

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E
URBANISMO**

**ESTUDO DA UTILIZAÇÃO DE AGREGADO
RECICLADO EM MISTURAS DE CONCRETO DE
CIMENTO PORTLAND PARA PAVIMENTAÇÃO.**

Álvaro Sérgio Barbosa Júnior

**Campinas, SP
2008**

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E
URBANISMO

Álvaro Sérgio Barbosa Júnior

ESTUDO DA UTILIZAÇÃO DE AGREGADO RECICLADO EM
MISTURAS DE CONCRETO DE CIMENTO PORTLAND PARA
PAVIMENTAÇÃO.

Dissertação de Mestrado apresentada à Comissão de pós-graduação da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, na área de concentração de Transportes.

Orientadora: Prof. Dra. Rita Moura Fortes

Campinas, SP
2008

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - BAE -
UNICAMP**

B234e	Barbosa Júnior, Álvaro Sérgio Estudo da utilização de agregado reciclado em misturas de concreto de cimento Portland para pavimentação / Álvaro Sérgio Barbosa Júnior.-- Campinas, SP: [s.n.], 2008. Orientador: Rita Moura Fortes. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. 1. Pavimentos de concreto. 2. Reciclagem. 3. Meio ambiente. 4. Agregados (Materiais de construção). 5. Eliminação de resíduos. 6. Cimento Portland. I. Fortes, Rita Moura. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. III. Título.
-------	---

Titulo em Inglês: A study of using recycled aggregates in Portland t concrete mixes for pavements.

Palavras-chave em Inglês: Reclycled aggregates, Waste laboratory, Waste materials, Cement Portland concrete pavement, Environmental.

Área de concentração: Transportes.

Titulação: Mestre em Engenharia Civil

Banca examinadora: Carlos Yukio Suzuki e João Virgílio Merighi.

Data da defesa: 25/02/2008

Programa de Pós-Graduação: Engenharia Civil

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E
URBANISMO

ESTUDO DA UTILIZAÇÃO DE AGREGADO
RECICLADO EM MISTURAS DE CONCRETO DE
CIMENTO PORTLAND PARA PAVIMENTAÇÃO.

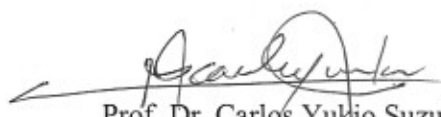
Álvaro Sérgio Barbosa Júnior

Dissertação de Mestrado aprovada pela Banca Examinadora, constituída por:



Prof. Dra. Rita Moura Fortes

Presidente e Orientadora/Instituição



Prof. Dr. Carlos Yukio Suzuki

USP/POLI



Prof. Dr. João Virgílio Merighi

UNICAMP - Universidade Estadual de Campinas

Campinas, 25 de fevereiro de 2008.

DEDICATÓRIA

*Aos meus pais, minha esposa Pérola e
nossos filhos: Sophia e Matheus, cujos
sonhos determinarão a real dimensão
de nossas vidas.*

AGRADECIMENTOS

- Só posso agradecer e retribuir com meu bem mais valioso: a emoção que sinto quando me lembro das pessoas que contribuíram ou contribuem para o meu aprendizado.
- À Profa. Dra. Rita Moura Fortes, pela orientação segura e paciência de me motivar ao estudo mesmo em momentos de discussões.
- À LENC – Laboratório de Engenharia e Consultoria Ltda., pelo estímulo ao estudo e pela oportunidade de realizar, pesquisas e tempo para cursar este mestrado.
- À Universidade Presbiteriana Mackenzie, em especial a Escola de Engenharia da Universidade Presbiteriana Mackenzie pela assistência na reciclagem dos materiais, em especial ao Sr. José Carlos Sobrinho e ao Sr. José Maria Silva.
- Aos inúmeros professores que estiveram envolvidos com este trabalho e que através de seus comentários me ajudaram a melhorá-lo.
- Ao Prof. Dr. Cássio Eduardo Lima de Paiva, que me ajudou a organizar as idéias e estabelecer parâmetros de construção da pesquisa.
- Ao Prof. Dr. João Virgílio Merighi e ao Prof. Dr. Carlos Yukio Suzuki pelas sugestões e contribuição no aprimoramento deste trabalho.

Resumo

BARBOSA JR, Álvaro Sérgio. “Estudo da Utilização de Agregado Reciclado em Misturas de Concreto de Cimento Portland para Pavimentação”. Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, 2008. 118 páginas. Dissertação (Mestrado).

O objetivo da presente pesquisa é apresentar uma contribuição ao estudo da utilização de agregados reciclados em misturas de concreto de cimento Portland (CCP) para pavimentação. São comparados os desempenhos de misturas utilizando-se agregados oriundos do gnaiss e também do entulho de laboratórios de controle tecnológico, para avaliar o potencial de sua utilização, minimizando a sua problemática deposição em aterros sanitários, contribuindo dessa maneira para a preservação do meio ambiente. Os agregados originados pela moagem desses entulhos serão estudados separadamente, ou seja, os provenientes de corpos de prova de concreto, de blocos de concreto e blocos de materiais cerâmicos.

Pretende-se conhecer o potencial de utilização desse material reciclado como agregado contribuindo para a preservação do meio ambiente. É importante enfatizar que este material é de boa qualidade e têm sido usualmente descartado, ou melhor, desperdiçado. Este trabalho avalia os resultados levando em conta a sua seleção, dosagem e mistura, de maneira a atender as propriedades necessárias para a pavimentação.

Palavras Chave: agregados reciclados, resíduo de laboratório, reciclagem de entulho, pavimento de concreto de cimento Portland, meio ambiente.

Abstract

Barbosa JR, Álvaro Sérgio. “A study of using recycled aggregates in Portland cement concrete mixes for pavements ”. Campinas, Civil Engineering College, Architecture and Urbanism, Federal University of Campinas, 2008. 118 pages. Dissertation.

The objective of this research is to contribute to the study of the recycled aggregate use in concrete Portland. It is compared the performance of these mixtures presented with the deriving aggregates and the rubbish of technological control laboratories, which the use minimizes the problematic deposition in sanitary earthworks, contributing in this way to the environment's preservation. The aggregates originated for the milling of these tested specimens will be studied separately, in other words, the preceding from specimens of concrete test, of concrete blocks and ceramic materials.

In this research is studied the potential use of these recycled materials as aggregate contributing for the environment preservation. It is important to emphasize that this material presents good quality and is usually discarded or wasted. This paper evaluates the results taking into account the selection and mixing for the adequate pavement properties.

Key words: recycled aggregates, waste laboratory, waste materials, cement Portland concrete pavement, environmental.

Lista de Figuras

	Página
Figura 1 - Uniformização do suporte	14
Figura 2 - Central de concreto	14
Figura 3 - Barras de transferência e de ligação	15
Figura 4 - Equipamento utilizado no Rodoanel de São Paulo	16
Figura 5 - Texturização da superfície	17
Figura 6 - Corte de juntas	17
Figura 7: Diagrama de serviços de controle tecnológico em centrais e materiais Componentes do concreto (ABRATEC, 2005).....	32
Figura 8: Diagrama de serviços de controle tecnológico em centrais e materiais – Ensaios da obra. (ABRATEC, 2005)	33
Figura 9: Curva de Gauss	50
Figura 10 -. Moagem dos corpos-de-prova.....	54
Figura 11 - Gráficos: (a) resistência a compressão axial versus idade (b) resistência à tração na flexão versus idade.	64
Figura 12 Ensaio de abatimento tronco de cone.	65
Figura 13 Moldagem de corpos de prova.	65
Figura 14 Ensaio de resistência à compressão.....	66
Figura 15 Ensaio de resistência à tração na flexão.....	67

Lista de Tabelas

	Página
Tabela 1 Diferenças Essenciais dos Métodos de Dosagem de Concreto (O'REILLY–1998)...	23
Tabela 2 Materiais utilizados e fornecedores	55
Tabela 3 Características do cimento	56
Tabela 4 Características da areia.....	57
Tabela 5 Características da brita 1	57
Tabela 6 Características da brita 2	58
Tabela 7 Características dos agregados oriundos do bloco cerâmico	59
Tabela 8 Características dos agregados oriundos de bloco de concreto.	59
Tabela 9 Características dos agregados oriundos de corpos de prova concreto.	60
Tabela 10 Características da brita 2	61
Tabela 11 Características do concreto fresco e endurecido das dosagens 1, 2, 3 e 4	63
Tabela 12 Características do concreto endurecido das dosagens 1, 2, 3 e 4.	66
Tabela 13 Resultados de ensaios de Módulo de Elasticidade.....	67

Lista de abreviaturas

a/c- Relação água/cimento

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABCP - Associação Brasileira de Cimento Portland

ACI - American Concrete Institute

AGN – Agregado Natural

AGR – Agregado Reciclado

AGRB – Agregado Reciclado de Bloco de Concreto

AGRC – Agregado Reciclado de Corpos de Prova de Concreto

CA – Concreto Armado

CAP – Cimento Asfáltico de Petróleo

CCP – Concreto de Cimento Portland

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

CP – Cimento Portland

CS – Concreto Simples

D_{máx}. – Diâmetro Máximo

f_{ck} - Resistência característica à tração na flexão

H – Relação água/ materiais secos

INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial

INT – Instituto Nacional de Tecnologia

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo

ITERS - Instituto Tecnológico do Estado do Rio Grande do Sul

m – Proporções de agregado gráudo e miúdo

PCCP – Pavimento de Concreto de Cimento Portland

PR – Pavimento Rígido

RBC – Rede Brasileira de Calibração

RBLE – Rede Brasileira de Laboratórios de Ensaio

RCD - resíduos de construção e demolição

SIA – Associação de Normas Técnicas da Suíça

Sumário

	Página
Resumo.....	vii
Abstract.....	viii
Lista de figuras.....	ix
Lista de tabelas.....	x
Lista de abreviaturas.....	xii
1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Objetivo da Pesquisa.....	4
1.2 Justificativa	4
1.3 Estrutura do Trabalho	5
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	7
2.1 Pavimento de concreto.....	7
2.2 Histórico dos Pavimentos de Concreto de Cimento Portland	8
2.3 Materiais	9
2.3.1 Cimento.....	9
2.3.2 Agregados	12
2.4 Execução	13
3 DOSAGEM.....	19
3.1 Generalidades	19
3.2 Dosagens Usuais.....	21
3.3 Comparação entre Dosagens.....	24
3.3.1 Método INT	24
3.3.2 Método IPT.....	25
3.3.3 Método ABCP.....	25
3.3.4 Método O'Reilly	26
3.3.5 Método ACI American Concrete Institute	27
4 ENSAIOS DE CONTROLE TECNOLÓGICO DE QUALIDADE DO PAVIMENTO DE CONCRETO DE CIMENTO PORTLAND	31
4.1 Etapas de Controle	34
4.1.1 Nível de Controle Tecnológico	34
4.1.2 Etapas de Execução do Concreto e do Controle Tecnológico durante o preparo e Produção.	34
4.2 Ensaio de Controle de Aceitação.....	44
4.3 Aceitação ou rejeição do lote de concreto controlado	51

	Página
4.4	Qualificação de laboratórios de controle tecnológico.....51
5	PARTE EXPERIMENTAL DO ESTUDO DA UTILIZAÇÃO DE AGREGADO RECICLADO.....53
5.1	Características dos materiais utilizados54
5.2	Escopo da Pesquisa.....58
5.2.1	Reciclado de bloco cerâmico58
5.2.2	Reciclado de blocos de concreto.....59
5.2.3	Reciclado de corpos de prova de concreto.....60
5.3	Preparação das amostras60
5.4	Características da dosagem.....61
5.5	Resultados dos ensaios.....62
5.6	Análise dos Resultados68
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES PARA FUTUROS ESTUDOS...69
6.1	Considerações finais69
6.2	Sugestões para novos estudos.....70
7	BIBLIOGRAFIA.....71
8	ANEXOS.....87
8.1	Blocos cerâmicos.....87
8.2	Blocos de concreto95
8.3	CP's de concreto103
8.4	Pedrisco misto.....111

1. INTRODUÇÃO

A responsabilidade social e ambiental que a cada dia incorpora um número maior de adeptos e sensibiliza até governos que tradicionalmente nunca se importaram com a emissão de gases na atmosfera, se faz sentir nos mais simples processos de engenharia. O ato de descartar materiais, sem a menor cerimônia, na natureza, hoje pode ser considerado crime ambiental. Se por um lado a legislação se torna cada vez mais rígida, cabe aos técnicos a busca de solução para o emprego de todos esses materiais tidos como resíduos das sociedades modernas.

Um dos cuidados que inspiram essa ponderação está associado a comunicação por via material que é realizada através do transporte. Existem diversas modalidades de transportes, no entanto, ainda a mais utilizada no nosso país é o meio rodoviário.

Para que essa modalidade possa desempenhar o seu papel com sucesso é necessário a construção de estradas que se interligam formando uma verdadeira rede de transporte, diminuindo as distâncias e levando o progresso a pontos distantes das cidades que já possuem uma infra-estrutura.

Com a evolução desse tipo de transporte surgiu a pavimentação sendo que o pavimento pode ser definido como uma estrutura construída após a terraplanagem, com a finalidade de resistir e transferir ao subleito os esforços verticais advindos da movimentação do veículo, além de promover condições de conforto e segurança ao rolamento, resistindo aos esforços horizontais e tornando mais durável a superfície de rolamento (DNER 700/100, 1997). Em outras palavras, pode ser definido como uma estrutura constituída por uma ou mais camadas, com características para receber as cargas aplicadas na superfície e distribuí-las, de modo que as tensões resultantes fiquem abaixo das tensões admissíveis dos materiais que constituem a estrutura. (PINTO & PREUSSLER, 2002)

De acordo com estes autores, os pavimentos podem ser classificados em flexíveis, rígidos e semi-rígidos, sendo que cada um possui características e recomendações intrínsecas para ser utilizado em determinadas circunstâncias e tipos de tráfego. Cabe no entanto ressaltar que para o sucesso desses tipos de pavimentos é necessário que se estabeleça parâmetros mínimos de resistência associados à dosagem racional da mistura apropriada.

O pavimento rígido recebe essa denominação quando o seu revestimento é constituído de concreto de cimento Portland (CCP) (DNER 700/100, 1997). Cabe ressaltar que para o seu bom desempenho, o concreto deve ser dosado por métodos racionais, de modo a obter-se, com os materiais disponíveis, uma mistura fresca, de trabalhabilidade adequada ao processo construtivo empregado, e um produto endurecido compactado, de baixa permeabilidade e que satisfaça as condições de resistência mecânica imposta pela especificação, que deve acompanhar o projeto do pavimento.(GODINHO E GROSSI , 1999)

Ao adentrar no estudo dos métodos empregados na dosagem de misturas de concreto de cimento Portland para pavimentação, deve-se ressaltar a importância de algumas questões que devem ser endereçadas aos profissionais da área pois, só ter-se-á um bom pavimento ao se dedicar no levantamento detalhado de todas as informações. Isso significa: bom planejamento, dosagem bem feita, bom detalhamento das informações. Assim sendo, pode-se questionar:

- Qual modelo de dosagem é mais adequado?
- Como planejar a dosagem; ou seja, elaborar estudos e gerar informações que auxiliam na tomada de decisões? Quais os métodos?
- Qual(is) critério(s) devem predominar na escolha de um plano de dosagem? Como elaborar alternativas?
- Como o plano de dosagem escolhido será implantado ao longo do tempo?
- A solução mais sofisticada, e mais dispendiosa, é a melhor?

Tais perguntas surgem concomitantemente com a idéia dos empreendimentos em transportes, e são freqüentemente respondidas ao longo do processo de elaboração da dosagem (GODINHO E GROSSI, 2000).

A preocupação com a sustentabilidade não acaba na definição dos materiais que serão usados na obra. Para fechar o ciclo, é importante saber o que será feito com o resto do canteiro e entulhos gerados.

A questão ambiental devido às grandes quantidades de entulho geradas alerta para a necessidade das empresas em incorporarem os preceitos recomendados pela NM-ISO14001 (2007), que além de representar uma vantagem competitiva, impulsiona o desenvolvimento de tecnologias alternativas e a racionalização da utilização de materiais, evitando-se o desperdício. (ÂNGULO, 1998; 2000; 2005)

Na cidade de São Paulo, construções e reformas geram aproximadamente 17 mil toneladas de entulho ou resíduos de construção e demolição (RCD) por dia, volume que representa o dobro do que é descartado no lixo domiciliar. Cerca de 95% desse volume vem de obras privadas. Desse total 85% são transportados por empresas particulares, e o restante 15% acaba virando problema de limpeza pública: é despejado em áreas públicas ou terrenos por transportadores autônomos. (FOLHA DE SÃO PAULO, 2005)

Em 2002, o governo federal deu início à tentativa de organizar esse quadro. A resolução 307, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), estabeleceu que os geradores de resíduos da construção civil devem ser responsáveis por seu entulho, ou por sua destinação final. (FOLHA DE SÃO PAULO, 2005). Dessa maneira, inúmeras pesquisas para aproveitamento desse material têm sido desenvolvidas, e Zordan (1997) destacou que a reciclagem do entulho mais simples se dá quando de sua utilização em pavimentação (base, sub-base ou revestimento primário) na forma de brita corrida ou ainda em misturas do resíduo com solo.

O setor público tem ocupado posição de destaque na utilização de agregados para pavimentação, com um consumo de cerca de 50 milhões de toneladas por ano, incluindo-se nesse total a fabricação de pré-moldados de concreto, utilizados na infra-estrutura urbana. A pavimentação é vista por diversos pesquisadores como sendo capaz de absorver cerca da

metade da massa total do RCD gerada. (COLLINS, 1997; BREUER et al., 1997; HENDRIKS, 2000).

1.1 Objetivo da Pesquisa

O objetivo principal da pesquisa é estudar a possibilidade de utilização de materiais reciclados a partir de materiais usualmente submetidos a ensaios em laboratórios de controle tecnológico, ou seja, blocos de concreto, corpos de prova oriundos de ensaios de resistência do concreto e blocos cerâmicos.

Através destas análises pretende-se verificar o potencial de utilização desse tipo de reciclagem de materiais, que poderão substituir os materiais naturais, como mais uma opção para a preservação do meio ambiente.

Esses materiais são de boa qualidade e têm sido usualmente descartados, ou melhor, desperdiçados, tendo muitas vezes sua destinação final em aterros sanitários. Segundo Helene (IBRACON, 2005) quase todos os centros de pesquisa de concreto do país estão desenvolvendo estudos nessa área. Levy (2001) apresentou uma tese de doutoramento, abordando a questão da dosagem e da durabilidade de concretos sustentáveis, empregando agregados reciclados de concreto e de cerâmica.

1.2 Justificativa

Segundo Won (2007) a maioria dos pavimentos de concreto de cimento Portland (PCCP) construídos nas décadas de 50 e 60 estão se aproximando do fim de sua vida estrutural e alguns deles necessitam de reabilitação em forma de remoção e reconstrução. Do ponto de vista do meio ambiente e de custo, seria desejável a reciclagem desse material e reuso como agregado.

Também como ressaltado na introdução dessa pesquisa, cabe a construção civil o papel de grande consumidor de recursos naturais e de energia, sendo também responsável pela geração de grande volume de resíduos, tornando-se um grande vilão para os ambientalistas.

Frente a esse problema, os pesquisadores tem investido em busca de soluções para a reciclagem dos resíduos de construção e demolição. (LOVATO et al., 2007)

Muitas dessas pesquisas tem apontado a utilização do RCD na forma de agregados reciclados utilizados no concreto. Muitos desses autores alertam que sua viabilidade de utilização depende do percentual de substituição. (ZORDAN (1997); RASHWAN e ABOURIZK (1997); LATTERZA (1998); LEITE (2001); LEVY (2001); VIEIRA (2003)).

Angulo (2000) ressaltou que a utilização de agregados reciclados de RCD sofre uma limitação devido a variabilidade de sua composição que afetam suas propriedades tais como a granulometria, massa específica e absorção de água. Esta variabilidade ocorre principalmente em função da sua origem e do período de coleta.

Carrijo (2005) afirmou que a dispersão nos valores de resistência dos concretos produzidos a partir dos agregados reciclados poderia ser controlada através do controle da variabilidade dos agregados.

Para Lovato et al. (2007), como a resistência à compressão dos concretos com agregados reciclados é influenciada por diversos fatores, como composição, forma e granulometria dos agregados, a variabilidade dos resíduos de construção e demolição influencia nesta propriedade. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da variabilidade dos resíduos de construção e demolição na resistência à compressão e no módulo de deformação de concretos produzidos com agregados reciclados. Essa pesquisa se justifica pelo apresentado no item 1, que denota a importância do reaproveitamento desse resíduo sólido gerado.

Existem hoje um número de 32 laboratórios cadastrados na área de materiais e se tem uma expectativa de aproximadamente 200.000 kg/mês de material oriundo de ensaios com possibilidade de serem reciclados, localizados no estado de São Paulo.

1.3 Estrutura do Trabalho

A presente pesquisa será desenvolvida estudando-se a literatura específica disponível sobre o assunto.

A pesquisa será composta pelos seguintes capítulos.

- Capítulo 1 – Introdução, objetivo, justificativa, metodologia.
- Capítulo 2 – onde será apresentada a revisão bibliográfica.
- Capítulo 3 – serão apresentados alguns tipos de dosagem de concreto de cimento Portland (CCP) e comparações entre eles.
- Capítulo 4 – serão apresentados os controles tecnológicos e de qualidade usualmente realizados para avaliação do CCP para pavimentação.
- Capítulo 5 – será apresentado o desenvolvimento da parte experimental incluindo a escolha dos materiais, dosagem, moldagem e ensaios de desempenho.
- Capítulo 6 - serão apresentadas as considerações finais, bem como as conclusões.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Como ressaltado no capítulo 1, a utilização do RCD tem sido recomendada na forma de agregados reciclados utilizados no concreto e principalmente em pavimentos de concreto. Cabe então revisar alguns conceitos, histórico e processos executivos dessa tecnologia.

2.1 Pavimento de concreto

O pavimento pode ser definido como sendo uma superfície capaz de suportar o tráfego em condições de conforto e segurança. Em uma linguagem mais técnica, pode-se afirmar que é uma estrutura constituída por uma ou mais camadas, com características para receber as cargas aplicadas na superfície e distribuí-las, de modo que as tensões resultantes fiquem abaixo das tensões admissíveis dos materiais que constituem a estrutura (PINTO; PREUSSLER, 2002).

Para esses autores, o pavimento rígido é aquele em que o revestimento tem uma elevada rigidez em relação às camadas inferiores e, portanto, absorve praticamente todas as tensões de tração provenientes do carregamento aplicado.

Huang (1993) afirmou que existem basicamente quatro tipos de pavimento de concreto: pavimento de concreto simples com juntas serradas, pavimento de concreto com juntas serradas e armado, pavimento de concreto continuamente armado e o pavimento de concreto protendido. Existem também os pavimentos de blocos pré-moldados de concreto e as técnicas de restauração dos pavimentos asfálticos em concreto: whitetopping e whitetopping ultradelgado (FORTES, 1999)

2.2 Histórico dos Pavimentos de Concreto de Cimento Portland

O primeiro pavimento em CCP foi construído em 1925, na cidade de Pelotas, no Rio Grande do Sul. No final da década de 70 houve praticamente uma paralisação da construção desse tipo de pavimento, devido à diminuição de investimento no projeto por parte da indústria do cimento Portland e pela Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), além de incentivos à utilização do cimento asfáltico de Petróleo (CAP) promovido pela Petrobrás, que nesse tempo investiu pesadamente no financiamento de equipamentos de pavimentação asfáltica e preparo de engenheiros (VIZZONI, 2005).

Para esse autor, a Petrobrás, detentora na época do monopólio da exploração, refino e distribuição do Petróleo no Brasil, considerava o resíduo (CAP) como produto de descarte, e incorporava seu custo de produção ao da gasolina e do diesel. Desta forma o produto CAP era distribuído praticamente a custo zero, tornando o pavimento asfáltico igualmente absurdamente barato.

A retomada deu-se a partir de 1995, em função da mudança da conjuntura econômica. Em primeiro lugar, o Brasil passou a produzir petróleo, tornando-se praticamente auto-suficiente. O petróleo brasileiro é de boa qualidade, resultando em quase nenhum resíduo, cimento asfáltico de petróleo (CAP), e a política da Petrobrás é a de produzir toda gasolina possível, além de alocar custo real a todos os produtos resultantes do refino, inclusive o asfalto, que segue hoje a política internacional de preços “amarrados” no preço do barril e em dólar, uma vez que há necessidade de se importá-lo.

Em função dessa nova situação o pavimento de concreto tornou-se competitivo já no seu custo de implantação, motivo pelo qual a indústria passou a investir nele. (VIZZONI, 2005)

Durante o período da construção das grandes obras, o CCP teve seu uso restringido a pátios de portos, aeroportos e pavimentos industriais, sendo que poucas vezes fez-se uso dos pavimentos em CCP, mesmo naquelas rodovias de tráfego intenso. É importante ressaltar que uma obra de CCP possui um custo inicial mais elevado em relação ao Concreto Asfáltico. (VIZZONI, 2005).

Com o passar do tempo e a manutenção, obras novas de pavimentação foram sendo executadas em detrimento da recuperação da malha existente. Esta situação é constatada tanto no nível rodoviário quanto em sistemas viários urbanos.

