

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

CRISTIAN ALLAN TONUS
PATRÍCIA IONÁ MINOZZI

**UTILIZAÇÃO DE AGREGADOS RECICLADOS DE ALVENARIA NA
PRODUÇÃO DE CONCRETO PARA CONTRAPISOS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PATO BRANCO
2013

CRISTIAN ALLAN TONUS

PATRÍCIA IONÁ MINOZZI

**UTILIZAÇÃO DE AGREGADOS RECICLADOS DE ALVENARIA NA
PRODUÇÃO DE CONCRETO PARA CONTRAPISOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco.

Orientador: Prof. Dr. José Ilo Pereira Filho.

PATO BRANCO

2013

TERMO DE APROVAÇÃO

UTILIZAÇÃO DE AGREGADOS RECICLADOS DE ALVENARIA NA PRODUÇÃO DE CONCRETO PARA CONTRAPISOS

CRISTIAN ALLAN TONUS

e

PATRÍCIA IONÁ MINOZZI

Aos 13 dias do mês de março do ano de 2013, às 13:00 horas, na Sala de Treinamento da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, este trabalho de conclusão de curso foi julgado e, após argüição pelos membros da Comissão Examinadora abaixo identificados, foi aprovado como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR-PB, conforme Ata de Defesa Pública nº 03-TCC/2013.

Orientador: Prof. Dr. JOSÉ ILO PEREIRA FILHO (COECI / UTFPR-PB)

Membro 1 da Banca: Prof^a. Dr^a. CAROLINE ANGUSLKI DA LUZ (COECI / UTFPR-PB)

Membro 2 da Banca: Prof . Msc. JOSÉ MIGUEL ETCHALUS (COECI / UTFPR-PB)

DEDICATÓRIA

Às nossas famílias e aos nossos amigos
pelo incentivo prestado desde o início até o
fim deste trabalho. O nosso sincero
agradecimento!

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradecemos a Deus, pela força que ele nos proporciona constantemente, pois através dele conseguimos tudo que almejamos.

Agradecemos às nossas famílias, pelo apoio prestado e pelas palavras de amor e carinho que nos conduziram até aqui, pelo incentivo mostrado nos momentos difíceis que passamos e pelos conselhos que vamos levar para a vida toda.

Em especial, agradecemos ao nosso orientador Prof. Dr. José Ilo Pereira Filho pelos conhecimentos transmitidos, os quais foram de grande aprendizado nos ajudando em nosso crescimento profissional. Obrigado pela dedicação, amizade, paciência e colaboração ao longo desses meses. Gostaríamos de estender o agradecimento também aos componentes da banca, Prof^a Dra. Caroline Angulski da Luz e Prof^o Mestre José Miguel Etchalus, pela disponibilidade e contribuições ao trabalho.

Gostaríamos de deixar registrado também o nosso reconhecimento aos amigos Felipe Picolotto, Luana Viacelli e Daniele Prates Pereira pela disposição e auxílio nos momentos em que mais precisamos.

Agradecemos à Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Câmpus Pato Branco, à Construtora MG Empreendimentos Imobiliários Ltda e à Construtora Palanger, por disponibilizar os equipamentos e materiais necessários para a realização do nosso trabalho.

Por fim, e não menos importante, nosso muito obrigado a todos os professores que passaram pela nossa formação e que foram os grandes responsáveis para o nosso conhecimento e que de alguma maneira contribuíram para a realização e finalização deste trabalho.

*“O que somos é um presente de Deus
para nós, o que nos tornamos é o nosso
presente para Ele”.*

(Eleanor Powell)

RESUMO

TONUS, Cristian A.; MINOZZI, Patrícia I. **Utilização de agregados reciclados de alvenaria na produção de concreto para contrapisos**. 2013. 67. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2013.

Com a perspectiva de reduzir os impactos ambientais, que atualmente é um dos temas mais discutidos na sociedade brasileira, em especial, na construção civil, novas tecnologias surgiram buscando benefícios para a redução da geração de resíduos de construção e demolição (RCD), como é o caso deste trabalho, que buscou apresentar resultados da utilização da cerâmica vermelha na composição de concretos para contrapisos. O presente trabalho visou verificar a viabilidade técnica e econômica da utilização dos agregados reciclados de blocos cerâmicos em concretos para contrapisos, comparando os custos finais deste concreto com um concreto padrão. O método de trabalho foi dividido em três etapas, na primeira fez-se a determinação da granulometria das amostras e ensaios de massas específicas e absorção d'água, como também foi definido um traço para o concreto com utilização de aproximadamente 65,33% de agregado graúdo (RCD) e 34,67% de agregado miúdo (areia). Na segunda etapa realizaram-se os ensaios de abatimento do Tronco de Cone – *Slump Test* para conhecer a consistência do concreto com adição dos RCD e feito o ensaio de exsudação para saber a quantidade de água exsudada que esse concreto apresentava. Por fim, na terceira etapa foi realizado o ensaio de resistência à compressão simples dos corpos-de-prova cilíndricos de concreto aos 7, 14 e 28 dias para observar o comportamento mecânico desse novo concreto. As amostras estudadas apresentaram grandes diferenças nas resistências, onde o concreto com os resíduos teve suas resistências superiores que o concreto convencional, através disso esse concreto poderia ser utilizado para outra finalidade ou função, ou até mesmo ser utilizado em contrapisos com grandes capacidades de carga e com um alto desempenho. Com relação aos custos, o concreto com os RCD apresentou um valor (em R\$/m³) mais baixo comparado ao concreto padrão, devido a substituição das britas pelos resíduos da cerâmica vermelha.

Palavras-chave: Resíduo de Construção e Demolição (RCD). Concreto de Contrapiso. Custo/Benefício.

ABSTRACT

TONUS, Cristian A.; MINOZZI, Patrícia I. **Utilization of recycled aggregates of masonry in subfloor concrete production.** 2013. 67. Work presented as Conclusion of the Program (Bachelor's degree in Civil Engineering) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2013.

With the prospects of reducing environmental impacts that currently are one of the most discussed themes in Brazilian society, specially in the field of civil construction, new technologies arised as a way to search for benefits to reduce the engendering of construction and demolition waste (RCD – acronim in Portuguese), as studied during this work, that aimed to show results of the utilization of red ceramic waste in the composition of concrete to subfloor. This work is going to verify the technical and economical viability of the use of RCD in concrete to subfloor comparing the final costs of those with the standard concrete. The method of work was divided in three stages, in the first stage, the granulometry of the samples was determined and assays of specific mass and water absorption were performed, a trace for the concrete was defined as 65,33% of coarse aggregate (RCD) and 34,67% of slender aggregate (sand). In the second stage rebating assays of frustcone were performed – Slump test, to recognize the consistency of the concrete by adding RCD and the exudation was tested to show the amount of exuding water that this concrete presented. Lastly, in the third stage, the test of resistance to simple compression of the cylindrical samples of concrete was performed, during the 7, 14 and 28 days to notice the mechanical behavior of this new concrete. The studied samples presented large differences on resistance, the concrete with RCD showed high resistance and could be used for another ai mor function, or even be used as subfloor with large capacity of charge and a high performance. About the costs, the RCD concrete presented a lower value (in R\$/m³) compared to standard concrete due to the substitution of crushed stones for red ceramic waste.

Key Words: Construction and demolition waste (RCD – acronim in Portuguese). Subfloor concrete. Cost/Benefit.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Total de RCD coletados em 2009 e 2010	17
Figura 2 - Fluxograma da destinação final dos RCD	19
Figura 3 - Controle de recebimento dos RCD	20
Figura 4 - Geração nacional de RCD e o consumo brasileiro de alguns setores de agregados	21
Figura 5 - Fluxograma da sequência do trabalho	30
Figura 6 - Moinho utilizado na moagem dos resíduos	33
Figura 7 - a)Resíduos oriundos de cortes de paredes.b)Resíduos após moagem....	35
Figura 8 - Base metálica com anel de retenção e almofadas de neoprene	36
Figura 9 - Pesagem da amostra com os RCD	38
Figura 10 - Secagem superficial com papel toalha.....	40
Figura 11 - a)Amostra no recipiente vazado. b)Amostra submersa em água	41
Figura 12 - Amostra na estufa com temperatura de 105°C	41
Figura 13 - Pesagem da amostra com o agregado seco em estufa	41
Figura 14 - Média das massas específicas e absorção de água dos agregados	43
Figura 15 - Curva de Abrams	45
Figura 16 - Valores de A%: relação de água/materiais secos	46
Figura 17 - Relações de agregado graúdo e miúdo	47
Figura 18 - Cálculo realizado para o traço do Concreto B.....	49
Figura 19 - Processo do ensaio de Abatimento do Tronco de Cone	51
Figura 20 - Abatimento Tronco de Cone – <i>Slum Test</i>	51
Figura 21 - Lajotas confeccionadas com Concreto B e Concreto C	52
Figura 22 - Corpos-de-prova moldados.....	53
Figura 23 - Rompimento de um CP na prensa hidráulica.....	54
Figura 24 - Resistência à compressão simples dos concretos	55
Figura 25 - Materiais para o ensaio de Exsudação	56
Figura 26 - Média dos custos dos materiais componentes do concreto	58
Figura 27 - Custos dos concretos por m ³	59
Figura 28 - Custos dos concretos por MPa	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Quantidade de RCD coletados por região brasileira em 2009 e 2010	17
Tabela 2 - Tipos de contrapisos	23
Tabela 3 - Resultados do ensaio de granulometria dos RCD.....	37
Tabela 4 - Pesos das amostras dos agregados secos.....	38
Tabela 5 - Massas específicas dos agregados secos	39
Tabela 6 - Pesos das amostras dos agregados na condição saturada	39
Tabela 7 - Massas específicas dos agregados na condição saturada	40
Tabela 8 - Peso em água das amostra dos agregados	42
Tabela 9 - Massas específicas aparente dos agregados	42
Tabela 10 - Absorção d'água dos agregados.....	42
Tabela 11 - Características físicas dos materiais componentes do Concreto A.....	44
Tabela 12 - Traço inicial sem correção da umidade	47
Tabela 13 - Traços utilizados no trabalho.....	50
Tabela 14 - Resultados do ensaio de Abatimento Tronco de Cone	52
Tabela 15 - Resultados do Ensaio de resistência à compressão simples	54
Tabela 16 - Resultados do ensaio de exsudação.....	57
Tabela 17 - Quantidade de material por 1m ³ de concreto	57
Tabela 18 - Custo unitário dos materiais	58
Tabela 19 - Custos do concreto por m ³	58
Tabela 20 - Custos do concreto por MPa	58

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS

Lista de abreviaturas

A/C – Fator Água Cimento

CP's – Corpos-de-prova

CPII-Z-32 – Cimento Portland composto com pozolana

Fck – Resistência característica do concreto à compressão

MF – Módulo de Finura

Lista de siglas

ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

IBRACON – Instituto Brasileiro do Concreto

NBR – Norma Brasileira Regulamentadora

NM – Norma Mercosul

RCD – Resíduos da Construção Civil

SANEPAR – Companhia de Saneamento do Paraná

SINDUSCON - SP – Sindicato da Indústria da Construção Civil de São Paulo

SINDUSCON - PR – Sindicato da Indústria da Construção Civil do Paraná

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 OBJETIVOS	14
1.1.1 Objetivo Geral	14
1.1.2 Objetivos Específicos	14
1.2 JUSTIFICATIVA	14
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1 BASES HISTÓRICAS.....	16
2.2 CONSIDERAÇÕES SOBRE OS RCD.....	18
2.2.1 Vantagens e desvantagens da gestão de reciclagem nos canteiros de obras	22
2.3 CONSIDERAÇÕES SOBRE OS CONTRAPISOS	22
2.3.1 Produção dos contrapisos.....	22
2.3.2 Tipos de contrapisos	23
2.3.3 Materiais para a produção do contrapiso	23
2.4 PROPRIEDADES FÍSICAS DO CONCRETO FRESCO	25
2.4.1 Trabalhabilidade.....	25
2.4.1.1 Ensaio de Abatimento do Tronco de Cone – <i>Slump Test</i>	25
2.4.1.2 Exsudação.....	26
2.4.1.3 Massa Específica	26
2.5 CARACTERÍSTICAS E PROPRIEDADES FINAIS DO CONCRETO.....	27
2.5.1 Resistência à Compressão.....	27
2.6 CONSEQUÊNCIAS DA ADIÇÃO DE AGREGADOS RECICLADOS DE BLOCOS CERÂMICOS EM CONCRETOS.....	27
3 MÉTODO DE TRABALHO	29
3.1 EQUIPAMENTOS	32
3.2 SELEÇÃO DOS MATERIAIS	33
3.2.1 Cimento	34
3.2.2 Areia.....	34
3.2.3 Brita.....	34
3.2.4 Resíduos de construção e demolição (RCD)	34
3.2.5 Água.....	35
3.2.6 Outros materiais	35
3.2.6.1 Óleo.....	35
3.2.6.2 Capeamento elastomérico.....	35
4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	37
4.1 ENSAIO DE GRANULOMETRIA DOS AGREGADOS GRAÚDOS	37
4.2 ENSAIO DE MASSA ESPECÍFICA E ABSORÇÃO D'ÁGUA	38
4.2.1 Massa específica do agregado seco	39
4.2.1.1 Massa específica do agregado na condição saturada	39
4.2.1.2 Massa específica aparente.....	40
4.2.2 Absorção d'água	42
4.3 DETERMINAÇÃO DO TRAÇO PARA O CONCRETO CONVENCIONAL	43

4.3.1 Determinação da Resistência.....	44
4.3.2 Determinação do fator a/c	44
4.3.3 Determinação da quantidade dos agregados.....	46
4.3.4 Determinação do traço	47
4.3.5 Correção da quantidade de água	48
4.3.6 Determinação do consumo de cimento	48
4.4 DETERMINAÇÃO DO TRAÇO PARA O CONCRETO COM ADIÇÃO DOS RESÍDUOS CERÂMICOS	49
4.5 CONSISTÊNCIA DOS CONCRETOS.....	50
4.6 DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA – MOLDAGEM E CURA DOS CORPOS- DE-PROVA DE CONCRETO	53
4.7 ENSAIO DE EXSUDAÇÃO	56
4.8 CUSTOS DOS CONCRETOS POR M ³	57
5 CONCLUSÃO	61
5.1 SUGESTÕES PARA NOVOS TRABALHOS	62
REFERÊNCIAS.....	63

1 INTRODUÇÃO

O crescimento da construção civil e a demanda da utilização de recursos naturais e minerais estão cada vez mais gerando resíduos de construção e demolição (RCD). Questões como essas estão ligadas diretamente à preservação do meio ambiente e da qualidade de vida, onde a busca por padrões de produção e de consumos sustentáveis é essencial para a preservação dos recursos da humanidade.

