# USO DE AGREGADO RECICLADO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO NO REATERRO DE VALAS PARA MANUTENÇÃO DE REDES DE ÁGUA E ESGOTO

**Mauricio Izidoro**
Engenheiro Civil graduado na Universidade Federal de São Carlos
Mestrando em Tecnologias Ambientais no Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT

**Endereço:** Rua Cabo João Teruel Fregoni, Nº307 Apto 123 Edifício Azaléia- Ponte Grande - Guarulhos - SP - CEP: 07032-000 - Brasil - Tel: +55 (11) 4962-1751- Fax: +55 (11) 4962-1751 - e-mail: mizidoro@sabesp.com.br**.**

## RESUMO

O entulho da construção civil representa cada vez mais um problema no gerenciamento das grandes cidades, tanto pela grande quantidade gerada como pelos depósitos clandestinos destes materiais. Ao mesmo tempo, esse material vem se mostrando como de grande utilidade na própria indústria da construção civil, onde é reciclado como agregado para concretos e argamassas, além de utilizado em obras de pavimentação. A tecnologia da reciclagem deste resíduo, no entanto, é recente e precisa ser consolidada, principalmente tendo em vista as particularidades do entulho brasileiro. Este trabalho visa contribuir para a análise de fatores intervenientes no uso desses agregados em pavimentos e na ampliação dos conhecimentos sobre os materiais confeccionados com entulho usados no envelopamento de redes de água e esgoto.

**PALAVRAS-CHAVE:** resíduos de construção e demolição (RCD), reciclagem, resíduos sólidos

## INTRODUÇÃO

O processo de desenvolvimento da economia mundial, do final da década passada até os dias atuais, tem inserido nas empresas de um modo geral, novos conceitos de administração e gerenciamento. Estas mudanças acabaram por implantar um anseio pela qualidade, tanto do ponto de vista dos consumidores, que aprenderam a reivindicar seus direitos e exigir pelo que estão pagando, como pelo lado dos produtores, que cada vez mais se preocupam com a concorrência, agora acelerada pela tendência de globalização da economia.

Também influenciada por este processo, a indústria da construção civil passa a dar destaque às questões relacionadas à qualidade, reanalisando e modificando suas tecnologias e seus métodos de produção e gerenciamento.

As características ainda marcantes, em grande parte do setor, continuam sendo as falhas no gerenciamento, a baixa produtividade, e as perdas de tempo e de materiais, o que contribui para que o índice de desperdício permaneça próximo dos históricos 30%. Porém, algumas empresas que se posicionaram em busca da conquista de qualidade, começam a apresentar resultados promissores, como o aumento da produtividade e a redução do desperdício. São apenas os primeiros passos, exemplos pioneiros e localizados, que necessitam ser seguidos e aperfeiçoados pela construção civil de um modo geral, desde as pequenas até as grandes empresas.

Como a intenção principal é a redução de custos, as construtoras estão aliando às novas formas de economizar, preconizadas pelos métodos de qualidade, a reciclagem do resíduo que ainda é produzido.

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

Felizmente, um processo de conscientização ambiental começa a se instalar no país, e no mundo todo. Embora muitos movimentos constituam apenas um artifício político ou um simples modismo, existem iniciativas boas e reais, que começam a produzir resultados concretos.

O significativo aumento desta consciência ambiental, que aos poucos começa a fazer parte de nosso dia-a-dia, somado ao aumento dos custos, e à oposição pública para a instalação de novos aterros, está fazendo não só as empresas, mas também à administração pública, reavaliarem suas práticas.

Os resíduos de construção e demolição (C&D) respondem por uma significativa parcela dos resíduos sólidos municipais. Gerenciá-los, numa grande cidade, é muito oneroso e difícil, e a tendência é que estas dificuldades aumentem na mesma proporção do volume gerado. Velhos aterros de inertes estão rapidamente sendo preenchidos e, locais para a implantação de novos estão se tornando cada vez mais escassos e afastados das cidades.

Nos EUA, a produção e disposição de resíduos, estão se tornando ainda mais problemáticas, com as novas regulamentações sobre o assunto. Novas descobertas sobre a toxicidade de certos materiais de construção (como a madeira tratada) têm causado reivindicações de aumento na segurança e melhores salários para os trabalhadores nos aterros. Cada vez mais, são necessárias alternativas mais amplas e tecnologicamente complexas.

