



**Universidade Estadual de Maringá  
Centro de Tecnologia  
Departamento de Informática**

**Reciclagem de Resíduos da Construção Civil**

*Carolina Nihy Tamamar*

**TG-EP-12-05**

**Maringá - Paraná**

**2005**



**Universidade Estadual de Maringá**  
**Centro de Tecnologia**  
**Departamento de Informática**

**Reciclagem de Resíduos da Construção Civil**

*Carolina Nihy Tamamar*

**TG-EP-12-05**

Trabalho de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia de Produção, do Centro de Tecnologia, da Universidade Estadual de Maringá.  
Orientador: *Prof. Ederaldo Luiz Beline*

**Maringá - Paraná**

**2005**

**CAROLINA NIHY TAMAMAR**

**Reciclagem de Resíduos da Construção Civil**

Trabalho de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia de Produção, do Centro de Tecnologia, da Universidade Estadual de Maringá.

Orientador: *Prof. Ederaldo Luiz Beline*

**Maringá - Paraná**

**2005**

**CAROLINA NIHY TAMAMAR**

**RECICLAGEM DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL**

Monografia apresentada como requisito parcial para obtenção do Título de *Bacharel em Engenharia de Produção*, pela Universidade Estadual de Maringá, aprovada pela Comissão formada pelos professores:

---

Prof. Ederaldo Luiz Beline (Orientador)

---

Prof. Lázaro Ricardo Gomes Vallin

---

Prof. Nilmar Antônio Cassemiro

Maringá, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2005.

# SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVO .....	4
3. RESULTADOS ESPERADOS .....	5
4. PROBLEMA .....	6
5. DIFERENTES APLICAÇÕES .....	8
5.1. Diferentes métodos de reciclagem.....	10
5.2. Vantagens e desvantagens .....	11
5.3. Avaliação econômica .....	14
5.4. Resultados obtidos com a aplicação do método de reciclagem.....	14
6. SOLUÇÃO.....	16
6.1. Coleta seletiva.....	16
6.2. Princípio dos 3 R's.....	16
6.3. Agenda 21 .....	17
6.4. Parcerias .....	18
6.5. Programas de redução .....	19
7. EXEMPLOS DE CIDADES QUE APLICARAM O MÉTODO DE RECICLAGEM DE RESÍDUOS.....	20
7.1. Belo Horizonte.....	20
7.2. Londrina.....	21
7.3. Ribeirão Preto .....	23
7.4. São José dos Campos .....	23
7.5. São Paulo .....	24
8. CONCLUSÃO .....	25
10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	26

## RESUMO

A reciclagem de materiais usados em obras da construção civil, materiais estes encontrados em canteiros de obras, demolições de casas ou edifícios, está sendo estudada atualmente no país. A tecnologia a ser usada no processo de reciclagem e a qualidade do processo e do produto final são assuntos a serem abordados. O recurso de reciclagem de resíduos sólidos da construção civil ainda é pouco utilizada e de pouco conhecimento para a população, pois o custo ainda é alto, apesar de estudos afirmarem o custo reduzido desse método. No entanto já existe uma preocupação com o destino destes resíduos. Com a atual situação das áreas de destino final desses resíduos, há a necessidade de fortalecimento do processo de reciclagem e a reutilização dos seus produtos, pois assim também se preservaria os recursos naturais.

**Palavras chaves:** Resíduos sólidos, reciclagem, meio ambiente, qualidade.

## 1. INTRODUÇÃO

Entulho é o conjunto de fragmentos ou restos de tijolo, concreto, argamassa, aço, madeira, etc., provenientes do desperdício na construção, reforma e/ou demolição de estruturas, como prédios, residências e pontes. O entulho de construção compõe-se, portanto, de restos e fragmentos de materiais, enquanto o de demolição é formado apenas por fragmentos, tendo por isso maior potencial qualitativo, comparativamente ao entulho de construção.

É cada vez mais notável a atuação responsável da construção civil em relação ao meio ambiente, por isso, algumas empresas se preocupam com a situação e estão adotando tecnologias construtivas para diminuir o impacto ambiental.

O preconceito na reciclagem de materiais geralmente está relacionado à falta de informações e estudos que garantam o uso do material a ser reciclado.

O entulho muitas vezes é gerado por deficiências no processo da construção, como falhas ou omissões na elaboração dos projetos e na sua execução, má qualidade dos materiais empregados, das perdas no transporte e armazenamento, má manipulação ou parte da mão-de-obra, além da substituição de componentes pela reforma ou reconstrução. A melhoria no gerenciamento e controle de obras públicas e também trabalhos conjuntos com empresas e trabalhadores da construção civil podem contribuir para atenuar este desperdício.

Na maioria das vezes, o entulho é retirado da obra e disposto clandestinamente em locais como terrenos baldios, fundo de vales e em ruas das periferias. O custo social e ambiental disto foge ao controle dos cálculos, apesar de suas conseqüências serem permanentemente notáveis. Percebe-se a degradação da qualidade de vida urbana em aspectos como transportes, enchentes, poluição visual, proliferação de vetores de doenças, entre outros. De um jeito ou de outro, toda sociedade sofre com a deposição irregular de entulho.

O entulho é um resíduo de grande volume, ocupando portanto muito espaço nos aterros, seu transporte, em função não só do volume mas do peso, torna-se caro. A reciclagem é portanto, de fundamental importância para o controle e minimização dos problemas ambientais causados pela geração de resíduos.

Apesar de causar tantos problemas, o entulho deve ser visto como fonte de materiais de grande utilidade para a construção civil. Seu uso mais tradicional - em aterros - nem sempre é o mais racional, pois ele serve também para substituir materiais normalmente

extraídos de jazidas ou pode se transformar em matéria-prima para componentes de construção, de qualidade comparável aos materiais tradicionais.

Esse material pode ser utilizado como areia ou pedra, após passar por um processo de trituração, apresentando um custo menor de produção do que os agregados naturais. Porém, sua qualidade é inferior, em função da alta heterogeneidade e contaminação por materiais indesejáveis.

Assim, os agregados reciclados só têm sido utilizados em peças de concreto ou argamassas sem função estrutural, como revestimentos, guias, sub-bases de pavimentos de rodovias.