Segundo dados do IBGE (2000), os resíduos de construção e demolição geram consideráveis volumes de entulhos ocorrendo um grande acúmulo nos canteiros de obras. Esses dados apontaram que somente 5% das cidades brasileiras, apresentam usinas de reciclagem e através dessa necessidade seria adequado a implantação de métodos de tratamento dos resíduos, precisando assim de recursos para a realização dessas usinas.

No Brasil como em outros países, a utilização dos agregados no mercado industrial é voltada para o emprego em concretos e argamassas. Segundo Angulo (2005), a reciclagem de toda fração mineral dos RCD's como agregados ocuparia cerca de 20% do mercado brasileiro de produtos à base de cimento.

Com isso, o emprego dos agregados reciclados provenientes dos resíduos de construção e demolição em concretos é um aspecto importante em relação a geração de novos produtos de maior valor, e além disso a utilização dos RCD acaba contribuindo diretamente no aumento de índices de reciclagem.

No Brasil as reciclagens dos resíduos da construção civil começaram a dar ênfase comercial nas décadas de 80 e 90, onde aconteceram instalações de moinhos/argamassadeiras nos canteiros de obras, facilitando a moagem dos resíduos na própria obra. Mas esse método de produção apresentou problemas pela falta de planejamento e de conhecimento técnico por parte dos envolvidos na obra, mesmo trazendo benefícios econômicos às construtoras. Além disso, o comportamento dos materiais reciclados e as propriedades finais dos concretos produzidos ainda não tinha um controle de qualidade (MIRANDA, 2008).

Assim, com a necessidade de encontrar soluções para a utilização de materiais gerados nas atividades da construção civil, onde a disposição de entulhos ainda é um obstáculo para o setor da construção, pois requerem infraestrutura para

a reciclar dos mesmos, foi estudado de que forma esses resíduos contribuem no desempenho de novos concretos com adição dos resíduos de construção e demolição (RCD), especificamente aqui neste trabalho, onde na confecção do concreto foi feita a substituição dos agregados graúdos e miúdos por agregados reciclados de blocos cerâmicos com presença de argamassa de assentamento, como também foram adquiridos dados como exemplificação para a produção dessas novas práticas, reciclando assim os resíduos no próprio canteiro de obra.

Realizaram-se os seguintes objetivos, acompanhando assim algumas etapas: (i) coleta do material para o estudo, proveniente de duas obras diferentes localizadas na cidade de Pato Branco - Paraná; (ii) ensaios laboratoriais para análise das propriedades do material, (iii) utilização do material para confecção de concreto com cimento Portland e (iv) resultados, análises, e avaliação dos custos.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo geral desta pesquisa é verificar a viabilidade técnica e econômica da utilização do agregado reciclado de alvenaria na confecção do concreto para contrapiso.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Apontar as propriedades mecânicas do concreto com utilização dos resíduos de alvenaria;
- Analisar os resultados obtidos para a determinação da viabilidade do concreto com adição dos resíduos de alvenaria.

1.2 JUSTIFICATIVA

Atualmente, um dos temas mais discutidos na sociedade brasileira, em especial, na construção civil, é a sustentabilidade, onde a indústria da construção é reconhecida como uma das mais importantes atividades para o desenvolvimento econômico e social, e por outro lado, é um dos setores da sociedade que mais

provoca impactos ambientais, gerando Resíduos de Construção e Demolição (RCD). A partir desses resíduos, alternativas aliadas a novas tecnologias surgiram buscando benefícios para a construção civil, como neste trabalho, a utilização do agregado de cerâmica vermelha na composição de concretos para contrapisos.

No entanto, ainda há alguns obstáculos a serem vencidos na introdução desses novos produtos contendo adição dos RCD no mercado da construção, como a resistência por parte de muitos empreiteiros na inovação e implantação de novas técnicas construtivas nos canteiros de obras. Mas com isso vem a contrapartida em que a preocupação com a sustentabilidade e com o meio ambiente está cada vez mais intensa, sendo uma das maneiras de contribuir para isso a reciclagem, aqui tratada como utilização dos resíduos de construção e demolição (RCD).

A utilização dos agregados reciclados de blocos cerâmicos em concretos recebe uma considerável atenção devido aos benefícios técnicos, econômicos e ambientais que eles podem promover.

Outro fator que pode ser observado como uma vantagem à utilização dos RCD é a grande disponibilidade dos mesmos sem a devida destinação final, pois a construção civil é uma grande geradora de impactos no meio ambiente devido ao lixo que gera, muitas vezes sem ter um destino final apropriado ou de baixo custo, como forma de reutilizar este lixo e ainda transformar isso em uma vantagem financeira ao construtor, e em consequência ao consumidor final, se estudar este novo tipo de concreto.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 BASES HISTÓRICAS

O concreto sempre esteve diretamente ligado à história da humanidade, não só pela sua função construtiva, mas também por permitir que historiadores desvendassem mistérios e mitos sobre a evolução da humanidade.

Este composto é utilizado como material de construção, tendo suas propriedades e características desenvolvidas através do emprego de novas tecnologias, podendo ser obtido a partir da mistura homogênea de um ou mais aglomerantes, agregado miúdo, agregado graúdo, água, e ainda aditivos e adições minerais que modificam suas propriedades.

Data-se que há cerca de 11.000 anos foi utilizada pela primeira vez a argamassa como material de construção, ainda na pré-história. Próximo à Yftah'el, no sul da Galiléia, em Israel, descoberto em 1985, em uma escavação para abrir uma rua, um piso polido de 180 m², composto de pedras e uma argamassa de cal e areia (CARASEK, cap. 26, p. 1, apud EMO, HCIA, 2006).

Já o início do aproveitamento dos resíduos na construção civil é uma algo mais recente, praticado no Império Romano e na Grécia Antiga, mas foi massivamente utilizado na Alemanha no período pós-guerra (LAPA, 2011).

Os resíduos gerados atingem volumes expressivos e não recebem solução adequada, impactando o ambiente urbano. Conforme pesquisas realizadas pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2010), alguns estados brasileiros coletaram cerca de 31 milhões de toneladas de RCD's, sendo 8,7% de resíduos a mais do que o ano de 2009.

Além desse percentual, todas as regiões do país apresentaram quantidades expressivas na coleta dos resíduos, o que exige uma atenção especial em relação ao destino final dado aos mesmos, principalmente porque as quantidades reais são ainda maiores, uma vez que os estados brasileiros coletam somente os RCD's lançados nas vias públicas. A Tabela 1 indica as quantidades de RCD coletados por região brasileira entre os anos de 2009 e 2010.

Tabela 1 – Quantidade de RCD coletados por região brasileira em 2009 e 2010

REGIÃO	2009		2010		
	RCD COLETADO (ton/dia)	ÍNDICE (Kg/hab/dia)	POPULAÇÃO URBANA (hab)	RCD COLETADO (ton/dia)	ÍNDICE (Kg/hab/dia)
Norte	3.405	0,297	11.663.184	3.514	0,301
Nordeste	15.663	0,412	38.816.895	17.995	0,464
Centro-Oeste	10.997	0,918	12.479.872	11.525	0,923
Sudeste	46.990	0,632	74.661.877	51.582	0,691
Sul	14.389	0,630	23.257.880	14.738	0,634
BRASIL	91.444	0,576	160.879.708	99.354	0,618

FONTE: Adaptado de ABRELPE (2010).

Através dos dados da Tabela 1, foi gerado um gráfico (Figura 1) mostrando a diferença de RCD (ton/dia) coletados entre os anos de 2009 e 2010, podendo ser notado o panorama geral da geração de RCD's em nível Brasil.

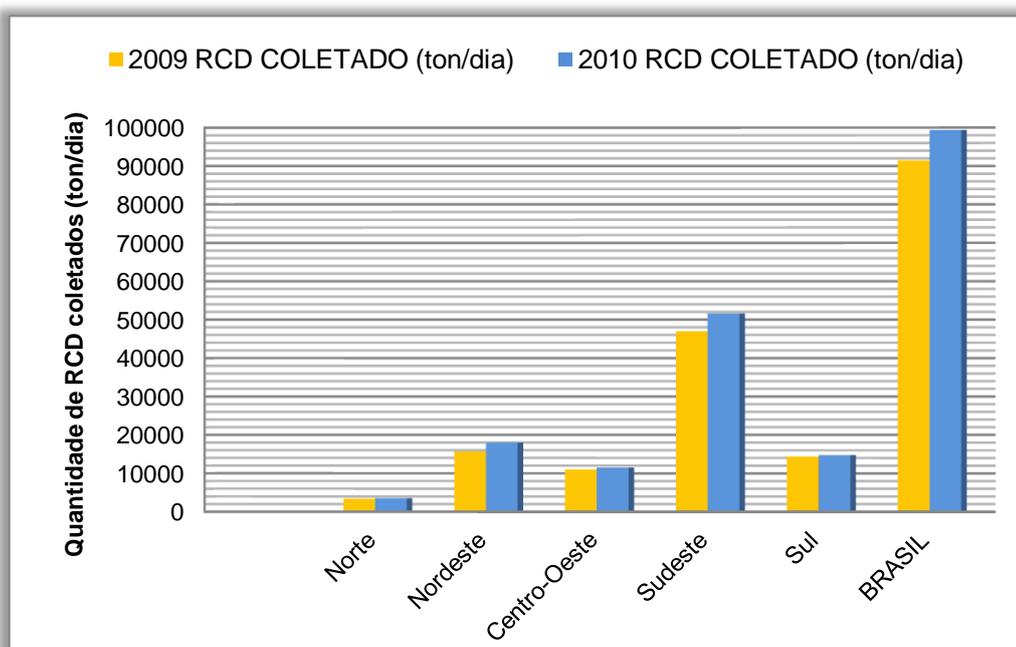


Figura 1 – Total de RCD coletados em 2009 e 2010

FONTE: Adaptado de ABRELPE (2010).

Só na cidade de São Paulo, a geração dos RCD's produzidas por dia, chega em média de 16.000 toneladas, o que corresponde a 499 kg/hab/ano. Há uma estimativa através dessa geração que apenas um terço do montante da produção de RCD chega aos aterros sanitários, onde o restante da produção acaba sendo descartado em terrenos irregulares (SCHNEIDER, 2003).

2.2 CONSIDERAÇÕES SOBRE OS RCD

Os resíduos de construção e demolição consistem na produção de entulhos gerados durante processos de construção, renovação e demolição de várias fases construtivas de um edifício. São compostos por materiais volumosos e pesados, como concreto em geral, argamassas, madeira, metais, vidros, solos, plástico, papel, tintas, óleos e sobras de blocos cerâmicos provenientes da quebra dos mesmos durante processos de alvenaria.

Através da Resolução do Conselho Ambiental do Meio Ambiente (CONAMA, 2002) de nº. 307, onde estabelecem diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, os agregados reciclados de blocos cerâmicos utilizados neste trabalho se englobam na Classe A – resíduos reutilizáveis como agregados, de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto.

Os RCD's tem duas fontes de geração, uma é gerada pela própria construção e a outra pela demolição de construções. No Brasil cerca de 50% dos RCD's são originados na construção informal e canteiros de obras (SINDUSCON-SP, 2005).

Em muitos casos, quando não ocorre um tratamento adequado ou uma destinação final para os RCD's, eles acabam sendo levados para aterros sanitários, ou simplesmente são colocados em bota-foras ilegais, onde acabam acumulando-se por vários anos ou mesmo por décadas até formar terrenos artificiais aparentemente estáveis. O SindusCon-SP (2003) e SindusCon-PR (2003), através da Resolução do CONAMA de nº 307 (2002), criou um programa de gestão ambiental de resíduos em canteiros de obras, implantando o programa em 11 construtoras da cidade de São Paulo, capacitando-as para o correto gerenciamento dos resíduos nos canteiros, incluindo a geração, segregação, reuso, correta destinação que possibilite a reciclagem desses resíduos.

Com relação a destinação final dos RCD's, a gestão proposta pelo SindusCon mostra opções de destinação e fluxos urbanos para resíduos sem potencial de aproveitamento ou reciclagem no próprio canteiro de obras, onde eles devem ser destinados adequadamente conforme a natureza, a Resolução CONAMA nº 307/2002, o potencial de valorização, o volume de resíduos e alguma eventual periculosidade. A Figura 2 representa o fluxo da destinação final dos RCD's, desde o

ponto de entrega desse resíduos até a sua chegada em nas áreas de transbordo e triagem (ATT).

As vantagens das ATT influenciam diretamente na redução do volume de resíduos descartados em aterros comuns sem valorização; incentivam na valorização dos resíduos e consolidação da importância do descarte correto; reduz a geração de impactos ambientais; é importante no papel da logística para a valorização, aproveitamento e destinação dos resíduos e além de tudo isso influencia na geração de novos empregos.