Nossa realidade hoje, é proporcionada , em parte, pelas concessões rodoviárias. Sem entrar na discussão política e social envolvida neste processo, as concessionárias estão atentas à novas tecnologias, tanto de processo quanto de materiais. Em relação a custos, todas estão procurando novas formas de minimizar e otimizar a manutenção durante o período concessionado.

2.3 Materiais

O CCP é constituído da mistura íntima de agregados graúdos e miúdos, cimento Portland, água e geralmente aditivos em proporções adequadas que ofereçam depois de aplicados características de durabilidade e resistência mecânica para serem aplicados em pavimentação.

2.3.1 Cimento

Vários são os fatores que afetam as propriedades do concreto. Dentre eles, destaca-se o cimento Portland. Apesar de não ser nem mais, nem menos importante que outros elementos, ele exerce uma significativa influência nas propriedades do concreto fresco e endurecido.

O efeito da finura é constantemente usado para acelerar ou regular o fator de endurecimento do cimento. (KATTAR & CRUZ, 1993)

Fica evidenciado que o efeito da finura não é tão forte como parece. Um dos métodos mais conhecidos mundialmente, para se determinar esta característica é através do permeabilímetro de Blaine, que consiste em relacionar o tempo que o ar atravessa uma amostra de cimento, padronizadamente compactada e com uma altura de camada conhecida, com área específica da partícula de cimento. (NBR NM 76, 1998)

De acordo com Blaine (inventor do método), se a área específica do cimento aumentar de 3000 para 5000 cm²/g, a resistência da argamassa aumenta 25% depois de 28 dias, enquanto a resistência média do concreto só aumenta 8%. Isto confirma que a resistência final do concreto praticamente não é afetada pela finura.(KATTAR & CRUZ, 1993)

A pega do cimento e conseqüente endurecimento do concreto é um processo complexo que depende do alumínio, ferro, álcalis e sulfatos contidos na composição química do aglomerante. A mínima quantidade de sulfatos (gesso) varia de cimento para cimento, com a finalidade de prevenir um endurecimento prematuro do concreto. Neste processo, também têm influência a duração e as condições ambientais de estocagem do aglomerante.

Estes fatores aplicam-se ao início de sua pega. Porém, não podem ser aplicados para a propriedade de endurecimento do concreto, pois um rápido início de pega não corresponde necessariamente ao rápido endurecimento do concreto e vice-versa. A relação entre cimento e concreto nestes fatores é complexa e freqüentemente objeto de extensos estudos em todo o mundo (PETRUCCI, 1987; KATTAR & CRUZ, 1993).

A exsudação tem um efeito desejável quando a água livre que sobe à superfície do concreto for mínima e se evaporar lentamente durante o endurecimento do concreto. Esta condição depende da ocorrência de ventos calmos, alta umidade e moderada temperatura externa. Em contrapartida, quando ocorre muita água livre, esta implica na formação de alta porosidade na massa, ocasionando baixa durabilidade e perda significativa de resistência na superfície do concreto. E se além disto predominar a ocorrência de ventos fortes, altas temperaturas e baixa umidade, uma grande quantidade de água se evapora, o filme de água desaparece e a superfície do concreto fica seca. Isto resulta em uma força de retração na superfície do concreto, podendo levar a fissurar o concreto se a tensão de ruptura for excedida. Isto é uma descrição simplificada do processo, mas, na verdade, outros fatores devem ser considerados, o que não é objetivo deste trabalho. (PETRUCCI, 1987; KATTAR & CRUZ, 1993)

Por outro lado, a composição química do cimento também afeta a exsudação. A maior quantidade dos componentes do cimento reage rapidamente com a água combinando quimicamente e deste modo eliminado grande parte da água livre de exsudação. Em cimentos com grande quantidade de adições, esta característica acontece mais lentamente, podendo, em

alguns casos, ser indesejável ao concreto. Experiências têm mostrado que diferentes tipos de cimento requerem quantidades variáveis de água para garantir que a pasta de cimento tenha a mesma consistência. O efeito desta variação sobre a trabalhabilidade do concreto é muito superestimado. Sistemáticos testes em mais de 150 tipos de cimento Portland comuns a diferentes países mostraram que o fator água/cimento requerido para um concreto de abatimento constante de 70 mm, somente necessitou ser variado na faixa de 0,54 a 0,57. Nesta faixa a resistência à compressão aos 28 dias variou apenas 2N/mm^2 (2 MPa). Portanto, um efeito bem menos importante, como, por exemplo, a granulometria utilizada e a temperatura. (HELENE, 1993).

Durante os últimos 10 anos, as propriedades de uniformidade do cimento Portland têm sido substancialmente melhoradas. Adotado em 1978, a Associação de Normas Técnicas da Suíça (SIA) especificou um limite inferior e um superior de resistência à compressão aos 28 dias nas pastas de argamassa, grandes resultados de uniformidade de resistência foram alcançadas devido à grande uniformidade da composição química dos cimentos. Isto foi atribuído à devolução técnica da indústria cimenteira, com a introdução dos pré-homogeneizadores de matérias primas e a análise de raio X. Sofisticados e econômicos fornos, não somente permitem, mas requerem um cozimento uniforme do material. Por isso, as variações físicas / químicas do cimento em todas as idades tornam-se infinitamente pequenas. (KATTAR & CRUZ, 1993)

Quanto ao aditivo, experiências têm mostrado que é possível produzir tecnologicamente qualquer obra sem utilizar nenhum aditivo. Por outro lado, vários aditivos, quando usados corretamente, podem ajudar a reduzir custos no lançamento, adensamento e cura. Algumas características especiais (resistência ao ataque de gelo) somente são economicamente viáveis com o uso de aditivos. Às vezes, observa-se que um aditivo tem melhor efeito sobre um cimento que sobre outro, devido à composição química dos cimentos ser diferente. (HELENE, 1993)

Para explicar este fato, de início deve-se examinar a ação dos aditivos. Primeiramente, alguns aditivos reagem de maneira física. Nestes casos, existe um mínimo ou mesmo nenhuma interação química entre cimento / aditivo. A ação destes aditivos é praticante igual para todos os tipos de cimentos. Neste grupo se incluem os plastificantes, agentes incorporadores de ar. (KATTAR & CRUZ, 1993; HELENE, 1993)

Os aditivos que reagem de maneira química, como os aceleradores e retardadores de pega, podem ter um “maior ou menor” efeito sobre os processos químicos, levando ao endurecimento diferenciado nos cimentos, conforme a composição química de cada um. (KATTAR & CRUZ, 1993; HELENE, 1993)

Este “maior ou menor” efeito levanta uma questão: O que pode ser feito para minimizar este efeito? Nesta pesquisa já foi mencionado que a produção do cimento Portland é específica e em grande quantidade o que implica, que qualquer modificação no processo fica associada a um grande aumento de custo. Por esta razão, as modificações, nestes casos, devem ser feitas no aditivo, devido aos seguintes efeitos: (KATTAR & CRUZ, 1993; HELENE, 1993)

Envolvimento de recursos infinitamente menor;

Grande disponibilidade de produtos químicos para substituição.

A norma NBR 12655/ 2006, especifica consumo mínimo 300 kg de cimento Portland por m³ de concreto estrutural e 250 kg para os concretos sem resistência aos efeitos externos (físico ou químico).

Experiências têm mostrado que os problemas ocorridos nos concretos não são provenientes de insuficiência de resistência mecânica, quando seguidas as especificações de consumo mínimo. (HELENE, 1993)

Não é necessário explicar a enorme importância de um baixo fator água/cimento(a/c), para realizar um concreto de qualidade, pois este é um dos princípios fundamentais da tecnologia do concreto. Um baixo fator a/c melhora as propriedades de resistência, retratação, fluência e especialmente a permeabilidade de água no concreto, que é decisivo para sua durabilidade, uma vez que a infiltração de água deteriora o concreto através dos efeitos químicos. (HELENE, 1993).

2.3.2 Agregados

Os agregados podem ser de origem naturais ou artificiais e formam o esqueleto do concreto. Eles tem uma importância muito grande no concreto, influenciando positivamente sobre algumas características como retração e resistência mecânica.

2.4 Execução

A seguir será descrita a execução de pavimentos de concreto simples com juntas serradas que são os mais usuais no Brasil.

As juntas transversais e longitudinais são importantes, pois auxiliam na redução das tensões de tração na flexão que surgem no interior do CCP devido à ação de cargas rodoviárias e /ou do diferencial térmico. A serragem de juntas disciplina o aparecimento de fissuras por retração plástica e térmica das placas de concreto, evitando que ocorra aleatoriamente, o que comprometeria o comportamento estrutural admitido durante a fase de projeto.

Durante a execução do pavimento, as juntas longitudinais podem ser construídas com o uso de barras de ligação que têm como função manter unidas placas de concreto adjacentes. A transferência de carga de uma placa para outra é dada pela utilização de barras de transferência de carga colocadas nas juntas transversais e também pelo intertravamento de agregados entre diferentes placas nas juntas transversais.

A espessura em pavimentos rodoviários ou industriais varia geralmente de 150 a 300 mm, já em pavimentos aeroportuários ou portuários a espessura varia entre 300 e 500 mm.

As etapas construtivas do pavimento de concreto simples são: preparação do subleito; preparação da base; produção, transporte, lançamento, distribuição; adensamento; nivelamento; acabamento; texturização da superfície; cura do CCP; serragem (corte) de juntas; selagem de juntas.

Cada uma dessas etapas são essenciais para o sucesso da obra. A regularização e uniformização do valor de suporte, como ilustrado na figura 1, ajuda a eliminar o fenômeno de bombeamento, aumentar o valor do módulo de reação do subleito (K) ou agregar capacidade estrutural ao pavimento de CCP.



Figura 1 - Uniformização do suporte

A produção do concreto deve seguir o recomendado pelas boas práticas, utilizando-se concretos dosados em centrais (figura 2) e realizando o controle tecnológico e de qualidade efetivamente, em todas as etapas.



Figura 2 - Central de concreto

Já as barras de transferência de carga são de grande importância principalmente para adoção de tráfego pesado, controle do escalonamento (faulting), muitas vezes adotados em combinação com placas curtas e sub-bases estáveis e não erodíveis. A sua colocação segue o ilustrado na figura 3.



Figura 3 - Barras de transferência e de ligação

Deve-se também dar muita importância à drenagem, utilizando os drenos de bordo longitudinal.

Os equipamentos são de muita importância para a realização das obras. Existem diversas marcas e modelos de régua vibratórias, de vibroacabadoras, as fôrmas fixas, fôrmas deslizantes e equipamento de alto rendimento (figura 4).



Figura 4 - Equipamento utilizado no Rodoanel de São Paulo

A texturização da superfície está ilustrada na figura 5 e as execuções das juntas (serragem), figura 6. Deve-se tomar cuidado para que no corte e selagem de juntas não ocorram riscos na execução. As juntas devem, preferencialmente serem perpendiculares com diminuição do espaçamento, sendo que as juntas são geralmente do tipo serradas.



Figura 5 - Texturização da superfície



Figura 6 - Corte de juntas

Para o sucesso do pavimento de concreto de cimento Portland, deve-se executar todas as etapas seguindo as boas práticas da engenharia, atendendo-se com relação ao concreto de cimento Portland, as especificações vigentes desde a escolha dos materiais, dosagem, mistura, transporte, lançamento, distribuição; adensamento; nivelamento; acabamento; texturização da superfície; cura; serragem (corte) de juntas; selagem de juntas.

Cabe ressaltar que existem diversos tipos de dosagem, que foram sendo desenvolvidos por diversos laboratórios. Como o objetivo dessa pesquisa é estudar a possibilidade de utilização de materiais reciclados a partir de materiais usualmente submetidos a ensaios em laboratórios de controle tecnológico, no capítulo 3 será apresentado os tipos de dosagem mais usuais e suas peculiaridades.

3. DOSAGEM

3.1 Generalidades

O estudo da dosagem dos concretos de cimento Portland se compõe dos procedimentos necessários à obtenção da melhor proporção entre os materiais constitutivos do mesmo, que é denominado de traço. Essa proporção pode ser expressa em massa ou em volume, sendo preferível e sempre mais rigorosa a proporção expressa em massa seca de materiais (IBRACON, 2005).

Para este autor existem vários materiais passíveis de uso nos concretos e que podem ser utilizados num estudo de dosagem, como os diversos tipos de cimentos, os agregados graúdos, os agregados miúdos, a água, o ar incorporado, os aditivos, as adições, os pigmentos e as fibras. Com relação aos agregados, cabe fazer menção à diferença entre agregados reciclados, artificiais e naturais (IBRACON, 2005).

Baseado na massa específica, o concreto pode ser classificado em três grandes categorias. O concreto contendo areia e seixo rolado ou pedra britada, cuja massa específica geralmente é da ordem de 2400 kg/m^3 e é chamado concreto de massa normal ou concreto corrente sendo mais usado em peças estruturais. Para aplicações em que se deseja uma alta relação resistência / peso, é possível reduzir a massa específica do concreto, usando-se certos agregados naturais ou processados termicamente que possuam baixa densidade. O termo concreto leve é usado para concreto cuja massa específica é menor que 1800 kg/m^3 . Por outro lado, concretos pesados, usados às vezes na blindagem de radiações, são produzidos a partir de agregados de alta densidade e que geralmente apresentam uma massa específica superior a 3200 kg/m^3 . (PETRUCCI, 1987)

O concreto para fins estruturais é classificado em dois grupos de resistência (NBR 8953/1992), I, com valores da resistência característica à compressão (f_{ck}) de 10 a 50 MPa e II, de 55 a 80, determinada a partir do ensaio de corpos de prova preparados conforme preconizado pela NBR 5738/2008 e rompidos conforme a NBR 5739/2007.

Dentro dos grupos, os concretos com massa específica seca entre 2000 kg/m^3 e 2800 kg/m^3 , considerados normais, são designados pela letra C seguida do valor da resistência característica à compressão (f_{ck}), expressa em MPa. A NBR 8953/1992 também classifica os concretos leves como aqueles que possuam uma massa específica seca inferior a 2000 kg/m^3 .

O concreto de resistência moderada é o concreto normal ordinário ou corrente, usado na maioria das obras. O concreto de alta resistência é usado para aplicações especiais.

Não é possível listar aqui todos os tipos de concreto. Há inúmeros concretos modificados que são denominados especificamente pelo nome: por exemplo, concreto reforçado com fibras, concreto com cimento expansivo, concreto modificado com látex (IBRACON, 2005).

A resistência mecânica do concreto tem sido parâmetro de interesse principal dos projetistas de CCP, porém o crescimento do custo de reposição de estruturas degradadas está forçando os técnicos a tomarem consciência dos aspectos de durabilidade. Os usos de concreto estão sendo estendidos a ambientes cada vez mais hostis como as estruturas construídas em regiões litorâneas.

Em geral, as metodologias de dosagem de concreto encaram a questão da durabilidade pelo parâmetro relação água/cimento. É normal ser adotado, nos procedimentos de dosagem, um valor-limite dessa relação a ser empregada no amassamento das misturas de concreto. Embora os valores-limites se correlacionem genericamente com a aptidão do concreto em resistir ao ataque dos meios agressivos, à medida que a compacidade dos concretos resulte diferente, esses valores podem estar associados a estruturas porosas com distintas capilaridades e permeabilidades.

A água através da estrutura porosa do concreto exerce a função de vetor de transferência dos elementos agressivos. A estrutura porosa depende não só da relação

água/cimento empregada mas também de um proporcionamento que atinja a compacidade ótima da mistura.

3.2 Dosagens Usuais

As dosagem de concretos, relativas à durabilidade, comparam-se, neste trabalho, as características de difusibilidade e compacidade obtidas em concretos dosados por quatro diferentes metodologias, entre elas: os métodos do Instituto Nacional de Tecnologia (INT), da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), atualmente com uma adaptação do método americano do ACI, do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), o método do Instituto Tecnológico do Estado do Rio Grande do Sul (ITERS), e o desenvolvido por O'Reilly (O'REILLY, 1998; IBRACON, 2005).

Cabe ainda lembrar a existência da norma DNIT 054/2004 PRO – Pavimento Rígido – Estudo de traços de concreto e ensaios de caracterização de materiais. – Procedimento, que será utilizado como material de referência para caracterização e definição de qualidade de traço.

As diferenças essenciais dos métodos de dosagem de concreto empregados neste estudo, levam em conta dois aspectos principais: a fixação inicial de relação agregado graúdo/miúdo e a determinação do consumo de cimento, a partir da relação água/cimento e trabalhabilidade conhecidas.

Helene (IBRACON, 2005) engloba os requisitos usuais a serem atendidos em:

1. Resistência mecânica do concreto: é o parâmetro mais freqüentemente especificado. Para pavimentos é utilizada a resistência à tração por flexão. Este parâmetro tem sido usualmente utilizado como parâmetro principal de dosagem e controle da qualidade dos concretos destinados a obras correntes. No Brasil, os métodos para obtenção da resistência à tração por flexão do concreto estão especificados nos métodos de ensaio da NBR 5738/2008 e NBR 12142/1991, no procedimento de projeto da NBR 6118/2007 e no procedimento de execução NBR 14931/2004. Caso o parâmetro principal a ser atendido seja a resistência à

compressão, esta deverá encaixar-se nas faixas determinadas pela NBR 8953/1992.

2. Trabalhabilidade adequada a cada situação particular. Cabe adequar as condições de execução de maneira atender os projetos arquitetônicos e estruturais (fôrmas, taxas de armadura, detalhes geométricos), os equipamentos a serem utilizados (bomba, carrinhos, giricas, caçambas, projeção, submerso, auto-adensável), o tipo de acabamento (sarrafeado, polido, lixado, aparente, desempenado) e as condições ambientais (temperatura, insolação, ventos, umidade relativa). Os concretos devem ser coesos e viscosos, ou seja, para cada caso devem permitir o transporte adequado até sua produção final, de maneira a não apresentarem segregação, exsudação, bicheiras, variação de cor e escorrimentos exagerados. No Brasil, quanto aos fatores intrínsecos ao concreto adota-se a consistência do concreto fresco (NBR NM 67, 1996) como o parâmetro principal e a NBR NM 68/1998.
3. Durabilidade: A durabilidade depende tanto de fatores extrínsecos aos concretos, tais como chuvas ácidas, umidade relativa, presença de sais, maresia, natureza das solicitações mecânicas a que ficarem sujeitos (carga monotônica, cíclica, longa ou curta duração, impactos), quanto de fatores intrínsecos, tais como tipo de cimento, relação a/c; aditivos; adições e outros. O conceito de durabilidade está associado à permeabilidade, à penetração de agentes agressivos em materiais porosos, ao dos mecanismos de transporte ou de: capilaridade, difusibilidade e migração iônica. Do ponto de vista do projeto estrutural, a NBR 6118/2007, a NBR 12655/2006 e a NBR 14931/2004 colocam algumas premissas quanto: à espessura mínima de cobrimento de concreto à armadura, resistência à compressão mínima, relação água/cimento máxima e ao consumo mínimo de cimento, conforme as condições de exposição previstas a que estarão submetidos os elementos estruturais de uma obra ao longo de sua vida útil.
4. Deformabilidade: cada vez mais a retração hidráulica, a deformação inicial ou imediata e principalmente a deformação lenta (fluência) do concreto têm sido especificadas pelos projetistas estruturais mais esclarecidos. Essas deformações têm grande repercussão quando se trata de pavimentos. Por essa razão, vêm

sendo incluídas como requisitos importantes nos estudos de dosagem. As deformações do concreto podem ser medidas por meio dos métodos NBR 8224/1983, NBR 8522/2003 e NBR NM 131/1998.

Não existe uma dosagem específica para pavimentos de concreto de cimento Portland e nem uma única, sendo que vários métodos têm sido utilizados, desde que atendendo todos os requisitos especificados pelo projeto. Na tabela 1 estão apresentadas algumas diferenças entre os métodos mais usuais.

Tabela 1: Diferenças Essenciais dos Métodos de Dosagem de Concreto (O'REILLY – 1998)

Método De dosagem	Relação agregado graúdo/miúdo	Consumo de Cimento
INT	Em função de uma composição granulométrica que se adapte a curvas-padrão	Em função do fator a/c e da porcentagem água/mistura seca que, por sua vez, depende de $D_{máx}$ do processo de adensamento
IPT	Em função da relação areia/pedra mais adequada	Experimentalmente em função da trabalhabilidade desejada
ABCP	Em função da relação das massas unitárias compactadas do agregado graúdo e das massas específicas dos agregados	Com auxílio da trabalhabilidade relacionando o traço fator a/c
O'Reilly	Em função da relação ótima da mistura de agregados	Experimentalmente em função da trabalhabilidade desejada
ACI	Em relação da massa unitaria	Relacionando ao fator a/c

3.3 Comparação entre Dosagens

3.3.1 Método INT

Em síntese, o método de dosagem do INT (Instituto Nacional de Tecnologia). (O'REILLY -1998)

- a) Determinação da relação água/cimento em função da resistência desejada e da durabilidade. Para tal, pode-se fazer uso de qualquer tabela ou gráfico que relacione essas funções.
- b) Fixação da relação água/materiais secos (H) em função da consistência desejada ou por meio de correlações tabeladas entre a dimensão máxima do agregado graúdo e o procedimento de adensamento do concreto.

- c) Determinação da quantidade total de agregados (m) pela equação:

$$m = \frac{100 \pm \frac{a}{c}}{H} \times 100 \quad (1)$$

- d) Divisão de (m) em proporções de agregado graúdo e miúdo mediante curvas granulométricas-padrão ou de valores tabelados.
- e) Determinação da quantidade de cimento (em porcentagem) é realizada pela expressão:

$$c = \frac{1}{1 + m} \times 100 \quad (2)$$

- f) Com o traço inicial 1 : a: p e a/c definido, faz-se a mistura em laboratório para a qual se confere a consistência desejada; se for necessário aumentar ou diminuir a quantidade de água para a qual se confere a consistência desejada, recalcula-se “m” e repetem-se novamente as etapas descritas.

3.3.2 Método IPT

O método de dosagem do IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo): (O'REILLY -1998)

- a) Estabelecimento da dimensão máxima do agregado ($D_{máx}$) e das proporções para mistura de agregados graúdos e miúdos;
- b) Estimativa da relação água/cimento e do teor agregado / cimento (m), mediante gráficos ou tabelas que correlacionem a resistência mecânica requerida a relações água/cimento estimadas para atingir a dita resistência;
- c) Determinação experimental da proporção (A_s) de argamassa seca/concreto seco;
- d) Confecção dos traços “rico”, “médio” em conteúdo de cimento;
- e) Tratamento dos resultados dos ensaios de compressão, ajustamento das curvas segundo as leis constitutivas e escolha do traço-solução.

3.3.3 Método ABCP

O método de dosagem proposto pela Associação Brasileira de Cimento Portland. (O'REILLY -1998)

- a) Determinação da relação água/cimento em função da resistência desejada e da durabilidade do concreto; para tal, pode-se fazer uso de tabelas e outras informações que correlacionam essas funções;
- b) Em função da relação água/cimento definida do tipo adensamento e da dimensão máxima do agregado graúdo, determina-se o teor inicial (m_i) agregado/cimento;
- c) Conhecidos o teor inicial (m_i) agregado/cimento, a dimensão máxima do agregado graúdo, o tipo areia e o processo de adensamento, procura-se nos valores tabelados o correspondente valor da relação proporção de agregado graúdo/massa unitária do agregado graúdo compactada;

- d) Determinado o traço inicial $1 ; a_i ; p_i ; (a/c)_i$, verifica-se em laboratório a consistência desejada, observando a mistura de modo a corrigir o excesso ou a falta de um outro material. Com a quantidade de água definida, obtém-se o traço básico a partir do qual se determina o novo valor de (m) pela equação:

$$m_f = \frac{m_b + \frac{y_m}{y_c}}{(a/c)_b} \times (a/c) - \frac{y_m}{y_c} \quad (3)$$

onde: m_b = teor agregado / cimento do traço básico, y_m e y_c são respectivamente as massas específicas média dos grãos de agregados e do cimento, $(a/c)_b$ = relação água/cimento desejada;

- e) A parcela final de agregado gráudo p_f em relação a m_f será determinada pela equação abaixo, resultando na obtenção do traço final, que com grande probabilidade será inteiramente satisfatório quanto à consistência e à coesão desejadas; caso contrário, o trabalho experimental deverá ser retomado:

$$P_f = \frac{m_f + 2}{m_b + 2} \times P_b \quad (4)$$

3.3.4 Método O'Reilly

O método O'Reilly descrito em detalhes na transferência: (O'REILLY, 1998)

- Determinação pelo método experimental da relação ótima da mistura agregado miúdo/agregado gráudo.
- Determinação da quantidade de água necessária para obter a consistência requerida à mistura de concreto.
- Determinação da característica A do agregado gráudo pelo método experimental ou pelo método físico-matemático.
- Determinação da quantidade de cimento e finalmente do traço-solução.

3.3.5 Método ACI American Concrete Institute

O ACI Standard Practice ACI 211, descreve um método de dosagem de concretos com cimento Portland com ou sem adições e também com aditivos. Deve ser lembrado que esse método resulta uma primeira aproximação de proporções a serem usadas em misturas experimentais. Em essência, do ACI 211.1-91 consiste em uma sequência de passos lógicos e diretos que levam em conta as características dos materiais que serão usados. Essa sequência será descrita a seguir. (O'REILLY, 1998)

Passo 1: fixação do abatimento

No momento da dosagem, o abatimento deve ser determinado pelas exigências da construção. Deve se observar que o abatimento deve ser especificado não por um valor mínimo, mas também ser fixado um limite máximo. Isso é necessário para evitar segregação quando uma mistura sem um valor máximo especificado de abatimento se apresenta com excesso de água.

