



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
TOCANTINS
CAMPUS - PALMAS**

**AGNALDO SANTANA PAISE
HELAYNE CRYSTINE PARENTE DOS SANTOS**

**ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DA
UTILIZAÇÃO DO AGREGADO GRAÚDO RECICLADO DE
CONCRETO PARA EXECUÇÃO DE CONCRETO CONVENCIONAL**

Palmas, TO

2009

**AGNALDO SANTANA PAISE
HELAYNE CRYSTINE PARENTE DOS SANTOS**

**ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DA
UTILIZAÇÃO DO AGREGADO GRAÚDO RECICLADO DE
CONCRETO PARA EXECUÇÃO DE CONCRETO CONVENCIONAL**

Trabalho de conclusão de Curso
apresentado à Coordenação da Área de
Construção Civil como requisito parcial
para obtenção da conclusão do Curso de
Tecnologia em Construção de Edifícios do
Instituto Federal de Ciência e Tecnologia
do Tocantins – Campus Palmas.

Orientador: Prof. MSc. Danilo Gomes Martins

Palmas, TO

2009

**AGNALDO SANTANA PAISE
HELAYNE CRYSTINE PARENTE DOS SANTOS**

**ANÁLISE DA VIABILIDADE DA UTILIZAÇÃO DO AGREGADO
GRAÚDO RECICLADO DE CORPOS-DE-PROVA PARA EXECUÇÃO
DE CONCRETO CONVENCIONAL**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado e aprovado como cumprimento às exigências legais do currículo do Curso Superior de Tecnologia em Construção de Edifícios pela Coordenação da Área de Construção Civil no Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Tocantins – Campus Palmas.

Palmas, 17 de Dezembro de 2009.

Prof. Dr. Valentim Capuzzo Neto
Supervisor do Trabalho de Conclusão de Curso

Prof. Dr. Valentim Capuzzo Neto
Coordenador do CST em Construção de Edifícios

Banca Examinadora:

Prof. Danilo Gomes Martins
Presidente e Orientador

Prof. Dr. Valentim Capuzzo Neto
Membro de Banca Examinadora

Prof. Thiago Dias
Membro de Banca Examinadora

Dedicamos:

As nossas famílias que são um grande presente de Deus em nossas vidas e nos ensinaram a sermos persistentes e aos nossos professores que nos ofereceram todo o suporte necessário.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por toda a iluminação e por ter nos concedido através de sua bondade infinita, o potencial de concretizar mais uma conquista em nossas vidas.

Aos nossos familiares (Helayne): Meu pai José Arnaldo e minha mãe Marylene Parente por todo o amor, carinho, dedicação e pelas constantes orações. Por todo esforço na realização dessa tão almejada conclusão de graduação. A minha irmã Maylane Karina por todo o apoio, carinho e por sempre acreditar que sou capaz. (Agnaldo): Meu pai João Antônio e minha mãe Lindalva Santana por conceder o dom da vida.

(Helayne): Agradeço ao meu namorado Emídio pelo companheirismo e por está sempre ao meu lado, compartilhando dos meus sonhos e realizações.

A todos os colegas de turma e professores que com seus talentos especiais contribuíram para mudanças significativas em nossas vidas.

Aos professores Valentim Capuzzo Neto e Danilo Gomes Martins que nos acolheu na hora que mais precisávamos, pelos seus conhecimentos e grande auxílio na concretização desse trabalho.

Ao Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia – IFTO por ter cedido os laboratórios e equipamentos necessários para a execução dos ensaios experimentais.

Ao corpo docente presente na banca, agradecemos pela atenção e pelas orientações.

RESUMO

Os resíduos da construção civil passam, cada vez mais, a serem vistos como uma fonte alternativa de matéria prima, dessa forma, realizou-se um estudo com o intuito de analisar concretos desenvolvidos com substituição dos agregados graúdos naturais pelo reciclado de concretos. O estudo inicia com a caracterização dos seguintes matérias: agregado graúdo reciclado, obtido através da moagem de corpos-de-prova de concreto; agregado graúdo natural, obtido através de dragagem de seixo rolado; areia e cimento Portland. O passo seguinte é a realização de estudos de dosagem para a obtenção de traços para produção de concretos com resistência característica de 20 MPa e substituição do agregado natural pelo reciclado. A partir da mistura são analisadas as propriedades no estado fresco e no estado endurecido. De posse destes resultados torna-se possível estudar e analisar algumas variáveis dos aspectos da viabilidade técnica e econômica da substituição do agregado natural por agregado reciclado.

Palavras - chave: Concreto, reciclagem, corpos-de-prova, resíduos de concretos.

ABSTRACT

Waste from construction are, increasingly, to be seen as an alternative source of raw materials, thus, there was a study in order to analyze concrete developed with replacement of natural coarse aggregates by recycled concrete. The study begins with the characterization of the following materials: recycled coarse aggregate, obtained by grinding of soils-proof concrete, natural coarse aggregate, obtained by dredging gravel, sand and Portland cement. The next step is to perform materials research to obtain features for use in concrete with characteristic strength of 20 MPa and replacement of natural aggregate by recycled. From the mixture properties are analyzed in the fresh and hardened state. Using these results it is possible to study and analyze some aspects of variable technical and economic feasibility of replacing the natural aggregate by recycled aggregate.

Keywords: Concrete, recycling, soils-proof, waste concrete.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Resíduos de construção e demolição (RCD).	22
Figura 2: Resíduos de construção (RC).	22
Figura 3: Resíduos de demolição.	23
Figura 4: Pré-fabricado de concreto.	23
Figura 5: Resíduos de corpos-de-prova de concreteiras.	24
Figura 10: Corpos-de-prova de concreto	Erro! Indicador não definido.
Figura 11: Trituração dos corpos-de-prova.	Erro! Indicador não definido.
Figura 12: Resultado da trituração dos corpos-de-prova.	Erro! Indicador não definido.
Figura 13: Armazenamento das amostras em baias.	Erro! Indicador não definido.
Figura 14: Materiais selecionados.	Erro! Indicador não definido.
Figura 15: Material selecionado após o peneiramento.	Erro! Indicador não definido.
Figura 16: Procedimento executado para realização do ensaio.	Erro! Indicador não definido.
Figura 17: Material selecionado após o peneiramento.	Erro! Indicador não definido.
Figura 18: Procedimento executado para realização do ensaio.	Erro! Indicador não definido.
Figura 19: Material selecionado após peneiramento.	Erro! Indicador não definido.
Figura 20: Procedimento executado para realização do ensaio.	Erro! Indicador não definido.
Figura 21: Equipamentos utilizados para realização do ensaio	Erro! Indicador não definido.
Figura 22: Mistura dos materiais na betoneira.	44
Figura 23: Slump Test	45
Figura 24: Moldagem dos corpos-de-prova.	45
Figura 25: Detalhe da Câmara Úmida.	46
Figura 26: Detalhe do capeamento do concreto.	47
Figura 27: Ensaio de resistência à compressão.	48
Figura 28: Computador ligado à máquina de prensagem	Erro! Indicador não definido.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Análise granulométrica do agregado graúdo reciclado_____	33
Tabela 2: Análise granulométrica do agregado graúdo natural	Erro! Indicador não definido.
Tabela 3: Análise granulométrica do agregado miúdo _____	37
Tabela 4: Consumo de cimento e relação a/c das misturas _____	49
Tabela 5: Tensão de ruptura dos concretos aos 3 dias (MPa) _____	50
Tabela 6: Tensão de Ruptura dos concretos aos 7 dias (MPa) _____	51
Tabela 7: Tensão de Ruptura dos concretos aos 14 dias (MPa) _____	52
Tabela 8: Preço médio de agregados para a cidade de São Carlos-SP _____	54
Tabela 9: Economia no custo dos materiais _____	55

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Distribuição Granulométrica_____	Erro! Indicador não definido.
Gráfico 2: Tensão de ruptura dos concretos aos 3 dias (MPa) _____	51
Gráfico 3: Tensão de Ruptura Média dos Concretos aos 3 dias (MPa) _____	51
Gráfico 4: Tensão de ruptura dos concretos aos 7 dias (MPa) _____	52
Gráfico 5: Tensão de ruptura média dos concretos aos 7 dias (MPa) _____	52
Gráfico 6: Tensão de ruptura dos concretos aos 14 dias (MPa) _____	53
Gráfico 7: Tensão de ruptura média dos concretos aos 14 dias (MPa) _____	53

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ACI – American Concrete Institute

CP_s – Corpos-de-prova

F_{cj} é a resistência à compressão de um concreto aos *j* dias, isto é, com *j* dias de idade.

F_{ck} – Resistência característica à compressão do concreto

MPa – Mega Pascal

NBR – Normas Brasileiras

RC – Resíduos de Construção

RCD – Resíduos da Construção e Demolição

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA	13
1.1.2	TEMA DA PESQUISA	15
1.1.3	Delimitação do Tema	15
1.2	PROBLEMA	16
1.3	HIPÓTESE / PREMISA	16
1.4	OBJETIVOS	16
1.4.1	Objetivo Geral	16
1.4.2	Objetivos Específicos	17
1.5	JUSTIFICATIVA	17
1.6	MÉTODOS DA PESQUISA	18
1.7	ESTRUTURA DO TRABALHO	18
2	DESENVOLVIMENTO	18
2.1	REVISÃO DA LITERATURA	18
2.1.1	Resíduos da Construção	18
2.1.2	Definições	20
2.1.3	CONCRETO	24
2.1.3.1	Evolução Histórica do Concreto	24
2.1.3.2	Componentes do Concreto	25
2.1.3.3	Tipos de Concreto	26
2.2	DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA	28
2.2.1	Coleta das Amostras de RC	28
2.2.1.3	Forma de Obtenção do Agregado Graúdo Reciclado	29
2.2.1.6	Armazenamento	30
2.2.2.	Caracterização do Agregado Graúdo Reciclado e Agregado Graúdo Natural	31
2.2.2.1	Granulometria Analisada	31
2.2.2.2	NBR 7217/1982 - Determinação da composição granulométrica do agregado graúdo reciclado e Determinação da composição granulométrica do agregado graúdo natural.	32

2.2.2.3 NBR 9779/1987 - Determinação da massa específica do agregado graúdo reciclado e Determinação da massa específica do agregado graúdo natural	34
2.2.2.4 NBR7251/1982 - Determinação da massa unitária do agregado graúdo reciclado e Determinação da massa unitária do agregado graúdo natural	35
2.2.3 Caracterização do Agregado Miúdo	36
2.2.3.1 Granulometria Analisada	36
2.2.3.2 NBR7217/1982 - Determinação da composição granulométrica do agregado miúdo	36
2.2.3.3 NBR 9779/1987 - Determinação da massa específica do agregado miúdo natural por meio do frasco de Chapman	38
2.2.3.4 NBR7251/1982 - Determinação da massa unitária do agregado miúdo	38
2.2.4 Caracterização do Cimento Portland	39
2.2.4.1 Determinação da massa específica do cimento Portland (NBR6474)	39
2.2.5 Estudos de Dosagem	40
2.2.6 Dosagem de Concreto com Agregado Graúdo Natural e Dosagem de Concreto com Agregado Graúdo Reciclado	40
2.2.7 Mistura do Concreto	44
2.2.8 Abatimento	44
2.2.9 Moldagens dos Corpos-de-prova	45
2.2.10 Curas dos Corpos-de-prova	46
2.2.11 Regularização da Superfície	46
2.2.12 Resistência à Compressão	47
2.3 RESULTADOS E ANÁLISES	49
2.3.1 Concreto Fresco	49
2.3.2 Concreto Endurecido	50
2.3.3 Viabilidade Econômica	54
3 CONCLUSÃO	56
3.1 PROSSEGUIMENTO DA PESQUISA	58
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59
BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	63
ANEXO 1	65
ANEXO 2	66

ANEXO 3	67
ANEXO 4	68
ANEXO 5	69
ANEXO 6	70

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA

Ao final da década passada até os dias atuais o avanço no crescimento da economia mundial tem introduzindo nas empresas questões como a busca por

aperfeiçoamento da qualidade, refletindo em melhores definições de como administrar e gerenciar. Perceberam-se tais aspectos a partir do momento em que os consumidores passaram a exigir os seus direitos, e também por parte dos produtores que, com fenômeno da globalização da economia estão preocupados com a concorrência que se apresenta cada vez mais acelerada.

Do mesmo modo a indústria da construção civil em virtude desse processo também enfatiza assuntos relacionados à questão da qualidade, da seguinte forma: reavaliando e alterando suas tecnologias e processos de produção e gerenciamento. As empresas que buscam adquirir qualidade dão início a apresentação de resultados proveitosos, como o aumento da produtividade e a redução do desperdício. Esses são apenas os primeiros procedimentos, exemplos pioneiros e localizados, que necessitam ser adotados e aperfeiçoados pela indústria da construção civil e assim como um todo, desde os pequenos até os grandes empreendimentos.

O aumento do lucro pela redução de custos é a principal intenção das construtoras, então as mesmas estão incorporando novas formas de economizar, como a reciclagem do entulho que é produzido.