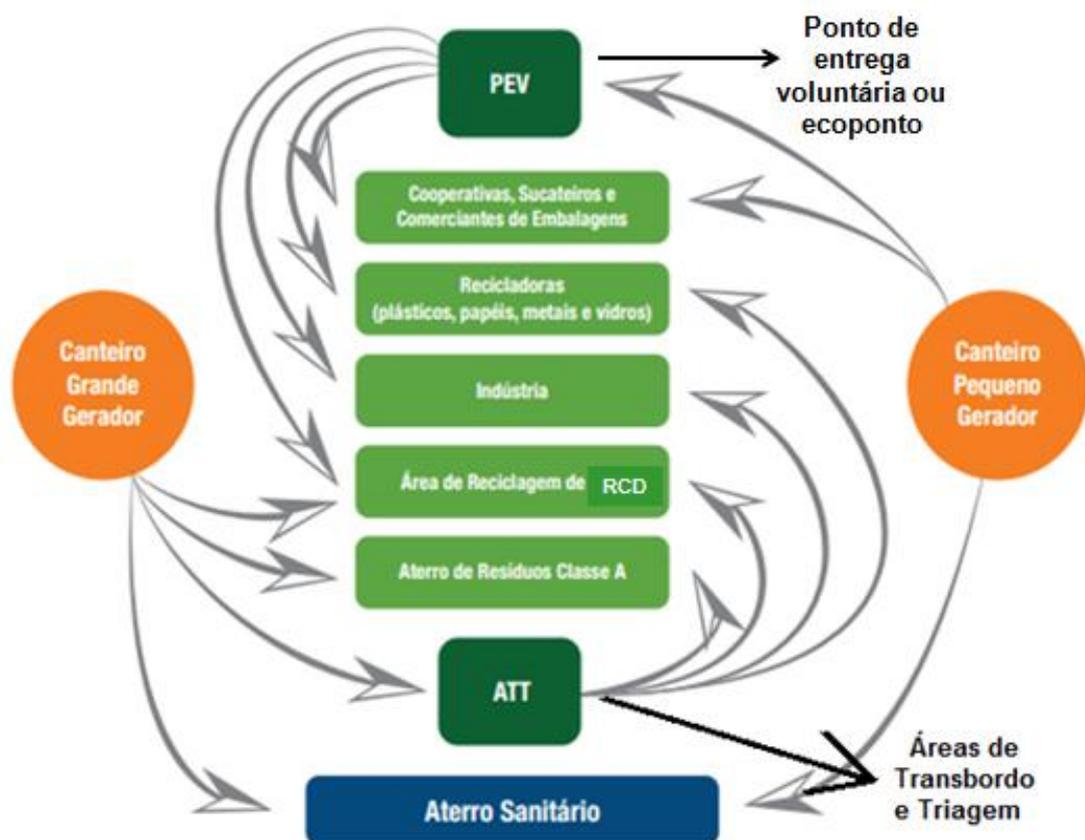


Figura 2 – Fluxograma da destinação final dos RCD
FONTE: Adaptado de SindusCon –SP (2003).

Após o recebimento dos resíduos nas usinas de reciclagem, eles passam por um controle de recebimento, onde consiste em registros contínuos da caracterização, procedência e destinação final de todos os resíduos recebidos por meio do controle de transporte de resíduos (CTR) ou outro documento de resíduos da Classe D da Resolução CONAMA nº 307/2002.

Os resíduos da Classe D são resíduos classificados em perigosos, oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos, vernizes e outros ou

aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde. A Figura 3 mostra a sequência do controle de recebimento dos RCD.



Figura 3 – Controle de recebimento dos RCD
FONTE: SindusCon–SP (2003).

O gerenciamento dos resíduos, através do controle de recebimento, é um sistema de gestão que visa reduzir, reutilizar, ou reciclar resíduos, incluindo planejamento, responsabilidades, práticas e recursos para desenvolver e implementar as ações necessárias ao cumprimento das etapas previstas em programas de gerenciamento (SINDUSCON-PR, 2003).

Através desses requisitos, a reciclagem dos RCD segundo o SindusCon–PR (2003), é o processo de reaproveitamento de um resíduo, após ter sido submetido à transformação. Já para Budke et al (2011, p.04), ele classifica a reciclagem em:

“A reciclagem é fundamental porque transforma montanhas de resíduos de construção em pilhas de matéria-prima, que abastecerão novos empreendimentos, tendo como consequência direta a diminuição da pressão sobre o consumo destes bens naturais. A reutilização é um processo de reaplicação de um resíduo, sem transformação do mesmo. Ela consiste no aproveitamento do resíduo nas condições em que é descartado, submetendo-o a pouco ou nenhum tratamento; exigindo apenas operações de limpeza, embelezamento, identificação, entre outras, modificando ou não a sua função original. Já a reciclagem é o processo de reaproveitamento de um resíduo, após ter sido submetido à transformação. O resíduo retorna ao sistema produtivo como matéria prima. Pode ser considerada como uma forma de tratamento de parte do resíduo sólido gerado”.

A reciclagem dos RCD será bem sucedida quando for estabelecida uma metodologia, onde exigirá conhecimentos relacionados a diferentes especializações

para o desenvolvimento de um produto destinado a ser um material de construção alternativo (Conama nº 307, 2012).

Com isso, algumas alternativas surgem para a implantação de um novo produto, como é o caso da produção de agregados a partir da utilização da cerâmica, sendo uma forma de reaproveitamento desse material.

Do ponto de vista do mercado brasileiro, é importante observar que se fosse utilizar toda a produção de RCD de origem mineral estimada de $61,6 \times 10^6$ t/ano como agregado de construção civil, a participação seria de 16,2%, pois o consumo de agregados está na ordem de 380×10^6 t/ano (ANGULO, 2002). Através dessa estimativa o agregado de RCD reciclado é apenas uma fonte de matéria-prima alternativa, onde a reciclagem deveria ser implantada pelo setor da construção civil.

A Figura 4 mostra o consumo brasileiro de alguns setores de agregados e de matérias-primas para a indústria de cimento e cerâmica, como também mostra a geração nacional estimada de RCD's.

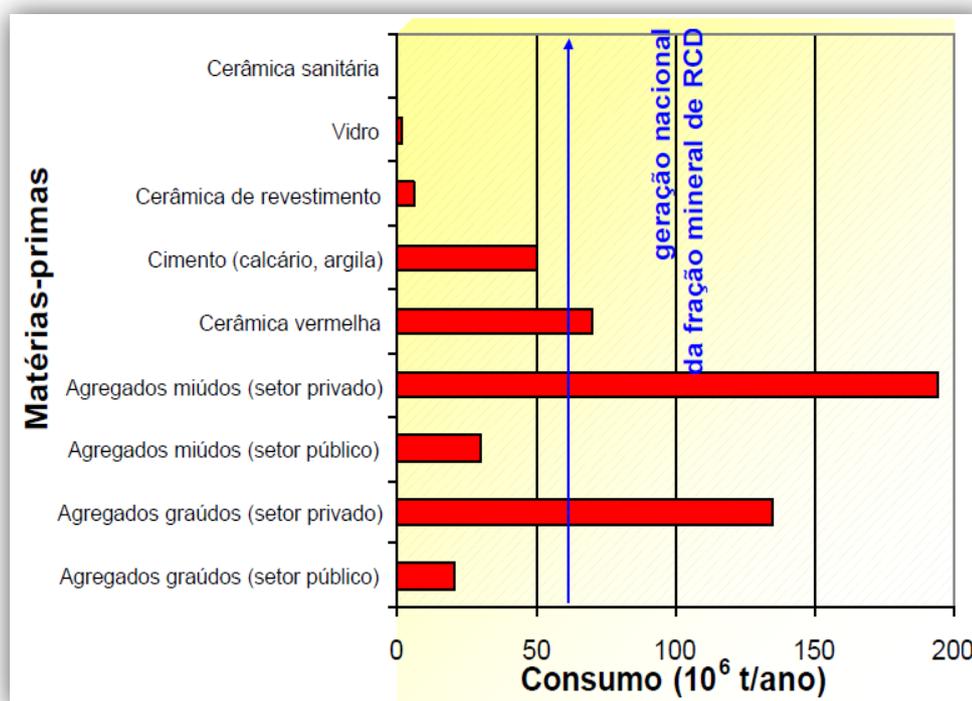


Figura 4 – Geração nacional de RCD e o consumo brasileiro de alguns setores de agregados.
 FONTE: Angulo (2005).

2.2.1 Vantagens e desvantagens da gestão de reciclagem nos canteiros de obras

Como citado anteriormente, o programa de gestão ambiental de resíduos em canteiros de obras apresenta muitas vantagens, das quais ocorre a melhoria no ambiente de trabalho, onde através da limpeza e organização do canteiro de obra as obras se tornam mais limpas, a empresa que emprega essa gestão apresenta uma imagem positiva no mercado, os impactos ambientais e sociais são reduzidos e por fim os custos finais serão diminuídos pela redução dos desperdícios de materiais.

Mas ainda existem as desvantagens da implantação dessa gestão, onde ainda não há áreas suficientes para o recebimento dos RCD, como também a implantação da gestão ambiental de resíduos exige um alto investimento inicial para por em prática o funcionamento de usinas de reciclagem em locais que a construção civil esta crescendo em grandes escalas.

2.3 CONSIDERAÇÕES SOBRE OS CONTRAPISOS

O contrapiso consiste em uma camada de argamassa ou enchimento aplicado sobre um terreno, laje, ou sobre uma camada intermediária de isolamento ou de impermeabilização. (BARROS e SABBATINI, 1991).

2.3.1 Produção dos contrapisos

A qualidade da execução do contrapiso como a do próprio subsistema piso, deve se basear na elaboração do projeto e na prática de procedimentos de produção e aceitação do contrapiso.

Com relação ao projeto de contrapiso, ele deve seguir alguns parâmetros, sendo feito a partir de uma espessura pré-definida, das argamassas que serão utilizadas e das técnicas de execução a serem usadas na sua produção. Já para os procedimentos de produção e controle de aceitação do contrapiso, eles devem ser desenvolvidos a partir das especificações definidas em projeto, garantindo que as mesmas sejam obtidas no canteiro de obra.

O contrapiso tem como suas funções possibilitar desníveis entre ambientes; proporcionar declividades para o escoamento de água; regularizar a base para o revestimento do piso; ser suporte e fixação de revestimentos de piso e seus

componentes de instalações. E para que sejam bem desempenhadas essas funções é necessário observar as características e propriedades do concreto, entre as quais podem se destacar as seguintes: condições superficiais; aderência; resistência mecânica; capacidade de absorver deformações; compacidade; durabilidade (BARROS, 1991).

2.3.2 Tipos de contrapisos

Destacam-se três tipos de contrapisos, onde cada qual apresenta suas respectivas funções e espessuras. Os contrapisos se dividem em: contrapiso aderido; contrapiso não aderido e contrapiso flutuante. A Tabela 2 apresenta cada tipo com suas respectivas especificações.

TIPOS DE CONTRAPIOS	ESPECIFICAÇÕES
Contrapiso Aderido	Apresenta total aderência com a base, podendo ter suas espessuras entre 20mm a 40mm, pois trabalha em conjunto com a laje.
Contrapiso Não Aderido	A característica com a base não é essencial no desempenho desse tipo de contrapiso, pois não é necessário o preparo e limpeza da base. Quando não há aderência, a espessura da camada desse contrapiso deve ser superior que 35mm.
Contrapiso Flutuante	É caracterizado pela presença de camadas intermediárias de isolamento, entre a camada do contrapiso e a base. Impede totalmente a sua aderência, onde nesse caso a espessura da camada desse contrapiso varia entre 40mm a 70mm.

FONTE: Adaptado de Barros e Sabbatini (1991).

2.3.3 Materiais para a produção do contrapiso

Algumas características dos materiais constituintes do concreto de contrapiso tem uma influência significativa na sua produção. Como é o caso da disponibilidade desses materiais, onde as vezes não se consegue obter determinado material facilmente, aumentando assim o custo do contrapiso em função da necessidade do transporte. Já os materiais localmente disponíveis, nem sempre apresentam as mesmas características ou propriedades dos materiais que necessitam de transporte para o seu uso.

Contudo, podem ser bons substitutos, bastando apenas que suas características estejam pré-definidas, e através disso, utilizando uma metodologia de dosagem apropriada, consegue-se obter uma composição compatível com as necessidades do contrapiso. A partir disso, segue algumas características dos materiais usualmente utilizados no concreto para contrapiso.

O cimento portland é um pó fino com propriedades aglomerantes, aglutinantes ou ligantes, que endurece sob ação da água. Depois de endurecido, mesmo que seja novamente submetido à ação da água, o cimento portland não se decompõe mais (ABCP, 2002).

O agregado miúdo (areia) é utilizado para diminuir o consumo de cimento e água durante a produção do concreto, pois o concreto pode ser definido como uma mistura feita com pedra e pasta de cimento, sendo a pasta o elemento aglutinante das pedras, e devido à existência dos vazios entre as pedras, a pasta de cimento não consegue preencher esses vazios. Segundo Campos (2012), a areia em grande excesso pode ser prejudicial ao concreto, podendo provocar retração ou até mesmo comprometer a trabalhabilidade do mesmo.

A quantidade de água a ser utilizada é definida principalmente pela resistência requerida, e pelas propriedades no estado fresco do concreto para facilitar a melhor execução do contrapiso e proporcionar a trabalhabilidade para o concreto. Exceto quando há aplicação de aditivos para melhorar a trabalhabilidade e/ou as resistências mecânicas do concreto, a relação a/c é o principal ponto a ser analisado, pois determina a presença de poros na pasta de cimento endurecida, ou seja, tem relação direta com a resistência à compressão do material (ASSUNÇÃO, 2009).

Devido ao fato do material cerâmico ser mais poroso, e por consequência absorver maior quantidade de água que os agregados graúdos e miúdos convencionais, brita e areia respectivamente, é necessário uma maior adição de água para uma melhor trabalhabilidade, e com essa maior adição de água no concreto com a utilização do agregado reciclado de bloco cerâmico, pode ocorrer patologias de fissuração nesse concreto. Algumas patologias ocorrem em contrapisos de regularização, onde as mais frequentes são as fissuras de retração, que ocorrem devido ao excesso de água, de cimento e pela falta de compactação do contrapiso.

2.4 PROPRIEDADES FÍSICAS DO CONCRETO FRESCO

O concreto é considerado como fresco até o momento em que tem início a pega do aglomerante e após o fim desse processo o material é considerado concreto endurecido. Ele apresenta algumas propriedades no estado fresco, dentre elas estão:

- Consistência;
- Textura;
- Trabalhabilidade;
- Integridade da massa: Segregação;
- Poder de retenção de água: Exsudação;
- Massa específica.

2.4.1 Trabalhabilidade

Uma das principais propriedades frescas do concreto para a execução é a trabalhabilidade, que pode ser definida como uma propriedade do estado fresco que determina a facilidade de como ser misturada, aplicada e acabada em uma condição homogênea (CARASEK, cap. 26, p. 10).