Passo 2: fixação do tamanho máximo do agregado

Isso também deve ser decidido pelo projetista estrutural, considerando as características geométricas das partes da estrutura e o espaçamento da armadura, ou alternativamente, por razões de disponibilidade.

Passo 3: estimativa dos teores de água e de ar

O teor de água necessário para se obter um determinado abatimento depende de diversos fatores: o tamanho máximo, a forma, a textura e a granulometria do agregado; o uso de aditivos com propriedades plastificantes ou de redução de água; e a temperatura do concreto. Devem se usar tabelas interrelacionado essas propriedades, a menos que se disponha de experiência anterior. Como alternativa, podem ser usados os valores recomendados pelo ACI 211.1-91; é mostrada uma seleção desses valores. Para uso dessas tabelas, devem ser levados em conta os comentários e notas da tabela do ACI 211.1-91, não apresentados.

Os valores são típicos para agregados angulosos bem conformados com o que se pode considerar uma “boa” granulometria. Com agregado graúdo arredondado, pode-se

esperar uma redução do teor de água em cerca de 18 kg/m^3 , no caso de concretos ser ar incorporado, e de 15 kg/m^3 em concretos com ar incorporado. Os aditivos redutores de água, e mais ainda os superplastificantes, reduzem significativamente os teores de água. Deve ser lembrado que a parte líquida dos aditivos constitui parte da água de amassamento.

Também dá os teores de ar aprisionado que se podem esperar. Esses valores podem ser úteis para o cálculo da massa específica do concreto adensado e do rendimento.

Passo 4: fixação da relação água/cimento

Há dois critérios para a fixação da relação água/cimento: resistência e durabilidade. Quanto à resistência, deve haver uma diferença apropriada entre o valor médio pretendido e o valor “mínimo” especificado. O termo “cimento” se refere à massa total de material cimentício; a sua escolha deve ser feita observando vários fatores, tais como desprendimento de calor, velocidade de aumento de resistência a diversos tipos de ataque, de modo que se determina o tipo de cimento composto a ser usado no início do procedimento da dosagem. É para o cimento que vai ser usado que se deve estabelecer a dependência entre a relação água/cimento e a resistência, dentro de um certo intervalo de resistências.

Quanto à durabilidade, a relação água/cimento pode ser estabelecida pelo projetista estrutural ou por uma norma de projeto. É fundamental que a relação água/cimento escolhida seja a menor dos dois valores obtidos a partir de considerações de resistência e de durabilidade.

Quando se usam materiais cimentícios diferentes, deve ser lembrada a diferença de massas específicas : os valores típicos são: 3150 kg/m^3 para o cimento Portland, 2900 kg/m^3 para a escória granulada de alto forno e 2300 kg/m^3 para a cinza volante.

Passo 5: cálculo do teor de cimento

A partir dos valores obtidos nos passos 3 e 4 se obtém diretamente o teor de cimento: é igual ao resultado da divisão do teor de água pela relação água/cimento. No entanto, se, devido à questão da durabilidade, houver um requisito de um valor limite de teor água/cimento, deve ser considerado o maior dos dois teores de cimento obtidos.

Passo 6: cálculo do teor de agregado graúdo

Neste ponto admite que o valor ótimo da relação entre o volume do agregado graúdo e o volante total do concreto depende somente do tamanho máximo e da granulometria do agregado. A forma as partículas do agregado graúdo não entra diretamente nessa relação porque, por exemplo, um agregado graúdo britado tem um volume solto maior para uma igual massa (isto é, menor massa unitária) do que um agregado bem arredondado. Assim, o fator de forma é automaticamente levado em conta na determinação da massa unitária. Mostra o valor ótimo do volume de agregado graúdo quando usado com agregados miúdos com diferentes módulos de finura. Esse volume é transformado em massa de agregado por metro cúbico de concreto multiplicando o valor da tabela pela massa unitária de agregado seco compactado, em kg/m^3 .

Passo 7: cálculo do teor de agregado miúdo

Neste passo, a massa de agregado miúdo é a única quantidade desconhecida. O volume absoluto dessa massa pode ser obtido subtraindo o total dos volumes absolutos da água, do cimento, do ar incorporado e do agregado graúdo do volume do concreto, ou seja, 1 m^3 . Para cada material constituinte, o volume absoluto é igual à massa dividida pela massa específica do material (em kg/m^3).

Multiplicando-se o volume absoluto do agregado miúdo pela respectiva massa específica, se tem a quantidade desse material em massa.

Como alternativa, a massa do agregado miúdo pode ser obtida diretamente subtraindo-se a massa total dos demais constituintes da massa da unidade de volume de concreto, se esta pode ser avaliada pela experiência. Este procedimento é um pouco menos preciso do que o método dos volumes absolutos.

Passo 8: Ajustantes das Proporções da Mistura

Como qualquer outro processo de dosagem, devem-se fazer misturas experimentais. No ACI 211.1-91 se encontram sugestões, por meio de algumas regras práticas, para ajustagem da mistura. Em termos gerais, é importante lembrar que, se a trabalhabilidade deve ser modificada sem variação da resistência, não se deve alterar a relação água/cimento.

Podem-se fazer alterações da relação agregado/cimento, ou na granulometria, se houver agregados disponíveis; a granulometria sobre a trabalhabilidade.

Inversamente, mudanças de resistência sem variação da trabalhabilidade podem ser feitas variando a relação água/cimento sem se alterar o teor de água da mistura. Isso significa que uma variação da relação água/cimento deve ser acompanhada de uma variação da relação agregado/cimento de modo a manter aproximadamente constante a relação:

$$\frac{\textit{água}}{\textit{água} + \textit{cimento} + \textit{agregado}} \quad (5)$$

Assim, analisando-se os procedimentos de dosagem apresentados, pelo fato de não existir nenhuma desenvolvida exclusivamente para dosagem de pavimentos de concreto de cimento Portland, nessa pesquisa será utilizado o método preconizado pelo ACI American Concrete Institute (ACI).

4. ENSAIOS DE CONTROLE TECNOLÓGICO DE QUALIDADE DO PAVIMENTO DE CONCRETO DE CIMENTO PORTLAND

O concreto como qualquer outro produto industrializado que desempenha função de responsabilidade, precisa ser submetido ao processo de controle tecnológico da qualidade.

Há um número de variáveis que influenciam nas características do concreto, além de rigorosa seleção, ensaios de recebimento dos materiais e de estudo de dosagens, é indispensável, como para os demais produtos industriais normalizados, o controle tecnológico do concreto e das demais características do produto final concreto armado (CA).

A eficiência da utilização de um programa de controle tecnológico do concreto visa facilitar e atender rigorosamente as premissas de projeto, especificações e normas técnicas produzindo um bom produto, com o cumprimento dos prazos previstos e a redução do espaço durante a execução dos pavimentos, além de otimizar o uso de fôrmas e economizar no consumo de Cimento Portland.

Nas ilustrações das figuras 7 e 8 estão apresentados o diagrama de serviços de controle tecnológico em centrais e materiais para os componentes do concreto e para os ensaios da obra (ABRATEC, 2005).

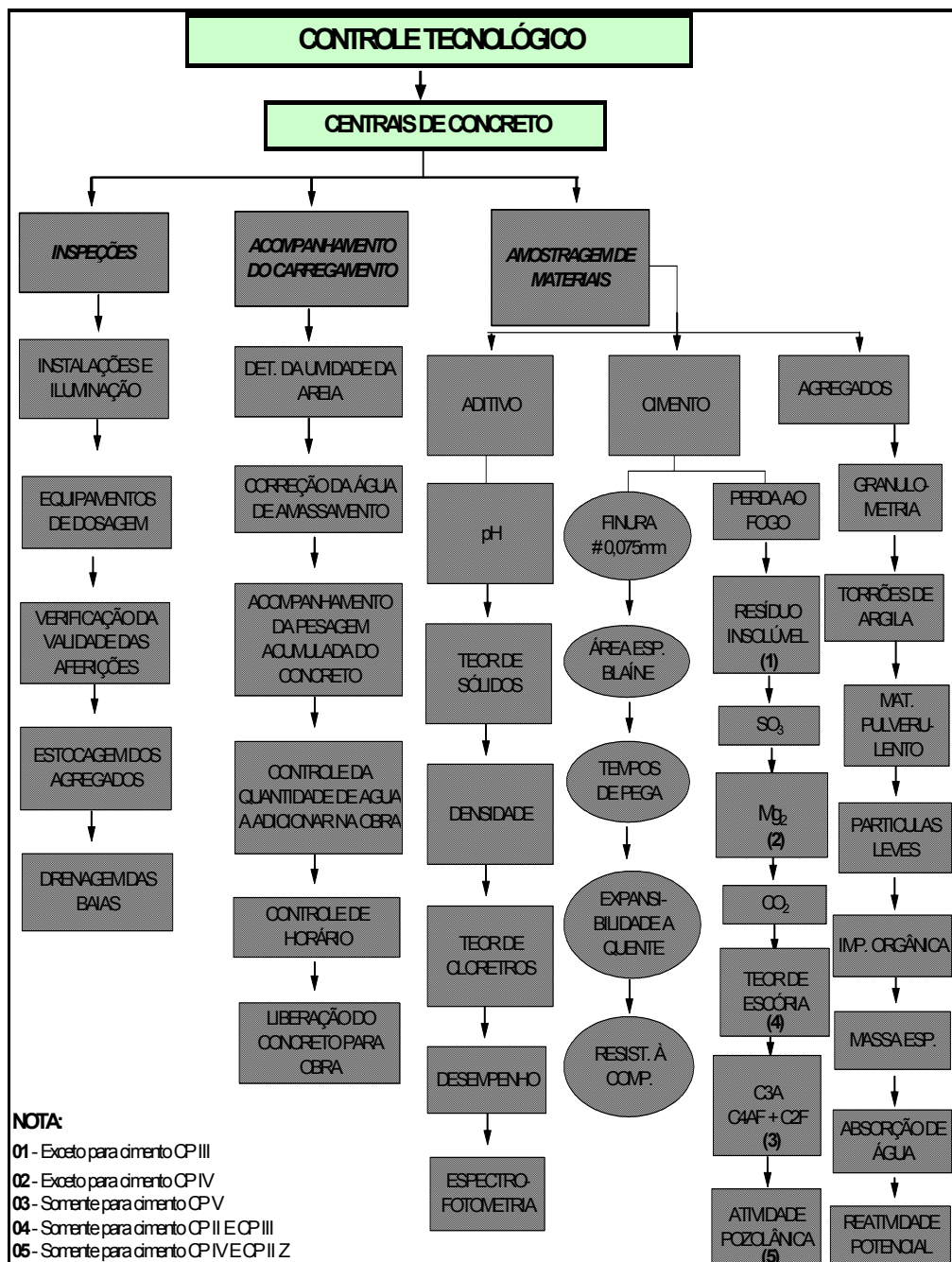


Figura 7: Diagrama de serviços de controle tecnológico em centrais e materiais Componentes do concreto (ABRATEC, 2005)

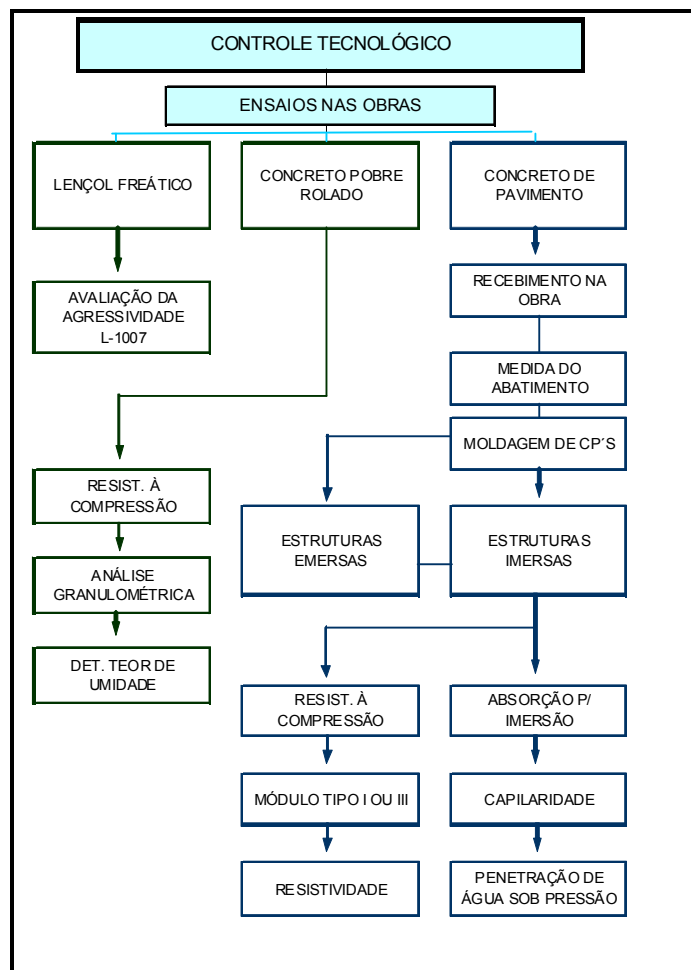


Figura 8: Diagrama de serviços de controle tecnológico em centrais e materiais – Ensaaios da obra. (ABRATEC, 2005)

Trata-se de um processo real e verdadeiro que visa o registro e a garantia da conformidade ou fatos não conformes e ações corretivas dos concretos produzidos e aplicados em pavimento de concreto.

Deve ser ressaltado que o concreto para cada tipo de estrutura deve atender as exigências apresentadas nas normas vigentes da ABNT, a saber:

- Concretos para fundações – NBR 6122 (1996). considerando o tipo de fundação que pode ser rasa, profunda ou mista; dimensões e respectivas providências para minimizar efeitos danosos provocados pelo calor de hidratação gerado pelo cimento do concreto e ao mesmo tempo, o atendimento às exigências da NBR

6118 (2007) quanto à relação água/cimento, espessura de cobrimento e grau de agressividade;

- Concreto para superestrutura devem atender as especificações da NBR 6118 (2007) em se tratando da qualidade, durabilidade e da NBR 14931 (2004), que trata da execução de estrutura de concreto.

4.1 Etapas de Controle

O controle tecnológico de concreto abrange 3 etapas distintas ou complementares, são estas:

- Controle dos materiais constituintes e da produção;
- Controle do concreto fresco;
- Controle do concreto endurecido.

4.1.1 Nível de Controle Tecnológico

Conforme o nível de qualidade desejado, maior ou menor devem ser a intensidade, rigor, processo de controle, amostragem, tipo de ensaio e resultados para determinado empreendimento e a grande responsabilidade da estrutura. Em outros termos o nível de controle tecnológico praticado em uma estrutura para durar 20 anos não pode ser o mesmo para uma estrutura cuja vida útil seja de 100 anos ou ainda, as exigências quanto ao grau de agressividade em ambiente agressivo forte e muito forte não pode ser o mesmo para ambiente moderado. A consulta de um tecnólogo é importante no dimensionamento do controle, cujo preço será equilibrado com o nível do controle tecnológico.

4.1.2 Etapas de Execução do Concreto e do Controle Tecnológico durante o preparo e Produção.

Caracterização dos Materiais Componentes do Concreto – Controle dos Materiais:
Os ensaios para recebimento, controle tecnológico e caracterização do cimento, agregados, água de amassamento, adições e aditivos devem ser executados conforme preconizado pela NBR. 12654 (1992).

Ensaios de Controle Tecnológico do Cimento: O controle tecnológico para recebimento do cimento Portland pode ser executado através de ensaios físicos e químicos, exigidos para cada tipo e devem atender os requisitos da NBR 5732 (1991) para o cimento CP I e CP IS, NBR 5733 (1991) para o cimento CP V, NBR 5735 (1991) para o cimento CP III, NBR 5736 (1991) para o cimento CP IV, NBR 5737 (1992) e NBR 11578 (1991) para os cimentos resistentes aos sulfatos, identificados pela sigla RS em sua embalagem e para os cimentos compostos CP II-E, CP II-Z e CP II-F.

Os ensaios físicos são:

- Finura na peneira 0,075 mm * - NBR 11579/1991;
- Área específica * - NBR NM 76/1998;
- Tempos de pega * - NBR NM 65/2003;
- Expansibilidade de Le Chatelier – NBR 11582/1991 ;
- Resistência à compressão * - NBR 7215/1996.

*** Ensaios mínimos de recebimento para o cimento**

Quanto à análise química:

- Perda ao fogo – NBR NM 18/2004;

Nota: Outras exigências físicas e químicas, facultativas, podem ser solicitadas pelo profissional especializado ou responsável pelo empreendimento, destacam-se a determinação do teor de escória para cimentos CP II-E e CP III, teor de pozolana para o CP IV e CP II-Z e a atividade pozolânica do CP IV, calor de hidratação também pode ser necessário para estudo de dosagem de concreto massa.

Ensaio de Controle Tecnológico de Agregados

A NBR 12654/1992 define em seus procedimentos o controle tecnológico dos agregados em ensaios de qualificação cujos parâmetros a serem atendidos são definidos pela NBR 7211/2005 e, em ensaios de recebimento.

Os ensaios para qualificação são mais abrangentes, compreendem os ensaios de recebimento e ensaios especiais tais como:

- – ASTM C 295/2003;
- Determinação da reatividade potencial álcalis-agregado da combinação, cimento-agregado – NBR 9774/1987, NBR 10340/1988 e ASTM C 1260/2007;
- Determinação da resistência ao esmagamento de agregados graúdos - NBR 9938/1987;

Ensaio de qualificação para agregados miúdo e graúdo:

- Análise granulométrica * – NBR NM 248/2003;
- Determinação da massa unitária – NBR 7251/1982;
- Determinação do teor de argila em torrões e materiais friáveis* – NBR 7218/1987;
- Determinação do teor de materiais pulverulentos* – NBR NM 46/2003;
- Determinação do teor de partículas leves* – NBR NM 53/2003;
- Determinação do teor de cloretos e sulfatos solúveis em água – NBR 9917/1987;
- Determinação de impurezas orgânicas húmicas em areia natural – NBR NM 49/2001;
- Ensaio de qualidade em areia - NBR 7221/1987;
- Determinação do inchamento da areia – NBR 6467/2006;
- Determinação da massa específica da areia – NBR NM 52/2003;
- Agregado miúdo - Determinação da absorção de água– NBRNM30/2001;
- Agregado graúdo - Determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água NBRNM53/2003;
- Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios – NBRNM45/2006;
- Agregado graúdo - Determinação do índice de forma pelo método do paquímetro - Método de ensaio – NBR 7809/2006;
- Determinação do Abrasão “Los Angeles” – NBR NM 51/2001;

*** Ensaio mínimos de recebimento dos agregados**

Ensaio de Controle Tecnológico de Água de Amassamento do Concreto

O controle é feito pela NM 137/1997 – “Argamassa e concreto - Água para amassamento e cura de argamassa e concreto de cimento Portland”, conforme item 4.1.4., a periodicidade pode ser a cada 6 meses ou sempre que houver suspeitas sobre a qualidade da água fornecida.

Quando a água for de poço artesiano, a amostragem deve ser conduzida por profissional especializado e equipamentos de amostragem adequados ao processo.

Ensaio de Controle Tecnológico de Aditivos

Durante o estudo de dosagem, fase em que se define o tipo de dosagem de aditivos para melhorar o desempenho do concreto fresco e do concreto endurecido recomenda-se a execução de ensaios para controle de qualidade e de recebimento dos produtos (ver item 4.1.3) os ensaios de uniformidade segundo a NBR 10908/1990 permitem monitorar a produção destes aditivos. Variações destes parâmetros (pH, teor de sólidos e massa específica) podem perturbar as características do traço de concreto nas primeiras idades (tempo de pega, endurecimento e resistência inicial).

Outros ensaios para avaliar a qualidade dos aditivos podem ser exigidos para atendimento da NBR 11768/1992 – Aditivos para concreto de cimento Portland - Especificação e NBR 12317/1992 – Verificação de desempenho de aditivos para concreto – Procedimento. Normalmente, estes dois processos são recomendados para qualificar produtos e em testes comparativos de desempenho.

Outra informação importante é evitar que a parte sólida do aditivo seja descartada para regiões inferiores do reservatório ou da própria embalagem, para tanto, antes do uso, o produto deve ser agitado, conforme orientações do fabricante, o ensaio de densidade facilita este controle.

Ensaio de Controle Tecnológico de Adições Minerais no Concreto

Consideram-se adições minerais os materiais de natureza hidráulica latente tais como a sílica ativa, a escória granulada de alto forno, metacaulin, pozolanas naturais e artificiais, e os produtos inertes tais como os pigmentos destinados a colorir o concreto.

Para os materiais de natureza hidráulica latente, o desempenho pode ser avaliado através de ensaios para determinar o índice de atividade pozolânica com o cimento Portland, conforme NBR 5752/1992.

Ensaio comparativos entre traço de referência sem adição, e outros com adições, para verificação das propriedades do concreto fresco e endurecido, bem como a compatibilidade, também, são possíveis e orientativos.

Controle Tecnológico da Produção do Concreto

Este procedimento é muito bem definido na NBR 12655/2006. Existem duas modalidades de preparo do concreto:

- Concreto preparado pelo executante da obra ;
- Concreto preparado por empresa de serviços de concretagem. Segundo a NBR 7212/1984, a mesma assume a responsabilidade pelo serviço e deve cumprir as prescrições relativas as etapas de execução que compreendem desde a caracterização dos materiais componentes do concreto até o local de entrega, conforme contrato de fornecimento.

Controle Tecnológico do Concreto Preparado Pelo Executante da Obra

A aceitação do concreto fresco se faz pelo ensaio de consistência através da medida do abatimento quando:

- Na primeira amassada do dia;
- Ocorrer alterações na umidade dos agregados;
- Na moldagem dos corpos de prova;
- Na troca da equipe de operadores no preparo do concreto;
- Paralisação e reinício da concretagem por período de pelo menos duas horas.

Rotineiramente, este tipo de controle tecnológico é exercido por um auxiliar de laboratorista experiente que, também acompanha a medida dos materiais componentes do traço de concreto.

Controle Tecnológico do concreto Preparado por Empresa de Serviços de Concretagem

O Controle na central é executado por um laboratorista experiente e mediante procedimentos básicos:

- Tomada de conhecimento do traço de concreto a ser fornecido, verificando as características do concreto (abatimento, fck ou outra especificação de resistência mecânica, consumo dos materiais componentes da dosagem para 1 m³, nome e endereço do local de entrega), normalmente, estas informações são fornecidas previamente a data da concretagem, inclusive de qual central será efetuado o fornecimento;
- Acompanhamento ou solicitação da determinação do teor de umidade dos agregados miúdos para correção da água de amassamento da mistura e medida do abatimento nos primeiros carregamentos;
- Vistoria e inspeção dos caminhões betoneiras para avaliação da limpeza e desgaste dos misturadores de betoneiras (facas) que devem estar em boas condições, caso contrário a mistura pode ficar heterogênea, dificultando o lançamento do concreto fresco;
- Verificação da data de aferição/calibração e validade com relação aos equipamentos de pesagem e medição de materiais componentes do concreto;
- Verificação das condições de estocagem dos agregados, visualmente são constatados se não há contaminações entre os agregados e drenagem das baias de armazenamento;
- Acompanhamento da pesagem do carregamento do traço do concreto, conferindo e registrando horários de início de mistura, da saída da central, volume de carregamento da água adicionada na central e da água retida para adição em obra, se no caso o abatimento estiver fora da faixa especificada para o lançamento, respeitando as diretrizes da NBR 7212/1984.

O acompanhamento na central controla a produção e o fornecimento do concreto, no verso do documento de entrega é carimbado um protocolo informando todas as características do carregamento.

Quando este tipo de serviço de controle tecnológico é contratado, no ato do recebimento do concreto é verificado o protocolo no verso do documento de entrega, que permite saber a quantia de água que sobrou para ser adicionada à mistura e os horários, facilitando estimar com segurança o tempo de descarga.

Este serviço é recomendado para acompanhar concretagens especiais e de grande volume ou quando há suspeitas entre o volume entregue com relação ao volume comprado, e nas características do traço. Um relatório de acompanhamento é emitido no término do serviço.

Não é necessária a moldagem de corpos de prova na central.

Outras Considerações

O usuário já deve ter observado que constantemente, a palavra recomendações é sugerida. Complementa os objetivos propostos por este documento informando o consumidor da variedade de serviços de controle tecnológico pouco praticado, talvez por desconhecimento dos benefícios quando executados e pela falta de previsão no orçamento da verba para controle.

Quando houver viabilidade para executar o controle contemplando os serviços mencionados anteriormente, o interessado deve solicitar consulta técnica a um profissional especializado de sua confiança. O ideal é fazer constar na documentação técnica do empreendimento estas exigências, ao contrário, provavelmente os serviços não serão orçados pelos concorrentes interessados em executar ou gerenciar a obra.

Controle Tecnológico do Concreto Fresco

São serviços para proceder à aceitação na obra do concreto fresco, independente da modalidade de preparo.

No ato do recebimento, após verificar e conferir no documento de entrega do concreto às características solicitadas e contratadas deve ser realizada para cada tipo de concretagem a execução dos seguintes ensaios de recebimento :

- Amostragem do concreto fresco conforme NBR NM 33/1998;
- Medida da consistência do concreto fresco pelo ensaio de abatimento – “slump test” conforme NBR NM 67/1998;
- Moldagem dos corpos de prova conforme NBR 5738/2008 e atendendo os procedimentos da NBR 7212/1984 para amostragem do concreto para moldagem dos corpos de prova.