Ao entulho sempre foi dispensado o mesmo tratamento dado ao lixo. Algo que se pode vender se houver alguém disposto a pagar por ele, ou em caso contrário, paga-se a alguém para levá-lo, sem se preocupar sobre o destino que lhe será dado. Isto sempre foi facilmente resolvido pelos transportadores de resíduos que acabam jogando o material em locais nem sempre permitido. O resultado ainda pode ser visto nos bota-foras clandestinos e na degradação de áreas urbanas: rios e córregos assoreados, bueiros e galerias entupidos e, conseqüentemente, enchentes em vias marginais, que acabam comprometendo a qualidade de vida da sociedade. (ZORDAN,1997,p. 2).

Os resíduos de construção e demolição (RCD) correspondem por uma expressiva parcela dos resíduos sólidos municipais. Gerenciá-los, numa grande cidade, é muito oneroso e complexo, e a tendência é que estas dificuldades cresçam na mesma proporção do volume gerado. Os antigos aterros de inertes estão rapidamente sendo preenchidos e, locais para a implantação de novos estão se tornando cada vez mais insuficientes e distantes das cidades.

De acordo com Zordan (1997), com o objetivo de solucionar o problema algumas prefeituras no Brasil estão iniciando com o processo de reciclagem de

resíduos em usinas com essa finalidade. As primeiras usinas a serem implantadas, Itatinga, localizada na cidade de São Paulo, e a de Londrina, no Paraná, não obtiveram o resultado esperado devido a falhas de planejamento, o que as tornaram inativas. No entanto existem exemplos de sucesso, com um programa de reciclagem de entulho, contendo a instalação de 4 usinas de reciclagem, localizada na cidade de Belo Horizonte, MG.

Segundo Zordan (1997), nas usinas são reaproveitados blocos, argamassa dura, cerâmica, areia, pedra, concreto, enfim, todos os fragmentos minerais do entulho, exceto o gesso, podendo se transformar em argamassas, sub-base de pavimentação, blocos de alvenaria, material para contenção de encostas etc. Tais procedimentos contribuem e muito para preservação do meio ambiente e da qualidade de vida nas cidades.

O importante é transformar o entulho novamente em matéria-prima, e isso pode ser conseguido da seguinte maneira: ao adotando formas práticas de reciclagem na própria obra ou em usinas apropriadas. Isso proporcionará melhorias em relação à questão ambiental, ao inserir no mercado um novo material com grande potencial de uso.

Portanto, análises a respeito dos materiais executados a partir dos fragmentos minerais do entulho, são importantes para a comprovação da eficiência desse material e dessa técnica.

1.1.2 TEMA DA PESQUISA

Concreto elaborado com agregado graúdo reciclado

1.1.3 Delimitação do Tema

Análise da viabilidade técnica e econômica da utilização do agregado graúdo reciclado de concreto para execução de concreto convencional

1.2 PROBLEMA

A reciclagem de resíduos de construção (RC) é uma alternativa de transformar uma fonte de despesa numa fonte de faturamento. Além de favorecer a questão ambiental, através da redução significativamente do volume de extração de matérias-primas ao preservar os recursos naturais.

Sendo assim a reciclagem parcial do agregado graúdo, obtido por meio de corpos-de-prova para a execução de concreto convencional tema abordado neste projeto, torna-se uma oportunidade viável economicamente? Então qual o percentual de resistência é possível atingir em relação ao concreto convencional e quais os benefícios as empresas concreteiras e de pré-fabricados podem adquirir ao reciclar os rejeitos do processo de fabricação e do controle tecnológico?

1.3 HIPÓTESE / PREMISSE

Deve-se fazer um planejamento prévio de reciclagem dos resíduos das usinas de concreto e da indústria de pré-fabricados de concreto. Buscando-se minimizar o impacto ambiental desses resíduos ao meio ambiente ao reutilizá-los como agregado graúdo para confecção de concreto convencional.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo Geral

O trabalho tem o objetivo de realizar ensaios experimentais, a fim de analisar o concreto elaborado por resíduo de corpos-de-prova de concreto doado pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins (IFTO). A

substituição de agregado natural pelo reciclado tem o intuito de avaliar a aplicação acerca de novos materiais que se apresentam como alternativa para os profissionais ligados a indústria da construção civil, dando ênfase à indústria concreteira e de pré-fabricados de concreto.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Analisar o concreto obtido através do estudo de dosagem a partir de suas características no estado fresco e endurecido;
Estado fresco: Avaliar a propriedade de trabalhabilidade;
Estado endurecido: Analisar resistência à compressão do concreto aos 3, 7 e 14 dias;
- Desenvolver estudos de dosagem de concreto com resistência de dosagem de 20MPa usando somente agregado gráúdo natural (referência) e somente agregado gráúdo de concreto reciclado, ambos com o diâmetro máximo de 12,5mm.
- Comparar as misturas utilizando concreto de agregado gráúdo reciclado e a mistura de referência, que utiliza apenas agregado gráúdo natural;
- Auxiliar na busca de soluções para os problemas relativos ao meio ambiente pela utilização de resíduos de concreto das concreteiras e das indústrias de pré-fabricados.

1.5 JUSTIFICATIVA

Com o acelerado crescimento da população mundial o aumento de demanda por bens e serviços, tornou a questão, impacto ambiental uma realidade amplamente debatida. Neste contexto, surge a definição de RCD (Resíduos da Construção e Demolição) e a necessidade de reutilização destes materiais inertes que tanto onera o controle dos resíduos sólidos urbanos.

Desta forma, justifica-se a necessidade do reaproveitamento dos resíduos de concreto das concreteiras e das indústrias de pré-fabricados para elaboração de concreto convencional, assim minimizando o impacto ambiental.

1.6 MÉTODOS DA PESQUISA

O projeto foi baseado em pesquisas bibliográficas relacionadas ao assunto mencionado nos acervos literários, revistas, trabalhos acadêmicos entre outras fontes de estudo. Realizado um estudo laboratorial para coleta de dados e fotos para análise dos procedimentos adotados nos ensaios e resultados obtidos a partir do mesmo.

1.7 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho será definido em três capítulos, sendo este a introdução.

No segundo capítulo faz-se uma revisão da literatura, ao detalhar o desenvolvimento dos métodos e propostas, relatando os resultados encontrados do concreto elaborado com agregado graúdo reciclado.

No terceiro capítulo será apresentado o resultado, concluindo o trabalho e propondo trabalhos futuros.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 REVISÃO DA LITERATURA

2.1.1 Resíduos da Construção

Ao longo da história o ser humano não se preocupou com ecossistema, destruindo de modo descontrolado o meio ambiente, mas uma recente percepção que nos levaria a catástrofes como o aquecimento global, chuvas ácidas e a diminuição da camada de ozônio.

De acordo com Marques Neto (2005) “o descontrolado crescimento mundial proporcionou o surgimento uma sociedade de consumo e desperdício, levando à dilapidação dos recursos naturais”.

Nestes paradigmas os recursos naturais eram considerados inesgotáveis. Atualmente, a geração de resíduos e seus impactos ambientais são questões amplamente debatidas.

Lentamente uma consciência ambiental, em relação aos resíduos de construção demolição (RCD), vai se difundindo pelos meios governantes pelas mais diferentes razões: as cidades que não possuem mais espaço para armazenar seus resíduos, perspectivas de ganhos no orçamento com a reciclagem do entulho, é claro profissionais conscientes que realmente se preocupam com a preservação da natureza.

Dessa forma, à procura de caminhos para solucionar os problemas da poluição ambiental causada pelo desenvolvimento, cada vez mais pesquisadores vêm se empenhando para que a tecnologia e a natureza caminhem de mãos dadas. Vários estudos vêm se ocupando deste assunto como o intuito de fazer à luz as informações referentes a diferentes aspectos do comportamento de concretos utilizando agregado reciclado de concreto. A seguir será apresentado um breve levantamento de tais estudos.

Leite *et al* Dal Molin (2000) “propuseram método para determinação da taxa de absorção do agregado reciclado, atentando para a importância do conhecimento desta propriedade para a melhor utilização do material na dosagem de concretos”. Essa taxa indica quanta água que o agregado reciclado absorve.

Levi e Helene (2002) avaliaram a influência dos agregados reciclados sobre o módulo de elasticidade do concreto, chegando à conclusão de que a origem do agregado é preponderante na definição do comportamento do concreto, além dos teores de substituição. Os autores concluíram que, em geral, há um decréscimo no módulo de elasticidade quando crescem os teores de substituição, exceção feita aos agregados miúdos de alvenaria que provocaram a inversão do comportamento.

Levi e Helene (2001) ampliaram a discussão para a análise da influência dos agregados reciclados na resistividade dos concretos utilizando agregados reciclados de diversas naturezas. Parâmetro decisivo na avaliação da durabilidade de concretos, a resistividade é influenciada pelas condições de mistura, granulométrica dos agregados, fração volumétrica da pasta e condições de umidade dos poros do material.

Offerman (1987) *apud* Sandra (2005) analisou a substituição de agregados naturais por resíduos de construção, na confecção do concreto. Como o material menor que 4 mm absorve grande quantidade de água, ele substituiu essa faixa granulométrica por areia normal, para evitar os efeitos maléficos que a grande quantidade de água acarretaria. Ele chama a atenção para o fato de que se deve molhar previamente o resíduo, para se obter uma boa trabalhabilidade, devido à grande absorção de água pelo material.

Segundo Sales, Cordeiro e Souza (2004) os concretos reciclados apresentam, em geral, resistência à compressão menor ou igual à dos concretos convencionais para consumos de cimento médios ou altos. Para baixos consumos, podem apresentar resistência maior que os convencionais. A diferença entre a resistência à compressão de concretos com reciclado e convencionais varia com o tipo de reciclado, sua qualidade e com o consumo de cimento.

Se, na ponta geradora do resíduo, a reciclagem significa redução de custos e até mesmo novas oportunidades de negócios, na outra ponta do processo, a cadeia produtiva que recicla reduz o volume de extração de matérias-primas, preservando recursos naturais limitados (JOHN, 2000).

2.1.2 Definições

No art. 3 da resolução nº 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, os resíduos são definidos em quatro classes.

Classe A – são os resíduos reutilizados ou reciclados.

- a) De construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infra-estrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem;
- b) De construção, demolição, reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto;
- c) De processo de fabricação ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos meios-fios etc.) produzido nos canteiros de obras;

Classe B – são os resíduos reciclados para destinações, tais como: plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras e outros.

Classe C – são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem, tais como os produtos oriundos do gesso.

Classe D – são os resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como: tintas, solventes, óleos e outros, ou oriundos de demolições, reformas e reparos ou aqueles contamináveis de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros.

A seguir, serão definidos alguns termos e expressões utilizadas nesta pesquisa, que poderiam de alguma forma, causar dúvidas quanto à sua compreensão.

Resíduos de Construção e Demolição (RCD): De acordo Levy (1997) “Os resíduos de construção e demolição são resíduos sólidos não contaminados, provenientes da construção, reforma, reparos e demolição de estruturas e estradas, e resíduos sólidos não contaminados de vegetação, resultantes da limpeza e escavação de solos. Como resíduos, incluem-se, mas não se limitam blocos, concreto e outros materiais de alvenaria, solo, rocha, madeira, forros, argamassa, gesso, encanamentos, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos que não camuflam a outros resíduos, fiação elétrica e equipamentos que não contenham líquidos perigosos e metais que estiverem num dos itens acima.” A figura 1 representa muito bem esse tipo de resíduo.



Figura 1: Resíduos de construção e demolição (RCD).
Fonte: Santos, 2007.

Resíduos de Construção (RC): “Resíduos de edificações, reformas e reparos de residências individuais, construções comerciais, e outras estruturas, são classificadas como resíduos de construção.” (LEVY 1997). A representação desse tipo de resíduo está na visualização da figura 2.



Figura 2: Resíduos de construção (RC).
Fonte: Autores.

Resíduos de Demolição: “Resíduos da destruição de construções e outras estruturas são classificados de resíduos de demolição.” (LEVY 1997). Veja representação abaixo na figura 3.



Figura 3: Resíduos de demolição.

Fonte: Autores.

Resíduos de Pré-moldados: São resíduos originados nas empresas fabricantes de pré-moldados, provenientes da quebra indesejada ou erro de fabricação desse material. Veja representação desse tipo de resíduo na figura 4.



Figura 4: Pré-fabricado de concreto.

Fonte: Autores.

Resíduos de Concreteira: São resíduos originados nas empresas concreteiras, provenientes do mau planejamento na quantidade de concreto, provocando as sobras ou pelo processo inevitável do controle tecnológico. Veja representação abaixo na figura 5.



Figura 5: Resíduos de corpos-de-prova de concreteiras.

Fonte: Autores.

2.1.3 CONCRETO

2.1.3.1 Evolução Histórica do Concreto

O concreto é o material mais utilizado na Construção Civil. No decorrer da história vários estudos foram realizados como o de dosagem do concreto, o estudo das características granulométricas e volume de vazios. Estudos sobre o teor e quantidade de água necessária para hidratação do concreto. Estudos sobre os aglomerantes e argamassas. Tais pesquisas contribuíram significativamente para estabelecer uma lei de composição para o concreto (ALVES, 1993).