Alguns fatores internos interferem a trabalhabilidade do concreto, como: a consistência, a proporção entre cimento e agregado, a proporção entre agregado graúdo e miúdo, a forma dos grãos dos agregados e o tipo de aditivo (PETRUCCI, 2005). Entretanto como não existe um ensaio específico para medir a trabalhabilidade fazem-se ensaios indiretos, sendo os seguintes ensaios utilizados:

2.4.1.1 Ensaio de Abatimento do Tronco de Cone – *Slump Test*

O *Slump Test* ou Ensaio de Abatimento do Tronco de Cone mede a consistência e a fluidez do material, permitindo um controle e uma uniformidade do concreto, fornecendo uma metodologia simples e convincente para se controlar a uniformidade da produção do concreto em diferentes betonadas. Sugere também se a dosagem foi realizada na forma correta, onde o desempenho do abatimento indicará a uniformidade da trabalhabilidade (GEYER, 2006).

Segundo a NBR NM 67:1998: Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone especifica um método para determinar a consistência do concreto fresco através da medida de seu assentamento, em laboratório e obra.

2.4.1.2 Exsudação

Exsudação é a tendência da água de amassamento de vir à superfície do concreto recém lançado. Em consequência, a parte superior do concreto torna-se excessivamente úmida, produzindo um concreto poroso e menos resistente. Ela pode ser controlada pelo proporcionamento adequado de um concreto trabalhável, evitando-se o emprego de água além do necessário (ALMEIDA, 2002).

A NBR NM 102:96: Concreto – Determinação da exsudação, especifica dois métodos de ensaio para a determinação da exsudação do concreto no seu estado fresco. O primeiro método é aplicado a uma amostra compactada manualmente e no segundo método a amostra é adensada por vibração e depois sujeita a vibração intermitente através de uma mesa vibratória. A principal função do ensaio é determinar a parte d'água que se separa da mistura do concreto, onde tende a subir para a superfície do concreto após a vibração.

2.4.1.3 Massa específica

A determinação da massa específica é a relação entre a massa do agregado seco e seu volume excluindo os poros permeáveis; de determinação da massa específica aparente a qual é a relação da massa do agregado seco e seu volume incluindo os poros permeáveis; de determinação da massa específica relativa, esta tem a relação entre a massa da unidade de volume de um material incluindo os poros permeáveis e impermeáveis e a massa de um volume igual de água destilada livre de ar sob condições normais de temperatura; de absorção de água, ensaio este responsável por representar em porcentagem a quantidade de água que pode ficar retida e já culminaram as possibilidades do material de absorver a água. Estas definições foram feitas a partir da NBR NM 52:2009 - Determinação de massa específica, massa específica aparente.

2.5 CARACTERÍSTICAS E PROPRIEDADES FINAIS DO CONCRETO

2.5.1 Resistência à Compressão

A resistência à compressão é a principal propriedade do concreto no seu estado endurecido, onde o concreto é considerado excelente quando submetido a esforços de compressão, deixando a desejar sob esforços de tração (PETRUCCI, 2005).

A resistência de um concreto é a propriedade mais valorizada em relação ao controle de qualidade, mas ainda há outros fatores de grande importância que irão influenciar diretamente na resistência final do concreto, como a relação água/cimento, o adensamento e a cura. (METHA e MONTEIRO, 2008).

Quando se trata de uma relação água/cimento considerada baixa, a cura contínua é essencial nas primeiras idades do concreto, pois a hidratação parcial pode tornar os capilares descontínuos. Na retomada da cura, a água poderia não conseguir penetrar no interior do concreto e não haveria prosseguimento da hidratação. Já na relação água/cimento alta mantêm um volume grande de capilares de modo que a cura pode ser retomada em qualquer tempo sem prejuízo da eficiência, mas quanto mais cedo melhor (NEVILLE, 1997).

A NBR 5739:1994 – Concreto: Ensaio de Compressão de corpos-de-prova cilíndricos descreve o método de ensaio a ser utilizado para determinar a resistência final à compressão do concreto estudado.

2.6 CONSEQUÊNCIAS DA ADIÇÃO DE AGREGADOS RECICLADOS DE BLOCOS CERÂMICOS EM CONCRETOS

A incorporação de adições minerais no concreto, como exemplo, os agregados reciclados de alvenaria, pode conduzir a inúmeras vantagens técnicas, conforme citação abaixo, por essas razões todo concreto produzido deveria ser feito com tais adições, a não ser que existam razões especiais que comprovem a não utilização para essa incorporação (MHETA e AİTCIN, 1990).

Para Mehta e Aİtcin (1990):

“A presença de partículas finas das adições minerais, principalmente as pozolânicas, resulta em melhorias nas propriedades do concreto fresco, como a coesão e estabilidade; as

partículas das adições minerais são geralmente capazes de reduzir a exudação e a segregação, que vêm a ser as primeiras causas da heterogeneidade nos concretos, especialmente na zona de interface pasta/agregado, elas permitem um maior grau de controle sobre o abatimento, pois geralmente as adições aumentam o tempo de pega e reduzem a taxa de perda de abatimento no concreto fresco”.

Pode-se também ressaltar que segundo VIEIRA (2004) a utilização de agregado reciclado no concreto, em proporções devidamente controladas não afeta a resistência e muito menos a durabilidade do concreto com relação à corrosão das armaduras. Inclusive se consegue observar melhoras em algumas propriedades. É possível afirmar também que há fortes indícios da economia gerada a partir da utilização do agregado reciclado.

Outra consequência da adição dos agregados reciclados em concretos é em relação a distribuição e os tipos de poros que irão influenciar diretamente na resistência mecânica desse novo concreto. Os agregados graúdos de RCD reciclados são mais porosos que os agregados naturais, onde também influenciam nas propriedades mecânicas em determinadas faixas de porosidade. A porosidade dos agregados de RCD's também influenciará na massa específica aparente, onde essa massa pode ser determinada pela absorção de água. Angulo (2005) relata que a pasta de cimento endurecida e a presença da cerâmica vermelha nos RCD são os grupos de resíduos mais porosos presentes nesses agregados.

3 MÉTODO DE TRABALHO

A metodologia do trabalho foi considerada como uma pesquisa exploratória, quantitativa e qualitativa, onde foram realizadas combinações entre a pesquisa bibliográfica e um estudo de caso, a partir de fontes já existentes sobre o assunto pesquisado.

A definição de estudos exploratórios segundo Sampieri et al (1994) acontecem quando existe o objetivo de oferecer um quadro de referência para futuras aplicações. A partir disso, o objetivo geral deste trabalho foi verificar a viabilidade técnica e econômica da utilização dos resíduos de blocos cerâmicos na confecção do concreto para contrapisos, tornando o produto viável para a sua utilização e beneficiando para a inovação na construção civil, deste modo, pode-se afirmar que o estudo trata-se de uma pesquisa exploratória.

A abordagem quantitativa é caracterizada pelo emprego da quantificação nas modalidades de coleta de informações e no tratamento de técnicas estatísticas. Já a abordagem qualitativa difere-se da quantitativa, à medida que não emprega um instrumento estatístico como base na análise de um problema, não pretendendo medir ou numerar categoria. (DALFOVO et al, 2008, apud RICHARDSON, 1989).

Assim, neste trabalho, os pesquisadores utilizaram métodos e técnicas de análise, que foram caracterizados como caráter quantitativo, já que a pesquisa serviu para analisar os resultados dos experimentos, fazendo uma comparação desses resultados com os descritos na literatura.

Na fase experimental do trabalho, objetivou-se levantar dados e apresentar as vantagens e desvantagens do uso de Resíduos de Construção e Demolição (RCD). Através dessas informações o fluxograma da Figura 5 representa as etapas metodológicas que foram realizadas.



Figura 5 - Fluxograma da sequência do trabalho
 FONTE: Autores (2013).

Com base no fluxograma, a viabilidade da substituição de alguns materiais no concreto convencional pelo RCD foi avaliada por ensaios, tanto no estado fresco quanto no estado endurecido, e a partir desses resultados foram feitos comparativos entre os dois tipos de concretos, levando em consideração as propriedades mecânicas que ambos forneceram, contribuindo assim, com a economia e melhoria da qualidade dos mesmos.

Primeiramente foi preciso fazer a coleta dos agregados reciclados de alvenaria, os quais foram coletados de duas obras da cidade de Pato Branco – PR. Esses resíduos são sobras de blocos cerâmicos com presença de argamassa, oriundos de cortes de paredes para tubulações elétricas e hidráulicas, como também, obtidos da quebra dos mesmos, onde possivelmente são descartados, sem um destino final.

Conseqüentemente, foi realizada a moagem desses resíduos através de uma máquina, a qual faz a trituração desse material, ficando praticamente na mesma dimensão das britas de tamanho 0, isso porque foi regulado o moinho e utilizada uma peneira #12,5mm, chegando assim na dimensão desejada. O equipamento utilizado para a moagem dos resíduos foi um moinho onde é um equipamento focado para o uso de tratamento e reaproveitamento de resíduos sólidos.

Para se determinar as características e propriedades da amostra estudada fez-se necessário os ensaios: de determinação da massa específica dos agregados em condição seca, massa específica dos agregados saturados, massa específica aparente e absorção de água, onde foram seguidos os parâmetros da NBR NM 53:2003 - Agregado graúdo – Determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água para a realização do ensaio.

Foi definido o traço para a execução do concreto e a seqüente realização dos ensaios, onde apenas a relação água/cimento sofreria mudança do concreto base para o concreto com adição de RCD para que se chegasse aproximadamente em uma mesma trabalhabilidade para os dois concretos, tanto o convencional como o concreto em estudo.

Já determinado o traço dos concretos em estudo os mesmos foram dosados e confeccionados adequadamente. Para a moldagem dos corpos-de-prova foi seguido os parâmetros da NBR 5738 (2011). Já para o rompimento destes corpos-de-prova, foram verificadas as resistências dos concretos aos 7, 14 e 28 dias, analisando se os mesmos encontravam-se dentro dos padrões de ensaios realizados com concretos convencionais, onde é utilizada a brita como agregado graúdo e areia como agregado miúdo, conferindo assim o objetivo geral deste projeto.

Cabe ressaltar que os ensaios foram todos realizados no Laboratório de Materiais da UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco, e que todos os equipamentos foram disponibilizados também pela própria universidade, mas os RCD necessários para o estudo foram fornecidos por construtoras da cidade.

3.1 EQUIPAMENTOS

Para a realização de todos os ensaios necessitou-se de equipamentos, os quais foram solicitados pela própria universidade, onde foram obtidos de normas, as quais são citadas no decorrer do trabalho.

- Balanças com capacidade mínima para 50kg e com resolução de 100g e com capacidade mínima de 200g com resolução de 0,01g.
- Recipiente para conter a amostra devendo ser um cesto de arame com abertura de malha igual ou inferior a 3,35mm e capacidade mínima de 4dm³;
- Tanque de água;
- Peneira com abertura nominal de 4,75mm;
- Recipiente metálico – Para secagem das amostras;
- Molde para corpo-de-prova de ensaio, feito de metal, com as seguintes dimensões internas:
 1. Diâmetro da base inferior: 200mm +-2mm;
 2. Diâmetro da base superior:100mm +-2mm;
 3. Altura: 300mm +-2mm;
 4. Haste de compactação com diâmetro de 16mm;
 5. Placa de base, com as dimensões laterais iguais ou superior a 500mm e espessura igual ou superior a 3mm;
- Régua;
- Recipiente cilíndrico com diâmetro Ø 12” e altura Ø 12”;
- Haste para compactação e vibração - deve ser metálica, com (340 ± 15) g de massa e tendo superfície de compactação circular de (25 ± 3) mm de diâmetro;
- Prensa hidráulica com sistema de medição de força para ensaio à compressão em corpos-de-prova cilíndricos;
- Pratos de compressão;
- Moldes dos corpos-de-prova cilíndricos que sigam a tabela 1 e 2 da NBR 5738;
- Haste de socamento;
- Estufa – com capacidade de manter a temperatura no intervalo de (105 ± 5) °C;
- Pipeta – para retirar a água do ensaio de exudação;

- Desempenadeira de madeira – para nivelar a superfície do concreto;
 - Calço de madeira – com 5,0 cm de comprimento;
 - Concha ou pá - de tamanho adequado para encher o recipiente com os agregados em ensaio;
 - Escova ou pincel – de cerdas macias;
 - Betoneira – capacidade de 120 l;
 - Soquete;
 - Moinho de mandíbula para moagem de resíduos de construção e demolição.
- A Figura 6 mostra o moinho utilizado para o estudo.



**Figura 6 – Moinho utilizado na moagem dos resíduos
FONTE: Autores (2013).**

3.2 SELEÇÃO DOS MATERIAIS

Para o estudo em questão buscaram-se materiais onde os quais fornecessem uma relação de custo X quantidade, pois em todas as empresas pesquisadas, os valores dos materiais variavam de acordo com a quantidade de compra, logo quanto maior a compra de materiais, mais baixo se tornaria o custo. Essa relação foi levada em consideração devido a viabilidade final do trabalho, onde fez-se uma comparação dos custos finais de ambos os concretos. Deve-se salientar que não foram contabilizados os custos de mão-de-obra, de energia consumida pelas máquinas e nem o consumo de água necessário para o concreto. Assim, foram selecionados todos os materiais necessários para a produção do concreto

convencional e do novo concreto com a adição dos RCD, utilizando como composto aglutinante o cimento e a água como reagente, empregando também areia média e brita 0 e para a produção do concreto em estudo substituiu-se uma porcentagem da areia e da brita a partir do teste de granulometria da amostra.

3.2.1 Cimento

Para a realização do procedimento experimental utilizou-se o cimento CP II-Z-32, adquirido no mercado da região de Pato Branco - PR, e disponibilizado pela UTFPR. O cimento portland composto é um aglomerante hidráulico obtido pela moagem de clínquer portland ao qual se adiciona durante a operação, a quantidade necessária de uma ou mais formas de sulfato de cálcio. Durante a moagem é permitido adicionar a esta mistura materiais pozolânicos, escórias granuladas de alto-forno ou materiais carbonáticos, nos teores especificados de 4,2 (NBR 11578 – Cimento Portland, 1991).

3.2.2 Areia

A areia natural utilizada foi disponibilizada pela UTFPR, onde foi adquirida na região de Pato Branco. Devido ao fato da moagem dos RCD ter gerado finos, utilizou-se deste benefício para diminuir a quantidade de areia natural no traço do concreto.

3.2.3 Brita

Utilizou-se a brita 0 para a confecção do concreto convencional com dimensão máxima característica de #19mm, de origem basáltica.

3.2.4 Resíduos de construção e demolição (RCD)

Os RCD utilizados neste trabalho foram obtidos de dois canteiros de obras da cidade de Pato Branco – PR. Tais resíduos, os quais blocos cerâmicos, foram oriundos de cortes em paredes para a colocação das tubulações como também obtidos do levantamento de alvenaria, ocorrendo muita perda na quebra dos

mesmos. Esses blocos cerâmicos foram moídos através de um moinho, onde a britagem foi controlada pela regulagem da mandíbula do moinho, e, além disso, foi feito o uso da peneira #12,5mm para estabelecer o diâmetro máximo do agregado graúdo.

Pode-se notar na Figura 7 a grande concentração de argamassa de revestimento, o que aumentou a quantidade de finos no ensaio de granulometria da amostra estudada após a moagem.



Figura 7 – a) Resíduos oriundos de cortes de paredes. b) Resíduos após moagem
FONTE: Autores (2013).

3.2.5 Água

A água utilizada para elaboração do concreto de contrapiso foi água potável, estando a uma temperatura de $(23 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ segundo a NBR 7215/1996: Resistência à Compressão do Cimento Portland, sendo essa água disponibilizada pela SANEPAR (Companhia de Saneamento do Paraná) na região de Pato Branco – PR.

3.2.6 Outros materiais

3.2.6.1 Óleo

Segundo a NBR 7215/1996: Resistência à Compressão do Cimento Portland, o óleo utilizado como desmoldante deve ser mineral e de baixa viscosidade.

3.2.6.2 Capeamento elastomérico

Para capeamento dos corpos-de-prova foi utilizado o capeamento confinado, o qual consiste em uma base metálica com anel de retenção e almofadas de

neoprene, onde a dureza depende da intensidade da resistência avaliada, e a almofada tem o número máximo de utilizações definido. A Figura 8 mostra um exemplo da base metálica utilizada para o capeamento elastomérico.



**Figura 8 – Base metálica utilizada com anel de retenção e almofadas de neoprene
FONTE: Bezzera (2007).**

4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1 ENSAIO DE GRANULOMETRIA DOS AGREGADOS GRAÚDOS

Através da NBR NM 248:2003 – Agregados – Determinação da composição granulométrica, realizou-se o ensaio de classificação dos blocos cerâmicos já moídos para posterior confecção do concreto, onde com uma amostra de 2,00 Kg desse material e com a série das peneiras apresentadas na Tabela 3 foi possível fazer a classificação deste resíduo, mas para isso foi pesado a quantidade do material retido em cada uma das peneiras, e com o peso desses materiais retidos, fez-se a seguinte relação, através da Equação (1).

$$x = \frac{Peso_{retido}}{Peso_{amostra}} * 100\% \quad (1)$$

Onde:

Peso_{retido}: Peso retido em cada peneira;

Peso_{amostra}: Peso de 2,00Kg da amostra.

Tabela 3 – Resultados do ensaio de granulometria dos RCD

Peneiras (mm)	Peso retido (g)	% Retida	% Retida acumulada
12,5	0,00	0,00	0,00
9,5	535,17	26,76	26,76
6,3	604,61	30,23	56,99*
4,8	166,48	8,32	65,31
2,4	237,22	11,86	77,17
1,2	146,00	7,30	84,47
600	129,90	6,50	90,97
300	144,38	7,22	98,19
150	33,59	1,68	99,87
Fundo	2,09	0,105	100*
Total do peso retido: 2,00 Kg			

FONTE: Autores (2013).

NOTAS:

(*) Peneiras que foram desconsideradas para a determinação do módulo de finura.

Desconsiderou-se a peneira de diâmetro #6,3mm e o fundo, fez-se a soma da porcentagem acumulada (A_c), conforme a NBR NM 248 obtendo um valor de 542,74 e chegando ao módulo de finura (M_f) 5,43, analisando assim, classificou-se o resíduo como uma mescla de dimensão máxima ($D_{m\acute{a}x}$) entre 9,5mm - 12,5mm.

Após a análise em que a amostra empregada foi considerada como agregado graúdo empregou-se referências da NBR NM 53/2003 - Agregado Graúdo - Determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água.

4.2 ENSAIO DE MASSA ESPECÍFICA E ABSORÇÃO DE ÁGUA

Através da NBR NM 53/2003 que especifica o método para a determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água dos agregados graúdos, na condição saturado em superfície seca, sempre destinados ao uso de concreto, fez-se o seguinte ensaio com uma amostragem total 2,15 Kg de RCD, e uma amostragem total de 2,05 Kg de brita, onde foram divididas em 3 (três) amostras, representadas por Am1, Am2 e Am3, que posteriormente foram todas pesadas ainda em estado seco, como mostra a Figura 9.



Figura 9 – Pesagem de uma amostra com os RCD
FONTE: Autores (2012).

A Tabela 4 apresenta os pesos das amostras com os resíduos cerâmicos e com as britas.

Tabela 4 – Pesos das amostras dos agregados secos

Agregados Graúdos	Peso (g)	Am1 (g)	Am2 (g)	Am3 (g)
RCD	Ms	583,66	532,43	1.034,18
BRITAS	Ms	718,50	745,50	584,50

FONTE: Autores (2013).

4.2.1 Massa específica do agregado seco

Com o peso dos RCD e das britas ainda em estado seco foi possível obter as massas específicas dos dois agregados, através da Equação (2). E a partir disso, obteve-se os valores apresentados na Tabela 5.

$$d = \frac{m_s}{m_{sat} - m_a} \quad (2)$$

Onde:

d = massa específica;

m_s = massa ao ar da amostra seca;

m_{sat} = massa ao ar saturada com superfície seca;

m_a = massa em água da amostra.

Tabela 5 – Massas específicas dos agregados secos

Agregados Graúdos	Am1 (g/cm³)	Am2 (g/cm³)	Am3 (g/cm³)	Média (g/cm³)
RCD	1,430	1,232	1,305	1,322
BRITAS	1,761	1,760	1,694	1,738

FONTE: Autores (2013).

4.2.1.1 Massa específica do agregado na condição saturada

Os agregados em condição seca foram colocados em um recipiente com água, onde ficaram submersos por 24 horas, assim, respeitando esse tempo, foram pesados com uma balança de capacidade mínima para 10 kg e precisão de 1,0 g. A Tabela 6 apresentam os valores dos pesos saturados (m_{sat}).

Tabela 6 – Pesos das amostras dos agregados na condição saturada

Agregado Graúdo	Peso(g)	Am1 (g)	Am2 (g)	Am3 (g)
RCD	M_{sat}	761,50	686,50	1.381,50
BRITAS	M_{sat}	842,00	874,00	697,50

FONTE: Autores (2013).

Conseqüentemente, foi possível descobrir as massas específicas na condição saturada das três amostras de cada agregado, através da Equação (3). Os dados encontrados apresentam-se na Tabela 7.

$$d_s = \frac{m_{sat}}{m_{sat} - m_a} \quad (3)$$

Tabela 7 – Massas específicas dos agregados na condição saturada

Agregados Graúdos	Am1 (g/cm ³)	Am2 (g/cm ³)	Am3 (g/cm ³)	Média (g/cm ³)
RCD	1,866	1,589	1,743	1,733
BRITAS	2,064	2,069	2,022	2,052

FONTE: Autores (2013).

4.2.1.2 Massa específica aparente

A pesagem para a obtenção da massa específica aparente (m_a) foi realizada através do seguinte procedimento descrito pela NBR NM 53 (2003), onde:

- Pesaram-se as amostras, em seguida submergiu-se o agregado em água à uma temperatura ambiente por um período de 24 horas;
- Retirou-se a amostra da água após as 24 horas e foi feita a secagem superficial com papel toalha, como mostra a Figura 10;



Figura 10 – Secagem superficial com papel toalha
FONTE: Autores (2013).

- Imediatamente, pesou-se a amostra com precisão de 1g e definiu-se a sua massa saturada com superfície seca;
- Colocou-se a amostra no recipiente vazado e submergiu-o em água (Figura 11), mantendo a temperatura ambiente para pesar através da balança hidrostática em água com precisão de 1g, obtendo assim a massa saturada em água.



Figura 11 – a) Amostra no recipiente vazado. b) Amostra submersa em água
FONTE: Autores (2013).

- Colocou-se as amostras em recipientes separados na estufa a uma temperatura de 105 °C por um período de 24 horas, como mostra a Figura 12.



Figura 12 – Amostra na estufa com temperatura de 105 °C
FONTE: Autores (2013).

- Após esse procedimento, as amostras foram retiradas e pesadas com precisão de 1g à massa do agregado seco (Figura 13).



Figura 13 – Pesagem da amostra com o agregado seco em estufa
FONTE: Autores (2013).

Assim, com os dados da Tabela 8, foram encontrados os valores das massas específicas aparente de cada amostra dos dois agregados (Tabela 9), através da Equação (4).

Tabela 8 – Pesos em água das amostras dos agregados

Agregados Graúdos	Peso (g)	Am1 (g)	Am2 (g)	Am3 (g)
RCD	Ma	353,50	254,50	589,00
BRITAS	Ma	434,00	451,50	352,50

FONTE: Autores (2013).

$$d_a = \frac{m_s}{m_s - m_a} \quad (4)$$

Tabela 9 – Massas específicas aparente dos agregados

Agregados Graúdos	Am1 (g/cm³)	Am2 (g/cm³)	Am3 (g/cm³)	Média (g/cm³)
RCD	2,534	1,916	2,324	2,258
BRITAS	2,525	2,536	2,519	2,527

FONTE: Autores (2013).

4.2.2 Absorção d'água

Sabendo os valores das massas específicas na condição saturada e das massas específicas no estado seco dos RCD e das britas, foi possível encontrar a absorção d'água dos agregados estudados para cada amostra (Tabela 10), através da Equação (5):

$$A = \frac{m_{sat} - m_s}{m_s} * 100 \quad (5)$$

Onde:

A = Absorção d'água.

Tabela 10 – Absorção d'água dos agregados

Agregados Graúdos	Am1 (%)	Am2 (%)	Am3 (%)	Média (%)
RCD	30,47	28,94	33,58	31,00
BRITAS	17,19	17,24	19,33	17,92

FONTE: Autores (2013).

Com base nos resultados obtidos das massas específicas nas três condições do ensaio, e as absorções de água encontradas, foi gerado um gráfico através das

médias de cada massa específica e absorção de água (Figura 14), comparando as diferenças entre os dois agregados.

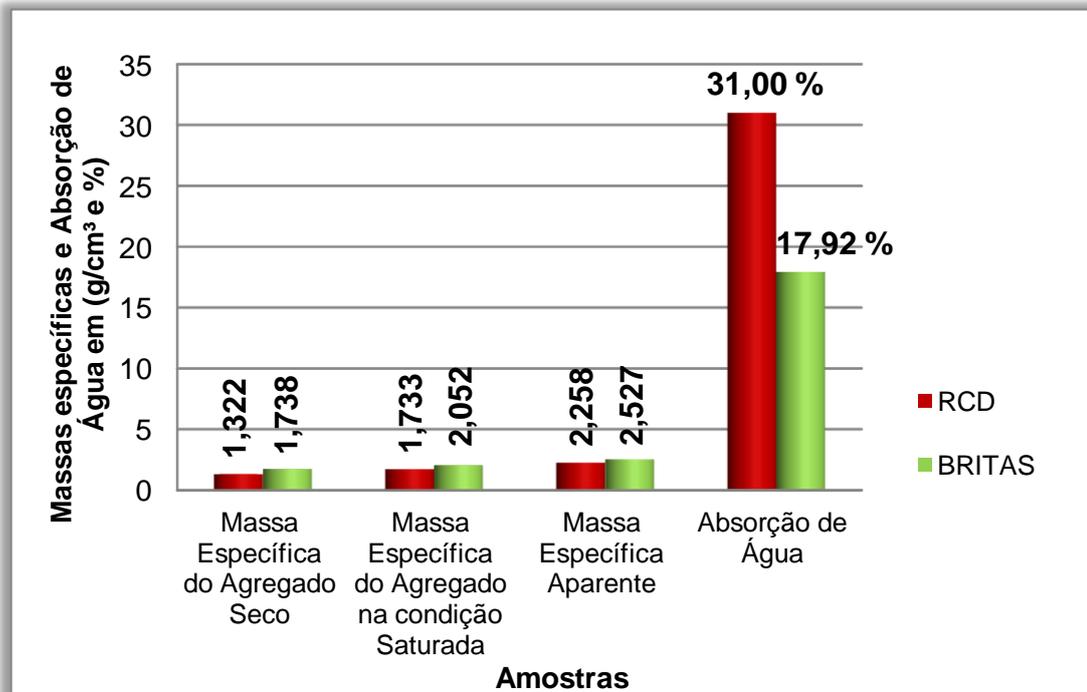


Figura 14 – Média das massas específicas e absorção de água dos agregados em estudo
 FONTE: Autores (2013).

Nota-se que os RCD apresentaram uma taxa de absorção bem considerável em relação ao agregado brita, devido a utilização do material bloco cerâmico para realização do ensaio, onde a porosidade dos agregados de RCD's influencia na massa específica aparente, estando esta relacionada com a absorção de água. Com isso a presença da cerâmica vermelha nos RCD faz com que agregado tenha também uma maior taxa de porosidade que o agregado brita. (ANGULO, 2005)

4.3 DETERMINAÇÃO DO TRAÇO PARA O CONCRETO CONVENCIONAL

Muitas vezes os traços de concreto utilizados são retirados de tabelas antigas, ou feitos por conhecimento empírico, mas deve-se lembrar que hoje em dia elas não atendem aos requisitos de controle de qualidade dos concretos. Como exemplo são as tabelas de Branco (1974), em que eram utilizadas combinações de britas 1 e 2 para traços de concretos, quando hoje, por regra e dependendo da utilização e local de aplicação do concreto, apenas um tipo de brita é utilizada.

Para dimensionamento do concreto base, utilizado como parâmetro e denominado Concreto A, foi empregado os materiais convencionais, cimento Portland, areia, brita e água seguindo o roteiro de cálculo de Rodrigues (2003). As características físicas dos materiais podem ser observadas abaixo na Tabela 11 conforme referências dos fornecedores de cada material respectivamente.

Tabela 11 – Características físicas dos materiais componentes do Concreto A

MATERIAIS	m_e (Kg/m³)	m_a (Kg/m³)	h (%)
Cimento (CP II-Z-32)	3.150,00	-	-
Areia	2.650,00	1.500,00	5
Brita	2.650,00	1.450,00	-

FONTE: Adaptado de Rodrigues (2003).

4.3.1 Determinação da Resistência

Considerou-se neste trabalho uma resistência média de dosagem do concreto aos 28 dias de idade de ($f_{cc28} = 20$ MPa) como base para as avaliações, por ser um concreto para contrapiso usualmente comercializado pelos concreteiras da região, pois tem como finalidade o uso residencial e não industrial.

4.3.2 Determinação do fator a/c (x)

A resistência aos esforços mecânicos depende fundamentalmente da relação água/cimento, sendo assim quanto mais baixo o fator água/cimento (a/c) maior é a resistência do concreto.

A relação entre x e f_{c28} , onde é representada pelas Curvas de Abrams (Figura 15), foi de $x = 0,68$, assim foi definido o peso da água ($P_{água}$) pela Equação (6).

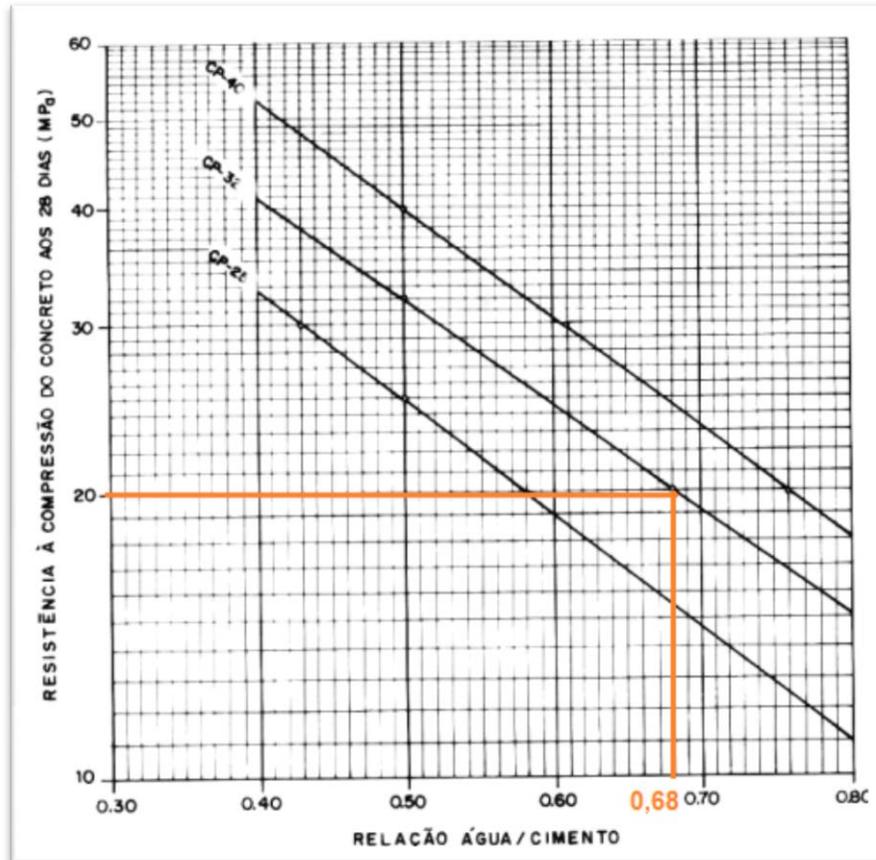


Figura 15 – Curva de Abrams
 FONTE: Dosagem do concreto por Rodrigues (2003).

$$x = \frac{P_{\text{água}}}{P_{\text{cimento}}} \quad (6)$$

Onde:

$P_{\text{água}}$ = Peso da água em kg;

P_{cimento} = Peso do cimento em Kg;

Logo para um saco de cimento (50kg):

$$0,68 = \frac{P_{\text{água}}}{50}$$

$$P_{\text{água}} = 34 \text{ Kg}$$

4.3.3 Determinação da quantidade dos agregados

A trabalhabilidade do concreto é função das características dos agregados graúdos e miúdos, onde tem-se a relação água/materiais_{secos} como fator determinante. A Equação (7) determina a quantidade de agregados.

$$A\% = \frac{P_{\text{água}}}{P_c + P_m} \quad (7)$$

Onde:

A% = relação água/materiais secos;

P_c = Peso do cimento;

P_m = Peso de materiais secos (areia + brita).

A tabela da Figura 16 fornece os valores de A%, que estabelece a trabalhabilidade adequada em função dos tipos, da granulometria e tipo de adensamento dos agregados, onde foi utilizado como tipo de adensamento o manual de 9% para a brita, sendo feito um acréscimo de 0,5%, utilizando então um A% = 9,5%.

Tipo de Agregado	Tipo de adensamento	
	Manual	Vibrado
Seixo	8%	7%
Brita	9%	8%

Obs: O valor A% refere-se a areia natural e ao agregado graúdo de d_{max} igual a 25 mm. Para d_{max} até 19 mm, somar 0,5% e para d_{max} igual a 38 mm, diminuir 0,5%. Para areia artificial, somar 1%.

Figura 16 – Valores de A%: relação de água/materiais secos
FONTE: Materiais de Construções por Araújo, Rodrigues & Freitas (2000).

$$0,095 = \frac{34}{50 + P_m}$$

$$P_m = 307,89 \text{ Kg}$$

Com a tabela da Figura 17, são fornecidas as relações de agregado graúdo e miúdo para obtenção de uma boa trabalhabilidade do concreto.

Agregado Graúdo	% de areia		
	Fina	Média	Grossa
Seixo	30	35	40
Brita	40	45	50

Figura 17 – Relações de agregado graúdo e miúdo
 FONTE: Dosagem do concreto por Rodrigues (2003).

Assim, considerando os percentuais da tabela (Figura 17), foi utilizada a areia média para ser empregada no concreto. Com isso, através da Equação (8), foram encontrados os pesos de areia e brita.

$$P_a = (\% \text{ areia}) * P_m \quad (8)$$

Onde:

% areia = areia média (45%).

$$P_a = 138,55 \text{ Kg}$$

$$P_b = 169,34 \text{ Kg}$$

4.3.4 Determinação do traço

Com todos os pesos dos materiais para a composição do concreto, fez-se então o traço inicial sem a correção da umidade (h), onde esse traço está representado na Tabela 12 pelos pesos de cada material.

Cimento	Areia	Brita	Água	Unidade
50,00	138,55	169,34	34,00	Kg
1,00	2,77	3,39	0,68	Kg

FONTE: Autores (2013).

4.3.5 Correção da quantidade de água

Alguns fatores influenciam nos materiais que compõem os concretos, como a umidade na areia, acarretando diretamente na quantidade de água utilizada no concreto, assim foi necessária fazer a correção da água através da Equação (9), utilizando uma umidade de 5%, devido a exposição da areia às intempéries durante a estocagem.

$$h = \frac{P_h - P_{as}}{P_{as}} \quad (9)$$

Onde:

P_h = peso areia úmida;

P_{as} = peso areia seca;

h = 5%.

$$P_h = 145,48 \text{ Kg},$$

Tem-se então que:

$$P_{\text{água na areia}} = P_h - P_{as} \quad (10)$$

Logo,

$$P_{\text{água na areia}} = 6,93 \text{ Kg}$$

Diminuindo-se o peso de água na areia do peso de água total do traço encontrado anteriormente, tem-se como traço final:

$$\mathbf{1:2,77:3,39:0,54}$$

OBSERVAÇÃO: Durante a execução do concreto os materiais utilizados foram pesados, por está razão não foi realizada a determinação do traço em volume.

4.3.6 Determinação do consumo de cimento

O consumo de cimento é dado pela Equação (11):

$$C = \frac{1000}{\frac{1}{\gamma_c} + \frac{a}{\gamma_a} + \frac{p}{\gamma_p} + x} \quad (11)$$

Onde:

C = consumo de cimento por m³ de concreto pronto;

γ_c , γ_a e γ_p = massa específica do cimento, areia e pedra, respectivamente, em (kg/dm³);

a = kg de areia por kg de cimento;

p = kg de pedra por kg de cimento;

x = kg de água por kg de cimento.

Para a produção de um volume de concreto de 0,52m³, necessários para a execução dos ensaios que determinaram as propriedades físicas do concreto no estado mole e enrijecido, o consumo de cimento foi de 16,35kg.

4.4 DETERMINAÇÃO DO TRAÇO PARA O CONCRETO COM ADIÇÃO DOS RESÍDUOS CERÂMICOS

A partir do traço do concreto base, Concreto C de **1: 2,77: 3,39: 0,54**, e considerando os testes de granulometria da amostra anteriormente apresentados, calculou-se o traço do concreto com a adição de resíduos, denominado Concreto B. A relação água/cimento desse traço foi alterada durante a sua produção, passando para 0,78 para que se chegasse a uma boa trabalhabilidade do concreto.

Como a amostra apresentava uma porcentagem de agregado graúdo (65,33%) e outra de agregado miúdo (34,67%), calculou-se a partir de regra de três simples a proporcionalidade de cada agregado chegando ao traço final do Concreto B de **1: 0,97: 5,19: 0,78**. A obtenção desse traço foi encontrada a partir da seguinte relação apresentada na Figura 18.

Granulometria da amostra:	3,39 / 0,6533= 5,19 kg de amostra necessária.
65,33% agregado graúdo	5,19 -3,39 = 1,8 kg de agregado miúdo na amostra.
34,67% agregado miúdo	2,77-1,8 = 0,97 kg de areia.

**Figura 18 – Cálculo realizado para o traço do Concreto B
FONTE: Autores (2013).**

Calculou-se o consumo de cimento para um volume de 0,85m³, de 24,76kg. Além da substituição por completo da brita pelo RCD, diminuiu-se o uso da areia em aproximadamente 55% com relação ao traço inicial.

Durante a rodagem do concreto com utilização do agregado reciclado de blocos cerâmicos, encontrou-se dificuldade em alcançar o resultado desejado no *Slump Test*, isto devido a grande quantidade de “finos” existentes na amostra a partir da moagem dos RCD, o que tornou o concreto muito coeso, logo pouco fluido por justamente, esta grande quantidade de finos estarem relacionados à capacidade de retenção d’água.

A partir desta dificuldade teve a necessidade de aumentar não somente a relação água/cimento, mas também a nata de cimento, visto que em determinado ponto além de pouco fluido o concreto estava se tornando pouco coeso pela falta de material aglutinante. Entretanto quando adicionado mais cimento acabou-se por alterar o traço do Concreto B, este tendo como resultado final de **1: 048: 2,57: 0,80**. Segue na Tabela 13 os traços utilizados para a produção do Concreto C e para o Concreto B, para uma melhor visualização.

Tabela 13 – Traços utilizados no trabalho

Amostras	Traços	Consumo de cimento/m³
Concreto C	1: 2,77: 3,39: 0,78	16,35 Kg
Concreto B inicial	1: 0,97: 5,19: 0,78	24,76 Kg
Concreto B final	1: 0,48: 2,57: 0,80	50,00 Kg

FONTE: Autores (2013).

4.5 CONSISTÊNCIA DOS CONCRETOS

A consistência do concreto geralmente é determinada pelo *Slump Test* – Ensaio de Abatimento do Tronco de Cone, ensaio este descrito pela NBR NM 67 (1998). O ensaio de *Slump Test* foi realizado através do seguinte procedimento:

1. Colocou-se o tronco de cone com 30 cm de altura, sobre uma placa metálica nivelada, sendo esse tronco conhecido como cone de Adams (Figura 19). Em seguida, foi preenchido com três camadas individuais compactadas através de uma haste de ponta arredondada com 25 golpes cada camada, sempre tomando o cuidado para que a 2^o e 3^o camada não atingisse a 1^o camada, como exige o procedimento.



Figura 19 – Processo do ensaio de Abatimento do Tronco de Cone
FONTE: Autores (2013).

2. Depois do preenchimento das três camadas, foi feito o nivelamento do excesso de concreto com a base do cone de Adams.
3. Em seguida, retirou-se com cuidado o tronco de cone, evitando os esforços laterais.
4. Colocou-se a haste sobre o cone invertido e então foi medido com uma régua o abatimento (Figura 20), que consiste na distância entre o topo do molde e o ponto médio da altura do tronco de concreto moldado.



Figura 20 – Abatimento Tronco de Cone – *Slump Test*
FONTE: Autores (2013).

Na Tabela 14 encontram-se os resultados do ensaio de Abatimento Tronco de Cone, onde são referentes aos dois tipos de concreto estudados. Cabe ressaltar que o objetivo era alcançar o mesmo abatimento para ambos concretos, mas devido a grande quantidade de resíduos que o Concreto B apresentava, foi necessário adicionar água e cimento, sempre respeitando essa relação.

Tabela 14 – Resultados do ensaio de Abatimento Tronco de cone

Amostras	Abatimento (cm)
Concreto C	8,5
Concreto B	7,5

FONTE: Autores (2013).

Com a sobra de concreto que havia na betoneira, e devido o cálculo do consumo de cimento que foi feito para ter uma quantidade total de concreto para o preenchimento dos corpos-de-prova e para a confecção das lajotas, foi confeccionado uma lajota com dimensão de 1,0m², tanto para o concreto convencional (Concreto C), como para o concreto com resíduos (Concreto B). Assim, as lajotas produzidas foram observadas, analisando se as mesmas apresentariam alguma patologia, como fissuras ou trincas, mas não houve nenhuma ocorrência de patologia em ambas às lajotas. A Figura 21 mostra as duas lajotas confeccionadas no canteiro de obras da UTFPR.



Figura 21 – Lajotas confeccionadas com Concreto B e com o Concreto C
FONTE: Autores (2013).