Para concretagens especiais e para pavimentação, outros ensaios em concreto fresco podem ser exigidos a seguir:

- Determinação do teor de ar incorporado e da massa específica no estado fresco, conforme a NBR NM 47/2002 (para concreto pesado por exemplo, além do ensaio de abatimento, a verificação da densidade do concreto fresco pode ser exigida de forma total ou parcial);
- Determinação do índice de exsudação conforme a Norma NM 102/1996 ou ASTM C 232/1996. O mais comum é executar este ensaio em ambiente climatizado de laboratório durante o estudo de dosagem ou na verificação de traço proposto por empresa de serviços de concretagem. Trata-se de um ensaio muito útil para avaliar o desempenho do concreto fresco quanto às probabilidades de ocorrer fissuração por retração plástica, superfície friável com pouca resistência ao desgaste por abrasão, delaminação da superfície, etc, principalmente em concretagens de pisos de alto desempenho.
- Também para concretagens de piso ou para laje acabada, o ensaio de determinação do tempo de pega do concreto por resistência à penetração – NBRNM9/2003 pode ser útil para informar a hora de início das operações de acabamento do concreto.

Os ensaios para determinação do tempo de pega do concreto e do índice de exsudação podem ser executados em obra, quando o objetivo for comparar os resultados entre os obtidos na obra com os do laboratório.

Para concreto auto-adensável, a consistência da mistura fresca pode ser executada pelo espalhamento na mesa de Graff, - NBR NM 68/1998.

Controle Tecnológico do Concreto Endurecido

São ensaios realizados em corpos de prova moldados durante a concretagem onde os resultados obtidos servem para definir a aceitação ou rejeição do lote de concreto controlado.

A determinação da resistência à compressão simples pela NBR 5739/2007, em corpos de prova de concreto moldados durante a concretagem, atestando o fck (resistência característica do concreto à compressão) com o fck especificado. É o ensaio mais usual no serviço de controle tecnológico.

Quando outros parâmetros de controle especificados são exigidos, o controle tecnológico deve moldar corpos de prova para execução dos ensaios, conforme as normas pertinentes.

Os parâmetros em referência supracitados são:

- Resistência à tração na flexão – NBR 12142/1991 para controle de concretagem de piso ou pavimento rígido;
- Resistência à tração por compressão diametral – NBR 7222/1994;
- “Concreto - Determinação dos módulos estáticos de elasticidade e de deformação e da curva tensão-deformação” – NBR 8522/2003;
- Ensaios de durabilidade do concreto da estrutura submetida a ambientes que podem gerar algum tipo de agressividade NBR 10787/1994 – “Concreto endurecido - Determinação da penetração de água sob pressão”, NBR 9778/2005 – “Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica” e ERRATA DE MAIO DE 2006, COM 1 PÁGINA DA NBR 9778/2006 e NBR 9779/1995 – “Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água por capilaridade”.

- Ensaio de retração conforme ASTM C 157/2004 – “Standard Test Method for Length Change of Hardened Hydraulic – Cement Mortar and Concrete”, para controle em obras de piso de concreto.

Estudo de Dosagem do Concreto

Para classe de resistência C15 ou superior, a composição a ser utilizada na obra deve ser definida, em dosagem racional ou experimental, com a devida antecedência a execução das concretagens.

Para classe de resistência C10, o consumo mínimo para traço definido empiricamente, é de 300 kg/m³ (6 sacos de 50 kg).

Cálculo de Resistência da Dosagem

- É dado pela equação $\longrightarrow$ $f_{cj} = f_{ck} + 1,65 \times sd$ (6)

Onde:

- f_{cj} = resistência média do concreto à compressão, prevista para a idade de “j” dias em MPa;
- f_{ck} = resistência característica à compressão, em MPa;
- sd = desvio padrão da dosagem, em MPa;

Condições de Preparo do Concreto

- O cálculo da resistência de dosagem depende da condição de preparo do concreto:
 - Condição A - PARA CONCRETOS DE CLASSE C10 ATÉ C80. O cimento e agregados são medidos em massa, a água de amassamento é medida em massa ou volume com dispositivo dosador e corrigida em função da umidade dos agregados;

- Condição B - PARA CONCRETOS DE CLASSE C10 ATÉ C25. O cimento é medido em massa, a água é medida em volume mediante dispositivo dosador e os agregados medidos em massa combinada com volume (padiolas);
PARA CONCRETOS DE CLASSE C10 ATÉ C20. O cimento é medido em massa, a água de amassamento é medida em volume com dispositivo dosador e os agregados medidos em volume, a umidade da areia é determinada pelo menos 3 (três) vezes durante o serviço do mesmo turno e seu volume é corrigido pela curva de inchamento.
- Condição C - APLICÁVEIS APENAS A CONCRETOS DE CLASSE C10 E C15. O cimento é medido em massa, os agregados em volume, a água de amassamento é medida em volume estimando a umidade da areia pela determinação do abatimento do concreto.

- Desvio Padrão (sd) para cada condição de preparo:

- Condição A = 4,0 MPa;
- Condição B = 5,5 MPa;
- Condição C = 7,0 MPa

Nota: Em nenhuma condição, mesmo para concreto com desvio padrão conhecido, o valor do desvio padrão (sd) adotado pode ser menor que 2,0 MPa.

4.2 Ensaio de Controle de Aceitação

Ensaio de Consistência – Abatimento

- Para concreto preparado na obra:
- Na primeira massada do dia;
- Sempre que houver alteração na umidade da areia;
- Intervalo entre concretagens superior a duas horas;
- Na troca de operadores no preparo do concreto;
- Quando forem moldados corpos de prova.

- Para concreto fornecido por empresas prestadoras de serviços de concretagens:

➤ Em todas as betoneiras.

Resistência do concreto

A inspeção do concreto é feita, normalmente, pela verificação da sua resistência à tração na flexão em corpos de prova prismáticos, confeccionados e curados conforme a NBR 5738/2008, e ensaiados conforme a NBR 12142/1991.

Nos casos em que a especificação da obra assim o determine, ou quando tenha sido estabelecida através de ensaios, para o concreto em questão, uma correlação confiável, a critério da fiscalização, entre as resistências à tração na flexão e a compressão simples, a inspeção pode ser feita através da medida desta última característica do concreto.

Os lotes onde se dará a inspeção do concreto não devem ter mais de 500 m³, nem corresponder à área pavimentada com mais de 2500 m².

A cada lote de concreto corresponde uma amostra com 32 exemplares, retirados de maneira que a amostra seja representativa do lote todo e que cada exemplar por sua vez, represente um número inteiro de placas do pavimento, sendo cada exemplar composto por dois corpos de prova da mesma amassada e moldados no mesmo ato, tomando com resistência do exemplar o maior dos dois valores de resistência obtidos no ensaio.

O valor estimado da resistência característica do concreto é dado por uma das seguintes expressões, dependendo do caso: (NBR 7583/1986)

$$\begin{aligned} f_{ctM,est} &= \bar{f}_{ctM, j-0,84 s} \\ f_{ck,est} &= \bar{f}_{c j-0,84 s} \end{aligned}$$

Onde:

- $f_{ctM, est}$ = resistência característica estimada do concreto à tração na flexão;
- $f_{ctM, j}$ = resistência média do concreto da amostra à tração na flexão, na idade de j dias;
- $f_{ck, est}$ = resistência característica estimada do concreto à compressão;
- f_{cj} = resistência média do concreto da amostra à compressão, na idade de j dias;
- s = desvio padrão da resistência média da amostra, à tração na flexão ou a compressão (conforme o caso).

Calculam-se:

$$f_{ctM, j} \text{ ou } \bar{f}_{cj} = \frac{f_1 + f_2 + \dots + f_{n-1} + f_n}{n} \quad (7)$$

$$s = \left(\frac{\sum (\bar{f}_{cj} - f_i)^2}{n - 1} \right)^{0,5} \quad (8)$$

Onde:

- $f, f_1, f_2, \dots, f_{n-1}, f_n$ = resistência de um determinado exemplar;
- n = número de exemplares igual a 32.

Nos casos em que não forem obedecidos os critérios para a aceitação do lote quanto à resistência, a fiscalização faz extrair, as expensas do construtor, uma amostra de, no mínimo, seis testemunhos prismáticos ou cilíndricos (conforme o caso), que correspondem a um máximo de 100 m³ de concreto ou a um máximo de 500 m² de área pavimentada, sendo a sua extração, preparo e ensaio efetuados conforme a NBR 7680, onde aplicável a pavimentos, no caso de testemunhos cilíndricos, e conforme a ASTM C 42 até a publicação de norma brasileira a respeito da matéria, no caso de testemunhos prismáticos.

A resistência característica estimada de cada amostra obtida conforme o parágrafo acima é dada pela expressão correspondente ao caso: (NBR 7583/1986)

$$\begin{aligned} f_{ctM,est} &= \bar{f}_{ctM,j} - t_s \\ f_{ck,est} &= \bar{f}_{c,j} - t_s \end{aligned}$$

Onde os símbolos têm os mesmos significados já descritos, e t é um parâmetro estatístico que permite, para número de testemunhos menor do que 32 e os respectivos graus de liberdade, manter o mesmo nível de confiança de 80% adotados, e tem os seguintes valores:

η	v	$t_{0,80}$
30	29	0,854
25	24	0,857
20	19	0,861
18	17	0,863
15	14	0,868
12	11	0,876
10	9	0,883
9	8	0,889
8	7	0,896
7	6	0,906
6	5	0,920

O valor estimado da resistência característica calculado na seção anterior deve ser aumentado de 10% ou 15%, conforme o número de corpos de prova seja respectivamente, de até 17 ou de pelo menos 18, em virtude de se tratar da resistência do concreto na própria estrutura.

Espessura

Deve ser verificada por medição direta da altura de testemunhos cilíndricos extraídos das placas de concreto ou por meio de medidas topográficas altimétricas.

O lote onde se faz a verificação de espessura das placas de concreto não deve ser maior do que 500 m³ de concreto, nem corresponder a mais de 2500 m² de área pavimentada.

Cada lote é composto por uma amostra de, no mínimo, seis testemunhos cilíndricos, extraídos do pavimento conforme, onde aplicável a NBR 7680, de pontos estabelecidos pela fiscalização, ou seis medidas topográficas altimétricas de pontos contidos no lote e determinados pela fiscalização.

A espessura média das placas de concreto do lote inspecionado será calculada por:

$$hm = \frac{h_1 + h_2 + \dots + h_{n-1} + h_n}{n} \quad (9)$$

Onde:

- h_m = espessura média das placas de concreto do lote inspecionado;
- $h_1, h_2, \dots$, = espessuras dos testemunhos números 1, 2, ...;
- n = número de testemunhos, igual ou maior do que seis.

Não Conformidade

Caso seja constatada a existência da não conformidade para a estrutura ou parte dela, adotar as seguintes alternativas:

- a) Determinar as restrições de uso da estrutura do pavimento;
- b) Demolir a estrutura do pavimento;

Por que Calcular o Valor Estimado da Resistência Característica à Compressão do Concreto?

- Obter o valor potencial, único e característico de resistência à compressão de um certo volume de concreto, para comparar este valor com o valor do f_{ck} especificado em projeto;
- Como os valores dos resultados dos ensaios são dispersos, variáveis de uma obra a outra, conforme o rigor de produção do concreto, a média dos resultados não é suficiente para definir e qualificar uma produção de concreto, é necessário considerar a dispersão de resultados através do cálculo do desvio padrão.
- O cálculo do f_{ck} estimado ($f_{ck_{est}}$) elimina o inconveniente de ter que trabalhar com dois parâmetros.

O que é a Resistência Característica do Concreto?

- A distribuição normal ou de Gauss é um modelo matemático que representa de maneira satisfatória a distribuição das resistências à compressão do concreto (Fenômeno Físico e Real).
- O valor de resistência à compressão que apresenta uma probabilidade de 5% de não ser alcançada é denominado resistência característica do concreto à compressão (f_{ck}), parâmetro adotado no projeto estrutural (figura.

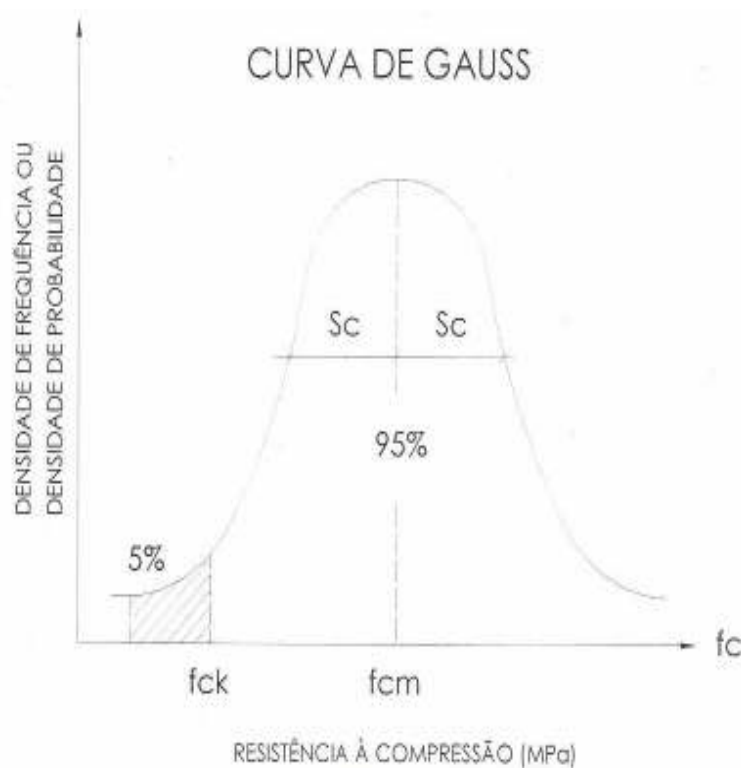


Figura 9: Curva de Gauss

Outras Considerações

O controle estatístico é uma importante ferramenta para avaliar o concreto fornecido. Ele permite avaliar a qualidade da produção através do cálculo do desvio padrão. É utilizado para fazer o aceite do lote de concreto, quando não há aceitação automática dos lotes. O calculista utiliza o $f_{ck_{est}}$ para verificar o cálculo estrutural que facilita a análise dos resultados de ensaios. Um único valor potencial caracteriza resistência do lote inteiro.

Parâmetros de durabilidade do concreto

No mínimo, devem atender as especificações e recomendações das normas da ABNT – NBR 6118/2007, que define as classes de agressividade ambiental, a qualidade do concreto (relação água/cimento) e cobrimento nominal das armaduras, NBR 7211/2005 que trata dos limites máximos para expansão devida à reação álcali-agregado e teores de cloretos e sulfatos presentes nos agregados, projeto de revisão da NBR 12655/2006 que propõe os requisitos

para concreto exposto a meios agressivos e a soluções contendo sulfatos e teores máximos de íons cloretos no concreto, e DNIT 037/2004 que trata da qualidade da água de amassamento.

4.3 Aceitação ou rejeição do lote de concreto controlado

O procedimento para aceitar ou rejeitar um lote de concreto deve ser o que está proposto nas normas NBR 6118/2007 e NBR 12655/2006, entretanto, outros requisitos específicos podem ser exigidos, tais como:

- Massa específica no estado fresco e endurecido para concreto leve ou pesado;
- Teor de ar incorporado para concreto preparado com aditivo incorporador de ar;
- Parâmetros de durabilidade para concreto em contato com meios agressivos;
- Índice de tenacidade para concreto reforçado com fibras;
- Outras exigências;

A aceitação é automática quando todos os requisitos especificados são atendidos, comprovadamente por ensaios em laboratório ou em campo.

Aceitação não automática ocorre pela existência de não conformidades, nesta situação, ações corretivas serão adotadas para solucionar a anomalia. A NBR 6118/2007 estabelece os procedimentos para implantar as ações corretivas.

4.4 Qualificação de laboratórios de controle tecnológico

Os laboratórios participantes devem ser de porte, capacidade credibilidade equivalente entre si.

Deve ser exigido, ou recomendado, que os participantes sejam credenciados pelo INMETRO e tenha equipamentos calibrados e aferidos por empresas credenciadas na RBC (Rede Brasileira de Calibração).

Outros detalhes a serem considerados são: a qualificação da equipe para executar os serviços contratados, as instalações apropriadas, equipamentos especificados pelas normas

para os ensaios solicitados, atestados emitidos por empresas idôneas acervados, referente a empreendimentos e serviços semelhantes aos que devem ser contratados.

A definição do trabalho a ser realizado e sua abrangência será à base de toda a programação do controle tecnológico e, deve ser necessariamente desenvolvida por engenheiro especialista nas atividades de tecnologia do concreto, em sintonia com o sistema da qualidade da contratante.

A experiência e a qualificação da equipe devem ser comprovadas por currículos, sendo indispensável para o engenheiro tecnologista, encarregado pelo controle tecnológico, os conhecimentos para lidar com as exigências da arte da tecnologia do concreto, na teoria e na prática visando à credibilidade e legitimidade dos pareceres que deverá emitir. Este será responsável pela análise dos resultados dos ensaios realizados, emissão de pareceres claros e conclusivos sobre a qualidade da obra e, na ocorrência de não conformidade ou anomalias, indicar ou auxiliar na tomada das providências e ações corretivas necessárias.

5. PARTE EXPERIMENTAL DO ESTUDO DA UTILIZAÇÃO DE AGREGADO RECICLADO

Conforme apresentado no capítulo 2, existe uma preocupação cada vez maior com o descarte de materiais, sobretudo quando esses materiais são nobres e capazes de apresentar um bom desempenho mesmo quando utilizados como materiais reciclados.

A engenharia tem se empenhado na criação destinos mais nobres a materiais que eram considerados dejetos e dessa maneira descartados. Cabe ressaltar que o caso específico de entulhos oriundos de laboratórios de ensaios e obras, entre os quais geralmente se incluem os corpos de prova de concreto, blocos de concreto e blocos cerâmicos, que foram utilizados em ensaios tecnológicos. Infelizmente, esses materiais têm sido descartados ou melhor dizendo, desperdiçados e destinados a aterros sanitários, levando-os mais rapidamente à saturação.

Embora já tenham sido desenvolvidas diversas pesquisas com materiais denominados de entulho da construção civil, uma sombra que tem prejudicado o seu sucesso é a sua heterogeneidade, devido principalmente a inexistência de separação dos diversos tipos de materiais, resultando na mistura incontrolada dos oriundos da demolição de paredes que geralmente são de origem cerâmica, com outro de estrutura, geralmente concreto, com argamassa, madeira, etc. Esta heterogeneidade prejudica a qualidade dessa fonte de material.

Esta pesquisa apresenta um estudo laboratorial do desempenho de concretos de cimento Portland aplicados à pavimentação, utilizando-se agregados oriundos de corpos de prova descartados, empregando-os separadamente, de maneira a evitar a heterogeneidade. Parte desse estudo foi apresentado por Fortes e Barbosa Jr (2005).

Esse estudo busca o reaproveitamento desse material, geralmente de boa qualidade e quantidade expressiva, uma vez que é gerado diariamente pelo descarte de corpos-de-prova em laboratórios espalhados pelo Brasil.

É bom lembrar que embora tenham sido apresentados na literatura pesquisada, inúmeros trabalhos sobre dosagens de concreto para estruturas convencionais, não foi apresentado nenhum relato de sua utilização na pavimentação e nem no aproveitamento desses materiais reciclados oriundos de entulhos de laboratórios de ensaios e obras quer sejam corpos de prova de concreto, blocos de concreto e blocos cerâmicos.

5.1 Características dos materiais utilizados

Nesta pesquisa foram utilizados agregados oriundos do descarte de corpos-de-prova de concreto, de blocos de concreto e de blocos cerâmicos ensaiados em laboratório. Os materiais foram separados por grupo de material e quanto a granulométrica após moagem, sem nenhuma distinção quanto ao fabricante, resistências e idades.

Os agregados reciclados foram obtidos moendo-se os corpos de prova, conforme apresentado na Figura 10.



Figura 10 -. Moagem dos corpos-de-prova.

Na tabela 2 estão apresentados os diversos materiais utilizados e seus fornecedores.

Tabela 2 Materiais utilizados e fornecedores

Material	Fornecedor
Cimento CP III 40	Votoran
Areia de Quartzo	Itaporanga
Brita 01	Pedreira Itapasserra
Brita 02	Pedreira Itapasserra
Aditivo 394 N	MBT

A moagem dos materiais utilizados foi realizada em um moinho de mandíbulas, no Laboratório de Materiais de Construção Civil da Escola de Engenharia da Universidade Presbiteriana Mackenzie.

Nas tabelas 5 a 8 estão apresentadas as características do cimento, da areia, da brita 1 e da brita 2 utilizados.

O cimento utilizado foi o Votoran tipo CP III 40. A amostragem foi realizada na Usina Engemix – Guarapiranga. As características do cimento estão apresentadas na Tabela 3.

Com os agregados reciclados utilizados na preparação dos concretos foram realizados os seguintes ensaios de caracterização: teor de materiais pulverulentos, massa específica aparente, absorção de água, massa unitária, composição granulométrica e impurezas orgânicas e húmicas. Não foram estudadas a resistência, a dureza e outras características dos agregados, pelo fato dessas não comprometerem a durabilidade do concreto.

Tabela 3. Características do cimento

DISCRIMINAÇÃO DO ENSAIO	NORMA	RESULTADOS				NORMA NBR 5735/1991
1. CONSISTÊNCIA NORMAL	NBR NM 43/2002	24,2 %				---
2. FINURA NA # Nº 200	NBR 11579/1991	2,1 %				≤ 8 %
3. TEMPOS DE PEGA	NBR NM 65/2003	INÍCIO	3:25 HORAS	INÍCIO	≥ 1 h	FIM ≤ 12 h
		FIM	6:15 HORAS	FIM	≤ 12 h	
4. EXPANSIBILIDADE LE CHATELIER	NBR 11582/1991	A QUENTE	0,5 mm	A QUENTE	≤ 5mm	A FRIO ≤ 5 mm
				E		
		A FRIO	0,0 mm	A FRIO	≤ 5 mm	
5. ÁREA ESPECÍFICA BLAINE	NBR NM 76/1998	4040 cm²/g				----
6. RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO	NBR 7215/1996	IDAD E (dias)	IND. (MPa)	MÉDIA (MPa)	DESVIO (%)	≥ 12,0 MPa
		03	17,5	17,8	3,9	
			17,4			
			18,5			
			17,6			
		07	30,6	30,4	3,6	≥ 23,0 MPa
			29,3			
			30,5			
			31,1			
		28	43,2	44,1	2,0	≥ 40,0 MPa
			44,5			
			45,0			
			43,6			
7. MASSA ESPECÍFICA	NBR NM 23/2001	3020 kg/m³				---

Foi utilizada areia natural proveniente da Itaporanga. A amostragem foi realizada na Usina Engemix – Guarapiranga.

Tabela 4. Características da areia

DISCRIMINAÇÃO DO ENSAIO	NORMA	RESULTADOS		NBR 7211/2005
1. MASSA ESPECÍFICA	NBR NM 52/2003	2550 kg/m ³		NÃO ESPECIFICADO
2. TEOR DE MATERIAIS PULVERULENTOS	NBR NM 46/2003	0,93 %		≤ 5,0 %
3. ABSORÇÃO DE ÁGUA	NBR NM 30/2001	---		NÃO ESPECIFICADO
4. MASSA UNITÁRIA	NBR 7251/1982	SECA	1480 kg/m ³	NÃO ESPECIFICADO
		h= 4,0 %	1150 kg/m ³	
5. IMPUREZAS ORGÂNICAS E HÚMICAS	NBR NM 49/2001	MAIS CLARA		MAIS CLARA
6. COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA	NBR NM 248/2003	# (mm)	% RETIDA INDIV. ACUM.	ZONA 01 (MUITO FINA)
		6,3	0 0	0 a 3
		4,8	0 0	0 a 5 ^(A)
		2,4	2 2	0 a 5 ^(A)
		1,2	4 6	0 a 10 ^(A)
		0,6	9 15	0 a 20
		0,3	75 90	50 a 85 ^(A)
		0,15	7 97	85 ^(B) a 100
		fundo	3 100	---
		Mód. Finura	2,10	NÃO ESPECIFICADO
		Diâmetro Máx.	2,4 mm	NÃO ESPECIFICADO
		Zona	1 (Muito Fina)	NÃO ESPECIFICADO

OBSERVAÇÕES:

- (A) pode haver uma tolerância de até um máximo de 5 % em um só dos limites marcados com a letra a ou distribuídos em vários deles.
- (b) para agregado miúdo resultante de britamento este limite poderá ser 80.
- Os resultados apresentados atendem as exigências da norma NBR 7211/2005.

Foi utilizada brita 1 proveniente da Pedreira Itapaserra. A amostragem foi realizada na Usina Engemix – Guarapiranga.