No Brasil, algumas prefeituras, tentando solucionar o problema, estão partindo para a reciclagem dos entulhos em usinas montadas com essa finalidade. As primeiras a serem implantadas, como a de Itatinga, na cidade de São Paulo, e a de Londrina, no Paraná, não tiveram o efeito esperado devido a erros de planejamento, o que as tornaram ociosas. Mas existem exemplos com sucesso, como o da cidade de Belo Horizonte, MG, que iniciou um programa de reciclagem de entulho, incluindo a instalação de quatro usinas de reciclagem. A primeira delas está operando eficientemente desde novembro de 1995.

Nestas usinas, blocos, argamassa dura, cerâmica, areia, pedra, concreto, enfim, a fração mineral do entulho, exceto o gesso, é reaproveitável, podendo se transformar em argamassas, sub-base de pavimentação, blocos de alvenaria, material para contenção de encostas, etc. Tudo isso contribuindo para a preservação do meio ambiente e da qualidade de vida nas cidades.

Por mais que haja uma constante reavaliação para o aperfeiçoamento dos processos construtivos, de forma a reduzir os custos e a quantidade de material desperdiçado, não há nenhuma mágica que possa ser feita, sempre haverá algo inevitavelmente perdido. Por isso, existe a necessidade de se encontrar soluções para o problema dos resíduos, com formas práticas de reciclagem na própria obra ou em usinas apropriadas. A reciclagem, além de proporcionar melhorias significativas do ponto de vista ambiental, introduz no mercado um novo material com grande potencialidade de uso, transformando o entulho, novamente, em matéria prima.

Assim, pesquisas sobre os materiais confeccionados a partir da fração mineral do entulho, tornam-se úteis, tanto para a comprovação de sua qualidade, como para a divulgação do sucesso dessa prática.

**Classificação dos Resíduos da Construção Civil**

Os resíduos da construção civil são classificados, para os efeitos da ABNT NBR 15114:2004 e em conformidade com a Resolução CONAMA nº 307, de acordo com o item 3.2.1 a 3.2.4.

3.2.1 Classe A

Resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como:

a) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infra-estrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem;

b) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto;

c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios fios etc.) produzidas nos canteiros de obras.

3.2.2 Classe B

Resíduos recicláveis para outras destinações, tais como plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras e outros.

3.2.3 Classe C

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.

3.2.4 Classe D

São resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos 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[3]ou outros produtos nocivos à saúde.

## OBJETIVOS

No âmbito geral, a proposta inicial deste projeto é analisar a reciclagem da parte mineral dos resíduos sólidos produzidos pela indústria da construção civil, avaliando a utilização deste material como agregado para a confecção de concreto não estrutural, passível de ser utilizado em guias, sarjetas, bocas de lobo, lajotas para pavimentos, bem como analisar o comportamento deste resíduo, como agregado, estudando a resistência e durabilidade do pavimento confeccionado a partir da fração mineral do entulho reciclado.

Haverá também em todas as etapas do projeto a preocupação com a análise econômico-financeira da implantação desta metodologia de reciclagem de RCD, pois parte do projeto piloto encontra-se em execução, podendo vir a ser fruto de investimento por parte da SABESP, uma vez mostrada sua viabilidade.

## JUSTIFICATIVAS

**TABELA 1 - Impacto do desperdício de materiais no custo da construção civil brasileira**

| PESQUISADOR | ÍNDICE |
|---|---|
| Pinto/ UFSCar (1989) | 6% |
| Norie/ UFRGS (1993) | 5% a 11,6% |

*Fonte*: PINTO, 1995

**TABELA 2 - Índices de desperdício de materiais na construção (% da massa de materiais em canteiro)**

| PAÍS | PESQUISADOR | ÍNDICE |
|---|---|---|
| Reino Unido | Skoyles (1985) | 10% |
| Brasil | Pinto / UFSCar (1989) | 20% |
| Brasil* | Picchi/ USP (1993) | 11 a 17 % |
| Hong Kong* | Polytechnic e H.K. Construction Association (1993) | 15 a 22 % (187 kg/ m2) |