Em artigo publicado pela *scientific american*, Brunauer e Copeland em 1964, dois eminentes cientistas no campo do cimento e concreto, escreveram:

O material de construção mais utilizado é o concreto, comumente composto da mistura cimento Portland com areia, brita e água. No ano passado, nos Estados Unidos, 63 Milhões de toneladas de cimento Portland foram convertidos em 500 milhões de toneladas de concreto, cinco vezes o consumo em peso do aço. Em muitos países, a proporção do consumo de concreto sobre o consumo de aço é de dez para um. O consumo mundial total de concreto no ano passado foi estimado em três bilhões de toneladas, ou seja, uma tonelada para cada ser humano vivo. Não há material mais consumido pelo homem em tamanha quantidade, com exceção da água. (MEHTA e MONTEIRO, 2008, p.03).

De acordo Mehta e Monteiro (2008) “o índice de consumo do concreto é muito maior atualmente do que 40 anos atrás. Estima-se que o consumo atual de concreto no mundo seja da ordem de 11 bilhões de toneladas métricas ao ano”.

Uma das primeiras aplicações conhecidas do concreto consistiu em aquedutos e muros de contenção de água, construídos pelos romanos. Pela sua alta resistência à água, faz dele um material ideal para estruturas destinadas a controlar, estocar e transportar água. O uso do concreto em barragens, canais, canalizações para conduzir água em tanques para estocagem é, na atualidade, visto, normalmente, em quase todo o mundo (MEHTA e MONTEIRO, 2008).

2.1.3.2 Componentes do Concreto

Concreto é um material composto pela mistura homogênea e sem segregação de água, cimento, areia (agregado miúdo) e agregado (seixo ou brita) de granulométrica variada, podendo ou não apresentar aditivos (NETO, S. 2004).

O agregado é um granular, sem forma e volume definidos, geralmente inerte, de dimensões e propriedades adequadas para uso em obras de engenharia (PETRUCCI, 1998).

O termo agregado graúdo se refere às partículas de agregados maiores do que 4,8 mm (peneira nº 4) e o termo agregado miúdo se referem a partículas de agregado menores que 4,8 mm, porém maiores que 75 μ m (peneira nº 200). Pedregulho é o agregado graúdo resultante da desintegração natural à abrasão da rocha ou do processamento mecânico (britagem) de aglomerados fracamente cimentados (NETO, S. 2004).

Os agregados são classificados em naturais e artificiais. Os naturais são: areias, cascalhos e pedra britada. Os artificiais são: escórias de alto forno, argila expandida, poliestireno expandido, etc (MEHTA e MONTEIRO, 2008). Veja representação de agregado miúdo na figura 6 e de agregado graúdo na figura 7.

As águas potáveis são boas para uso nas misturas de concreto, embora nem todas as águas consideradas de boa qualidade para concreto sejam potáveis. Os efeitos dos agentes agressivos ao concreto, provenientes das impurezas da água de mistura, são bem menores do que o efeito do mesmo líquido em contato permanente com o concreto. Isto porque, no primeiro caso, terminadas as reações

dos elementos com os compostos do cimento, paralisa-se a agressão. Na segunda situação, quando a mesma água permanece em contato com o concreto, o ataque é contínuo até a destruição da estrutura do cimento hidratado.

O cimento portland é um material pulverulento, constituído de silicatos e aluminatos de cálcio, praticamente sem cal livre. Esses silicatos e aluminatos complexos, ao serem misturados com água, hidratam-se e produzem o endurecimento da massa, que pode então oferecer elevada resistência mecânica. O cimento portland resulta da moagem de um produto denominado clíquer, obtido pelo cozimento até fusão incipiente ($\pm 30\%$ de fase líquida) de mistura de calcário e argila convenientemente dosada e homogeneizada, de tal forma que toda cal se combine com os compostos argilosos, sem que depois do cozimento, resulte cal livre em quantidade prejudicial. Após a queima, é feita pequena adição de sulfato de cálcio, de modo a que o teor de SO_3 não ultrapasse $3,0\%$, a fim de regularizar o tempo de início das reações do aglomerante com a água (PRETUCCI, 1998).

2.1.3.3 Tipos de Concreto

Baseado na massa específica, o concreto pode ser classificado em três grandes categorias:

- O concreto contendo areia natural e seixo rolado ou pedra britada, geralmente pesando 2.400 kg/m^3 é chamado concreto de peso normal ou concreto corrente e é mais usado geralmente para 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 possuem baixa densidade. O termo concreto leve é usado para concreto cuja massa é menor que 1.800 kg/m^3 .
- Por outro lado, concretos pesados, usados às vezes na blindagem de radiações, são concretos produzidos a partir de agregados de alta densidade e que geralmente pesa mais do que 3.200 kg/m^3 .

A classificação do concreto quanto à resistência, predominante na Europa e em muitos outros países, não é usada nos Estados Unidos. Entretanto, é útil dividir

o concreto em três categorias gerais, baseadas na resistência à compressão, referida aos 28 dias:

- Concreto de baixa resistência: resistência à compressão menor que 20 MPa;
- Concreto de resistência moderada: resistência à compressão de 20 a 40 MPa;
- Concreto de alta resistência: resistência à compressão superior a 40 MPa.

O concreto de resistência moderada é o concreto normal ordinário ou corrente, usado na maioria das estruturas. O concreto de alta resistência é usado para aplicações especiais como a construção de estruturas de concreto armado de edifícios com mais de 30 andares.

Há inúmeros concretos modificados que são denominados especificamente pelo nome: por exemplo, concreto reforçado com fibras, concreto com cimento expansivo, concreto modificado com látex (MEHTA e MONTEIRO, 2008).

2.1.3.4 Propriedade do Concreto no Estado Fresco

A propriedade de trabalhabilidade é a mais importante característica do concreto no estado fresco, que identifica sua maior ou menor aptidão para ser empregada com determinada finalidade, sem perda de sua homogeneidade. A trabalhabilidade foi à única propriedade ressaltada para a confecção do concreto nesta pesquisa.

É uma propriedade que possui valor relativo, dependendo sua fixação, além das qualidades intrínsecas dos materiais que constituem o concreto, das condições de mistura, transporte, lançamento e adensamento do material, bem como das dimensões, forma e armaduras das peças a moldar (PETRUCCI, 1998).

A consistência que corresponde ao grau de umidade do concreto intimamente relacionado com o grau de plasticidade da massa, isto, é maior ou menor facilidade de deformar-se sob a ação de cargas. É um dos principais fatores que influenciam a trabalhabilidade, não devendo, porém ser confundida com a mesma. A adição de mais água nem sempre melhora a trabalhabilidade. A partir de certo teor, e tendo em vista um adensamento por vibração, o concreto segregará, não sendo, portanto, trabalhável (PETRUCCI, 1998).

2.1.3.5 Propriedade do Concreto no Estado Endurecido

A resistência à compressão do concreto (NBR5739) configura-se como principal característica física do material em seu estado endurecido, sendo utilizada como principal fator de especificação e dimensionamento de estruturas de concreto armado. Além disso, a resistência à compressão é propriedade fundamental na análise de diversas outras propriedades do concreto que estejam ligadas ao arranjo granular, compacidade, porosidade e etc. Desta forma, alterações no comportamento esperado da resistência à compressão podem, de maneira geral, demonstrar mais do que uma simples deficiência na dosagem, mas pode apontar na direção da inadequação de determinadas misturas e, assim suscitar estudos aprofundados sobre outras características do material.

Os resíduos usados neste trabalho foram provenientes de um concreto com mesma resistência das dosagens dos concretos reciclados, ou seja, é um material com boa qualidade.

Segundo Hansen e Narud (1985) *apud* Zordan (1997) existe uma grande influência da qualidade dos resíduos na resistência à compressão do concreto reciclado. Para resíduos de boa qualidade, quando somente é usada a fração graúda reciclada, praticamente não existe queda de resistência em comparação com o concreto natural.

De acordo com Hansen (1995) *apud* Zordan (1997), nos materiais reciclados existem partículas de cimento não hidratadas, e que elas influenciam a resistência do concreto reciclado.

2.2 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

2.2.1 Coleta das Amostras de RC

Com objetivo de obter amostras representativas de entulho a ser analisado, promoveu-se a realização de coletas de corpos-de-prova, do tipo classe A parte “b” referentes à resolução (CONAMA), estando os corpos-de-prova em fácil acesso, na própria instituição, próximo aos laboratórios da área de Construção Civil.

Veja a ilustração dos corpos-de-prova coletados na figura 10.



Figura 10: Corpos-de-provas de concreto.
Fonte: Autores.

2.2.1.3 Forma de Obtenção do Agregado Graúdo Reciclado

Com o auxílio de uma girica o entulho foi retirado do pátio do IFTO, e colocado em baías para melhor organização da amostra.

Não seguimos a NBR 10007/87- “Amostragem de Resíduos”, pois os materiais da amostra são de corpos-de-prova de concreto. Foram coletados em torno de 100 kg de entulho.

Com auxílio de uma marreta os corpos-de-prova foram despedaçados manualmente nos diâmetros entre 5 a 30 cm e em seguida foram triturados no moinho de mandíbulas, passando por 3 camadas distintas até chegar ao tamanho desejado com diâmetro máximo de 12,5 mm. Veja a ilustração do processo de trituração na figura 11, e na figura 12 o resultado do material triturado.

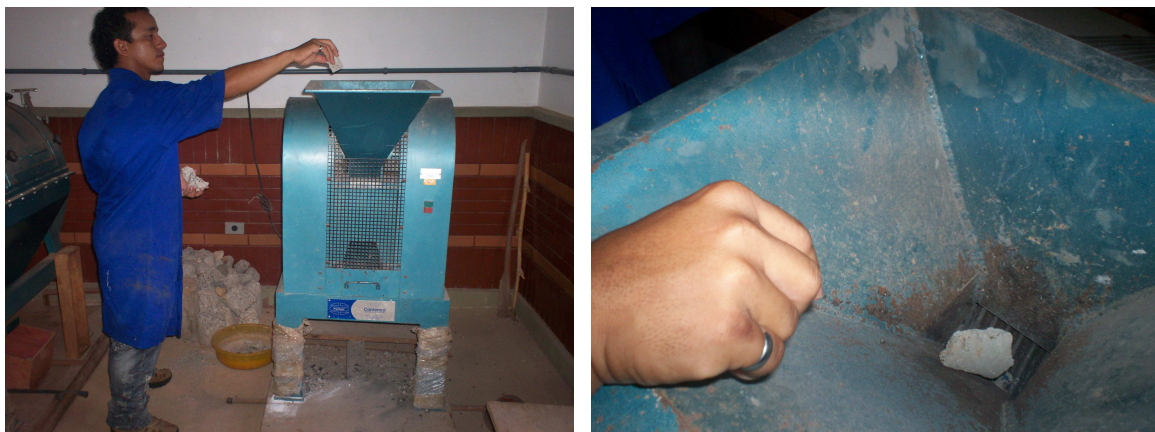


Figura 11: Trituração dos corpos-de-prova.
Fonte: Autores.

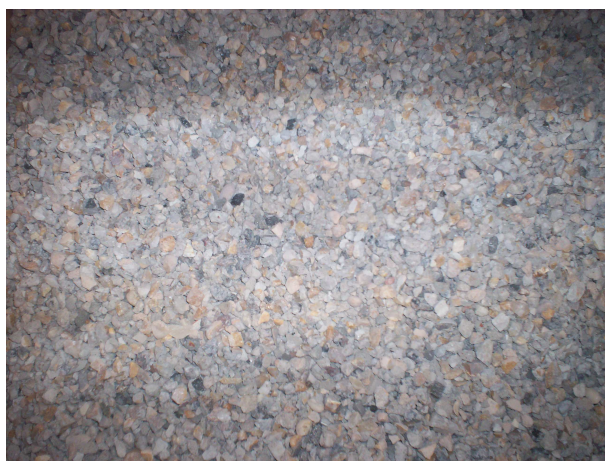


Figura 12: Resultado da trituração dos corpos-de-prova.
Fonte: Autores.

2.2.1.6 Armazenamento

As amostras dos materiais utilizados (agregado graúdo reciclado, agregado graúdo natural e agregado miúdo foram armazenadas em baias dentro do laboratório de máquinas e equipamentos, da área de construção civil do IFTO. Objetivando melhor organização do material evitando perda e abrigo para proteger da chuva.

A figura 13 apresenta as amostras coletadas, mostrando a qualidade, a quantidade visual do material, e a forma de armazenamento.



Figura 13: Armazenamento das amostras em baias.
Fonte: Autores.

