



**ENTAC2006**

A CONSTRUÇÃO DO FUTURO | XI Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído | 23 a 25 de agosto | Florianópolis/SC

## **ESTUDO COMPARATIVO DA GERAÇÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO EM SÃO LEOPOLDO E NOVO HAMBURGO-RS**

**Claudio de Souza Kazmierczak (1); Marlova Piva Kulakowski (2); Deise Boito (1); Ana Cristina de Almeida Garcia (2)**

(1) Curso de Engenharia Civil – UNISINOS – e-mail: claudiok@unisinos.br

(2) Grupo de Pesquisa em Tecnologia Ambiental – ICET – Feevale – e-mail: marlovak@feevale.br

### **RESUMO**

**Proposta:** A necessidade de encontrar um destino adequado ao entulho produzido pela indústria da construção leva à busca por soluções que empreguem este material de forma viável e eficaz. Contudo, existe a necessidade de uma caracterização dos resíduos sólidos oriundos de construção e demolição (RCD) que são gerados em cada região a fim de implementar ações de reciclagem adequadas à realidade local. No estado do Rio Grande do Sul são escassos os estudos publicados sobre a geração de RCD e na Região do Vale do Rio dos Sinos os primeiros levantamentos foram realizados nos municípios de São Leopoldo e Novo Hamburgo, os maiores da região em relação à densidade demográfica. O objetivo do presente estudo é apresentar dados de caracterização dos RCD destes dois municípios comparando os resultados. **Método de pesquisa/Abordagens:** realizou-se a caracterização da composição dos resíduos de duas formas: pela estimativa dos volumes do aterro de resíduos sólidos de RCD e de sua composição, e também pela realização de uma amostragem nos aterros seguida da caracterização dos resíduos por composição gravimétrica. **Resultados:** os resultados indicam não haver muita diferença na composição dos resíduos gerados nos dois municípios, indicando uma homogeneidade dos métodos construtivos e materiais empregados pela Indústria da Construção de São Leopoldo e Novo Hamburgo. Estes dados podem ser empregados para a adoção de uma política regional de incentivo a reciclagem de RCD no Vale do Rio dos Sinos. **Contribuições/Originalidade:** caracterização e reciclagem de RCD no Vale do Rio dos Sinos, Rio Grande do Sul.

**Palavras-chave:** resíduos de construção; caracterização; agregados reciclados.

### **ABSTRACT**

**Propose:** The necessity to find an adequate construction and demolition waste (CDW) destination leads to the search for solutions that employ this material in a viable and efficient form. However, the definition of an adequate action of recycling needs a previous characterization of the CDW generated in each region. In the state of the Rio Grande do Sul the studies published on the RCD generation are scarce and in the Vale do Rio dos Sinos region the first surveys had been carried through in the cities of São Leopoldo and Novo Hamburgo, the most populated cities of the region. The objective of the present study is to present results of waste construction characterization of these two cities. **Methods:** it was done a characterization of the construction waste composition in two ways: estimating the volumes of CDW deposition site and its composition with visual analyses, and also with a sampling in the CDW deposition sites followed of the gravimetric composition characterization of the residues. **Originality/value:** characterization and recycling of CDW in the Vale do Rio dos Sinos, Rio Grande do Sul.

**Keywords:** construction waste; characterization; recycled aggregate.

## 1 INTRODUÇÃO

A reciclagem de materiais de construção é uma prática muito antiga. Alguns registros apontam que, já na antiguidade, o ser humano empregava tal técnica com o objetivo de preservar os recursos naturais. Nos monumentos da antiga Grécia é possível encontrar um tipo de concreto confeccionado com um aglomerante de base calcária misturado a cacos de telhas cerâmicas e fragmentos de pedras que provavelmente haviam sido descartados das edificações. Isto prova que, desde o princípio, as mudanças que o homem provoca em seu habitat geram resíduos e que a reciclagem dos mesmos já existia na antiguidade (VITRUVIO, 2002). Atualmente, em função da grande quantidade de obras e da rápida obsolescência do ambiente construído, a quantidade de resíduos gerados aumentou substancialmente. Existe, hoje, a necessidade de se buscar alternativas para reduzir a geração e o acúmulo desses resíduos, sendo este um dos principais desafios ambientais enfrentados ao redor do mundo.

A quantidade de RCD (resíduo de construção e demolição) gerada no mundo é significativa, variando em torno de 136 kg/habitante por ano (PINTO, 1999; JOHN, 2000). Em diversos países, a geração dos RCD em relação ao total de resíduos sólidos urbanos em massa é predominante, variando de 13 a 80% (ÂNGULO, 2000). Estas variações se devem às diferenças nos critérios de classificação, no controle da geração dos resíduos, nas tecnologias e nos materiais empregados em cada país. No Brasil, somente a cidade de São Paulo gera 4.000 toneladas de RCD/dia (BRITO; 1999).

A indústria de reciclagem de resíduos têm-se ampliado em vários países, como resultado da adoção de políticas de incentivo, sendo possível se observar melhorias significativas ao meio ambiente. No Brasil, a preocupação com resíduos da construção civil é recente, sendo que a política nacional para incentivar a reciclagem, o uso, a industrialização e a comercialização destes resíduos está em elaboração. A resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA nº307, de 5 de Julho de 2002, dispõe sobre a gestão destes resíduos, estabelece diretrizes, critérios e procedimentos na sua gestão, passando a vigorar em 3 de Janeiro de 2003. Esta resolução coloca que tanto o gerador, como os transportadores e o poder público são responsáveis pelo resíduo gerado, estabelecendo, em seu artigo 13, o prazo de 18 meses para que os municípios e o distrito federal cessem a disposição de resíduos da Construção Civil em aterros de resíduos domiciliares e áreas de “bota-fora”. Contudo, após três anos de vigência, estima-se que grande parte dos municípios brasileiros ainda não se adequou às exigências estabelecidas pela resolução. No Rio Grande do Sul, por exemplo, até o prazo estabelecido, apenas o Município de Novo Hamburgo apresentava legislação pertinente (Lei Municipal nº 1.098, de 01/06/2004), com local especificamente destinado para a deposição dos RCD. Contudo, a troca de gestão municipal de Novo Hamburgo e as políticas partidárias vigentes, interromperam o processo nesta cidade. Em São Leopoldo, até o ano de 2005, a Secretaria Municipal de Meio Ambiente ainda não havia se mobilizado quanto à legislação pertinente e adequações referentes ao estabelecido na Resolução CONAMA nº 307.

Desta forma, a ausência ou ineficiência de políticas específicas para estes resíduos tem gerado danos ambientais significativos em regiões urbanas. O surgimento de aterros clandestinos, a obstrução de sistemas de drenagens, o assoreamento de rios e córregos, a proliferação de vetores transmissores de doenças, o esgotamento de aterros (inertes ou sanitários) e a contaminação do lençol freático, contribuem para o alto custo social e econômico assumido pelas prefeituras e pela população (PINTO, 1999; ÂNGULO, 2000; ZORDAN, 1997).

O desenvolvimento no setor da construção civil ocasiona um aumento na quantidade de energia consumida e de utilização de matéria prima, além de produzir uma quantidade significativa de resíduo da construção e demolição. Do ponto de vista da sustentabilidade global da sociedade é importante observar que a construção civil consome 15 a 50% dos recursos naturais do planeta (JOHN, 2000). Em função do importante volume consumido, é fundamental que a construção civil passe a substituir parte do consumo de matérias-primas naturais por resíduos.

Centrais de reciclagem de RCD vêm ganhando espaço no Brasil e, quando inseridas em políticas públicas adequadas têm contribuído decisivamente para a solução dos impactos urbanos e redução de custos gerados pela deposição irregular desses resíduos. Segundo Ângulo (2004), existiam 12 usinas de reciclagem instaladas no Brasil, privadas e públicas, com plantas simples se comparadas com as

centrais do exterior. Contudo, em levantamento realizado por Jadovski (2005), em meados de 2005 nem todas as plantas estavam operando. No Brasil, a reciclagem de boa parte desses resíduos de construção e demolição como agregados é possível porque muitos são de composição predominantemente inorgânica. Um aspecto importante é que os resíduos são constituídos de minerais não metálicos, adequados à produção de agregados, mas possuem outras frações: metais ferrosos e não ferrosos, plásticos, madeira e até mesmo gesso de construção (PINTO, 1999). O agregado gerado é empregado principalmente em bases de pavimentação, pois essa aplicação não exige grande qualidade aos agregados, tendo como principal consumidor o setor público.

Nesse contexto, com a aproximação do conceito de desenvolvimento sustentável e a necessidade de novas relações da população com o meio ambiente, a construção civil deve passar por importantes transformações. A redução de desperdícios, a busca de melhor qualidade de seus produtos, a reciclagem de seus resíduos, a elaboração de projetos voltados para a sustentabilidade ambiental, o aumento da durabilidade de componentes, são exemplos de preocupações atuais no campo da pesquisa de RCD para a sustentabilidade. Os resíduos podem ser utilizados em diversos novos materiais e produtos, como argamassas, concretos e blocos de construção.

## **2 OBJETIVO**

O presente trabalho tem por objetivo comparar os resíduos de construção e demolição gerados nos municípios de São Leopoldo (SL) e Novo Hamburgo (NH), ambos localizados no Vale do Rio dos Sinos, vizinho à região metropolitana de Porto Alegre, RS. Para tal, foi realizado um estudo experimental visando determinar os tipos de resíduos gerados em obras habitacionais, a partir de um levantamento quantitativo e qualitativo. Pretende-se empregar os dados obtidos para sensibilizar a iniciativa privada e o poder público da região, para a adoção da reciclagem de RCD.

## **3 METODOLOGIA**

### **3.1 Definição do local para coleta de resíduos**

O principal critério utilizado para a determinação do local de coleta de RCD foi a representatividade do local com relação ao produzido na região. Após uma pesquisa inicial, verificou-se que há um aterro que possui aproximadamente 80% dos resíduos da construção civil de São Leopoldo. Em Novo Hamburgo, o município dispõe de um aterro de resíduos inertes, destinado aos RCD. Não se realizou coleta em obra por haver poucas obras em construção nas cidades, o que não permitiria uma amostra significativa no tempo previsto para o desenvolvimento do trabalho.

### **3.2 Visita ao local de coleta de amostras**

Para a caracterização do resíduo optou-se por utilizar duas metodologias diferentes: amostragem parcial de resíduos, com posterior análise em laboratório, para os RCD de São Leopoldo e Novo Hamburgo, e inspeção visual de 100% da área de aterro, em São Leopoldo; essa segunda metodologia, realizada com o objetivo de permitir a validação da primeira, somente foi possível porque o aterro de São Leopoldo é relativamente novo e todo o material depositado estava exposto a céu aberto, ainda não tendo sido submetido à compactação mecânica.

As amostras do resíduo de construção e demolição de São Leopoldo foram obtidas no aterro localizado na rua Bertholino Link, no bairro São Miguel (figura 1). Os resíduos de Novo Hamburgo foram coletados no aterro municipal de resíduos inertes do Bairro Rondônia, localizado na Rua Guia Lopes (figura 2).



**Figura 1 – Fotografia aérea indicando o local do aterro em São Leopoldo**



**Figura 2 – Aterro de resíduos inertes do Bairro Rondônia, município de Novo Hamburgo**

### **3.3 Análise qualitativa no aterro de São Leopoldo, por inspeção visual**

Na primeira etapa, foram determinadas as dimensões do aterro de resíduos, e feita uma divisão entre três áreas, conforme identificado na figura 3. O critério utilizado para a definição da área do levantamento foi o período de recebimento de RCD. Na primeira área o material foi estocado ao longo do ano de 2004, até o fim do primeiro semestre de 2005; a área dois recebeu material ao longo do segundo semestre de 2005, e a área três é reservada para continuidade do aterro após a lotação da área dois. Neste trabalho, foi utilizada apenas a área 1, realizando-se uma vistoria detalhada de todo material depositado no aterro, através da análise visual, e determinação das quantidades existentes. O material existente em cada uma das pilhas, corresponde à descarga de uma caçamba de 5 m<sup>3</sup>, (conforme indicado na figura 4), e foi identificado separadamente, sendo registrada a porcentagem de cada um desses materiais.



**Figura 3 – Fotografia aérea das três áreas do aterro**



**Figura 4 – Exemplo das pilhas analisadas**

### **3.4 Coleta de resíduos nos aterros, por amostragem, e análise quantitativa**

Em São Leopoldo, a amostragem de resíduos foi feita na área 1 do aterro. Cada ponto de coleta, de um total de vinte, correspondeu a aproximadamente 30 kg de resíduo, totalizando uma amostragem superior a 600 kg de RCD. No aterro de inertes de Novo Hamburgo, no período de coletas, foi

estabelecido um acordo com o encarregado para que, após cada visita para coleta, as novas cargas de resíduos fossem dispostas em pilhas diferentes daquelas amostradas. Foram coletados aproximadamente 450 kg de resíduos, formando uma amostra a partir de 10 pontos diferentes. Em ambos os municípios, os resíduos foram retirados da base, do meio e do topo das pilhas, segundo especificado na NM 26 (ABNT, 2000).

A segregação do resíduo em categorias foi feita manualmente, empregando-se ferramentas para separar materiais aderidos. As categorias adotadas para esta segregação foram: concreto; argamassa; cerâmica branca; cerâmica vermelha; pisos; pedra arenito; pedra basalto; pedra granito; finos. Após, os resíduos foram pesados, e determinados os percentuais de cada um dos constituintes do resíduo coletado.

### 3.5 Beneficiamento e caracterização do resíduo

Para caracterização dos resíduos como agregados, as amostras foram moídas em um moinho de mandíbulas com abertura de boca com 200 x 130 mm e motor de 5 CV. Os agregados obtidos foram separados em duas faixas granulométricas, miúda e graúda, e foram determinadas a distribuição granulométrica, a massa específica e a absorção de água.

A análise granulométrica das amostras de resíduos foi realizada segundo a NBR NM 248 (ABNT, 2003). Para a determinação da massa específica aparente dos resíduos, foram empregados os métodos estabelecidos nas normas NM 53 (ABNT, 2002), para agregado graúdo, e NM 52 (ABNT, 2002), para agregado miúdo. A absorção de água foi realizada segundo especificado na NM 30 (ABNT, 2000) e pela NM 53 (ABNT, 2002).

## 4 RESULTADOS E ANÁLISE

### 4.1 Análise qualitativa dos resíduos de São Leopoldo

Os resultados obtidos pelo levantamento visual, expressos na forma de médias, pode ser visualizado na tabela 1.

**Tabela 1 - Descrição da análise visual realizada na área 1**

<b>MATERIAIS PRESENTES</b>	<b>(%)</b>
<b>Cerâmica vermelha</b>	4,8
<b>Cerâmica ver. c/ argamassa</b>	31,0
<b>Piso</b>	7,9
<b>Concreto</b>	16,7
<b>Pedras</b>	6,9
<b>Brita</b>	2,7
<b>Azulejo</b>	2,9
<b>Telhas</b>	3,0
<b>Galhos</b>	11,9
<b>Outros</b>	12,2
<b>Total</b>	100,0

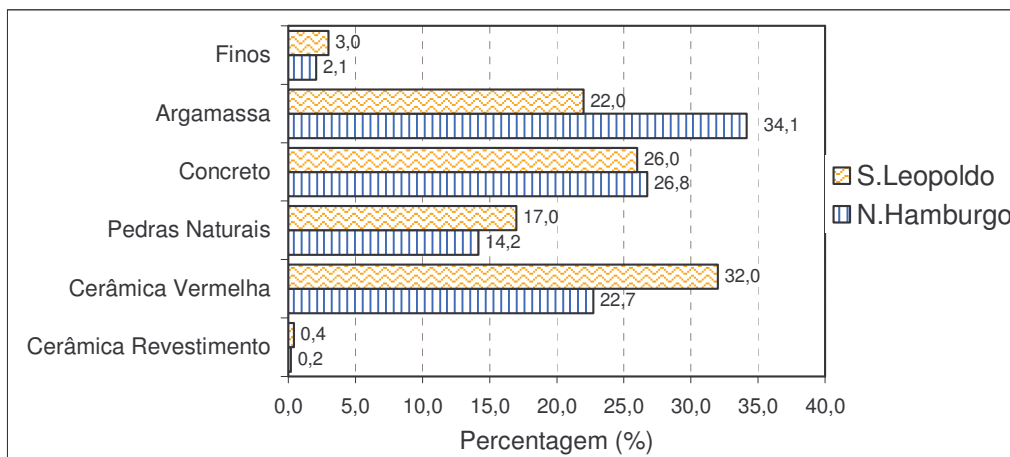
Os dados indicam que a variabilidade dos materiais existentes nas pilhas da área 1 é bastante grande, havendo presente uma quantidade maior de cerâmica vermelha com argamassa e concreto; os demais materiais encontrados apresentaram proporções menores se comparados com os citados.

### 4.2 Análise quantitativa dos resíduos de São Leopoldo e Novo Hamburgo

Os resultados obtidos após a segregação dos resíduos nas categorias definidas são apresentados na figura 5.

A caracterização dos resíduos indica que a maior parcela refere-se à argamassa, cerâmica vermelha e concreto, com valores médios muito próximos, sem diferenças significativas. Para os resíduos de SL a análise revelou uma predominância de cerâmicas vermelhas (32%), seguida pelo concreto (26%) e pelas argamassas (22%). A predominância da cerâmica vermelha em SL já havia sido detectada quando se realizou a análise visual das pilhas existentes na área 1 do aterro. Já para NH ocorreu uma

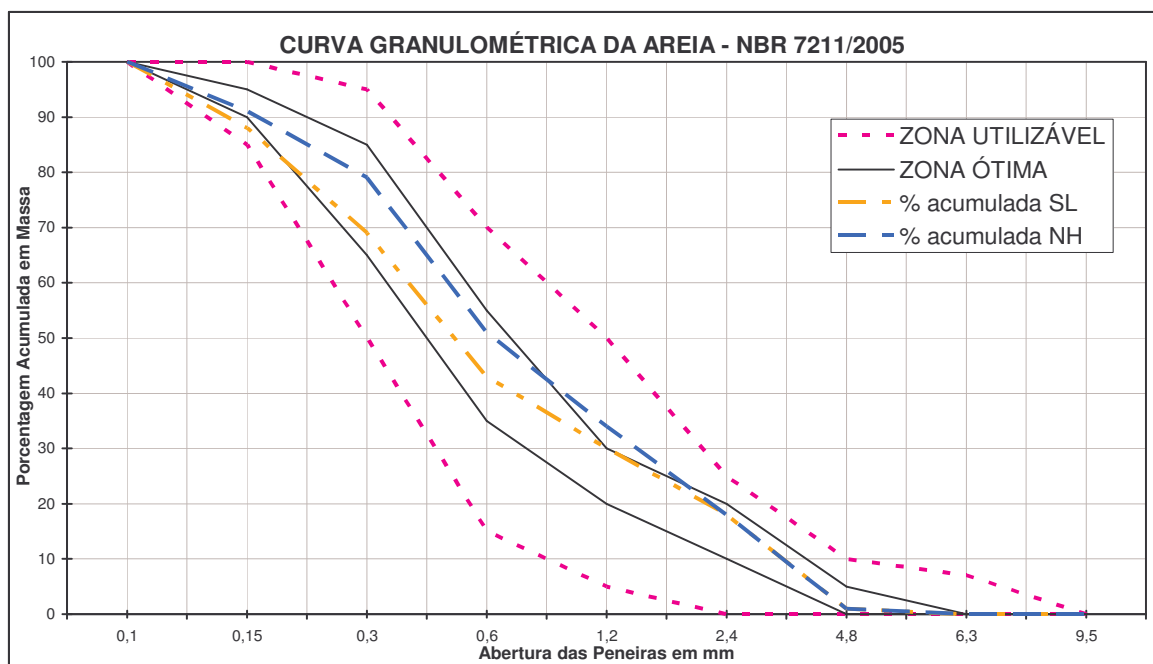
inversão com predominância de argamassas (34%), seguida pelo concreto (27%) e pelas cerâmicas vermelhas (23%).



**Figura 5 - Composição dos resíduos em São Leopoldo e Novo Hamburgo**

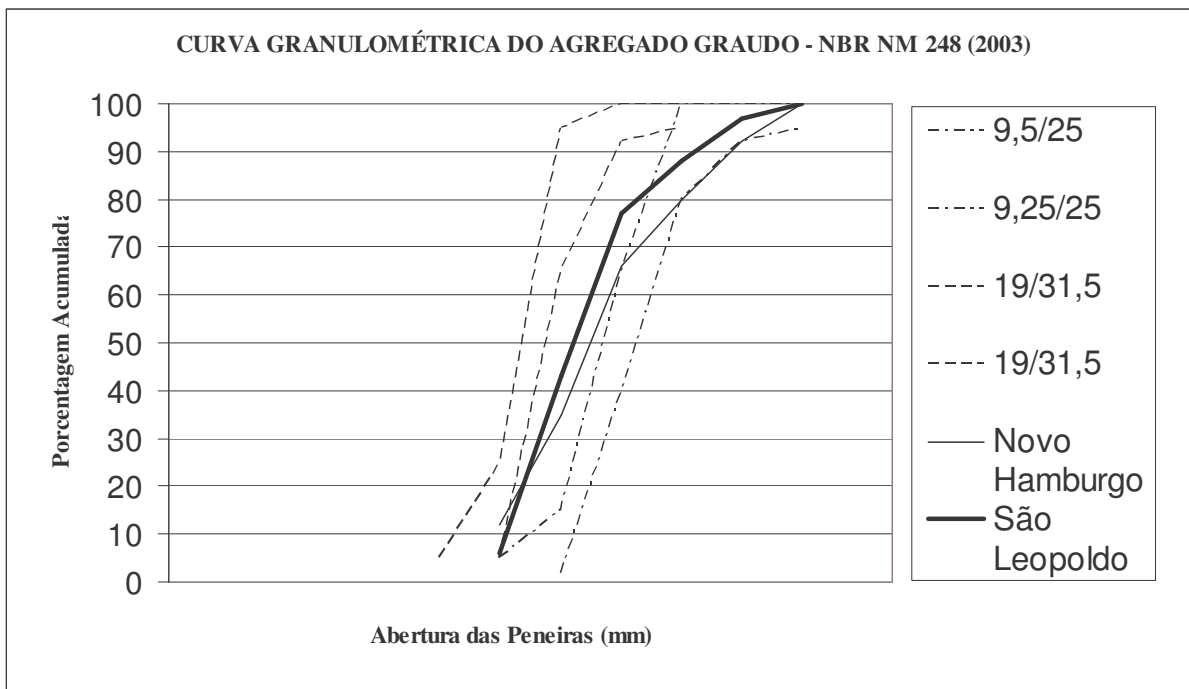
#### 4.3 Caracterização do agregado obtido pela britagem do resíduo.

Após a britagem dos resíduos, em britador de mandíbulas, o material resultante foi dividido entre miúdo e graúdo. A caracterização da granulometria do agregado miúdo foi realizada pela média de duas amostras, sendo que a figura 6 apresenta as curvas granulométricas destes agregados.



**Figura 6 - Curva granulométrica do agregado miúdo obtido pela britagem de RCD nos municípios de São Leopoldo e Novo Hamburgo**

De forma geral, já se esperava que o material processado apresentasse uma curva granulométrica mal distribuída, em função de sua composição ser muito variada e oriunda de materiais com dimensões e formas muito distintas. Entretanto, apesar da expectativa inicial, os agregados ficaram classificados na zona utilizável, sendo possível utilizá-los para a fabricação de concreto sem a necessidade de correções em sua curva granulométrica.



**Figura 7 - Curva granulométrica do agregado graúdo obtido pela britagem de RCD nos municípios de São Leopoldo e Novo Hamburgo**

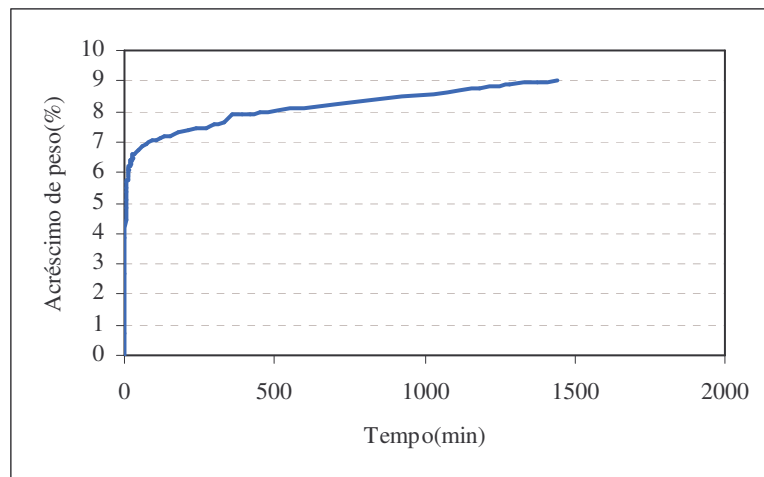
De acordo com os valores da porcentagem retida acumulada, apresentados na figura 7, a fração graúda do resíduo não se enquadra nas zonas granulométricas previstas em norma. Apesar disso, considera-se que é possível dosar concretos trabalháveis com o agregado graúdo reciclado, sem a necessidade de separação da fração que se enquadre em alguma das zonas granulométricas especificadas em norma, o que poderia inviabilizar economicamente a reciclagem. Segundo a NBR NM 248 (2003), tanto para agregado miúdo como para agregado graúdo, o somatório de todas as massas retidas em cada uma das peneiras, não deve diferir mais de 0,3% da massa seca da amostra inicialmente introduzida no conjunto de peneiras. Esse limite pôde ser atendido nas amostras.

As demais características dos agregados graúdos e miúdos ensaiadas no estudo são apresentadas na tabela 2. O valor encontrado para massa específica é aceitável, pois em geral, segundo a norma, um agregado para concreto está entre 2,4 e 2,9 g/cm<sup>3</sup>.

**Tabela 2 – Características físicas dos agregados de RCD**

Característica	São Leopoldo		Novo Hamburgo	
	Miúdo	Graúdo	Miúdo	Graúdo
Dimensão máxima característica (mm)	4,8	25	4,8	32
Módulo de finura	2,49	6,64	2,74	7,05
Massa específica aparente dos resíduos (g/cm <sup>3</sup> )	2,40	2,40	-----	-----

Para a realização do ensaio utilizou-se apenas o agregado graúdo de RCD. Os resultados encontrados no ensaio para determinação da absorção de água dos resíduos de São Leopoldo, de acordo com a NM 53 (2002), estão apresentados na figura 8.



**Figura 8 - Curva da absorção de água do agregado graúdo**

Os agregados ensaiados apresentaram uma taxa elevada de absorção de água durante os primeiros 12 minutos, e depois diminuíram consideravelmente a absorção, conforme demonstra a figura 8. Os agregados de RCD ensaiados apresentaram uma absorção de água bem superior a do agregado usual da região (basaltos e granitos) em função da existência de grande quantidade de materiais cerâmicos e argamassas em sua composição. Desta forma, ao dosar concretos com o agregado oriundo do RCD, deve-se, primeiramente, deixar o agregado em contato com água por ao menos 12 minutos, pois assim se evitará que o concreto mude significativamente a sua consistência ainda no estado fresco.

#### 4.4 Comparação entre caracterizações de RCD em diversos municípios brasileiros

A tabela 3 apresenta uma compilação de resultados de caracterização de RCD em diversos municípios do Brasil, sendo possível compará-los com os resultados obtidos nos municípios de São Leopoldo e Novo Hamburgo. Mesmo considerando-se que as metodologias adotadas nesses trabalhos são diferentes, pode-se considerar que o resultado serve como referência para a comparação entre eles.

**Tabela 3 – Composição percentual de RCD por município**

Composição do resíduo	Londrina <sup>1</sup> (PR)	São Carlos <sup>2</sup> (SP)	Ribeirão Preto <sup>3</sup> (SP)	Itatinga <sup>4</sup> (SP)	Itatiba <sup>4</sup> (SP)	Porto Alegre <sup>5</sup> (RS)	São Leopoldo (RS)	Novo Hamburgo (RS)
Argamassa	16,0	64,4	37,6	25,0	40,0	28,3	22,0	34,2
Materiais cerâmicos	52,0	29,4	23,4	30,0	47,0	26,3	43,4	22,9
Concreto	---	4,8	21,2	8,0	13,0	15,2	26,0	26,8
Pedras	---	1,4	17,8	---	---	30,0	6,0	14,1
Outros	32,0	---	---	37,0	---	0,4	3,0	2,1

Fonte: <sup>1</sup>Levy (1997), <sup>2</sup>Pinto (1999), <sup>3</sup>Zordan (1997), <sup>4</sup>Brito (1999), <sup>5</sup>Leite (2001).

Conforme a tabela 3 pode-se verificar que há uma grande dispersão nos resultados de composição de RCD nos diversos municípios citados. Tomando-se apenas os resultados encontrados no estado de São Paulo pode-se perceber que existe uma variação muito grande em relação à porcentagem dos materiais. O mesmo comportamento é observado para os municípios analisados no estado do Rio Grande do Sul, onde também se constata grande dispersão nos resultados. Os resíduos que apresentaram valores percentuais mais próximos são os de materiais cerâmicos e as argamassas.

Devido à dispersão verificada entre os diversos estudos, recomenda-se que as metodologias adotadas para o uso dos RCD devam considerar a variação de composição inerente ao próprio resíduo, sendo fundamental o desenvolvimento de metodologias que considerem esta variabilidade na dosagem de concretos e argamassas.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho realizado permite tecer as seguintes considerações em relação às metodologias de análise: (a) os resultados obtidos, ao adotarem-se duas metodologias distintas para a estimativa percentual de resíduos, são sensivelmente diferentes, sendo necessário a padronização de uma metodologia específica para esta estimativa; (b) através da análise visual dos resíduos em São Leopoldo, verifica-se que a quantidade de materiais que originam o RCD é bastante grande, destacando-se uma quantidade maior de cerâmica vermelha com argamassa: 31%, concreto: 16,7%, galhos 11,9% e pisos 7,9%; os demais materiais (cerâmica vermelha, pedra, brita, azulejo, telhas, e outros) encontrados apresentaram proporções menores, se comparados com os acima citados, totalizando 32,5%.

A partir da análise quantitativa da amostra de resíduos coletada, constatou-se a existência dos seguintes materiais: pisos, cerâmica vermelha, cerâmica polida, finos, pedra arenito, pedra (arenito, basalto, granito, quartzito) concreto e argamassa. Os resultados percentuais da composição do RCD para os dois municípios estudados não apresentaram grande dispersão entre si. Os maiores valores médios do levantamento foram: 28% para argamassa, 27% para cerâmica vermelha e 26% para concreto. Os valores individuais, para os municípios de São Leopoldo e Novo Hamburgo, respectivamente, foram: 22 e 34% para argamassa, 32 e 23% para cerâmica vermelha e 26 e 27% para concreto. A predominância da cerâmica vermelha para o RCD de São Leopoldo já havia sido detectada quando se realizou a análise visual das pilhas existentes na área 1 do aterro.

A caracterização dos agregados de RCD, obtidos a partir da moagem do resíduo dos municípios de São Leopoldo e Novo Hamburgo, permite as seguintes considerações:

- o agregado miúdo obtido pela moagem de RCD apresentou uma granulometria que se enquadra na zona utilizável, ou seja, é possível utilizá-lo para a fabricação de concreto sem a necessidade de mistura para corrigir sua curva granulométrica. A dimensão máxima característica do agregado miúdo apresentou um valor de 4,8 mm, para os dois municípios, e o módulo de finura encontrado foi 2,49 (SL) e 2,74(NH);
- o agregado graúdo obtido pela moagem de RCD, não se enquadrou nas zonas granulométricas previstas na norma NBR NM 248 (2003). A dimensão máxima característica do agregado graúdo apresentou um valor de 25 mm (SL) e 32 mm (NH), e o módulo de finura encontrado foi de 6,64 (SL) e 7,05 (NH);
- a massa específica aparente dos agregados de RCD foi de 2,40 g/cm<sup>3</sup> para agregados miúdos e graúdos, sendo este valor aceitável segundo a norma NM 53 (2002), e a amostra de RCD (agregado graúdo) apresentou uma absorção de água bem superior a do agregado tradicional, devido a sua composição, o que exige a adoção de molhagem prévia antes de sua utilização.

A comparação dos dados obtidos em São Leopoldo e Novo Hamburgo com resultados obtidos em outros municípios dos estados de São Paulo e Paraná demonstra que há uma grande diferença na composição dos resíduos. Os materiais que apresentaram valores percentuais mais próximos são os cerâmicos e as argamassas. Em função da dispersão verificada entre os diversos estudos, é fundamental que as metodologias adotadas para a reciclagem dos RCD considerem esta variabilidade.

## 6 REFERÊNCIAS

ÂNGULO, S. C. **Variabilidade de agregados graúdos de resíduos de construção e demolição reciclados**. 2000. 155 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) Agregados: determinação da composição granulométrica – NBR NM 248. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO MERCOSUL (AM). Amostragem de agregados – NM 26:2000.

\_\_\_\_\_. Agregado miúdo: determinação da absorção de água – NM 30:2000.

\_\_\_\_\_. Agregados: determinação da massa específica aparente do agregado graúdo – NM 53:2002.

BRITO, J. A. Cidade versus entulho. In: SEMINÁRIO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 2., 1999, São Paulo, **Anais...** São Paulo: Comitê Técnico CT 206 Meio Ambiente (IBRACON), 1999. p. 56-67.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução nº 307**. Brasília, 2002.

JADOVSKI, I. **Análise de viabilidade econômica de usinas de reciclagem de resíduos de construção e demolição**. 2005. 191 p. Trabalho de conclusão (mestrado profissional) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de engenharia, Curso de Mestrado profissionalizante em Engenharia. Porto Alegre, 2005.

JOHN, V.M. **Reciclagem de resíduos na construção civil**: contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento. São Paulo, 2000. 102 p. Tese (Livre-Docência em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

LEITE, M.B. **Avaliação das propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição**. Porto Alegre, 2001. 270p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

LEVY, S. M. **Reciclagem do entulho da construção civil, para utilização como agregados para argamassas e concretos**. São Paulo, 1997. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

PINTO, T. P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. 1999. 189 p. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

VITRUVIO POLIÃO, M. **Da Arquitetura** São Paulo : Annablume, Hucitec, 2002. 245p

ZORDAN, S.E. **A utilização do entulho como agregado, na confecção do concreto**. Campinas. 1997. 140 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade de Campinas, Campinas, 1997.

## **7 AGRDECIMENTOS**

Os autores agradecem à FINEP, à FAPERGS e à Prefeitura de Novo Hamburgo (SEMAM) pela colaboração ao trabalho.