,98777435	267	-55	26,26	-0,65
0,069	0,206	0,000922	223	-6,98897	-2,67364877	-1,57987911	240	-17	7,41	-0,19
0,103	0,103	0,000357	289	-7,93777	-2,27302629	-2,27302629	346	-57	19,80	-0,67
0,103	0,206	0,000774	266	-7,16394	-2,27302629	-1,57987911	289	-23	8,66	-0,27
0,103	0,309	0,001069	289	-6,84103	-2,27302629	-1,174414	261	28	9,86	0,33
0,137	0,137	0,000396	346	-7,83410	-1,98777435	-1,98777435	367	-21	6,03	-0,24
0,137	0,275	0,000809	340	-7,11971	-1,98777435	-1,29098418	307	33	9,79	0,39
0,137	0,412	0,001188	347	-6,73548	-1,98777435	-0,88673193	276	70	20,31	0,83
0,021	0,021	0,000025	840	-10,59663	-3,86323284	-3,86323284	248	592	70,46	6,95
0,021	0,041	0,000094	436	-9,27222	-3,86323284	-3,19418321	209	227	52,11	2,67
0,021	0,062	0,000199	312	-8,52221	-3,86323284	-2,78062089	188	124	39,72	1,45
0,034	0,034	0,00005	680	-9,90349	-3,38139475	-3,38139475	274	406	59,66	4,76
0,034	0,069	0,000224	308	-8,40386	-3,38139475	-2,67364877	229	79	25,76	0,93
0,034	0,103	0,00042	245	-7,77526	-3,38139475	-2,27302629	206	39	15,88	0,46
0,051	0,051	0,000111	459	-9,10598	-2,97592965	-2,97592965	299	161	35,02	1,89
0,051	0,103	0,00039	264	-7,84936	-2,97592965	-2,27302629	249	15	5,66	0,18
0,051	0,155	0,000657	236	-7,32783	-2,97592965	-1,86433016	224	12	4,92	0,14
0,069	0,069	0,000185	373	-8,59515	-2,67364877	-2,67364877	318	55	14,75	0,65
0,069	0,137	0,000537	255	-7,52951	-2,67364877	-1,98777435	267	-11	4,47	-0,13
0,069	0,206	0,000786	262	-7,14855	-2,67364877	-1,57987911	240	22	8,43	0,26
0,103	0,103	0,000324	318	-8,03477	-2,27302629	-2,27302629	346	-28	8,73	-0,33
0,103	0,206	0,000661	312	-7,32176	-2,27302629	-1,57987911	289	22	7,20	0,26
0,103	0,309	0,000943	328	-6,96644	-2,27302629	-1,174414	261	67	20,48	0,79
0,137	0,137	0,000374	366	-7,89125	-1,98777435	-1,98777435	367	-1	0,14	-0,01
0,137	0,275	0,000725	379	-7,22934	-1,98777435	-1,29098418	307	73	19,16	0,85
0,137	0,412	0,001092	377	-6,81974	-1,98777435	-0,88673193	276	101	26,75	1,18
0,021	0,021	0,000067	313	-9,61082	-3,86323284	-3,86323284	248	65	20,84	0,77
0,021	0,041	0,000201	204	-8,51221	-3,86323284	-3,19418321	209	-5	2,41	-0,06
0,021	0,062	0,000358	173	-7,93498	-3,86323284	-2,78062089	188	-15	8,45	-0,17
0,034	0,034	0,000119	286	-9,03639	-3,38139475	-3,38139475	274	11	3,98	0,11
0,034	0,069	0,000358	193	-7,93498	-3,38139475	-2,67364877	229	-36	18,65	-0,42
0,034	0,103	0,000576	179	-7,45940	-3,38139475	-2,27302629	206	20	15,97	-0,32
0,051	0,051	0,000176	290	-8,64503	-2,97592965	-2,97592965	299	-9	3,02	-0,10
0,051	0,103	0,000502	205	-7,59691	-2,97592965	-2,27302629	249	-44	21,44	-0,52
0,051	0,155	0,000765	203	-7,17563	-2,97592965	-1,86433016	224	-22	10,70	-0,25
0,069	0,069	0,00024	288	-8,33487	-2,67364877	-2,67364877	318	-30	10,59	-0,36
0,069	0,137	0,000581	236	-7,45076	-2,67364877	-1,98777435	267	-31	13,03	-0,36
0,069	0,206	0,000837	246	-7,08569	-2,67364877	-1,57987911	240	6	2,49	0,07
0,103	0,103	0,000338	305	-7,99246	-2,27302629	-2,27302629	346	-41	13,43	-0,48
0,103	0,206	0,000688	299	-7,28172	-2,27302629	-1,57987911	289	10	3,41	0,12
0,103	0,309	0,000947	326	-6,96221	-2,27302629	-1,174414	261	66	20,14	0,77
0,137	0,137	0,000371	369	-7,89931	-1,98777435	-1,98777435	367	2	0,66	0,03
0,137	0,275	0,000733	375	-7,21836	-1,98777435	-1,29098418	307	69	18,27	0,80
0,137	0,412	0,001055	391	-6,85421	-1,98777435	-0,88673193	276	114	29,23	1,34
0,021	0,021	0,000058	362	-9,75507	-3,86323284	-3,86323284	248	114	31,47	1,34
0,021	0,041	0,000171	240	-8,67385	-3,86323284	-3,19418321	209	31	12,87	0,36
0,021	0,062	0,000308	201	-8,08541	-3,86323284	-2,78062089	188	13	6,70	0,16
0,034	0,034	0,000095	358	-9,26163	-3,38139475	-3,38139475	274	84	23,35	0,98
0,034	0,069	0,000326	212	-8,02861	-3,38139475	-2,67364877	229	-17	8,05	-0,20
0,034	0,103	0,00055	187	-7,50559	-3,38139475	-2,27302629	206	-19	10,16	-0,22
0,051	0,051	0,000146	349	-8,83190	-2,97592965	-2,97592965	299	51	14,54	0,60
0,051	0,103	0,000473	218	-7,65642	-2,97592965	-2,27302629	249	-31	14,42	-0,37
0,051	0,155	0,000785	197	-7,14983	-2,97592965	-1,86433016	224	-27	13,60	-0,32
0,069	0,069	0,000208	332	-8,47797	-2,67364877	-2,67364877	318	14	4,15	0,16
0,069	0,137	0,000657	209	-7,32783	-2,67364877	-1,98777435	267	-58	27,82	-0,68
0,069	0,206	0,000868	237	-7,04932	-2,67364877	-1,57987911	240	-3	1,12	-0,03
0,103	0,103	0,000346	298	-7,96907	-2,27302629	-2,27302629	346	-48	16,11	-0,56
0,103	0,206	0,000734	281	-7,21700	-2,27302629	-1,57987911	289	-9	3,05	-0,10
0,103	0,309	0,001032	299	-6,87626	-2,27302629	-1,174414	261	39	12,98	0,46

0,137	0,137	0,000364	376	-7,91836	-1,98777435	-1,98777435	367	10	2,54	0,11
0,137	0,275	0,000761	361	-7,18088	-1,98777435	-1,29098418	307	55	15,14	0,64
0,137	0,412	0,001118	369	-6,79621	-1,98777435	-0,88673193	276	92	25,01	1,08
0,021	0,021	0,00008	263	-9,43348	-3,86323284	-3,86323284	248	14	5,48	0,17
0,021	0,041	0,000216	190	-8,44023	-3,86323284	-3,19418321	209	-19	10,05	-0,22
0,021	0,062	0,000378	164	-7,88062	-3,86323284	-2,78062089	188	-24	14,51	-0,28
0,034	0,034	0,000134	254	-8,91767	-3,38139475	-3,38139475	274	-21	8,12	-0,24
0,034	0,069	0,000392	176	-7,84425	-3,38139475	-2,67364877	229	-53	29,92	-0,62
0,034	0,103	0,000606	170	-7,40863	-3,38139475	-2,27302629	206	-36	21,37	-0,43
0,051	0,051	0,0002	255	-8,51719	-2,97592965	-2,97592965	299	-44	17,07	-0,51
0,051	0,103	0,000531	194	-7,54075	-2,97592965	-2,27302629	249	-55	28,45	-0,65
0,051	0,155	0,00081	191	-7,11848	-2,97592965	-1,86433016	224	-33	17,22	-0,39
0,069	0,069	0,000256	270	-8,27033	-2,67364877	-2,67364877	318	-48	17,97	-0,57
0,069	0,137	0,000628	218	-7,37297	-2,67364877	-1,98777435	267	-48	22,18	-0,57
0,069	0,206	0,00092	224	-6,99114	-2,67364877	-1,57987911	240	-16	7,18	-0,19
0,103	0,103	0,000363	284	-7,92111	-2,27302629	-2,27302629	346	-62	21,82	-0,73
0,103	0,206	0,000747	276	-7,19945	-2,27302629	-1,57987911	289	-13	4,87	-0,16
0,103	0,309	0,00104	297	-6,86853	-2,27302629	-1,174414	261	37	12,30	0,43
0,137	0,137	0,000403	340	-7,81657	-1,98777435	-1,98777435	367	-27	7,91	-0,32
0,137	0,275	0,000806	341	-7,12343	-1,98777435	-1,29098418	307	35	10,13	0,41
0,137	0,412	0,001191	346	-6,73296	-1,98777435	-0,88673193	276	70	20,11	0,82
0,021	0,021	0,000077	273	-9,47171	-3,86323284	-3,86323284	248	25	9,02	0,29
0,021	0,041	0,000244	168	-8,31834	-3,86323284	-3,19418321	209	-41	24,32	-0,48
0,021	0,062	0,000376	165	-7,88592	-3,86323284	-2,78062089	188	-23	13,90	-0,27
0,034	0,034	0,000128	266	-8,96348	-3,38139475	-3,38139475	274	-9	3,28	-0,10
0,034	0,069	0,000405	170	-7,81162	-3,38139475	-2,67364877	229	-58	34,23	-0,68
0,034	0,103	0,000609	169	-7,40369	-3,38139475	-2,27302629	206	-37	21,97	-0,44
0,051	0,051	0,000194	263	-8,54765	-2,97592965	-2,97592965	299	-36	13,56	-0,42
0,051	0,103	0,000527	195	-7,54831	-2,97592965	-2,27302629	249	-54	27,49	-0,63
0,051	0,155	0,00081	191	-7,11848	-2,97592965	-1,86433016	224	-33	17,22	-0,39
0,069	0,069	0,000241	286	-8,33071	-2,67364877	-2,67364877	318	-32	11,05	-0,37
0,069	0,137	0,000626	219	-7,37616	-2,67364877	-1,98777435	267	-48	21,79	-0,56
0,069	0,206	0,00092	224	-6,99114	-2,67364877	-1,57987911	240	-16	7,18	-0,19
0,103	0,103	0,000347	297	-7,96619	-2,27302629	-2,27302629	346	-49	16,45	-0,57
0,103	0,206	0,000739	279	-7,21021	-2,27302629	-1,57987911	289	-10	3,75	-0,12
0,103	0,309	0,001003	308	-6,90476	-2,27302629	-1,174414	261	48	15,42	0,56
0,137	0,137	0,000394	348	-7,83916	-1,98777435	-1,98777435	367	-19	5,50	-0,22
0,137	0,275	0,000778	353	-7,15878	-1,98777435	-1,29098418	307	47	13,25	0,55
0,137	0,412	0,001154	357	-6,76452	-1,98777435	-0,88673193	276	81	22,59	0,95
0,021	0,021	0,000093	226	-9,28291	-3,86323284	-3,86323284	248	-22	9,88	-0,26
0,021	0,041	0,000247	166	-8,30612	-3,86323284	-3,19418321	209	-43	25,85	-0,50
0,021	0,062	0,00042	148	-7,77526	-3,86323284	-2,78062089	188	-40	27,23	-0,47
0,034	0,034	0,000155	219	-8,77209	-3,38139475	-3,38139475	274	-55	25,07	-0,65
0,034	0,069	0,000413	167	-7,79206	-3,38139475	-2,67364877	229	-62	36,88	-0,72
0,034	0,103	0,000652	158	-7,33547	-3,38139475	-2,27302629	206	-48	30,59	-0,57
0,051	0,051	0,000219	233	-8,42644	-2,97592965	-2,97592965	299	-66	28,20	-0,77
0,051	0,103	0,000574	179	-7,46288	-2,97592965	-2,27302629	249	-70	38,85	-0,82
0,051	0,155	0,000875	177	-7,04129	-2,97592965	-1,86433016	224	-47	26,62	-0,55
0,069	0,069	0,000285	242	-8,16302	-2,67364877	-2,67364877	318	-76	31,33	-0,89
0,069	0,137	0,000675	203	-7,30080	-2,67364877	-1,98777435	267	-64	31,32	-0,75
0,069	0,206	0,000963	214	-6,94546	-2,67364877	-1,57987911	240	-26	12,19	-0,31
0,103	0,103	0,000388	265	-7,85451	-2,27302629	-2,27302629	346	-80	30,21	-0,94
0,103	0,206	0,000772	267	-7,16653	-2,27302629	-1,57987911	289	-22	8,38	-0,26
0,103	0,309	0,001069	289	-6,84103	-2,27302629	-1,174414	261	28	9,86	0,33
0,137	0,137	0,000417	329	-7,78242	-1,98777435	-1,98777435	367	-38	11,65	-0,45
0,137	0,275	0,000835	329	-7,08808	-1,98777435	-1,29098418	307	23	6,89	0,27
0,137	0,412	0,001196	344	-6,72877	-1,98777435	-0,88673193	276	68	19,78	0,80
0,021	0,021	0,000079	266	-9,44606	-3,86323284	-3,86323284	248	18	6,66	0,21
0,021	0,041	0,000219	187	-8,42644	-3,86323284	-3,19418321	209	-22	11,58	-0,25
0,021	0,062	0,000379	164	-7,87797	-3,86323284	-2,78062089	188	-24	14,81	-0,28
0,034	0,034	0,000115	296	-9,07058	-3,38139475	-3,38139475	274	21	7,21	0,25
0,034	0,069	0,000364	190	-7,91836	-3,38139475	-2,67364877	229	-39	20,64	-0,46
0,034	0,103	0,00059	175	-7,43539	-3,38139475	-2,27302629	206	-32	18,17	-0,37
0,051	0,051	0,000182	280	-8,61150	-2,97592965	-2,97592965	299	-18	6,54	-0,21
0,051	0,103	0,000513	201	-7,57523	-2,97592965	-2,27302629	249	-48	24,10	-0,57
0,051	0,155	0,000804	193	-7,12591	-2,97592965	-1,86433016	224	-32	16,35	-0,37
0,069	0,069	0,00024	288	-8,33487	-2,67364877	-2,67364877	318	-30	10,59	-0,36
0,069	0,137	0,000616	222	-7,39226	-2,67364877	-1,98777435	267	-44	19,84	-0,52
0,069	0,206	0,000872	236	-7,04472	-2,67364877	-1,57987911	240	-4	1,59	-0,04
0,103	0,103	0,00035	294	-7,95758	-2,27302629	-2,27302629	346	-51	17,45	-0,60
0,103	0,206	0,000711	290	-7,24884	-2,27302629	-1,57987911	289	1	0,18	0,01
0,103	0,309	0,000978	316	-6,93000	-2,27302629	-1,174414	261	55	17,53	0,65
0,137	0,137	0,000381	360	-7,87271	-1,98777435	-1,98777435	367	-7	2,01	-0,09
0,137	0,275	0,000755	364	-7,18879	-1,98777435	-1,29098418	307	58	15,81	0,68
0,137	0,412	0,001096	376	-6,81609	-1,98777435	-0,88673193	276	100	26,48	1,17
0,021	0,021	0,000051	412	-9,88368	-3,86323284	-3,86323284	248	164	39,74	1,92
0,021	0,041	0,00015	273	-8,80488	-3,86323284	-3,19418321	209	64	23,57	0,76
0,021	0,062	0,000278	223	-8,18789	-3,86323284	-2,78062089	188	35	15,78	0,41
0,034	0,034	0,000084	405	-9,38469	-3,38139475	-3,38139475	274	130	32,22	1,53
0,034	0,069	0,000302	228	-8,10508	-3,38139475	-2,67364877	229	0	0,09	0,00
0,034	0,103	0,000507	203	-7,58700	-3,38139475	-2,27302629	206	-3	1,55	-0,04
0,051	0,051	0,000167	305	-8,69752	-2,97592965	-2,97592965	299	7	2,24	0,08
0,051	0,103	0,00046	224	-7,68428	-2,97592965	-2,27302629	249	-25	11,28	-0,30
0,051	0,155	0,00071	218	-7,25025	-2,97592965	-1,86433016	224	-6	2,75	-0,07
0,069	0,069	0,000226	305	-8,39498	-2,67364877	-2,67364877	318	-13	4,14	-0,15
0,069	0,137	0,000575	238	-7,46114	-2,67364877	-1,98777435	267	-28	11,87	-0,33
0,069	0,206	0,000854	241	-7,06558	-2,67364877	-1,57987911	240	1	0,51	0,01
0,103	0,103	0,000344	299	-7,97487	-2,27302629	-2,27302629	346	-46	15,44	-0,54
0,103	0,206	0,000699	295	-7,26586	-2,27302629	-1,57987911	289	5	1,87	0,07
0,103	0,309	0,000974	317	-6,93410	-2,27302629	-1,174414	261	57	17,87	0,67
0,137	0,137	0,000381	360	-7,87271	-1,98777435	-1,98777435	367	-7	2,01	-0,09
0,137	0,275	0,000775	355	-7,16265	-1,98777435	-1,29098418	307	48	13,58	0,57
0,137	0,412	0,001111	371	-6,80249	-1,98777435	-0,88673193	276	94	25,48	1,11
		Dev. Padrão	85,20072896						Média	15,4734