A reciclagem de entulho na construção civil será abordada pelo fato de envolver a questão ambiental e social do país. É um assunto que vem se desenvolvendo e precisa ser melhor estudado para que a população tenha conhecimento, e que se possa colocar em prática o que já foi estudado e obteve resultados positivos.

A geração de grandes quantidades de resíduos sólidos é um dos principais problemas em áreas urbanas. O crescimento populacional, desenvolvimento econômico e utilização de tecnologias inadequadas têm contribuído para que esta quantidade aumente cada vez mais. A gestão deficiente destes resíduos tem causado graves impactos ambientais, sociais e econômicos.

O desperdício de materiais nas obras da construção civil é intenso e vem crescendo a cada dia, por isso as empresas estão se preocupando com o meio ambiente e a partir daí surge o conceito de reciclagem do entulho na construção civil.

Por razões econômicas e de consciência ambiental, busca-se uma redução crescente dos resíduos. As construtoras reaproveitam ao máximo os materiais que em outras épocas iriam para a caçamba do desperdício.

Além disso, a proliferação das construtoras que detêm uma certificação de qualidade ajuda a disseminar no setor uma cultura de racionalização na gestão e uma modernização dos processos de edificação. Tais certificações, cada vez mais exigidas por governos e instituições financeiras, também colaboram para a diminuição dos resíduos.

O conceito de reciclagem de entulho na construção civil ainda é novo, mas já vem sendo aplicado em algumas empresas espalhadas pelo país para reduzir o impacto das obras sobre o meio ambiente.

De qualquer forma, os volumes de entulho de demolição e construção são grandes. Os custos de disposição são altos e os locais para isso, cada vez mais escassos. Parece muito

pouco inteligente ocupar áreas valorizadas com material que pode ser reciclado economicamente.

Os desafios que se impõem dizem respeito ao aumento da reciclagem desses resíduos. Um bom planejamento municipal é fundamental para organizar a coleta e estimular o mercado de recicláveis.

## **2. OBJETIVO**

Este tema aborda assuntos como a preservação e melhoria da qualidade ambiental, minimização do descarte inadequado de resíduos urbanos, desenvolvimento de materiais de construção de baixo custo, maximização da vida útil dos aterros sanitários controlados, promoção do desenvolvimento econômico e social sustentável com implementação da reciclagem (geração de emprego e renda), redução dos custos das construções.

Este trabalho tem como objetivo mostrar as variedades de aplicações dos resíduos reciclados da construção civil, a preocupação com o meio ambiente e o acúmulo de entulho nos aterros sanitários.

Muitas empresas estão preocupadas com o meio ambiente e utilizam a reciclagem também para diminuir seus gastos com materiais na obra.

### 3. RESULTADOS ESPERADOS

A partir deste trabalho, busca-se o conhecimento dessa nova técnica de reciclagem através de suas aplicações e fazer com que a população utilize esses materiais.

O conhecimento das várias formas de se utilizar o material depois de reciclado colabora com o meio ambiente apesar de estudos de viabilidade econômica traduzirem um custo muito maior em comparação a produtos não reciclados.

A análise de viabilidade deve ser estudada em função de vários fatores como aterro sanitário, meio ambiente, cidadania.

Os principais resultados produzidos pela reciclagem do entulho são benefícios ambientais. A qualidade de vida e a utilização não predatória dos recursos naturais é mais importante de que economia. Os benefícios são conseguidos não só por se diminuir a deposição em locais inadequados (e suas conseqüências indesejáveis já apresentadas) como também por minimizar a necessidade de extração de matéria-prima em jazidas, o que nem sempre é adequadamente fiscalizado. Reduz-se, ainda, a necessidade de destinação de áreas públicas para a deposição dos resíduos.

As experiências indicam que é vantajoso também economicamente substituir a deposição irregular do entulho pela sua reciclagem.

O emprego de material reciclado em programas de habitação popular traz bons resultados. Os custos de produção da infra-estrutura das unidades podem ser reduzidos.

Como o princípio econômico que viabiliza a produção de componentes originários do entulho é o emprego de maquinaria e não o emprego de mão-de-obra intensiva, nem sempre se pode afirmar que a sua reciclagem seja geradora de empregos.

## 4. PROBLEMA

O lixo depositado a céu aberto, nos chamados lixões, provoca a proliferação de vetores de doenças (moscas, mosquitos, baratas, ratos, etc.), gera maus odores e, principalmente, contamina o solo e as águas superficiais e subterrâneas. Mesmo os aterros sanitários, por mais bem construídos que sejam, também causam impactos ambientais e à saúde, já que a penetração das águas das chuvas contamina os lençóis freáticos.

Os aterros, por ocuparem terrenos extensos, são uma alternativa problemática de destinação de resíduos em áreas de alta urbanização. Tampouco as usinas de compostagem são uma solução adequada, pois os materiais coletados sem prévia separação resultam em um composto orgânico de baixa qualidade. Por fim, a incineração de resíduos não deve ser considerada como solução pelo impacto no ambiente e na saúde humana.

Um dos principais problemas que afetam a qualidade de vida nos grandes centros urbanos é o volume de resíduos de construção gerado diariamente. O alto índice de perdas na construção civil também colabora nesse aumento.

Com a intensificação do processo de urbanização, a quantidade de resíduos gerados pelas obras de construção é cada vez mais elevada, quer pelas demolições decorrentes do processo de renovação urbana, quer por novas edificações. O crescimento populacional constitui um fator importante nessa geração, visto que contribui para o aumento da produção desses resíduos.

Para resolver o problema do entulho é preciso organizar um sistema de coleta eficiente, minimizando o problema da deposição clandestina. É necessário estimular, facilitando o acesso a locais de deposição regular estabelecidos pela prefeitura. A partir de uma coleta eficaz é possível introduzir práticas de reciclagem de entulho.

Diversas preocupações motivam um programa de coleta seletiva de lixo:

- ambiental/geográfico, onde estão em questão a falta de espaço para disposição do lixo, a preservação da paisagem, a economia de recursos naturais e a diminuição do impacto ambiental de lixões e aterros;
- sanitário, onde a disposição inadequada do lixo, às vezes aliada à falta de qualquer sistema de coleta municipal, traz inconvenientes estéticos e de saúde pública;
- social, quando o trabalho enfoca a geração de empregos e o resgate da dignidade, estimulando a participação de catadores de rua e de lixões;

- econômico, com o intuito de reduzir os gastos com a limpeza urbana e investimentos em novos aterros;
- educativo, que vê um programa de coleta seletiva como forma de contribuir para mudar valores e atitudes individuais para com o ambiente, incluindo a revisão de hábitos de consumo, ou para mobilizar a comunidade e fortalecer o espírito de cidadania.

## 5. DIFERENTES APLICAÇÕES

As propriedades de certos resíduos ou materiais secundários possibilitam sua aplicação na construção civil de maneira abrangente, em substituição parcial ou total da matéria-prima utilizada como insumo convencional. No entanto, devem ser submetidos a uma avaliação do risco de contaminação ambiental que seu uso poderá ocasionar durante o ciclo de vida do material e após sua destinação final.

O processo de reciclagem do entulho, para a obtenção de agregados, basicamente envolve a seleção dos materiais recicláveis do entulho e a trituração em equipamentos apropriados. Os resíduos encontrados predominantemente no entulho, que são recicláveis para a produção de agregados, segundo a classificação do CONAMA, pertencem a dois grupos:

Grupo I - materiais compostos de cimento, cal, areia e brita: concretos, argamassa, blocos de concreto.

Grupo II - materiais cerâmicos: telhas, manilhas, tijolos, azulejos.

Grupo III - materiais não-recicláveis: solo, gesso, metal, madeira, papel, plástico, matéria orgânica, vidro e isopor.

Desses materiais, alguns são passíveis de serem selecionados e encaminhados para outros usos. Assim, embalagens de papel e papelão, madeira e mesmo vidro e metal podem ser recolhidos para reutilização ou reciclagem.

“Estima-se que até 10% de todo o material entregue no canteiro de obras é desperdiçado devido a compra em excesso, deficiência no processo de construção, imprecisões ou omissões na elaboração e execução dos projetos, perdas no transporte e armazenamento. Mais de 90% desses resíduos podem ser reciclados e reutilizados. Além das vantagens econômicas e ecológicas, a reciclagem garante benefício técnico: pode substituir até 25% dos agregados convencionais sem alterar as propriedades mecânicas”. (AGOPYAN;2000).

Grandes pedaços de concretos podem ser aplicados como material de contenção para prevenção de processos erosivos na orla marítima e das correntes, ou usado em projetos como desenvolvimento de recifes artificiais, e em aterros sanitários. O entulho triturado pode ser utilizado em substituição à areia e à brita, ou ao minério de ferro na execução de sub-base e base de vias de trânsito. Sua aplicação somente é restrita em pilares ou vigas estruturais.

As outras formas de utilização merecem uma análise mais criteriosa, como pavimentação, argamassas, artefatos de concreto e blocos de concreto, sendo o último o mais próspero e onde se observa pesquisas científicas.

A reciclagem do entulho na produção de argamassa deve ser feito apenas em revestimentos internos, para descartar o risco de fissuras e problemas de aderência. A argamassa é usada na construção civil para revestimento de pisos e paredes e, em grandes canteiros, é comum o aproveitamento do entulho na sua produção. Quanto mais água usada na mistura, mais aparecem fissuras no revestimento.

Com a reciclagem do concreto é possível obter agregados com características bastante semelhantes ao produto original, a partir de matérias-primas com custo muito baixo, além da contribuição para o meio ambiente. Apenas os concretos com substâncias contaminantes, como sulfato de cálcio, cloretos e óleos podem trazer prejuízo às propriedades do concreto no estado fresco e endurecido, e não devem ser utilizados como matéria-prima.

“É possível reciclar qualquer concreto, desde que seja escolhido o uso adequado e se respeitem as limitações técnicas. Atualmente no Brasil a aplicação mais comum do concreto reciclado ocorre em sub-base de pavimentos, de concreto ou asfalto. No entanto, quando são atingidas as propriedades especificadas, a utilização pode acontecer em qualquer situação”.(MIRANDA;2000).

O principal e mais tradicional destino dos resíduos da construção civil é o uso em aterros, sendo que para isso deve ser feita a separação dos componentes orgânicos e de materiais que são usualmente reciclados. A vantagem desse material é o alto índice de compactação de alguns dos seus componentes (materiais cerâmicos, concreto, etc...) o que faz com que o terreno fique mais firme do que naturalmente o é. As formas mais usuais de aterros são o preenchimento de vazios em construções, valas de instalações e reforço de taludes.

Tomados os devidos cuidados e respeitando os limites técnicos, a reciclagem de concreto se mostra cada vez mais como uma iniciativa consciente, que alia material de boa qualidade com diminuição dos desperdícios nos canteiros de obra e depósitos de entulho.

Agregados reciclados provenientes de concretos estruturais apresentam melhor qualidade em relação aos agregados provenientes de tijolos cerâmicos e argamassas e podem ser usados em aterros de inertes, obras de pavimentação, agregados para argamassas e até concretos estruturais. No caso de concreto estrutural, é preciso maior acuidade para dosar e especificar o material reciclado. Vale lembrar que o módulo de elasticidade do material produzido poderá ser menor do que aquele verificado para concretos convencionais, contudo poderá haver aumento da relação água-cimento em função da maior absorção de água dos

agregados cerâmicos. No entanto, a mistura entre o agregado reciclado e o agregado normal traz bons resultados. Existem dois tipos de concreto que podem ser reciclados: resíduos de concreto das centrais dosadoras e, mais comum na reciclagem, resíduos de concreto provenientes de RCD (Resíduos de Construção e Demolição).

Devido ao menor volume de materiais, a técnica de reaproveitamento na própria obra não exige equipamentos sofisticados. A vantagem da reciclagem in loco é financeira, já que a construtora não precisa se desfazer de um produto pelo qual já pagou.

Nesses casos, devido à menor homogeneidade do material processado, recomenda-se o reaproveitamento como agregado para revestimento ou argamassa de assentamento. O procedimento é simples: o material é encaminhado por dutos a uma minicentral de processamento, onde é triturado para ser normalmente utilizado como agregado. É possível também utilizar um moinho de rolo para a trituração. Essa técnica é viável para as empresas, pois elimina as perdas de materiais no canteiro de obras.

Para todas estas aplicações, é possível obter similaridade de desempenho em relação a produtos convencionais, com custos muito competitivos. De qualquer forma, a compatibilidade entre as aplicações e os materiais e componentes produzidos deve ser levada em conta. A produção de componentes deve considerar a necessidade de cuidados especiais para que a composição do entulho não prejudique o produto final. Além disso, o controle da composição e do processamento do material é indispensável.

Lembrando que a utilização de materiais reciclados em concreto estrutural não é indicado pelo fato de haver muitas variações em suas propriedades, necessitando a realização de um estudo rigoroso com a realização de testes como ensaio de densidade de massa unitária, densidade de massa específica, distribuição granulométrica, teor de materiais pulverulentos, absorção de água, teste calorimétrico de matéria orgânica, determinação de pH, entre outros.

“Todos esse cuidados na utilização de materiais reciclados é devido ao fato, que de uma forma geral, os agregados obtidos na reciclagem do entulho são mais porosos que os naturais, o que implica uma absorção de água mais elevada. Porém, os resíduos de construção reciclados apresentam componentes com algumas propriedades relevantes para o desempenho de materiais de construção”.(PINTO;1998).

### **5.1. Diferentes métodos de reciclagem**

A implantação da reciclagem do entulho, assim como da sua sistemática de coleta, é mais eficiente se contar com os agentes privados envolvidos na indústria da construção, em

especial nas cidades onde o volume de obras realizadas pela administração municipal não produzem resíduos em escala suficiente para justificar a reciclagem.

A reciclagem de entulho pode ser realizada com instalações e equipamentos de baixo custo, apesar de existirem mais sofisticadas tecnologicamente. Havendo condições, pode ser realizado na própria obra que gera o resíduo, eliminando os custos de transporte.

Os custos com transporte são muito altos, o que leva algumas empresas a não empregarem o método de reciclagem quando não a utilizam na obra.

É possível contar com diversas opções tecnológicas, mas todas elas exigem áreas e equipamentos destinados à seleção, trituração e classificação de materiais. As opções mais sofisticadas permitem produzir a um custo mais baixo, empregando menos mão-de-obra e com qualidade superior. Exigem, no entanto, mais investimentos e uma escala maior de produção. Por estas características, adequam-se, normalmente, a cidades de maior porte.

A reciclagem em centrais especializadas é feita com aparato técnico mais desenvolvido. Essas centrais contam com maquinários semelhantes aos de mineradoras, como esteiras rolantes, britadores, peneiras e classificadores de granulometria. O entulho é separado, britado, lavado, peneirado e classificado. É também facilitada a segregação entre resíduos cimentícios e cerâmicos, sendo garantida a homogeneidade do material.

Equipamentos diferentes reciclam o concreto fresco e o endurecido. Para o concreto fresco são usados lavadores que separam agregados graúdos dos miúdos. Para o endurecido, britadores de mandíbula ou de impacto, com produtividade e partículas resultantes diferenciadas (partículas cúbicas e lineares) fazem o trabalho, com uma grande capacidade de decompor. Deve-se atentar para não deixar gesso, madeira, metal, cimento e amianto no entulho, pois o cuidado é uma forma de preservar a qualidade do material reciclado.

Em todos os processos de reciclagem de entulho, o caminho a ser percorrido é basicamente o mesmo. Após a triagem manual do entulho, onde se retiram os plásticos, madeiras, pedaços de gesso e ferragens, o material é triturado e transportado através de um elevador, para uma peneira vibratória que separa em agregado miúdo e graúdo.

Cada ao empreendedor decidir qual o melhor método para sua obra.

## **5.2. Vantagens e desvantagens**

Os entulhos decorrentes da construção civil são depositados atualmente em aterros sanitários, em áreas ribeirinhas e em terrenos baldios. Isso, além de causar um enorme

impacto ambiental, contribui para a proliferação de insetos e roedores e diminui a qualidade de vida da população.

Utilizando o método de reciclagem, estaremos evitando a degradação do meio ambiente e o depósito desse material no aterro, aumentando sua vida útil e gerando empregos com a instalação de empresas especializadas nesse processo. Além disso, teremos condições de produzir materiais, como argamassa, blocos e aterro, que poderão ser usados na construção de casas populares e pavimentação de vias.

A quantidade de entulho gerado nas construções que são realizadas nas cidades brasileiras demonstra um desperdício irracional de material: desde a sua extração, passando pelo seu transporte e chegando à sua utilização na construção. Os custos desta irracionalidade são distribuídos por toda a sociedade, não só pelo aumento do custo final das construções como também pelos custos de remoção e tratamento do entulho. Na maioria das vezes, o entulho é retirado da obra e disposto clandestinamente em locais como terrenos baldios, margens de rios e de ruas das periferias.

A prefeitura compromete recursos, nem sempre mensuráveis, para a remoção ou tratamento desse entulho: tanto há o trabalho de retirar o entulho da margem de um rio como o de limpar galerias e desassorear o leito de córregos onde o material termina por se depositar.

O custo social total é praticamente impossível de ser determinado, pois suas conseqüências geram a degradação da qualidade de vida urbana em aspectos como transportes, enchentes, poluição visual, proliferação de vetores de doenças, entre outros. De um jeito ou de outro, toda a sociedade sofre com a deposição irregular de entulho e paga por isso.

A reciclagem pode ser mais barata do que a disposição dos rejeitos, além de ter o potencial de tornar o preço de uma obra mais convidativo.

Um projeto de reciclagem de entulho objetiva promover a recuperação da qualidade do meio ambiente urbano e gerar material de construção a baixo custo.

O material reciclado serve para aplicações na construção civil, em substituição à areia e à brita, ou ao minério de ferro na execução de sub-base e base de vias de trânsito. O material não deve ser usado em pilares ou vigas estruturais, pois requerem mais atenção pela sua importância.

Como benefício para o meio ambiente, a reciclagem de resíduos da construção civil reduz o número de entupimentos de bocas-de-lobo e galerias pluviais, reduz o custo das obras de pavimentação, substituindo o minério de ferro pelo entulho reciclado.

A diminuição de pontos de deposição clandestina de entulho nas vias públicas reduz e controla os vetores transmissores de doenças, preserva as nascentes. Lagoas e jazidas de minério, pedras e areia, além de diminuir as despesas com o recolhimento, transporte e destinação deste material.

Além da utilização em sub-bases e tratamentos de vias públicas, os resíduos reciclados podem ser utilizados em briquetes para calçadas, blocos para muros, aterros.

Segundo Zordan (1997), o aproveitamento do entulho reciclado na pavimentação apresenta diversas vantagens:

- É uma das formas mais difundidas de reciclagem do entulho, pois implica menor custo na produção devido à simplicidade dos processos tecnológicos envolvidos;
- Consome grande quantidade de material reciclado;
- Permite utilização, sem a necessidade de separação dos componentes minerais do entulho, (tijolos, argamassas, materiais cerâmicos, areia, pedras, etc.);
- Apresenta reduzido custo de energia no processamento do entulho para utilização como agregado de base e sub-base, uma vez que parte do material britado permanece em granulometrias graúdas;
- Contribui no atendimento da demanda urbana de pavimentos, sobretudo em áreas urbanas.

Para a administração pública municipal, os benefícios devido à reciclagem de entulho são: (TRICHES E KRYCKYJ;1999).

- Diminuição nos custos de pavimentação/ infra-estrutura urbana;
- Diminuição nos custos de operação dos aterros sanitários, pela exclusão do entulho;
- Redução de gastos adicionais de remoção do material;
- Aumento da vida útil dos aterros sanitários, além da necessidade de novas áreas par a implantação de aterros sanitários;
- Redução das descargas clandestinas ao longo das vias públicas, terrenos baldios, fundos de vale.

Apesar do grande potencial de utilização dos resíduos da construção civil na execução de camadas de pavimentos, é válido lembrar que as características dos materiais apresentam variações de acordo com a região estudada e tipo de material utilizado na reciclagem. Assim, o desempenho varia de acordo com esses fatores.

### 5.3. Avaliação econômica

“A utilização do entulho reciclado nas camadas de base e sub-base de um pavimento proporciona uma economia de custo de até 65% par ao uso em base e de até 67% para o uso em sub-base, se comparando com as respectivas camadas do pavimento convencional”.(CARNEIRO;2000).

Alguns autores indicam em seus estudos a viabilidade da utilização de resíduos reciclados da construção civil, porém não é verdade. Se realizado um estudo separadamente dos custos de reciclagem, esse método não é viável, somente o é quando estudado em conjunto com os benefícios resultantes deste processo.

Os custos gerados com instalação, transporte, mão-de-obra, acabam aumentando o custo final da obra, o que acarreta na não utilização do método de reciclagem pelos empreendedores.

Porém, se analisarmos o conjunto, veremos que os benefícios acumulados são, e muito vantajosos para a população e todos envolvidos. Quem mais ganha com isso é a população que aumenta a qualidade de vida e o meio ambiente que deixa de ser agredido.

### 5.4. Resultados obtidos com a aplicação do método de reciclagem

Os principais resultados produzidos pela reciclagem do entulho são benefícios ambientais. A equação da qualidade de vida e da utilização não predatória dos recursos naturais é mais importante que a equação econômica. Os benefícios são conseguidos não só por se diminuir a deposição em locais inadequados (e suas conseqüências indesejáveis já apresentadas) como também por minimizar a necessidade de extração de matéria-prima em jazidas, o que nem sempre é adequadamente fiscalizado. Reduz-se, ainda, a necessidade de destinação de áreas públicas para a deposição dos resíduos.

“As experiências indicam que é vantajoso também economicamente substituir a deposição irregular do entulho pela sua reciclagem. O custo para a administração municipal é de US\$ 10 por metro cúbico clandestinamente depositado, aproximadamente, incluindo a correção da deposição e o controle de doenças. Estima-se que o custo da reciclagem significa cerca de 25% desses custos”. (VAZ, José Carlos; 1994).

“A produção de agregados com base no entulho pode gerar economias de mais de 80% em relação aos preços dos agregados convencionais. A partir deste material é possível fabricar

componentes com uma economia de até 70% em relação a similares com matéria-prima não reciclada”.(AGOPYAN,1998).

Esta relação pode variar, evidentemente, de acordo com a tecnologia empregada nas instalações de reciclagem, o custo dos materiais convencionais e os custos do processo de reciclagem implantado. De qualquer forma, na grande maioria dos casos, a reciclagem de entulho possibilita o barateamento das atividades de construção.

O emprego de material reciclado em programas de habitação popular traz bons resultados. Os custos de produção da infra-estrutura das unidades podem ser reduzidos.

Como o princípio econômico que viabiliza a produção de componentes originários do entulho é o emprego de maquinaria e não o emprego de mão-de-obra intensiva, nem sempre se pode afirmar que a sua reciclagem seja geradora de empregos.

## 6. SOLUÇÃO

### 6.1. Coleta seletiva

A maioria dos programas de coleta seletiva atribuem bastante importância à educação da população relativa à questão do lixo. A educação não se restringe à divulgação de informações: é preciso que se estabeleça um vínculo entre as pessoas e seu meio ambiente, de forma a criar novos valores e sentimentos que mudem as atitudes. Deve-se dedicar, portanto, especial atenção tanto à seleção quanto à capacitação dos profissionais que ficarão responsáveis pela implementação de programas educativos voltados para compreensão dos 3 Rs.

É interessante que o planejamento do programa de coleta seletiva seja iniciado pelo “fim”, pesquisando-se as alternativas de destinação para os materiais recuperados, pois as interrupções do programa fazem com que ele perca a credibilidade junto à população.

É interessante distribuir pontos de recebimento desse material próximos dos centros de geração, para facilitar o acesso da população. Podendo ser pequenas unidades de recebimento onde se depositam o material, evitando a deposição em locais de via pública. Com isso a cidade ganha em qualidade de vida.

### 6.2. Princípio dos 3 R's

“A gestão sustentável dos resíduos sólidos pressupõe reduzir o uso de matérias-primas e energia, reutilizar produtos e reciclar materiais. A coleta seletiva é uma alternativa concreta”. (SOARES, Ana Paula Macedo; 1998).

A gestão sustentável dos resíduos sólidos pressupõe uma abordagem que tenha como referência o princípio dos 3 Rs, apresentado na Agenda 21: **redução** (do uso de matérias-primas e energia e do desperdício nas fontes geradoras), **reutilização** direta dos produtos, e **reciclagem** de materiais. A hierarquia dos Rs segue o princípio de que causa menor impacto evitar a geração do lixo do que reciclar os materiais após seu descarte. A reciclagem de materiais polui menos o ambiente e envolve menor uso de recursos naturais, mas raramente questiona o atual padrão de produção, não levando à diminuição do desperdício nem da produção desenfreada de lixo.

### 6.3. Agenda 21

A Agenda 21 é um programa de ações para o qual contribuíram governos e instituições da sociedade civil de 179 países, que constitui a mais ousada e abrangente tentativa já realizada de promover, em escala planetária, um novo padrão de desenvolvimento, conciliando métodos de proteção ambiental, justiça social e eficiência econômica.

Trata-se de um modelo que preconiza satisfazer as necessidades presentes sem comprometer os recursos necessários à satisfação das gerações futuras, buscando atividades que funcionem em harmonia com a natureza e promovendo, acima de tudo, a melhoria da qualidade de vida de toda a sociedade.

Um grande passo para nortear a prática de ações sob esse conceito foi a elaboração e lançamento da Agenda 21 Global na Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento Humano, conhecida como ECO-92, realizada em 1992, no Rio de Janeiro. A partir da Agenda 21 Global, todos os países que assinaram o acordo assumiram o compromisso de elaborar e implementar sua própria Agenda 21 Nacional.

A Agenda 21 Nacional deve adequar-se à realidade de cada país e de acordo com as diferenças sócio-econômico-ambientais, sempre em conformidade com os princípios e acordos da Agenda 21 Global.

A metodologia empregada internacionalmente para a elaboração das agendas 21 nacionais contempla a participação de diferentes níveis do governo, o setor produtivo e a sociedade civil organizada.

No Brasil foi criada, por decreto do Presidente da República, em fevereiro de 1997, a Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável e da Agenda 21, no âmbito da Câmara de Políticas dos Recursos Naturais, incluindo representantes do governo e da sociedade civil, com as atribuições de (1) propor estratégias de desenvolvimento sustentável e (2) coordenar, elaborar e acompanhar a implementação daquela Agenda.

A Comissão tem sua formação fixa e poderá, sempre que necessário, instituir grupos de trabalho temáticos. Cabe ao Ministério do Meio Ambiente prover o apoio técnico-administrativo necessário ao funcionamento da Comissão.

Um fator diferencial da Agenda Brasileira em relação às demais experiências no mundo é a opção pela inclusão das Agendas Locais.

Num país de dimensões continentais e de múltiplas diferenças, a criação das Agendas Locais torna-se condição indispensável para o êxito do programa.

A Agenda 21 Brasileira tem como opção a criação de Agendas 21 Locais. A proposta é que cada cidade faça sua Agenda 21 Local com a participação da sociedade civil.

Assim como cada país, cada cidade deve adequar sua Agenda à sua realidade e às suas diferentes situações e condições, sempre considerando os seguintes princípios gerais:

- participação e cidadania;
- respeito às comunidades e diferenças culturais;
- integração;
- melhoria do padrão de vida das comunidades;
- diminuição das desigualdades sociais;
- mudança de mentalidades.

Os compromissos assumidos pelos representantes dos países que aprovaram a Agenda 21 Global são muito claros e objetivos. Preservar as florestas e as nascentes, buscar substitutos para o CFC e outras substâncias que destroem a camada de ozônio, proibir a pesca destrutiva, buscar novas fontes de energia renováveis, reduzir o lixo produzido e encontrar combustíveis alternativos são alguns dos compromissos que devem ser traduzidos em ações, quando couber, na formulação de cada Agenda 21 Local.

#### **6.4. Parcerias**

As experiências brasileiras de coleta seletiva são ricas em parcerias entre os promotores dos programas e demais entidades da sociedade, permitindo efetiva participação dos vários setores, e contribuindo para reduzir os custos dos programas.

Para atividades educativas, as prefeituras estabelecem parcerias com grupos de Terceira Idade, escoteiros, sociedades de bairro, etc. Para a coleta e triagem de materiais, aliam-se a catadores, presidiários e internos de programas de reabilitação psicossocial. Para a comercialização dos materiais e destinação dos fundos, as parcerias costumam ser com entidades da sociedade civil, escolas, etc. As prefeituras também buscam apoio em órgãos estaduais e federais. Alguns projetos têm ou tiveram o auxílio da ONU ou de agências estrangeiras de cooperação técnica.

## **6.5. Programas de redução**

Programas de redução de perdas e gestão da qualidade, que algumas empresas do setor da construção civil no Brasil vem recentemente implantando, contribuem para reduzir a geração do entulho e permitem seu gerenciamento adequado no canteiro.

Contudo, a implantação de tecnologias visando a reutilização e a reciclagem desse material é fundamental num processo de gestão adequada, pois a quantidade de entulho gerado pelas obras de construção, demolição ou reformas, continuará a ser significativa, mesmo com a implantação de programas de redução de perdas.

Para reduzir a geração de resíduos de demolição, é necessária a modificação dos métodos tradicionais e a adoção da demolição seletiva. Essa técnica consiste em separar as diversas categorias de materiais à medida que o processo de demolição vai acontecendo, de forma a evitar a mistura de concretos, argamassas e outros materiais recicláveis com contaminantes como madeiras, papéis, plásticos e gesso.

Deve ser desenvolvido um planejamento detalhado do processo de demolição, uma vez que a demolição seletiva necessita demais tempo que a tradicional.

## **7. EXEMPLOS DE CIDADES QUE APLICARAM O MÉTODO DE RECICLAGEM DE RESÍDUOS**

No Brasil, algumas prefeituras têm implantado usinas de reciclagem de entulho, buscando alternativas para gestão desses resíduos. Existem exemplos de sucesso, como o da cidade de Belo Horizonte, que desenvolve um programa de reciclagem de entulho, incluindo a instalação de quatro usinas de reciclagem. Além disso, Ribeirão Preto, São José dos Campos, Londrina e São Paulo, também implantaram usinas de reciclagem de entulho.

### **7.1. Belo Horizonte**

O modelo de gestão de resíduos sólidos urbanos, iniciado em fevereiro de 1993, foi implantado buscando diminuir os impactos ambientais decorrentes da geração de lixo. Seus focos principais são o aprimoramento e universalização dos serviços de limpeza urbana, o reaproveitamento de materiais e tratamento de resíduos – reciclagem, e ações educativas para reduzir a produção de resíduos. As atividades desenvolvidas em cada um destes focos visam melhorar as condições de trabalho, a valorização e qualificação dos trabalhadores da área de limpeza urbana – dos servidores da prefeitura aos catadores de papel – e viabilizar mecanismos de participação da sociedade.

Esse modelo de gestão de resíduos sólidos foi implantado gradativamente, através de experiências-piloto, que contribuíram para consolidar o programa: antes da proposta ser adotada em larga escala, foram feitos testes em determinados locais, permitindo a correção das falhas.

A iniciativa, além de incentivar o cooperativismo e proporcionar a elevação da qualidade de vida dos catadores, foi importante para o reconhecimento e a legitimação de suas atividades por parte da população, que até então encarava-as como práticas marginais e não como trabalho efetivo.

O estabelecimento de diversas parcerias – com outros órgãos públicos e com a sociedade civil, através de setores empresariais, igrejas e organizações comunitárias – tem sido a tônica de gerenciamento das diversas atividades do programa.

No setor público, as principais parcerias são realizadas no interior da própria administração municipal, através do trabalho articulado com outras secretarias: Educação e Meio-Ambiente na mobilização das escolas e em atividades de educação e conscientização

ambiental; Saúde e Cultura, através do Projeto Ponto Verde; Abastecimento, no que se refere ao manuseio e destinação do composto orgânico, etc. No convênio com a ASMARE, a Secretaria de Desenvolvimento Social participa no programa de auxílio financeiro às famílias de catadores de papel que mantêm seus filhos na escola.

Nesta gestão não apenas a reciclagem de entulho foi implantada, mas de resíduos sólidos em geral, como papel, papelão, plástico.

O programa enfrenta dificuldades que, em alguns casos, levam muito tempo para serem superadas. Um exemplo é o da Usina de Reciclagem de Entulho, que teve que ser adiada a sua entrada em operação devido à resistência da população local. Embora a usina possua capacidade operacional para reciclar 120 toneladas por dia, está reciclando apenas 80 toneladas – ociosidade decorrente da limitação do horário de funcionamento negociado entre os moradores e a SLU. (ALMEIDA, Marco Antonio; 1996).

Outra dificuldade relaciona-se ao objetivo de redução do volume de lixo gerado na própria fonte de produção, pois essa redução depende de uma série de variáveis que fogem ao raio de ação de uma política pública municipal. Como atestam pesquisas, fatores sócio-econômicos influem diretamente no padrão de consumo (e, portanto, de produção de lixo) da população.

A economia diária com a implantação desta gestão foi de 2,4% no volume de lixo diário destinado ao aterro sanitário, e o ganho ambiental em termos de consciência pública. A mudança de comportamento da população em relação ao problema dos resíduos sólidos urbanos pode contribuir decisivamente para a redução de lixo na própria fonte de produção.

O programa propiciou novas formas de diálogo entre o Poder Público e a sociedade civil, dos movimentos organizados às empresas, passando pelas associações de bairro, igrejas e o cidadão comum. A estratégia de comunicação e a valorização da discussão sobre alternativas para a limpeza urbana forma determinantes.

Em relação às parcerias, um fator positivo é a maneira como os programas de geração de renda vem sendo implantados, através da incorporação ativa dos envolvidos a um modelo de trabalho regular e ambientalmente importante.

## **7.2. Londrina**

Em 1994 foi inaugurada a Central de Moagem de Entulhos, sendo a primeira cidade do Paraná a dar este passo.

A Central iniciou sua produção com mais de 1.000 tijolos/dia, destinados para a construção de casas populares. Além do reaproveitamento, os quase 4 mil pontos de despejos de entulho detectados no município foram praticamente extintos. Chegavam à Central cerca de 100 caminhões de entulho por dia – 300 toneladas em média (das cerca de 400 toneladas produzidas diariamente na cidade); 10 a 15% delas eram processadas e viravam brita e o restante era reaproveitado em pavimentações diversas, como calçamento de praças e logradouros públicos.

A grande quantidade de sobras de materiais da indústria da construção civil, cerca de 400 toneladas/dia, constituía um grave problema ambiental para o município de Londrina, PR. A maior parte destes rejeitos eram sistematicamente abandonados em terrenos baldios e fundos de vale, promovendo a poluição e assoreamento dos leitos dos ribeirões que cortam o Município.

A Central de Moagem de Entulho, instalada pela AMA – Autarquia do Meio Ambiente numa antiga pedreira da Prefeitura, em uma área de aproximadamente 174.000m<sup>2</sup>, com um custo de instalação de R\$180.000,00, processava diariamente cerca de 25 a 30% do total de entulhos produzidos na cidade. Com o material produzido através da reciclagem – areia, pedrisco e brita de várias granulometrias – eram fabricados, no mesmo local, os blocos, bloquetes e as canaletas de concreto.

Estes produtos eram utilizados na construção de casas populares, como parte do programa MORAR MELHOR, desenvolvido pela AMA em parceria com a COHAB-LD, com o objetivo de reurbanizar as favelas do Município, além da urbanização de parques e praças públicas.

A produção média da Central de Moagem de Entulhos, era de aproximadamente 1.200 blocos/dia, quantidade equivalente a 100 m<sup>2</sup>/dia de construção.

A Central de Moagem de Entulhos é uma usina com capacidade inicial de britagem de 100 a 120 t/dia de rejeitos da indústria da construção civil, resultante da demolição e das sobras de obras, tais como argamassas, materiais de alvenaria, concreto não estrutural, materiais cerâmicos e outros.

O entulho da construção civil era previamente coletado e transportado por caminhões com dispositivos polinguindaste para transporte de caçambas estacionárias até a Central de Moagem de Entulhos. Este transporte era realizado por empresas particulares, sendo seu custo de responsabilidade do gerador dos entulhos.

No pátio de recebimento, os entulhos seriam descarregados em pilhas de acordo com uma pré-classificação quanto à natureza do material e sua destinação final. Posteriormente,

este material passaria por um processo de triagem manual, onde seriam separados os materiais plásticos, metálicos, a madeira e o vidro, que recebiam uma destinação adequada, sendo também encaminhados para reciclagem.

Máquinas operatrizes, como pá carregadeira e retroescavadeira, realizariam a remoção e o transporte dos entulhos, já triados e classificados, até o alimentador vibratório, responsável pela separação inicial do material mais fino e pela alimentação do britador de mandíbulas, que realiza a primeira etapa de moagem, onde ocorre a primeira redução da granulometria dos entulhos.

Os entulhos britados seriam transportados por uma transportadora de correia e depositados na porção superior de um silo metálico que descarrega os entulhos na calha vibratória que, por sua vez, alimenta o moinho de martelos. Neste moinho, os entulhos britados são mais uma vez desagregados e particulados, tendo novamente a sua granulometria reduzida. Finalmente, o material proveniente do moinho de martelos é transportado por uma transportadora de correia até o sistema rotativo de peneiras, onde é classificado de acordo com sua granulometria em areia, pedrisco, brita 1, brita 2 e brita 3. As britas 2 e 3 são novamente encaminhadas ao início do processo para uma nova britagem.

Uma vez terminado o processo de moagem, a areia e o pedrisco são transportados até o local de instalação das máquinas para a moldagem dos blocos.

No local de instalação das máquinas para a moldagem dos blocos, o material – areia e pedrisco – é misturado a água e cimento, e a massa de concreto é moldada. De acordo com o tipo de fôrma utilizada, são produzidos blocos, bloquetes e canaletas de concreto.

Hoje, a Central de Moagem de Entulhos está desativada.

### **7.3. Ribeirão Preto**

A cidade produz, em média, 900 toneladas de entulho por dia; 25% desse material são operados na Usina de Reciclagem de Entulhos da Construção Civil e o material produzido é utilizado na recuperação de estradas municipais sem pavimentação.

### **7.4. São José dos Campos**

Fundada em 1997, a Usina de Reciclagem de Entulhos foi desativada depois de 1 ano em funcionamento, com previsão de reabertura no ano seguinte. Chegou a receber até 10 caminhões/dia, com um total aproximado de 60 toneladas de entulho misto. A taxa de

processamento de entulhos na Usina chegou a 30%, utilizados em áreas rurais sem pavimentação (apenas uma pequena parcela era de entulho "limpo", utilizado na produção de tijolos e blocos).

### **7.5. São Paulo**

A prefeitura implantou, em 1991, uma usina de reciclagem com capacidade para 100 toneladas/hora, produzindo material utilizado como sub-base para pavimentação de vias secundárias.

## 8. CONCLUSÃO

A aplicação do método de reciclagem de resíduos da construção civil requer parcerias com empresas privadas e a conscientização da população para se obter bons resultados, além do apoio da construtora ou empresa que está realizando o processo. Temos com isso a contribuição social, o que é um fator muito importante para se obter qualidade de vida.

A produção de agregados com base no entulho pode gerar economias de mais de 80% em relação aos preços dos agregados convencionais. A partir deste material é possível fabricar componentes com uma economia de até 70% em relação a similares com matéria-prima não reciclada. Esta relação pode variar, evidentemente, de acordo com a tecnologia empregada nas instalações de reciclagem, o custo dos materiais convencionais e os custos do processo de reciclagem implantado.

É uma alternativa que pode, e deve ser utilizada para a melhoria do meio ambiente e reduzir o desperdício nas obras.

Existem muitas alternativas para a utilização do entulho reciclado, e o material proveniente da reciclagem não deixa de ser tão qualificado quanto o produto não-reciclado.

Uma alternativa que deve ser estudada mais profundamente é a utilização de resíduos da construção civil em concreto estrutural, que pode sofrer algumas alterações dependendo do resíduo utilizado. Porém, para outras finalidades, a utilização desse processo vem sendo bem aceito e traz boas vantagens para a empresa e o meio ambiente.

## 10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGOPYAN, V. & John, V.M. (2000) - **Reciclagem de Resíduos da Construção** – Artigo – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Construção Civil, São Paulo.
- AGOPYAN, V. et. Al., **Alternativas para a redução do desperdício de materiais nos canteiros de obra**. Relatórios de volumes 01 a 05. São Paulo: 1998;
- CARNEIRO, Alex P., et al. **Reciclagem do entulho da região metropolitana de Salvador para a produção de materiais de construção de baixo custo**. In: IX Simpósio Luso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Porto Seguro, 2000.
- E.C., **Reciclagem de Resíduos de Construção: Obrigatoriedade Próxima** – Artigo – Revista Engenharia e Construção – EC – Editora Luso Brasileira Ltda. N. 69. Curitiba: Junho – 2002.
- MIRANDA, L.F.R. **Estudo de fatores que influenciam na fissuração de revestimentos de argamassa com entulho reciclado**. São Paulo, 2000. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- PINTO, T.P. **Manual de uso dos resíduos de construção reciclados**. São Paulo: I & T. 1998.
- TRICHES, G.; KRYCKYJ,P.R. **Aproveitamento de entulho da construção civil na pavimentação urbana**. In. 4º. Congresso Brasileiro de Geotecnia Ambiental, Anais, São José dos Campos, 1999.
- Superintendência de Limpeza Urbana. SIGA – Sistema de Informações do Gabinete do Prefeito. <http://www.pbh.gov.br/siga/limpeza/entulho.htm>.
- ZORDAN, Sérgio. **Entulho da indústria da construção civil**. [www.reciclagem.pcc.usp.br/entulho\\_ind\\_ccivil.htm](http://www.reciclagem.pcc.usp.br/entulho_ind_ccivil.htm)
- [www.abesc.org.br](http://www.abesc.org.br)  
[www.ambientebrasil.com.br](http://www.ambientebrasil.com.br)  
[www.arq.ufsc.br](http://www.arq.ufsc.br)  
[www.cetesb.sp.gov.br/Ambiente](http://www.cetesb.sp.gov.br/Ambiente)  
[www.dctm.eng.ufba.br/reciclar](http://www.dctm.eng.ufba.br/reciclar)  
[www.ecivilnet.com](http://www.ecivilnet.com)  
[www.habitare.infohab.org.br](http://www.habitare.infohab.org.br) - Habitare (Programa de Tecnologia de Habitação)  
[www.reciclaveis.com.br](http://www.reciclaveis.com.br)  
[www.sindusconsp.com.br](http://www.sindusconsp.com.br)  
[www.unilivre.org.br](http://www.unilivre.org.br)
- Normas ABNT  
SEBRAE