2.2.2. Caracterização do Agregado Graúdo Reciclado e Agregado Graúdo Natural

2.2.2.1 Granulometria Analisada

Após a trituração o material foi separado, e o agregado graúdo reciclado foi definido em duas faixas granulométricas. Para faixa 1 determinamos o material retido na peneira 4,8 mm e para faixa 2 determinamos o material passante na peneira 12,5 mm. O limite de 4,8 mm da faixa 1 foi adotado para separação do agregado graúdo do agregado miúdo. Na faixa 2 adotamos o diâmetro de 12,5 mm para obtermos uma melhor homogeneização da amostra de agregado graúdo reciclado e agregado natural. Veja ilustração dos materiais selecionados na figura 14.



Figura 14: Materiais selecionados.
Fonte: Autores

2.2.2.2 NBR 7217/1982 - Determinação da composição granulométrica do agregado graúdo reciclado e Determinação da composição granulométrica do agregado graúdo natural.

Para a realização de ambos os ensaios determinamos 1000g para cada material, que durante os ensaios estavam seco em temperatura ambiente. Em seguida peneiramos os materiais nas séries de peneiras 12,5; 9,5; 6,3, com 60s de peneiramento contínuo, até quando se percebeu que passou menos de 1,0% da massa inicial na peneira. Então pesamos os materiais retidos em cada peneira, com aproximação de 0,1g e repetimos os procedimentos.

A figura 15 representa o agregado graúdo reciclado obtido após o peneiramento.



Figura 15: Material selecionado após o peneiramento.

Fonte: Autores.

A figura 16 representa o agregado graúdo natural obtido após o peneiramento.



Figura 17: Material selecionado após o peneiramento

Fonte: Autores.

A tabela 1 abaixo ilustra a análise granulométrica do agregado graúdo reciclado e a tabela 2 ilustra a análise granulométrica do agregado graúdo natural após o peneiramento.

Tabela 1: Análise granulométrica do agregado graúdo reciclado

Peneiras (mm)	1ª Determinação			2ª Determinação			% Retida Individual Média	% Retida Acumulada Média
	Massa Retida (g)	% Retida Individual	% Retida Acumulada	Massa Retida (g)	% Retida Individual	% Retida Acumulada		
76	0	0	0	0	0	0	0	0
64	0	0	0,0	0	0	0	0	0
50	0	0	0,0	0	0	0	0	0
38	0	0	0,0	0	0	0	0	0
32	0	0	0,0	0	0	0	0	0
25	0	0	0,0	0	0	0	0	0
19	0	0	0,0	0	0	0	0	0
12,5	0	0	0,0	0	0	0	0	0
9,5	487,3	48,7	48,7	368	36,81	36,81	42,77	42,77
6,3	334	33,4	82,1	387,9	38,80	75,61	36,10	78,87
4,8	178,6	17,9	100,0	243,9	24,39	100,00	21,13	100,00
2,4	0	0	0	0	0	0	0	0
1,2	0	0	0	0	0	0	0	0
0,6	0	0	0	0	0	0	0	0
0,3	0	0	0	0	0	0	0	0
0,15	0	0	0	0	0	0	0	0
Fundo	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	999,9	100		999,8				
Dif. Amost.								

Fonte: Autores.

Tabela 2: Análise granulométrica do agregado graúdo natural

Peneiras (mm)	1ª Determinação			2ª Determinação			% Retida Individual Média	% Retida Acumulada Média
	Massa Retida (g)	% Retida Individual	% Retida Acumulada	Massa Retida (g)	% Retida Individual	% Retida Acumulada		
76	0	0	0	0	0	0	0	0
64	0	0	0,0	0	0	0	0	0
50	0	0	0,0	0	0	0	0	0
38	0	0	0,0	0	0	0	0	0
32	0	0	0,0	0	0	0	0	0
25	0	0	0,0	0	0	0	0	0
19	0	0	0,0	0	0	0	0	0
12,5	0	0	0,0	0	0	0	0	0
9,5	838	83,8	83,8	767,4	76,74	76,74	80,27	80,27
6,3	140	14,0	97,8	209	20,90	97,64	17,45	97,72
4,8	22	2,2	100,0	23,6	2,36	100,00	2,28	100,00
2,4	0	0		0	0			
1,2	0	0		0	0			
0,6	0	0		0	0			
0,3	0	0		0	0			
0,15	0	0		0	0			
Fundo								
Total	1000	100		1000				
Dif. Amost.								

O diâmetro máximo encontrado tanto do agregado graúdo natural como do agregado graúdo reciclado foi definido como a malha da peneira na qual ficou retido o percentual acumulado igual o imediatamente inferior a 5%, e a dimensão máxima característica encontrada foi de **12,5 mm**.

2.2.2.3 NBR 9779/1987 - Determinação da massa específica do agregado graúdo reciclado e Determinação da massa específica do agregado graúdo natural

Para a realização do ensaio utilizando agregado graúdo reciclado foram adicionados 500g desse material em um recipiente metálico de volume 4396 ml. Lavamos o material a fim de preencher os vazios com água. Em seguida utilizamos papel absorvente para enxugá-lo e adicionamos água novamente até a borda do recipiente a fim de ocupar todo o volume, pesamos o recipiente e anotamos o resultado. O mesmo procedimento foi executado com o agregado graúdo natural.

Após a execução dos ensaios e realizados os cálculos a massa específica encontrada para o agregado graúdo reciclado foi de **2,73g/cm³**. E a massa específica para agregado graúdo natural foi de **2,69g/cm³**.

2.2.2.4 NBR7251/1982 - Determinação da massa unitária do agregado graúdo reciclado e Determinação da massa unitária do agregado graúdo natural

As amostras ensaiadas tanto para o agregado graúdo reciclado como para o agregado graúdo natural tinham o dobro do volume dos recipientes utilizados.

Com o objetivo de evitar a segregação das amostras o agregado graúdo reciclado foi lançado a uma altura de 12cm da borda do recipiente. Em seguida regularizamos a superfície do recipiente com uma haste, determinamos a massa do agregado e repetimos o procedimento mais duas vezes.

Para ensaiar o agregado graúdo natural (seixo rolado) a mesma metodologia foi executada. Visualize a execução do procedimento na figura 16.



Figura 16: Procedimento executado para realização do ensaio.
Fonte: Autores.

Após a execução dos ensaios e realizados os cálculos a massa unitária encontrada para o agregado graúdo reciclado foi de **1,18kg/dm³**. E a massa unitária para agregado graúdo natural foi de **1,34kg/dm³**.

2.2.3 Caracterização do Agregado Miúdo

2.2.4.1 Granulometria Analisada

O agregado miúdo foi separado entre duas faixas, no limite 4,8 mm a 0,15 mm, com o objetivo de garantir uma melhor conformidade da amostra com agregado graúdo natural, agregado graúdo reciclado e aglomerante, ao resultar uma excelente mistura.

2.2.4.2 NBR7217/1982 - Determinação da composição granulométrica do agregado miúdo

A amostra (areia) ensaiada tinha 500g de material seco para cada determinação, o qual estava em temperatura ambiente durante o ensaio. Peneiramos o material na série de peneiras mencionadas acima, com 60s de peneiramento contínuo, até quando se percebeu que passou menos de 1,0% da massa inicial na peneira. Em seguida repetimos o mesmo procedimento.

A figura 19 representa o material obtido após o peneiramento.



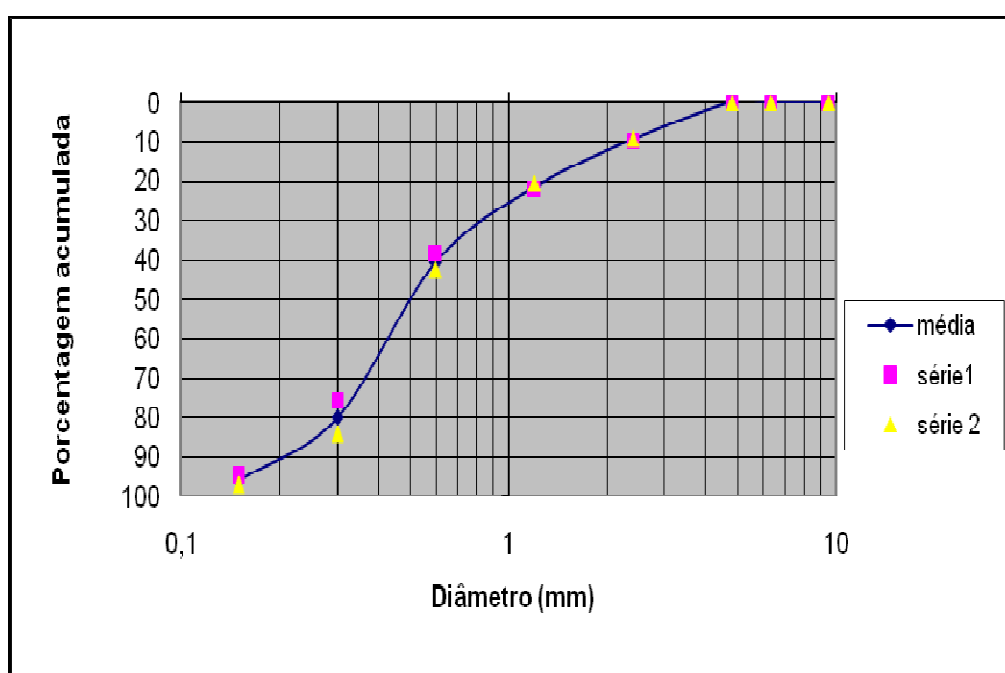
Figura 18: Procedimento executado para realização do ensaio.
Fonte: Autores.

Tabela 2: Análise granulométrica do agregado miúdo

Peneiras (mm)	1ª determinação			2ª determinação			% Retida individual Médio	% Retida Acumulada Média
	Massa retida (g)	% Retida Individual	% Retida Acumulada	Massa Retida (g)	% Retida Individual	% Retida Acumulada		
9,5	0	0	0	0	0	0	0	0
6,3	0	0	0	0	0	0	0	0
4,8	0	0	0	0	0	0	0	0
2,4	49,1	9,8	9,8	46,2	9,2	9,2	9,5	9,5
1,2	61,2	12,2	22,1	56,7	11,3	20,6	11,8	21,3
0,6	81,1	16,2	38,3	110,2	22,0	42,6	19,1	40,5
0,3	187,4	37,5	75,8	208,2	41,6	84,3	39,6	80,0
0,15	95,4	19,1	94,9	64,1	12,8	97,1	16,0	96,0
Fundo	25,7	5,1	100,0	14,6	2,9	100,0	4,0	100,0
Total	499,9	100,0		500	100,0			
Dif. Amost.	0,1	OK		0	OK		Validação: OK	

Fonte: Autores

A dimensão máxima característica encontrada foi de **4,8mm** e o módulo de finura de **2,47**. A areia ensaiada encontra-se dentro da “Zona Utilizável”. Veja o Gráfico de Distribuição Granulométrica que comprova, portanto, que a areia ensaiada é adequada para o uso na composição do concreto.

Gráfico 1: Distribuição Granulométrica

Fonte: Autores

2.2.4.3 NBR 9779/1987 - Determinação da massa específica do agregado miúdo natural por meio do frasco de Chapman

Para realização do ensaio colocamos água no frasco de Chapman até a marca de 200 ml. Em seguida depositamos 500g de material seco (areia) no frasco de Chapman e agitamos com o objetivo de retirar as bolhas de ar. Logo anotamos a leitura final no frasco de Chapman (L). E repetimos o mesmo procedimento.

Veja os materiais e os procedimentos executados na figura 19.



Figura 19: Procedimento executado para realização do ensaio.
Fonte: Autores.

Após a execução dos ensaios e realizados os cálculos, a massa específica encontrada da areia ensaiada foi de **2,64g/cm³**

2.2.4.4 NBR7251/1982 - Determinação da massa unitária do agregado miúdo

A amostra ensaiada tinha o dobro do volume do recipiente utilizado. Com o objetivo de evitar segregação da amostra o agregado foi lançado a uma altura de aproximadamente 10 a 12 cm do topo do recipiente. Em seguida regularizamos a superfície do recipiente com uma haste, determinamos a massa do agregado miúdo e repetimos o procedimento mais duas vezes.

Após a execução dos ensaios e realizados os cálculos a massa unitária encontrada para o agregado miúdo foi de **1,52kg/dm³**.

2.2.5 Caracterização do Cimento Portland

Por ser um material de fácil acesso no mercado e por possuir características semelhantes ao Cimento Portland comum, utilizamos o CP II – F – Cimento Portland composto com Fíller calcáreo.

2.2.5.1 Determinação da massa específica do cimento Portland (NBR6474)

Para realização do ensaio limpamos e secamos o frasco de Le Chatelier e, com o frasco em temperatura ambiente, introduzimos, com o auxílio de um funil de haste longa, uma quantidade suficiente do líquido de medição (querosene), de maneira que o nível ficou compreendido entre as marcas de 0 e 1cm³. Na parte acima do nível do líquido, secamos a haste do frasco volumétrico com papel absorvente e tampamos com uma rolha de vidro. Em seguida, realizamos a leitura do nível inicial com precisão de 0,05 cm³.