4.6 DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA – MOLDAGEM E CURA DOS CORPOS-DE-PROVA DE CONCRETO

Na confecção dos concretos foram misturados todos os materiais componentes. Essa mistura foi realizada em uma betoneira com capacidade de 120l. Mas antes de fazer a mistura com os componentes, foi necessário realizar a imprimação, que consiste em sujar a betoneira com o mesmo traço do concreto a ser produzido.

Assim, retirou-se o material produzido na imprimação da betoneira, e então colocado os materiais para a fabricação dos concretos em estudo. Para depositar os materiais na betoneira, foi preciso seguir uma ordem, onde primeiramente foi colocado parte da água do traço, depois o agregado miúdo, o agregado graúdo, o cimento e por fim o restante da água.

Na realização do processo de moldagem dos corpos-de-prova cilíndricos, primeiramente foi aplicado uma camada de óleo mineral na parte interna dos cilindros para a lubrificação dos moldes e fez-se a verificação do fechamento e vedação dos mesmos. Com o concreto produzido, foram preenchidos os moldes em duas camadas, e com a haste de socamento foram efetuados 12 golpes em toda a seção do molde sempre cuidando a uniformidade do preenchimento (Figura 22).



Figura 22 – Corpos-de-prova moldados
FONTE: Autores (2013).

Após um período de 24 horas, os corpos-de-prova foram desmoldados e identificados, sendo levados ao tanque com água (saturada em cal) para iniciar a cura, conforme a NBR 9479/2006: Argamassa e concreto - Câmaras úmidas e tanques para cura de corpos-de-prova.

Antes de realizar o ensaio para a determinação da resistência à compressão, foi preciso fazer o capeamento nos corpos-de-prova. Ao invés de ser feito o capeamento tradicional com o material enxofre, foi realizado o capeamento elastomérico confinado.

Após o capeamento, deu-se início ao ensaio de resistência à compressão que foi realizado de acordo com a NBR 5739/2007: Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. A Figura 23 mostra o processo de rompimento de um corpo-de-prova (CP) na prensa hidráulica.



Figura 23 – Rompimento de um CP na prensa hidráulica
FONTE: Autores (2013).

Com o ensaio foram obtidos os resultados de cada amostra, aos 7, 14 e 28 dias, apresentados na Tabela 15. Ressaltando que a cada três amostras de cada concreto fazia-se a média da resistência, sempre desconsiderando a menor entre as três resistências.

Tabela 15 - Resultados do Ensaio de resistência à compressão simples do concreto

CP's	Resistência à compressão em MPa								
	7 dias			14 dias			28 dias		
	Amost.1	Amost.2	Amost.3	Amost.1	Amost.2	Amost.3	Amost.1	Amost.2	Amost.3
Concreto A	8,00	8,40	8,60	8,00	9,00	9,50	6,11	11,46	11,59
Concreto B	20,63	21,90	22,66	25,72	26,48	28,01	28,52	31,07	38,07
Concreto C	14,13	14,46	16,68	15,28	17,32	17,57	19,73	20,37	21,14
Média A*	8,333			8,833			9,720		
Média B*	21,730			26,737			32,553		

Média C*	15,090	16,723	20,413
Desvio Padrão A	0,432	1,080	4,422
Desvio Padrão B	1,450	1,650	6,993
Desvio Padrão C	1,961	1,777	0,998
Coef. de Variação A	0,052	0,122	0,455
Coef. de Variação B	0,067	0,062	0,215
Coef. de Variação c	0,130	0,106	0,049

FONTE: Autores (2013).

A Figura 24 relaciona a comparação das resistências de todos os concretos produzidos neste trabalho. Nota-se também que a resistência à compressão aos 7 dias do Concreto C foi maior que a resistência do concreto convencional, Concreto B, aos 28 dias.

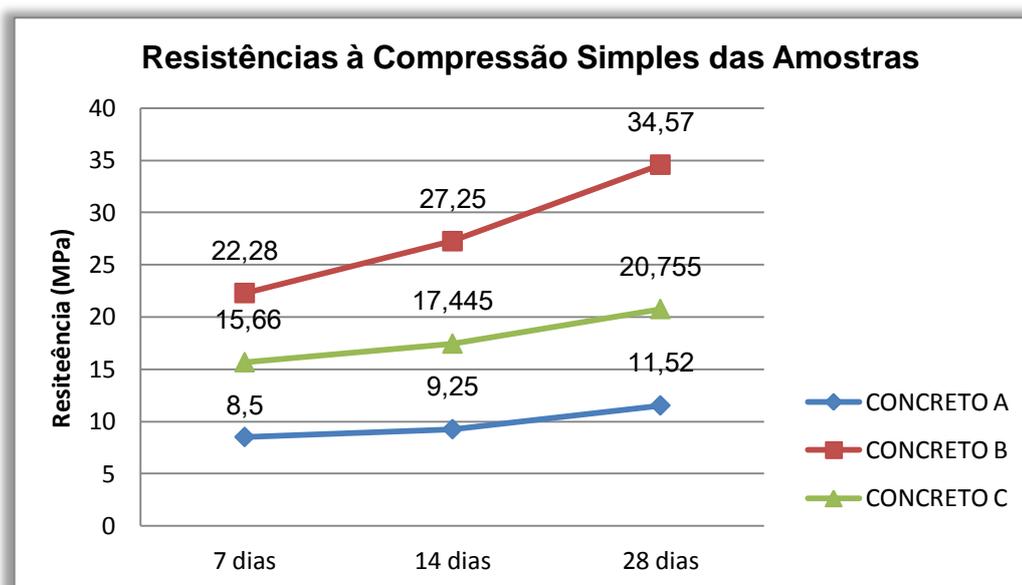


Figura 24 – Resistência à compressão simples dos concretos
FONTE: Autores (2013).

As amostras do Concreto B e do Concreto C apresentaram resultados satisfatórios quanto à resistência à compressão axial simples, pois todas obtiveram resistências superiores para concretos destinados na execução de contrapisos, mas o Concreto A, devido à presença de sujeira nas britas durante a rodagem do concreto apresentou suas resistências bem inferiores comparado as duas outras amostras, assim para os cálculos do custo final de ambos os concretos, foi descartado essa amostra.

4.7 ENSAIO DE EXSUDAÇÃO

Para o ensaio de exsudação foram respeitados os critérios da NBR NM 102:96: Concreto – Determinação da Exsudação. Assim, separaram-se todos os equipamentos necessários para o ensaio, como mostra a Figura 25.



Figura 25 – Materiais para o ensaio de Exsudação
FONTE: Autores (2013).

Com isso seguiu-se o seguinte procedimento:

- Recipiente cilíndrico com diâmetro $\varnothing 12$ e altura de 12”;
- Lançamento do concreto fresco até atingir a metade do cilindro;
- Realização de vibração sem encostar nas laterais e fundo do recipiente;
- Lançamento da segunda camada e realização da vibração do concreto;
- Conferência da altura de 25mm da superfície do concreto até a borda do recipiente;
- Uso de uma desempenadeira de madeira para nivelar a superfície do concreto até que ela ficasse plana;
- Após o alisamento da superfície, tampar o recipiente e aguardar os primeiros 10 minutos para verificar a exsudação;
- Colocou-se um calço de madeira abaixo do cilindro para que o recipiente ficasse inclinado e assim retirava-se a água exsudada do concreto;
- A água exsudada era retirada através de uma pipeta em quatro coletas de 10 minutos e a cada 30 minutos procedia-se a mesma operação. O material removido era colocado em um recipiente com tampa;
- Depois de cada coleta, era pesado o recipiente com o material removido e em seguida tampava-se o recipiente para evitar a evaporação do material. Assim era obtido a massa total de concreto utilizado e a massa utilizada no ensaio.

Os resultados das massas do ensaio de exsudação apresentam-se na Tabela 16.

Tabela 16 – Resultados do ensaio de Exsudação

Amostras	Massa de água exsudada (g)
Concreto C	9,24
Concreto B	0,97

FONTE: Autores (2013).

Através das massas de água exsudada de cada amostra, nota-se a grande diferença dos resultados, isso devido que a amostra do Concreto B possui o material bloco cerâmico como material para a sua produção, e pelo fato desse material apresentar uma taxa de absorção bem superior que a amostra do Concreto C, durante a realização do ensaio quase não notava-se a presença de água sobre a superfície do concreto, então através desse motivo, o Concreto B apresentou uma diferença de massa de água exsudada de 8,27 g.

4.8 CUSTOS DOS CONCRETOS POR M³ E POR MPa

Foi pesquisado valores dos materiais componentes do concreto em seis empresas localizadas na cidade de Pato Branco – PR e uma empresa localizada na cidade de Coronel Vivida - PR, buscando fazer comparações de valores para que o custo final do concreto se tornasse economicamente viável. Considerando o consumo de cimento/m³ e o traço de cada amostra, Concreto B e Concreta C, foi determinado a quantidade de cada material necessário para produzir 1m³ de concreto, como mostra a Tabela 17. A Tabela 18 mostra os valores unitários de cada material componente do concreto, onde foi possível definir o custo por m³ de cada amostra estudada, conforme a Tabela 19. Através da resistência final aos 7, 14 e 28 dias e o custo de cada amostra de concreto também foi determinado o custo por MPa, como mostra a Tabela 20.

Tabela 17 - Quantidade de material por 1m³ de concreto

Amostras	Traços	Consumo de cimento/m³	Consumo de areia/m³	Consumo de brita/m³	Consumo de água/m³
Concreto B	1: 0,48: 2,57: 0,80	424,33 Kg	203,68 Kg	(*)	339,46 l
Concreto C	1: 2,77: 3,39: 0,78	292,23 Kg	809,48 Kg	990,66 Kg	227,94 l

NOTAS:

(*) Não foi considerado o consumo de brita para o Concreto B, devido à substituição das britas pelos resíduos cerâmicos.

Tabela 18 - Custo unitário dos materiais

Material	(1) Média do custo por unidade correspondente (R\$)
Cimento	R\$ 0,4393/Kg
Brita	R\$ 0,0303/Kg
Areia	R\$ 0,0555/Kg

NOTAS:

(1) Considerando a massa específica de cada material. Areia = 1.500Kg/m³. Brita = 1450Kg/m³. Água = 1.000Kg/m³.

*Os custos de cada material foram coletados no período de 04 a 08 de fevereiro de 2013.

Tabela 19 - Custos dos concretos por m³

Amostras	Materiais	Média dos custos de cada material (R\$/m ³)	Custo Total por m ³ (R\$)
Concreto B	Cimento	186,43	197,74
	Brita	-	
	Areia	11,32	
Concreto C	Cimento	128,39	203,38
	Brita	30,02	
	Areia	44,97	

FONTE: Autores (2013).

Tabela 20 - Custos dos concretos por MPa

Amostras	(1)Custo por m ³ (R\$)	(1)Custo por MPa aos 7 dias (R\$)	(1)Custo por MPa aos 14 dias (R\$)	(1) Custo por MPa aos 28 dias (R\$)
Concreto B	197,74	9,10	7,40	6,07
Concreto A	203,38	13,48	12,16	9,96

NOTAS:

(1) Apenas foram considerados os custos relativos a materiais.

A Figura 26 mostra a média dos custos de cada material, onde nota-se que a quantidade de cimento utilizada na produção do Concreto B teve um aumento de aproximadamente 69% da quantidade de cimento utilizada no Concreto C.

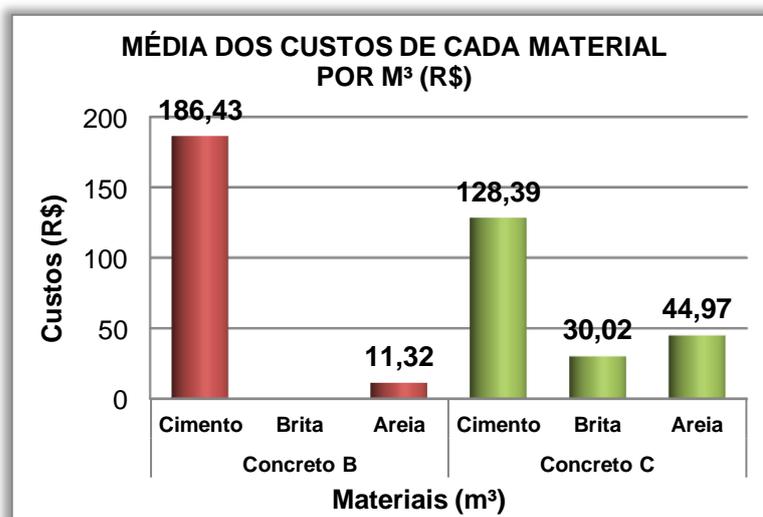


Figura 26– Média dos custos dos materiais componentes do concreto
 FONTE: Autores (2013).

Com a média do custo de cada material componente do concreto, fez-se a soma das médias dos materiais necessários para o Concreto B, e o mesmo foi feito para o Concreto C, portanto, gerou-se um gráfico do custo final de ambos os concretos, como mostra a Figura 27, e pode-se comparar a diferença de valores, onde o Concreto B teve uma diminuição do custo final de R\$5,63/m³. A Figura 28 mostra o custo por MPa em reais dos dois concretos em estudo.

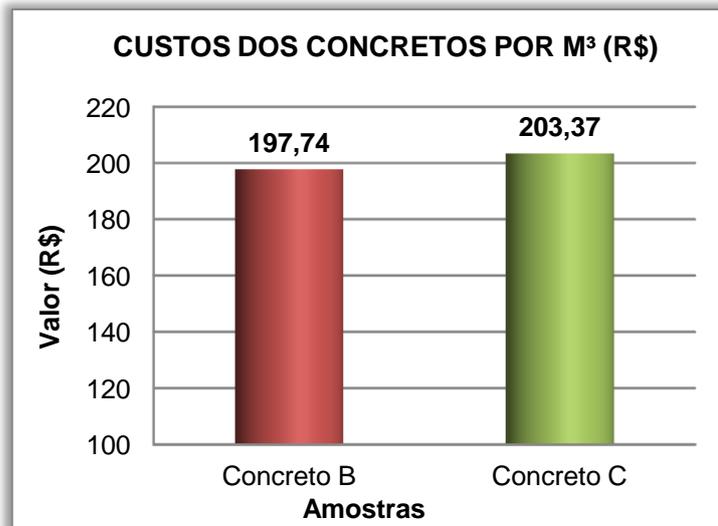


Figura 27 – Custos dos concretos por m³
Fonte: Autores (2013).

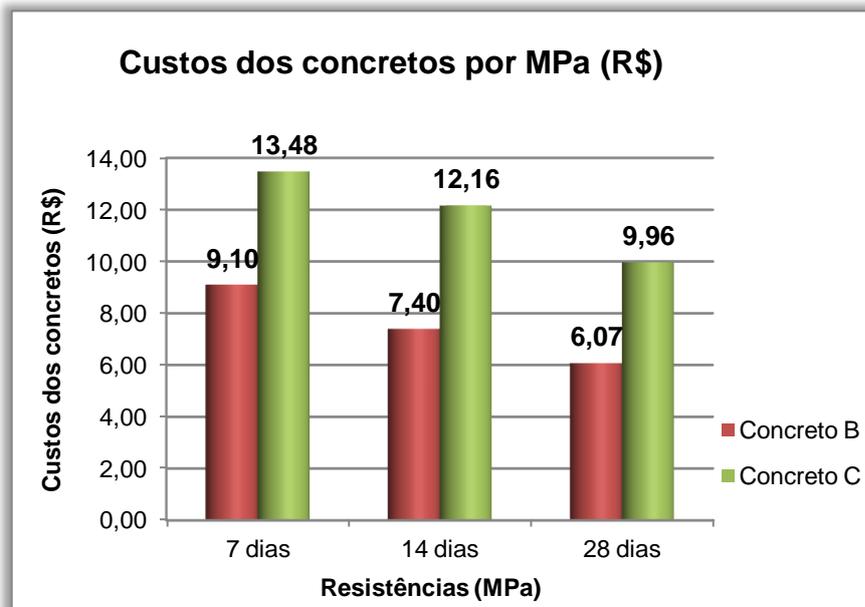


Figura 28 – Custos dos concretos por MPa
FONTE: Autores (2013).

O custo do concreto por m³ para o Concreto B, concreto este com utilização de agregados reciclados de alvenaria, mostrou-se aceitável no aspecto econômico e tornou-se financeiramente mais viável que o Concreto C, concreto convencional, pois além de substituir a brita pelo RCD, a sua produção não irá gerar tantos entulhos nos canteiros de obras, se tornando um produto sustentável, e reduzindo os custos finais do concreto, como também servirá de auxílio na tomada de decisões quanto ao uso de um ou outro agregado graúdo. Com relação ao custo do MPa de ambos os concretos, baixou os valores conforme o aumento da resistência dos mesmos, devido ao fato que o custo é o mesmo e a resistência à compressão tende a aumentar com o passar dos dias.

5 CONCLUSÃO

O presente trabalho foi elaborado visando verificar a viabilidade técnica e econômica da utilização de resíduos de blocos cerâmicos com argamassa na confecção de concreto para contrapiso.

Para determinar a granulometria das amostras optou-se pela britagem em moinho, regulando-o para a espessura desejada, diâmetro máximo #12,5mm, e depois de realizados os devidos testes granulométricos constatou-se uma grande quantidade de material passante na peneira #6,3mm, caracterizando 34,67% da amostra de agregados miúdos e 65,33% da amostra de agregados graúdos, o que possibilitou a substituição por completo da brita, agregado graúdo, no traço definido para o concreto convencional, Concreto C, e, além disso, a redução de aproximadamente 55% de areia, agregado miúdo.

Na sequência procurou-se comparar as diferenças nas propriedades físicas no estado fresco e endurecidas de cada um dos concretos. No concreto convencional adicionou-se água até que o mesmo tivesse uma boa trabalhabilidade, chegando em 8,5 no *Slump Test*. No entanto, constatou-se no Concreto B, em específico pelo material cerâmico presente nos resíduos de construção e demolição (RCD), assim como a grande quantidade de finos gerados pela moagem, uma grande absorção de água, o que deixava o material pouco fluido, segregando com facilidade e dificultando a trabalhabilidade. Deve-se salientar ainda o fato de que na rodagem do primeiro concreto convencional, denominado 'Concreto A', havia uma grande concentração de material pulverulento junto aos agregados graúdos devido à exposição dos mesmos às intempéries, fato este que alterou consideravelmente a adição de água no concreto assim como as suas características finais, tendo então que ser refeito o concreto base, este sendo chamado de Concreto C.

Conforme era adicionada mais água ao concreto buscando uma melhor trabalhabilidade pode-se observar que o concreto começou a se tornar mais fluido, entretanto não era coeso devido à falta de material aglutinante, a partir disso teve a necessidade de aumentar a nata de cimento para que não se perdesse a amostra em estudo, mas com o aumento da nata de cimento também alterou-se o traço pré-definido, e por esta razão o Concreto B, com adição de RCD, apresentou altos valores no ensaio de resistência à compressão, tendo já aos 7 dias valores superiores ao Concreto C aos 28 dias.

Por fim, para determinação da viabilidade técnica e econômica do concreto com adição de RCD além das propriedades mecânicas já citadas acima, a adição não esperada de cimento alterou consideravelmente o comparativo econômico, visto que o material mais caro para a produção de um concreto, tanto o usual como com RCD, é o cimento, e como se utilizou mais cimento no Concreto B este ficou com um custo de cimento por m³ maior em relação ao Concreto C, mas quando visto o panorama geral, o Concreto B se mostrou mais barato por substituir por completo a brita e em grande parte a areia, além do fato de utilizar da reciclagem e sustentabilidade como fator determinante para que seja executado nos canteiros de obras.

Em verdade necessitaria ser feito mais amostras de concreto com a adição de RCD para que assim pudesse ser gerado um padrão, afinal, tudo que foi estudado também depende do fator humano, como: o tipo de execução do assentamento, tipo de material cerâmico que varia de região para região, o tipo de massa de assentamento produzido em obra, etc. Todavia fica perceptível que é um campo de estudo que vale a pena ser devidamente aprofundado em publicações futuras.

5.1 SUGESTÕES PARA NOVOS TRABALHOS

- Investigar o uso de aditivos e seus efeitos para melhorar a trabalhabilidade e os custos do concreto com RCD.
- Trabalhar diretamente em uma composição granulométrica para diminuir a quantidade de finos no concreto.
- Fazer um estudo estatístico da granulometria dos RCD de cada região a fim de criar um padrão granulométrico.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738**: Moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos ou prismáticos de concreto. Rio de Janeiro, 2003. Emenda 1:2008.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7214**: Areia normal para ensaio de cimento. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7215**: Resistência à Compressão do Cimento Portland. Rio de Janeiro, 1996.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11758**: Cimento Portland composto. Rio de Janeiro, 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 52**: Agregado miúdo – Determinação de massa específica, massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 53**: Agregado graúdo – Determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 67**: Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 102**: Concreto – Determinação da exsudação. Rio de Janeiro, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 248**: Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND - ABCP: **Guia básico de utilização do cimento portland**. 7 ed. São Paulo, 2002.

ABRELPE: Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais: **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**. 2010.

ALMEIDA, Luiz C. de. **Estruturas IV: Concreto Armado**. Notas de Aula de Engenharia Civil. Universidade Estadual de Campinas. São Paulo, 2002.

ANGULO, Sérgio C. **Caracterização de agregados de resíduos de construção e demolição reciclados e a influência de suas características no comportamento de concretos**. Tese de doutorado da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005.

ÂNGULO, Sérgio C. **Desenvolvimento de novos mercados para a reciclagem massiva de RCD**. Seminário de desenvolvimento sustentável e a reciclagem na construção civil. São Paulo, 2002. Anais: São Paulo: IBRACON/IPEN. 2002. p. 293-307.

ASSUNÇÃO, José W. **Dosagem Racional do Concreto**. Maringá, 2009. Disponível em:
<<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAeGYAH/dosagem-concreto>>. Acesso em 10 set 2012.

BARROS, Mércia M. S. B. de. SABBATINI, F. H. **Tecnologia de produção de contrapisos para edifícios habitacionais e comerciais**. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo, 1991.

BARROS, Mércia M. S. B. de; FLAIN, Eleana P.; SABBATINI, Fernando H. **Tecnologia de Produção de Revestimentos de Piso**. Texto Técnico da Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo, 1993.

BARROS, Mércia M. S. B. de. **Recomendações para a produção de contrapisos para edifícios**. Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica da USP. São Paulo, 1995.

BEZERRA, A. C. S. **Influência das variáveis de ensaio nos resultados de resistência à compressão de concretos: Uma análise experimental e computacional**. Dissertação de mestrado. Escola de Engenharia da UFMG. Minas Gerais, 2007.

BRANCO, A.A.C. **Traços de concreto para obras de pequeno porte**. Rio de Janeiro, 1974. Disponível em:
<http://www.feb.unesp.br/pbastos/site_paulo/Artigo%20Tracos%20Concreto-Paulo%20Bastos.pdf>. Acesso em 12 dez 2012.

BUDKE, Régis; CARDOSO, Jackson R.; VALE, Silvio B. do. **Resíduos de Construção Civil: Classificação, normas e reciclagem**. Artigo do XXIV ENTMME. Engenharia de Minas e Meio Ambiente. Salvador, 2011.

CAMPOS, Iberê M. **Areia para construção civil: como comprar e como usar**. Disponível em:
<<http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=31&Cod=44>>. Acesso em 31 jan 2013.

CARASEK, Helena. **Argamassas**. Capítulo 26. Artigo de pós-graduação em Geotecnia e Construção Civil. Universidade Federal de Goiás. Goiás,

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Gestão dos resíduos da construção civil**. Resolução CONAMA nº. 307. Brasília, 2002.

DALFOVO, Michael S.; LANA, Rogério A.; SILVEIRA, Amélia. **Métodos Quantitativos e Qualitativos: Um resgate teórico**. Revista Interdisciplinar Científica Aplicada. v.2, n.4, p.01-13. Blumenau, 2008.

DIAS, J.F; JOHN, V.M; CINCOTTO, M.A. **Diagnóstico visando a Reciclagem de Resíduos de Cerâmica Vermelha**. São Paulo, 1999.

GEYER, André Luiz B. **Importância do controle de qualidade do concreto no estado fresco**. Informativo técnico - Realmix , Ano 2 n.2, 2006.

GONÇALVES, José. P. **Desenvolvimento e caracterização de concretos de baixo impacto ambiental contendo argila calcinada e areia artificial**. Rio de Janeiro: Coordenação dos Programas de Pós-Graduação COPPE/UFRJ, 2005. Tese de Doutorado.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa nacional de saneamento básico**. Disponível em
<<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb/default.shtm>>. Acesso em 27 maio de 2012.

LAPA, José Silva. L299e. **Estudo de viabilidade técnica de utilização em argamassas do resíduo de construção oriundo do próprio canteiro de obra** [manuscrito] / José Silva Lapa – 2011.

LEI DE ABRAMS. Disponível em:
<http://www.civil.ita.br/graduacao/disciplinas/extras/edi-33_2006_aula09.pdf>.
Acesso em 25 set 2012.

LODI, Victor Hugo. **Viabilidade técnica e econômica do uso de areia de britagem em concretos de cimento portland na região de Chapecó – SC**. Dissertação de pós-graduação. Universidade Federal de Santa Catarina convênio Unochapecó. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Florianópolis, 2006.

METHA, P. D., and P. C. AITCIN, CEM. - Concrete Aggregates. In: American Society for Testing Materials, J., Philadelphia, PA, 1990, v.12, n.2, p. 70-78.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: estruturas, propriedades e materiais**. São Paulo: IBRACON, 2008.

MIRANDA, Leonardo F. R. **A reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil: 1986-2008**. Artigo do Centro de Tecnologia e Geociências. Universidade Federal de Pernambuco. Pernambuco, 2008.

NEVILLE, Adam M. **Propriedades do Concreto**. 2ª ed., Tradução por Salvador E. Giammuso, São Paulo: Editora Pinni, 1997, 749 p.

PETRUCCI, Eladio Geraldo Requião; PAULON, Vladimir Antonio. **Concreto de cimento Portland**. Ed. 14. 307p. Porto Alegre, 2005.

PORMIN – Ministério de Minas e Energia. **Agregados Minerais Para Construção Civil: Areia Brita e Cascalho**. Disponível em:
<http://www.pormin.gov.br/informacoes/arquivo/agregados_minerais_propiedades_a_plicabilidade_ocorrencias.pdf>. Acesso em 19 jun 2012.

RODRIGUES, E. H. V. **Construções Rurais. Materiais e Técnicas de Construções: Dosagem do Concreto**. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Instituto de Tecnologia. Departamento de Arquitetura e Urbanismo. Rio de Janeiro, 2003.

RODRIGUES, E. H. V.; ARAÚJO, R. C. L.; FREITAS, E. G. A. **Concreto de Cimento Portland**. Materiais de Construções. Ed.1. Editora Universidade Rural, v.1, 203p, cap. 5. Rio de Janeiro, 2000.

SAMPIERI, Roberto H.; COLLADO Carlos F.; LUCIO, Pilar B. **Metodología de la Investigación**. México: McGraw Hill, 1994.

SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL - PR. **Meio Ambiente: Gerenciamento de resíduos da construção civil**. Curitiba, 2003.

SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL – SP. **Meio Ambiente: Gestão de resíduos. Transporte e destinação. Áreas de transbordo e triagem**. São Paulo, 2003.

SCHNEIDER, D. M. **Deposições irregulares de resíduos da construção civil na cidade de São Paulo**. Dissertação (mestrado) - Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

TUTIKIAN, Bernardo F.; HELENE, Paulo. **Concreto: Ciência e Tecnologia**. Ed. G. C. Isaia. São Paulo, IBRACON, 2011, 1v.

VIEIRA, Geilma L.; DAL MOLIN, Denise C. C. **Viabilidade técnica da utilização de concretos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição**. Artigo apresentado Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 4, n. 4, p. 47-63, out./dez. 2004.

ZAMPIERI, V. A. **Mineralogia e mecanismos de ativação e reação das pozolanas de argilas calcinadas**. Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Mineralogia e Petrografia. Universidade de São Paulo. 191p. São Paulo, 1989.