Tabela 5 - Características da brita 1

DISCRIMINAÇÃO DO ENSAIO	NORMA	RESULTADOS		NBR 7211/2005
1. MASSA ESPECÍFICA	NBR NM 53/2003	2790 kg/m ³		NÃO ESPECIFICADO
2. TEOR DE MATERIAIS PULVERULENTOS	NBR NM 46/2003	0,5 %		≤ 1,0 %
3. ABSORÇÃO DE ÁGUA	NBR NM 53/2003	0,87 %		NÃO ESPECIFICADO
4. MASSA UNITÁRIA SECA	NBR 7251/1982	1390 kg/m ³		NÃO ESPECIFICADO
5. COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA	NBR NM 248/2003	# (mm)	% RETIDA INDIV. ACUM.	LIMITES GRANULOMÉTRICO
		25	0 0	0
		19	2 2	0 a 10
		12,5	66 68	--
		9,5	24 92	80 a 100
		6,3	6 98	92 a 100
		4,8	0 98	95 a 100
		2,4	0 98	--
		1,2	0 98	--
		0,6	0 98	--
		0,3	0 98	--
		1,5	0 98	--
		fundo	2 100	--
		Mód. Finura	6,82	NÃO ESPECIFICADO
		Diâmetro Máx.	19 mm	NÃO ESPECIFICADO
		Graduação	01	NÃO ESPECIFICADO

OBSERVAÇÕES:

- Agregado referente a verificação de dosagem padrão de resíduo de cp's de concreto.
- Os resultados apresentados atendem as exigências da norma NBR 7211/2005.

Foi utilizada brita 2 proveniente da Pedreira Itapaserra. A amostragem foi realizada na Usina Engemix – Guarapiranga.

Tabela 6 - Características da brita 2

DISCRIMINAÇÃO DO ENSAIO	NORMA	RESULTADOS		NBR 7211/2005	
1. MASSA ESPECÍFICA	NBR NM 53/2003	2660 kg/m³		NÃO ESPECIFICADO	
2. TEOR DE MATERIAIS PULVERULENTOS	NBR NM 46/2003	0,29 %		≤ 1,0 %	
3. ABSORÇÃO DE ÁGUA	NBR NM 53/2003	0,75 %		NÃO ESPECIFICADO	
4. MASSA UNITÁRIA SECA	NBR 7251/1982	1330 kg/m³		NÃO ESPECIFICADO	
5. COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA	NBR NM 248/2003	#	% RETIDA	LIMITES	
		(mm)	INDIV.	ACUM.	GRANULOMÉTRICO
		32	0	0	0
		25	7	7	0 a 25
		19	72	79	75 a 100
		12,5	19	98	90 a 100
		9,5	1	99	95 a 100
		6,3	0	99	--
		4,8	0	99	--
		2,4	0	99	--
		1,2	0	99	--
		0,6	0	99	--
		0,3	0	99	--
		1,5	0	99	--
		fundo	1	100	--
		Mód.Finura	7,72	NÃO ESPECIFICADO	
		Diâmetro Mâx.	32 mm	NÃO ESPECIFICADO	
Graduação	02	NÃO ESPECIFICADO			
OBSERVAÇÕES:					
1. Agregado referente a verificação de dosagem padrão de resíduo de cp's de concreto					
2. Os resultados apresentados atendem as exigências da norma NBR 7211/2005 – Agregado para concreto					

5.2 Escopo da Pesquisa

Nas tabelas 7, 8 e 9 estão apresentadas as características do agregado reciclado de: bloco cerâmico, bloco de concreto e corpos de prova de concreto respectivamente.

5.2.1 Reciclado de bloco cerâmico

As características dos agregados oriundos do bloco cerâmico estão na Tabela 7.

Tabela 7 - Características dos agregados oriundos do bloco cerâmico

DISCRIMINAÇÃO DO ENSAIO	NORMA	RESULTADOS		NBR 7211/2005
1. MASSA ESPECÍFICA	NBR NM 52/2003	2480 kg/m ³		NÃO ESPECIFICADO
2. TEOR DE MATERIAIS PULVERULENTOS	NBR NM 46/2003	4,77%		< 5,0 %
3. ABSORÇÃO DE ÁGUA	NBR NM 30/2001	18,00 %		NÃO ESPECIFICADO
4. MASSA UNITÁRIA	NBR 7251/1982	SECA	1090 kg/m ³	NÃO ESPECIFICADO
5. IMPUREZAS ORGÂNICAS E HÚMICAS	NBR NM 49/2001	---		MAIS CLARA
6. COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA	NBR NM 248/2003	#	% RETIDA	NÃO ESPECIFICADO
		(mm)	INDIV. ACUM.	
		12,5	0 0	
		9,5	2 2	
		6,3	22 24	
		4,8	15 39	
		2,4	21 60	
		1,2	16 76	
		0,6	12 88	
		0,3	7 95	
		0,15	3 98	
		FUN DO	2 100	
		Mód.Finura	4,58	
		Diâmetro Máx.	9,5 mm	

OBSERVAÇÕES:

1. Agregado referente a verificação de dosagem padrão com blocos cerâmicos.
2. Os resultados apresentados atendem as exigências da norma NBR 7211/2005

5.2.2 Reciclado de blocos de concreto

As características dos agregados oriundos do bloco de concreto estão apresentadas na Tabela 8.

Tabela 8 - Características dos agregados oriundos de bloco de concreto.

DISCRIMINAÇÃO DO ENSAIO	NORMA	RESULTADOS		NBR 7211/2005
1. MASSA ESPECÍFICA	NBR NM 52/2003	2680 kg/m ³		NÃO ESPECIFICADO
2. TEOR DE MATERIAIS PULVERULENTOS	NBR NM 46/2003	4,52%		< 5,0 %
3. ABSORÇÃO DE ÁGUA	NBR NM 30/2001	7,37 %		NÃO ESPECIFICADO
4. MASSA UNITÁRIA	NBR 7251/1982	SECA	1340 kg/m ³	NÃO ESPECIFICADO
5. IMPUREZAS ORGÂNICAS E HÚMICAS	NBR NM 49/2001	---		MAIS CLARA
6. COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA	NBR NM 248/2003	#	% RETIDA	NÃO ESPECIFICADO
		(mm)	INDIV. ACUM.	
		12,5	0 0	
		9,5	1 1	
		6,3	15 16	
		4,8	19 35	
		2,4	28 63	
		1,2	16 79	
		0,6	8 87	
		0,3	6 93	
		0,15	3 96	
		FUNDO	4 100	
		MÓD.FINURA	4,54	
		Ø MÁX.	9,5 mm	

OBSERVAÇÕES:

1. agregado referente a verificação de dosagem padrão com resíduo de bloco de concreto.
2. os resultados apresentados atendem as exigências da norma NBR 7211/2005

5.2.3 Reciclado de corpos de prova de concreto

As características dos agregados oriundos do concreto estão apresentadas na Tabela 9.

Tabela 9 - Características dos agregados oriundos de corpos de prova concreto.

DISCRIMINAÇÃO DO ENSAIO	NORMA	RESULTADOS		NBR 7211/2005	
1. MASSA ESPECÍFICA	NBR NM 52/2003	2680 kg/m³		NÃO ESPECIFICADO	
2. TEOR DE MATERIAIS PULVERULENTOS	NBR NM 46/2003	7,89%		≤ 5,0 %	
3. ABSORÇÃO DE ÁGUA	NBR NM 30/2001	5,31 %		NÃO ESPECIFICADO	
4. MASSA UNITÁRIA	NBR 7251/1982	SECA	1370 kg/m³	NÃO ESPECIFICADO	
5.IMPUREZAS ORGÂNICAS E HÚMICAS	NBR NM 49/2001	---		MAIS CLARA	
6. COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA	NBR NM 248/2003	# % RETIDA		NÃO ESPECIFICADO	
		(mm)	INDIV.	ACUM.	
		12,5	0	0	
		9,5	2	2	
		6,3	18	20	
		4,8	16	36	
		2,4	23	59	
		1,2	14	73	
		0,6	7	80	
		0,3	7	87	
		0,15	6	93	
		FUNDO	7	100	
		MÓD.FINURA	4,30		NÃO ESPECIFICADO
		Ø MÁX.	9,5 mm		NÃO ESPECIFICADO

OBSERVAÇÕES:

1. Agregado referente a verificação de dosagem padrão com resíduo de cp's de concreto.

2. Os resultados apresentados não atendem as exigências da norma NBR 7211/2005, quanto ao teor de material pulverulento.

5.3 Preparação das amostras

Foram preparadas 10 (dez) dosagens de cada traço com as amostras dos materiais obtidos, tendo sido determinado o abatimento e moldados uma série de corpos-de-prova cilíndricos e outra de prismáticos, para determinação da resistência à compressão nas idades 1, 3, 7 e 28 dias e determinação da resistência a tração na flexão nas idades 1, 3, 7 e 28 dias (NBR 5738/2008, NBR 5739/2007, NBR 12142/1991) respectivamente.

Foi selecionado um traço padrão com a utilização de pedrisco misto em sua composição granulométrica, onde esta proporção era da ordem de 40% do agregado miúdo.

Partindo deste princípio, foi obtido através da moagem de material reciclado realizado na Universidade Presbiteriana Mackenzie, uma granulometria próxima a do pedrisco misto.

5.4 Características da dosagem

No capítulo 3 foram apresentados vários métodos de dosagem de concreto. Nessa pesquisa foi utilizado o método preconizado pelo ACI American Concrete Institute (ACI 211.1-91). Foram efetuadas quatro dosagens cujas características estão apresentadas na Tabela 12:

- Dosagem nº 1 – concreto convencional com utilização de pedrisco misto;
- Dosagem nº 2 – concreto com resíduo de bloco cerâmico;
- Dosagem nº 3 - concreto com resíduo de bloco de concreto;
- Dosagem nº 4 - concreto com resíduo de corpos de prova de concreto;

Tabela 10 - Características da brita 2

Dosagem Nº	f _{ck} (MPa)	F _{ctmk} (MPa)	Abatimento pelo tronco de Cone (mm) (5735/1991)	Agregado Graúdo	Lançamento	Consumo de Cimento (kg/m³)	Tipo de Cimento	
01	30,0	4,5	80 ± 10	B1 e B2	Convencional	355	CP III 40	
Traço padrão com utilização de pedrisco misto								
Dosagem Nº	Cimento	Areia de Quartzo	Areia Artificial	Brita 01	Brita 02	Aditivo	Água	
01	1,000	1,485	0,994	2,273	0,572	0,005	0,4730	
Consumo de material para 1m³ de concreto (materiais secos)								
Dosagem Nº	Fator a/c	Cimento CPIII 40 (kg)	Areia de Quartzo (kg)	Areia Artificial (kg)	Brita 01 (kg)	Brita 02 (kg)	Aditivo (l)	Água (l)
01	0,47	355	527	353	807	203	1,90	168
Traço unitário Bloco de cerâmico								
Dosagem Nº	Cimento	Areia de Quartzo	Resíduo de Bloco Cerâmico	Brita 01	Brita 02	Aditivo	Água	
02	1,000	1,485	0,994	2,273	0,572	0,005	0,590	

Continuação da tabela 10								
Consumo de material para 1m³ de concreto (materiais secos)								
Dosagem N°	Fator a/c	Cimento CPIII 40 (kg)	Areia de Quartzo (kg)	Areia Artificial (kg)	Brita 01 (kg)	Brita 02 (kg)	Aditivo (l)	Água (l)
02	0,47	355	527	353	807	203	1,90	209
Traço unitário bloco de concreto								
Dosagem N°	Cimento	Areia de Quartzo	Resíduo de Bloco de concreto	Brita 01	Brita 02	Aditivo	Água	
03	1,000	1,485	0,994	2,273	0,572	0,005	0,440	
Consumo de material para 1m³ de concreto (materiais secos)								
Dosagem N°	Fator a/c	Cimento CPIII 40 (kg)	Areia de Quartzo (kg)	Areia Artificial (kg)	Brita 01 (kg)	Brita 02 (kg)	Aditivo (l)	Água (l)
03	0,47	355	527	353	807	203	1,90	156
Traço unitário corpos-de-prova de concreto								
Dosagem N°	Cimento	Areia de Quartzo	Residuo CP's de concreto	Brita 01	Brita 02	Aditivo	Água	
04	1,000	1,485	0,994	2,273	0,572	0,005	0,440	
Consumo de material para 1m³ de concreto (materiais secos)								
Dosagem N°	Fator a/c	Cimento CPIII 40 (kg)	Areia de Quartzo (kg)	Areia Artificial (kg)	Brita 01 (kg)	Brita 02 (kg)	Aditivo (l)	Água (l)
04	0,47	355	527	353	807	203	1,90	156

Como traço padrão foi utilizado a primeira dosagem. Houve uma redução do consumo de água na dosagem utilizando-se bloco de concreto e corpos de prova de concreto, dosagens três e quatro respectivamente. A dosagem número dois (com bloco cerâmico) apresentou um consumo maior de água. A relação água/cimento (a/c) foi mantida, dentro do possível, entre 0,47 e 0,44.

5.5 Resultados dos ensaios

Os resultados das características do concreto fresco e do concreto endurecido das dosagens 1, 2, 3 e 4 estão apresentadas na Tabela 11.

Para o concreto fresco foram realizados os ensaios para a determinação do abatimento tronco de cone (5735/1991), determinação do ar incorporado (NBR NM 47/2002) e densidade.

Para o concreto endurecido foram realizados os ensaios para a determinação da resistência à compressão axial (NBR 5739/2007) e da tração na flexão (NBR12142/1991).

Tabela 11 - Características do concreto fresco e endurecido das dosagens 1, 2, 3 e 4

CONCRETO COM PEDRISCO MISTO										
Concreto fresco										
Dosagem N°	Fator a/c	Abatimento medido (mm)	Ar Incorporado (%)		Densidade (kg/m³)					
01	0,47	70	2,0		2,40					
Concreto endurecido										
Dosagem N°	f _{ck} (MPa)	F _{ctmk} (MPa)	Resistência Média á Compressão Axial (MPa)				Resistência Média Tração na Flexão (MPa)			
			24 h	03 dias	07 dias	28 dias	24 h	03 dias	07 dias	28 dias
01	30,0	4,5	5,4	24,6	37,4	52,0	1,1	2,3	5,0	5,9
BLOCO CERÂMICO										
Concreto fresco										
Dosagem N°	Fator a/c	Abatimento medido (mm)	Ar Incorporado (%)		Densidade (kg/m³)					
02	0,59	80	1,5		2,35					
Concreto endurecido										
Dosagem N°	f _{ck} (MPa)	F _{ctmk} (MPa)	Resistência Média á Compressão Axial (MPa)				Resistência Média Tração na Flexão (MPa)			
			24 h	03 dias	07 dias	28 dias	24 h	03 dias	07 dias	28 dias
02	30,0	4,5	5,8	21,9	28,6	37,3	1,3	3,6	3,9	5,0
BLOCO DE CONCRETO										
Concreto fresco										
Dosagem N°	Fator a/c	Abatimento medido (mm)	Ar Incorporado (%)		Densidade (kg/m³)					
03	0,44	80	1,6		2,38					
Concreto endurecido										
Dosagem N°	f _{ck} (MPa)	F _{ctmk} (MPa)	Resistência Média á Compressão Axial (MPa)				Resistência Média Tração na Flexão (MPa)			
			24 h	03 dias	07 dias	28 dias	24 h	03 dias	07 dias	28 dias
03	30,0	4,5	7,1	21,6	42,2	50,2	1,45	3,6	4,3	6,3
CORPOS DE PROVA DE CONCRETO										
Concreto fresco										
Dosagem N°	Fator a/c	Abatimento medido (mm)	Ar Incorporado (%)		Densidade (kg/m³)					
04	0,44	80	1,5		2,40					
Concreto endurecido										
Dosagem N°	f _{ck} (MPa)	F _{ctmk} (MPa)	Resistência Média á Compressão Axial (MPa)				Resistência Média Tração na Flexão (MPa)			
			24 h	03 dias	07 dias	28 dias	24 h	03 dias	07 dias	28 dias
04	30,0	4,5	7,2	25,5	41,7	45,7	1,4	3,2	5,3	6,1

Nas Figuras 11(a) e 11(b) estão apresentadas as resistências médias em cada idade, da compressão axial e da tração na flexão, respectivamente.

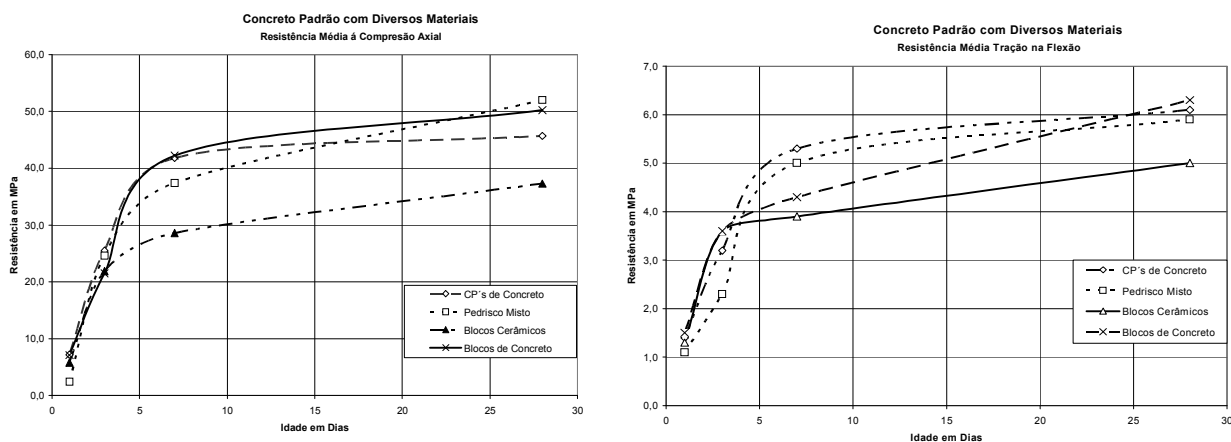


Figura 11 - Gráficos: (a) resistência a compressão axial versus idade (b) resistência à tração na flexão versus idade.

Cabe salientar que para se manter uma dosagem próxima da daquela de (referência) foi necessário se acrescentar mais água no caso da dosagem utilizando-se o bloco cerâmico. Por esta razão fica explicado o fato do material cerâmico apresentar menor resistência, conforme se observa nas figuras 11(a) e 11(b).

Observou-se também que a resistência apresentada quando da utilização do traço convencional, se equiparou aos valores obtidos para o traço com utilização de corpos de prova de concreto ou de blocos de concreto, embora estes últimos tenham apresentado valores um pouco inferiores, o que se justifica pelo fato do agregado ser composto também pela argamassa.

Nas figuras 12 e 13 estão apresentadas algumas ilustrações dos ensaios realizados com o concreto fresco.



Figura 12 Ensaio de abatimento tronco de cone.



Figura 13 Moldagem de corpos de prova.

Com a finalidade de observar a influência da idade nos resultados de resistência à compressão e à tração na flexão, foram realizados ensaios com corpos de prova após dois anos de idade, sendo que os resultados estão apresentados na tabela 12.

Tabela 12. Características do concreto endurecido das dosagens 1, 2, 3 e 4.

CONCRETO COM PEDRISCO MISTO										
Concreto endurecido										
Dosagem Nº	f_{ck} (MPa)	F_{ctmk} (MPa)	Resistência Média á Compressão Axial (MPa)				Resistência Média Tração na Flexão (MPa)			
			03 dias	07 dias	28 dias	730 dias	03 dias	07 dias	28 dias	730 dias
01	30,0	4,5	24,6	37,4	52,0	63,0	2,3	5,0	5,9	6,5
BLOCO CERÂMICO										
Concreto endurecido										
Dosagem Nº	f_{ck} (MPa)	F_{ctmk} (MPa)	Resistência Média á Compressão Axial (MPa)				Resistência Média Tração na Flexão (MPa)			
			03 dias	07 dias	28 dias	730 dias	03 dias	07 dias	28 dias	730 dias
02	30,0	4,5	21,9	28,6	37,3	46,5	3,6	3,9	5,0	5,3
BLOCO DE CONCRETO										
Concreto endurecido										
Dosagem Nº	f_{ck} (MPa)	F_{ctmk} (MPa)	Resistência Média á Compressão Axial (MPa)				Resistência Média Tração na Flexão (MPa)			
			03 dias	07 dias	28 dias	730 dias	03 dias	07 dias	28 dias	730 dias
03	30,0	4,5	21,6	42,2	50,2	55,4	3,6	4,3	6,3	6,4
CORPOS DE PROVA DE CONCRETO										
Dosagem Nº	f_{ck} (MPa)	F_{ctmk} (MPa)	Resistência Média á Compressão Axial (MPa)				Resistência Média Tração na Flexão (MPa)			
			03 dias	07 dias	28 dias	730 dias	03 dias	07 dias	28 dias	730 dias
04	30,0	4,5	25,5	41,7	45,7	48,4	3,2	5,3	6,1	6,2

Nas figuras 14 e 15 estão ilustrados os ensaios de resistência à tração na flexão e de compressão.



Figura 14 Ensaio de resistência à compressão.



Figura 15 Ensaio de resistência à tração na flexão.

Também foram realizados ensaios de módulo de elasticidade (NBR 8522/2003), cujos resultados estão apresentados na tabela 15.

Tabela 13. Resultados de ensaios de Módulo de Elasticidade.

Dosagem Nº	Ecj (GPa)
	730 dias
01	45,2
Dosagem Nº	Ecj (GPa)
	730 dias
02	36,7
Dosagem Nº	Ecj (GPa)
	730 dias
03	44,5
Dosagem Nº	Ecj (GPa)
	730 dias
04	42,4

5.6 Análise dos Resultados

Esta parte experimental possibilitou avaliar o potencial da utilização de materiais reciclados, recomendando-se a sua utilização, o que é muito positivo uma vez que geralmente têm sido relegados ao descarte.

Recomenda-se, no entanto que a sua utilização seja feita de maneira racional, evitando-se a mistura de materiais de comportamento muito diferente, ou seja, procurar selecionar os materiais de comportamento similar, como é o caso de blocos de concreto e corpos de prova de concreto.

Observou-se também que para um consumo de 355 kg de cimento por m³, obteve-se resistências à tração na flexão, aos 28 dias, próximas a 6 MPa, no caso dos concretos com utilização de pedrisco misto, corpos de prova de concreto ou blocos de concreto, valores estes superiores ao de 4,5, usual em muitas obras de pavimentação, o que é muito promissor.

Como era esperado, o traço com utilização de materiais cerâmicos apresentou menor resistência à tração na flexão, embora os valores obtidos estejam na faixa de 5 MPa, o que também é um valor bastante razoável e se justifica também pelo fato do traço ter sido realizado com uma maior proporção a/c.

Através dos resultados de ensaios de corpos de prova com idade de dois anos, observou-se a nítida melhoria das resistências a compressão e a tração na flexão, principalmente do material reciclado cerâmico, significando que o mesmo tem espaço para sua utilização desde que dosado adequadamente. Quanto ao módulo de elasticidade, os valores apresentados condizem com o esperado, ou seja, os materiais reciclados de bloco e de corpos de prova de concreto de cimento Portland, apresentaram valores bem próximos ao obtido com o traço de pedrisco misto, enquanto que com o de bloco cerâmico apresentou valor inferior.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES PARA FUTUROS ESTUDOS

6.1 Considerações finais

É importante ressaltar que os vários métodos descritos de dosagens usuais e conhecidos dentro do meio técnico levam aos mesmos denominadores de consumo de material.

O estudo foi conduzido através da reciclagem dos materiais oriundos de processo de britagem de bloco de concreto, bloco cerâmico e corpos de prova de concreto, cujo beneficiamento resultaram em uma distribuição granulométrica, em função das características da dosagem empregada.

Com os resultados obtidos foi possível observar que não se tem perdas de resistências durante o processo de fabricação do concreto de cimento Portland para pavimentação nem mesmo quando utilizados os resíduos de bloco cerâmico, que se demonstrou muito melhor em relação ao seu desempenho após dois anos, tendo se destacado no crescimento de sua resistência em relação aos outros materiais reciclados.

A seguir, estão listadas as principais considerações finais obtidas no trabalho, de modo a permitir uma apreciação global da pesquisa efetuada e sugestões para futuros estudos.

Durante o período de dois anos ocorreu um ganho de resistência, como era esperado, destacando-se os resultados oriundos de bloco cerâmico, pois este, obteve crescimento 24,66%, motivado pelo elevado índice de absorção de água que pode ter elevado o período de

crescimento de resistência do concreto. Cabe ressaltar a necessidade de um aprofundamento nesta análise, inclusive por um maior período.

Para o sucesso do pavimento de concreto de cimento Portland é imprescindível que o controle tecnológico e de qualidade ocorra de maneira efetiva em todas as etapas da obra, desde a seleção dos materiais, até a sua execução.

6.2 Sugestões para novos estudos

A seguir estão listadas algumas sugestões que poderão contribuir para o desenvolvimento de futuras pesquisas ou estudos relativos à técnica de utilização de agregado reciclado em misturas de concreto de cimento Portland para pavimentação:

1. Verificação da forma do agregado nos resultados do desempenho.
2. Estudo do coeficiente de permeabilidade do concreto/ deformabilidade - retração.
3. Estudo de faixas granulométricas, que atendam o desempenho especificado, para agregados obtidos através de reciclagem de entulho oriundo da construção civil.
4. Verificação da influência das fibras no concreto com material reciclado utilizando diferentes tipos de aditivos e adições.
5. Verificação dos desgastes superficiais no campo quanto à micro e macro texturas com diferentes tipos de misturas.
6. Realização da comparação da dosagem realizada no laboratório com o resultado da dosagem realizada diretamente na usina na hora de sua aplicação no campo, com amostras coletadas logo após a mistura antes de ser lançada na caixa distribuidora e logo após a mistura realizada na caixa distribuidora.
7. Verificação do ganho de resistência com a idade do concreto.