Pesamos uma massa de aproximadamente 60g de cimento, com precisão de 0,001g e introduzimos o mesmo no frasco, com auxílio de um funil, tomando-se cuidado para que não houvesse perda de material. Limpamos os acessórios com pincel e vertemos o cimento existente para o frasco volumétrico. Logo, tampamos o frasco e retiramos o ar que ficou aprisionado na camada de cimento, girando o frasco, ligeiramente e inclinado, alternadamente numa ou noutra direção. Realizamos a leitura final com precisão de 0,05 cm³. A figura 20 mostra os equipamentos utilizados para realização do ensaio.



Figura 20: Equipamentos utilizados para realização do ensaio.

Fonte: Autores.

Após a execução dos ensaios e realizados os cálculos a massa específica do cimento Portland encontrada foi de $3,04 \text{ g/cm}^3$.

2.2.6 Estudos de Dosagem

Desenvolvemos os traços de concreto com 100% de agregado natural e com 100% agregado graúdo reciclado. Em ambos os traços, utilizou-se como agregado miúdo a areia natural.

O estudo de dosagem foi realizado a partir do método consagrado **Seven steps method (ACI 211.1-91)** foram dimensionados dois traços: o primeiro utilizando agregado graúdo natural e segundo agregado graúdo reciclado, destinados à produção dos concretos com as resistências características estipuladas de 20MPa.

Em nenhum caso fez-se ajuste no traço, optou-se em manter fixo o consumo de cimento e a relação água/cimento para realizar a comparação em termos de resistência entre os traços com agregado graúdo natural em relação o reciclado.

2.2.7 Dosagem de Concreto com Agregado Graúdo Natural e Dosagem de Concreto com Agregado Graúdo Reciclado

Para confecção do concreto são necessárias, após a realização de ensaios experimentais informações que serão de grande utilidade para execução do mesmo. Veja na tabela 4 os componentes e seus respectivos valores, para dosagem do concreto utilizando agregado graúdo natural. E na tabela 5 os elementos para dosagem do concreto com agregado graúdo reciclado.

Tabela 4: Componentes necessários para dosagem de concreto.

DOSAGEM DE CONCRETO COM AGREGADO GRAÚDO NATURAL	
Resistência Característica	20 MPa
Massa Unitária do Agregado Graúdo	1340 kg/m ³
Massa Unitária do Agregado Miúdo	1420 kg/m ³ ;
Massa Específica do Agregado Graúdo	2690 kg/m ³
Massa Específica do Agregado Miúdo	2640 kg/m ³ ;
Massa Específica do Cimento	3040 kg/m ³
Ø Máximo do Agregado Graúdo	12,5 mm
Módulo de Finura do Agregado Miúdo	2,47

Fonte: Autores.

Tabela 5: Componentes necessários para dosagem de concreto

DOSAGEM DE CONCRETO COM AGREGADO GRAÚDO RECICLADO	
Resistência característica	20 MPa
Massa unitária do agregado graúdo	1180 kg/m ³
Massa unitária do agregado miúdo	1420 kg/m ³ ;
Massa específica do agregado graúdo	2730 kg/m ³ ;
Massa específica do agregado miúdo	2640 kg/m ³ ;
Massa específica do cimento	3040 kg/m ³
Ø máximo do agregado graúdo	12,5 mm
Módulo de finura do agregado miúdo	2,47

Fonte: Autores.

No 1º passo, definido como a escolha do abatimento, determinamos um slump de 100 mm para o concreto utilizando agregado graúdo natural e para o concreto utilizando agregado graúdo reciclado, de acordo a tabela 1, Slump máximo e mínimo recomendado conforme a aplicação do concreto de Mehta e Monteiro que se encontra no anexo 1. No 2º passo definido como escolha do diâmetro máximo do agregado graúdo adotamos o diâmetro de 12,5 mm para ambos os concretos, com o objetivo de obtermos uma melhor homogeneização da amostra de agregado graúdo reciclado e agregado graúdo natural.

O teor de água sem ar incorporado pertence ao 3º passo. Consultamos a tabela 2 no anexo 1, tabela de requisitos aproximados de teores de água de amassamento e de ar em função do abatimento e do diâmetro nominal do agregado, que relaciona o abatimento do concreto com o diâmetro máximo do agregado graúdo, logo encontramos a quantidade de água sem ar incorporado que foi equivalente a 216 litros/m³, para os dois tipos de concreto. Para a estimativa da relação de água/ cimento equivalente ao 4º passo, desenvolvemos estudos de dosagem de concreto com resistência de dosagem de 20MPa e a resistência à compressão do concreto o seu f_{cj} , encontramos um f_{cj} de 26,6 Mpa para os dois concretos. Com esse valor consultamos a tabela 4 do anexo 2 tabela de Curvas de Abrams, no qual se obtém uma estimativa de quanto de resistência o concreto deve alcançar aos 3, 7 e 14 dias.

No 5º passo, o cálculo do teor de cimento, dividimos o teor de água sem ar incorporado igual a 216 litros/m³ pela relação a/c 0,60. Para o cálculo do teor de agregado graúdo pertencente ao 6º passo, com o diâmetro do agregado graúdo 12,5 mm relacionamos com o módulo de finura 2,47. Essa relação encontra-se na tabela 3 no anexo 1, de acordo com a tabela o valor do volume do concreto adensado corresponde a 0,59. Em seguida com a massa unitária do agregado graúdo natural 1340 kg/m³ multiplicamos pelo volume do concreto adensado 0,59 e definimos 790,6 kg / m³ para o teor de agregado graúdo natural. O mesmo procedimento foi seguido para a dosagem de concreto com agregado graúdo reciclado, com massa unitária de 1180 kg/m³, determinamos 696,2 kg / m³ como teor de agregado graúdo reciclado.

No 7º passo é calculado o teor de agregado miúdo onde o volume de água 0, 216m³, permaneceu para as duas dosagens e o volume de cimento onde os 360 kg/m³ do teor de cimento é dividido pelos 3040 da massa específica do cimento que obteve valor equivalente a 0, 118 m³. Determinamos o volume de agregado graúdo, onde o resultado é adquirido dividindo-se o teor de agregado graúdo natural 790,6 pela massa específica do agregado graúdo natural 2690 kg/m³ que resultou em 0, 263 m³ e o volume de ar aprisionado 2,5%, o mesmo que 0, 025 para ambos os casos. Para o concreto utilizando agregado graúdo reciclado os valores foram 696,2 kg / m³ para o teor de agregado graúdo reciclado e massa específica do agregado graúdo reciclado de 2730 kg/m³, a divisão desses valores é igual a 0, 263 m³. Ao final é definido o volume total, onde há o somatório de todos os valores em

m³. Para o agregado graúdo natural um volume de 0,622m³ para o agregado graúdo reciclado 0,614 m³.

Então é determinado o volume do agregado miúdo subtraindo-se 1 pelo volume total 0,614 m³, foi equivalente a 0,378 m³ para o agregado graúdo natural e 0,386 m³ para o agregado graúdo reciclado. O volume em massa é encontrado multiplicando-se o resultado do volume do agregado miúdo 0,378 m³ pela massa específica do agregado miúdo 2640 m³ que correspondeu em massa a 997,92 kg/m³ para o agregado graúdo natural e para o agregado graúdo reciclado com 0,386 m³ de volume do agregado miúdo e 2640 m³ de massa específica do agregado miúdo obtivemos em massa 1019,04 kg/m³ para o agregado graúdo reciclado.

Posteriormente são determinados os traços apresentados na tabela 6 o traço do concreto com agregado graúdo natural e na tabela 7 o traço do concreto com agregado graúdo reciclado.

Tabela 6: Traço do concreto com agregado graúdo natural.

TRAÇO COM AGREGADO GRAÚDO NATURAL			
Cimento	Agregado Miúdo	Agregado Graúdo	a/c
360/360	997,92/360	790,6/360	0,6
1	2,77	2,19	
Traço Final	1: 2,77: 2,19: a/c= 0,6		

Fonte: Autores

Tabela 7: Traço do concreto com agregado graúdo reciclado.

TRAÇO COM AGREGADO GRAÚDO RECICLADO			
Cimento	Agregado Miúdo	Agregado Graúdo	a/c
360/360	1019,04/360	696,2 /360	0,6
1	2,83	1,93	
Traço Final	1: 2,83: 1,93: a/c= 0,6		

Fonte: Autores

2.2.8 Mistura do Concreto

O procedimento adotado para a mistura dos materiais foi o de introduzir na betoneira estacionária os materiais na seguinte ordem, primeiramente o agregado graúdo mais 50% da água de amassamento depois o cimento e o restante da água, por fim o agregado miúdo. Passado 10 minutos de mistura, começa-se a obter uma visão mais ampla da consistência do concreto. Veja a figura 22 que ilustra a mistura dos materiais na betoneira.



Figura 6: Mistura dos materiais na betoneira.
Fonte: Autores.

2.2.9.5 Abatimento

O índice de consistência do concreto foi determinado através do ensaio de abatimento do tronco de cone (Slump Test) de acordo com o método de ensaio NBR NM-67/98. O Slump Test tem a finalidade de determinar o adensamento do concreto, esse teste é feito da seguinte maneira, é adicionado três camadas de concreto no tronco de cone, sendo que cada camada recebe vinte e cinco golpes com uma haste metálica. Com isso o tronco é retirado e colocado de ponta-cabeça ao lado do concreto, depois coloca-se a haste metálica paralela ao tronco de cone, obtendo-se a medida através de uma régua graduada, esta medida deverá permanecer de acordo com a medida adotada que foi de 10 cm $\pm$ 1cm para o abatimento.

A figura 23 mostra a realização do ensaio de abatimento do tronco de cone.



Figura 7: Slump Test

Fonte: Autores.

2.2.9.6 Moldagens dos Corpos-de-prova

Os corpos-de-prova dos ensaios propostos foram utilizados para a avaliação das características dos concretos convencionais, com formato cilíndrico, cujas dimensões que estão de acordo com a NBR 5738 “*Moldagem e Cura de Corpos de Prova de Concreto, Cilíndricos ou Prismáticos*”. A figura 24 mostra o detalhe da moldagem dos corpos de provas.

Foram moldados no total dezoito C.P 10x20 cm, onde o seu preenchimento se dava através de duas camadas. O adensamento teve por objetivo de penetração do vibrado até alguns centímetros na camada anteriormente vibrada, até encontrar-se no estado plástico.



Figura 8: Moldagem dos corpos-de-prova.

Fonte: Autores.

2.2.9.7 Curas dos Corpos-de-prova

Após 24 horas da moldagem dos corpos-de-prova eles foram desmoldados e levados para a câmara úmida, onde ficaram até a data prevista para o seu rompimento aos 03, 07 e 14 dias para obter o resultado da pesquisa. Veja detalhe da câmara úmida na figura 25.

De acordo com Mehta e Monteiro (2008) “Os dois objetivos da cura são evitar a perda de umidade e controlar a temperatura por um período suficiente para atingir o nível de resistência desejada”.



Figura 9: Detalhe da Câmara Úmida.

Fonte: Autores.

2.2.9.7 Regularização da Superfície

Os CP's utilizados para resistência à compressão tiveram a regularização da superfície com o capeamento com enxofre. Essa regularização faz-se necessária, pois deixa a superfície dos corpos-de-prova devidamente plana para que sua superfície esteja em total contato como a prensa hidráulica, ocasionando uma maior distribuição da força exercida sobre os corpos-de-prova. Veja detalhe do capeamento na figura 26.

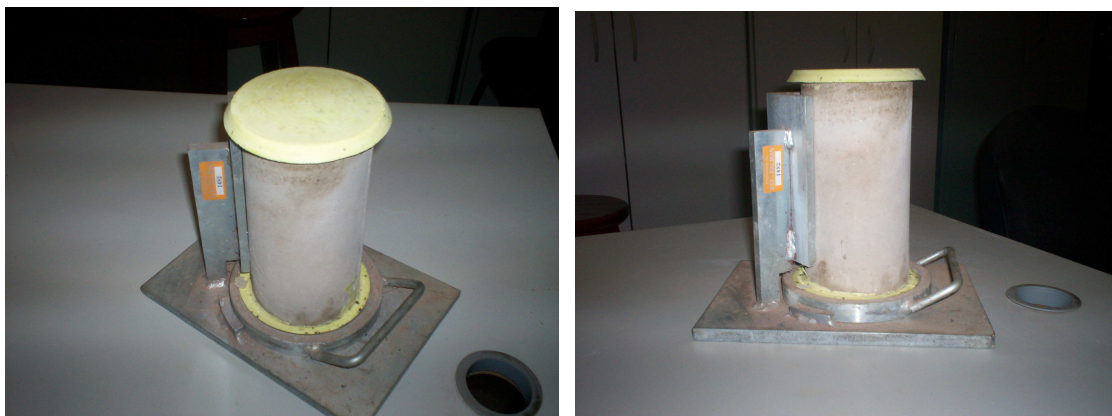


Figura 10: Detalhe do capeamento do concreto.

Fonte: Autores.

2.2.9.8 Resistência à Compressão

Os ensaios foram realizados em uma prensa hidráulica de acionamento elétrico para ensaio de concreto, modelo PC200C-EMIC, capacidade máxima de 2000 kN, ou seja 200 toneladas. Os procedimentos de ensaio foram baseados na NBR-5739/94: Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos, sendo a carga máxima o parâmetro utilizado para o controle da qualidade do concreto. Veja detalhe do ensaio de resistência à compressão na figura 27.