** Efetuou-se a medição apenas do entulho produzido*
*Fonte*: PINTO, 1995.

**TABELA 3 - Ocorrência de desperdícios na construção convencional de alguns países (% em massa)**

| MATERIAIS | Pinto Brasil(SP) | Norie Brasil (RS) | Skoyles Reino Unido | Hong Kong | Usual em Orçamentos |
|---|---|---|---|---|---|
| AÇO | 26,19 | 19,07 | 3,6 | -- | 20 |
| CIMENTO | 33,11 | 84,13 | 12,00 | -- | 15 |
| CONCRETO | 1,34 | 13,18 | 6 | 11,00 | 5 |
| AREIA | 39,02 | 45,76 | 12,00 | -- | 15 |
| ARGAMASSA | 91,25 | 86,68 | 12,00 | 15,00 | 15 |
| TIJOLOS E BLOCOS | 26,94 | 12,73 | 13,00 | 11,00 | 10 |

*Fonte*: PINTO, 1995

O fato de muitos países se darem conta de que os métodos organizacionais e produtivos, na construção civil, precisam mudar, acontece não só devido ao elevado desperdício de tempo e materiais e seus conseqüentes e indesejados impactos nos custos finais, mas também porque as áreas urbanas destinadas a deposição de resíduos estão se tornando cada vez mais escassas.

Segundo PERA (1996), a produção anual de resíduos de construção e demolição, na Europa Ocidental chega a estar entre 0,7 e 1 tonelada por habitante, o que representa o dobro do resíduos sólidos municipais gerados naquela região.

De acordo com dados do Departamento de Limpeza Urbana da Prefeitura Municipal de Campinas (CAMPINAS, 1996), o município produz cerca de 1.800 t/dia de resíduos, que são lançados nos locais de "bota-foras", o que representa a geração de 1,8 t/dia por habitante (população aproximada de 1 milhão de habitantes). Cerca de 70% desses resíduos são originados por residências ou prédios em construção/ demolição, enquanto os 30% restantes constituem resíduos industriais que deveriam estar sendo tratados em unidades específicas.

PINTO (1989) estudou o desperdício em um edifício convencional, de 3.658 m2 de área construída. A partir dos documentos fiscais, o autor levantou todos os materiais que entraram na obra. Foram feitos também, levantamentos a partir do projeto executivo e de medições no canteiro. Para uma massa projetada de 3.110 t (0,85 t/m2), foram adquiridas 3.678 t (1,0 t/m2) para a execução da obra, o que representou um desperdício de 18,3%. No seu estudo, foram feitas 213 remoções de entulho em 18 meses de obra, o que resulta numa média de 2,7viagens ou 9,45 m3 por semana.

A Tabela 4 mostra os resultados da pesquisa de Pinto, revelando que as argamassas e seus constituintes, representaram cerca de 60% do material retirado do canteiro. Para a determinação da perda total, foram estimados o peso dos materiais previstos e o peso dos materiais adquiridos, resultando numa perda, em peso, de 18,26%, o que representa um acréscimo de 6% na expectativa do custo total, segundo o pesquisador.

**TABELA 4 - Índices de perdas levantados por Pinto (1989)**

| MATERIAL OBSERVADO | % DESPERDÍCIO | |
|---|---|---|
| | REAL | USUAL |
| **Madeiras em geral** | **47,45** | **15,00** |
| **Concreto Usinado** | **1,34** | **5,00** |
| **Aço** | **26,19** | **20,00** |
| **Componentes de vedação** | **12,73** | **5,00** |
| **Cimento** | **33,11** | **15,00** |
| **Cal Hidratada** | **101,94** | **15,00** |
| **Areia** | **39,02** | **15,00** |
| **Argamassa colante** | **86,68** | **10,00** |
| **Azulejos** | **9,55** | **10,00** |
| **Cerâmica** | **7,32** | **10,00** |

*Fonte*: PINTO, 1989

Analisando as pesquisas de PINTO (1989), pode-se estimar que o entulho gerado nas obras brasileiras que utilizam sistemas de construção convencionais, com estrutura independente, situa-se entre 10% e 20% da massa total do edifício, com variações em função do elemento de alvenaria utilizado e do grau de organização e controle da obra. Estes resultados, porém, devem ser tomados com ressalvas, visto o reduzido número de obras analisadas e a concentração da pesquisa numa única região, no caso, a cidade de São Paulo.

Vale lembrar que os dados de Pinto foram levantados em construtoras que, apesar de utilizarem o processo convencional de construção, mantêm processos de controle de produção de resíduos, que geralmente não são adotados pela grande maioria de empresas existentes no setor.

## METODOLOGIA UTILIZADA

Todo o processo de reciclagem dos resíduos foi realizado em usinas de reciclagem de RCD particulares (Osasco, Santo Amaro e São Bernardo do Campo) cuja caracterização do resíduo proveniente destas usinas através de análises físico-químicas foram realizadas em instituições idôneas e reconhecidas a fim de garantir sua qualidade como agregado.

A aplicação destes materiais (areia, pedrisco, brita 1 e 2, rachão e bica corrida) foi feita em obras de pequeno e médio porte em vias públicas de baixo a médio tráfego a fim de obter resultados práticos de sua aplicação, uma vez que ensaios laboratoriais com este tipo de agregado já foram realizados exaustivamente para a aplicação em recomposição viária.

A areia de RCD foi utilizada no envelopamento de redes de água e esgoto, através do adensamento por via úmida com compactação via vibrador pneumático.

## RESULTADOS

Como produto final dos testes realizados em campo obteve-se resultados excelentes na aplicação dos agregados como base e sub base de pavimentos. Resultado esperado devido exaustiva aplicação dos materiais nesse tipo de obra.

Para a aplicação em envoltória de tubulações (envelopamento) a areia de RCD necessita ter sua composição bastante controlada, pois um percentual excessivo de material cerâmico (> 2%) resulta no inadequado adensamento.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS


ANCIA, P. *et al.* The use of mineral processing techniques for the improvement of the building rubble characteristics. **In:** Global symposium on recycling, waste treatment and clean technology. San Sebastian. Espanha. 1999.

ANGULO, S.C; JOHN, V.M. Variabilidade de agregados graúdos de resíduos de construção e demolição reciclados. **E-mat**. 2002a.

ANGULO, S.C; JOHN, V.M. Normalização dos agregados graúdos de resíduos de construção e demolição reciclados para concretos e a variabilidade. **In:** IX

ANGULO, S.C *et al*. Construction and demolition waste, its variability and recycling in Brazil. **In:**Sustainable buildings 2002. Oslo, Noruega. 2002.

BODI, J. Experiência brasileira com entulho reciclado na pavimentação.**In:** Reciclagem na construção civil, alternativa econômica para proteção ambiental. São Paulo. Brasil. 1997. p.56-63.

BRITO, J.A. Cidade versus entulho. **In:** Seminário de desenvolvimento sustentável e a reciclagem na construção civil, 2, São Paulo, 1999. **Anais**. São Paulo, Comitê Técnico CT206 Meio Ambiente (IBRACON), 1999. p.56-67.

CAC (Câmara Ambiental da Construção). **Áreas de transbordo e triagem de resíduos da construção civil e resíduos volumosos - critérios para projeto, implantação e operação**. 2002. 9 p.

CHAVES, A.P. **Teoria e prática do tratamento de minérios**. São Paulo: Signus Editora. 1996.

CUCHIERATO, G. **Caracterização tecnológica de resíduos da mineração de agregados da RMSP, visando seu aproveitamento econômico**. São Paulo. 2000. 201p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

FREIRE, L.; BRITO, J. Custos e benefícios da demolição seletiva. **In:** Construção Sustentável. Lisboa. Portugal. 2001. p. 863-870.

**Proceedings**. Paris, 1997. p.595-602.

HENDRIKS, C.F. **The building cycle**. Ed. Aeneas. Holanda. 2000. 231 p.

JUNGMANN, A.; QUINDT, J. alljig - technology for separation of building rubble and other secondary raw materials. **In:** Global symposium on recycling, waste treatment and clean technology. San Sebastian. Espanha. 1999.

LEVY, S.M. **Contribuição ao estudo da durabilidade de concretos produzidos com resíduos de concreto e alvenaria**. São Paulo. 2002. 194 p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

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

WHITAKER, W. **Técnicas de preparação de areia para uso na construção civil**. São Paulo. 2001. 153p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

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