7. BIBLIOGRAFIA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE TECNOLOGIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL. Procedimentos Recomendados para o Controle Tecnológico do Concreto. PROCEDIMENTO – D 0510. Primeira Edição - Outubro de 2005. p.35.

A.M. NEVILLE. The relation between standard deviation and mean strength of concrete test cubes, Mag. Concr. Res., 11, No. 32, pp. 75-84 (July 1959).

ACI 121R-85, Quality assurance systems for concrete construction, ACI Manual of Concrete Practice, Part 2: Construction Practices and Inspection Pavements, 7 pp. (Detroit, Michigan, 1994).

ACI 211.1-91, Standard practice for selecting proportions for normal, heavyweight, and mass concrete, ACI Manual of Concrete Practice, Part 1: Materials and General Properties of Concrete, 38 pp. (Detroit, Michigan, 1994).

ACI 211.3-75, Revised 1987, Reapproved 1992, Standard practice for selecting proportions for no-slump concrete, ACI Manual of Concrete Practice, Part 1: Materials and General Properties of Concrete. 11 pp. (Detroit, Michigan, 1994).

ACI 214-77 (Reapproved 1989), recommended practice for evaluation of strength test results of concrete, ACI Manual of Concrete Practice, Part 2: Construction Practices and Inspection Pavements, 14 pp. (Detroit, Michigan, 1994).

ACI 221.4R-93, Guide for selecting Proportions for high-strength concrete with Portland cement and fly ash, ACI Manual of Concrete Practice, Part 1: Materials and General Properties of Concrete, 13 pp. (Detroit, Michigan, 1994).

ACI 225.R-92, Guide to the selection and use of hydraulic cements, ACI Manual of Concrete Practice, Part 1: Materials and General Properties of Concrete, 29 pp. (Detroit, Michigan, 1994).

ACI 318-89 Revised 1992, Building code requirements for reinforced concrete, ACI Manual of Concrete Practice, Part 3: Use of Concrete in Buildings – Design, Specifications, and Related Topics, 345 pp. (Detroit, Michigan, 1994).

ACI 363 R-92, State-of the-art report on high-strength concrete, Manual of Concrete Practice, Part 1: Materials and General Properties of Concrete, 55 pp. (Detroit, Michigan, 1994).

ACI 523.3R-93, Guide for cellular concretes above 50 pfc, and for aggregate concretes above 50 pfc with compressive strengths less than 2500 psi, ACI Manual of Concrete Practice. Part 5: Masonry, Precast Concrete, Special Purposes, 16 pp. (Detroit, Michigan, 1994).

ACI Committee 214, Recommended practice for evaluation of strength test results of concrete, (ACI 214-77), and Commentary, J. Amer. Concr. Inst., 73, No. 5, pp. 265-78 (1976).

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM C 157. Standard Test Method for Length Change of Hardened Hydraulic – Cement Mortar and Concrete. Pennsylvania, 2004.

AMERICAN STANDARD TESTING MATERIALS ASTM C 232/1996 Test Methods for Bleeding of Concrete. USA. 1996.

AMERICAN STANDARD TESTING MATERIALS ASTM C 295 Standard Guide for Petrographic Examination of Aggregates for Concrete. USA. Jan 10, 2003.

AMERICAN STANDARD TESTING MATERIALS ASTM C 1260 Standard Test Method for Potential Alkali Reactivity of Aggregates (Mortar-Bar Method). USA. Jun 1, 2007.

ANGULO, S. C. Produção de Concretos de Agregados Reciclados. 71p. Trabalho de Conclusão de curso. Engenharia Civil da Universidade Estadual de Londrina. Paraná, 1998.

ANGULO, S. C. Variabilidade de agregados graúdos de resíduos de construção e demolição reciclados. 2000. 155 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

ANGULO, S. C. et al. Desenvolvimento de novos mercados para a reciclagem massiva de RCD. In: SEMINÁRIO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 5., 2002, São Paulo. Anais... São Paulo: IBRACON; IPEN. 2002. p. 293-307.

ANGULO, S. C.; JOHN, V. M. Normalização dos agregados graúdos de resíduos de construção e demolição reciclados para concretos e a variabilidade. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 9., 2002, Foz do Iguaçu. Anais... Florianópolis: ANTAC, 2002. p. 1613-1624.

ANGULO, S. C. et al. Metodologia de caracterização de resíduos de construção e demolição. In: SEMINÁRIO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 6., 2003, São Paulo. Anais... São Paulo: IBRACON; IPEN. 2003. CD-ROM.

ANGULO, S. C. Caracterização de agregados de resíduos de construção e demolição reciclados e a influência de suas características no comportamento mecânico dos concretos. 2005. 149 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5732/1991 – Cimento Portland comum. ABNT, Rio de Janeiro, 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5733/1991 – Cimento Portland de alta resistência inicial. ABNT, Rio de Janeiro, 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5735/1991 – Cimento Portland de alto-forno. ABNT, Rio de Janeiro, 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5736/1991 – Cimento Portland pozolânico. ABNT, Rio de Janeiro, 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5737/1992 – Cimentos Portland resistentes a sulfatos. ABNT, Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5738/2008 – Moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos e prismáticos. ABNT, Rio de Janeiro, 2008, 6p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 5739/2007 - Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. ABNT, Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 5752/1992 - Materiais pozolânicos - Determinação de atividade pozolânica com cimento Portland - Índice de atividade pozolânica com cimento. ABNT, Rio de Janeiro, 1992, 3p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR6118/2007 - Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro. 21/05/2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 6122/1996 - Projeto e execução de fundações - Norma. ABNT, Rio de Janeiro. 02/04/1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 6467/2006 – Agregados - Determinação do inchamento de agregado miúdo - Método de ensaio. Rio de Janeiro. 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR7211/2005. Agregado para concreto – Especificação. Rio de Janeiro. 2005, 11p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR7212/1984. Execução de concreto dosado em central - Especificação. Rio de Janeiro. 1984, 7p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). 7215/1996. Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro. 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). 7218/1987. Agregados - Determinação do teor de argila em torrões e materiais friáveis. Rio de Janeiro. 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR7221/1987. Agregados - Ensaio de qualidade de agregado miúdo. Rio de Janeiro. 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR7222/1994. Argamassa e concreto - Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro. 1994, 3p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 7251/1982 – Agregado em estado solto - Determinação da massa unitária. Rio de Janeiro. 1982.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 7583/1986 – Execução de Pavimento De Concreto Simples Por Meio Mecânico. Rio de Janeiro. 01/08/1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR7680/2007 - Concreto - Extração, preparo e ensaio de testemunhos de concreto. Rio de Janeiro. 28/05/2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR8224/1983 Concreto endurecido - Determinação da fluência. ABNT, Rio de Janeiro, 1983.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8522/2003 - Concreto - Determinação dos módulos estáticos de elasticidade e de deformação e da curva tensão-deformação. ABNT, Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 8953/1992 Concreto para Fins Estruturais. Classificação por Grupos de Resistência. Classificação. ABNT, Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9479/2006. Argamassa e concreto - Câmaras úmidas e tanques para cura de corpos-de-prova. Rio de Janeiro, 31/05/2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 9774/1987 – Agregado - Verificação da reatividade potencial pelo método químico. Rio de Janeiro. 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 9775/1987 – Agregados - Determinação da umidade superficial em agregados miúdos por meio do frasco de Chapman. Rio de Janeiro. 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR9778/2005 – Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro. 2005, 4p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). ERRATA NBR9778 DE 2006 – Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro. 2006, 1p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 9779/1995 – Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água por capilaridade. Rio de Janeiro. 1995, 2p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR9917/1987 Agregados para concreto - Determinação de sais, cloretos e sulfatos solúveis. Rio de Janeiro. 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR9935/2005 Agregados – Terminologia. Rio de Janeiro. 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR9938/1987 Agregados - Determinação da resistência ao esmagamento de agregados graúdos. Rio de Janeiro. 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR10340/1988 Agregados - Avaliação da reatividade potencial das rochas carbonáticas com os álcalis de cimento. Rio de Janeiro. 1988.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR10908/1990 Aditivos para argamassa e concretos - Ensaio de uniformidade. Rio de Janeiro. 1990, 7p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 11579/1991 – Cimento Portland - Determinação da finura por meio da peneira 75 micrômetros (número 200). Rio de Janeiro. 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 11578/1991 – Cimento Portland composto. Rio de Janeiro. 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 11579/1991 – Cimento Portland - Determinação da finura por meio da peneira 75 micrômetros (número 200). Rio de Janeiro. 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 11582/1991 – Cimento Portland - Determinação da expansibilidade de Le Chatelier. Rio de Janeiro. 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 11768/1992 – Aditivos para concreto de cimento Portland. Rio de Janeiro. 1992, 4p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR12052/1992. Solo ou agregado miúdo - Determinação de equivalente de areia. Rio de Janeiro. 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12142/1991 Concreto - Determinação da resistência à tração na flexão em corpos-de-prova prismáticos. ABNT, Rio de Janeiro, 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR12317/1992 Verificação de desempenho de aditivos para concreto. ABNT, Rio de Janeiro, 1992, 3p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR12654/1992 - Controle tecnológico de materiais componentes do concreto. Rio de Janeiro. 01/06/1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR12655/2006 - Concreto de cimento Portland - Preparo, controle e recebimento – Procedimento. Rio de Janeiro. 14/08/2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR12821/1993 - Preparação de concreto em laboratório. Rio de Janeiro. 01/02/1993.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 13276/2005 – Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Preparo da mistura e determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro. 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NM-ISO 14001/2007. “Sistemas da gestão ambiental - Requisitos com orientações para uso”. Rio de Janeiro. 30/05/2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 14931/2004 Execução de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro. 30/05/2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR15115/2004. “Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos”. Rio de Janeiro. 2004

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15116/2004: agregados de resíduos sólidos da construção civil: utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural - requisitos. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR15146/2004 - Controle tecnológico de concreto - Qualificação de pessoal – Requisitos. Rio de Janeiro. 29/10/2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR NM2/2000 - Cimento, concreto e agregados - Terminologia - Lista de termos. Rio de Janeiro, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR NM9/2003 - Concreto e argamassa - Determinação dos tempos de pega por meio de resistência à penetração. Rio de Janeiro, 2003, 6p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR NM 18/2004 - Cimento Portland - Análise química - Determinação de perda ao fogo. Rio de Janeiro. 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR NM 23/2001 - Cimento Portland e outros materiais em pó - Determinação de massa específica. Rio de Janeiro. 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR NM26/2001 - Agregados – Amostragem. Rio de Janeiro. 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR NM 27/2001 – Agregados - Redução da amostra de campo para ensaios de laboratório. Rio de Janeiro. 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR NM 30/2001 – Absorção de Água. Rio de Janeiro. 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 33/1998 – Concreto - Amostragem de concreto fresco. ABNT, Rio de Janeiro, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR NM 43/2002 - Cimento Portland - Determinação da pasta de consistência normal. ABNT, Rio de Janeiro, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR NM 44/1995 - Agregados - Determinação do teor de argila em torrões e materiais friáveis. ABNT, Rio de Janeiro, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR NM 45/2006 Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro. 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR NM 46/2003 – Determinação do material fino que passa através da peneira 75µm, por lavagem. Rio de Janeiro. 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 47/2002 – Item 7.3 – Teor de ar pelo método pressométrico. ABNT. Rio de Janeiro, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR NM 49/2001 Agregado miúdo - determinação de impurezas orgânicas. Rio de Janeiro. 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR NM51/2001 Agregado Graúdo - Ensaio de Abrasão "Los Angeles". Rio de Janeiro. 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) NBR NM 52/2003 – Agregado miúdo – Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro. 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR NM 53/2003 - Agregado graúdo – determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água. Rio de Janeiro. 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR NM 55/1996 - concreto - Determinação da resistência à tração na flexão de corpos-de-prova prismáticos. Rio de Janeiro. 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR NM 65/2003 Cimento portland - Determinação do tempo de pega. Rio de Janeiro. 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR NM 67/1998 Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro. 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR NM 68/1998 Concreto - Determinação da consistência pelo espalhamento na mesa de Graff. Rio de Janeiro. 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR NM 76/98 - Cimento Portland - Determinação da finura pelo método de permeabilidade ao ar (Método de Blaine). Rio de Janeiro. 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR NM 102/1996 Concreto - Determinação da exsudação. Rio de Janeiro. 1996, 8p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR NM 131/1998 Concreto endurecido - Determinação da retração hidráulica ou higrométrica do concreto. Rio de Janeiro. 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR NM 248/2003 – Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro. 2003.

BREUER, H. et al. Gravity separation of rubble: a contribution to the closed cycle of raw material usage. In: INTERNATIONAL MINERAL PROCESSING CONGRESS, 20, 1997, Aachen. Proceedings... Aachen, Germany: GMDB, 1997. p. 445-456.

BUCHER, Hans Roman Edmundo, Método de dosagem de concreto para pavimento. São Paulo, ABCP, 1984. 47P. (ET – 73)

CAMPOS, R. A., Projeto de Estradas. Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, 1979.

CANOVAS, M.F., “Patologia e Terapia do Concreto Armado”.

CARRIJO, P. M.. Análise da influência da massa específica de agregados graúdos provenientes de resíduos de construção e demolição no desempenho mecânico do concreto. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

CEB Bulletins 203, 204, 205 DE 1990.

CI 523.3R-93, Guide for cellular concretes above 50 pfc, and for aggregate concretes above 50 pfc with compressive strengths less than 2500 psi, ACI Manual of Concrete Practice. Part 5: Masonry, Precast Concrete, Special Purposes, 16 pp. (Detroit, Michigan, 1994).

COLLINS, R. Recycled concrete. Quarry management, v. 24, n. 12, p. 31-36, Dec. 1997.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. “Glossário de termos técnicos/ rodoviários. Rio de Janeiro, 1997. 296p. (IPR. Publ.700).

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES DNIT 037/2004 ME – Pavimento Rígido – Água para amassamento do concreto de cimento Portland – Ensaios Comparativos – Método de Ensaio.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES DNIT 054/2004 PRO – Pavimento Rígido – Estudo de traço de concreto e ensaios de caracterização de materiais – Procedimento

DEPARTMENT OF THE ENVIRONMENT, DESIGN OF NORMAL MIXES, 42 pp. (Building Research Establishment Watford, U.K.1988).

Diversos artigos da Editora Pini – Revista Construção São Paulo

Folha de São Paulo – Jornal, Reciclagem de Entulho – novembro/2005 – Brasil

FORTES, Rita Moura. “ESTUDO DA ADERÊNCIA ENTRE PLACAS DE CONCRETO DE CIMENTO PORTLAND E CONCRETOS ASFÁLTICOS PARA FINS DE REFORÇOS

ULTRADELGADOS DE PAVIMENTOS”. SÃO PAULO, 1999. 335P. TESE (DOUTORADO) - ESCOLA POLITÉCNICA, UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO.

FORTES, RITA MOURA; BARBOSA JR., ÁLVARO S. “Um Estudo Da Influência Do Tipo De Agregado Na Dosagem De Misturas De Concreto De Cimento Portland Para Pavimentação Utilizando Materiais Reciclados”. 36ª Reunião Anual de Pavimentação, ABPV – Associação Brasileira de Pavimentação, Curitiba – PR, Brasil, 24 a 26 de agosto de 2005.

GARBER, NICHOLAS J., HOEL, LESTER A., Traffic and Highway Engineering. PWS Publishing Company. Second Edition. Boston, 1997.

GODINHO, D. P., GROSSI, L. C., Especificações e Controle de Qualidade de Pavimentos de Concreto – Fórum Interamericano de Pavimentos de Concreto – R.J. – agosto/1999.

GODINHO, D. P., GROSSI, L. C., Pavimento de concreto para liberação rápida ao tráfego (fast-track) – 2000 – Anais/ Conferencias/ Sessões Técnicas.

HELENE, P & TERZIAN, P., Manual de Dosagem e Controle do Concreto. São Paulo. PINI, 1992. 350p (reimpresso 1995, 1998, 2001, 2005).

HENDRIKS, C. F. The building cycle. Delft: Aeneas, 2000. 231 p.

HUANG, Y. H. (1993). Pavement Analysis and Design. Prentice – Hall, Inc. New Jersey, 805p.

IBRACON. “CONCRETO: Ensino, Pesquisa e Realizações”. Ed. G.C. Isaia. São Paulo. 2005. 2v, 1579p.

BISCA, PERCIVAL., Métodos Quantitativos em Planejamento de Transportes. Editora FEC-Unicamp. Campinas, 1993.

J.E. COOX, 10,000 psi concrete, Concrete International, 11, No. 10, pp.67-75 (1989).

KATTAR, J. E. & CRUZ, L. O. MAIA, Tecnologia na Fabricação do Cimento. Seminário Sobre Cimento e Suas Influências nas Aplicações de Concreto. Maio/1993. São Paulo.

KRELL and G. WISCHERS, The influence of fines in concrete consistency, strength and durability, Beton, 38, No.9, pp. 356-9 and No. 10, pp. 401-4 (1998) (British Cement Association translation).

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

LEITE, M. B. Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição. Tese (Doutorado em Engenharia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

LOVATO, Patrícia Silveira; PEREIRA, Fernanda Macedo; MASUERO, Angela Borges; DAL MOLIN, Denise Carpena Coitinho. INFLUÊNCIA DA VARIABILIDADE DOS RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO NA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO E MÓDULO DE DEFORMAÇÃO DE CONCRETOS PRODUZIDOS COM AGREGADOS RECICLADOS. 49º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO – CBC2007. ISBN 978-85-98576-17-6. 01/09 a 05/09/2007. Bento Gonçalves, RS.

M. CAMPBELL and R.J. DETWILER, Development of mix designs for strength and durability of steam-cured concrete, Concrete International, 15; No. 7, pp. 37-9 (1993).

MEHTA P. K., Durability of Concrete – Fifth Years of Progress?, DURABILITY OF CONCRETE, SECOND INTERNATIONAL CONFERENCE, MONTREAL, CANADA 1991 AND ACI SP 126

MEHTA, P. K & MONTEIRO, P. J. M., Estrutura, Propriedades e Materiais. 1º edição Pini – 1994. São Paulo.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. Concreto: estrutura, propriedades e materiais. São Paulo: PINI, 1994.

NEVILLE A. M., *“Propriedades do Concreto”*. 2ª edição Pini, 1997 –São Paulo

O'REILLY DÍAZ, V., Método de Dosagem de Concreto de Elevado Desempenho. 1ª edição Pini, 1998 – São Paulo.

PETRUCCI, E. G. R., Concreto de Cimento Portland. 11ª edição Globo, 1987.

PINTO, S., PREUSSLER, E., Pavimentação Rodoviária – Conceitos Fundamentais Sobre Pavimentos Flexíveis – Copiarte – 2 edição – Rio de Janeiro/ 2002

PITTA, M. R., Execução de pavimento de concreto com 1989 Publicaçõesequipamento reduzido: prática ABCP recomendada.

PITTA, M. R., RODRIGUES, P. P. F., Pavimento de concreto estruturalmente armado, 1997 periódicos técnicos.

Proceedings, First International Conference on Durability of Building Material and Components, ASTM STP, 1980

Proceedings, Symposium on Durability of Concrete, ACI SP 47, 1975

Proceedings, Symposium on Durability of Concrete, RILEM, 1969, 1984

RADFORD, Thomas., Construção de Estradas e Pavimentação. Editora Gertum Carneiro SA.. 5 ed. Rio de Janeiro, 1947.

RASHWAN, M. S.; ABOURIZK, S. The properties of recycled concrete. CONCRETE INTERNATIONAL, V. 19, N. 7, P. 56-60, JULY 1997.

SANTOS, J. R., BRANCO, F. & BRITO, J., Utilização de Agregados Reciclados de Betão na Produção de Novos Betões. Estruturas 2002 – Congresso Nacional da Engenharia de Estruturas, jul/2002, Lisboa, pp.227-236.

SENÇO, W., Planejamento: Estradas de Rodagem. Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, Departamento de Engenharia de Transportes, 1972.

Symposium on the Chemistry of Cement, Third (1952), Fourth (1960), Fifth (1968), Seven (1980), and Eight (1986)

THAGESSEN, BENT., Highway and Traffic Engineering in Developing Countries. Technical University of Denmark, 1996.

VIEIRA, G. L. Estudo do processo de corrosão sob a ação de íons cloreto em concretos obtidos a partir de agregados reciclados de resíduos de construção e demolição. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

VIZZONI, Ronaldo, Pavimentos de Concreto no Brasil-IV Jornadas Luso Brasileiras de Pavimentos Sustentáveis. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 14 e 15 de novembro de 2005, Porto, Portugal.

WON, Moon C. “Use of crushed concrete as aggregates in continuously reinforced concrete pavement”. MAIREPAV5 - PROCEEDINGS of the Fifth International Conference on Maintenance and Rehabilitation of Pavements and Technological Control. Park City, Utah, USA. 8-10 August, 2007.

WRIGHT, Paul H., ASHFORD, Norman J., Transportation Engineering: Planning and Design. Third Edition, 1989.

ZORDAN, Sérgio Eduardo. (1997) Entulho da Indústria da Construção Civil. http://www.reciclagem.pcc.usp.br/entulho_ind_ccivil.htm. Acesso em 05 de setembro de 2007.

8. ANEXOS

8.1 Blocos cerâmicos

RELATÓRIO DE ENSAIO DE AGREGADO MIÚDO

FORNECEDOR: **Itaporanga**

MATERIAL: **AREIA NATURAL**

LOCAL/AMOSTRAGEM: **Usina Engemix – Guarapiranga**

DISCRIMINAÇÃO DO ENSAIO	NORMA	RESULTADOS		NBR 7211	
1. MASSA ESPECÍFICA	NBR NM 52	2,55 g/cm³		NÃO ESPECIFICADO	
2. TEOR DE MATERIAIS PULVERULENTOS	NBR NM 46	0,93 %		≤ 5,0 %	
3. ABSORÇÃO DE ÁGUA	NBR NM 30	---		NÃO ESPECIFICADO	
4. MASSA UNITÁRIA	NBR 7251	SECA	1,48 kg/dm³	NÃO ESPECIFICADO	
		h= 4,0 %	1,15 kg/dm³		
5.IMPUREZAS ORGÂNICAS E HÚMICAS	NBR NM 49	MAIS CLARA		MAIS CLARA	
6. COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA	NBR NM 248	#	% RETIDA		ZONA 01 (MUITO FINA)
		(mm)	INDIV.	ACUM.	
		6,3	0	0	0 a 3
		4,8	0	0	0 a 5 ^(A)
		2,4	2	2	0 a 5 ^(A)
		1,2	4	6	0 a 10 ^(A)
		0,6	9	15	0 a 20
		0,3	75	90	50 a 85 ^(A)
		0,15	7	97	85 ^(B) a 100
		FUNDO	3	100	---
		MÓD.FINURA	2,10		NÃO ESPECIFICADO
		Ø MÁX.	2,4 mm		NÃO ESPECIFICADO
		ZONA	1 (MUITO FINA)		NÃO ESPECIFICADO

OBSERVAÇÕES:

1. (A) PODE HAVER UMA TOLERÂNCIA DE ATÉ UM MÁXIMO DE 5 UNIDADES DE PORCENTO EM UM SÓ DOS LIMITES MARCADOS COM A LETRA A OU DISTRIBUÍDOS EM VÁRIOS DELES.

2. (B) PARA AGREGADO MIÚDO RESULTANTE DE BRITAMENTO ESTE LIMITE PODERÁ SER 80.

3. OS RESULTADOS APRESENTADOS ATENDEM AS EXIGÊNCIAS DA NORMA NBR 7211.

RELATÓRIO DE ENSAIO DE AGREGADO GRAÚDO

PEDREIRA : **Itapaserra**

MATERIAL: **BRITA 1**

LOCAL/AMOSTRAGEM: **Usina Engemix – Guarapiranga**

DISCRIMINAÇÃO DO ENSAIO	NORMA	RESULTADOS			NBR 7211
1. MASSA ESPECÍFICA	NBR NM 53	2,79 g/cm³			NÃO ESPECIFICADO
2. TEOR DE MATERIAIS PULVERULENTOS	NBR NM 46	0,5 %			≤ 1,0 %
3. ABSORÇÃO DE ÁGUA	NBR 9777	0,87 %			NÃO ESPECIFICADO
4. MASSA UNITÁRIA SECA	NBR 7251	1,39 Kg/dm³			NÃO ESPECIFICADO
5. COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA	NBR NM 248	#	% RETIDA		LIMITES
		(mm)	INDIV.	ACUM.	GRANULOMÉTRICO
		25	0	0	0
		19	2	2	0 a 10
		12,5	66	68	--
		9,5	24	92	80 a 100
		6,3	6	98	92 a 100
		4,8	0	98	95 a 100
		2,4	0	98	--
		1,2	0	98	--
		0,6	0	98	--
		0,3	0	98	--
		1,5	0	98	--
		FUNDO	2	100	--
		MÓD.FINURA	6,82		NÃO ESPECIFICADO
		Ø MÁX.	19 mm		NÃO ESPECIFICADO
		GRADUAÇÃO	01		NÃO ESPECIFICADO
OBSERVAÇÕES:					
1. AGREGADO REFERENTE A VERIFICAÇÃO DE DOSAGEM PADRÃO DE RESIDUO DE BLOCOS CERÂMICO.					
2. OS RESULTADOS APRESENTADOS ATENDEM AS EXIGÊNCIAS DA NORMA NBR 7211.					