A avaliação das propriedades mecânicas dos concretos foi realizada através da verificação da resistência à compressão axial. Para cada traço foram confeccionados 9 (nove) corpos-de-prova cilíndricos de 10x20 cm, e ensaiados nas idades definidas. Cabe ressaltar, que devido a atraso no cronograma do trabalho não foi possível realizar ensaios aos 28 dias.

Os corpos-de-prova devem ser colocados na prensa em um ângulo de 90° em relação à face da máquina, para que se possa ter total apoio. A velocidade é devidamente controlada, ou seja, para que se tenha uma melhor adoção do método de ensaio.

Todo esse cuidado deve ser tomado para que não ocorra variação nos resultados, ocasionando uma alteração nos gráficos que são obtidos através desses resultados.



Figura 11: Ensaio de resistência à compressão.
Fonte: Autores.

A leitura do rompimento foi feita por um computador ligado à máquina de prensagem do corpo-de-prova, onde é utilizado um programa de controle, o TESC VIRMAQ.

2.3 RESULTADOS E ANÁLISES

2.3.1 Concreto Fresco

Os parâmetros considerados para a dosagem do concreto no estado fresco foram à relação água/cimento e o consumo de cimento, que para o dois traços apresentaram os mesmos valores. A tabela 4 ilustra o consumo de cimento e a relação a/c das misturas.

Tabela 3: Consumo de cimento e relação a/c das misturas

Tipo de Concreto	Resistência Característica	Consumo de Cimento (kg/m ³)	Relação água/cimento
Natural	20MPa	360	0,6
Reciclado	20MPa	360	0,6

Fonte: Autores.

A trabalhabilidade e a consistência também foram aspectos relevantes para a análise do concreto no estado fresco. Os resultados para o ensaio de determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone são apresentados na tabela 5.

Tabela 5 – Resultados dos ensaios de determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone – NBR 7223

Tipo de concreto	Abatimento do tronco de cone – NBR 7223
Natural	19 cm
Reciclado	10 cm

Fonte: Autores.

Verificou-se que os agregados reciclados influenciaram muito na consistência do concreto, principalmente devido a sua grande absorção de água. Ao analisar conjuntamente as características de trabalhabilidade do abatimento percebeu-se, que com a substituição do agregado gráúdo reciclado pelo natural, não

foi necessário reajustar o traço, pois o mesmo alcançou o slump desejado. Já para o concreto utilizando agregado graúdo natural obteve um slump test indesejado, porém não foi realizado o ajuste com o objetivo de manter a relação água/cimento.

Durante o processo de mistura percebeu-se visualmente que nos primeiros minutos os agregados graúdos reciclados tiveram uma grande absorção de água, devido à sua porosidade. Esta absorção de água do material reciclado retirou uma quantidade de água do concreto que antes seria usada para dar trabalhabilidade. Assim influenciando no menor abatimento do concreto com agregado reciclado.

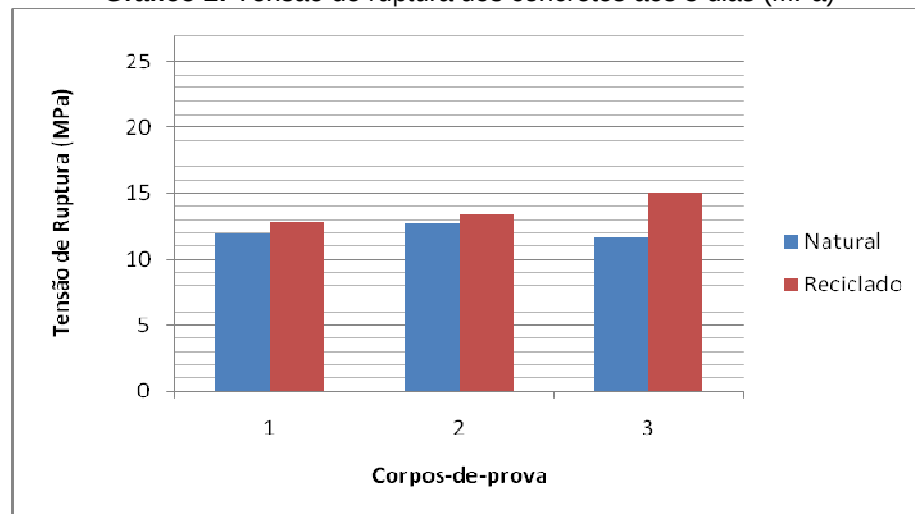
2.3.2 Concreto Endurecido

As tabelas 6, 7 e 8 apresentam as resistências à compressão aos 3, 7 e 14 dias, respectivamente, para os traços do concreto produzido com agregado graúdo natural e o produzido com agregado graúdo reciclado. Nos gráficos de 3 a 7 e nos anexos 3 a 8 apresentam os mesmos resultados para melhor comparação.

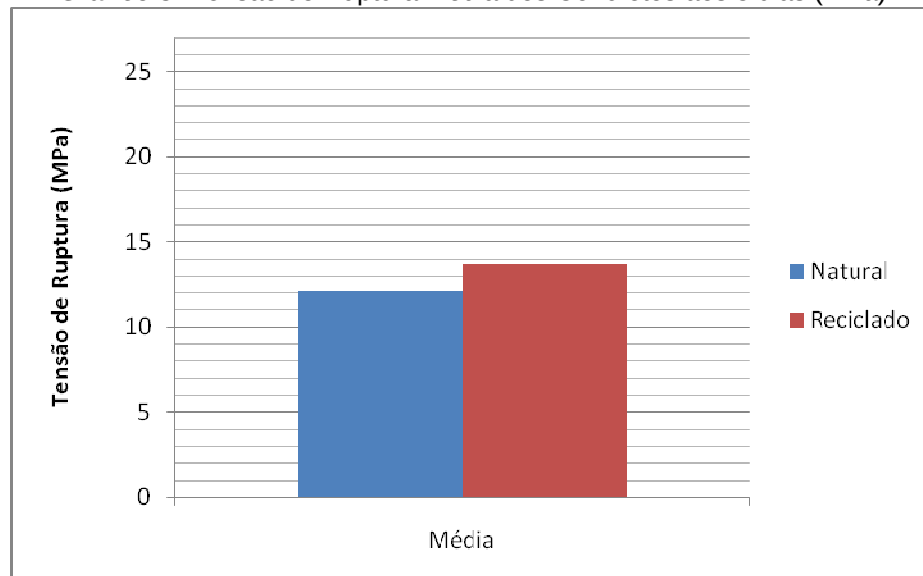
Tabela 6: Tensão de ruptura dos concretos aos 3 dias (MPa)

Corpos-de-prova	Tensão de Ruptura (MPa) Concreto Natural ao 3 dias	Tensão de Ruptura (MPa) Concreto Reciclado ao 3 dias
CP1	11,9	12,8
CP2	12,7	13,4
CP3	11,7	15
Média	12,10	13,73

Fonte: Autores.

Gráfico 2: Tensão de ruptura dos concretos aos 3 dias (MPa)

Fonte: Autores.

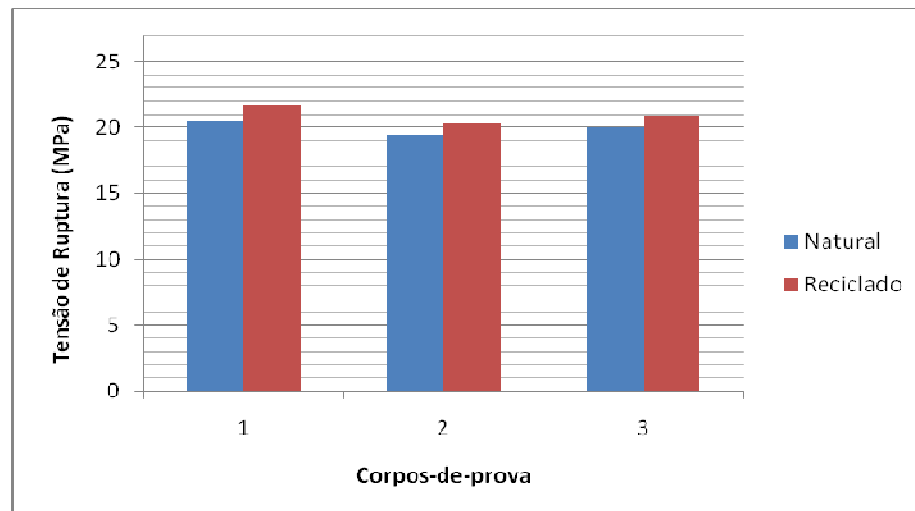
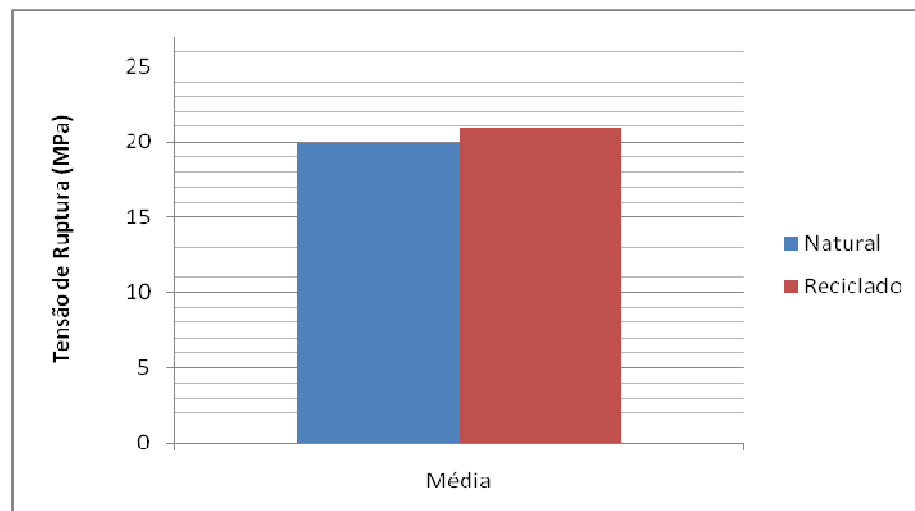
Gráfico 3: Tensão de Ruptura Média dos Concretos aos 3 dias (MPa)

Fonte: Autores.

Tabela 7: Tensão de Ruptura dos concretos aos 7 dias (MPa)

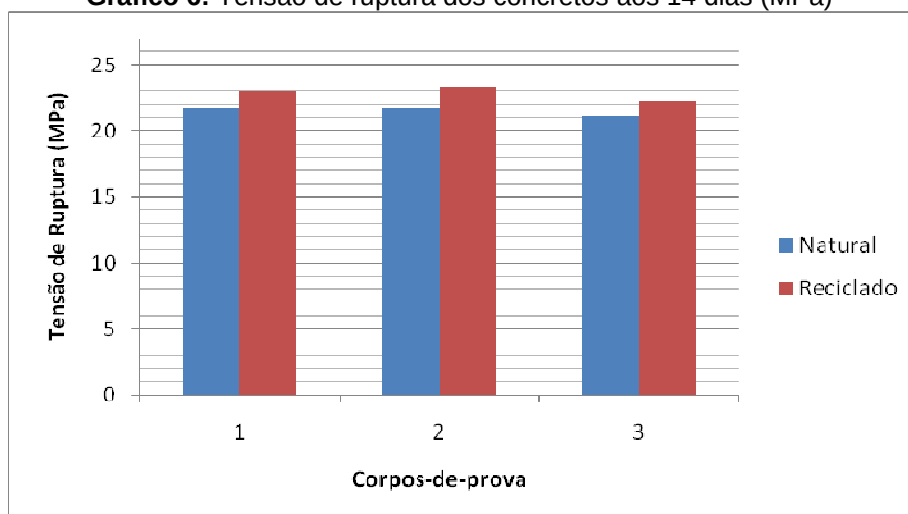
Corpos-de-prova	Tensão de Ruptura (MPa) Concreto Natural ao 7 dias	Tensão de Ruptura (MPa) Concreto Reciclado ao 7 dias
CP1	20,5	21,7
CP2	19,4	20,3
CP3	20	20,8
Média	19,97	20,93

Fonte: Autores.

