



## PROPOSTA PARA UTILIZAÇÃO TOTAL DOS RESÍDUOS GERADOS POR USINAS DOSADORAS DE CONCRETO

**Eduardo Polesello (1); Abrahão Bernardo Rohden (2); Denise Carpena Dal Molin (3);  
Angela Borges Masuero (4)**

- (1) Mestrando em Engenharia Civil – NORIE – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil – e-mail: edupole@terra.com.br  
(2) Mestrando em Engenharia Civil – NORIE – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil – e-mail: abrcivil@gmail.com  
(3) Programa de Pós Graduação – NORIE – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil – e-mail: 00006726@ufrgs.br  
(4) Programa de Pós Graduação – NORIE – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil – e-mail: angela.masuero@ufrgs.br

### RESUMO

A indústria da construção civil representa uma das atividades humanas com maior impacto sobre o meio ambiente, tanto pelo volume de recursos naturais consumidos, como pela geração de resíduos. Umas das atividades ligadas à construção civil responsável pela geração de resíduos são as centrais dosadoras de concreto, que geram um resíduo agressor ao meio ambiente proveniente de sobras de concreto. Na Alemanha, estima-se que o índice de desperdício de concreto pré-misturado varia de 1% a 4% em relação ao volume dosado. No Brasil este índice alcança valores bem mais altos, sendo que a estimativa é de 9%. O objetivo deste trabalho é propor uma forma de reutilização total desse resíduo. É apresentada a caracterização e quantificação do volume de resíduo gerado diariamente em quatro centrais de concreto localizadas no estado do Rio Grande do Sul. É proposto como solução viável tecnicamente a produção de blocos com sobras de concretos. Além das propriedades mecânicas dos concretos analisados, apresenta-se uma sugestão de processo para reaproveitamento total do resíduo gerado.

**Palavras-chave:** resíduo de central de concreto; reutilização; concreto.

## 1 INTRODUÇÃO

Houve um tempo em que as pessoas não se preocupavam com a geração de resíduos. Os resíduos eram gerados e jogados na água, ar ou solo, sem controle. Com o crescimento e a diversificação das atividades produtivas e o consequente aumento da geração de resíduos, os órgãos ambientais, que são responsáveis pela qualidade do meio ambiente, passaram a solicitar das empresas o Licenciamento Ambiental, bem como o controle e tratamento de suas emissões atmosféricas, resíduos sólidos e águas servidas (efluentes líquidos). Tornou-se necessária a figura de um responsável pela área ambiental dentro das empresas. Essa tendência é claramente percebida em função das exigências crescentes da sociedade, refletidas em padrões ambientais cada vez mais restritos e o aumento das ferramentas de comando e controle dos órgãos ambientais.

Grandes companhias já fazem investimentos contínuos e crescentes no controle da poluição, pois sabem que este controle pode pôr em risco a viabilidade de um negócio, o que as tem forçado a adotar a prevenção da degradação ambiental e instrumentos de gestão ambiental cada vez mais eficiente para novas operações e produtos.

Assim, quando há geração de resíduo numa empresa, está se perdendo matéria-prima, pela qual pagou, e esse resíduo poderia ser minimizado, em vez de causar poluição, reduzindo os custos do processo produtivo e tornando a empresa mais competitiva. Além disso, podem surgir novas oportunidades de negócio como a reutilização ou reciclagem de resíduos. A redução da degradação ambiental também resulta em ganhos para as empresas porque envolve a preservação do patrimônio e dos recursos naturais e da biodiversidade.

Analizando o histórico do gerenciamento ambiental podem-se visualizar nitidamente as tendências seguidas pela evolução das questões ambientais nas últimas décadas conforme mostra a figura 1.

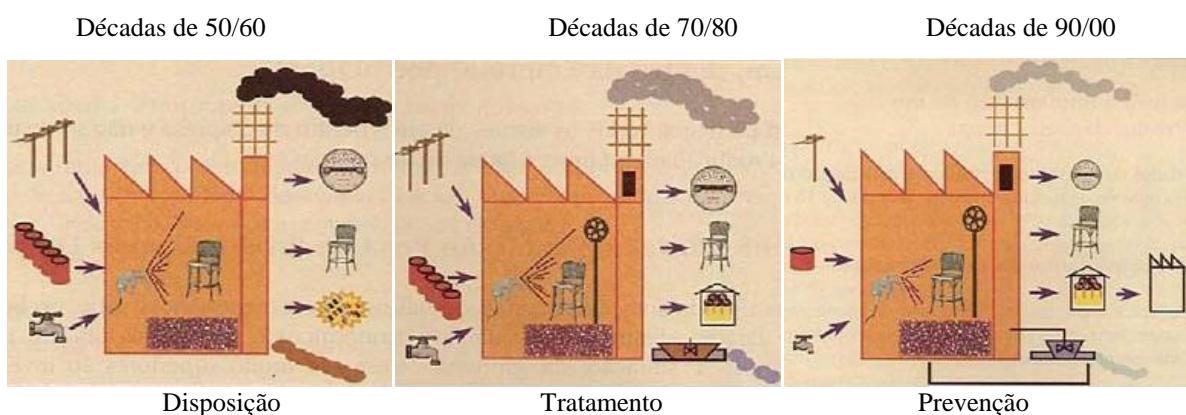


Figura 1 – Evolução das questões Ambientais (Fonte: SENAI-RS, 2003)

Nos últimos 60 anos, a partir do melhor entendimento da cadeia de geração de resíduos, as políticas de controle da poluição evoluíram dos métodos conhecidos como fim-de-tubo para o princípio de prevenção, que modificou a abordagem convencional de “O que fazer com os resíduos?” para “O que fazer para não gerar resíduos?”. Sobre este último princípio fundamenta-se a Produção mais Limpa. A figura 2 define claramente a diferença desses métodos de abordagem sobre resíduos.

Esta nova abordagem sobre a questão dos resíduos levou a uma mudança de paradigma. O resíduo, que antes era visto apenas como um problema a ser resolvido, passou a ser encarado também como uma oportunidade de melhoria. Isto só foi possível após a percepção de que o resíduo não era inerente ao processo, mas, pelo contrário, era um claro indicativo da ineficiência deste. Portanto, é a identificação e análise do resíduo que dará início à atividade de avaliação de Produção mais Limpa.

Tecnologia fim-de-tubo	Produção mais limpa
Como se podem tratar os resíduos e as emissões existentes?	De onde vê os resíduos e as emissões existentes?
Pretende reação	Pretende ação
Leva a custos adicionais	Ajuda a reduzir custos
Os resíduos, efluentes e as emissões são limitados através de filtros e unidades de tratamento: soluções de Fim de Tubo, tecnologia de reparo, armazenagem de resíduos	Prevenção da geração de resíduos, efluentes e emissões na fonte o que evita processos e materiais potencialmente tóxicos
A proteção ambiental foi introduzida depois que os produtos e processos foram desenvolvidos	A proteção ambiental é uma parte integrante do desenvolvimento do produto e da engenharia de processo
Os problemas ambientais são resolvidos a partir de um ponto de vista tecnológico	Resolvem-se os problemas ambientais em todos os níveis e envolvendo a todos
Proteção ambiental é um assunto para especialistas competentes, que são trazidos de fora e aumentam o consumo de material e energia	Proteção ambiental é tarefa de todos, pois é uma inovação desenvolvida dentro da empresa e com isto reduz o consumo de material e energia
Complexidade dos processos e os riscos são aumentados	Os riscos são reduzidos e a transparência é aumentada
Proteção ambiental focada no cumprimento de prescrições legais. É o resultado de um paradigma de produção que data de um tempo em que os problemas ambientais ainda não eram conhecidos	É uma abordagem que cria técnicas e tecnologias de produção para o desenvolvimento sustentável

Figura 2 – Tecnologias de Fim de Tubo e Produção mais Limpa (SENAI-RS, 2007)

Neste contexto, a Produção mais Limpa consolida-se como ferramenta extremamente útil para a promoção do desenvolvimento sustentável, pois, por um lado aumenta a eficiência dos processos produtivos, melhorando a competitividade das organizações, por outro lado, racionaliza o consumo de recursos naturais e reduz a geração de resíduos, efluentes e emissões.

A indústria da construção civil representa uma das atividades humanas com maior impacto sobre o meio ambiente, tanto pelo volume de recursos naturais consumidos, como pela geração de resíduos. Esses recursos naturais estão se tornando cada vez mais escassos, enquanto que a geração de resíduos está crescendo pelo alto desenvolvimento urbano observado nos últimos anos (SOUZA, 2007).

Na Indústria da Construção Civil, até então, não havia preocupação alguma com o esgotamento dos recursos não renováveis utilizados ao longo de toda sua cadeia de produção; e muito menos com os custos e prejuízos causados pelo desperdício de materiais e com o destino dado aos rejeitos produzidos nesta atividade. No Brasil, em particular, a falta de uma consciência ecológica na indústria da construção civil resultou em estragos ambientais irreparáveis, agravados pelo maciço processo de migração ocorrido na segunda metade do século passado, quando a relação entre população rural e população urbana, de 75% para 25%, foi invertida, ocasionando uma enorme demanda por novas habitações (SENAI, 2007).

No Brasil, desde julho de 2004, com a Resolução 307, de 05 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), as exigências para definição de formas alternativas para o reaproveitamento e reciclagem dos resíduos da indústria da construção civil tornaram-se urgentes. A Resolução preconiza que as prefeituras estão proibidas de receber os resíduos de construção e demolição nos aterros sanitários, e que cada município deve ter um plano integrado de gerenciamento deste tipo de resíduos. Esta iniciativa vem estimular as prefeituras de todo o país no sentido de incentivar o reaproveitamento destes resíduos. A Resolução foi o primeiro documento que buscou definir diretrizes, critérios, procedimentos e responsabilidades a todos os elementos envolvidos no processo de geração e destinação dos resíduos da construção civil, incluindo os municípios, os geradores e os transportadores (BRASIL, 2002).

Inúmeras são as atividades ligadas à construção civil responsáveis por essa geração de resíduos, dentre elas estão às centrais dosadoras de concreto, que geram um resíduo agressor ao meio ambiente proveniente de sobras de concreto. Segundo Rezende (1996), na Alemanha, o desperdício de concreto pré-misturado varia de 1% a 4% em relação ao volume total dosado. Segundo a ABESC (2009), num

recente estudo coordenado pelo DECC/USP, o índice médio de desperdício de concreto dosado em central ficou em cerca de 9%. Algumas estimativas da ABESC, para a região metropolitana de São Paulo apontam para um volume de cerca de 3.500m<sup>3</sup> a 7.000m<sup>3</sup> de concreto residual gerados mensalmente nas centrais dosadoras. No Brasil, o setor de centrais dosadoras é composto por cerca de 130 empresas com aproximadamente 600 centrais, dosando um volume anual de 9.500.000m<sup>3</sup> de concreto. Estimando um índice médio de perdas igual a 9% para o concreto dosado nessas centrais, o volume total desperdiçado chega a 855.000m<sup>3</sup>. Esse resíduo de centrais de concreto será analisado nesse trabalho.

## 2 OBJETIVO

O objetivo desse trabalho é quantificar em centrais dosadoras de concreto com produções médias diárias diferentes a geração de resíduos de sobras de concretos, quantificando esse resíduo, apresentando uma alternativa de reutilização do mesmo e propondo através de uma sugestão de processo o reaproveitamento total do mesmo.

## 3 METODOLOGIA

### 3.1 Identificação e classificação do resíduo

O resíduo em estudo, resíduo de centrais dosadoras de concreto, constitui-se em concretos desperdiçados nas usinas provenientes seja pelo retorno de sobras de concreto nos caminhões betoneiras, bomba de concreto ou pela lavagem dos caminhões e bombas que é depositado em decantadores, conforme ilustrado na Figura 3.



Figura 3 – geração do resíduo em centrais dosadoras de concreto

A Resolução 307 (BRASIL, 2002) classifica os resíduos da construção civil em quatro grandes classes:

*“Classe A - são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados;*

*Classe B - são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras e outros;*

*Classe C - são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação, tais como os produtos oriundos do gesso;*

*“Classe D - são os resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como: tintas, solventes, óleos e outros, ou aqueles contaminados oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros.” (BRASIL, 2002).*

Os resíduos abordados nesse trabalho são classificados como resíduo classe A, provenientes do processo produtivo de indústria de concreto dosado em central, e podem ser denominados como agregados reciclados.

Agregado reciclado é definido na Resolução 307 como sendo o material granular proveniente do beneficiamento de resíduos de construção que apresente características técnicas para a aplicação em obras de edificação, de infra-estrutura, em aterros sanitários ou outras obras de engenharia.

### **3.2 – Metodologias adotadas para quantificação do resíduo**

Analisaram-se quatro centrais de concreto de diferentes regiões geográficas do Rio Grande do Sul com diferentes volumes médios de concreto produzidos diariamente. As medições foram realizadas nos meses de outubro e novembro do ano de 2009. Acompanhou-se por períodos de tempo definidos cada uma das centrais realizando-se medições, três em cada usina, de produção de concreto e de resíduo gerado respectivamente, registrando-se ao final a média em cada usina e a média total final das quatro usinas, por se tratar de filiais de uma mesma empresa.

### **3.3 – Reaproveitamentos na produção de blocos de concreto**

Confeccionaram-se, com base em modelos adotados por outras empresas do setor, fôrmas para produção de blocos maciços de concreto. As fôrmas foram feitas com chapa de aço resistente de 10 mm de espessura para apresentarem boa vida útil, e, projetadas com todo um encaixe prático das chapas para facilitar na operação de montagem, desforma e manutenção. A figura 4 apresenta o modelo final de fôrma utilizado.



Figura 4 – Modelo de fôrma adotado para produção dos blocos

A metodologia utilizada para análise financeira dos custos de fabricação de cada fôrma e resultado com sua implantação será feita comparando-se com um custo médio do m<sup>3</sup> de concreto.

### **3.4 – Reaproveitamento da água de lavagem**

Através do processo de sucessivos níveis de decantação a água utilizada para lavagem de caminhões betoneiras e bombas de concreto retorna para o concreto, caracterizando um ciclo fechado, sem disposição dessa água no meio ambiente conforme esquematizado na figura 5.

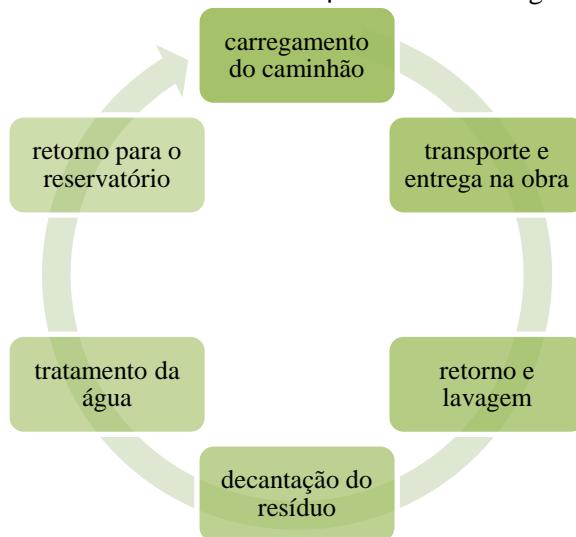


Figura 5 – Ciclo fechado da água na central de concreto

A figura 6 mostra o sistema em funcionamento da fase de decantação do resíduo por decantação até o retorno para o reservatório para posterior utilização.



Figura 6 – Processo de decantação para reaproveitamento da água de lavagem

### **3.5 – Reaproveitamento do resíduo como agregado graúdo para concreto**

Existem tecnologias comercialmente disponíveis que visam o reaproveitamento de agregados graúdos, através da separação deste dos demais componentes do concreto quando este se encontra no estado fresco. Contudo estas soluções se justificam financeiramente para grandes volumes devido aos elevados custos de implantação do sistema. Por este motivo é importante buscar soluções alternativas mais simples e menos dispendiosas que viabilizem este reaproveitamento em escalas de produção menores. Um exemplo aplicável aos decantadores comumente encontrados em usinas existentes seria a implantação de um dispositivo dotado de peneiras que possibilite a separação do agregado graúdo durante a lavagem dos equipamentos.

### **3.6 – Reaproveitamento do resíduo como fino em concreto auto-adensável**

De acordo com um estudo piloto realizado em paralelo a este trabalho demonstrou-se que é tecnicamente viável a utilização do resíduo passante na peneira 4,8 mm, proveniente da lavagem dos balões de caminhões de demais equipamentos utilizados no transporte e lançamento do concreto, como material fino na dosagem de concreto auto adensável (ROHDEN *et al*, 2010).

## **4 ANÁLISE DE RESULTADOS**

### **4.1 - Quantificação do resíduo**

Através das medições semanais realizadas ao longo de dois meses obteve-se uma média diária de produção e resíduo gerado em cada uma das quatro usinas de concreto monitoradas. A Tabela 1 apresenta para cada usina monitorada a produção diária média e o volume médio de resíduo gerado diariamente no período de 5 de outubro a 27 de novembro de 2009.

Tabela 1 – Geração de resíduo média diário

<b>Usina</b>	<b>Produção média diária</b>	<b>Resíduo médio diário</b>
U 01	152,77 m <sup>3</sup>	6,73 m <sup>3</sup>
U 02	108,40 m <sup>3</sup>	5,00 m <sup>3</sup>
U 03	75,05 m <sup>3</sup>	4,14 m <sup>3</sup>
U 04	51,38 m <sup>3</sup>	3,00 m <sup>3</sup>

A figura 7 apresenta o percentual que o resíduo gerado representa da produção de cada usina. Observa-se que o percentual de resíduo gerado aumenta com a diminuição de produção média diária. Dado comprovado pelo fato desse resíduo ser gerado, em grande parte, pela lavagem de caminhões e bombas de concreto, o que é geralmente efetuado ao final de cada dia. A figura 8 apresenta o volume médio de resíduo gerado nas unidades no período de realização do estudo.

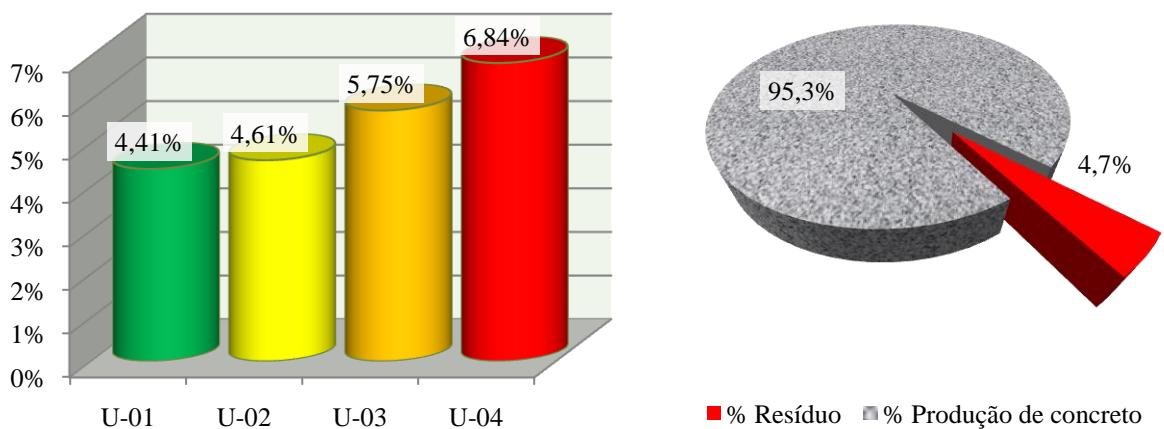


Figura 7 – resíduo em percentual da produção

Figura 8 – geração média de resíduo nas unidades

#### 4.2 – Reaproveitamento do concreto que retorna a central

O concreto fornecido aos clientes nem sempre é totalmente utilizado, assim uma fração desse volume dosado retorna à central no interior do balão de concreto. Para este resíduo gerado propôs-se a confecção de blocos de concreto. Para se viabilizar essa alternativa se propôs e se implantou nas usinas onde o presente estudo foi realizado fôrmas para moldagem de blocos maciços de concreto. Estes blocos já estão sendo utilizados nas próprias usinas na construção de novas baias para armazenagem de insumos e futuramente podem ser empregados como muros de arrimo em outras destinações. Adotou-se esta solução para o reaproveitamento do concreto que retorna a central por não demandar mão-de-obra extra para sua operacionalização. Neste estudo foram implantadas quatro fôrmas para produção de blocos em cada unidade. Cada forma tem um volume de 0,25 m<sup>3</sup>, assim com a implantação das quatro fôrmas em cada central obteve-se um reaproveitamento de 11% do resíduo gerado. A figura 9 apresenta a redução representada pela solução implantada no volume total de resíduos.

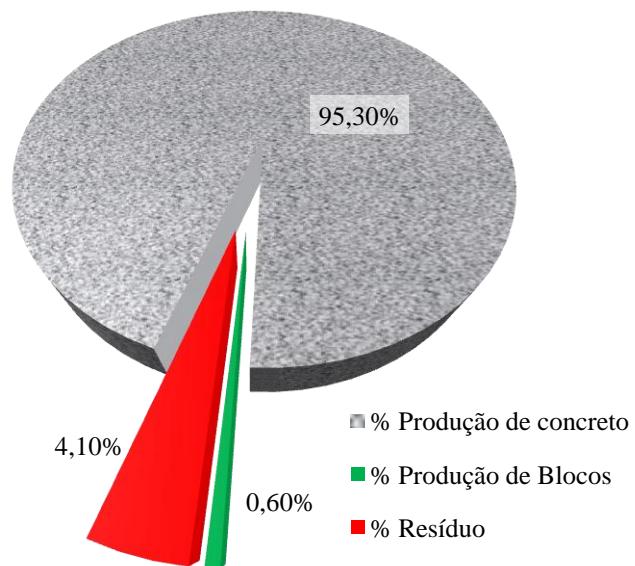


Figura 9 – geração média de resíduos com reaproveitamento parcial do concreto que retorna a central  
É importante observar que a diminuição do percentual de resíduos poderia ser mais expressiva se um número maior de formas fosse empregado.

##### 4.2.1 – Análise financeira da implantação da fôrma para blocos

A análise do custo da fabricação de cada fôrma para moldagem dos blocos foi feita em relação ao

custo médio do m<sup>3</sup> de concreto dosado pelas unidades onde se fez o presente estudo. Analogamente, também se quantificou, através de um levantamento de mercado, o custo do serviço para coleta de um m<sup>3</sup> de resíduo, para se fazer a comparação entre os custos converteu-se esse valor em custo equivalente ao custo médio de um m<sup>3</sup> do concreto dosado. A figura 10 mostra que o custo da coleta e disposição de cada metro cúbico de resíduo gerado por uma central de resíduo de concreto tem custo de 0,3 m<sup>3</sup> de concreto. Já o custo da produção da forma proposta tem o custo equivalente a 7,6 m<sup>3</sup> de concreto.

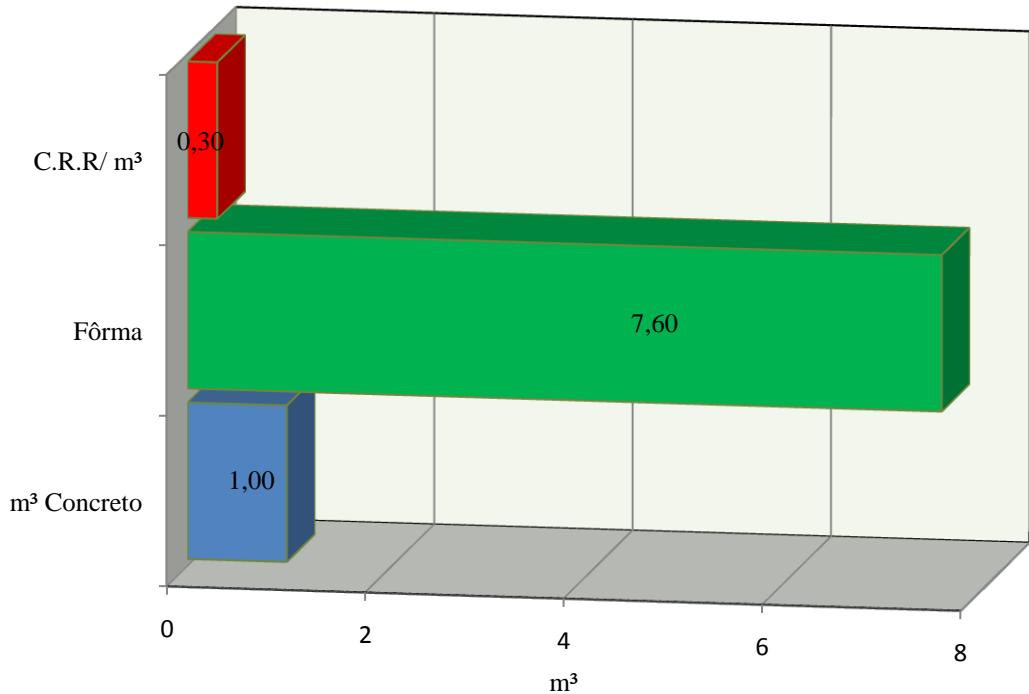


Figura 10 – comparação do custo da forma com o custo da disposição do resíduo

Observa-se que a partir do reaproveitamento de 25 m<sup>3</sup> de sobras de concretos na fabricação de blocos, o custo inicial relacionado a uma fôrma já é justificado. Lembrando que, além disso, ainda estaremos reduzindo os danos ambientais com a diminuição desse resíduo, e que o bloco produzido serve de importante peça para construção de baias para agregados, conforme apresentado, reduzindo com isso os gastos com material para construção de tal permitindo um melhor controle (organização, diminuição de perdas) dos agregados.

#### 4.3 – Utilização dos finos do rejeito na produção de concreto auto adensável

O estudo piloto realizado em paralelo a este trabalho contemplou a dosagem de duas famílias de concretos, uma com o resíduo estudado e outra com filler calcário compondo a fração de material fino no concreto auto adensável. A tabela 2 resume os resultados de dosagem para 3 níveis diferentes de resistência, e permite comparar os consumos de materiais nas duas situações.

Tabela 2 – Resultados obtidos para dosagem de concreto auto adensável (fonte: ROHDEN et al, 2010)

$f_{C28}$	25,0 MPa		30,0 MPa		35,0 MPa	
Itens/parâmetros	Referencia	C/Resíduo	Referencia	C/Resíduo	Referencia	C/Resíduo
Cimento (kg)	303	385	383	421	445	456
Fino (kg)	128	117	121	114	116	111
Areia (kg)	641	586	606	569	580	555
Pedra (kg)	1162	1046	1110	1018	1053	995
Água (kg)	194	208	195	206	196	210
Superplasticificante (l)	1,818	7,007	2,298	7,6622	2,67	8,2992
a/c	0,64	0,54	0,51	0,49	0,44	0,46
$\alpha$	48%	51%	50%	52%	52%	53%
m	6,37	4,54	4,80	4,04	3,93	3,64

Comparando traços de mesma resistência observa-se que o concreto referencia apresentou para a resistência de 25 MPa um consumo de cimento 21,3 % menor que o dosado com resíduo, o concreto de resistência de 30 MPa um consumo 9,0% menor e o de resistência 35 MPa esse consumo foi 2,4 % menor. Já o consumo de superplasticificante foi 74% menor no concreto referencia para resistência de 25 MPa, 70% menor no concreto de 30 MPa e 67,8 % menor no concreto de 35 MPa composição de materiais dos diferentes traços referencia (Ref.) e com resíduo (C/Res.) para as diferentes resistências na idade de 28 dias.

Não são apresentados aqui custos relacionados a esta solução nem mesmo ao aproveitamento do agregado graúdo pelo fato de estas soluções não terem sido viabilizadas economicamente e implantadas nas unidades compreendidas no presente estudo.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo em vista os montantes envolvidos na geração de resíduo pelas centrais dosadoras de concreto, é importante buscar alternativas para a reutilização do mesmo, diminuindo a agressão ao meio ambiente. A proposta de reaproveitamento de concreto fresco que retorna nos caminhões betoneiras na produção de blocos mostrou-se uma alternativa viável, por representar uma ação de fácil implantação, contribuir diretamente na redução do volume de resíduo descartado e, ainda, gerar uma peça com utilização na própria central, para construção das baías que possibilita uma melhor organização e controle dos agregados.

A proposta de utilização da fração retida na peneira 4,8 mm do resíduo de concreto como agregado graúdo para novas dosagens implicará em redução dos custos envolvidos com a exploração e transporte dos agregados naturais e, além disso, reduzirá substancialmente o volume de resíduos despejados no meio-ambiente. Contudo existe uma carência de alternativas para se operacionalizar este reaproveitamento em centrais dosadoras cujo volume de produção é pequeno.

A utilização da fração fina do resíduo de centrais dosadoras de concreto é tecnicamente possível como demonstrou o estudo piloto realizado paralelamente a este trabalho. Contudo para o contexto onde o resíduo foi analisado esta opção mostrou-se economicamente pouco interessante para os padrões atuais de custos de materiais tendo em vista principalmente o elevado consumo de aditivo superplasticificante.

## 6 REFERÊNCIAS

- ABESC (Associação Brasileira de Empresas de Serviços de Concretagem). **Reciclagem de Concreto Residual.** [http://www.abesc.org.br/info\\_cmAmb.htm](http://www.abesc.org.br/info_cmAmb.htm) (out/2009).
- BRASIL. Resolução 307. **Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil.** Brasil: CONAMA, 2002.
- SENAI-RS. **Implementação de Programas de Produção mais Limpa.** Porto Alegre, Centro Nacional de Tecnologias Limpas SENAI-RS/UNIDO/INEP, 2003.
- SENAI-RS. **Produção mais limpa em edificações.** Porto Alegre, Centro Nacional de Tecnologias Limpas SENAI, 2007.
- SOUZA, F. L. **Propriedades de concretos produzidos pela substituição de agregados naturais por rejeitos de usinas concreteiras.** Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville, 2007.
- BUTTLER, A. M. (2003). **Concreto com Agregados Graúdos Reciclados de Concreto – Influência da Idade de Reciclagem nas Propriedades dos Agregados e Concretos Reciclados.** Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003. 199p.
- REZENDE, L.; LEVY, S. M.; DJANIKIAN, J. G. (1996). **Tratamento e Disposição de Concreto Residual em Centrais Dosadoras.** IN: Reunião do IBRACON, 38, Ribeirão Preto, 1996. Anais, São Paulo, IBRACON, 1996, v.2, p. 499-506.

ROHDEN, A. B.; POLESELLO, E. DAL MOLIN, D. C. C.; MASUERO, A. B. **Utilização do resíduo de concreteira em natura como fino em concreto auto adensável – avaliação do desempenho e durabilidade.** In: 52º Congresso Brasileiro do Concreto. ANAIS. Fortaleza, IBRACON, São Paulo, 2010.

## **7 AGRADECIMENTOS**

Os autores gostariam de agradecer a CAPES e ao NORIE/UFRGS.