RELATÓRIO DE ENSAIO DE AGREGADO GRAÚDO

PEDREIRA : **Itapaserra**

MATERIAL: **BRITA 2**

LOCAL/AMOSTRAGEM: **Usina Engemix – Guarapiranga**

DISCRIMINAÇÃO DO ENSAIO	NORMA	RESULTADOS			NBR 7211
1. MASSA ESPECÍFICA	NBR NM 53	2,66 g/cm³			NÃO ESPECIFICADO
2. TEOR DE MATERIAIS PULVERULENTOS	NBR NM 46	0,29 %			≤ 1,0 %
3. ABSORÇÃO DE ÁGUA	NBR 9777	0,75 %			NÃO ESPECIFICADO
4. MASSA UNITÁRIA SECA	NBR 7251	1,33 Kg/dm³			NÃO ESPECIFICADO
5. COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA	NBR NM 248	#	% RETIDA		LIMITES
		(mm)	INDIV.	ACUM.	GRANULOMÉTRICO
		32	0	0	0
		25	7	7	0 a 25
		19	72	79	75 a 100
		12,5	19	98	90 a 100
		9,5	1	99	95 a 100
		6,3	0	99	--
		4,8	0	99	--
		2,4	0	99	--
		1,2	0	99	--
		0,6	0	99	--
		0,3	0	99	--
		1,5	0	99	--
		FUNDO	1	100	--
		MÓD.FINURA	7,72		NÃO ESPECIFICADO
		Ø MÁX.	32 mm		NÃO ESPECIFICADO
		GRADUAÇÃO	02		NÃO ESPECIFICADO
OBSERVAÇÕES:					
1. AGREGADO REFERENTE A VERIFICAÇÃO DE DOSAGEM PADRÃO DE RESIDUO DE BLOCO CERÂMICO					
2. OS RESULTADOS APRESENTADOS ATENDEM AS EXIGÊNCIAS DA NORMA NBR 7211.					

RELATÓRIO DE ENSAIO DE CIMENTO PORTLAND

CIMENTO / MARCA: **VOTORAN** TIPO: **CP III 40**

LOCAL/AMOSTRAGEM: **Usina Engemix - Guarapiranga**

DISCRIMINAÇÃO DO ENSAIO	NORMA	RESULTADOS				NORMA NBR 5735	
1. CONSISTÊNCIA NORMAL	NBR NM 43	24,2 %				---	
2. FINURA NA # Nº 200	NBR 11579	2,1 %				≤ 8 %	
3. TEMPOS DE PEGA	NBR NM 65	INÍCIO	3:25 HORAS		INÍCIO	≥ 1 h	
		FIM	6:15 HORAS		FIM	≤ 12 h	
4. EXPANSIBILIDADE LE CHATELIER	NBR 11582	A QUENTE	0,5 mm		A QUENTE	≤ 5mm	
		A FRIO	0,0 mm		A FRIO	≤ 5 mm	
5. ÁREA ESPECÍFICA BLAINE	NBR NM 76	4040 cm²/g				----	
6. RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO	NBR 7215	IDADE (dias)	IND. (MPa)	MÉDIA (MPa)	DESVIO (%)	≥ 12,0 MPa	
		03	17,5	17,8	3,9		
			17,4				
			18,5				
			17,6				
		07	30,6	30,4	3,6	≥ 23,0 MPa	
			29,3				
			30,5				
			31,1				
		28	43,2	44,1	2,0	≥ 40,0 MPa	
			44,5				
			45,0				
			43,6				
7. MASSA ESPECÍFICA	NBR NM 23	3,02 g/cm³			---		
OBSERVAÇÕES:							
1. ESTE RELATÓRIO REFERE-SE A VERIFICAÇÃO DE DOSAGEM PADRÃO COM RESIDO DE BLOCOS CERÂMICOS							
2. OS RESULTADOS APRESENTADOS ATENDEM AS EXIGÊNCIAS DA NORMA NBR 5735.							

RELATÓRIO DE ENSAIO DE AGREGADO MIÚDO

FORNECEDOR: **MACKENZIE**

MATERIAL: **RESIDUO DE BLOCO DE CERÂMICO**

LOCAL/AMOSTRAGEM: **MACKENZIE**

DISCRIMINAÇÃO DO ENSAIO	NORMA	RESULTADOS		NBR 7211	
1. MASSA ESPECÍFICA	NBR NM 52	2,48 g/cm³		NÃO ESPECIFICADO	
2. TEOR DE MATERIAIS PULVERULENTOS	NBR NM 46	4,77%		≤ 5,0 %	
3. ABSORÇÃO DE ÁGUA	NBR NM 30	18,00 %		NÃO ESPECIFICADO	
4. MASSA UNITÁRIA	NBR 7251	SECA	1,09 kg/dm³	NÃO ESPECIFICADO	
5.IMPUREZAS ORGÂNICAS E HÚMICAS	NBR NM 49	---		MAIS CLARA	
6. COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA	NBR NM 248	#	% RETIDA		NÃO ESPECIFICADO
		(mm)	INDIV.	ACUM.	
		12,5	0	0	
		9,5	2	2	
		6,3	22	24	
		4,8	15	39	
		2,4	21	60	
		1,2	16	76	
		0,6	12	88	
		0,3	7	95	
		0,15	3	98	
		FUNDO	2	100	
		MÓD.FINURA	4,58		NÃO ESPECIFICADO
		Ø MÁX.	9,5 mm		NÃO ESPECIFICADO
OBSERVAÇÕES:					
1. AGREGADO REFERENTE A VERIFICAÇÃO DE DOSAGEM PADRÃO COM BLOCOS CERÂMICOS.					
2. OS RESULTADOS APRESENTADOS ATENDEM AS EXIGÊNCIAS DA NORMA NBR 7211.					

RELATÓRIO DE ENSAIO

DOSAGEM DE CONCRETO PADRÃO COM RESÍDUO DE BLOCOS CERÂMICOS

LOCAL/AMOSTRAGEM: **USINA ENGEMIX - GUARAPIRANGA / MACKENZIE**

1. OBJETIVO

Verificação de dosagem de concreto com resíduo de cp's de concreto para pesquisa.

2. NORMAS DE REFERÊNCIA

- NBR 12821 – Preparação de Concreto em Laboratório.
- NBR 5735 – Cimento Portland de alto forno – Especificação.
- NBR 5738 – Moldagem e Cura de Corpos-de-prova Cilíndricos ou Prismáticos de Concreto.
- NBR 5739 – Ensaio de Compressão de Corpos-de-prova Cilíndricos.
- NBR 12142 – Concreto – Determinação da Resistência à tração na flexão em Corpos-de-Prova Prismático
- NBR NM 67 – Determinação da Consistência pelo Abatimento do Tronco de Cone.
- NBR 7211 – Agregado para Concreto – Especificação.

3. CARACTERÍSTICAS DA DOSAGEM:

Dosagem Nº	f_{ck} (MPa)	F_{ctmk} (MPa)	Abatimento pelo tronco de Cone (mm)	Agregado Graúdo	Lançamento	Consumo de Cimento (kg/m ³)	Tipo de Cimento
01	30,0	4,5	80 ± 10	B1 e B2	Convencional	355	CP III 40

4. MATERIAIS UTILIZADOS:

Foram utilizados na verificação, materiais coletados e amostrados na Usina Engemix e Mackenzie identificados a seguir:

Material	Fornecedor
Cimento CP III 40	Votoran
Areia de Quartzo	Itaporanga
Resíduo de Blocos cerâmicos	Mackenzie
Brita 01	Pedreira Itapasserra
Brita 02	Pedreira Itapasserra
Aditivo 394 N	MBT

5. PROCEDIMENTOS:

Com amostras dos materiais ensaiados, foi preparado 01 (uma) dosagem da qual foi medida o abatimento e moldados 01 série de corpos-de-prova cilíndricos e 01 série de corpos-de-prova prismáticos, para determinação da resistência à compressão nas idades 1, 3, 7 e 28 dias e determinação da resistência a tração na flexão nas idades 1, 3, 7 e 28 dias (conforme as Normas NBR 5738; 5739 e 12142).

5.1. DOSAGEM PROPOSTA

TRAÇO UNITÁRIO

Dosagem N°	Cimento	Areia de Quartzo	Resíduo de Bloco Cerâmico	Brita 01	Brita 02	Aditivo	Água
01	1,000	1,485	0,994	2,273	0,572	0,005	0,590

CONSUMO DE MATERIAL PARA 1m³ DE CONCRETO (MATERIAIS SECOS):

Dosagem N°	Fator a/c	Cimento CP III 40 (kg)	Areia de Quartzo (kg)	Areia Artificial (kg)	Brita 01 (kg)	Brita 02 (kg)	Aditivo (l)	Água (l)
01	0,47	355	527	353	807	203	1,90	209

5.2. RESULTADOS OBTIDOS NOS ENSAIOS:

5.2.1. CONCRETO FRESCO

Dosagem Nº	Fator a/c	Abatimento medido (mm)	Ar Incorporado (%)	Densidade (kg/m ³)
01	0,47	70	2,0	2,40

5.2.2. CONCRETO ENDURECIDO

Dosagem m Nº	f _{ck} (MPa)	F _{ctmk} (MPa)	Resistência Média à Compressão Axial (MPa)				Resistência Média Tração na Flexão (MPa)			
			24 h	03 dias	07 dias	28 dias	24 h	03 dias	07 dias	28 dias
01	30,0	4,5	5,8	21,9	28,6	37,3	1,3	3,6	3,9	5,1

6. OBSERVAÇÕES:

6.1. Quaisquer alterações de fornecedores e (ou) características dos materiais constituintes, poderá acarretar distorções na dosagem ora apresentada previamente para sua utilização.

6.2. O resíduo de blocos cerâmicos trata-se de um material argiloso tem como característica a necessidade de uma maior quantidade de água.

8.2 Blocos de concreto

RELATÓRIO DE ENSAIO DE AGREGADO MIÚDO

FORNECEDOR: **Itaporanga**

MATERIAL: **AREIA NATURAL**

LOCAL/AMOSTRAGEM: **Usina Engemix – Guarapiranga**

DISCRIMINAÇÃO DO ENSAIO	NORMA	RESULTADOS		NBR 7211	
1. MASSA ESPECÍFICA	NBR NM 52	2,55 g/cm³		NÃO ESPECIFICADO	
2. TEOR DE MATERIAIS PULVERULENTOS	NBR NM 46	0,93 %		≤ 5,0 %	
3. ABSORÇÃO DE ÁGUA	NBR NM 30	---		NÃO ESPECIFICADO	
4. MASSA UNITÁRIA	NBR 7251	SECA	1,48 kg/dm³	NÃO ESPECIFICADO	
		h= 4,0 %	1,15 kg/dm³		
5.IMPUREZAS ORGÂNICAS E HÚMICAS	NBR NM 49	MAIS CLARA		MAIS CLARA	
6. COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA	NBR NM 248	#	% RETIDA		ZONA 01 (MUITO FINA)
		(mm)	INDIV.	ACUM.	
		6,3	0	0	0 a 3
		4,8	0	0	0 a 5 ^(A)
		2,4	2	2	0 a 5 ^(A)
		1,2	4	6	0 a 10 ^(A)
		0,6	9	15	0 a 20
		0,3	75	90	50 a 85 ^(A)
		0,15	7	97	85 ^(B) a 100
		FUNDO	3	100	---
		MÓD.FINURA	2,10		NÃO ESPECIFICADO
		Ø MÁX.	2,4 mm		NÃO ESPECIFICADO
		ZONA	1 (MUITO FINA)		NÃO ESPECIFICADO

OBSERVAÇÕES:

1. (A) PODE HAVER UMA TOLERÂNCIA DE ATÉ UM MÁXIMO DE 5 UNIDADES DE PORCENTO EM UM SÓ DOS LIMITES MARCADOS COM A LETRA A OU DISTRIBUÍDOS EM VÁRIOS DELES.

2. (B) PARA AGREGADO MIÚDO RESULTANTE DE BRITAMENTO ESTE LIMITE PODERÁ SER 80.

3. OS RESULTADOS APRESENTADOS ATENDEM AS EXIGÊNCIAS DA NORMA NBR 7211.

RELATÓRIO DE ENSAIO DE AGREGADO GRAÚDO

PEDREIRA : **Itapaserra**

MATERIAL: **BRITA 1**

LOCAL/AMOSTRAGEM: **Usina Engemix – Guarapiranga**

DISCRIMINAÇÃO DO ENSAIO	NORMA	RESULTADOS			NBR 7211
1. MASSA ESPECÍFICA	NBR NM 53	2,79 g/cm³			NÃO ESPECIFICADO
2. TEOR DE MATERIAIS PULVERULENTOS	NBR NM 46	0,5 %			≤ 1,0 %
3. ABSORÇÃO DE ÁGUA	NBR 9777	0,87 %			NÃO ESPECIFICADO
4. MASSA UNITÁRIA SECA	NBR 7251	1,39 Kg/dm³			NÃO ESPECIFICADO
5. COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA	NBR NM 248	#	% RETIDA		LIMITES
		(mm)	INDIV.	ACUM.	GRANULOMÉTRICO
		25	0	0	0
		19	2	2	0 a 10
		12,5	66	68	--
		9,5	24	92	80 a 100
		6,3	6	98	92 a 100
		4,8	0	98	95 a 100
		2,4	0	98	--
		1,2	0	98	--
		0,6	0	98	--
		0,3	0	98	--
		1,5	0	98	--
		FUNDO	2	100	--
		MÓD.FINURA	6,82		NÃO ESPECIFICADO
		Ø MÁX.	19 mm		NÃO ESPECIFICADO
		GRADUAÇÃO	01		NÃO ESPECIFICADO
OBSERVAÇÕES:					
1. AGREGADO REFERENTE A VERIFICAÇÃO DE DOSAGEM PADRÃO DE RESIDUO DE BLOCOS DE CONCRETO.					
2. OS RESULTADOS APRESENTADOS ATENDEM AS EXIGÊNCIAS DA NORMA NBR 7211.					

RELATÓRIO DE ENSAIO DE AGREGADO GRAÚDO

PEDREIRA : **Itapaserra**
 MATERIAL: **BRITA 2**
 LOCAL/AMOSTRAGEM: **Usina Engemix – Guarapiranga**

DISCRIMINAÇÃO DO ENSAIO	NORMA	RESULTADOS			NBR 7211
1. MASSA ESPECÍFICA	NBR NM 53	2,66 g/cm³			NÃO ESPECIFICADO
2. TEOR DE MATERIAIS PULVERULENTOS	NBR NM 46	0,29 %			≤ 1,0 %
3. ABSORÇÃO DE ÁGUA	NBR 9777	0,75 %			NÃO ESPECIFICADO
4. MASSA UNITÁRIA SECA	NBR 7251	1,33 Kg/dm³			NÃO ESPECIFICADO
5. COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA	NBR NM 248	#	% RETIDA		LIMITES
		(mm)	INDIV.	ACUM.	GRANULOMÉTRICO
		32	0	0	0
		25	7	7	0 a 25
		19	72	79	75 a 100
		12,5	19	98	90 a 100
		9,5	1	99	95 a 100
		6,3	0	99	--
		4,8	0	99	--
		2,4	0	99	--
		1,2	0	99	--
		0,6	0	99	--
		0,3	0	99	--
		1,5	0	99	--
		FUNDO	1	100	--
		MÓD.FINURA	7,72		NÃO ESPECIFICADO
		Ø MÁX.	32 mm		NÃO ESPECIFICADO
		GRADUAÇÃO	02		NÃO ESPECIFICADO
OBSERVAÇÕES:					
1. AGREGADO REFERENTE A VERIFICAÇÃO DE DOSAGEM PADRÃO DE RESIDUO DE BLOCO DE CONCRETO					
2. OS RESULTADOS APRESENTADOS ATENDEM AS EXIGÊNCIAS DA NORMA NBR 7211.					

RELATÓRIO DE ENSAIO DE CIMENTO PORTLAND

CIMENTO / MARCA: **VOTORAN** TIPO: **CP III 40**

LOCAL/AMOSTRAGEM: **Usina Engemix - Guarapiranga**

DISCRIMINAÇÃO DO ENSAIO	NORMA	RESULTADOS				NORMA NBR 5735	
1. CONSISTÊNCIA NORMAL	NBR NM 43	24,2 %				---	
2. FINURA NA # Nº 200	NBR 11579	2,1 %				≤ 8 %	
3. TEMPOS DE PEGA	NBR NM 65	INÍCIO	3:25 HORAS		INÍCIO	≥ 1 h	
		FIM	6:15 HORAS		FIM	≤ 12 h	
4. EXPANSIBILIDADE LE CHATELIER	NBR 11582	A QUENTE	0,5 mm		A QUENTE	≤ 5mm	
		A FRIO	0,0 mm		A FRIO	≤ 5 mm	
5. ÁREA ESPECÍFICA BLAINE	NBR NM 76	4040 cm²/g				----	
6. RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO	NBR 7215	IDADE (dias)	IND. (MPa)	MÉDIA (MPa)	DESVIO (%)	≥ 12,0 MPa	
		03	17,5	17,8	3,9		
			17,4				
			18,5				
			17,6				
		07	30,6	30,4	3,6	≥ 23,0 MPa	
			29,3				
			30,5				
			31,1				
		28	43,2	44,1	2,0	≥ 40,0 MPa	
			44,5				
			45,0				
			43,6				
7. MASSA ESPECÍFICA	NBR NM 23	3,02 g/cm³			---		
OBSERVAÇÕES:							
3. ESTE RELATÓRIO REFERE-SE A VERIFICAÇÃO DE DOSAGEM PADRÃO COM RESIDO DE BLOCOS DE CONCRETO							
4. OS RESULTADOS APRESENTADOS ATENDEM AS EXIGÊNCIAS DA NORMA NBR 5735.							

RELATÓRIO ENSAIO DE AGREGADO MIÚDO

FORNECEDOR: **MACKENZIE**

MATERIAL: **RESIDUO DE BLOCO DE CONCRETO**

LOCAL/AMOSTRAGEM: **MACKENZIE**

DISCRIMINAÇÃO DO ENSAIO	NORMA	RESULTADOS		NBR 7211	
1. MASSA ESPECÍFICA	NBR NM 52	2,68 g/cm³		NÃO ESPECIFICADO	
2. TEOR DE MATERIAIS PULVERULENTOS	NBR NM 46	4,52%		≤ 5,0 %	
3. ABSORÇÃO DE ÁGUA	NBR NM 30	7,37 %		NÃO ESPECIFICADO	
4. MASSA UNITÁRIA	NBR 7251	SECA	1,34 kg/dm³	NÃO ESPECIFICADO	
5.IMPUREZAS ORGÂNICAS E HÚMICAS	NBR NM 49	---		MAIS CLARA	
6. COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA	NBR NM 248	#	% RETIDA		NÃO ESPECIFICADO
		(mm)	INDIV.	ACUM.	
		12,5	0	0	
		9,5	1	1	
		6,3	15	16	
		4,8	19	35	
		2,4	28	63	
		1,2	16	79	
		0,6	8	87	
		0,3	6	93	
		0,15	3	96	
		FUNDO	4	100	
		MÓD.FINURA	4,54		NÃO ESPECIFICADO
		Ø MÁX.	9,5 mm		NÃO ESPECIFICADO
OBSERVAÇÕES:					
1. AGREGADO REFERENTE A VERIFICAÇÃO DE DOSAGEM PADRÃO COM RESIDUO DE BLOCO DE CONCRETO.					
2. OS RESULTADOS APRESENTADOS ATENDEM AS EXIGÊNCIAS DA NORMA NBR 7211.					

RELATÓRIO DE ENSAIO

DOSAGEM DE CONCRETO PADRÃO COM RESÍDUO DE BLOCOS DE CONCRETO

LOCAL/AMOSTRAGEM: **USINA ENGEMIX - GUARAPIRANGA / MACKENZIE**

1. OBJETIVO

Verificação de dosagem de concreto com resíduo de cp's de concreto para pesquisa.

2. NORMAS DE REFERÊNCIA

- NBR 12821 – Preparação de Concreto em Laboratório.
- NBR 5735 – Cimento Portland de alto forno – Especificação.
- NBR 5738 – Moldagem e Cura de Corpos-de-prova Cilíndricos ou Prismáticos de Concreto.
- NBR 5739 – Ensaio de Compressão de Corpos-de-prova Cilíndricos.
- NBR 12142 – Concreto – Determinação da Resistência à tração na flexão em Corpos-de-Prova Prismático
- NBR NM 67 – Determinação da Consistência pelo Abatimento do Tronco de Cone.
- NBR 7211 – Agregado para Concreto – Especificação.

3. CARACTERÍSTICAS DA DOSAGEM:

Dosagem N°	f_{ck} (MPa)	F_{ctmk} (MPa)	Abatimento pelo tronco de Cone (mm)	Agregado Graúdo	Lançamento	Consumo de Cimento (kg/m ³)	Tipo de Cimento
01	30,0	4,5	80 ± 10	B1 e B2	Convencional	355	CP III 40

4. MATERIAIS UTILIZADOS:

Foram utilizados na verificação, materiais coletados e amostrados na Usina Engemix e Mackenzie identificados a seguir:

Material	Fornecedor
Cimento CP III 40	Votoran
Areia de Quartzo	Itaporanga
Resíduo de Blocos de concreto	Mackenzie
Brita 01	Pedreira Itapasserra
Brita 02	Pedreira Itapasserra
Aditivo 394 N	MBT

5. PROCEDIMENTOS:

Com amostras dos materiais ensaiados, foi preparado 01 (uma) dosagem da qual foi medida o abatimento e moldados 01 série de corpos-de-prova cilíndricos e 01 série de corpos-de-prova prismáticos, para determinação da resistência à compressão nas idades 1, 3, 7 e 28 dias e determinação da resistência a tração na flexão nas idades 1, 3, 7 e 28 dias (conforme as Normas NBR 5738; 5739 e 12142).

5.1. DOSAGEM PROPOSTA

TRAÇO UNITÁRIO

Dosagem N°	Cimento	Areia de Quartzo	Resíduo de Bloco de concreto	Brita 01	Brita 02	Aditivo	Água
01	1,000	1,485	0,994	2,273	0,572	0,005	0,440

CONSUMO DE MATERIAL PARA 1m³ DE CONCRETO (MATERIAIS SECOS):

Dosagem N°	Fator a/c	Cimento CP III 40 (kg)	Areia de Quartzo (kg)	Areia Artificial (kg)	Brita 01 (kg)	Brita 02 (kg)	Aditivo (l)	Água (l)
01	0,47	355	527	353	807	203	1,90	156

5.2. RESULTADOS OBTIDOS NOS ENSAIOS:

5.2.1. CONCRETO FRESCO

Dosagem Nº	Fator a/c	Abatimento medido (mm)	Ar Incorporado (%)	Densidade (kg/m ³)
01	0,47	80	1,6	2,380

5.2.2. CONCRETO ENDURECIDO

Dosagem m Nº	f _{ck} (MPa)	F _{ctmk} (MPa)	Resistência Média à Compressão Axial (MPa)				Resistência Média Tração na Flexão (MPa)			
			24 h	03 dias	07 dias	28 dias	24 h	03 dias	07 dias	28 dias
01	30,0	4,5	7,1	21,5	42,2	50,2	1,45	3,6	4,3	6,3

6. OBSERVAÇÕES:

6.1. Quaisquer alterações de fornecedores e (ou) características dos materiais constituintes, poderá acarretar distorções na dosagem ora apresentada previamente para sua utilização.

6.2. Com a utilização do resíduo houve uma redução do consumo de água.

8.3 CP's de concreto

RELATÓRIO DE ENSAIO DE AGREGADO MIÚDO

FORNECEDOR: **Itaporanga**

MATERIAL: **AREIA NATURAL**

LOCAL/AMOSTRAGEM: **Usina Engemix – Guarapiranga**

DISCRIMINAÇÃO DO ENSAIO	NORMA	RESULTADOS		NBR 7211	
1. MASSA ESPECÍFICA	NBR NM 52	2,55 g/cm³		NÃO ESPECIFICADO	
2. TEOR DE MATERIAIS PULVERULENTOS	NBR NM 46	0,93 %		≤ 5,0 %	
3. ABSORÇÃO DE ÁGUA	NBR NM 30	---		NÃO ESPECIFICADO	
4. MASSA UNITÁRIA	NBR 7251	SECA	1,48 kg/dm³	NÃO ESPECIFICADO	
		h= 4,0 %	1,15 kg/dm³		
5.IMPUREZAS ORGÂNICAS E HÚMICAS	NBR NM 49	MAIS CLARA		MAIS CLARA	
6. COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA	NBR NM 248	#	% RETIDA		ZONA 01 (MUITO FINA)
		(mm)	INDIV.	ACUM.	
		6,3	0	0	0 a 3
		4,8	0	0	0 a 5 ^(A)
		2,4	2	2	0 a 5 ^(A)
		1,2	4	6	0 a 10 ^(A)
		0,6	9	15	0 a 20
		0,3	75	90	50 a 85 ^(A)
		0,15	7	97	85 ^(B) a 100
		FUNDO	3	100	---
		MÓD.FINURA	2,10		NÃO ESPECIFICADO
		Ø MÁX.	2,4 mm		NÃO ESPECIFICADO
		ZONA	1 (MUITO FINA)		NÃO ESPECIFICADO

OBSERVAÇÕES:

1. (A) PODE HAVER UMA TOLERÂNCIA DE ATÉ UM MÁXIMO DE 5 UNIDADES DE PORCENTO EM UM SÓ DOS LIMITES MARCADOS COM A LETRA A OU DISTRIBUÍDOS EM VÁRIOS DELES.