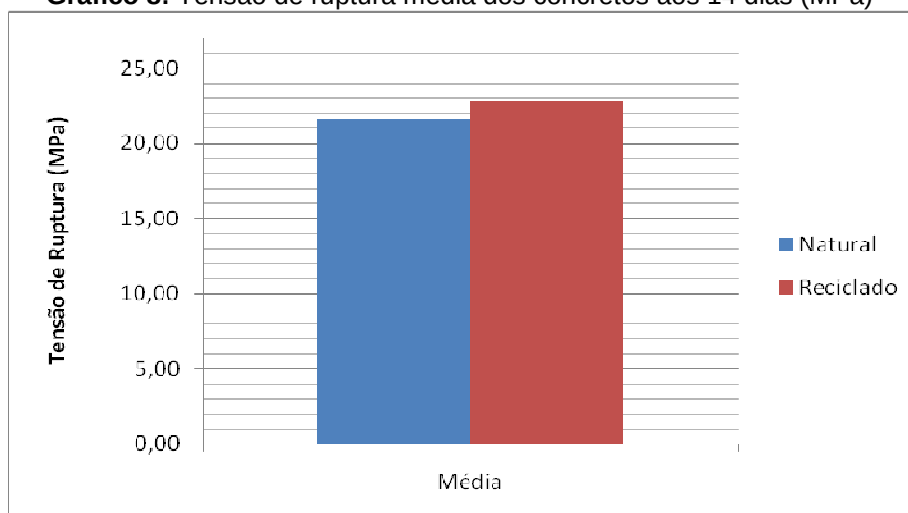
Gráfico 4: Tensão de ruptura dos concretos aos 7 dias (MPa)**Fonte:** Autores.**Gráfico 5:** Tensão de ruptura média dos concretos aos 7 dias (MPa)**Fonte:** Autores.**Tabela 8:** Tensão de Ruptura dos concretos aos 14 dias (MPa)

Corpos-de-prova	Tensão de Ruptura (MPa) Concreto Natural ao 14 dias	Tensão de Ruptura (MPa) Concreto Reciclado ao 14 dias
CP1	21,8	23,0
CP2	21,8	23,3
CP3	21,2	22,2
Média	21,60	22,83

Fonte: Autores.

Gráfico 6: Tensão de ruptura dos concretos aos 14 dias (MPa)

Fonte: Autores.

Gráfico 8: Tensão de ruptura média dos concretos aos 14 dias (MPa)

Fonte: Autores.

De acordo com os resultados percebeu-se que o concreto com agregado reciclado, em todas as idades ensaiadas, obteve uma resistência ligeiramente superior ao concreto com agregado natural. Vale ressaltar que o maior abatimento do traço de concreto com agregado gráudo natural indica que se poderia reduzir a relação água/cimento para obter o abatimento de 10cm. Dessa forma, a tendência seria obter uma resistência à compressão superior ao concreto com agregado reciclado.

Os corpos de prova não foram submetidos a ensaios de compressão do concreto aos 28 dias e sim aos 14 dias, mais pela curva de abrams na Tabela 4

Anexo 2, podemos justificar que o concreto utilizando agregado graúdo reciclado pode alcançar 26,6 MPa, e o concreto natural também pode alcançar 26,6 MPa.

2.3.3 Viabilidade Econômica

Do ponto de vista financeiro, o uso do material reciclado pode trazer benefícios para as cidades e também empresas de pré-fabricados, concreteiras e construtoras, em função dos ganhos sociais e ambientais e também pelo custo do material reciclado. Na tabela 9 apresenta-se o custo atual do metro cúbico (m^3) dos agregados para a cidade de São Carlos-SP, que possui central de reciclagem em funcionamento. Percebe-se que para esta cidade o agregado graúdo reciclado tem um custo cinco vezes inferior ao agregado natural. Estes valores indicam que existe a viabilidade econômica para a consideração da reciclagem de resíduos de construção, resíduos de pré-fabricado e de concreteira.

Tabela 9: Preço médio de agregados para a cidade de São Carlos-SP

Itens	Preço médio para agregados (R\$/ m^3)
Agregado graúdo reciclado	12,00
Seixo natural	65,00
Areia natural	40,00

Fonte: Média de vendas para cidade de São Carlos SP, 2009.

A tabela 10 também reforça a viabilidade econômica do agregado reciclado. Esta tabela permite analisar os valores do metro cúbico de concreto para os traços utilizando agregados naturais e com agregados reciclados, considerando os valores dos materiais da cidade de São Carlos-SP. Para os traços somente foram analisados os valores dos agregados e consumo de cimento, não levando em consideração os custos externos como, por exemplo, custos com transporte.

Tabela 10: Economia no custo dos materiais

Traço Natural			Traço Reciclado		
Cimento	Areia	Seixo	Cimento	Areia	Agr.graúdo Reciclado
1	2,77	2,19	1	2,83	1,93
R\$176,00	R\$28,00	R\$38,35	R\$176,00	R\$28,70	R\$7,07

Economia no custo do produto (%)	
Traço Natural	Traço Reciclado
Custo Total	Custo Total
R\$242,35	R\$211,77

Fonte: Autores

Os valores dos agregados foram utilizados em função da unidade de comercialização dos produtos que, em geral, é vendida por metro cúbico de produto. Para a transformação de tonelada para metro cúbico de material, utilizou-se valores conhecidos da massa unitária dos materiais reciclados utilizados.

Demonstra-se que a economia obtida no custo dos agregados pode se refletir em ganhos para as empresas de pré-fabricados, concreteiras e construtoras ou instituições que trabalham com habitações de interesse social, pois os menores custos com os agregados reciclados possibilitarão uma redução no valor do produto final. Seja para fazer habitação ou produção de agregados reciclados para venda direta ao consumidor.

Cabe ressaltar que estes valores não podem ser repassados diretamente para a cidade de Palmas-TO, visto que não existe uma central de reciclagem. Além disso, no momento atual o preço dos agregados naturais na cidade são inferiores aos das cidades do estado de São Paulo.

3 CONCLUSÃO

A realização deste trabalho confirma experimentalmente a possibilidade de obtenção de um novo material para construção civil com sua utilização como matéria-prima em resíduos de concreto.

Os resultados apresentados permitem fazer comentários conclusivos dentro do escopo da pesquisa que se propôs realizar. Vale destacar que se pensem as limitações de abrangência de um único trabalho de conclusão de curso (TCC), este deve respaldar-se não somente em seus próprios resultados, mas também em trabalhos complementares que fortalece ou mesmo antagonizem com as suas conclusões.

A seguir, as principais conclusões relativas ao trabalho:

- Para as propriedades analisadas as misturas contendo agregados de concreto reciclado apresentam o comportamento semelhante à de referência, assim tornado viável suas propriedades físicas.
- A substituição do agregado graúdo reciclado pelo natural apresenta boa adequação ao método de dosagem proposto. A ressalva a ser feita neste caso refere-se à trabalhabilidade. Como mencionado, os dois traços não foram ajustados com o intuito de uniformizar as duas amostras. Com isso o agregado reciclado absorvia a água de amassamento do concreto que antes seria usada para dar trabalhabilidade, também atingindo o fator água/cimento, relacionado à resistência do concreto. Ainda assim, não houve alterações significativas no comportamento mecânico do concreto, quando o ajuste da trabalhabilidade pôde ser feita de maneira rápida.
- Os resíduos de concreto possuem um grande potencial para serem utilizados, através de mais estudos, suas propriedades serão melhores conhecidas, gerando um produto economicamente interessante.
- Existe uma grande influência na utilização do agregado reciclado sobre as propriedades estudadas do concreto. Este material deve ser considerado como um novo material, onde suas propriedades e a forma de utilizá-lo racionalmente precisam ser melhores investigadas.
- As propriedades dos agregados reciclados são muito influenciadas pelas características dos resíduos de concreto, ou seja, a qualidade do concreto

original, resíduos provenientes de corpos-de-prova, assim viabilizando a sua utilização.

- Também é possível afirmar, que há indícios de economia na produção de concretos, em função da economia obtida com os custos dos agregados reciclados em comparação aos agregados naturais. Isso pode tornar economicamente viável o uso de concretos com materiais reciclados.
- Muitos estudos, porém, ainda precisam ser feitos para sedimentar a utilização desses materiais nos mais variados tipos de construção. Num momento em que se discute preservação ambiental e seus recursos naturais, a reciclagem de resíduos de construção e demolição constitui-se numa importante alternativa para minimização dos impactos ambientais.

3.1 Prosseguimento da Pesquisa

Para o uso dos agregados reciclados é interessante que mais pesquisas sejam realizadas, para proporcionarem recomendações confiáveis e seguras. Abaixo há algumas linhas de pesquisa que se acham interessantes:

- As características do agregado e do concreto reciclado provenientes de resíduos de concretos com diferentes tipos de agregados naturais, como por exemplo, brita e granito;
- Realizar os ensaios de Resistência à Tração e Módulo de Elasticidade nos corpos-de-prova;
- Verificar se nos materiais reciclados existem partículas de cimento não hidratadas que irão influenciar na resistência do concreto reciclado;
- As propriedades das frações do agregado reciclado, miúdo e graúdo, seu grau de influência nas características do concreto, e como elas podem ser utilizadas;
- Estimativa de vida útil entre concretos convencionais e reciclados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR – 7217 - Determinação da composição granulométrica.** Rio de Janeiro, 1982.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR – 7217 – Agregados – Determinação da composição granulométrica – Método de ensaio.** Rio de Janeiro, 1982.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR – 5734 – Peneiras para ensaio – Especificação.** Rio de Janeiro, 1982.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR – 7211 – Agregados para concreto – Especificação.** Rio de Janeiro, 1983.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR – 7216 – Amostragem de agregados – Procedimento.** Rio de Janeiro, 1982.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR – 7219 – Agregados – Determinação do teor de materiais pulverulentos.** Rio de Janeiro, 1982.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR – 9941 – Redução da amostra de campo de agregados para ensaio de laboratório – Procedimento.** Rio de Janeiro, 1987.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Determinação da massa específica do agregado gráudo: NBR 9779.** Rio de Janeiro, 1987.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR – 7251 - Determinação da massa unitária do agregado gráudo.** Rio de Janeiro, 1982.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7251 – Agregado em estado solto – Determinação da massa unitária – Método de ensaio.** Rio de Janeiro, 1982.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR – 7217 - Determinação da composição granulométrica do agregado miúdo.** Rio de Janeiro, 1982.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR – 9779 - Determinação da massa específica do agregado miúdo natural por meio do frasco de Chapman.** Rio de Janeiro, 1987

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9776 – Agregados – Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco Chapman.** Rio de Janeiro, 1987.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR – 6474 - Determinação da massa específica do cimento Portland,** Rio de Janeiro, 1998.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBRNM23 – Cimento Portland e outros materiais em pó – Determinação da massa específica.** Rio de Janeiro, 1998

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR - 7215 – Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão – Método de ensaio.**

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR – 7251 - Determinação da massa unitária do agregado miúdo,** Rio de Janeiro, 1982.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR – 7223 - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone.** Rio de Janeiro, 1992.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR – 5739 - Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos.** Rio de Janeiro, 1994.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR - 5738 - Moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos ou prismáticos de concreto**. Rio de Janeiro, 1994.

ALVES, D. J. **Manual de Tecnologia do Concreto**. Goiânia. 1993.

CORRÊA, M. S. **Compósito à base de resíduos de concreto e resíduo de produção de Cal**. Curitiba, 2005. 119 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná.

JOHN, V. M. **Reciclagem de resíduos na construção civil – contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento**. Universidade de São Paulo, 2000, 102p.

LEITE, M. B.; PEDROZO, P. H.; DAL MOLIN, D. C. C. **Agregado Reciclado para Concreto: Proposta de Desenvolvimento de um Método para Determinação da Taxa de Absorção do Material**, 42º Congresso Brasileiro do Concreto, IBRACON, 2000.

LEVY, S. M. **Reciclagem do entulho de construção civil, para utilização como agregado de argamassas e concretos**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Dissertação de mestrado. 1997, 146 p.

LEVY, S. M.; HELENE, P. R. L. **Influência dos Agregados Reciclados na Resistividade e na Absorção de Água de Concretos**, 44º Congresso Brasileiro do Concreto. Brasília, IBRACON, 2002.

LEVY, S. M.; HELENE, P. R. L. **Influência dos Agregados Reciclados no Módulo de Elasticidade de Concretos com Agregados Convencionais e Agregados Reciclados – da Teoria a Prática**, 43º Congresso Brasileiro do Concreto, Foz do Iguaçu, IBRACON, 2001.

MARQUES NETO, J. C. **Gestão de resíduos de construção e demolição no Brasil**. São Carlos, 2005, 21p.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Microestrutura, Propriedades e Materiais**. IBRACON. São Paulo, 2008.

PETRUCCI, R. G. **Concreto de Cimento Portland**. São Paulo. 1998.

RESOLUÇÃO CONAMA Nº 307, DE 05 DE JULHO DE 2002. **Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil.** Publicada no DOU de 17 de julho de 2002.

SALLES NETO, M. **Apostila de materiais de construção.** Palmas, 2004.

SALES, A.; CORDEIRO, J. S.; SOUZA, F. R. **Estudo da resistência à compressão e da absorção de água em concretos produzidos com a adição conjunta de resíduos de construção e demolição e lodos de estações de tratamento de água.** Ambiente Construído, Porto Alegre, v.4, n.2, p. 31-40, abr./jun. 2004.

ZORDAN, E. S. **A utilização do entulho como agregado na confecção do concreto.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, 1997.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

ABESC. Associação brasileira das empresas de serviços de concretagem do Brasil. **Manual do concreto dosado em central**. São Paulo, 2007, 35p.

ABESC. Associação brasileira das empresas de serviços de concretagem do Brasil. **Recomendações da ABESC para sua construção mais segura!** São Paulo, 2006, 47p.