Ensaio Triaxial Dinâmico							COEFICIENTES DA REGRESSÃO					
Módulo de Resiliência (módulo composto) "Amostra": MIMRJ							INTERSEÇÃO		-6,3813767			
							b1		-0,4411886			
							b2		1,21588674			
							k1		k2		k3	
							0,001692791		-0,4411886		1,2158867	
							R ² =		0,96588968			
							M _R = K ₁ σ ₃ ^{k2} σ _d ^{k3}					
							K ₁ = 1/k ₁		K ₂ = -k ₂		K ₃ = 1-k ₃	
							591		0,4412		-0,2159	
DADOS DO ENSAIO TRIAXIAL DINÂMICO												
σ ₃ (kgf/cm ²)	σ _d (kgf/cm ²)	ε _a	M _R (kgf/cm ²)	LN ε _a	LN σ ₃	LN σ _d	M _R Calculado (kgf/cm ²)	ERRO (kgf/cm ²)	ERRO (%)	Resíduo Padronizado		
0,021	0,021	0,000076	276	-9,48478	-3,86323284	-3,86323284	247	29	10,47	0,41		
0,021	0,041	0,000202	203	-8,50724	-3,86323284	-3,19418321	214	-11	5,49	-0,16		
0,021	0,062	0,000356	174	-7,94058	-3,86323284	-2,78062089	196	-22	12,45	-0,30		
0,034	0,034	0,000118	288	-9,04483	-3,38139475	-3,38139475	276	12	4,29	0,17		
0,034	0,069	0,000346	199	-7,96907	-3,38139475	-2,67364877	237	-37	18,69	-0,52		
0,034	0,103	0,000564	183	-7,48046	-3,38139475	-2,27302629	217	-34	18,87	-0,48		
0,051	0,051	0,000178	287	-8,63373	-2,97592965	-2,97592965	302	-16	5,45	-0,22		
0,051	0,103	0,000497	207	-7,60692	-2,97592965	-2,27302629	260	-52	25,26	-0,74		
0,051	0,155	0,000772	201	-7,16653	-2,97592965	-1,86433016	238	-37	18,38	-0,52		
0,069	0,069	0,000246	280	-8,31018	-2,67364877	-2,67364877	323	-43	15,31	-0,60		
0,069	0,137	0,000612	224	-7,39878	-2,67364877	-1,98777435	279	-55	24,60	-0,77		
0,069	0,206	0,000872	236	-7,04472	-2,67364877	-1,57987911	255	-19	8,12	-0,27		
0,103	0,103	0,00035	294	-7,95758	-2,27302629	-2,27302629	354	-60	20,29	-0,84		
0,103	0,206	0,000746	276	-7,20078	-2,27302629	-1,57987911	305	-29	10,37	-0,40		
0,103	0,309	0,001032	299	-6,87626	-2,27302629	-1,174414	279	20	6,74	0,28		
0,137	0,137	0,000393	349	-7,84170	-1,98777435	-1,98777435	377	-29	8,29	-0,41		
0,137	0,275	0,00077	357	-7,16912	-1,98777435	-1,29098418	325	32	9,07	0,46		
0,137	0,412	0,001112	371	-6,80160	-1,98777435	-0,88673193	298	73	19,67	1,03		
0,021	0,021	0,000076	276	-9,48478	-3,86323284	-3,86323284	247	29	10,47	0,41		
0,021	0,041	0,000209	196	-8,47318	-3,86323284	-3,19418321	214	-18	9,15	-0,25		
0,021	0,062	0,000355	175	-7,94339	-3,86323284	-2,78062089	196	-21	12,13	-0,30		
0,034	0,034	0,000126	270	-8,97923	-3,38139475	-3,38139475	276	-6	2,19	-0,08		
0,034	0,069	0,000379	182	-7,87797	-3,38139475	-2,67364877	237	-55	30,01	-0,77		
0,034	0,103	0,000596	173	-7,42527	-3,38139475	-2,27302629	217	-44	25,61	-0,62		
0,051	0,051	0,000217	235	-8,43561	-2,97592965	-2,97592965	302	-67	28,56	-0,94		
0,051	0,103	0,000518	199	-7,56554	-2,97592965	-2,27302629	260	-61	30,56	-0,85		
0,051	0,155	0,000818	189	-7,10865	-2,97592965	-1,86433016	238	-48	25,43	-0,68		
0,069	0,069	0,000263	262	-8,24336	-2,67364877	-2,67364877	323	-61	23,28	-0,86		
0,069	0,137	0,000671	204	-7,30674	-2,67364877	-1,98777435	279	-75	36,61	-1,05		
0,069	0,206	0,000926	222	-6,98464	-2,67364877	-1,57987911	255	-33	14,81	-0,46		
0,103	0,103	0,000383	269	-7,86748	-2,27302629	-2,27302629	354	-85	31,63	-1,20		
0,103	0,206	0,000772	267	-7,16653	-2,27302629	-1,57987911	305	-38	14,22	-0,53		
0,103	0,309	0,001063	291	-6,84666	-2,27302629	-1,174414	279	11	3,94	0,16		
0,137	0,137	0,00042	326	-7,77526	-1,98777435	-1,98777435	377	-51	15,72	-0,72		
0,137	0,275	0,000839	328	-7,08330	-1,98777435	-1,29098418	325	3	0,92	0,04		
0,137	0,412	0,001191	346	-6,73296	-1,98777435	-0,88673193	298	48	13,96	0,68		
0,021	0,021	0,000063	333	-9,67238	-3,86323284	-3,86323284	247	86	25,78	1,21		
0,021	0,041	0,000181	227	-8,61701	-3,86323284	-3,19418321	214	12	5,47	0,17		
0,021	0,062	0,000329	188	-8,01945	-3,86323284	-2,78062089	196	-7	3,92	-0,10		
0,034	0,034	0,000093	366	-9,28291	-3,38139475	-3,38139475	276	90	24,57	1,26		
0,034	0,069	0,000333	207	-8,00737	-3,38139475	-2,67364877	237	-29	14,23	-0,41		
0,034	0,103	0,000529	195	-7,54452	-3,38139475	-2,27302629	217	-22	11,49	-0,31		
0,051	0,051	0,000164	311	-8,71564	-2,97592965	-2,97592965	302	9	2,84	0,12		
0,051	0,103	0,000476	216	-7,65009	-2,97592965	-2,27302629	260	-43	19,97	-0,61		
0,051	0,155	0,00076	204	-7,18219	-2,97592965	-1,86433016	238	-34	16,54	-0,47		
0,069	0,069	0,000226	305	-8,39498	-2,67364877	-2,67364877	323	-18	5,94	-0,25		
0,069	0,137	0,000605	226	-7,41028	-2,67364877	-1,98777435	279	-52	23,17	-0,74		
0,069	0,206	0,000831	248	-7,09288	-2,67364877	-1,57987911	255	-8	3,03	-0,11		
0,103	0,103	0,000332	310	-8,01038	-2,27302629	-2,27302629	354	-44	14,10	-0,62		
0,103	0,206	0,000747	276	-7,19945	-2,27302629	-1,57987911	305	-29	10,52	-0,41		
0,103	0,309	0,000999	309	-6,90876	-2,27302629	-1,174414	279	30	9,72	0,42		
0,137	0,137	0,00038	361	-7,87534	-1,98777435	-1,98777435	377	-17	4,70	-0,24		
0,137	0,275	0,000749	367	-7,19677	-1,98777435	-1,29098418	325	42	11,55	0,60		
0,137	0,412	0,001121	368	-6,79353	-1,98777435	-0,88673193	298	70	19,02	0,98		
0,021	0,021	0,000073	288	-9,52505	-3,86323284	-3,86323284	247	40	14,00	0,57		
0,021	0,041	0,000179	229	-8,62812	-3,86323284	-3,19418321	214	15	6,52	0,21		
0,021	0,062	0,000307	202	-8,08866	-3,86323284	-2,78062089	196	6	3,03	0,09		
0,034	0,034	0,000097	351	-9,24080	-3,38139475	-3,38139475	276	75	21,33	1,05		
0,034	0,069	0,000296	233	-8,12515	-3,38139475	-2,67364877	237	-4	1,54	-0,05		
0,034	0,103	0,000502	205	-7,59691	-3,38139475	-2,27302629	217	-12	5,80	-0,17		
0,051	0,051	0,000148	345	-8,81830	-2,97592965	-2,97592965	302	42	12,32	0,60		
0,051	0,103	0,000438	235	-7,73329	-2,97592965	-2,27302629	260	-24	10,39	-0,34		
0,051	0,155	0,000625	248	-7,37776	-2,97592965	-1,86433016	238	10	4,16	0,15		
0,069	0,069	0,000216	319	-8,44023	-2,67364877	-2,67364877	323	-4	1,25	-0,06		
0,069	0,137	0,000479	286	-7,64381	-2,67364877	-1,98777435	279	7	2,48	0,10		
0,069	0,206	0,000725	284	-7,22934	-2,67364877	-1,57987911	255	29	10,11	0,40		
0,103	0,103	0,000287	359	-8,15603	-2,27302629	-2,27302629	354	5	1,36	0,07		
0,103	0,206	0,000553	373	-7,50015	-2,27302629	-1,57987911	305	68	18,18	0,95		
0,103	0,309	0,000952	325	-6,95695	-2,27302629	-1,174414	279	45	13,97	0,64		
0,137	0,137	0,00036	381	-7,92941	-1,98777435	-1,98777435	377	3	0,81	0,04		
0,137	0,275	0,000662	415	-7,32025	-1,98777435	-1,29098418	325	91	21,82	1,27		
0,137	0,412	0,001002	411	-6,90576	-1,98777435	-0,88673193	298	114	27,62	1,60		
0,021	0,021	0,000079	266	-9,44606	-3,86323284	-3,86323284	247	18	6,93	0,26		
0,021	0,041	0,000224	183	-8,40386	-3,86323284	-3,19418321	214	-31	16,98	-0,44		
0,021	0,062	0,000352	176	-7,95188	-3,86323284	-2,78062089	196	-20	11,18	-0,28		
0,034	0,034	0,000126	270	-8,97923	-3,38139475	-3,38139475	276	-6	2,19	-0,08		
0,034	0,069	0,000324	213	-8,03477	-3,38139475	-2,67364877	237	-24	11,14	-0,33		
0,034	0,103	0,000574	179	-7,46288	-3,38139475	-2,27302629	217	-38	20,97	-0,53		
0,051	0,051	0,000197	259	-8,53231	-2,97592965	-2,97592965	302	-43	16,71	-0,61		
0,051	0,103	0,00051	202	-7,58110	-2,97592965	-2,27302629	260	-58	28,54	-0,81		
0,051	0,155	0,000731	212	-7,22110	-2,97592965	-1,86433016	238	-26	12,09	-0,36		
0,069	0,069	0,000243	284	-8,32245	-2,67364877	-2,67364877	323	-39	13,91	-0,56		
0,069	0,137	0,000613	223	-7,39715	-2,67364877	-1,98777435	279	-55	24,80	-0,78		
0,069	0,206	0,000899	229	-7,01423	-2,67364877	-1,57987911	255	-26	11,46	-0,37		
0,103	0,103	0,000355	290	-7,94339	-2,27302629	-2,27302629	354	-64	22,01	-0,90		
0,103	0,206	0,000719	287	-7,23765	-2,27302629	-1,57987911	305	-18	6,38	-0,26		
0,103	0,309	0,000971	318	-6,93718	-2,27302629	-1,174414	279	39	12,25	0,55		

0,137	0,137	0,000375	365	-7,88858	-1,98777435	-1,98777435	377	-12	3,33	-0,17
0,137	0,275	0,000775	355	-7,16265	-1,98777435	-1,29098418	325	30	8,48	0,42
0,137	0,412	0,00111	371	-6,80340	-1,98777435	-0,88673193	298	74	19,82	1,03
0,021	0,021	0,000039	538	-10,15195	-3,86323284	-3,86323284	247	291	54,06	4,09
0,021	0,041	0,000113	363	-9,08812	-3,86323284	-3,19418321	214	149	40,99	2,09
0,021	0,062	0,000205	302	-8,49250	-3,86323284	-2,78062089	196	107	35,25	1,50
0,034	0,034	0,000069	493	-9,58140	-3,38139475	-3,38139475	276	217	44,04	3,05
0,034	0,069	0,000233	296	-8,36447	-3,38139475	-2,67364877	237	59	20,07	0,84
0,034	0,103	0,000389	265	-7,85193	-3,38139475	-2,27302629	217	48	18,02	0,67
0,051	0,051	0,000131	389	-8,94031	-2,97592965	-2,97592965	302	87	22,39	1,23
0,051	0,103	0,000364	283	-7,91836	-2,97592965	-2,27302629	260	23	8,26	0,33
0,051	0,155	0,00058	267	-7,45248	-2,97592965	-1,86433016	238	30	11,06	0,42
0,069	0,069	0,000213	324	-8,45422	-2,67364877	-2,67364877	323	1	0,16	0,01
0,069	0,137	0,000469	292	-7,66491	-2,67364877	-1,98777435	279	13	4,52	0,19
0,069	0,206	0,000695	296	-7,27160	-2,67364877	-1,57987911	255	41	13,83	0,58
0,103	0,103	0,000282	365	-8,17360	-2,27302629	-2,27302629	354	11	3,08	0,16
0,103	0,206	0,000626	329	-7,37616	-2,27302629	-1,57987911	305	24	7,38	0,34
0,103	0,309	0,00086	359	-7,05858	-2,27302629	-1,174414	279	80	22,28	1,13
0,137	0,137	0,000348	394	-7,96331	-1,98777435	-1,98777435	377	16	4,11	0,23
0,137	0,275	0,000686	401	-7,28463	-1,98777435	-1,29098418	325	76	18,99	1,07
0,137	0,412	0,000967	426	-6,94131	-1,98777435	-0,88673193	298	128	30,15	1,81
0,021	0,021	0,000077	273	-9,47171	-3,86323284	-3,86323284	247	25	9,29	0,36
0,021	0,041	0,000208	197	-8,47797	-3,86323284	-3,19418321	214	-17	8,63	-0,24
0,021	0,062	0,000353	176	-7,94904	-3,86323284	-2,78062089	196	-20	11,50	-0,28
0,034	0,034	0,000128	266	-8,96348	-3,38139475	-3,38139475	276	-10	3,82	-0,14
0,034	0,069	0,000366	189	-7,91288	-3,38139475	-2,67364877	237	-48	25,55	-0,68
0,034	0,103	0,000589	175	-7,43708	-3,38139475	-2,27302629	217	-42	24,14	-0,59
0,051	0,051	0,000202	252	-8,50724	-2,97592965	-2,97592965	302	-50	19,67	-0,70
0,051	0,103	0,00052	198	-7,56168	-2,97592965	-2,27302629	260	-62	31,06	-0,87
0,051	0,155	0,0008	194	-7,13090	-2,97592965	-1,86433016	238	-44	22,67	-0,62
0,069	0,069	0,00026	265	-8,25483	-2,67364877	-2,67364877	323	-58	21,87	-0,82
0,069	0,137	0,00065	211	-7,33854	-2,67364877	-1,98777435	279	-68	32,33	-0,96
0,069	0,206	0,000926	222	-6,98464	-2,67364877	-1,57987911	255	-33	14,81	-0,46
0,103	0,103	0,00038	271	-7,87534	-2,27302629	-2,27302629	354	-83	30,60	-1,17
0,103	0,206	0,000779	264	-7,15750	-2,27302629	-1,57987911	305	-40	15,26	-0,57
0,103	0,309	0,001072	288	-6,83823	-2,27302629	-1,174414	279	9	3,12	0,13
0,137	0,137	0,000409	335	-7,80180	-1,98777435	-1,98777435	377	-43	12,69	-0,60
0,137	0,275	0,000858	321	-7,06091	-1,98777435	-1,29098418	325	-4	1,33	-0,06
0,137	0,412	0,001162	355	-6,75761	-1,98777435	-0,88673193	298	57	16,06	0,80
0,021	0,021	0,000056	375	-9,79016	-3,86323284	-3,86323284	247	128	34,03	1,79
0,021	0,041	0,000157	261	-8,75926	-3,86323284	-3,19418321	214	47	18,01	0,66
0,021	0,062	0,000284	218	-8,16654	-3,86323284	-2,78062089	196	22	10,30	0,32
0,034	0,034	0,000101	337	-9,20039	-3,38139475	-3,38139475	276	61	18,08	0,86
0,034	0,069	0,000312	221	-8,07251	-3,38139475	-2,67364877	237	-16	7,02	-0,22
0,034	0,103	0,000491	210	-7,61907	-3,38139475	-2,27302629	217	-7	3,48	-0,10
0,051	0,051	0,00015	340	-8,80488	-2,97592965	-2,97592965	302	38	11,13	0,53
0,051	0,103	0,000426	242	-7,76107	-2,97592965	-2,27302629	260	-18	7,37	-0,25
0,051	0,155	0,000678	229	-7,29636	-2,97592965	-1,86433016	238	-9	3,96	-0,13
0,069	0,069	0,00021	329	-8,46840	-2,67364877	-2,67364877	323	5	1,56	0,07
0,069	0,137	0,000553	248	-7,50015	-2,67364877	-1,98777435	279	-31	12,59	-0,44
0,069	0,206	0,000825	250	-7,10013	-2,67364877	-1,57987911	255	-6	2,29	-0,08
0,103	0,103	0,000304	339	-8,09848	-2,27302629	-2,27302629	354	-15	4,48	-0,21
0,103	0,206	0,000643	320	-7,34937	-2,27302629	-1,57987911	305	16	4,86	0,22
0,103	0,309	0,000911	339	-7,00097	-2,27302629	-1,174414	279	60	17,67	0,84
0,137	0,137	0,000306	448	-8,09193	-1,98777435	-1,98777435	377	70	15,69	0,99
0,137	0,275	0,000708	388	-7,25307	-1,98777435	-1,29098418	325	64	16,39	0,90
0,137	0,412	0,001015	406	-6,89287	-1,98777435	-0,88673193	298	108	26,68	1,52
0,021	0,021	0,000068	309	-9,59600	-3,86323284	-3,86323284	247	61	19,89	0,86
0,021	0,041	0,000184	223	-8,60057	-3,86323284	-3,19418321	214	9	3,91	0,12
0,021	0,062	0,000305	203	-8,09520	-3,86323284	-2,78062089	196	7	3,66	0,10
0,034	0,034	0,000112	304	-9,09701	-3,38139475	-3,38139475	276	28	9,16	0,39
0,034	0,069	0,000319	216	-8,05032	-3,38139475	-2,67364877	237	-20	9,43	-0,29
0,034	0,103	0,000487	211	-7,62725	-3,38139475	-2,27302629	217	-6	2,64	-0,08
0,051	0,051	0,00018	283	-8,62255	-2,97592965	-2,97592965	302	-19	6,64	-0,26
0,051	0,103	0,000426	242	-7,76107	-2,97592965	-2,27302629	260	-18	7,37	-0,25
0,051	0,155	0,000687	226	-7,28318	-2,97592965	-1,86433016	238	-12	5,34	-0,17
0,069	0,069	0,000253	273	-8,28212	-2,67364877	-2,67364877	323	-51	18,59	-0,71
0,069	0,137	0,000578	237	-7,45594	-2,67364877	-1,98777435	279	-42	17,68	-0,59
0,069	0,206	0,000766	269	-7,17433	-2,67364877	-1,57987911	255	14	5,03	0,19
0,103	0,103	0,000322	320	-8,04096	-2,27302629	-2,27302629	354	-34	10,66	-0,48
0,103	0,206	0,000677	304	-7,29784	-2,27302629	-1,57987911	305	-1	0,17	-0,01
0,103	0,309	0,000945	327	-6,96433	-2,27302629	-1,174414	279	48	14,60	0,67
0,137	0,137	0,000329	416	-8,01945	-1,98777435	-1,98777435	377	39	9,35	0,55
0,137	0,275	0,000721	381	-7,23487	-1,98777435	-1,29098418	325	57	14,85	0,80
0,137	0,412	0,000952	433	-6,95695	-1,98777435	-0,88673193	298	135	31,23	1,90
0,021	0,021	0,000078	269	-9,45880	-3,86323284	-3,86323284	247	22	8,11	0,31
0,021	0,041	0,0002	205	-8,51719	-3,86323284	-3,19418321	214	-9	4,45	-0,13
0,021	0,062	0,000323	192	-8,03786	-3,86323284	-2,78062089	196	-4	2,02	-0,05
0,034	0,034	0,000107	318	-9,14268	-3,38139475	-3,38139475	276	42	13,22	0,59
0,034	0,069	0,000337	205	-7,99543	-3,38139475	-2,67364877	237	-32	15,60	-0,45
0,034	0,103	0,000532	194	-7,53887	-3,38139475	-2,27302629	217	-23	12,12	-0,33
0,051	0,051	0,00018	283	-8,62255	-2,97592965	-2,97592965	302	-19	6,64	-0,26
0,051	0,103	0,000444	232	-7,71969	-2,97592965	-2,27302629	260	-28	11,91	-0,39
0,051	0,155	0,000771	201	-7,16782	-2,97592965	-1,86433016	238	-37	18,23	-0,52
0,069	0,069	0,000269	257	-8,22080	-2,67364877	-2,67364877	323	-67	26,09	-0,94
0,069	0,137	0,000584	235	-7,44561	-2,67364877	-1,98777435	279	-44	18,90	-0,62
0,069	0,206	0,000882	234	-7,03332	-2,67364877	-1,57987911	255	-22	9,35	-0,31
0,103	0,103	0,000356	289	-7,94058	-2,27302629	-2,27302629	354	-65	22,35	-0,91
0,103	0,206	0,000722	285	-7,23349	-2,27302629	-1,57987911	305	-19	6,82	-0,27
0,103	0,309	0,001006	307	-6,90177	-2,27302629	-1,174414	279	28	9,09	0,39
0,137	0,137	0,000385	356	-7,86227	-1,98777435	-1,98777435	377	-22	6,08	-0,30
0,137	0,275	0,000747	368	-7,19945	-1,98777435	-1,29098418	325	43	11,78	0,61
0,137	0,412	0,00107	385	-6,84010	-1,98777435	-0,88673193	298	87	22,70	1,23
		Desv. Padrão	71,10154664						Média	13,9872

Ensaio Triaxial Dinâmico							COEFICIENTES DA REGRESSÃO														
Módulo de Resiliência (módulo composto) "Amostra": CIBH							INTERSEÇÃO														
							b1					-6,3090682									
							b2					-0,4659208									
												1,28533647									
							k1					k2					k3				
							0,001819728					-0,4659208					1,2853365				
							R ² =					0,99814487									
							M _R =					K ₁ σ ₃ ^{k₁} K ₂ σ ₁ ^{k₂} K ₃ σ _d ^{k₃}									
							K ₁ = 1/k ₁					K ₂ = -k ₂					K ₃ = 1-k ₃				
							550					0,4659					-0,2853				
DADOS DO ENSAIO TRIAXIAL DINÂMICO																					
σ ₃ (kgf/cm ²)	σ ₁ (kgf/cm ²)	ε _a	M _R (kgf/cm ²)	LN ε _a	LN σ ₃	LN σ ₁	M _R Calculado (kgf/cm ²)	ERRO (kgf/cm ²)	ERRO (%)	Resíduo Padronizado											
0,021	0,021	0,000055	382	-9,80818	-3,86323284	-3,86323284	274	108	28,36	0,80											
0,021	0,041	0,000155	265	-8,77209	-3,86323284	-3,19418321	226	39	14,56	0,28											
0,021	0,062	0,000265	234	-8,23578	-3,86323284	-2,78062089	201	33	14,16	0,24											
0,034	0,034	0,000091	374	-9,30465	-3,38139475	-3,38139475	298	75	20,13	0,55											
0,034	0,069	0,000279	247	-8,18430	-3,38139475	-2,67364877	244	3	10,43	0,03											
0,034	0,103	0,000424	243	-7,76578	-3,38139475	-2,27302629	217	25	10,47	0,19											
0,051	0,051	0,000149	342	-8,81156	-2,97592965	-2,97592965	321	21	6,20	0,16											
0,051	0,103	0,000398	259	-7,82906	-2,97592965	-2,27302629	263	-4	1,52	-0,03											
0,051	0,155	0,000612	253	-7,39878	-2,97592965	-1,86433016	234	19	7,69	0,14											
0,069	0,069	0,000199	347	-8,52221	-2,67364877	-2,67364877	339	8	2,21	0,06											
0,069	0,137	0,000506	271	-7,58897	-2,67364877	-1,98777435	279	-8	2,98	-0,06											
0,069	0,206	0,000719	287	-7,23765	-2,67364877	-1,57987911	248	38	13,38	0,28											
0,103	0,103	0,0003	343	-8,11173	-2,27302629	-2,27302629	365	-21	6,17	-0,16											
0,103	0,206	0,000611	337	-7,40041	-2,27302629	-1,57987911	299	38	11,28	0,28											
0,103	0,309	0,0008	386	-7,13090	-2,27302629	-1,174414	266	120	31,02	0,88											
0,137	0,137	0,000341	402	-7,98363	-1,98777435	-1,98777435	384	18	4,47	0,13											
0,137	0,275	0,000657	419	-7,32783	-1,98777435	-1,29098418	315	104	24,84	0,77											
0,137	0,412	0,000904	456	-7,00868	-1,98777435	-0,88673193	280	175	38,49	1,29											
0,021	0,021	0,000062	339	-9,68838	-3,86323284	-3,86323284	274	65	19,24	0,48											
0,021	0,041	0,000219	187	-8,42644	-3,86323284	-3,19418321	226	-39	20,72	-0,29											
0,021	0,062	0,000345	180	-7,97197	-3,86323284	-2,78062089	201	-21	11,76	-0,16											
0,034	0,034	0,000133	256	-8,92516	-3,38139475	-3,38139475	298	-43	16,73	-0,31											
0,034	0,069	0,000359	192	-7,93219	-3,38139475	-2,67364877	244	-52	26,87	-0,38											
0,034	0,103	0,000539	191	-7,52579	-3,38139475	-2,27302629	217	-26	13,82	-0,19											
0,051	0,051	0,000196	260	-8,53740	-2,97592965	-2,97592965	321	-61	23,39	-0,45											
0,051	0,103	0,000497	207	-7,60692	-2,97592965	-2,27302629	263	-55	26,77	-0,41											
0,051	0,155	0,000718	216	-7,23904	-2,97592965	-1,86433016	234	-18	8,30	-0,13											
0,069	0,069	0,000247	279	-8,30612	-2,67364877	-2,67364877	339	-60	21,38	-0,44											
0,069	0,137	0,000582	235	-7,44904	-2,67364877	-1,98777435	279	-43	18,44	-0,32											
0,069	0,206	0,000789	261	-7,14474	-2,67364877	-1,57987911	248	13	4,94	0,10											
0,103	0,103	0,000333	309	-8,00737	-2,27302629	-2,27302629	365	-55	17,85	-0,41											
0,103	0,206	0,000674	306	-7,30228	-2,27302629	-1,57987911	299	7	2,14	0,05											
0,103	0,309	0,000846	365	-7,07499	-2,27302629	-1,174414	266	99	27,05	0,73											
0,137	0,137	0,000364	376	-7,91836	-1,98777435	-1,98777435	384	-7	1,97	-0,05											
0,137	0,275	0,000695	396	-7,27160	-1,98777435	-1,29098418	315	81	20,49	0,60											
0,137	0,412	0,00095	434	-6,95905	-1,98777435	-0,88673193	280	153	35,36	1,13											
0,021	0,041	0,000188	218	-8,57907	-3,86323284	-3,19418321	226	-8	3,63	-0,06											
0,021	0,062	0,000342	181	-7,98070	-3,86323284	-2,78062089	201	-20	10,79	-0,14											
0,034	0,034	0,000089	382	-9,32687	-3,38139475	-3,38139475	298	84	21,89	0,62											
0,034	0,069	0,000334	203	-7,98656	-3,38139475	-2,67364877	244	-41	20,15	-0,30											
0,034	0,103	0,000584	176	-7,44561	-3,38139475	-2,27302629	217	-41	23,32	-0,30											
0,051	0,051	0,000184	277	-8,60057	-2,97592965	-2,97592965	321	-44	15,84	-0,32											
0,051	0,103	0,000553	186	-7,50015	-2,97592965	-2,27302629	263	-76	41,05	-0,56											
0,051	0,155	0,000766	202	-7,17433	-2,97592965	-1,86433016	234	-31	15,54	-0,23											
0,069	0,069	0,000292	236	-8,13876	-2,67364877	-2,67364877	339	-103	43,50	-0,76											
0,069	0,137	0,000641	214	-7,35248	-2,67364877	-1,98777435	279	-65	30,45	-0,48											
0,069	0,206	0,000904	228	-7,00868	-2,67364877	-1,57987911	248	-20	8,91	-0,15											
0,103	0,103	0,000371	278	-7,89931	-2,27302629	-2,27302629	365	-87	31,30	-0,64											
0,103	0,206	0,000736	280	-7,21428	-2,27302629	-1,57987911	299	-19	6,87	-0,14											
0,103	0,309	0,000955	324	-6,95380	-2,27302629	-1,174414	266	57	17,66	0,42											
0,137	0,137	0,000382	359	-7,87009	-1,98777435	-1,98777435	384	-25	7,01	-0,19											
0,137	0,275	0,000775	355	-7,16265	-1,98777435	-1,29098418	315	40	11,34	0,30											
0,137	0,412	0,001056	390	-6,85327	-1,98777435	-0,88673193	280	110	28,14	0,81											
0,021	0,021	0,000028	750	-10,48331	-3,86323284	-3,86323284	274	476	63,53	3,51											
0,021	0,041	0,000216	190	-8,44023	-3,86323284	-3,19418321	226	-36	19,06	-0,27											
0,021	0,062	0,00039	159	-7,84936	-3,86323284	-2,78062089	201	-42	26,34	-0,31											
0,034	0,034	0,000089	382	-9,32687	-3,38139475	-3,38139475	298	84	21,89	0,62											
0,034	0,069	0,000395	175	-7,83662	-3,38139475	-2,67364877	244	-69	39,59	-0,51											
0,034	0,103	0,000623	165	-7,38096	-3,38139475	-2,27302629	217	-52	31,55	-0,38											
0,051	0,051	0,000219	233	-8,42644	-2,97592965	-2,97592965	321	-88	37,87	-0,65											
0,051	0,103	0,000562	183	-7,48401	-2,97592965	-2,27302629	263	-79	43,35	-0,58											
0,051	0,155	0,000802	193	-7,12840	-2,97592965	-1,86433016	234	-41	20,97	-0,30											
0,069	0,069	0,000286	241	-8,15952	-2,67364877	-2,67364877	339	-98	40,55	-0,72											
0,069	0,137	0,000668	205	-7,31122	-2,67364877	-1,98777435	279	-74	35,95	-0,54											
0,069	0,206	0,000881	234	-7,03445	-2,67364877	-1,57987911	248	-14	6,14	-0,11											
0,103	0,103	0,000362	285	-7,92387	-2,27302629	-2,27302629	365	-80	28,11	-0,59											
0,103	0,206	0,000756	272	-7,18747	-2,27302629	-1,57987911	299	-27	9,77	-0,20											
0,103	0,309	0,000961	322	-6,94754	-2,27302629	-1,174414	266	55	17,14	0,41											
0,137	0,137	0,000408	336	-7,80424	-1,98777435	-1,98777435	384	-48	14,30	-0,35											
0,137	0,275	0,00079	348	-7,14348	-1,98777435	-1,29098418	315	34	9,63	0,25											
0,137	0,412	0,00106	389	-6,84949	-1,98777435	-0,88673193	280	108	27,88	0,80											
0,021	0,041	0,000171	240	-8,67385	-3,86323284	-3,19418321	226	14	5,74	0,10											
0,021	0,062	0,000339	183	-7,98951	-3,86323284	-2,78062089	201	-18	9,82	-0,13											
0,034	0,034	0,000035	971	-10,26016	-3,38139475	-3,38139475	298	673	69,28	4,96											
0,034	0,069	0,000325	212	-8,03169	-3,38139475	-2,67364877	244	-32	14,85	-0,23											
0,034	0,103	0,00055	187	-7,50559	-3,38139475	-2,27302629	217	-30	16,14	-0,22											
0,051	0,051	0,000168	304	-8,69155	-2,97592965	-2,97592965	321	-17	5,76	-0,13											
0,051	0,103	0,000518	199	-7,56554	-2,97592965	-2,27302629	263	-64	32,13	-0,47											
0,051	0,155	0,000774	200	-7,16394	-2,97592965	-1,86433016	234	-34	16,75	-0,25											
0,069	0,069	0,000251	275	-8,29006	-2,67364877	-2,67364877	339	-64	23,35	-0,47											
0,069	0,137	0,00063	217	-7,36979	-2,67364877	-1,98777435	279	-61	28,21	-0,45											
0,069	0,206	0,000863	239	-7,05510	-2,67364877	-1,57987911	248	-9	3,97	-0,07											
0,103	0,103	0,000376	274	-7,88592	-2,27302629	-2,27302629	365	-91	33,07	-0,67											
0,103	0,206	0,000712	289	-7,24743	-2,27302629	-1,57987911	299	-10	3,38	-0,07											
0,103	0,309	0,000938	329	-6,97176	-2,27302629	-1,174414	266	63	19,12	0,46											

0,137	0,137	0,000398	344	-7,82906	-1,98777435	-1,98777435	384	-40	11,50	-0,29
0,137	0,275	0,000753	365	-7,19145	-1,98777435	-1,29098418	315	51	13,86	0,37
0,137	0,412	0,001023	403	-6,88502	-1,98777435	-0,88673193	280	122	30,40	0,90
0,021	0,041	0,000185	222	-8,59515	-3,86323284	-3,19418321	226	-4	1,97	-0,03
0,021	0,062	0,000357	174	-7,93777	-3,86323284	-2,78062089	201	-27	15,65	-0,20
0,034	0,034	0,000056	607	-9,79016	-3,38139475	-3,38139475	298	309	50,85	2,27
0,034	0,069	0,000339	204	-7,98951	-3,38139475	-2,67364877	244	-40	19,80	-0,30
0,034	0,103	0,000572	180	-7,46637	-3,38139475	-2,27302629	217	-37	20,78	-0,28
0,051	0,051	0,00016	319	-8,74034	-2,97592965	-2,97592965	321	-2	0,73	-0,02
0,051	0,103	0,000533	193	-7,53699	-2,97592965	-2,27302629	263	-69	35,95	-0,51
0,051	0,155	0,000764	203	-7,17694	-2,97592965	-1,86433016	234	-31	15,24	-0,23
0,069	0,069	0,000295	234	-8,12854	-2,67364877	-2,67364877	339	-105	44,97	-0,77
0,069	0,137	0,000627	219	-7,37456	-2,67364877	-1,98777435	279	-60	27,60	-0,44
0,069	0,206	0,000873	236	-7,04358	-2,67364877	-1,57987911	248	-12	5,18	-0,09
0,103	0,103	0,000373	276	-7,89393	-2,27302629	-2,27302629	365	-88	32,01	-0,65
0,103	0,206	0,000697	296	-7,26873	-2,27302629	-1,57987911	299	-4	1,20	-0,03
0,103	0,309	0,000933	331	-6,97711	-2,27302629	-1,174414	266	65	19,55	0,48
0,137	0,137	0,000389	352	-7,85193	-1,98777435	-1,98777435	384	-32	8,98	-0,23
0,137	0,275	0,000745	369	-7,20213	-1,98777435	-1,29098418	315	55	14,77	0,40
0,137	0,412	0,001018	405	-6,88992	-1,98777435	-0,88673193	280	124	30,74	0,92
0,021	0,041	0,00012	342	-9,02802	-3,86323284	-3,19418321	226	116	33,85	0,85
0,021	0,062	0,00032	194	-8,04719	-3,86323284	-2,78062089	201	-7	3,66	-0,05
0,034	0,034	0,000025	1.360	-10,59663	-3,38139475	-3,38139475	298	1.062	78,06	7,82
0,034	0,069	0,000328	210	-8,02250	-3,38139475	-2,67364877	244	-33	15,91	-0,25
0,034	0,103	0,000539	191	-7,52579	-3,38139475	-2,27302629	217	-26	13,82	-0,19
0,051	0,051	0,000159	321	-8,74661	-2,97592965	-2,97592965	321	0	0,10	0,00
0,051	0,103	0,000512	201	-7,57719	-2,97592965	-2,27302629	263	-62	30,60	-0,45
0,051	0,155	0,000757	205	-7,18615	-2,97592965	-1,86433016	234	-29	14,19	-0,21
0,069	0,069	0,000259	266	-8,25868	-2,67364877	-2,67364877	339	-73	27,28	-0,54
0,069	0,137	0,000646	212	-7,34471	-2,67364877	-1,98777435	279	-67	31,47	-0,49
0,069	0,206	0,000892	231	-7,02204	-2,67364877	-1,57987911	248	-17	7,46	-0,13
0,103	0,103	0,000375	275	-7,88858	-2,27302629	-2,27302629	365	-90	32,72	-0,66
0,103	0,206	0,000738	279	-7,21157	-2,27302629	-1,57987911	299	-20	7,16	-0,15
0,103	0,309	0,000972	318	-6,93615	-2,27302629	-1,174414	266	51	16,19	0,38
0,137	0,137	0,000381	360	-7,87271	-1,98777435	-1,98777435	384	-24	6,73	-0,18
0,137	0,275	0,000787	349	-7,14728	-1,98777435	-1,29098418	315	35	9,97	0,26
0,137	0,412	0,001081	381	-6,82987	-1,98777435	-0,88673193	280	101	26,45	0,74
0,021	0,041	0,000139	295	-8,88104	-3,86323284	-3,19418321	226	69	23,38	0,51
0,021	0,062	0,000284	218	-8,16654	-3,86323284	-2,78062089	201	17	8,00	0,13
0,034	0,034	0,000059	576	-9,73797	-3,38139475	-3,38139475	298	278	48,22	2,05
0,034	0,069	0,000284	243	-8,16654	-3,38139475	-2,67364877	244	-1	0,36	-0,01
0,034	0,103	0,000505	204	-7,59095	-3,38139475	-2,27302629	217	-14	6,64	-0,10
0,051	0,051	0,000162	315	-8,72791	-2,97592965	-2,97592965	321	-6	1,99	-0,05
0,051	0,103	0,000486	212	-7,62930	-2,97592965	-2,27302629	263	-51	23,96	-0,37
0,051	0,155	0,000741	209	-7,20751	-2,97592965	-1,86433016	234	-25	11,77	-0,18
0,069	0,069	0,000277	249	-8,19149	-2,67364877	-2,67364877	339	-90	36,13	-0,66
0,069	0,137	0,000583	235	-7,44732	-2,67364877	-1,98777435	279	-42	18,65	-0,32
0,069	0,206	0,000842	245	-7,07973	-2,67364877	-1,57987911	248	-4	1,44	-0,03
0,103	0,103	0,000355	290	-7,94339	-2,27302629	-2,27302629	365	-74	25,64	-0,55
0,103	0,206	0,000671	307	-7,30674	-2,27302629	-1,57987911	299	8	2,57	0,06
0,103	0,309	0,000943	328	-6,96644	-2,27302629	-1,174414	266	61	18,69	0,45
0,137	0,137	0,00039	351	-7,84936	-1,98777435	-1,98777435	384	-33	9,26	-0,24
0,137	0,275	0,00074	372	-7,20886	-1,98777435	-1,29098418	315	57	15,35	0,42
0,137	0,412	0,001028	401	-6,88014	-1,98777435	-0,88673193	280	120	30,06	0,89
0,021	0,041	0,000146	281	-8,83190	-3,86323284	-3,19418321	226	55	19,52	0,40
0,021	0,062	0,000313	198	-8,06931	-3,86323284	-2,78062089	201	-3	1,39	-0,02
0,034	0,034	0,000056	607	-9,79016	-3,38139475	-3,38139475	298	309	50,85	2,27
0,034	0,069	0,000316	218	-8,05977	-3,38139475	-2,67364877	244	-25	11,67	-0,19
0,034	0,103	0,000546	189	-7,51289	-3,38139475	-2,27302629	217	-29	15,29	-0,21
0,051	0,051	0,000146	349	-8,83190	-2,97592965	-2,97592965	321	28	8,09	0,21
0,051	0,103	0,000511	202	-7,57914	-2,97592965	-2,27302629	263	-61	30,34	-0,45
0,051	0,155	0,000719	216	-7,23765	-2,97592965	-1,86433016	234	-18	8,45	-0,13
0,069	0,069	0,000236	292	-8,35168	-2,67364877	-2,67364877	339	-47	15,98	-0,34
0,069	0,137	0,000609	225	-7,40369	-2,67364877	-1,98777435	279	-54	23,94	-0,40
0,069	0,206	0,000809	255	-7,11971	-2,67364877	-1,57987911	248	6	2,53	0,05
0,103	0,103	0,000344	299	-7,97487	-2,27302629	-2,27302629	365	-65	21,74	-0,48
0,103	0,206	0,000711	290	-7,24884	-2,27302629	-1,57987911	299	-9	3,24	-0,07
0,103	0,309	0,00093	332	-6,98033	-2,27302629	-1,174414	266	66	19,81	0,48
0,137	0,137	0,000389	352	-7,85193	-1,98777435	-1,98777435	384	-32	8,98	-0,23
0,137	0,275	0,000745	369	-7,20213	-1,98777435	-1,29098418	315	55	14,77	0,40
0,137	0,412	0,001044	395	-6,86470	-1,98777435	-0,88673193	280	114	28,97	0,84
0,021	0,041	0,000176	233	-8,64503	-3,86323284	-3,19418321	226	7	2,99	0,05
0,021	0,062	0,000344	180	-7,97487	-3,86323284	-2,78062089	201	-21	11,44	-0,15
0,034	0,034	0,000047	723	-9,96536	-3,38139475	-3,38139475	298	425	58,75	3,13
0,034	0,069	0,000343	201	-7,97778	-3,38139475	-2,67364877	244	-43	21,21	-0,31
0,034	0,103	0,000552	187	-7,50196	-3,38139475	-2,27302629	217	-31	16,56	-0,23
0,051	0,051	0,000173	295	-8,66222	-2,97592965	-2,97592965	321	-26	8,91	-0,19
0,051	0,103	0,000523	197	-7,55593	-2,97592965	-2,27302629	263	-66	33,40	-0,48
0,051	0,155	0,000789	196	-7,14474	-2,97592965	-1,86433016	234	-37	19,01	-0,28
0,069	0,069	0,000315	219	-8,06294	-2,67364877	-2,67364877	339	-120	54,80	-0,88
0,069	0,137	0,000665	206	-7,31572	-2,67364877	-1,98777435	279	-73	35,34	-0,54
0,069	0,206	0,000905	228	-7,00758	-2,67364877	-1,57987911	248	-21	9,03	-0,15
0,103	0,103	0,000377	273	-7,88327	-2,27302629	-2,27302629	365	-91	33,42	-0,67
0,103	0,206	0,000733	281	-7,21836	-2,27302629	-1,57987911	299	-18	6,43	-0,13
0,103	0,309	0,000974	317	-6,93410	-2,27302629	-1,174414	266	51	16,02	0,37
0,137	0,137	0,000386	355	-7,85967	-1,98777435	-1,98777435	384	-29	8,13	-0,21
0,137	0,275	0,000774	355	-7,16394	-1,98777435	-1,29098418	315	41	11,46	0,30
0,137	0,412	0,001031	400	-6,87723	-1,98777435	-0,88673193	280	119	29,85	0,88
		Desv. Padrão	135,8199056						Média	19,4850

Ensaio Triaxial Dinâmico							COEFICIENTES DA REGRESSÃO			
Módulo de Resiliência (módulo composto)							INTERSEÇÃO	-6,3628995		
"Amostra": CMBH							b1	-0,4392731		
							b2	1,26524918		
							k ₁	k ₂	k ₃	
							0,00172436	-0,4392731	1,2652492	
							R ² =	0,99814487		
							M _R = K ₁ σ ₃ ^{k₂} σ _d ^{k₃}			
							K ₁ = 1/k ₁	K ₂ = -k ₂	K ₃ = 1-k ₃	
DADOS DO ENSAIO TRIAXIAL DINÂMICO							580	0,4393	-0,2652	
σ ₃ (kgf/cm ²)	σ _d (kgf/cm ²)	ε _a	M _R (kgf/cm ²)	LN ε _a	LN σ ₃	LN σ _d	M _R Calculado (kgf/cm ²)	ERRO (kgf/cm ²)	ERRO (%)	Resíduo Padronizado
0,021	0,041	0,000075	547	-9,49802	-3,86323284	-3,19418321	248	299	54,65	2,30
0,021	0,062	0,000209	297	-8,47318	-3,86323284	-2,78062089	222	74	25,11	0,57
0,034	0,034	0,000029	1.172	-10,44821	-3,38139475	-3,38139475	322	850	72,54	6,53
0,034	0,069	0,000238	290	-8,34324	-3,38139475	-2,67364877	267	23	7,95	0,18
0,034	0,103	0,000424	243	-7,76578	-3,38139475	-2,27302629	240	3	1,22	0,02
0,051	0,051	0,00011	464	-9,11503	-2,97592965	-2,97592965	346	118	25,48	0,91
0,051	0,103	0,000421	245	-7,77288	-2,97592965	-2,27302629	287	-42	17,20	-0,32
0,051	0,155	0,000625	248	-7,37776	-2,97592965	-1,86433016	257	-9	3,74	-0,07
0,069	0,069	0,000176	392	-8,64503	-2,67364877	-2,67364877	364	28	7,11	0,21
0,069	0,137	0,000517	265	-7,56747	-2,67364877	-1,98777435	304	-39	14,57	-0,30
0,069	0,206	0,000745	277	-7,20213	-2,67364877	-1,57987911	272	4	1,46	0,03
0,103	0,103	0,000285	361	-8,16302	-2,27302629	-2,27302629	390	-29	8,04	-0,22
0,103	0,206	0,000635	324	-7,36189	-2,27302629	-1,57987911	325	0	0,15	0,00
0,103	0,309	0,000832	371	-7,09168	-2,27302629	-1,174414	292	80	21,44	0,61
0,137	0,137	0,000324	423	-8,03477	-1,98777435	-1,98777435	410	13	2,96	0,10
0,137	0,275	0,00065	423	-7,33854	-1,98777435	-1,29098418	341	82	19,38	0,63
0,137	0,412	0,000929	443	-6,98140	-1,98777435	-0,88673193	306	137	30,91	1,05
0,021	0,041	0,000153	268	-8,78507	-3,86323284	-3,19418321	248	20	7,48	0,15
0,021	0,062	0,000316	196	-8,05977	-3,86323284	-2,78062089	222	-26	13,24	-0,20
0,034	0,034	0,000092	370	-9,29372	-3,38139475	-3,38139475	322	48	12,88	0,37
0,034	0,069	0,000314	220	-8,06612	-3,38139475	-2,67364877	267	-47	21,44	-0,36
0,034	0,103	0,000519	198	-7,56361	-3,38139475	-2,27302629	240	-41	20,91	-0,32
0,051	0,051	0,000176	290	-8,64503	-2,97592965	-2,97592965	346	-56	19,23	-0,43
0,051	0,103	0,000488	211	-7,62520	-2,97592965	-2,27302629	287	-76	35,85	-0,58
0,051	0,155	0,000741	209	-7,20751	-2,97592965	-1,86433016	257	-48	23,00	-0,37
0,069	0,069	0,000232	297	-8,36877	-2,67364877	-2,67364877	364	-67	22,45	-0,51
0,069	0,137	0,000605	226	-7,41028	-2,67364877	-1,98777435	304	-77	34,07	-0,59
0,069	0,206	0,000818	252	-7,10865	-2,67364877	-1,57987911	272	-21	8,19	-0,16
0,103	0,103	0,000334	308	-8,00437	-2,27302629	-2,27302629	390	-82	26,62	-0,63
0,103	0,206	0,000664	310	-7,31723	-2,27302629	-1,57987911	325	-15	4,72	-0,11
0,103	0,309	0,000903	342	-7,00979	-2,27302629	-1,174414	292	50	14,74	0,39
0,137	0,137	0,000382	359	-7,87009	-1,98777435	-1,98777435	410	-52	14,42	-0,40
0,137	0,275	0,000734	375	-7,21700	-1,98777435	-1,29098418	341	34	8,96	0,26
0,137	0,412	0,000991	416	-6,91680	-1,98777435	-0,88673193	306	109	26,30	0,84
0,021	0,021	0,000022	955	-10,72447	-3,86323284	-3,86323284	296	658	68,98	5,06
0,021	0,041	0,000175	234	-8,65072	-3,86323284	-3,19418321	248	-14	5,82	-0,10
0,021	0,062	0,000371	167	-7,89931	-3,86323284	-2,78062089	222	-55	32,94	-0,42
0,034	0,034	0,000089	382	-9,32687	-3,38139475	-3,38139475	322	60	15,72	0,46
0,034	0,069	0,000361	191	-7,92663	-3,38139475	-2,67364877	267	-76	39,62	-0,58
0,034	0,103	0,000585	176	-7,44390	-3,38139475	-2,27302629	240	-64	36,29	-0,49
0,051	0,051	0,000192	266	-8,55802	-2,97592965	-2,97592965	346	-80	30,07	-0,61
0,051	0,103	0,000512	201	-7,57719	-2,97592965	-2,27302629	287	-86	42,53	-0,66
0,051	0,155	0,000703	220	-7,26015	-2,97592965	-1,86433016	257	-37	16,69	-0,28
0,069	0,069	0,000242	285	-8,32657	-2,67364877	-2,67364877	364	-79	27,72	-0,61
0,069	0,137	0,000608	225	-7,40534	-2,67364877	-1,98777435	304	-78	34,73	-0,60
0,069	0,206	0,000814	253	-7,11355	-2,67364877	-1,57987911	272	-19	7,66	-0,15
0,103	0,103	0,000345	299	-7,97197	-2,27302629	-2,27302629	390	-92	30,79	-0,71
0,103	0,206	0,000683	302	-7,28902	-2,27302629	-1,57987911	325	-23	7,72	-0,18
0,103	0,309	0,000905	341	-7,00758	-2,27302629	-1,174414	292	50	14,55	0,38
0,137	0,137	0,000374	366	-7,89125	-1,98777435	-1,98777435	410	-44	12,02	-0,34
0,137	0,275	0,000718	383	-7,23904	-1,98777435	-1,29098418	341	42	10,94	0,32
0,137	0,412	0,000964	427	-6,94442	-1,98777435	-0,88673193	306	121	28,31	0,93
0,021	0,041	0,000118	347	-9,04483	-3,86323284	-3,19418321	248	100	28,65	0,76
0,021	0,062	0,000243	255	-8,32245	-3,86323284	-2,78062089	222	33	12,92	0,25
0,034	0,034	0,000061	557	-9,70464	-3,38139475	-3,38139475	322	235	42,23	1,81
0,034	0,069	0,000247	279	-8,30612	-3,38139475	-2,67364877	267	12	4,47	0,10
0,034	0,103	0,000444	232	-7,71969	-3,38139475	-2,27302629	240	-8	3,44	-0,06
0,051	0,051	0,000124	411	-8,99523	-2,97592965	-2,97592965	346	66	15,99	0,51
0,051	0,103	0,000423	243	-7,76814	-2,97592965	-2,27302629	287	-43	17,76	-0,33
0,051	0,155	0,000627	247	-7,37456	-2,97592965	-1,86433016	257	-10	4,07	-0,08
0,069	0,069	0,000175	394	-8,65072	-2,67364877	-2,67364877	364	30	7,64	0,23
0,069	0,137	0,00051	269	-7,58110	-2,67364877	-1,98777435	304	-35	13,02	-0,27
0,069	0,206	0,000722	285	-7,23349	-2,67364877	-1,57987911	272	13	4,51	0,10
0,103	0,103	0,000295	349	-8,12854	-2,27302629	-2,27302629	390	-41	11,83	-0,32
0,103	0,206	0,000592	348	-7,43200	-2,27302629	-1,57987911	325	23	6,63	0,18
0,103	0,309	0,00081	381	-7,11848	-2,27302629	-1,174414	292	90	23,52	0,69
0,137	0,137	0,000316	434	-8,05977	-1,98777435	-1,98777435	410	23	5,35	0,18
0,137	0,275	0,000613	449	-7,39715	-1,98777435	-1,29098418	341	108	23,97	0,83
0,137	0,412	0,000919	448	-6,99222	-1,98777435	-0,88673193	306	142	31,65	1,09
0,021	0,021	0,000004	525	-10,12663	-3,86323284	-3,86323284	296	229	43,61	1,76
0,021	0,041	0,000193	212	-8,55282	-3,86323284	-3,19418321	248	-35	16,71	-0,27
0,021	0,062	0,000378	164	-7,88062	-3,86323284	-2,78062089	222	-58	35,45	-0,45
0,034	0,034	0,000132	258	-8,93271	-3,38139475	-3,38139475	322	-64	25,00	-0,49
0,034	0,069	0,000381	181	-7,87271	-3,38139475	-2,67364877	267	-86	47,35	-0,66
0,034	0,103	0,000579	178	-7,45421	-3,38139475	-2,27302629	240	-62	34,89	-0,48
0,051	0,051	0,000207	246	-8,48279	-2,97592965	-2,97592965	346	-99	40,24	-0,76
0,051	0,103	0,000529	195	-7,54452	-2,97592965	-2,27302629	287	-92	47,27	-0,71
0,051	0,155	0,000772	201	-7,16653	-2,97592965	-1,86433016	257	-57	28,14	-0,43
0,069	0,069	0,000267	258	-8,22826	-2,67364877	-2,67364877	364	-106	40,92	-0,81
0,069	0,137	0,000638	215	-7,35717	-2,67364877	-1,98777435	304	-89	41,38	-0,68
0,069	0,206	0,00086	240	-7,05858	-2,67364877	-1,57987911	272	-33	13,75	-0,25
0,103	0,103	0,000357	289	-7,93777	-2,27302629	-2,27302629	390	-102	35,34	-0,78
0,103	0,206	0,000685	301	-7,28609	-2,27302629	-1,57987911	325	-24	8,03	-0,19
0,103	0,309	0,000935	330	-6,97496	-2,27302629	-1,174414	292	39	11,72	0,30
0,137	0,137	0,000393	349	-7,84170	-1,98777435	-1,98777435	410	-62	17,71	-0,47

0,137	0,275	0,000719	382	-7,23765	-1,98777435	-1,29098418	341	41	10,82	0,32
0,137	0,412	0,001027	401	-6,88111	-1,98777435	-0,88673193	306	95	23,62	0,73
0,021	0,041	0,000157	261	-8,75926	-3,86323284	-3,19418321	248	13	5,06	0,10
0,021	0,062	0,000319	194	-8,05032	-3,86323284	-2,78062089	222	-28	14,31	-0,21
0,034	0,034	0,000056	607	-9,79016	-3,38139475	-3,38139475	322	285	46,97	2,19
0,034	0,069	0,000328	210	-8,02250	-3,38139475	-2,67364877	267	-56	26,86	-0,43
0,034	0,103	0,000545	189	-7,51472	-3,38139475	-2,27302629	240	-51	26,97	-0,39
0,051	0,051	0,000171	298	-8,67385	-2,97592965	-2,97592965	346	-47	15,85	-0,36
0,051	0,103	0,000488	211	-7,62520	-2,97592965	-2,27302629	287	-76	35,85	-0,58
0,051	0,155	0,000743	209	-7,20481	-2,97592965	-1,86433016	257	-49	23,33	-0,37
0,069	0,069	0,000261	264	-8,25099	-2,67364877	-2,67364877	364	-100	37,75	-0,77
0,069	0,137	0,000591	232	-7,43369	-2,67364877	-1,98777435	304	-72	30,97	-0,55
0,069	0,206	0,000819	252	-7,10743	-2,67364877	-1,57987911	272	-21	8,32	-0,16
0,103	0,103	0,000323	319	-8,03786	-2,27302629	-2,27302629	390	-72	22,45	-0,55
0,103	0,206	0,000691	298	-7,27737	-2,27302629	-1,57987911	325	-27	8,98	-0,21
0,103	0,309	0,000878	352	-7,03786	-2,27302629	-1,174414	292	60	17,10	0,46
0,137	0,137	0,000352	389	-7,95188	-1,98777435	-1,98777435	410	-21	5,43	-0,16
0,137	0,275	0,000726	379	-7,22796	-1,98777435	-1,29098418	341	38	9,95	0,29
0,137	0,412	0,000983	419	-6,92490	-1,98777435	-0,88673193	306	113	26,89	0,87
0,021	0,021	0,000024	875	-10,63746	-3,86323284	-3,86323284	296	579	66,16	4,45
0,021	0,041	0,000172	238	-8,66802	-3,86323284	-3,19418321	248	-10	4,01	-0,07
0,021	0,062	0,000321	193	-8,04407	-3,86323284	-2,78062089	222	-29	15,03	-0,22
0,034	0,034	0,000008	425	-9,43348	-3,38139475	-3,38139475	322	103	24,24	0,79
0,034	0,069	0,000327	211	-8,02555	-3,38139475	-2,67364877	267	-56	26,47	-0,43
0,034	0,103	0,000538	191	-7,52765	-3,38139475	-2,27302629	240	-49	25,34	-0,37
0,051	0,051	0,00019	268	-8,56849	-2,97592965	-2,97592965	346	-77	28,72	-0,59
0,051	0,103	0,000504	204	-7,59293	-2,97592965	-2,27302629	287	-82	40,31	-0,63
0,051	0,155	0,000617	251	-7,39064	-2,97592965	-1,86433016	257	-6	2,41	-0,05
0,069	0,069	0,000228	303	-8,38616	-2,67364877	-2,67364877	364	-62	20,33	-0,47
0,069	0,137	0,000491	279	-7,61907	-2,67364877	-1,98777435	304	-25	8,81	-0,19
0,069	0,206	0,00071	290	-7,25025	-2,67364877	-1,57987911	272	18	6,09	0,14
0,103	0,103	0,000328	314	-8,02250	-2,27302629	-2,27302629	390	-76	24,34	-0,59
0,103	0,206	0,000531	388	-7,54075	-2,27302629	-1,57987911	325	63	16,25	0,48
0,103	0,309	0,00072	429	-7,23626	-2,27302629	-1,174414	292	137	32,02	1,06
0,137	0,137	0,00034	403	-7,98656	-1,98777435	-1,98777435	410	-7	1,84	-0,06
0,137	0,275	0,000591	465	-7,43369	-1,98777435	-1,29098418	341	124	26,70	0,95
0,137	0,412	0,000848	486	-7,07263	-1,98777435	-0,88673193	306	179	36,93	1,38
0,021	0,021	0,000039	538	-10,15195	-3,86323284	-3,86323284	296	242	45,02	0,86
0,021	0,041	0,000114	360	-9,07931	-3,86323284	-3,19418321	248	112	31,06	0,86
0,021	0,062	0,000199	312	-8,52221	-3,86323284	-2,78062089	222	89	28,69	0,69
0,034	0,034	0,000067	507	-9,61082	-3,38139475	-3,38139475	322	185	36,55	1,43
0,034	0,069	0,000229	301	-8,38179	-3,38139475	-2,67364877	267	34	11,43	0,26
0,034	0,103	0,000351	293	-7,95472	-3,38139475	-2,27302629	240	53	18,23	0,41
0,051	0,051	0,000126	405	-8,97923	-2,97592965	-2,97592965	346	59	14,64	0,46
0,051	0,103	0,000331	311	-8,01339	-2,97592965	-2,27302629	287	24	7,85	0,19
0,051	0,155	0,000485	320	-7,63136	-2,97592965	-1,86433016	257	62	19,50	0,48
0,069	0,069	0,000178	388	-8,63373	-2,67364877	-2,67364877	364	23	6,05	0,18
0,069	0,137	0,000419	327	-7,77764	-2,67364877	-1,98777435	304	23	7,15	0,18
0,069	0,206	0,000578	356	-7,45594	-2,67364877	-1,57987911	272	84	23,55	0,64
0,103	0,103	0,000275	375	-8,19874	-2,27302629	-2,27302629	390	-16	4,25	-0,12
0,103	0,206	0,00051	404	-7,58110	-2,27302629	-1,57987911	325	79	19,57	0,61
0,103	0,309	0,000696	444	-7,27016	-2,27302629	-1,174414	292	152	34,28	1,17
0,137	0,137	0,000296	463	-8,12515	-1,98777435	-1,98777435	410	53	11,34	0,40
0,137	0,275	0,000556	495	-7,49474	-1,98777435	-1,29098418	341	154	31,04	1,18
0,137	0,412	0,000767	537	-7,17302	-1,98777435	-0,88673193	306	231	42,96	1,77
0,021	0,021	0,000066	318	-9,62586	-3,86323284	-3,86323284	296	22	6,95	0,17
0,021	0,041	0,000189	217	-8,57376	-3,86323284	-3,19418321	248	-31	14,29	-0,24
0,021	0,062	0,000343	181	-7,97778	-3,86323284	-2,78062089	222	-41	22,91	-0,32
0,034	0,034	0,000116	293	-9,06192	-3,38139475	-3,38139475	322	-29	9,85	-0,22
0,034	0,069	0,000353	195	-7,94904	-3,38139475	-2,67364877	267	-71	36,52	-0,55
0,034	0,103	0,000519	198	-7,56361	-3,38139475	-2,27302629	240	-41	20,91	-0,32
0,051	0,051	0,000204	250	-8,49739	-2,97592965	-2,97592965	346	-96	38,20	-0,73
0,051	0,103	0,000501	206	-7,59890	-2,97592965	-2,27302629	287	-81	39,47	-0,62
0,051	0,155	0,000712	218	-7,24743	-2,97592965	-1,86433016	257	-40	18,18	-0,30
0,069	0,069	0,000254	272	-8,27818	-2,67364877	-2,67364877	364	-93	34,06	-0,71
0,069	0,137	0,000606	226	-7,40863	-2,67364877	-1,98777435	304	-78	34,29	-0,60
0,069	0,206	0,000855	241	-7,06441	-2,67364877	-1,57987911	272	-32	13,08	-0,24
0,103	0,103	0,000361	285	-7,92663	-2,27302629	-2,27302629	390	-105	36,85	-0,81
0,103	0,206	0,000727	283	-7,22658	-2,27302629	-1,57987911	325	-42	14,66	-0,32
0,103	0,309	0,000951	325	-6,95800	-2,27302629	-1,174414	292	33	10,21	0,25
0,137	0,137	0,000405	338	-7,81162	-1,98777435	-1,98777435	410	-72	21,30	-0,55
0,137	0,275	0,000755	364	-7,18879	-1,98777435	-1,29098418	341	23	6,35	0,18
0,137	0,412	0,001005	410	-6,90277	-1,98777435	-0,88673193	306	104	25,26	0,80
0,021	0,021	0,000061	344	-9,70464	-3,86323284	-3,86323284	296	48	14,00	0,37
0,021	0,041	0,000201	204	-8,51221	-3,86323284	-3,19418321	248	-44	21,55	-0,34
0,021	0,062	0,000349	178	-7,96044	-3,86323284	-2,78062089	222	-45	25,06	-0,34
0,034	0,034	0,000116	293	-9,06192	-3,38139475	-3,38139475	322	-29	9,85	-0,22
0,034	0,069	0,00035	197	-7,95758	-3,38139475	-2,67364877	267	-70	35,36	-0,54
0,034	0,103	0,000559	184	-7,48936	-3,38139475	-2,27302629	240	-56	30,23	-0,43
0,051	0,051	0,000188	271	-8,57907	-2,97592965	-2,97592965	346	-74	27,36	-0,57
0,051	0,103	0,000496	208	-7,60893	-2,97592965	-2,27302629	287	-79	38,08	-0,61
0,051	0,155	0,000731	212	-7,22110	-2,97592965	-1,86433016	257	-45	21,34	-0,35
0,069	0,069	0,000244	283	-8,31834	-2,67364877	-2,67364877	364	-81	28,78	-0,63
0,069	0,137	0,0006	228	-7,41858	-2,67364877	-1,98777435	304	-75	32,96	-0,58
0,069	0,206	0,000848	243	-7,07263	-2,67364877	-1,57987911	272	-30	12,16	-0,23
0,103	0,103	0,000363	284	-7,92111	-2,27302629	-2,27302629	390	-107	37,61	-0,82
0,103	0,206	0,000682	302	-7,29048	-2,27302629	-1,57987911	325	-23	7,56	-0,18
0,103	0,309	0,000852	363	-7,06792	-2,27302629	-1,174414	292	71	19,55	0,54
0,137	0,137	0,000394	348	-7,83916	-1,98777435	-1,98777435	410	-63	18,01	-0,48
0,137	0,275	0,000752	366	-7,19277	-1,98777435	-1,29098418	341	25	6,73	0,19
0,137	0,412	0,001037	397	-6,87142	-1,98777435	-0,88673193	306	91	22,88	0,70
		Desv. Padrão	130,1673151						Média	21,8506

Ensaio Triaxial Dinâmico							COEFICIENTES DA REGRESSÃO			Resíduo Padronizado
Módulo de Resiliência (módulo composto)							INTERSEÇÃO			
"Amostra": MIBH							b1	-6,0640305		
							b2	-0,4488598		
							k ₁	k ₂	k ₃	
							0,002325011	-0,4488598	1,2581875	
							R ² = 0,99814487			
							M _R = K ₁ σ ₃ ^{k₁} K ₂ σ _d ^{k₂} K ₃			
							K ₁ = 1/k ₁	K ₂ = -k ₂	K ₃ = 1-k ₃	
DADOS DO ENSAIO TRIAXIAL DINÂMICO							430	0,4489	-0,2582	
σ ₃ (kgf/cm ²)	σ _d (kgf/cm ²)	ε _a	M _R (kgf/cm ²)	LN ε _a	LN σ ₃	LN σ _d	M _R Calculado (kgf/cm ²)	ERRO (kgf/cm ²)	ERRO (%)	
0,021	0,021	0,00038	553	-10,17792	-3,86323284	-3,86323284	206	347	62,74	3,28
0,021	0,041	0,000227	181	-8,39056	-3,86323284	-3,19418321	173	7	4,08	0,07
0,021	0,062	0,000423	147	-7,76814	-3,86323284	-2,78062089	156	-9	6,22	-0,09
0,034	0,034	0,000123	276	-9,00333	-3,38139475	-3,38139475	226	51	18,34	0,48
0,034	0,069	0,000433	159	-7,74477	-3,38139475	-2,67364877	188	-29	17,99	-0,27
0,034	0,103	0,000672	153	-7,30525	-3,38139475	-2,27302629	170	-16	10,62	-0,15
0,051	0,051	0,000204	250	-8,49739	-2,97592965	-2,97592965	244	6	2,46	0,06
0,051	0,103	0,000567	182	-7,47515	-2,97592965	-2,27302629	203	-22	11,96	-0,21
0,051	0,155	0,000851	182	-7,06910	-2,97592965	-1,86433016	183	-1	0,48	-0,01
0,069	0,069	0,000299	231	-8,11507	-2,67364877	-2,67364877	258	-28	11,94	-0,26
0,069	0,137	0,000778	176	-7,15878	-2,67364877	-1,98777435	216	-40	22,89	-0,38
0,069	0,206	0,000919	224	-6,99222	-2,67364877	-1,57987911	195	29	13,11	0,28
0,103	0,103	0,000387	266	-7,85709	-2,27302629	-2,27302629	279	-13	4,77	-0,12
0,103	0,206	0,000801	257	-7,12965	-2,27302629	-1,57987911	233	24	9,34	0,23
0,103	0,309	0,000992	311	-6,91579	-2,27302629	-1,174414	210	102	32,59	0,96
0,137	0,137	0,000446	307	-7,71519	-1,98777435	-1,98777435	294	13	4,15	0,12
0,137	0,275	0,000843	326	-7,07854	-1,98777435	-1,29098418	246	80	24,61	0,76
0,137	0,412	0,001042	395	-6,86661	-1,98777435	-0,88673193	222	174	43,96	1,64
0,021	0,021	0,000017	1.235	-10,98230	-3,86323284	-3,86323284	206	1.029	83,33	9,72
0,021	0,041	0,000167	246	-8,69752	-3,86323284	-3,19418321	173	72	29,44	0,68
0,021	0,062	0,000328	189	-8,02250	-3,86323284	-2,78062089	156	33	17,63	0,31
0,034	0,034	0,000092	370	-9,29372	-3,38139475	-3,38139475	226	144	38,92	1,36
0,034	0,069	0,000358	193	-7,93498	-3,38139475	-2,67364877	188	5	2,45	0,04
0,034	0,103	0,000578	178	-7,45594	-3,38139475	-2,27302629	170	9	4,86	0,08
0,051	0,051	0,000192	266	-8,55802	-2,97592965	-2,97592965	244	22	8,19	0,21
0,051	0,103	0,000537	192	-7,52951	-2,97592965	-2,27302629	203	-12	6,04	-0,11
0,051	0,155	0,00081	191	-7,11848	-2,97592965	-1,86433016	183	8	4,36	0,08
0,069	0,069	0,000318	217	-8,05346	-2,67364877	-2,67364877	258	-41	19,06	-0,39
0,069	0,137	0,00065	211	-7,33854	-2,67364877	-1,98777435	216	-6	2,67	-0,05
0,069	0,206	0,000914	225	-6,99768	-2,67364877	-1,57987911	195	31	13,58	0,29
0,103	0,103	0,000397	259	-7,83157	-2,27302629	-2,27302629	279	-19	7,47	-0,18
0,103	0,206	0,000761	271	-7,18088	-2,27302629	-1,57987911	233	38	13,87	0,35
0,103	0,309	0,001016	304	-6,89188	-2,27302629	-1,174414	210	94	30,96	0,89
0,137	0,137	0,000456	300	-7,69302	-1,98777435	-1,98777435	294	6	2,00	0,06
0,137	0,275	0,000856	321	-7,06324	-1,98777435	-1,29098418	246	75	23,44	0,71
0,137	0,412	0,001176	350	-6,74564	-1,98777435	-0,88673193	222	129	36,76	1,22
0,021	0,021	0,000062	339	-9,68838	-3,86323284	-3,86323284	206	133	39,21	1,25
0,021	0,041	0,000266	154	-8,23201	-3,86323284	-3,19418321	173	-19	12,39	-0,18
0,021	0,062	0,000467	133	-7,66918	-3,86323284	-2,78062089	156	-23	17,27	-0,22
0,034	0,034	0,000152	224	-8,79163	-3,38139475	-3,38139475	226	-2	0,91	-0,02
0,034	0,069	0,000494	140	-7,61298	-3,38139475	-2,67364877	188	-48	34,61	-0,46
0,034	0,103	0,000766	134	-7,17433	-3,38139475	-2,27302629	170	-35	26,09	-0,33
0,051	0,051	0,000249	205	-8,29806	-2,97592965	-2,97592965	244	-39	19,06	-0,37
0,051	0,103	0,000675	153	-7,30080	-2,97592965	-2,27302629	203	-51	33,29	-0,48
0,051	0,155	0,001011	153	-6,89682	-2,97592965	-1,86433016	183	-30	19,38	-0,28
0,069	0,069	0,000335	206	-8,00138	-2,67364877	-2,67364877	258	-52	25,42	-0,49
0,069	0,137	0,000826	166	-7,09892	-2,67364877	-1,98777435	216	-51	30,48	-0,48
0,069	0,206	0,001131	182	-6,78465	-2,67364877	-1,57987911	195	-13	6,94	-0,12
0,103	0,103	0,00047	219	-7,66278	-2,27302629	-2,27302629	279	-60	27,24	-0,56
0,103	0,206	0,000938	220	-6,97176	-2,27302629	-1,57987911	233	-14	6,16	-0,13
0,103	0,309	0,001238	250	-6,69426	-2,27302629	-1,174414	210	40	15,87	0,37
0,137	0,137	0,000522	262	-7,55784	-1,98777435	-1,98777435	294	-32	12,18	-0,30
0,137	0,275	0,000972	283	-6,93615	-1,98777435	-1,29098418	246	37	13,07	0,35
0,137	0,412	0,001386	297	-6,58133	-1,98777435	-0,88673193	222	76	25,46	0,72
0,021	0,021	0,000079	266	-9,44606	-3,86323284	-3,86323284	206	60	22,54	0,57
0,021	0,041	0,000297	138	-8,12178	-3,86323284	-3,19418321	173	-35	25,49	-0,33
0,021	0,062	0,000509	122	-7,58306	-3,86323284	-2,78062089	156	-34	27,82	-0,32
0,034	0,034	0,000177	192	-8,63936	-3,38139475	-3,38139475	226	-34	17,51	-0,32
0,034	0,069	0,000518	133	-7,56554	-3,38139475	-2,67364877	188	-55	41,15	-0,52
0,034	0,103	0,000789	131	-7,14474	-3,38139475	-2,27302629	170	-39	29,88	-0,37
0,051	0,051	0,000268	190	-8,22452	-2,97592965	-2,97592965	244	-54	28,15	-0,51
0,051	0,103	0,000712	145	-7,24743	-2,97592965	-2,27302629	203	-59	40,60	-0,55
0,051	0,155	0,001046	148	-6,86278	-2,97592965	-1,86433016	183	-35	23,51	-0,33
0,069	0,069	0,000349	198	-7,96044	-2,67364877	-2,67364877	258	-61	30,66	-0,57
0,069	0,137	0,000841	163	-7,08092	-2,67364877	-1,98777435	216	-54	32,84	-0,51
0,069	0,206	0,001158	178	-6,76106	-2,67364877	-1,57987911	195	-17	9,49	-0,16
0,103	0,103	0,000478	215	-7,64590	-2,27302629	-2,27302629	279	-63	29,40	-0,60
0,103	0,206	0,000957	215	-6,95171	-2,27302629	-1,57987911	233	-18	8,31	-0,17
0,103	0,309	0,001243	249	-6,69023	-2,27302629	-1,174414	210	39	15,54	0,36
0,137	0,137	0,000495	277	-7,61095	-1,98777435	-1,98777435	294	-18	6,38	-0,17
0,137	0,275	0,000997	276	-6,91076	-1,98777435	-1,29098418	246	30	10,83	0,28
0,137	0,412	0,001391	296	-6,57773	-1,98777435	-0,88673193	222	75	25,19	0,70
0,021	0,021	0,000191	215	-8,56324	-3,86323284	-3,19418321	173	41	19,30	0,10
0,021	0,062	0,000393	158	-7,84170	-3,86323284	-2,78062089	156	2	1,31	0,01
0,034	0,034	0,00011	309	-9,11503	-3,38139475	-3,38139475	226	83	26,97	0,21
0,034	0,069	0,000408	169	-7,80424	-3,38139475	-2,67364877	188	-19	11,18	-0,05
0,034	0,103	0,00066	156	-7,32327	-3,38139475	-2,27302629	170	-13	8,64	-0,03
0,051	0,051	0,000203	251	-8,50230	-2,97592965	-2,97592965	244	7	2,93	0,02
0,051	0,103	0,000576	179	-7,45940	-2,97592965	-2,27302629	203	-25	13,74	-0,06
0,051	0,155	0,000891	174	-7,02317	-2,97592965	-1,86433016	183	-9	5,21	-0,02
0,069	0,069	0,000281	246	-8,17716	-2,67364877	-2,67364877	258	-13	5,20	-0,03
0,069	0,137	0,000719	191	-7,23765	-2,67364877	-1,98777435	216	-26	13,57	-0,07
0,069	0,206	0,001015	203	-6,89287	-2,67364877	-1,57987911	195	8	4,03	0,02
0,103	0,103	0,000416	248	-7,78483	-2,27302629	-2,27302629	279	-31	12,62	-0,08
0,103	0,206	0,000827	249	-7,09771	-2,27302629	-1,57987911	233	16	6,40	0,04
0,103	0,309	0,001121	276	-6,79353	-2,27302629	-1,174414	210	66	23,83	0,17

0,137	0,137	0,000436	314	-7,73787	-1,98777435	-1,98777435	294	20	6,30	0,05
0,137	0,275	0,000878	313	-7,03786	-1,98777435	-1,29098418	246	67	21,48	0,17
0,137	0,412	0,00121	340	-6,71713	-1,98777435	-0,88673193	222	119	34,93	0,30
0,021	0,041	0,000192	214	-8,55802	-3,86323284	-3,19418321	173	40	18,87	0,10
0,021	0,062	0,000359	173	-7,93219	-3,86323284	-2,78062089	156	17	9,85	0,04
0,034	0,034	0,000108	315	-9,13338	-3,38139475	-3,38139475	226	89	28,30	0,23
0,034	0,069	0,000386	179	-7,85967	-3,38139475	-2,67364877	188	-9	5,18	-0,02
0,034	0,103	0,000641	161	-7,35248	-3,38139475	-2,27302629	170	-9	5,51	-0,02
0,051	0,051	0,000198	258	-8,52724	-2,97592965	-2,97592965	244	14	5,32	0,03
0,051	0,103	0,000579	178	-7,45421	-2,97592965	-2,27302629	203	-25	14,33	-0,06
0,051	0,155	0,000854	181	-7,06558	-2,97592965	-1,86433016	183	-2	0,84	0,00
0,069	0,069	0,000328	210	-8,02250	-2,67364877	-2,67364877	258	-48	22,80	-0,12
0,069	0,137	0,000701	195	-7,26300	-2,67364877	-1,98777435	216	-21	10,73	-0,05
0,069	0,206	0,000999	206	-6,90876	-2,67364877	-1,57987911	195	11	5,54	0,03
0,103	0,103	0,000418	246	-7,78003	-2,27302629	-2,27302629	279	-32	13,16	-0,08
0,103	0,206	0,000844	244	-7,07736	-2,27302629	-1,57987911	233	11	4,48	0,03
0,103	0,309	0,001082	286	-6,82894	-2,27302629	-1,174414	210	76	26,48	0,19
0,137	0,137	0,000464	295	-7,67563	-1,98777435	-1,98777435	294	1	0,28	0,00
0,137	0,275	0,00087	316	-7,04702	-1,98777435	-1,29098418	246	70	22,19	0,18
0,137	0,412	0,001206	342	-6,72045	-1,98777435	-0,88673193	222	120	35,14	0,30
0,021	0,021	0,000048	438	-9,94431	-3,86323284	-3,86323284	206	232	52,94	2,19
0,021	0,041	0,000239	172	-8,33905	-3,86323284	-3,19418321	173	-2	0,99	-0,02
0,021	0,062	0,000446	139	-7,71519	-3,86323284	-2,78062089	156	-17	12,00	-0,16
0,034	0,034	0,000153	222	-8,78507	-3,38139475	-3,38139475	226	-3	1,57	-0,03
0,034	0,069	0,000453	152	-7,69962	-3,38139475	-2,67364877	188	-36	23,44	-0,34
0,034	0,103	0,000705	146	-7,25731	-3,38139475	-2,27302629	170	-23	16,05	-0,22
0,051	0,051	0,000245	208	-8,31425	-2,97592965	-2,97592965	244	-36	17,15	-0,34
0,051	0,103	0,000615	167	-7,39389	-2,97592965	-2,27302629	203	-36	21,44	-0,34
0,051	0,155	0,000898	173	-7,01534	-2,97592965	-1,86433016	183	-10	6,03	-0,10
0,069	0,069	0,000319	216	-8,05032	-2,67364877	-2,67364877	258	-42	19,43	-0,40
0,069	0,137	0,000756	181	-7,18747	-2,67364877	-1,98777435	216	-35	19,42	-0,33
0,069	0,206	0,000875	235	-7,04129	-2,67364877	-1,57987911	195	41	17,27	0,38
0,103	0,103	0,000426	242	-7,76107	-2,27302629	-2,27302629	279	-37	15,32	-0,35
0,103	0,206	0,000834	247	-7,08928	-2,27302629	-1,57987911	233	14	5,61	0,13
0,103	0,309	0,001126	274	-6,78908	-2,27302629	-1,174414	210	64	23,49	0,61
0,137	0,137	0,000468	293	-7,66704	-1,98777435	-1,98777435	294	-2	0,58	-0,02
0,137	0,275	0,000872	315	-7,04472	-1,98777435	-1,29098418	246	69	22,01	0,66
0,137	0,412	0,001241	332	-6,69184	-1,98777435	-0,88673193	222	110	33,26	1,04
0,021	0,021	0,000036	583	-10,23199	-3,86323284	-3,86323284	206	377	64,70	3,57
0,021	0,041	0,000233	176	-8,36447	-3,86323284	-3,19418321	173	3	1,55	0,03
0,021	0,062	0,000438	142	-7,73329	-3,86323284	-2,78062089	156	-14	9,99	-0,13
0,034	0,034	0,000121	281	-9,01972	-3,38139475	-3,38139475	226	55	19,67	0,52
0,034	0,069	0,000431	160	-7,74940	-3,38139475	-2,67364877	188	-28	17,45	-0,26
0,034	0,103	0,000698	148	-7,26729	-3,38139475	-2,27302629	170	-22	14,90	-0,21
0,051	0,051	0,000212	241	-8,45892	-2,97592965	-2,97592965	244	-3	1,37	-0,03
0,051	0,103	0,000636	162	-7,36031	-2,97592965	-2,27302629	203	-41	25,59	-0,39
0,051	0,155	0,000928	167	-6,98248	-2,97592965	-1,86433016	183	-16	9,58	-0,15
0,069	0,069	0,000317	218	-8,05661	-2,67364877	-2,67364877	258	-41	18,68	-0,38
0,069	0,137	0,000764	179	-7,17694	-2,67364877	-1,98777435	216	-37	20,68	-0,35
0,069	0,206	0,001105	186	-6,80791	-2,67364877	-1,57987911	195	-8	4,48	-0,08
0,103	0,103	0,000437	236	-7,73558	-2,27302629	-2,27302629	279	-43	18,30	-0,41
0,103	0,206	0,000885	233	-7,02992	-2,27302629	-1,57987911	233	0	0,16	0,00
0,103	0,309	0,001167	265	-6,75332	-2,27302629	-1,174414	210	55	20,70	0,52
0,137	0,137	0,000466	294	-7,67132	-1,98777435	-1,98777435	294	0	0,15	0,00
0,137	0,275	0,000918	300	-6,99331	-1,98777435	-1,29098418	246	54	17,90	0,51
0,137	0,412	0,001275	323	-6,66481	-1,98777435	-0,88673193	222	102	31,43	0,96
0,021	0,021	0,000066	318	-9,62586	-3,86323284	-3,86323284	206	112	35,29	1,06
0,021	0,041	0,000274	150	-8,20238	-3,86323284	-3,19418321	173	-24	15,78	-0,22
0,021	0,062	0,000512	121	-7,57719	-3,86323284	-2,78062089	156	-35	28,57	-0,33
0,034	0,034	0,000182	187	-8,61150	-3,38139475	-3,38139475	226	-39	20,83	-0,37
0,034	0,069	0,000489	141	-7,62315	-3,38139475	-2,67364877	188	-47	33,25	-0,44
0,034	0,103	0,000766	134	-7,17433	-3,38139475	-2,27302629	170	-35	26,09	-0,33
0,051	0,051	0,000269	190	-8,22080	-2,97592965	-2,97592965	244	-54	28,63	-0,51
0,051	0,103	0,000698	148	-7,26729	-2,97592965	-2,27302629	203	-56	37,83	-0,53
0,051	0,155	0,001	155	-6,90776	-2,97592965	-1,86433016	183	-28	18,08	-0,26
0,069	0,069	0,000316	218	-8,05977	-2,67364877	-2,67364877	258	-40	18,31	-0,38
0,069	0,137	0,000811	169	-7,11724	-2,67364877	-1,98777435	216	-47	28,11	-0,45
0,069	0,206	0,001112	185	-6,80160	-2,67364877	-1,57987911	195	-10	5,14	-0,09
0,103	0,103	0,00046	224	-7,68428	-2,27302629	-2,27302629	279	-55	24,53	-0,52
0,103	0,206	0,000925	223	-6,98572	-2,27302629	-1,57987911	233	-10	4,69	-0,10
0,103	0,309	0,001174	263	-6,74734	-2,27302629	-1,174414	210	53	20,22	0,50
0,137	0,137	0,000494	277	-7,61298	-1,98777435	-1,98777435	294	-17	6,16	-0,16
0,137	0,275	0,000961	286	-6,94754	-1,98777435	-1,29098418	246	40	14,05	0,38
0,137	0,412	0,001322	312	-6,62861	-1,98777435	-0,88673193	222	90	28,90	0,85
0,021	0,021	0,000071	296	-9,55283	-3,86323284	-3,86323284	206	90	30,38	0,85
0,021	0,041	0,000273	150	-8,20604	-3,86323284	-3,19418321	173	-23	15,35	-0,22
0,021	0,062	0,000471	132	-7,66065	-3,86323284	-2,78062089	156	-24	18,28	-0,23
0,034	0,034	0,000169	201	-8,68561	-3,38139475	-3,38139475	226	-25	12,20	-0,23
0,034	0,069	0,000562	123	-7,48401	-3,38139475	-2,67364877	188	-65	53,14	-0,62
0,034	0,103	0,000809	127	-7,11971	-3,38139475	-2,27302629	170	-42	33,17	-0,40
0,051	0,051	0,0003	170	-8,11173	-2,97592965	-2,97592965	244	-74	43,45	-0,70
0,051	0,103	0,000795	130	-7,13717	-2,97592965	-2,27302629	203	-74	56,98	-0,70
0,051	0,155	0,00114	136	-6,77673	-2,97592965	-1,86433016	183	-47	34,61	-0,44
0,069	0,069	0,000449	154	-7,70849	-2,67364877	-2,67364877	258	-105	68,10	-0,99
0,069	0,137	0,001045	131	-6,86374	-2,67364877	-1,98777435	216	-85	65,07	-0,81
0,069	0,206	0,00136	151	-6,60027	-2,67364877	-1,57987911	195	-43	28,59	-0,41
0,103	0,103	0,000656	157	-7,32935	-2,27302629	-2,27302629	279	-122	77,59	-1,15
0,103	0,206	0,001189	173	-6,73464	-2,27302629	-1,57987911	233	-60	34,57	-0,57
0,103	0,309	0,001513	204	-6,49366	-2,27302629	-1,174414	210	-6	2,81	-0,05
0,137	0,137	0,000694	197	-7,27304	-1,98777435	-1,98777435	294	-97	49,15	-0,92
0,137	0,275	0,001277	215	-6,66324	-1,98777435	-1,29098418	246	-31	14,21	-0,29
0,137	0,412	0,001649	250	-6,40759	-1,98777435	-0,88673193	222	28	11,32	0,27
		Desv. Padrão	105,8510619						Média	19,8482

Ensaio Triaxial Dinâmico							COEFICIENTES DA REGRESSÃO			
Módulo de Resiliência (módulo composto)							INTERSEÇÃO			
"Amostra": MMBH							b1	-6,1684702		
							b2	-0,4295357		
								1,24305927		
							k ₁	k ₂	k ₃	
							0,002094438	-0,4295357	1,2430593	
							R ² = 0,99814487			
							M _R = K ₁ σ ₃ ^{k₁} K ₂ σ _d ^{k₂} K ₃ σ _d ^{k₃}			
DADOS DO ENSAIO TRIAXIAL DINÂMICO							K ₁ = 1/k ₁	K ₂ = -k ₂	K ₃ = 1-k ₃	
							477	0,4295	-0,2431	
σ ₃ (kgf/cm ²)	σ _d (kgf/cm ²)	ε _a	M _R (kgf/cm ²)	LN ε _a	LN σ ₃	LN σ _d	M _R Calculado (kgf/cm ²)	ERRO (kgf/cm ²)	ERRO (%)	Residuo Padronizado
0,021	0,041	0,000064	641	-9,65663	-3,86323284	-3,19418321	197	443	69,18	3,86
0,021	0,062	0,000204	304	-8,49739	-3,86323284	-2,78062089	179	125	41,25	1,09
0,034	0,034	0,000029	1.172	-10,44821	-3,38139475	-3,38139475	254	918	78,32	7,99
0,034	0,069	0,00023	300	-8,37743	-3,38139475	-2,67364877	214	86	28,67	0,75
0,034	0,103	0,000436	236	-7,73787	-3,38139475	-2,27302629	194	42	17,83	0,37
0,051	0,051	0,000091	560	-9,30465	-2,97592965	-2,97592965	274	286	51,09	2,49
0,051	0,103	0,000388	265	-7,85451	-2,97592965	-2,27302629	231	34	12,96	0,30
0,051	0,155	0,000662	234	-7,32025	-2,97592965	-1,86433016	209	25	10,65	0,22
0,069	0,069	0,000146	473	-8,83190	-2,67364877	-2,67364877	290	183	38,64	1,59
0,069	0,137	0,000607	226	-7,40698	-2,67364877	-1,98777435	245	-20	8,76	-0,17
0,069	0,206	0,000851	242	-7,06910	-2,67364877	-1,57987911	222	20	8,16	0,17
0,103	0,103	0,000301	342	-8,10840	-2,27302629	-2,27302629	312	30	8,68	0,26
0,103	0,206	0,000709	291	-7,25166	-2,27302629	-1,57987911	264	27	9,12	0,23
0,103	0,309	0,000938	329	-6,97176	-2,27302629	-1,174414	239	90	27,37	0,78
0,137	0,137	0,000324	423	-8,03477	-1,98777435	-1,98777435	330	93	22,06	0,81
0,137	0,275	0,000711	387	-7,24884	-1,98777435	-1,29098418	278	109	28,07	0,94
0,137	0,412	0,000988	417	-6,91983	-1,98777435	-0,88673193	252	165	39,52	1,43
0,021	0,021	0,000077	273	-9,47171	-3,86323284	-3,86323284	232	40	14,82	0,35
0,021	0,041	0,000234	175	-8,36019	-3,86323284	-3,19418321	197	-22	12,69	-0,19
0,021	0,062	0,000372	167	-7,89662	-3,86323284	-2,78062089	179	-12	7,14	-0,10
0,034	0,034	0,000148	230	-8,81830	-3,38139475	-3,38139475	254	-24	10,63	-0,21
0,034	0,069	0,000411	168	-7,79692	-3,38139475	-2,67364877	214	-46	27,46	-0,40
0,034	0,103	0,000698	148	-7,26729	-3,38139475	-2,27302629	194	-47	31,56	-0,41
0,051	0,051	0,000257	198	-8,26643	-2,97592965	-2,97592965	274	-76	38,13	-0,66
0,051	0,103	0,000697	148	-7,26873	-2,97592965	-2,27302629	231	-83	56,36	-0,72
0,051	0,155	0,000917	169	-6,99440	-2,97592965	-1,86433016	209	-40	23,77	-0,35
0,069	0,069	0,000392	176	-7,84425	-2,67364877	-2,67364877	290	-114	64,76	-0,99
0,069	0,137	0,00086	159	-7,05858	-2,67364877	-1,98777435	245	-86	54,09	-0,75
0,069	0,206	0,001102	187	-6,81063	-2,67364877	-1,57987911	222	-35	18,92	-0,31
0,103	0,103	0,000498	207	-7,60491	-2,27302629	-2,27302629	312	-106	51,09	-0,92
0,103	0,206	0,000858	240	-7,06091	-2,27302629	-1,57987911	264	-24	9,98	-0,21
0,103	0,309	0,00122	253	-6,70890	-2,27302629	-1,174414	239	14	5,53	0,12
0,137	0,137	0,000492	278	-7,61703	-1,98777435	-1,98777435	330	-51	18,36	-0,44
0,137	0,275	0,000922	298	-6,98897	-1,98777435	-1,29098418	278	20	6,72	0,17
0,137	0,412	0,001348	306	-6,60913	-1,98777435	-0,88673193	252	53	17,49	0,47
0,021	0,021	0,000071	296	-9,55283	-3,86323284	-3,86323284	232	63	21,46	0,55
0,021	0,041	0,000231	177	-8,37309	-3,86323284	-3,19418321	197	-20	11,24	-0,17
0,021	0,062	0,000396	157	-7,83410	-3,86323284	-2,78062089	179	-22	14,05	-0,19
0,034	0,034	0,000134	254	-8,91767	-3,38139475	-3,38139475	254	0	0,16	0,00
0,034	0,069	0,000412	167	-7,79449	-3,38139475	-2,67364877	214	-47	27,77	-0,40
0,034	0,103	0,000693	149	-7,27448	-3,38139475	-2,27302629	194	-45	30,61	-0,40
0,051	0,051	0,000236	216	-8,35168	-2,97592965	-2,97592965	274	-58	26,84	-0,50
0,051	0,103	0,000583	177	-7,44732	-2,97592965	-2,27302629	231	-54	30,79	-0,47
0,051	0,155	0,000929	167	-6,98140	-2,97592965	-1,86433016	209	-42	25,39	-0,37
0,069	0,069	0,0003	230	-8,11173	-2,67364877	-2,67364877	290	-60	26,09	-0,52
0,069	0,137	0,000732	187	-7,21973	-2,67364877	-1,98777435	245	-58	31,16	-0,51
0,069	0,206	0,001043	198	-6,86565	-2,67364877	-1,57987911	222	-25	12,56	-0,22
0,103	0,103	0,000458	225	-7,68864	-2,27302629	-2,27302629	312	-88	38,96	-0,76
0,103	0,206	0,000818	252	-7,10865	-2,27302629	-1,57987911	264	-12	4,85	-0,11
0,103	0,309	0,001122	275	-6,79264	-2,27302629	-1,174414	239	36	13,12	0,31
0,137	0,137	0,000471	291	-7,66065	-1,98777435	-1,98777435	330	-39	13,31	-0,34
0,137	0,275	0,000863	319	-7,05510	-1,98777435	-1,29098418	278	40	12,69	0,35
0,137	0,412	0,00122	338	-6,70890	-1,98777435	-0,88673193	252	86	25,32	0,74
0,021	0,021	0,000072	292	-9,53884	-3,86323284	-3,86323284	232	59	20,35	0,52
0,021	0,041	0,00027	152	-8,21709	-3,86323284	-3,19418321	197	-46	30,02	-0,40
0,021	0,062	0,000458	135	-7,68864	-3,86323284	-2,78062089	179	-43	31,90	-0,38
0,034	0,034	0,000149	228	-8,81156	-3,38139475	-3,38139475	254	-26	11,38	-0,23
0,034	0,069	0,000439	157	-7,73101	-3,38139475	-2,67364877	214	-57	36,14	-0,49
0,034	0,103	0,00068	151	-7,29342	-3,38139475	-2,27302629	194	-43	28,16	-0,37
0,051	0,051	0,000235	217	-8,35593	-2,97592965	-2,97592965	274	-57	26,31	-0,50
0,051	0,103	0,0006	172	-7,41858	-2,97592965	-2,27302629	231	-59	34,60	-0,52
0,051	0,155	0,00093	167	-6,98033	-2,97592965	-1,86433016	209	-43	25,53	-0,37
0,069	0,069	0,000306	225	-8,09193	-2,67364877	-2,67364877	290	-65	28,61	-0,56
0,069	0,137	0,000762	180	-7,17956	-2,67364877	-1,98777435	245	-66	36,53	-0,57
0,069	0,206	0,000999	206	-6,90876	-2,67364877	-1,57987911	222	-16	7,81	-0,14
0,103	0,103	0,000413	249	-7,79206	-2,27302629	-2,27302629	312	-63	25,30	-0,55
0,103	0,206	0,000787	262	-7,14728	-2,27302629	-1,57987911	264	-2	0,88	-0,02
0,103	0,309	0,001175	263	-6,74649	-2,27302629	-1,174414	239	24	9,02	0,21
0,137	0,137	0,000471	291	-7,66065	-1,98777435	-1,98777435	330	-39	13,31	-0,34
0,137	0,275	0,000852	323	-7,06792	-1,98777435	-1,29098418	278	45	13,80	0,39
0,137	0,412	0,001204	342	-6,72211	-1,98777435	-0,88673193	252	90	26,30	0,78
0,021	0,021	0,000073	288	-9,52505	-3,86323284	-3,86323284	232	55	19,24	0,48
0,021	0,041	0,000262	156	-8,24717	-3,86323284	-3,19418321	197	-41	26,17	-0,36
0,021	0,062	0,000442	140	-7,72420	-3,86323284	-2,78062089	179	-38	27,30	-0,33
0,034	0,034	0,000136	250	-8,90286	-3,38139475	-3,38139475	254	-4	1,66	-0,04
0,034	0,069	0,000462	149	-7,67995	-3,38139475	-2,67364877	214	-65	43,28	-0,56
0,034	0,103	0,00073	141	-7,22247	-3,38139475	-2,27302629	194	-53	37,59	-0,46
0,051	0,051	0,000214	238	-8,44953	-2,97592965	-2,97592965	274	-36	15,02	-0,31
0,051	0,103	0,000603	171	-7,41359	-2,97592965	-2,27302629	231	-60	35,27	-0,52
0,051	0,155	0,000866	179	-7,05163	-2,97592965	-1,86433016	209	-30	16,89	-0,26
0,069	0,069	0,000341	202	-7,98363	-2,67364877	-2,67364877	290	-88	43,32	-0,76
0,069	0,137	0,000783	175	-7,15238	-2,67364877	-1,98777435	245	-71	40,30	-0,61
0,069	0,206	0,001094	188	-6,81791	-2,67364877	-1,57987911	222	-34	18,06	-0,30
0,103	0,103	0,000429	240	-7,75405	-2,27302629	-2,27302629	312	-72	30,16	-0,63
0,103	0,206	0,000826	249	-7,09892	-2,27302629	-1,57987911	264	-15	5,88	-0,13
0,103	0,309	0,001058	292	-6,85137	-2,27302629	-1,174414	239	53	18,08	0,46

0,137	0,137	0,000465	295	-7,67347	-1,98777435	-1,98777435	330	-35	11,86	-0,30
0,137	0,275	0,000895	307	-7,01869	-1,98777435	-1,29098418	278	29	9,45	0,25
0,137	0,412	0,001188	347	-6,73548	-1,98777435	-0,88673193	252	95	27,28	0,82
0,021	0,041	0,000154	266	-8,77856	-3,86323284	-3,19418321	197	69	25,84	0,60
0,021	0,062	0,000286	217	-8,15952	-3,86323284	-2,78062089	179	38	17,63	0,33
0,034	0,034	0,000084	405	-9,38469	-3,38139475	-3,38139475	254	151	37,21	1,31
0,034	0,069	0,000332	208	-8,01038	-3,38139475	-2,67364877	214	-6	2,96	-0,05
0,034	0,103	0,000547	188	-7,51106	-3,38139475	-2,27302629	194	-6	3,10	-0,05
0,051	0,051	0,000164	311	-8,71564	-2,97592965	-2,97592965	274	37	11,85	0,32
0,051	0,103	0,00046	224	-7,68428	-2,97592965	-2,27302629	231	-7	3,19	-0,06
0,051	0,155	0,000812	191	-7,11601	-2,97592965	-1,86433016	209	-18	9,60	-0,16
0,069	0,069	0,000233	296	-8,36447	-2,67364877	-2,67364877	290	6	2,07	0,05
0,069	0,137	0,000647	212	-7,34316	-2,67364877	-1,98777435	245	-34	15,93	-0,29
0,069	0,206	0,000936	220	-6,97390	-2,67364877	-1,57987911	222	-2	1,01	-0,02
0,103	0,103	0,000367	281	-7,91015	-2,27302629	-2,27302629	312	-32	11,35	-0,28
0,103	0,206	0,000785	262	-7,14983	-2,27302629	-1,57987911	264	-2	0,62	-0,01
0,103	0,309	0,001019	303	-6,88893	-2,27302629	-1,174414	239	64	21,10	0,56
0,137	0,137	0,000409	335	-7,80180	-1,98777435	-1,98777435	330	5	1,61	0,05
0,137	0,275	0,000765	359	-7,17563	-1,98777435	-1,29098418	278	81	22,60	0,71
0,137	0,412	0,00105	392	-6,85897	-1,98777435	-0,88673193	252	140	35,73	1,22
0,021	0,021	0,00007	300	-9,56702	-3,86323284	-3,86323284	232	68	22,56	0,59
0,021	0,041	0,000192	214	-8,55802	-3,86323284	-3,19418321	197	16	7,54	0,14
0,021	0,062	0,00037	168	-7,90201	-3,86323284	-2,78062089	179	-11	6,56	-0,10
0,034	0,034	0,000102	333	-9,19054	-3,38139475	-3,38139475	254	79	23,76	0,69
0,034	0,069	0,000379	182	-7,87797	-3,38139475	-2,67364877	214	-32	17,54	-0,28
0,034	0,103	0,000619	166	-7,38741	-3,38139475	-2,27302629	194	-28	16,67	-0,24
0,051	0,051	0,000212	241	-8,45892	-2,97592965	-2,97592965	274	-34	13,94	-0,29
0,051	0,103	0,00055	187	-7,50559	-2,97592965	-2,27302629	231	-44	23,38	-0,38
0,051	0,155	0,000851	182	-7,06910	-2,97592965	-1,86433016	209	-27	14,86	-0,24
0,069	0,069	0,000303	228	-8,10178	-2,67364877	-2,67364877	290	-62	27,35	-0,54
0,069	0,137	0,000692	198	-7,27592	-2,67364877	-1,98777435	245	-47	23,99	-0,41
0,069	0,206	0,000935	220	-6,97496	-2,67364877	-1,57987911	222	-2	0,90	-0,02
0,103	0,103	0,000405	254	-7,81162	-2,27302629	-2,27302629	312	-58	22,88	-0,51
0,103	0,206	0,000771	267	-7,16782	-2,27302629	-1,57987911	264	3	1,17	0,03
0,103	0,309	0,000988	313	-6,91983	-2,27302629	-1,174414	239	73	23,50	0,64
0,137	0,137	0,000448	306	-7,71072	-1,98777435	-1,98777435	330	-24	7,77	-0,21
0,137	0,275	0,000813	338	-7,11478	-1,98777435	-1,29098418	278	60	17,75	0,52
0,137	0,412	0,001155	357	-6,76365	-1,98777435	-0,88673193	252	105	29,30	0,91
0,021	0,041	0,000095	432	-9,26163	-3,86323284	-3,19418321	197	234	54,25	2,04
0,021	0,062	0,000275	225	-8,19874	-3,86323284	-2,78062089	179	47	20,80	0,41
0,034	0,034	0,000042	810	-10,07784	-3,38139475	-3,38139475	254	555	68,61	4,83
0,034	0,069	0,000315	219	-8,06294	-3,38139475	-2,67364877	214	5	2,31	0,04
0,034	0,103	0,00056	184	-7,48757	-3,38139475	-2,27302629	194	-10	5,55	-0,09
0,051	0,051	0,000144	354	-8,84570	-2,97592965	-2,97592965	274	80	22,60	0,70
0,051	0,103	0,000528	195	-7,54641	-2,97592965	-2,27302629	231	-36	18,45	-0,31
0,051	0,155	0,000742	209	-7,20616	-2,97592965	-1,86433016	209	0	0,15	0,00
0,069	0,069	0,000215	321	-8,44487	-2,67364877	-2,67364877	290	31	9,64	0,27
0,069	0,137	0,000673	204	-7,30377	-2,67364877	-1,98777435	245	-42	20,59	-0,36
0,069	0,206	0,000928	222	-6,98248	-2,67364877	-1,57987911	222	0	0,14	0,00
0,103	0,103	0,000382	270	-7,87009	-2,27302629	-2,27302629	312	-43	15,90	-0,37
0,103	0,206	0,000798	258	-7,13340	-2,27302629	-1,57987911	264	-6	2,29	-0,05
0,103	0,309	0,001052	294	-6,85706	-2,27302629	-1,174414	239	54	18,54	0,47
0,137	0,137	0,00041	334	-7,79935	-1,98777435	-1,98777435	330	5	1,37	0,04
0,137	0,275	0,000846	325	-7,07499	-1,98777435	-1,29098418	278	47	14,41	0,41
0,137	0,412	0,001162	355	-6,75761	-1,98777435	-0,88673193	252	102	28,87	0,89
0,021	0,041	0,000136	301	-8,90286	-3,86323284	-3,19418321	197	104	34,51	0,91
0,021	0,062	0,000304	204	-8,09848	-3,86323284	-2,78062089	179	25	12,45	0,22
0,034	0,034	0,000067	507	-9,61082	-3,38139475	-3,38139475	254	253	49,92	2,20
0,034	0,069	0,000317	218	-8,05661	-3,38139475	-2,67364877	214	4	1,69	0,03
0,034	0,103	0,000453	227	-7,69962	-3,38139475	-2,27302629	194	33	14,62	0,29
0,051	0,051	0,000153	333	-8,78507	-2,97592965	-2,97592965	274	59	17,77	0,52
0,051	0,103	0,000471	219	-7,66065	-2,97592965	-2,27302629	231	-12	5,66	-0,11
0,051	0,155	0,000692	224	-7,27592	-2,97592965	-1,86433016	209	15	6,60	0,13
0,069	0,069	0,000246	280	-8,31018	-2,67364877	-2,67364877	290	-10	3,39	-0,08
0,069	0,137	0,00067	204	-7,30823	-2,67364877	-1,98777435	245	-41	20,05	-0,36
0,069	0,206	0,00097	212	-6,93821	-2,67364877	-1,57987911	222	-10	4,68	-0,09
0,103	0,103	0,000337	306	-7,99543	-2,27302629	-2,27302629	312	-7	2,25	-0,06
0,103	0,206	0,000747	276	-7,19945	-2,27302629	-1,57987911	264	12	4,25	0,10
0,103	0,309	0,001088	284	-6,82341	-2,27302629	-1,174414	239	45	15,75	0,39
0,137	0,137	0,000405	338	-7,81162	-1,98777435	-1,98777435	330	9	2,57	0,08
0,137	0,275	0,000836	329	-7,08688	-1,98777435	-1,29098418	278	51	15,42	0,44
0,137	0,412	0,001156	356	-6,76279	-1,98777435	-0,88673193	252	104	29,24	0,91
0,021	0,021	0,00009	233	-9,31570	-3,86323284	-3,86323284	232	1	0,44	0,01
0,021	0,041	0,000279	147	-8,18430	-3,86323284	-3,19418321	197	-50	34,36	-0,44
0,021	0,062	0,00051	122	-7,58110	-3,86323284	-2,78062089	179	-57	46,88	-0,50
0,034	0,034	0,000172	198	-8,66802	-3,38139475	-3,38139475	254	-56	28,57	-0,49
0,034	0,069	0,000516	134	-7,56940	-3,38139475	-2,67364877	214	-80	60,02	-0,70
0,034	0,103	0,000776	133	-7,16136	-3,38139475	-2,27302629	194	-61	46,26	-0,53
0,051	0,051	0,000255	200	-8,27425	-2,97592965	-2,97592965	274	-74	37,05	-0,64
0,051	0,103	0,000684	151	-7,28755	-2,97592965	-2,27302629	231	-80	53,44	-0,70
0,051	0,155	0,000961	161	-6,94754	-2,97592965	-1,86433016	209	-48	29,71	-0,42
0,069	0,069	0,000309	223	-8,08217	-2,67364877	-2,67364877	290	-67	29,87	-0,58
0,069	0,137	0,000747	183	-7,19945	-2,67364877	-1,98777435	245	-62	33,85	-0,54
0,069	0,206	0,001046	197	-6,86278	-2,67364877	-1,57987911	222	-25	12,88	-0,22
0,103	0,103	0,000428	241	-7,75639	-2,27302629	-2,27302629	312	-72	29,85	-0,63
0,103	0,206	0,000946	218	-6,96327	-2,27302629	-1,57987911	264	-46	21,26	-0,40
0,103	0,309	0,001161	266	-6,75847	-2,27302629	-1,174414	239	27	10,10	0,23
0,137	0,137	0,000502	273	-7,59691	-1,98777435	-1,98777435	330	-57	20,76	-0,49
0,137	0,275	0,000968	284	-6,94028	-1,98777435	-1,29098418	278	6	2,06	0,05
0,137	0,412	0,001276	323	-6,66403	-1,98777435	-0,88673193	252	71	21,89	0,62
		Desv. Padrão	114,932476						Média	21,3537

Ensaio Triaxial Dinâmico							COEFICIENTES DA REGRESSÃO			
Módulo de Resiliência (módulo composto)							INTERSEÇÃO	-4,7604649		
"Amostra" : MMBHG							b1	0,03247216		
							b2	0,98399578		
							k ₁	k ₂	k ₃	
							0,008561628	0,03247216	0,98399578	
							R ² = 0,96588968			
							M _R = K ₁ σ ₃ ^{k₂} σ _d ^{k₃}			
							K ₁ = 1/k ₁	K ₂ = -k ₂	K ₃ = 1-k ₃	
DADOS DO ENSAIO TRIAXIAL DINÂMICO							117	-0,0325	0,0160	
σ ₃ (kgf/cm ²)	σ _d (kgf/cm ²)	ε _s	M _R (kgf/cm ²)	LN ε _s	LN σ ₃	LN σ _d	M _R Calculado (kgf/cm ²)	ERRO (kgf/cm ²)	ERRO (%)	Resíduo Padronizado
0,021	0,021	0,000124	169	-8,99523	-3,86323284	-3,86323284	124	45	26,50	1,14
0,021	0,041	0,000327	125	-8,02555	-3,86323284	-3,19418321	126	0	0,34	-0,01
0,021	0,062	0,000571	109	-7,46812	-3,86323284	-2,78062089	127	-18	16,64	-0,46
0,034	0,034	0,000262	130	-8,24717	-3,38139475	-3,38139475	123	6	4,84	0,16
0,034	0,069	0,000633	109	-7,36504	-3,38139475	-2,67364877	125	-16	14,58	-0,40
0,034	0,103	0,000973	106	-6,93513	-3,38139475	-2,27302629	126	-20	18,74	-0,50
0,051	0,051	0,000437	117	-7,73558	-2,97592965	-2,97592965	123	-6	5,11	-0,15
0,051	0,103	0,000965	107	-6,94338	-2,97592965	-2,27302629	124	-17	16,23	-0,44
0,051	0,155	0,00137	113	-6,59294	-2,97592965	-1,86433016	125	-12	10,37	-0,30
0,069	0,069	0,000683	101	-7,28902	-2,67364877	-2,67364877	122	-21	20,82	-0,53
0,069	0,137	0,001274	108	-6,66559	-2,67364877	-1,98777435	123	-16	14,76	-0,40
0,069	0,206	0,001648	125	-6,40819	-2,67364877	-1,57987911	124	1	0,63	0,02
0,103	0,103	0,001008	102	-6,89979	-2,27302629	-2,27302629	121	-19	18,67	-0,48
0,103	0,206	0,001639	126	-6,41367	-2,27302629	-1,57987911	123	3	2,45	0,08
0,103	0,309	0,001939	159	-6,24558	-2,27302629	-1,174414	123	36	22,56	0,91
0,137	0,137	0,001297	106	-6,64770	-1,98777435	-1,98777435	121	-15	14,26	-0,38
0,137	0,275	0,001906	144	-6,26275	-1,98777435	-1,29098418	122	22	15,42	0,57
0,137	0,412	0,002393	172	-6,03521	-1,98777435	-0,88673193	123	49	28,66	1,25
0,021	0,021	0,000111	191	-9,11503	-3,86323284	-3,86323284	124	66	34,80	1,69
0,021	0,041	0,000347	118	-7,96619	-3,86323284	-3,19418321	126	-8	6,48	-0,19
0,021	0,062	0,000542	114	-7,52024	-3,86323284	-2,78062089	127	-12	10,71	-0,31
0,034	0,034	0,000284	120	-8,16654	-3,38139475	-3,38139475	123	-4	3,15	-0,10
0,034	0,069	0,000653	106	-7,33393	-3,38139475	-2,67364877	125	-19	18,20	-0,49
0,034	0,103	0,001064	97	-6,84572	-3,38139475	-2,27302629	126	-29	29,85	-0,73
0,051	0,051	0,000459	111	-7,68646	-2,97592965	-2,97592965	123	-12	10,40	-0,29
0,051	0,103	0,001081	95	-6,82987	-2,97592965	-2,27302629	124	-29	30,20	-0,73
0,051	0,155	0,001503	103	-6,50029	-2,97592965	-1,86433016	125	-22	21,08	-0,55
0,069	0,069	0,000759	91	-7,18351	-2,67364877	-2,67364877	122	-31	34,26	-0,79
0,069	0,137	0,001269	108	-6,66953	-2,67364877	-1,98777435	123	-15	14,31	-0,39
0,069	0,206	0,001766	117	-6,33904	-2,67364877	-1,57987911	124	-8	6,49	-0,19
0,103	0,103	0,001135	91	-6,78112	-2,27302629	-2,27302629	121	-31	33,62	-0,78
0,103	0,206	0,001758	117	-6,34358	-2,27302629	-1,57987911	123	-5	4,63	-0,14
0,103	0,309	0,002215	140	-6,11250	-2,27302629	-1,174414	123	16	11,54	0,41
0,137	0,137	0,001393	98	-6,57630	-1,98777435	-1,98777435	121	-22	22,71	-0,57
0,137	0,275	0,002139	129	-6,14742	-1,98777435	-1,29098418	122	7	5,07	0,17
0,021	0,021	0,000128	164	-8,96348	-3,86323284	-3,86323284	124	40	24,13	1,01
0,021	0,041	0,000363	113	-7,92111	-3,86323284	-3,19418321	126	-13	11,39	-0,33
0,021	0,062	0,000628	99	-7,37297	-3,86323284	-2,78062089	127	-28	28,28	-0,71
0,034	0,034	0,000276	123	-8,19511	-3,38139475	-3,38139475	123	0	0,24	-0,01
0,034	0,069	0,000623	111	-7,38096	-3,38139475	-2,67364877	125	-14	12,77	-0,36
0,034	0,103	0,001016	101	-6,89188	-3,38139475	-2,27302629	126	-24	23,99	-0,62
0,051	0,051	0,00047	109	-7,66278	-2,97592965	-2,97592965	123	-14	13,05	-0,36
0,051	0,103	0,001056	98	-6,85327	-2,97592965	-2,27302629	124	-27	27,19	-0,67
0,051	0,155	0,001457	106	-6,53138	-2,97592965	-1,86433016	125	-18	17,38	-0,47
0,069	0,069	0,000681	101	-7,29195	-2,67364877	-2,67364877	122	-21	20,47	-0,53
0,069	0,137	0,001299	105	-6,64616	-2,67364877	-1,98777435	123	-18	17,01	-0,46
0,069	0,206	0,001727	119	-6,36137	-2,67364877	-1,57987911	124	-5	4,13	-0,13
0,103	0,103	0,001127	91	-6,78820	-2,27302629	-2,27302629	121	-30	32,67	-0,76
0,103	0,206	0,001748	118	-6,34928	-2,27302629	-1,57987911	123	-5	4,04	-0,12
0,103	0,309	0,002079	149	-6,17587	-2,27302629	-1,174414	123	25	16,97	0,64
0,137	0,137	0,001348	102	-6,60913	-1,98777435	-1,98777435	121	-19	18,75	-0,48
0,137	0,275	0,002002	137	-6,21361	-1,98777435	-1,29098418	122	15	11,15	0,39
0,137	0,412	0,002554	161	-5,97009	-1,98777435	-0,88673193	123	38	23,86	0,98
0,021	0,021	0,000154	136	-8,77856	-3,86323284	-3,86323284	124	12	8,72	0,30
0,021	0,041	0,000384	107	-7,86487	-3,86323284	-3,19418321	126	-19	17,83	-0,48
0,021	0,062	0,000644	96	-7,34781	-3,86323284	-2,78062089	127	-30	31,55	-0,77
0,034	0,034	0,000296	115	-8,12515	-3,38139475	-3,38139475	123	-9	7,51	-0,22
0,034	0,069	0,00067	103	-7,30823	-3,38139475	-2,67364877	125	-22	21,28	-0,56
0,034	0,103	0,001101	94	-6,81154	-3,38139475	-2,27302629	126	-32	34,36	-0,82
0,051	0,051	0,000475	107	-7,65220	-2,97592965	-2,97592965	123	-15	14,25	-0,39
0,051	0,103	0,001067	97	-6,84290	-2,97592965	-2,27302629	124	-28	28,51	-0,70
0,051	0,155	0,001354	114	-6,60469	-2,97592965	-1,86433016	125	-10	9,08	-0,26
0,069	0,069	0,000735	94	-7,21564	-2,67364877	-2,67364877	122	-28	30,02	-0,72
0,069	0,137	0,001397	98	-6,57343	-2,67364877	-1,98777435	123	-25	25,84	-0,64
0,069	0,206	0,001725	119	-6,36253	-2,67364877	-1,57987911	124	-5	4,01	-0,12
0,103	0,103	0,00109	94	-6,82158	-2,27302629	-2,27302629	121	-27	28,32	-0,68
0,103	0,206	0,00168	123	-6,38896	-2,27302629	-1,57987911	123	0	0,01	0,00
0,103	0,309	0,002082	148	-6,17443	-2,27302629	-1,174414	123	25	16,85	0,64
0,137	0,137	0,001421	96	-6,55639	-1,98777435	-1,98777435	121	-24	25,18	-0,62
0,137	0,275	0,001985	139	-6,22214	-1,98777435	-1,29098418	122	16	11,91	0,42
0,137	0,412	0,002505	164	-5,98947	-1,98777435	-0,88673193	123	42	25,32	1,06
0,021	0,021	0,000048	438	-9,94431	-3,86323284	-3,86323284	124	313	71,55	7,95
0,021	0,041	0,000227	181	-8,39056	-3,86323284	-3,19418321	126	55	30,34	1,39
0,021	0,062	0,000404	153	-7,81410	-3,86323284	-2,78062089	127	27	17,47	0,68
0,034	0,034	0,000166	205	-8,70352	-3,38139475	-3,38139475	123	81	39,71	2,07
0,034	0,069	0,00046	150	-7,68428	-3,38139475	-2,67364877	125	25	16,74	0,64
0,034	0,103	0,000809	127	-7,11971	-3,38139475	-2,27302629	126	2	1,27	0,04
0,051	0,051	0,000325	157	-8,03169	-2,97592965	-2,97592965	123	34	21,83	0,87
0,051	0,103	0,000787	131	-7,14728	-2,97592965	-2,27302629	124	7	5,21	0,17
0,051	0,155	0,001153	134	-6,76539	-2,97592965	-1,86433016	125	10	7,11	0,24
0,069	0,069	0,000461	150	-7,68211	-2,67364877	-2,67364877	122	28	18,45	0,70
0,069	0,137	0,001038	132	-6,87046	-2,67364877	-1,98777435	123	9	6,50	0,22
0,069	0,206	0,001453	142	-6,53412	-2,67364877	-1,57987911	124	18	12,39	0,45

0,103	0,103	0,000823	125	-7,10255	-2,27302629	-2,27302629	121	4	3,11	0,10
0,103	0,206	0,00148	139	-6,51571	-2,27302629	-1,57987911	123	17	11,91	0,42
0,103	0,309	0,001822	170	-6,30782	-2,27302629	-1,174414	123	46	27,23	1,17
0,137	0,137	0,001096	125	-6,81609	-1,98777435	-1,98777435	121	4	3,45	0,11
0,137	0,275	0,001725	159	-6,36253	-1,98777435	-1,29098418	122	37	23,45	0,95
0,137	0,412	0,002198	187	-6,12021	-1,98777435	-0,88673193	123	65	34,47	1,64
0,021	0,021	0,000119	176	-9,03639	-3,86323284	-3,86323284	124	52	29,47	1,32
0,021	0,041	0,000307	134	-8,08866	-3,86323284	-3,19418321	126	8	5,79	0,20
0,021	0,062	0,000534	116	-7,53511	-3,86323284	-2,78062089	127	-11	9,08	-0,27
0,034	0,034	0,000247	138	-8,30612	-3,38139475	-3,38139475	123	14	10,29	0,36
0,034	0,069	0,000569	121	-7,47163	-3,38139475	-2,67364877	125	-4	2,99	-0,09
0,034	0,103	0,000952	108	-6,95695	-3,38139475	-2,27302629	126	-18	16,18	-0,44
0,051	0,051	0,000434	118	-7,74247	-2,97592965	-2,97592965	123	-5	4,39	-0,13
0,051	0,103	0,000948	109	-6,96116	-2,97592965	-2,27302629	124	-15	14,18	-0,39
0,051	0,155	0,001331	116	-6,62182	-2,97592965	-1,86433016	125	-8	7,23	-0,21
0,069	0,069	0,000584	118	-7,44561	-2,67364877	-2,67364877	122	-4	3,31	-0,10
0,069	0,137	0,001209	113	-6,71796	-2,67364877	-1,98777435	123	-10	8,90	-0,26
0,069	0,206	0,001636	126	-6,41550	-2,67364877	-1,57987911	124	2	1,35	0,04
0,103	0,103	0,000998	103	-6,90976	-2,27302629	-2,27302629	121	-18	17,49	-0,46
0,103	0,206	0,001635	126	-6,41611	-2,27302629	-1,57987911	123	3	2,69	0,09
0,103	0,309	0,001982	156	-6,22365	-2,27302629	-1,174414	123	32	20,84	0,83
0,137	0,137	0,001272	108	-6,66716	-1,98777435	-1,98777435	121	-13	12,05	-0,33
0,137	0,275	0,001879	146	-6,27702	-1,98777435	-1,29098418	122	24	16,61	0,62
0,137	0,412	0,002445	169	-6,01371	-1,98777435	-0,88673193	123	46	27,11	1,16
		Desv. Padrão	39,3622059						Média	16,4413

Anexo 5

Abrasão Los Angeles
Folhas de Ensaio

COPPE/UFRJ		LABORATÓRIO DE GEOTECNIA			
Norma DNER-ME 035/98		ENSAIO DE ABRASÃO LOS ANGELES			
Projeto:	Tese de mestrado	Interessado:	Cinconegui da Graça Fernandes		
Amostra:	Agregado reciclado misto - Brita 1			Prof.:	Laura M. G. Da Motta
Local:	Usina do Catumbi - RJ	Data:	09/09/2004	Graduação:	B

Nº de rotações do tambor: **500**

Nº de esferas: **11**

Massa de carga abrasiva (g): **4584±25**

Peneira	Massa retida (g)	
	Inicial	Final
63		
50		
38		
25		
19		
12,5	2505	
9,5	2505	
6,3		
4,8		
2,4		
Massa total (g):	5010	1724

$$A_n = (m_n - m'_n) \times 100/m_n$$

Onde:

A_n = abrasão "Los Angeles" na graduação n;

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

m_n = massa total da amostra lavada e seca, colocada no tambor;

m'_n = massa total da amostra lavada e seca, após o ensaio, retida na peneira de 1,7 mm.

$A_B = 66$

COPPE/UFRJ		LABORATÓRIO DE GEOTECNIA			
Norma DNER-ME 035/98		ENSAIO DE ABRASÃO LOS ANGELES			
Projeto:	Tese de mestrado	Interessado:	Cinconegui da Graça Fernandes		
Amostra:	Agregado reciclado misto - Brita 0			Prof.:	Laura M. G. Da Motta
Local:	Usina do Catumbi - RJ	Data:	09/09/2004	Graduação:	C

Nº de rotações do tambor: **500**

Nº de esferas: **8**

Massa de carga abrasiva (g): **3330±20**

Peneira	Massa retida (g)	
	Inicial	Final
63		
50		
38		
25		
19		
12,5	2501	
9,5	2503	
6,3		
4,8		
2,4		
Massa total (g):	5004	2031

$$A_n = (m_n - m'_n) \times 100/m_n$$

Onde:

A_n = abrasão "Los Angeles" na graduação n;

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

m_n = massa total da amostra lavada e seca, colocada no tambor;

m'_n = massa total da amostra lavada e seca, após o ensaio, retida na peneira de 1,7 mm.

$A_C = 59$

COPPE/UFRJ		LABORATÓRIO DE GEOTECNIA			
Norma DNER-ME 035/98		ENSAIO DE ABRASÃO LOS ANGELES			
Projeto:	Tese de mestrado	Interessado:	Cinconegui da Graça Fernandes		
Amostra:	Agregado reciclado de concreto			Prof.:	Laura M. G. Da Motta
Local:	Usina do Estoril - BH/MG	Data:	24/08/2004	Graduação:	A

Nº de rotações do tambor: **500**

Nº de esferas: **12**

Massa de carga abrasiva (g): **5000±25**

Peneira	Massa retida (g)	
	Inicial	Final
63		
50		
38		
25	1233	
19	1264	
12,5	1245	
9,5	1258	
6,3		
4,8		
2,4		
Massa total (g):	5000	2411

$$A_n = (m_n - m'_n) \times 100/m_n$$

Onde:

A_n = abrasão "Los Angeles" na graduação n;

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

m_n = massa total da amostra lavada e seca, colocada no tambor;

m'_n = massa total da amostra lavada e seca, após o ensaio, retida na peneira de 1,7 mm.

$$A_A = 52$$

COPPE/UFRJ		LABORATÓRIO DE GEOTECNIA			
Norma DNER-ME 035/98		ENSAIO DE ABRASÃO LOS ANGELES			
Projeto:	Tese de mestrado	Interessado:	Cinconegui da Graça Fernandes		
Amostra:	Agregado reciclado misto			Prof.:	Laura M. G. Da Motta
Local:	Usina do Estoril - BH/MG	Data:	09/09/2004	Graduação:	A

Nº de rotações do tambor: **500**

Nº de esferas: **12**

Massa de carga abrasiva (g): **5000±25**

Peneira	Massa retida (g)	
	Inicial	Final
63		
50		
38		
25	1355	
19	1337	
12,5	1347	
9,5	965	
6,3		
4,8		
2,4		
Massa total (g):	5004	2268

$$A_n = (m_n - m'_n) \times 100/m_n$$

Onde:

A_n = abrasão "Los Angeles" na graduação n;

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

m_n = massa total da amostra lavada e seca, colocada no tambor;

m'_n = massa total da amostra lavada e seca, após o ensaio, retida na peneira de 1,7 mm.

$A_A = 55$

Anexo 6

Índice de Forma
Folhas de Ensaio

COPPE/UFRJ		LABORATÓRIO DE GEOTECNIA	
ENSAIO - Índice de Forma - Método do Paquímetro - NBR 7809			
Amostra : Agregado Misto Brita 1- Usina do Catumbi		Local : Rio de Janeiro-RJ	
Projeto : Tese de mestrado		Interessado : Cinconegui da Graça Fernandes	
Prof ^{o(a)} : Laura Motta		data : 24/08/2004	
		Folha: 02/02	

Peneira	12,5			12,5			9,5			
	Grão (Nº)	c (mm)	e (mm)	c/e	c (mm)	e (mm)	c/e	c (mm)	e (mm)	c/e
1		20,3	13,3	1,5	28,9	4,3	6,7	22,8	7,2	3,2
2		22,4	6,7	3,3	23,5	11,0	2,1	21,4	10,2	2,1
3		25,6	14,6	1,8	29,3	4,8	6,1	23,2	7,1	3,3
4		22,4	11,9	1,9	31,8	12,7	2,5	12,6	5,8	2,2
5		26,3	12,3	2,1	28,7	6,5	4,4	21,2	7,1	3,0
6		47,8	7,5	6,4	34,6	7,8	4,4	15,7	8,1	1,9
7		20,6	6,0	3,4	25,3	16,3	1,6	18,8	10,3	1,8
8		22,5	8,1	2,8	29,3	11,2	2,6	29,4	9,7	3,0
9		13,3	9,2	1,4	29,7	17,8	1,7	23,5	4,9	4,8
10		23,7	12,6	1,9	28,8	7,1	4,1	22,4	6,3	3,6
11		28,3	5,3	5,3	27,1	11,6	2,3	13,0	6,9	1,9
12		16,0	4,7	3,4	46,9	11,6	4,0	20,0	10,4	1,9
13		25,4	15,2	1,7	37,5	15,7	2,4	15,9	9,8	1,6
14		28,8	10,9	2,6	26,8	12,6	2,1	24,6	6,5	3,8
15		29,6	6,5	4,6	23,0	9,0	2,6	18,2	8,8	2,1
16		23,7	12,3	1,9	32,6	13,3	2,5	20,0	10,2	2,0
17		24,4	13,9	1,8	30,6	6,2	4,9	20,8	6,0	3,5
18		25,0	8,3	3,0	23,0	12,5	1,8	13,9	9,1	1,5
19		27,0	19,8	1,4	30,9	6,5	3,3	15,3	7,6	2,0
20		24,5	10,2	2,4	16,9	9,5	1,6	15,3	7,3	2,1
21		28,9	13,3	2,2	29,0	10,7	1,9	15,7	8,1	1,9
22		32,0	8,0	4,0	21,5	15,2	2,9	29,5	5,4	5,5
23		23,2	12,4	1,9	35,2	7,3	4,8	20,6	7,7	2,7
24		18,8	11,7	1,6	24,3	9,3	2,6	16,0	6,7	2,4
25		25,3	13,6	1,9	29,2	5,5	5,3	16,1	12,0	1,3
26		22,8	15,0	1,5	15,5	10,3	1,5	18,5	10,5	1,8
27		30,8	9,6	3,2	24,8	7,1	3,5	22,8	9,3	2,5
28		16,9	9,5	1,8	18,5	8,8	2,1	7,7	6,6	1,2
29		18,0	11,9	1,5	25,6	16,3	1,6	11,8	8,4	1,4
30		24,6	10,0	2,5	24,7	6,3	3,9	22,5	9,9	2,3
31		20,6	7,7	2,7	25,0	21,8	1,1	18,7	9,4	2,0
32		25,0	11,7	2,1	32,9	9,2	3,6	20,5	4,4	4,7
33		19,6	4,7	4,2	38,5	9,8	3,9	13,6	6,8	2,0
34		28,1	13,0	2,2	22,9	7,5	3,1	16,4	5,0	3,3
35		28,3	4,1	6,9	18,2	9,4	1,9	15,5	4,8	3,2
36		32,6	16,8	1,9	25,7	6,6	3,9	18,9	6,9	2,7
37		31,0	10,4	3,0	21,4	7,1	3,0	22,9	5,2	4,4
38		26,4	10,3	2,6	24,9	8,4	3,0	18,4	8,4	2,2
39		20,4	11,1	1,8	20,7	13,0	1,6	27,7	11,5	2,4
40		23,0	10,6	2,2	26,5	12,2	2,2	18,8	7,6	2,5
41					23,7	13,9	1,7	24,4	6,9	3,5
42					19,1	10,5	1,8	18,5	4,9	3,8
43								18,0	6,8	2,6
44								15,9	7,7	2,1

Cálculo do Índice de Forma (IF) :

$$IF = [(c/e)med_1 + \dots + (c/e)med_n] / n$$

c = Comprimento de um grão

e = Espessura de um grão

n = Número de parcelas c/e

med = Valor médio

IF = 2,7

ENSAIO - Índice de Forma - Método do Paquímetro - NBR 7809

Amostra : Agregado de Concreto - Usina do Estoril	Local : Belo Horizonte-MG
Projeto : Tese de mestrado	Interessado : Cinconegui da Graça Fernandes
Prof ^{o(a)} : Laura Motta	data : 20/06/2004 Folha: 01/02

Peneiras		Retido		Qtde de grãos
#	mm	Peso (g)	F=%Peso	
2"	50,8	1366,3	8	17
1,5"	38,1	1941,7	12	24
1"	25	4047,0	25	50
3/4"	19	2676,5	16	33
1/2"	12,5	4210,0	26	52
3/8"	9,5	1992,1	12	25
Total		16233,60	100	200

Peneira Grão (Nº)	50,8			38,1			25		
	c (mm)	e (mm)	c/e	c (mm)	e (mm)	c/e	c (mm)	e (mm)	c/e
1	99,5	28,8	3,5	105,6	34,6	3,1	54,6	16,6	3,3
2	94,7	21,4	4,4	74,2	31,5	2,4	51,4	16,8	3,1
3	106,9	29,9	3,6	55,3	30,8	1,8	51,6	18,2	2,8
4	85,8	16,4	5,2	62,4	37,4	1,7	68,0	18,2	3,7
5	87,3	38,5	2,3	51,5	26,9	1,9	51,2	21,7	2,4
6	83,5	42,3	2,0	54,3	19,5	2,8	46,5	25,8	1,8
7	63,2	40,4	1,6	68,0	25,2	2,7	52,5	20,6	2,5
8				57,7	20,0	2,9	44,0	12,8	3,4
9				63,0	33,1	1,9	53,2	19,0	2,8
10				57,6	24,2	2,4	52,8	16,8	3,1
11				68,5	28,7	2,4	40,4	20,1	2,0
12				64,5	21,7	3,0	39,9	19,7	2,0
13				71,7	29,8	2,4	38,7	13,6	2,8
14				70,4	30,7	2,3	39,0	17,2	2,3
15				65,7	29,4	2,2	45,0	23,7	1,9
16				60,4	28,7	2,1	44,5	20,8	2,1
17				77,4	24,4	3,2	51,5	16,0	3,2
18				58,0	26,6	2,2	49,7	14,4	3,5
19				92,0	38,5	2,4	49,8	25,8	1,9
20				58,9	21,5	2,7	45,5	17,9	2,5
21				55,5	24,6	2,3	52,0	24,9	2,1
22							47,0	26,0	1,8
23							43,6	14,1	3,1
24							56,8	18,7	3,0
25							46,1	13,0	3,5
26							55,2	17,3	3,2
27							41,1	28,2	1,5
28							37,4	21,6	1,7
29							51,4	15,0	3,4
30							47,7	12,3	3,9
31							40,0	18,0	2,2
32							46,5	10,4	4,5
33							43,8	13,5	3,2
34							62,0	4,6	13,5
35							45,1	29,6	1,5
36							38,7	24,5	1,6
37							35,5	24,0	1,5
38							72,5	15,3	4,7
39							47,6	18,5	2,6
40							52,5	22,0	2,4
41							52,4	26,8	2,0
42							40,3	19,1	2,1
43							50,3	20,0	2,5
44							46,6	15,3	3,0
45							32,5	18,0	1,8
46							64,0	8,8	7,3
47							44,4	18,5	2,4
48							43,1	19,9	2,2
49							51,7	16,0	3,2
50							45,0	15,8	2,8

ENSAIO - Índice de Forma - Método do Paquímetro - NBR 7809

Amostra : Agregado de Concreto - Usina do Estoril	Local : Belo Horizonte-MG
Projeto : Tese de mestrado	Interessado : Cinconegui da Graça Fernandes
Prof ^{o(a)} : Laura Motta	data : 20/06/2004 Folha: 02/02

Peneira	19			12,5			9,5		
	Grão (Nº)	c (mm)	e (mm)	c/e	c (mm)	e (mm)	c/e	c (mm)	e (mm)
1	40,0	9,9	4,0	36,0	15,4	2,3	23,1	7,5	3,1
2	36,8	12,1	3,0	26,7	11,4	2,3	14,3	8,8	1,6
3	41,6	20,0	2,1	25,8	8,3	3,1	16,8	8,3	2,0
4	35,8	8,5	4,2	27,5	9,5	2,9	19,3	8,4	2,3
5	43,3	19,7	2,2	17,7	6,3	2,8	16,8	6,3	2,7
6	36,8	12,0	3,1	22,1	10,3	2,1	15,0	8,1	1,9
7	28,0	13,8	2,0	29,3	9,2	3,2	18,7	5,9	3,2
8	40,1	14,1	2,8	26,6	10,5	2,5	12,2	8,3	1,5
9	35,6	17,0	2,1	26,8	12,0	2,2	14,7	7,1	2,1
10	44,2	11,5	3,8	24,7	8,1	3,0	12,9	7,1	1,8
11	32,0	12,4	2,6	22,2	9,0	2,5	12,8	6,3	2,0
12	42,5	15,3	2,8	28,6	8,3	3,4	17,0	8,6	2,0
13	28,9	14,6	2,0	19,0	9,5	2,0	18,1	6,1	3,0
14	35,8	18,2	2,0	18,1	8,0	2,3	14,2	7,4	1,9
15	31,8	10,7	3,0	27,5	7,0	3,9	14,2	7,6	1,9
16	34,6	8,3	4,2	20,6	9,4	2,2	15,1	7,5	2,0
17	32,9	9,9	3,3	18,3	6,0	3,1	14,1	5,0	2,8
18	30,5	22,7	1,3	19,5	10,6	1,8	13,9	4,9	2,8
19	39,7	10,6	3,7	20,2	13,3	1,5	15,1	7,8	1,9
20	29,9	11,6	2,6	25,2	10,9	2,3	14,7	9,8	1,5
21	40,3	17,3	2,3	30,6	11,4	2,7	14,3	4,4	3,3
22	31,4	12,1	2,6	25,9	11,7	2,2	14,8	2,8	5,3
23	28,0	15,5	1,8	28,7	10,9	2,6	13,4	7,4	1,8
24	35,9	16,2	2,2	28,7	11,0	2,6	13,0	6,3	2,1
25	34,7	15,6	2,2	22,0	9,4	2,3	14,0	8,3	1,7
26	36,4	19,0	1,9	22,1	7,1	3,1			
27	32,3	9,6	3,4	22,6	10,1	2,2			
28	27,0	14,4	1,9	25,1	5,3	4,7			
29	33,7	7,5	4,5	22,2	12,7	1,7			
30	38,0	16,8	2,3	25,0	13,0	1,9			
31	30,4	13,2	2,3	31,1	10,4	3,0			
32	33,4	16,4	2,0	31,1	12,0	2,6			
33	27,9	17,6	1,6	23,2	11,2	2,1			
34				37,7	11,0	3,4			
35				20,7	9,8	2,1			
36				28,2	11,2	2,5			
37				20,9	9,6	2,2			
38				20,0	7,1	2,8			
39				25,0	9,1	2,7			
40				12,8	7,1	1,8			
41				28,3	8,0	3,5			
42				19,2	8,1	2,4			
43				32,8	9,0	3,6			
44				23,2	4,2	5,5			
45				29,2	11,3	2,6			
46				22,8	8,1	2,8			
47				21,0	11,4	1,8			
48				17,7	11,7	1,5			
49				24,8	11,1	2,2			
50				29,7	8,6	3,5			
51				19,2	8,2	2,3			
52				23,1	10,0	2,3			

Cálculo do Índice de Forma (IF) :

$$IF = [(c/e)med_1 + \dots + (c/e)med_n] / n$$

c = Comprimento de um grão

e = Espessura de um grão

n = Número de parcelas c/e

med = Valor médio

IF = 2,9

ENSAIO - Índice de Forma - Método do Paquímetro - NBR 7809

Amostra : Agregado Misto - Usina do Estoril	Local : Belo Horizonte-MG
Projeto : Tese de mestrado	Interessado : Cinconegui da Graça Fernandes
Prof ^{o(a)} : Laura Motta	data : 19/06/2004
	Folha: 01/02

Peneiras		Retido		Qtde de grãos
#	mm	Peso (g)	F=%Peso	
2"	50,8	1549,5	15	30
1,5"	38,1	1502,2	15	29
1"	25	2471,7	24	48
3/4"	19	1658,7	16	32
1/2"	12,5	2069,6	20	40
3/8"	9,5	1027,0	10	20
Total		10278,70	100	200

Peneira	50,8			38,1			25		
Grão (Nº)	c (mm)	e (mm)	c/e	c (mm)	e (mm)	c/e	c (mm)	e (mm)	c/e
1	121,6	37,4	3,3	82,7	32,4	2,6	39,0	22,2	1,8
2	80,7	41,5	1,9	54,0	37,0	1,5	51,5	25,0	2,1
3	64,4	25,7	2,5	72,5	38,0	1,9	50,5	23,3	2,2
4	74,3	16,0	4,6	69,6	25,5	2,7	42,0	18,7	2,2
5	93,2	45,1	2,1	90,3	26,5	3,4	68,1	8,7	7,8
6	105,2	41,8	2,5	70,0	23,5	3,0	41,5	19,4	2,1
7	77,1	27,6	2,8	69,0	33,0	2,1	41,1	17,0	2,4
8				62,0	26,4	2,3	59,6	24,4	2,4
9				63,4	24,1	2,6	40,5	21,8	1,9
10				66,8	21,9	3,1	41,5	10,9	3,8
11				92,1	16,5	5,6	50,0	13,3	3,8
12				61,6	20,0	3,1	37,0	16,8	2,2
13				62,2	14,0	4,4	58,0	17,1	3,4
14				57,1	21,8	2,6	52,6	20,4	2,6
15				82,2	31,5	2,6	46,5	13,7	3,4
16				65,7	28,9	2,3	41,2	16,1	2,6
17							52,2	19,2	2,7
18							49,9	22,6	2,2
19							48,5	30,2	1,6
20							43,6	22,0	2,0
21							44,5	24,1	1,8
22							49,0	22,6	2,2
23							55,1	20,7	2,7
24							59,7	18,8	3,2
25							35,1	16,3	2,2
26							59,0	24,0	2,5
27							48,0	19,6	2,4
28							47,3	14,0	3,4
29							38,8	11,9	3,3
30							50,0	22,3	2,2
31							43,7	24,1	1,8
32							39,9	22,5	1,8
33							35,8	17,2	2,1
34							50,5	13,5	3,7
42							65,4	9,9	6,6
43							52,7	32,2	1,6
44							44,8	16,6	2,7
45							40,2	29,3	1,4
46							44,3	9,5	4,7
47							46,9	19,3	2,4
48							53,5	9,7	5,5

COPPE/UFRJ		LABORATÓRIO DE GEOTECNIA	
ENSAIO - Índice de Forma - Método do Paquímetro - NBR 7809			
Amostra : Agregado Misto - Usina do Estoril		Local : Belo Horizonte-MG	
Projeto : Tese de mestrado		Interessado : Cinconegui da Graça Fernandes	
Prof ^(a) : Laura Motta		data : 19/06/2004	Folha: 02/02

Peneira Grão (Nº)	19			12,5			9,5		
	c (mm)	e (mm)	c/e	c (mm)	e (mm)	c/e	c (mm)	e (mm)	c/e
1	47,6	13,1	3,6	23,6	13,5	1,7	17,0	8,2	2,1
2	55,2	17,5	3,2	48,5	9,0	5,4	18,5	7,5	2,5
3	31,0	22,0	1,4	24,5	11,3	2,2	15,5	8,5	1,8
4	32,9	11,0	3,0	28,7	7,4	3,9	14,1	7,0	2,0
5	36,3	18,9	1,9	30,7	9,2	3,3	13,8	5,6	2,5
6	35,7	16,8	2,1	22,0	9,8	2,2	14,3	8,0	1,8
7	31,9	12,8	2,5	27,2	6,3	4,3	12,8	7,6	1,7
8	37,8	11,7	3,2	27,3	5,5	5,0	16,1	8,0	2,0
9	31,0	13,5	2,3	19,6	7,7	2,5	15,5	6,4	2,4
10	42,0	10,5	4,0	22,4	10,4	2,2	17,0	4,4	3,9
11	42,0	8,6	4,9	21,0	6,1	3,4	15,0	4,8	3,1
12	30,6	21,7	1,4	18,5	11,4	1,6	12,0	6,9	1,7
13	30,4	15,0	2,0	24,2	8,0	3,0	14,1	8,0	1,8
14	48,6	15,8	3,1	22,4	10,4	2,2	12,3	8,3	1,5
15	39,8	16,4	2,4	28,2	11,5	2,5	15,8	8,7	1,8
16	48,0	14,5	3,3	22,0	9,0	2,4	21,3	9,0	2,4
17	36,4	15,2	2,4	24,0	5,3	4,5	13,3	6,5	2,0
18	34,8	11,8	2,9	22,1	9,0	2,5	13,6	8,5	1,6
19	41,6	16,5	2,5	23,7	10,8	2,2	14,5	6,5	2,2
20	29,0	17,0	1,7	19,0	9,0	2,1	13,7	3,5	3,9
21	29,5	16,4	1,8	24,0	12,0	2,0			
22	33,6	11,2	3,0	26,8	11,7	2,3			
23	24,6	16,9	1,5	33,4	9,9	3,4			
24	29,6	17,4	1,7	28,5	7,0	4,1			
25	38,7	12,8	3,0	19,6	9,9	2,0			
26	32,0	8,3	3,9	24,0	13,7	1,8			
27	37,6	14,8	2,5	21,9	11,0	2,0			
28	26,7	14,6	1,8	22,2	8,0	2,8			
29	43,1	14,0	3,1	19,7	9,4	2,1			
30	34,2	10,5	3,3	21,4	12,7	1,7			
31	31,2	11,8	2,6	21,3	11,3	1,9			
32	64,5	9,1	7,1	22,3	12,0	1,9			
33				26,1	4,9	5,3			
34				29,5	9,9	3,0			
35				33,1	7,0	4,7			
36				27,7	3,3	8,4			
37				27,9	6,5	4,3			
38				26,7	11,0	2,4			
39				23,1	11,1	2,1			
40				25,6	11,0	2,3			

Cálculo do Índice de Forma (IF) :

$$IF = [(c/e)med_1 + \dots + (c/e)med_n] / n$$

c = Comprimento de um grão

e = Espessura de um grão

n = Número de parcelas c/e

med = Valor médio

IF = 2,8