2. (B) PARA AGREGADO MIÚDO RESULTANTE DE BRITAMENTO ESTE LIMITE PODERÁ SER 80.

3. OS RESULTADOS APRESENTADOS ATENDEM AS EXIGÊNCIAS DA NORMA NBR 7211.

RELATÓRIO DE ENSAIO DE AGREGADO GRAÚDO

PEDREIRA : **Itapaserra**
 MATERIAL: **BRITA 1**
 LOCAL/AMOSTRAGEM: **Usina Engemix – Guarapiranga**

DISCRIMINAÇÃO DO ENSAIO	NORMA	RESULTADOS			NBR 7211
1. MASSA ESPECÍFICA	NBR NM 53	2,79 g/cm³			NÃO ESPECIFICADO
2. TEOR DE MATERIAIS PULVERULENTOS	NBR NM 46	0,5 %			≤ 1,0 %
3. ABSORÇÃO DE ÁGUA	NBR 9777	0,87 %			NÃO ESPECIFICADO
4. MASSA UNITÁRIA SECA	NBR 7251	1,39 Kg/dm³			NÃO ESPECIFICADO
5. COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA	NBR NM 248	#	% RETIDA		LIMITES
		(mm)	INDIV.	ACUM.	GRANULOMÉTRICO
		25	0	0	0
		19	2	2	0 a 10
		12,5	66	68	--
		9,5	24	92	80 a 100
		6,3	6	98	92 a 100
		4,8	0	98	95 a 100
		2,4	0	98	--
		1,2	0	98	--
		0,6	0	98	--
		0,3	0	98	--
		1,5	0	98	--
		FUNDO	2	100	--
		MÓD.FINURA		6,82	NÃO ESPECIFICADO
		Ø MÁX.		19 mm	NÃO ESPECIFICADO
		GRADUAÇÃO		01	NÃO ESPECIFICADO
OBSERVAÇÕES:					
1. AGREGADO REFERENTE A VERIFICAÇÃO DE DOSAGEM PADRÃO DE RESIDUO DE CP'S DE CONCRETO.					
2. OS RESULTADOS APRESENTADOS ATENDEM AS EXIGÊNCIAS DA NORMA NBR 7211.					

RELATÓRIO DE ENSAIO DE AGREGADO GRAÚDO

PEDREIRA : **Itapaserra**
 MATERIAL: **BRITA 2**
 LOCAL/AMOSTRAGEM: **Usina Engemix – Guarapiranga**

DISCRIMINAÇÃO DO ENSAIO	NORMA	RESULTADOS		NBR 7211	
1. MASSA ESPECÍFICA	NBR NM 53	2,66 g/cm³		NÃO ESPECIFICADO	
2. TEOR DE MATERIAIS PULVERULENTOS	NBR NM 46	0,29 %		≤ 1,0 %	
3. ABSORÇÃO DE ÁGUA	NBR 9777	0,75 %		NÃO ESPECIFICADO	
4. MASSA UNITÁRIA SECA	NBR 7251	1,33 Kg/dm³		NÃO ESPECIFICADO	
5. COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA	NBR NM 248	#	% RETIDA		LIMITES
		(mm)	INDIV.	ACUM.	GRANULOMÉTRICO
		32	0	0	0
		25	7	7	0 a 25
		19	72	79	75 a 100
		12,5	19	98	90 a 100
		9,5	1	99	95 a 100
		6,3	0	99	--
		4,8	0	99	--
		2,4	0	99	--
		1,2	0	99	--
		0,6	0	99	--
		0,3	0	99	--
		1,5	0	99	--
		FUNDO	1	100	--
		MÓD.FINURA	7,72		NÃO ESPECIFICADO
		Ø MÁX.	32 mm		NÃO ESPECIFICADO
		GRADUAÇÃO	02		NÃO ESPECIFICADO
OBSERVAÇÕES:					
1. AGREGADO REFERENTE A VERIFICAÇÃO DE DOSAGEM PADRÃO DE RESIDUO DE CP'S DE CONCRETO					
2. OS RESULTADOS APRESENTADOS ATENDEM AS EXIGÊNCIAS DA NORMA NBR 7211.					

RELATÓRIO DE ENSAIO DE CIMENTO PORTLAND

CIMENTO / MARCA: **VOTORAN** TIPO: **CP III 40**

LOCAL/AMOSTRAGEM: **Usina Engemix - Guarapiranga**

DISCRIMINAÇÃO DO ENSAIO	NORMA	RESULTADOS				NORMA NBR 5735	
1. CONSISTÊNCIA NORMAL	NBR NM 43	24,2 %				---	
2. FINURA NA # Nº 200	NBR 11579	2,1 %				≤ 8 %	
3. TEMPOS DE PEGA	NBR NM 65	INÍCIO	3:25 HORAS		INÍCIO	≥ 1 h	
		FIM	6:15 HORAS		FIM	≤ 12 h	
4. EXPANSIBILIDADE LE CHATELIER	NBR 11582	A QUENTE	0,5 mm		A QUENTE	≤ 5mm	
		A FRIO	0,0 mm		A FRIO	≤ 5 mm	
5. ÁREA ESPECÍFICA BLAINE	NBR NM 76	4040 cm²/g				----	
6. RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO	NBR 7215	IDADE (dias)	IND. (MPa)	MÉDIA (MPa)	DESVIO (%)	≥ 12,0 MPa	
		03	17,5	17,8	3,9		
			17,4				
			18,5				
			17,6				
		07	30,6	30,4	3,6	≥ 23,0 MPa	
			29,3				
			30,5				
			31,1				
		28	43,2	44,1	2,0	≥ 40,0 MPa	
			44,5				
			45,0				
			43,6				
7. MASSA ESPECÍFICA	NBR NM 23	3,02 g/cm³				---	
OBSERVAÇÕES:							
2. ESTE RELATÓRIO REFERE-SE A VERIFICAÇÃO DE DOSAGEM PADRÃO COM RESIDO DE CP'S DE CONCRETO							
3. OS RESULTADOS APRESENTADOS ATENDEM AS EXIGÊNCIAS DA NORMA NBR 5735.							

RELATÓRIO DE ENSAIO DE AGREGADO MIÚDO

FORNECEDOR: **MACKENZIE**

MATERIAL: **RESIDUO CP'S DE CONCRETO**

LOCAL/AMOSTRAGEM: **MACKENZIE**

DISCRIMINAÇÃO DO ENSAIO	NORMA	RESULTADOS		NBR 7211	
1. MASSA ESPECÍFICA	NBR NM 52	2,68 g/cm³		NÃO ESPECIFICADO	
2. TEOR DE MATERIAIS PULVERULENTOS	NBR NM 46	7,89%		≤ 5,0 %	
3. ABSORÇÃO DE ÁGUA	NBR NM 30	5,31 %		NÃO ESPECIFICADO	
4. MASSA UNITÁRIA	NBR 7251	SECA	1,37 kg/dm³	NÃO ESPECIFICADO	
5.IMPUREZAS ORGÂNICAS E HÚMICAS	NBR NM 49	---		MAIS CLARA	
6. COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA	NBR NM 248	#	% RETIDA		NÃO ESPECIFICADO
		(mm)	INDIV.	ACUM.	
		12,5	0	0	
		9,5	2	2	
		6,3	18	20	
		4,8	16	36	
		2,4	23	59	
		1,2	14	73	
		0,6	7	80	
		0,3	7	87	
		0,15	6	93	
		FUNDO	7	100	
		MÓD.FINURA	4,30		NÃO ESPECIFICADO
		Ø MÁX.	9,5 mm		NÃO ESPECIFICADO
OBSERVAÇÕES:					
1. AGREGADO REFERENTE A VERIFICAÇÃO DE DOSAGEM PADRÃO COM RESIDUO DE CP'S DE CONCRETO.					
2. OS RESULTADOS APRESENTADOS NÃO ATENDEM AS EXIGÊNCIAS DA NORMA NBR 7211, QUANTO AO TEOR DE MATERIAL PULVERULENTO.					

RELATÓRIO DE ENSAIO

DOSAGEM DE CONCRETO PADRÃO COM RESÍDUO DE CP'S DE CONCRETO

LOCAL/AMOSTRAGEM: **USINA ENGEMIX - GUARAPIRANGA / MACKENZIE**

1. OBJETIVO

Verificação de dosagem de concreto com resíduo de cp's de concreto para pesquisa.

2. NORMAS DE REFERÊNCIA

- a. NBR 12821 – Preparação de Concreto em Laboratório.
- b. NBR 5735 – Cimento Portland de alto forno – Especificação.
- c. NBR 5738 – Moldagem e Cura de Corpos-de-prova Cilíndricos ou Prismáticos de Concreto.
- d. NBR 5739 – Ensaio de Compressão de Corpos-de-prova Cilíndricos.
- e. NBR 12142 – Concreto – Determinação da Resistência à tração na flexão em Corpos-de-Prova Prismático
- f. Corpos-de-Prova Prismático
- g. NBR NM 67 – Determinação da Consistência pelo Abatimento do Tronco de Cone.
- h. NBR 7211 – Agregado para Concreto – Especificação.

3. CARACTERÍSTICAS DA DOSAGEM:

Dosagem N°	f_{ck} (MPa)	F_{ctmk} (MPa)	Abatimento pelo tronco de Cone (mm)	Agregado Graúdo	Lançamento	Consumo de Cimento (kg/m ³)	Tipo de Cimento
01	30,0	4,5	80 ± 10	B1 e B2	Convencional	355	CP III 40

4. MATERIAIS UTILIZADOS:

Foram utilizados na verificação, materiais coletados e amostrados na Usina Engemix e Mackenzie identificados a seguir:

Material	Fornecedor
Cimento CP III 40	Votoran
Areia de Quartzo	Itaporanga
Resíduo de CP's de concreto	Mackenzie
Brita 01	Pedreira Itapasserra
Brita 02	Pedreira Itapasserra
Aditivo 394 N	MBT

5. PROCEDIMENTOS:

Com amostras dos materiais ensaiados, foi preparado 01 (uma) dosagem da qual foi medida o abatimento e moldados 01 série de corpos-de-prova cilíndricos e 01 série de corpos-de-prova prismáticos, para determinação da resistência à compressão nas idades 1, 3, 7 e 28 dias e determinação da resistência a tração na flexão nas idades 1, 3, 7 e 28 dias (conforme as Normas NBR 5738; 5739 e 12142).

5.1. DOSAGEM PROPOSTA

TRAÇO UNITÁRIO

Dosagem N°	Cimento	Areia de Quartzo	Resíduo CP's de concreto	Brita 01	Brita 02	Aditivo	Água
01	1,000	1,485	0,994	2,273	0,572	0,005	0,440

CONSUMO DE MATERIAL PARA 1m³ DE CONCRETO (MATERIAIS SECOS):

Dosagem N°	Fator a/c	Cimento CPIII 40 (kg)	Areia de Quartzo (kg)	Areia Artificial (kg)	Brita 01 (kg)	Brita 02 (kg)	Aditivo (l)	Água (l)
01	0,47	355	527	353	807	203	1,90	156

5.2. RESULTADOS OBTIDOS NOS ENSAIOS:

5.2.1. CONCRETO FRESCO

Dosagem Nº	Fator a/c	Abatimento medido (mm)	Ar Incorporado (%)	Densidade (kg/m ³)
01	0,47	80	1,5	2,40

5.2.2. CONCRETO ENDURECIDO

Dosagem Nº	f _{ck} (MPa)	F _{ctmk} (MPa)	Resistência Média á Compressão Axial (MPa)				Resistência Média Tração na Flexão (MPa)			
			24 h	03 dias	07 dias	28 dias	24 h	03 dias	07 dias	28 dias
01	30,0	4,5	7,2	25,5	41,8	45,65	1,4	3,2	5,3	6,1

6. OBSERVAÇÕES:

6.1. Quaisquer alterações de fornecedores e (ou) características dos materiais constituintes, poderá acarretar distorções na dosagem ora apresentada previamente para sua utilização.

6.2. Com a utilização do resíduo houve uma redução do consumo de água.

8.4 Pedrisco misto

RELATÓRIO DE ENSAIO DE AGREGADO MIÚDO

FORNECEDOR: **Itaporanga**

MATERIAL: **AREIA NATURAL**

LOCAL/AMOSTRAGEM: **Usina Engemix – Guarapiranga**

DISCRIMINAÇÃO DO ENSAIO	NORMA	RESULTADOS		NBR 7211	
1. MASSA ESPECÍFICA	NBR NM 52	2,55 g/cm³		NÃO ESPECIFICADO	
2. TEOR DE MATERIAIS PULVERULENTOS	NBR NM 46	0,93 %		≤ 5,0 %	
3. ABSORÇÃO DE ÁGUA	NBR NM 30	---		NÃO ESPECIFICADO	
4. MASSA UNITÁRIA	NBR 7251	SECA	1,48 kg/dm³	NÃO ESPECIFICADO	
		h= 4,0 %	1,15 kg/dm³		
5.IMPUREZAS ORGÂNICAS E HÚMICAS	NBR NM 49	MAIS CLARA		MAIS CLARA	
6. COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA	NBR NM 248	#	% RETIDA		ZONA 01 (MUITO FINA)
		(mm)	INDIV.	ACUM.	
		6,3	0	0	0 a 3
		4,8	0	0	0 a 5 ^(A)
		2,4	2	2	0 a 5 ^(A)
		1,2	4	6	0 a 10 ^(A)
		0,6	9	15	0 a 20
		0,3	75	90	50 a 85 ^(A)
		0,15	7	97	85 ^(B) a 100
		FUNDO	3	100	---
		MÓD.FINURA	2,10		NÃO ESPECIFICADO
		Ø MÁX.	2,4 mm		NÃO ESPECIFICADO
		ZONA	1 (MUITO FINA)		NÃO ESPECIFICADO

OBSERVAÇÕES:

1. (A) PODE HAVER UMA TOLERÂNCIA DE ATÉ UM MÁXIMO DE 5 UNIDADES DE PORCENTO EM UM SÓ DOS LIMITES MARCADOS COM A LETRA A OU DISTRIBUÍDOS EM VÁRIOS DELES.

2. (B) PARA AGREGADO MIÚDO RESULTANTE DE BRITAMENTO ESTE LIMITE PODERÁ SER 80.

3. OS RESULTADOS APRESENTADOS ATENDEM AS EXIGÊNCIAS DA NORMA NBR 7211.

RELATÓRIO DE ENSAIO DE AGREGADO GRAÚDO

PEDREIRA : **Itapaserra**

MATERIAL: **BRITA 1**

LOCAL/AMOSTRAGEM: **Usina Engemix – Guarapiranga**

DISCRIMINAÇÃO DO ENSAIO	NORMA	RESULTADOS			NBR 7211
1. MASSA ESPECÍFICA	NBR NM 53	2,79 g/cm³			NÃO ESPECIFICADO
2. TEOR DE MATERIAIS PULVERULENTOS	NBR NM 46	0,5 %			≤ 1,0 %
3. ABSORÇÃO DE ÁGUA	NBR 9777	0,87 %			NÃO ESPECIFICADO
4. MASSA UNITÁRIA SECA	NBR 7251	1,39 Kg/dm³			NÃO ESPECIFICADO
5. COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA	NBR NM 248	#	% RETIDA		LIMITES
		(mm)	INDIV.	ACUM.	GRANULOMÉTRICO
		25	0	0	0
		19	2	2	0 a 10
		12,5	66	68	--
		9,5	24	92	80 a 100
		6,3	6	98	92 a 100
		4,8	0	98	95 a 100
		2,4	0	98	--
		1,2	0	98	--
		0,6	0	98	--
		0,3	0	98	--
		1,5	0	98	--
		FUNDO	2	100	--
		MÓD.FINURA		6,82	NÃO ESPECIFICADO
		Ø MÁX.		19 mm	NÃO ESPECIFICADO
		GRADUAÇÃO		01	NÃO ESPECIFICADO
OBSERVAÇÕES:					
1. AGREGADO REFERENTE A VERIFICAÇÃO DE DOSAGEM PADRÃO DE PEDRISCO MISTO.					
2. OS RESULTADOS APRESENTADOS ATENDEM AS EXIGÊNCIAS DA NORMA NBR 7211.					

RELATÓRIO DE ENSAIO DE AGREGADO GRAÚDO

PEDREIRA : **Itapaserra**

MATERIAL: **BRITA 2**

LOCAL/AMOSTRAGEM: **Usina Engemix – Guarapiranga**

DISCRIMINAÇÃO DO ENSAIO	NORMA	RESULTADOS			NBR 7211
1. MASSA ESPECÍFICA	NBR NM 53	2,66 g/cm³			NÃO ESPECIFICADO
2. TEOR DE MATERIAIS PULVERULENTOS	NBR NM 46	0,29 %			≤ 1,0 %
3. ABSORÇÃO DE ÁGUA	NBR 9777	0,75 %			NÃO ESPECIFICADO
4. MASSA UNITÁRIA SECA	NBR 7251	1,33 Kg/dm³			NÃO ESPECIFICADO
5. COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA	NBR NM 248	#	% RETIDA		LIMITES
		(mm)	INDIV.	ACUM.	GRANULOMÉTRICO
		32	0	0	0
		25	7	7	0 a 25
		19	72	79	75 a 100
		12,5	19	98	90 a 100
		9,5	1	99	95 a 100
		6,3	0	99	--
		4,8	0	99	--
		2,4	0	99	--
		1,2	0	99	--
		0,6	0	99	--
		0,3	0	99	--
		1,5	0	99	--
		FUNDO	1	100	--
		MÓD.FINURA	7,72		NÃO ESPECIFICADO
		Ø MÁX.	32 mm		NÃO ESPECIFICADO
		GRADUAÇÃO	02		NÃO ESPECIFICADO
OBSERVAÇÕES:					
1. AGREGADO REFERENTE A VERIFICAÇÃO DE DOSAGEM PADRÃO DE PEDRISCO MISTO					
2. OS RESULTADOS APRESENTADOS ATENDEM AS EXIGÊNCIAS DA NORMA NBR 7211.					

RELATÓRIO DE ENSAIO DE CIMENTO PORTLAND

CIMENTO / MARCA: **VOTORAN** TIPO: **CP III 40**

LOCAL/AMOSTRAGEM: **Usina Engemix - Guarapiranga**

DISCRIMINAÇÃO DO ENSAIO	NORMA	RESULTADOS				NORMA NBR 5735	
1. CONSISTÊNCIA NORMAL	NBR NM 43	24,2 %				---	
2. FINURA NA # Nº 200	NBR 11579	2,1 %				≤ 8 %	
3. TEMPOS DE PEGA	NBR NM 65	INÍCIO	3:25 HORAS		INÍCIO	≥ 1 h	
		FIM	6:15 HORAS		FIM	≤ 12 h	
4. EXPANSIBILIDADE LE CHATELIER	NBR 11582	A QUENTE	0,5 mm		A QUENTE	≤ 5mm	
		A FRIO	0,0 mm		A FRIO	≤ 5 mm	
5. ÁREA ESPECÍFICA BLAINE	NBR NM 76	4040 cm²/g				----	
6. RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO	NBR 7215	IDADE (dias)	IND. (MPa)	MÉDIA (MPa)	DESVIO (%)	≥ 12,0 MPa	
		03	17,5	17,8	3,9		
			17,4				
			18,5				
			17,6				
		07	30,6	30,4	3,6	≥ 23,0 MPa	
			29,3				
			30,5				
			31,1				
		28	43,2	44,1	2,0	≥ 40,0 MPa	
			44,5				
			45,0				
			43,6				
7. MASSA ESPECÍFICA	NBR NM 23	3,02 g/cm³				---	
OBSERVAÇÕES:							
7. ESTE RELATÓRIO REFERE-SE A VERIFICAÇÃO DE DOSAGEM PADRÃO DE PEDRISCO MISTO.							
8. OS RESULTADOS APRESENTADOS ATENDEM AS EXIGÊNCIAS DA NORMA NBR 5735.							

RELATÓRIO DE ENSAIO DE AGREGADO MIÚDO

FORNECEDOR: **Itaporanga**
 MATERIAL: **PEDRISCO MISTO**
 LOCAL/AMOSTRAGEM: **Usina Engemix – Guarapiranga**

DISCRIMINAÇÃO DO ENSAIO	NORMA	RESULTADOS		NBR 7211	
1. MASSA ESPECÍFICA	NBR NM 52	2,73 g/cm³		NÃO ESPECIFICADO	
2. TEOR DE MATERIAIS PULVERULENTOS	NBR NM 46	15,0 %		≤ 5,0 %	
3. ABSORÇÃO DE ÁGUA	NBR NM 30	1,95 %		NÃO ESPECIFICADO	
4. MASSA UNITÁRIA	NBR 7251	SECA	1,60 kg/dm³	NÃO ESPECIFICADO	
5.IMPUREZAS ORGÂNICAS E HÚMICAS	NBR NM 49	---		MAIS CLARA	
6. COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA	NBR NM 248	#	% RETIDA		NÃO ESPECIFICADO
		(mm)	INDIV.	ACUM.	
		12,5	0	0	
		9,5	1	1	
		6,3	12	13	
		4,8	12	25	
		2,4	20	45	
		1,2	13	58	
		0,6	8	66	
		0,3	8	74	
		0,15	6	80	
		FUNDO	20	100	
		MÓD.FINURA	3,49		NÃO ESPECIFICADO
		Ø MÁX.	9,5 mm		NÃO ESPECIFICADO
OBSERVAÇÕES:					
1. AGREGADO REFERENTE A VERIFICAÇÃO DE DOSAGEM PADRÃO COM PEDRISCO MISTO.					
2. OS RESULTADOS APRESENTADOS NÃO ATENDEM AS EXIGÊNCIAS DA NORMA NBR 7211, QUANTO AO TEOR DE MATERIAL PULVERULENTO.					

RELATÓRIO DE ENSAIO

DOSAGEM DE CONCRETO PADRÃO COM PEDRISCO MISTO

LOCAL/AMOSTRAGEM: **USINA ENGEMIX - GUARAPIRANGA**

1. OBJETIVO

Verificação de dosagem de concreto com pedrisco misto para pesquisa.

2. NORMAS DE REFERÊNCIA

- a. NBR 12821 – Preparação de Concreto em Laboratório.
- b. NBR 5735 – Cimento Portland de alto forno – Especificação.
- c. NBR 5738 – Moldagem e Cura de Corpos-de-prova Cilíndricos ou Prismáticos de Concreto.
- d. NBR 5739 – Ensaio de Compressão de Corpos-de-prova Cilíndricos.
- e. NBR 12142 – Concreto – Determinação da Resistência à tração na flexão em Corpos-de-Prova Prismático
- f. NBR NM 67 – Determinação da Consistência pelo Abatimento do Tronco de Cone.
- g. NBR 7211 – Agregado para Concreto – Especificação.

3. CARACTERÍSTICAS DA DOSAGEM:

Dosagem N°	f_{ck} (MPa)	F_{ctmk} (MPa)	Abatimento pelo tronco de Cone (mm)	Agregado Graúdo	Lançamento	Consumo de Cimento (kg/m ³)	Tipo de Cimento
01	30,0	4,5	80 ± 10	B1 e B2	Convencional	355	CP III 40

4. MATERIAIS UTILIZADOS:

Foram utilizados na verificação, materiais coletados e amostrados na Usina Engemix e identificados a seguir:

Material	Fornecedor
Cimento CP III 40	Votoran
Areia de Quartzo	Itaporanga
Areia Artificial	Itaporanga
Brita 01	Pedreira Itapasserra
Brita 02	Pedreira Itapasserra
Aditivo 394 N	MBT

5. PROCEDIMENTOS:

Com amostras dos materiais ensaiados, foi preparado 01 (uma) dosagem da qual foi medida o abatimento e moldados 01 série de corpos-de-prova cilíndricos e 01 série de corpos-de-prova prismáticos, para determinação da resistência à compressão nas idades 1, 3, 7 e 28 dias e determinação da resistência a tração na flexão nas idades 1, 3, 7 e 28 dias (conforme as Normas NBR 5738; 5739 e 12142).

5.1. DOSAGEM PROPOSTA

TRAÇO UNITÁRIO

Dosagem N°	Cimento	Areia de Quartzo	Areia Artificial	Brita 01	Brita 02	Aditivo	Água
01	1,000	1,485	0,994	2,273	0,572	0,005	0,473

CONSUMO DE MATERIAL PARA 1m³ DE CONCRETO (MATERIAIS SECOS):

Dosagem N°	Fator a/c	Cimento CPIII 40 (kg)	Areia de Quartzo (kg)	Areia Artificial (kg)	Brita 01 (kg)	Brita 02 (kg)	Aditivo (l)	Água (l)
01	0,47	355	527	353	807	203	1,90	168

5.2. RESULTADOS OBTIDOS NOS ENSAIOS:

5.2.1. CONCRETO FRESCO

Dosagem Nº	Fator a/c	Abatimento medido (mm)	Ar Incorporado (%)	Densidade (kg/m ³)
01	0,47	70	2,0	2,40

5.2.2. CONCRETO ENDURECIDO

Dosagem Nº	f _{ck} (MPa)	F _{ctmk} (MPa)	Resistência Média à Compressão Axial (MPa)				Resistência Média Tração na Flexão (MPa)		
			24 h	03 dias	07 dias	28 dias	03 dias	07 dias	28 dias
01	30,0	4,5	2,4	24,6	37,4	52,0	2,3	5,0	5,9

6. OBSERVAÇÕES:

6.1. Quaisquer alterações de fornecedores e (ou) características dos materiais constituintes, poderá acarretar distorções na dosagem ora apresentada previamente para sua utilização.