ALVES, D.F. **Materiais de Construção**. Goiânia, 1999

BAUER, F.A.L. **Materiais de Construção – Novos Materiais para Construção Civil**. Universidade Federal de Uberlândia: 5 ed, 2000.

COELHO, P. E. **O Gerenciamento de resíduos sólidos de construção e demolição no município de Palmas, Tocantins**, Palmas, 2006.

LEVY, S. M.; HELENE, P. R. L. **Propriedades mecânicas de argamassas produzidas com entulho de construção civil**. In: Seminário sobre reciclagem e reutilização de resíduos como materiais de construção, 1996, São Paulo. Anais. São Paulo: PCC – USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, 1996. 161 p. p. 138-148.

MIRANDA, R. F. L. **Estudo dos fatores que influem na fissuração de revestimentos de argamassa com entulho reciclado**. São Paulo, 2000. 155 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica Universidade de São Paulo.

NORONHA, J.; CABRAL, E. A. **Avaliação das propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de concreto**. Anais do 51º Congresso Brasileiro do Concreto. Curitiba, 2009

PETRUCCI, R. E. **Materiais de Construção**. São Paulo: 11 ed, 1998.

RIPPER, E. **Manual Prático de Materiais de Construção – Recebimento, transporte interno, estocagem, manuseio e aplicação**. São Paulo. 1995.

SILVA, K.; SANTOS, D.; GOMES, P. **Estudo da viabilidade econômica de utilização de resíduos reciclados em edifícios residenciais (estudo de caso)** Anais do 51º Congresso Brasileiro do Concreto. Curitiba, 2009.

SOUZA, R.; TAMAKI, R. M. **Especificação e Recebimento de Materiais de Construção**. São Paulo. 2001.

STARLING, T. PINTO, S. D. J.; RIBEIRO, C. C. **Materiais de Construção Civil**. Belo Horizonte: 2 ed. 2000.

VIEIRA, G. L.; DAL MOLIN, D. C. C. **Viabilidade técnica da utilização de concretos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição**. Rio Grande do Sul, 2004. Programa de pós-graduação em Engenharia Civil - Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

ANEXO 1

Tabela 1 –Slump máximo e mínimo recomendados conforme a aplicação do concreto (Mehta & Monteiro)

Tipo de construção	Slump (mm)	
	Máximo	Mínimo
Fundações, paredes e sapatas armadas	75	25
Sapatas não armadas, caixões e paredes de vedação	75	25
Vigas e paredes armadas	100	25
Pilares de edifícios	100	25
Pavimentos e lajes	75	25
Concreto em grandes volumes	50	25

Tabela 2- Requisitos aproximados de teores de água de amassamento e de ar em função do abatimento e do diâmetro nominal do agregado.

Abatimento	Água (L/m ³ de concreto para o ϕ máximo indicado do agregado)							
	9,5	12,5	19	25	37,5	50	75	150
Sem ar incorporado								
25-50	207	199	190	179	166	154	130	113
75-100	228	216	205	193	181	169	145	124
150-175	243	228	216	202	190	178	160	-
Ar aprisionado (%)	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0	0,5	0,3	0,2
Com ar incorporado								
25-50	181	175	168	160	150	142	122	107
75-100	202	193	184	175	165	157	133	119
150-175	216	205	197	184	174	166	154	-
Teor recomendável total de ar em função do grau de exposição								
Exposição fraca (%)	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0
Exposição moderada (%)	6,0	5,5	5,0	4,5	4,5	4,0	3,5	3,0
Exposição severa (%)	7,5	7,0	6,0	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0

Tabela 3- Volume de agregado gráudo por unidade de volume de concreto

ϕ máximo	Volume de agregado gráudo / unid. de volume do concreto									
	Módulo de finura da areia									
	1,20	1,40	1,60	1,80	2,00	2,20	2,40	2,60	2,80	3,00
9,5	0,62	0,60	0,58	0,56	0,54	0,52	0,50	0,48	0,46	0,44
12,5	0,71	0,69	0,67	0,65	0,63	0,61	0,59	0,57	0,55	0,53
19	0,78	0,76	0,74	0,72	0,70	0,68	0,66	0,64	0,62	0,60
25	0,83	0,81	0,79	0,77	0,75	0,73	0,71	0,69	0,67	0,65
38	0,87	0,85	0,83	0,81	0,79	0,77	0,75	0,73	0,71	0,69
50	0,90	0,88	0,86	0,84	0,82	0,80	0,78	0,76	0,74	0,72
75	0,94	0,92	0,90	0,88	0,86	0,84	0,82	0,80	0,78	0,76
150	0,99	0,97	0,95	0,93	0,91	0,89	0,87	0,85	0,83	0,81

ANEXO 2

Tabela 4 Curvas de Abrams

Curvas de Abrams - PAULO HELENE - CP32				
avc	f_c 3 dias	f_c 7 dias	f_c 28 dias	f_c 81 dias
0,40	21,6	23,6	40,8	47,8
0,41	20,9	23,7	39,8	47,1
0,42	20,2	23,9	39,0	46,3
0,43	19,6	23,2	38,2	45,5
0,44	19,0	23,4	37,4	44,7
0,45	18,4	23,7	36,6	43,9
0,46	17,8	23,1	35,9	43,1
0,47	17,2	24,4	35,1	42,3
0,48	16,7	23,7	34,4	41,5
0,49	16,1	23,1	33,7	40,8
0,50	15,6	22,6	33,0	40,1
0,51	15,1	21,9	32,3	39,4
0,52	14,6	21,3	31,7	38,7
0,53	14,2	20,7	31,0	38,1
0,54	13,7	20,2	30,4	37,4
0,55	13,3	19,6	29,8	36,7
0,56	12,8	19,1	29,2	36,1
0,57	12,4	18,6	28,6	35,5
0,58	12,0	18,1	28,0	34,8
0,59	11,6	17,6	27,4	34,2
0,60	11,3	17,2	26,9	33,6
0,61	10,9	16,7	26,3	33,0
0,62	10,6	16,3	25,8	32,4
0,63	10,2	15,8	25,2	31,8
0,64	9,9	15,4	24,7	31,3
0,65	9,6	15,0	24,2	30,8
0,66	9,3	14,6	23,7	30,2
0,67	9,0	14,2	23,2	29,7
0,68	8,7	13,8	22,8	29,2
0,69	8,4	13,5	22,3	28,6
0,70	8,1	13,1	21,8	28,1
0,71	7,9	12,8	21,4	27,7
0,72	7,6	12,4	21,0	27,2
0,73	7,4	12,1	20,5	26,7
0,74	7,1	11,8	20,1	26,2
0,75	6,9	11,4	19,7	25,8
0,76	6,7	11,1	19,3	25,3
0,77	6,5	10,8	18,9	24,9
0,78	6,3	10,6	18,5	24,4
0,79	6,1	10,3	18,1	24,0
0,80	5,9	10,0	17,8	23,6
0,81	5,7	9,7	17,4	23,2
0,82	5,5	9,5	17,0	22,7
0,83	5,3	9,2	16,7	22,3
0,84	5,2	9,0	16,4	22,0
0,85	5,0	8,7	16,0	21,6
0,86	4,8	8,5	15,7	21,2
0,87	4,7	8,3	15,4	20,8
0,88	4,6	8,1	15,1	20,4
0,89	4,4	7,9	14,7	20,1
0,90	4,2	7,6	14,4	19,7

ANEXO 4

Escola Técnica Federal de Palmas

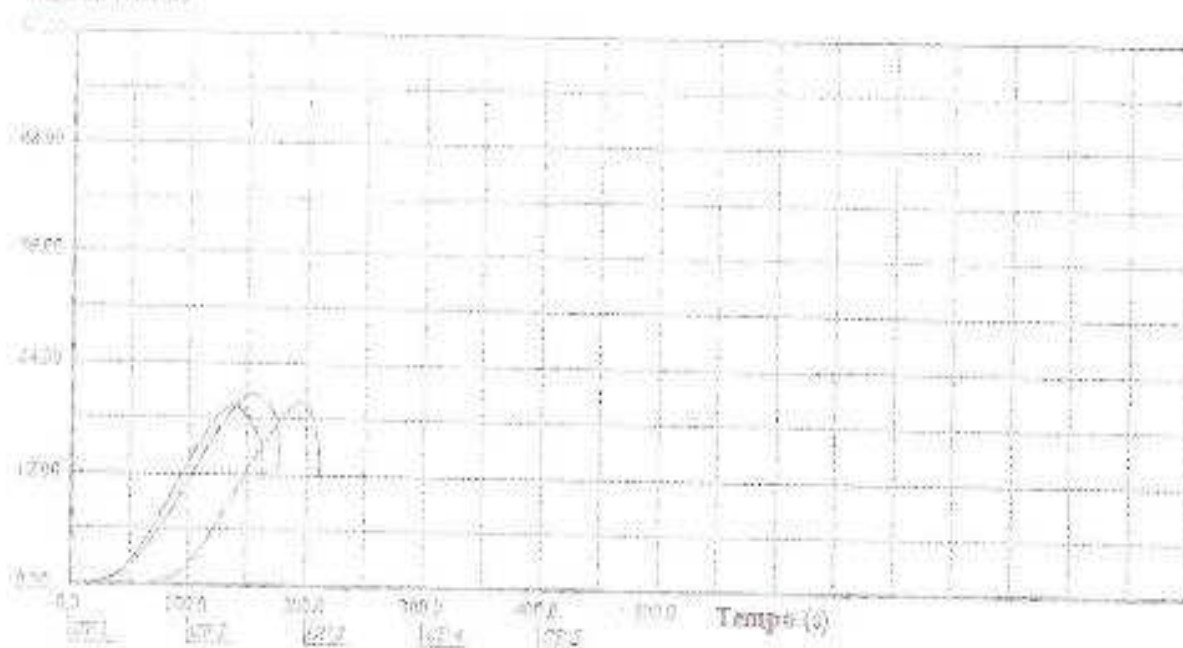
4. **Generalized** The generalized form of the above is

References

Copyright © 1999 by John Wiley & Sons, Inc.

Abstract

Veronica Williams



Observações: Aplicação do conteúdo

Tipo de ruptura dos corpos de prova:

CP1 CP2 CP3 CP4 CP5

Observação: Asilados do conjunto

There are two other non-corpus de praeval.

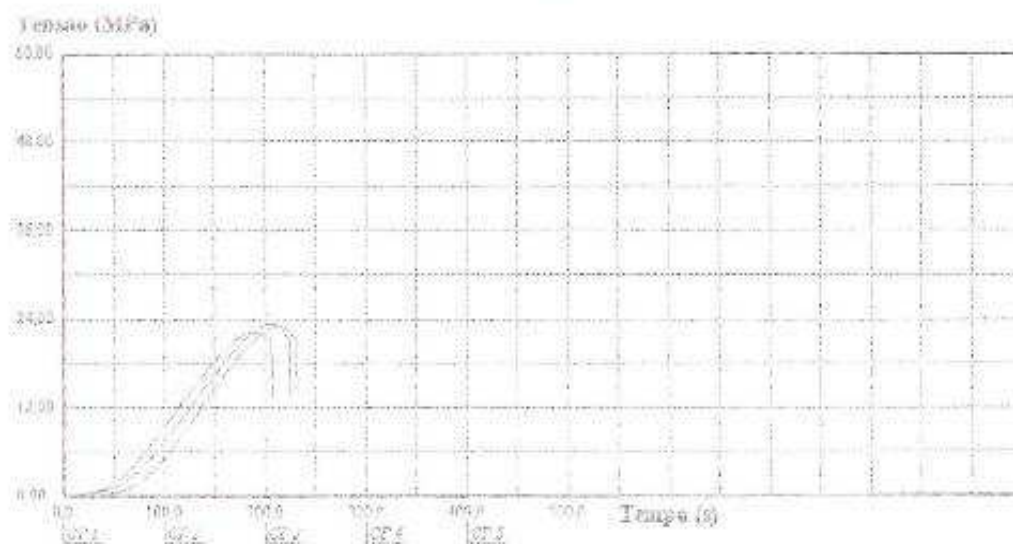
ANEXO 6

Escola Técnica Federal de Palmas
Laboratório de Materiais de Construção

Relatório de Ensaio

Aluno: Edna D.L.10033 Cód. Tcd 30 Exercício: Data: 05/11/2009 Hora: 11:53:56 Trabalho: **0465**
 Programa: Teste versão 3.01 Método de Ensaio: autocompressão concreto 180
 Item: Amostra Cliente: Agrícola e Reliquia-RCD Destinação: Data Amostra: 15 dias

Carga (k)	Força Empuxo (kN)	Tensão Empuxo (MPa)
CP-1	18429	23,0
CP-2	18074	22,3
CP-3	17811	22,2
Força L.P.	3	3
Modo	18306	22,86
Força Ruptura	444,8	0,5553
Força Ruptura	2,430	2,430
Módulo	17810	22,24
Módulo	18070	22,32



Observação: Abundância do concreto:

tipo de ruptura dos corpos de prova: