



Monografia

" SOLUÇÕES ECONÔMICAS COM TECNOLOGIA PARA CONSTRUÇÕES COM A UTILIZAÇÃO DE MATERIAIS RECICLÁVEIS / REUTILIZÁVEIS E RENOVÁVEIS"

Autor: Luciano Figueiredo França

Orientador: Prof. Maria Teresa Paulino Aguilar

Janeiro/2010

LUCIANO FIGUEIREDO FRANÇA

**“SOLUÇÕES ECONÔMICAS COM TECNOLOGIA PARA CONSTRUÇÕES
COM A UTILIZAÇÃO DE MATERIAIS RECICLÁVEIS / REUTILIZÁVEIS E
RENOVÁVEIS”**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil
da Escola de Engenharia UFMG

Ênfase: Tecnologia para construções utilizando materiais renováveis e
recicláveis

Orientador: Prof. Maria Teresa Paulino Aguiar

Belo Horizonte

Escola de Engenharia da UFMG

2010

**A minha família pelo apoio, carinho e
dedicação.**

AGRADECIMENTOS

A Deus, minha esposa e meus filhos, pelo apoio e ao amor incondicional que nos une nesta vida;

Aos professores e colegas, companheiros solidários na busca de novos conhecimentos.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	09
2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL	
2.1 <i>Execução da fundação</i>	10
2.2 <i>Execução das paredes</i>	11
2.2.1 <i>Produção das formas metálicas(Painéis)</i>	11
2.3 <i>Execução das Instalações Elétricas e Hidráulicas</i>	14
2.4 <i>Execução da Cobertura e Engradamento</i>	15
2.5 - <i>Vantagens Econômicas do sistema construtivo</i>	16
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	
3.0 <i>CAPITULO 1</i>	17
3.1 <i>Composição de rejeitos da Construção</i>	19
3.2 <i>Entulho e Resíduo-Conceituação</i>	20
3.3 <i>Desenvolvimento Sustentável</i>	24
4. GENERALIDADES.....	28
CAPITULO 2	
5.0 <i>Reciclagem do resíduo de construção</i>	32
5.1 <i>A Reutilização de materiais na construção civil</i>	42
5.2 <i>O tratamento do entulho no Brasil – Atualmente</i>	44

6.0 ANÁLISE

6.1 Metodologia	46
6.1.1 Reduzir.....	46
6.1.2 Reutilizar.....	47
6.1.3 Reciclar.....	48

7.0 CONCLUSÃO

7.1 Resultados do reaproveitamento.....	52
7.1.1 Ambientais.....	52
7.1.2 Econômicos.....	52
7.1.3 Sociais.....	53

8- BIBLIOGRAFIA

8.1 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54
-------------------------------------	----

RESUMO

Buscamos novas alternativas tecnológicas para as nossas construções, principalmente alternativas acessíveis a nossa realidade de responsabilidade ambiental sustentável. Valorizá-las como matéria-prima para as nossas construções, uma vez que temos meios e condições climáticas que nos permitem utilizar muitas coisas que são desprezadas, faltando simplesmente colocar em prática, técnicas de transformação para a devida utilização destes recursos, que são despejados em bota-fora como aterro, sem o mínimo aproveitamento e critério de seleção destes materiais e produtos de demolições das construções.

Também temos que valorizar os materiais renováveis que produzimos, deixando o costume de utilizar os materiais tradicionalmente usados em nossas construções para fazer uso de produtos que tem as mesmas propriedades e a custo inferiores com a mesma qualidade.

Uma das formas de utilização é beneficiar os resíduos dos nossos bota-fora com a seleção e britagem, peneiramento e lavagem dos materiais, eliminando os rejeitos que interferem na mistura para o bom resultado da resistência nos aglomerados e misturas para a confecção de concretos mixto (Resíduos e Aglomerantes) de enchimento de paredes de vedação e contrapisos por exemplo.

A utilização de madeiras renováveis como o Eucalipto na aplicação de engradamentos para a construção de galpões e chapas de compensados recicladas na confecção das formas para enchimento das paredes de vedação.

O profissional também deve escolher o sistema construtivo visando à minimização das perdas, à flexibilidade de usos durante a vida útil da edificação, e à facilidade de reutilização e/ou reciclagem no final do seu ciclo de vida. Ao projetar, o arquiteto deve ter em mente que o material é importante na preservação.

Tendo como base o reaproveitamento a construção torna-se sustentável, com a prevenção e a redução dos resíduos pelo desenvolvimento de tecnologias limpas, o uso de materiais recicláveis ou reutilizáveis, o uso de resíduos de materiais secundários e na coleta e deposição inerte.

Usar recursos naturais passivos integrando-os com design para promover o conforto na habitação e integrá-la ao meio ambiente. Utilizar materiais que não comprometam o meio ambiente e a saúde de seus ocupantes, e que contribuam para tornar o cotidiano da habitação menos agressivo e conseqüentemente preservando e melhorando o meio ambiente.

Sendo assim, para garantir uma vida satisfatória para a humanidade, será preciso examinar atentamente o modo como a atual sociedade vive, identificando atividades insensatas e tomando atitudes para mudá-las. Mudar a forma de vida no planeta e a maneira com que algumas atividades são realizadas nele, e isso incluem a construção e o crescimento

INTRODUÇÃO

A idéia de se desenvolver um sistema construtivo de baixo custo com a utilização de materiais recicláveis e renováveis, surgiu através de uma solicitação da Maçonaria(Loja Atalaia de Sete Lagoas) que tinha como missão, apresentar uma proposta de um protótipo de moradia popular que futuramente seria utilizado como modelo na construção de um conjunto habitacional no bairro Nova Cidade, em Sete Lagoas, MG.

Esta entidade, tem como princípio, praticar a filantropia com recursos arrecadados dos membros atuantes, buscando desenvolver projetos sociais como: construção de asilos, creches, escolas, moradias populares, entre outros.

Como membro da Maçonaria e Engenheiro Responsável da comissão nomeada para o desenvolvimento deste projeto, iniciei o trabalho em meados de 1995.

Nesta época utilizei dos recursos naturais disponíveis e abundantes na região como: resíduos de calcinação, de minérios e britagem.

Os ganhos econômicos e ambientais que uma construção desta natureza pode proporcionar são consideráveis; partindo do princípio que poderá também utilizar resíduos da construção que são jogados em botas-fora sem nenhum destino a não ser o de simples aterro.

Desta forma , será explanado sequencialmente, de forma esquemática as etapas de execução do protótipo.

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

2.1- EXECUÇÃO DA FUNDAÇÃO

A fundação da casa foi desenvolvida em radier de concreto misto na espessura de 10 cm,utilizando uma mistura de pó de minério e cimento na proporção de 1:8.Foi utilizado uma armadura de tela soldada malha 15x15 tipo TQ-138,para reforço do piso, onde as paredes internas apoiaram, afim de evitar fissuras.O concreto depois de aplicado foi acabado com polidora tipo (Bambolê). Acabamento com nível (Zero) de nivelamento e polido (acabamento final).

Para aplicação do piso cerâmico ou outro piso, poderá ser aplicado diretamente sobre o mesmo sem a necessidade de uso de massa de regularização,somente a argamassa de aplicação.

Primeiramente prepara-se o terreno com escavação do solo de preferênciia em solo natural (firme) ,evitando aterros,caso seja necessário algum aterro este deverá ser compactado em camadas de 20cm com a umidade adequada.

Após o nivelamento do terreno manualmente, coloca-se uma fôrma de madeira (Tipo sarrafo) de 10cm no contorno do radier e no alinhamento externo do passeio de proteção (calçada), com um desnível de 5cm de rebaixo.

Também é aplicado no alinhamento das paredes uma cinta de armadura em estribos de diâmetro 4.2 mm a cada 15 cm em 04 barras de ferro de diâmetro de 8.0 mm nas dimensões de 7 x 15 cm embutida no concreto do piso.

As cintas tem a função principal estrutural devido o peso das paredes e melhor distribuição do esforços, elas também servem de guias de aplicação e fixação das formas, fazendo com que as paredes fiquem bem alinhadas e definidas nas suas devidas posições.

2.2- EXECUÇÃO DAS PAREDES

2.2.1 - Produção das fôrmas metálicas (Painéis)

Na fabricação dos painéis, foram utilizados como módulos de fixação das chapas metálicas na bitola 18, uma estrutura em perfil metálico tipo metalon 50x30mm com dimensões de 2,50x1,20 metros espaçados de 50 em 50 centímetros para reforçar o painel, sendo fixadas com rebites metálicos.

Foi feito duas aberturas (Janelas) em cada painel de aplicação de concreto com dimensões de 40x40 cm equidistantes das bordas do painel no sentido longitudinal para facilitar a aplicação do concreto de forma que o concreto ao ser aplicado não desagregue .

Os painéis foram protegidos com tinta anti-corrosiva e pintura "epoxi", para facilitar a desforma.

Para a montagem dos Painéis para confecção das paredes ,foi instalado primeiramente as formas internas,aprumadas com escantilhões e posteriormente foi feita a colocação das formas externas afixadas com parafusos em barras rosqueadas de diâmetro de 3/8” perfuradas nos montantes de metalon dos painéis,sendo colocado entre as fôrmas um espaçador feito de argamassa para manter a largura da parede uniforme.

Antes da aplicação da forma externa deverão ser aplicadas todas as esquadrias,tubulações de elétrica e hidraulica com suas devidas conexões e registros sem acabamento,caixas de tomadas e apagadores de 2x4cm e 4x4cm.

Após o alinhamento e colocação das fôrmas no prumo correto respeitando os gabaritos de fixação chumbados no contra-piso e também utilizando os escantilhões nos cantos para um bom esquadrejamento,foi aplicado o concreto misto reciclado pelas janelas de aplicação, em camadas de 50 cm com o uso de vibrador de imersão e mangotes de 25mm para uma perfeita homogeinização do concreto.

Foram utilizados no enchimento das paredes um concreto misto (Resíduos de cal hidratada e brita mista calcárea de britagem com adição de cimento),que dosados no traço de 1:de cimento 4:de cal hidratada e 4:de brita mista oferecem uma resistência suficiente para suportar os devidos esforços em uma edificação.

Esses resíduos utilizados são gerados nas industrias da região centro oeste de Minas Gerais em grandes volumes de produção na fabricação de cal hidratada e britas para as mais diversas aplicações.

A escolha desses materiais como agregado para o enchimento foi adotada pela abundância existente na região e características observadas das aplicações em antigas construções onde se usava somente cal e areia nas argamassas de assentamento e rebocações das paredes ou em alicerces das residências da época.

A utilização do resíduo de britagem foi mais em função de buscar uma mistura homogênea utilizando agregados das mais variadas bitolas, desde o pó de pedra até a brita 04 com a adição do cimento como aglomerante e também ligante gerando uma mistura volumosa e de difícil desagregação.

A plasticidade dessa mistura foi um ítem preocupante em função da altura de aplicação do concreto dentro das paredes, onde o mesmo poderia chegar no fundo das formas desagregado e comprometido.

A retirada das formas foi feita 24 horas após a aplicação do concreto, sendo necessário a remoção das formas externas primeiramente e logo após a forma interna evitando choques.

2.3–EXECUÇÃO DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E HIDRÁULICAS

A tubulação elétrica e hidráulica são pré-fabricadas e montadas em kits para facilitar a fixação dos mesmos nos painéis nos suas devidas posições de funcionamento para a futura aplicação dos acabamentos das torneiras e registros ,como também das tomadas e apagadores ,sendo fixados no devido lugar com todas as conexões e registros necessários ao perfeito funcionamento das instalações da referida casa.

Todos esses materiais ficam embutidos e já definitivamente chumbados dentro do concreto misto que encherá a forma montada das paredes.

As esquadrias como portas e janelas foram fixadas nas formas internas nas suas devidas posições,sendo utilizado as esquadrias tipo porta pronta,onde vem todos os componentes das peças instalados como fechaduras,dobradiças, o marco de contorno com a sua devida esquadria instalada.

Após a instalação das esquadrias no seu devido lugar coloca-se também com a forma externa na espessura da parede que é também a mesma largura dos marcos de contorno das esquadrias e preenche as paredes com o concreto misto, ficando as mesmas todas chumbadas definitivamente no seu devido lugar.

2.4 – EXECUÇÃO DA COBERTURA E ENGRADAMENTO

Nos engradamentos das casas foram utilizados madeira renovável da espécie “Eucaliptus” que foram cultivadas e manejadas para essa finalidade evitando assim o uso de madeiras nativas para essa aplicação, como peças de substituição dos caibros foram aplicados peças roliças de diâmetro de 8 a 10 cm no comprimento total necessário, apoiados em peças que fazem o trabalho de linhas de apoio no diâmetro de 12 a 14 cm, no contorno das paredes externas.

Depois veio a fixação das ripas em peças nas dimensões de 1,5 x 4,0 cm serradas e extraídas de peças da mesma madeira de Eucalipto.

Na cobertura utilizei telhas de barro tipo cerâmica, pois é o material mais utilizado em nossa região em função de ter muitas indústrias cerâmicas e o barro utilizado na fabricação é muito farto.

2.5 - Vantagens Econômicas do sistema construtivo

Após a conclusão do protótipo da casa, ficou comprovado a redução em 50% comparado ao valor de custo de uma construção convencional.

Na construção convencional utiliza-se blocos cerâmicos/concreto para a execução da alvenaria de vedação. Já no sistema testado, foi usado concreto misto com a utilização do entulho de construção moído como agregado. Este agregado acaba tendo custo quase zero, pois o mesmo poderá ser britado em vez de ser depositado em bota-foras.

Um outro aspecto de otimização de custos foi a eliminação da etapa de revestimento interno e externo das paredes devido a parede de concreto misto ter textura lisa e uniforme excluindo a etapa de acabamento. Em construções rústicas como galpões e construções rurais poderá até ser eliminado a etapa da pintura.

Com relação a cobertura e engradamento utilizou-se o método renovável. Neste caso, utilizou-se a madeira da espécie eucalipto.

- Os ganhos econômicos e ambientais que uma construção com o nosso método inovador utilizando esse processo construtivo poderia proporcionar são consideráveis; partindo do princípio que estaríamos utilizando resíduos da construção que são jogados em bota- foras sem nenhum destino a não ser o de simples aterro.

CAPITULO 1

O conceito de que os rejeitos de concreto descartados pelas obras de construção civil e de infraestrutura são constituídos de restos inertes enseja o seu emprego na reutilização e reciclagem para produção de novos materiais, muitas vezes sem o estudo da sua durabilidade. Além disso, a sua disposição final em locais inadequados causa riscos à saúde pública e danos ao meio ambiente.

Os materiais descartados pelas obras de construção civil que são gerados nas cidades constituem em verdadeiras jazidas de matérias primas que não são aproveitadas e causam grandes prejuízos à qualidade de vida de seus habitantes além de criar uma imagem negativa para as administrações públicas. A questão dos entulhos de construção civil pode ser uma alternativa interessante para os municípios que sofrem com as transformações urbanas e que se deparam com problemas de gerenciamento dos rejeitos de construção civil (BRITOFILHO, 1999).

Os resíduos gerados nas atividades de construção civil são geradas em expressivos volumes, não recebem solução adequada, impactam o meio

urbano e constituem local propício à proliferação de vetores de doenças, aspectos que irão aprofundar os problemas de saneamento nas áreas urbanas.

Os materiais descartados pela construção civil são parte dos resíduos sólidos urbanos que incluem também os resíduos domiciliares.

Porém, para os resíduos de construção e demolição, há agravantes: o profundo desconhecimento dos volumes gerados, dos impactos ambientais que eles causam, dos custos sociais envolvidos e das possibilidades de seu reaproveitamento fazem com que os gestores dos resíduos se apercebam da gravidade da situação unicamente nos momentos em que, acuados, vêem a ineficácia de suas ações corretivas (PINTO, 2000).

O entulho, por outro lado, como alguns dos resíduos do lixo doméstico (papel, plástico e metal), apresenta condição potencialmente adequada para ser reciclado/reutilizado no setor da construção civil (HAMASSAKI et. all., 1996), para produção de componentes de alvenaria, concreto e aplicação em pavimentação de vias públicas.

3.1 - Composição dos rejeitos de construção

A construção de edifícios tão importante para sanar a demanda social por habitações no Brasil envolve o consumo de grandes quantidades de recursos físicos do nosso planeta haja vista que 1 metro quadrado de construção utiliza cerca de 1 tonelada de materiais. Este consumo pode ser significativamente aumentado quando ocorrem perdas de materiais nos canteiros. Pesquisas recentes têm mostrado que as perdas mensuradas fisicamente estão longe de ser desprezíveis. Tais perdas podem acontecer como entulho (SOUZA et. all., 2000).

A cidade de São Paulo coleta 326 mil toneladas por mês de resíduos de construção civil que não recebem destinação adequada e cerca de 80% dos resíduos são depositados em áreas clandestinas, regiões de manancial, cursos d'água e lagoas (ATESP, 2000).

A composição básica do entulho de obras de construção civil e de infraestrutura pode variar em função dos sistemas construtivos e das disponibilidades regionais, isto é, dos materiais, da mão-de-obra e da tecnologia que podem ser empregados na execução de uma obra.

Os constituintes do entulho podem ser catalogados conforme o percentual em que aparecem no bota-fora. Os rejeitos gerados possuem diversos materiais como: asfalto, vidro, concreto, argamassa, cal, material cerâmico, material de poda, pedra britada, madeira, blocos e tijolos, papel, tintas e vernizes, gesso, plásticos, metais, solventes, pigmentos e solo.

Observa-se que a produção de rejeito de concreto ocorre em todo tipo de obra de construção civil e obra de infraestrutura, e que, a porcentagem de rejeito de concreto é significativamente elevada em relação aos demais materiais descartados.

O resíduo de concreto é heterogêneo quanto à sua composição por constituir-se de um material proveniente de diferentes fontes, ou seja, concretos que foram dosados, fabricados e aplicados com controle tecnológico e concretos que foram produzidos sem qualquer controle de qualidade.

3.2 - Entulho e resíduo: conceituação

Etimologicamente a palavra entulho significa aquilo que resta duma ruína ou desmoronamento; detritos; pedregulhos; caliça; tudo que contribui para atravancar; o que serve para tapar um fosso (FONTINHA, 1990), ou ainda, na língua portuguesa, o entulho é entendido como: “pedregulhos, areia, terra, tudo quanto sirva para entupir, aterrar, nivelar depressão de terreno, escavação, fossa e vala” (FERREIRA, 1995).

A etimologia da palavra resíduo mostra que a mesma vem do Latim, residuu (m), e significa aquilo que resulta de uma reação química (FONTINHA, 1990) e o significado na língua portuguesa é: “remanescente; aquilo que resta de qualquer substância; resto; o resíduo do que sofreu alteração de qualquer

agente exterior, por processos mecânicos, químicos ou físicos” (FERREIRA, 1995).

Os significados apresentados por FONTINHA (1990) e por FERREIRA (1995), sobre os termos entulho e resíduos, deixam claro que desde os primórdios da linguagem escrita estruturada, a origem destas palavras firmou, ao longo do tempo, o conceito de que os materiais descartados pelas obras de construção civil e de infraestrutura são entulho e o conceito de resíduo para o lixo domiciliar e industrial.

Para o caso do entulho os significados, segundo FONTINHA (1990) e FERREIRA (1995), não mencionam outros materiais como madeiras, concretos, argamassas, gesso, tintas e vernizes, solventes, papéis, plásticos, metais, vidros, materiais metálicos, fibras, cerâmicas, amianto e materiais betuminosos, que fazem parte dos rejeitos de construção e que reagem com outras substâncias ao longo do tempo. Assim, é compreensível que a pessoa leiga sobre o estudo dos rejeitos de qualquer natureza empregue os termos de maneira equivocada, mas o mesmo ocorre com algumas definições dadas por alguns pesquisadores, a falta de pesquisas e de esclarecimentos sobre o que é um material inerte e um material reativo provocam desdobramentos que acabam por gerar agressões ao meio ambiente e a saúde pública.

O desenvolvimento das cidades brasileiras aumenta a demanda por novas moradias ao mesmo tempo em que surge a construção de novas indústrias, estradas, obras de arte e obras de infra-estrutura o que mostra a importância do ramo da construção civil no crescimento do país e a influência das construções no meio ambiente.

As moradias, as indústrias, as estradas, as obras de arte, e as obras de infraestrutura na maioria das vezes são projetadas e construídas sem levar em conta os impactos ambientais que cada vez mais agredem o meio ambiente, principalmente pela produção de grande quantidade de entulho depositada em lixões e aterros sanitários. Parte dos materiais descartados pelas obras é abandonada em locais inadequados, quase sempre clandestinos, o que provoca danos às áreas sadias como o seu esgotamento e poluição de aquíferos e outra quantidade é depositada em cursos d'água o que causa colapso das margens e poluição de suas águas.

Os danos ao meio ambiente assumem proporções maiores ao se considerar a produção total de entulho originada pelas perdas previstas em projeto acrescido do desperdício ocasionado pela falta de processos construtivos racionalizados e/ou industrializados, para a execução de obras civis. Obras de sistemas de coleta e tratamento de esgoto, sistemas de tratamento e de distribuição de água, obras de drenagem, produção de artefatos a base de cimento Portland e pavimentação de vias públicas, também produzem entulho em grande quantidade que é descartada em aterros que não são preparados para esta finalidade. Além disso, em toda a vida útil de uma edificação são gerados resíduos seja na fase de manutenção como na fase de reforma e adequação ao uso e até na fase de desocupação e demolição das construções (OLIVEIRA, 1998).

Por outro lado a indústria da construção civil traz à população muitos benefícios e é capaz de recuperar os danos causados ao meio ambiente

através da concepção de novos projetos e pesquisas que melhoram a qualidade do meio ambiente.

As obras de construção civil são projetadas para uma vida útil de cerca de 50 anos e muitas construções estão completando o seu ciclo de utilização, quando então começam as reformas, recuperações, demolições, novas construções para substituir as antigas, com a geração de grande quantidade de entulho.

A geração e o descarte de material de construção civil de maneira desordenada levam a sociedade a clamar por providências das autoridades governamentais e dos responsáveis pela geração de entulho, para que encontrem soluções que dêem tratamento adequado aos materiais descartados pelas construções. Por outro lado, observa-se uma crescente competição por espaço no mercado consumidor, o que se traduz numa preocupação das empresas em minimizar desperdícios, otimizar processos, reduzir custos e buscar a sua qualificação para obter a certificação ISO 14000, incentivadas também por iniciativas institucionais. Estes movimentos visam criar mecanismos para que o meio ambiente seja menos agredido pelas ações antrópicas.

3.3 - Desenvolvimento Sustentável

O relatório da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, constituída pela Organização das Nações Unidas-ONU, divulgado em 1987 com o título de Nosso Futuro Comum ou Relatório Brundtland, representa um marco no enfrentamento da questão ambiental, ao propor a perspectiva da busca do chamado desenvolvimento sustentável, ou seja, um desenvolvimento que permita à humanidade usufruir os recursos naturais sem comprometer a possibilidade de que as gerações futuras também possam fazê-lo.

O Relatório apresenta diversas proposições para reduzir as ameaças à sobrevivência da humanidade, tornar viável o desenvolvimento e interromper o ciclo causal e cumulativo entre subdesenvolvimento, condições de pobreza e problemas ambientais (BITAR, 1999).

O desenvolvimento e as questões ambientais não são privilégio de países subdesenvolvidos ou em desenvolvimento. Todos os países do planeta Terra enfrentam os danos causados ao meio ambiente, principalmente as regiões urbanas e industrializadas.

A Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, realizado no Brasil na cidade do Rio de Janeiro, em junho de 1992, onde 170 países membros da ONU estiveram representados por ocasião da Rio'92 – Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente teve como resultado a Agenda 21 (ONU, 1993) que trata de um acordo, entre os países presentes ao encontro, para colocar em prática pelos governos, agências de

desenvolvimento, Órgãos das Nações Unidas, ONGs e empresas privadas, um amplo programa para o desenvolvimento sustentável do Planeta.

A agenda 21 constitui um plano de ação para alcançar o desenvolvimento sustentável a médio e longo prazo com objetivos, atividades, instrumentos e necessidades de recursos humanos e institucionais. A partir de quatro grandes temas – a questão do desenvolvimento, com suas dimensões econômicas e sociais; os desafios ambientais que tratam da conservação e do gerenciamento de recursos para o desenvolvimento; o papel dos grupos sociais na organização e fortalecimento da sociedade humana; e finalmente os meios de implementação das iniciativas e projetos para a sua efetivação – são fornecidas as bases para o encaminhamento de iniciativas voltadas à obtenção de melhores condições ambientais e de vida. (PHILIPPI Jr., 1999).

Os recursos minerais são a principal matéria-prima para a produção dos materiais de construção civil e a Agenda 21 não é explícita quanto a estes recursos, mas dedica na Seção II, um Capítulo aos recursos terrestres. Após cinco anos àquela Conferência, a implementação da Agenda 21 foi avaliada em evento da ONU realizada em Nova York no ano de 1997 , conhecida como Conferência Rio+5.

O documento apresentado pelo governo brasileiro na Conferência contemplando as ações executadas na esfera federal, estadual e municipal, desde 1992, reconhece que os avanços em relação ao planejamento e gestão dos recursos terrestres estão aquém das necessidades no País tendo sido avaliados como precários.

A adoção de uma política de incentivo para o reaproveitamento dos bens minerais descartados pelas obras civis pode reduzir a quantidade de minerais extraídos das jazidas e, conseqüentemente, diminuir o impacto ambiental pela reutilização e reciclagem dos rejeitos minerais.

Embora a preocupação com as questões ambientais não seja recente, o entulho de obra praticamente não recebeu a devida atenção em todo esse tempo permanecendo classificado como um material inerte e que causa pouco impacto ao meio ambiente apesar da constatação de uma realidade adversa.

Muitos países europeus estão se deparando com o problema do aumento do entulho das obras e com a falta de espaço para a sua deposição final. A proteção do solo e da água, a limitação da produção de entulho e o seu reutilizar são a chave para a concepção do chamado “Desenvolvimento Sustentável”. A concepção do desenvolvimento sustentável foi discutida no mês de março do ano de 1991 pela European Commission Directive 91/156/EEC, (PÉRA,1996).

O setor da construção civil tem procurado estabelecer mecanismos para minimizar os impactos danosos ao meio ambiente.

Apesar de uma conscientização tardia, a Construção Civil vem tomando ações decisivas para se tornar menos agressiva à Natureza através de posturas cada vez mais próativas.

As primeiras medidas mais conseqüentes são do início da década de 90, com estudos mais sistemáticos e resultados mensuráveis, como reciclagem, redução de perdas e de energia. A Agenda 21 para a Construção Sustentável tem o grande mérito de sistematizar todos os estudos do CIB – International

Council for Research and Innovation in Building and Construction, realizadas nas últimas décadas, mas que se tornaram mais intensos nos últimos 5 anos. A redução do uso de recursos minerais e conservação da função de apoio à vida do ambiente requer o uso de materiais renováveis, seleção apropriada de materiais e previsão de vida útil, (CIB, 2000).

A preocupação com resíduos de maneira geral é relativamente recente no Brasil. Diferente de países como os EUA onde no final da década de 1960 já existia uma política para resíduos, chamada de *Resource Conservation and Recovering Act* (RCRA) no Brasil ainda está em discussão uma legislação mais abrangente sobre resíduos e o Programa Brasileiro de Reciclagem ainda não saiu do papel.

Apesar de algum avanço na reciclagem de resíduos domiciliares, obrigatoriedade de recolhimento de pneus e baterias, está certamente ainda longe de políticas mais abrangentes como a política do governo dos EUA de compra preferencial de produtos ambientalmente saudáveis, que privilegia produtos contendo resíduos ou da amplamente política da Alemanha, (JOHN e AGOPYAN, 2001).

O Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA está elaborando uma legislação sobre o tratamento do entulho da construção, e que prevê uma co-responsabilidade entre o gerador e o transportador, GOPYAN, (2001), entretanto a designação das áreas destinadas à disposição final dos rejeitos de construção, até o momento, é responsabilidade do poder público que na maioria das vezes não informa às empresas transportadoras, de rejeitos de

construção, o local de descarte o que permite o uso inadequado dos espaços urbanos.

4.0 - Generalidades

De acordo com os estudos de Zordan (1997), os resíduos produzidos pela indústria da construção civil passam, cada vez mais, a serem vistos como uma fonte alternativa de matéria prima, a ser reutilizada no setor. Dessa forma, incentivando esse processo e oferecendo bases científicas para o seu fortalecimento, realizou-se um estudo com o objetivo de analisar a reciclagem da parte mineral do entulho, utilizando-a como agregado na confecção do concreto.

O resíduo utilizado, proveniente de uma usina de reciclagem de entulho, foi analisado granulométrica e qualitativamente, de modo a ser classificado como um agregado.

Com esse material, produziu-se concreto em diferentes traços e relações água/cimento, que foram ensaiados à compressão simples, à abrasão e à permeabilidade, em idades distintas. Os testes mostraram que, à medida que se diminuiu o consumo do cimento, a resistência à compressão se aproximou dos valores obtidos pelo concreto de referência, enquanto que a resistência à abrasão mostrou-se melhor em todos os casos onde se usou entulho como agregado. Os resultados do trabalho permitiram concluir que o entulho pode

ser utilizado como agregado, na confecção de concreto não estrutural e ou destinados à infra-estrutura urbana.

De acordo com esta definição o entulho de construção pode ser entendido como o resíduo sólido proveniente de atividades de origem industrial, serviços e de varrição.

Entretanto, a prática demonstra que o tratamento dispensado aos materiais descartados pelas obras não considera o texto da definição da NBR 10004, pois não há até o momento uma norma ou legislação que discipline o emprego dos chamados materiais inertes de obras de construção, o manuseio, o gerenciamento e a deposição final do entulho.

Solubilização de resíduos, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, conforme listagem No 8 (ver Anexo H), excetuando-se os padrões de aspecto, cor, turbidez e sabor. Como exemplo destes materiais, pode-se citar rochas, tijolos, vidros e certos plásticos e borrachas que não são decompostos prontamente” (NBR 10004, 1987).

O fato da NBR 10004 citar rochas, tijolos e vidros, como exemplo de materiais inertes dá margem aos geradores, gestores e pesquisadores sobre os rejeitos de obras a realizarem uma associação entre os diversos materiais nele contidos, por outro lado dificulta um melhor conhecimento de suas propriedades, potencialidades de novos usos e riscos ao meio ambiente.

A mesma norma NBR 10004, em seu item 3.2 define periculosidade de um resíduo, como sendo a “característica apresentada por um resíduo, que, em

função de suas propriedades físicas, químicas ou infecto-contagiosas, pode apresentar”:

- a) risco à saúde pública, provocando ou acentuando, de forma significativa, um aumento de mortalidade ou incidência de doenças, e/ou;
- b) Riscos ao meio ambiente, quando o resíduo é manuseado ou destinado de forma inadequada”.

Os materiais de construção por serem considerados inertes sem periculosidade estão sendo depositados em locais inadequados sem prévia análise das substâncias neles contidas e é visível o colapso das margens que os cursos d’água tem sofrido pela prática da descarga do entulho de maneira criminosa.

O entulho de construção contém muitas substâncias que as definições da maioria dos pesquisadores e da norma NBR 10004 não consideram como materiais não inertes e que causam danos citados na letra “a” e “b” do item 3.2 desta mesma norma.

BATALHA apud ROCHA (1993) define resíduos sólidos como material inútil, indesejável ou descartado, com conteúdo líquido insuficiente para que possa fluir livremente nos estados sólido e semi-sólido resultantes das atividades da comunidade, sejam eles de origem doméstica, hospitalar, comercial, de serviços, de varrição ou industrial.

A HONG KONG POLYTECHNIC (1993) define entulho ou sobras de materiais de construção civil como os “subprodutos gerados e removidos de construções, reformas e locais de demolição ou canteiros de edificações e de

obras de arte de Engenharia Civil”. Nesta definição não é feita uma distinção entre as diferentes sobras e a reatividade dos materiais.

E mesmo o concreto descartado pelas obras é considerado como entulho e assim aceito internacionalmente, a partir da definição apresentada pela norma japonesa B.C.S.J. (1977): “Entulho proveniente de demolição de estruturas de concreto, assim como de concreto fresco e endurecido e rejeitado, proveniente de centrais dosadoras, ou até mesmo produzido na própria obra”. Como pode ser entendido pelas definições, o termo entulho é usado também para designar materiais de qualquer natureza como é o caso do concreto.

Segundo PHILIPPI Jr. (1999) pode-se adotar o conceito:

“Qualquer mistura de materiais ou restos destes, oriundos dos mais diversos tipos de atividades humanas, que são descartados por não apresentarem utilidade à sociedade, é considerado como resíduo sólido”.

O material descartado pelas obras de construção está em princípio contemplado pela definição apresentada por PHILIPPI Jr. (1999), entretanto, o autor em seu trabalho se refere somente ao lixo domiciliar que é tratado em aterros sanitários, lixões ou que é disposto em locais inadequados.

ORTH (1999) em seu trabalho: “Planos diretores de resíduos sólidos no Estado de São Paulo”, define lixo como “todo o material sólido proveniente das atividades diárias do homem em sociedade que, por ser considerado sem utilidade ou valor, é descartado”.

CAPITULO 2

- De acordo com Márcio Joaquim Estefano de Oliveira fica comprovado que o uso de materiais recicláveis e renováveis; como exemplo os resíduos de demolição da construção civil que se encontra com muito facilidade em todo o mundo, poderá ser utilizado na confecção das paredes como um agregado de boa qualidade e resistência que demanda à sua aplicação.

5.0 Reciclagem do resíduo de construção

Os resíduos originários da construção civil têm sido ultimamente estudados quanto à sua reutilização como agregado para concretos, em blocos não estruturais, por exemplo, ou diretamente em sub-base de vias públicas. Cidades como São Paulo, Santo André e Belo Horizonte tiveram iniciativas nesse sentido (HAMASSAKI et. al., 1996). A utilização dos resíduos de

construção reciclados é limitada ao concreto sem função estrutural por falta de conhecimento sobre o seu comportamento ao longo do tempo sob a ação das cargas e da ação de agentes agressivos como a chuva ácida que ocorre nos centros urbanos e/ou industrializados.

A reciclagem de resíduos é hoje uma necessidade para a preservação do meio ambiente, não apenas pelo risco de contaminação do solo e dos lençóis freáticos, mas também pela possibilidade de redução do custo e do consumo de energia na produção de materiais de construção civil (SILVA, 1996). A construção civil, pelo extraordinário volume físico de materiais que incorpora, é o maior mercado potencial para a reciclagem. A grande maioria dos resíduos de construção possui contaminantes ambientais, cujo impacto geralmente envolve uma complexidade de mecanismos, e cuja heterogeneidade, em função do processo industrial, faz com que as pesquisas de investigação da reciclagem de resíduos devam incluir a avaliação do risco ambiental do novo produto a ser confeccionado (JOHN et. al., 1996).

Quando se analisa uma massa de material descartado pelas obras de construção civil, observa-se que apesar de sua heterogeneidade, a quase totalidade dos materiais que compõe são de alto valor agregado e de boa resistência mecânica, tais como: areias, pedras-britadas, concretos e argamassas endurecidas, tijolos e cacos cerâmicos, madeiras e tantos outros materiais. Todos esses materiais são potenciais matérias-primas.

Portanto, os materiais descartados pelas obras de construção civil gerados numa cidade são verdadeiras jazidas de matérias-primas que são passíveis de serem exploradas. Assim as formas de reaproveitamento dos materiais

descartados reciclados podem ser: emprego em obras de pavimentação, regularização e cascalhamento de ruas de terra, obras de drenagem, execução de contra-pisos e produção de concretos (BRITO, 1999). A utilização dos materiais descartados pela construção civil possuem poucos estudos sobre o comportamento individual das substâncias que podem causar danos ao meio ambiente e que podem levar à degradação do novo produto e muito menos os efeitos combinados de varias substâncias potencialmente contaminadoras do meio. Para a reciclagem de rejeitos de obras de construção civil é importante o conhecimento dos mecanismos de degradação do novo produto e os efeitos que os mesmos podem trazer ao meio ambiente.

A reciclagem de entulho como material de construção civil, iniciada na Europa após a segunda guerra mundial, encontra-se no Brasil muito atrasada, apesar da escassez de agregados nas regiões metropolitanas, especialmente se comparada com países europeus, onde a fração reciclada pode atingir cerca de 60%, como é o caso da Holanda, que já discute a certificação do produto tendo se convertido em negócio. Embora já se observe a movimentação das empresas interessadas em explorar o negócio de reciclagem de entulho e não apenas o negócio de transporte, as experiências brasileiras estão limitadas a ações das municipalidades que buscam reduzir os custos e o impacto ambiental negativo da deposição de enorme massa de entulho no meio urbano. Provavelmente a primeira pesquisa sistemática sobre a reciclagem de material de construção foi a de CINCOTTO (1988) e os estudos de PINTO (1989) que deram início a uma série de trabalhos sobre desperdício em

construção e políticas municipais e técnicas de reciclagem de entulhos (JOHN, 1999).

No Brasil existem atualmente empresas construtoras que reciclam os rejeitos de construção no próprio canteiro de obras para minimizar custos, através da moagem de argamassas, tijolos, concreto, vidro, cal e gesso. O produto dessa moagem dá como produto um agregado miúdo de granulometria muito fina empregada na fabricação de argamassa de revestimento de paredes e de assentamento de componentes de alvenaria. O produto obtido geralmente não recebe tratamento científico e a consequência é o aparecimento de patologias após pouco tempo do seu emprego na construção. As patologias mais comuns são a fissuração por retração, o surgimento de segregação de constituintes da argamassa pela má hidratação de aglomerantes. A heterogeneidade da argamassa faz surgir reações entre compostos que comprometem sua durabilidade e resistência.

A falta de pesquisa e o emprego de material reciclado sem nenhum critério científico podem comprometer a qualidade do produto, a segurança da obra, a elevação de custos pelos danos causados à construção, desperdício de material e de energia, degradação do produto e contaminação do meio ambiente. No Brasil não há normas que regulamentem a utilização de rejeitos de construção para produção de materiais de construção reciclados o que levou pesquisadores da UNESP, ESPUSP e o setor produtivo a constituírem uma comissão patrocinada pelo SINDUSCON-SP, Sindicato da Indústria da Construção do Estado de São Paulo, a preparar as primeiras recomendações para subsidiar a elaboração da norma que trata da utilização de agregado de

concreto e de agregados de tijolos e argamassas para emprego como material para a construção civil.

A utilização de qualquer categoria de resíduo de construção e demolição, RCD, reciclado em concreto acarreta estudos para caracterização do efeito de contaminantes como os cloretos, gesso, materiais que provocam a reação álcali-agregado e vidro, além da possibilidade da presença de asfalto. Em geral, com os conhecimentos atuais o uso de agregado de concreto é adequado para qualquer aplicação de concreto com 20% de substituição do agregado natural pelo agregado de concreto, para substituições percentuais superiores a 20% há que se levar em conta às limitações da fluência, a durabilidade e em alguns casos a retração do concreto novo (VAZQUEZ, 2000).

As características apresentadas tanto pelo entulho quanto pelo agregado reciclado da Cidade de Salvador-BA, confirmaram o grande potencial de utilização desse material reciclado para a produção de materiais de construção. Sua fração graúda apresentou potencialidade para o uso em camadas de pavimentos, argamassas, tijolos e blocos. Esses agregados podem ser utilizados, também, no nivelamento de terrenos, em cascalhamento de vias, estacionamentos e pátios, em projetos de drenagem, entre outras aplicações na construção (PIRES, 2001). A reciclagem assume importante papel na economia e aumenta a disponibilidade de produtos no mercado consumidor. Entretanto, os estudos de durabilidade dos novos materiais e seus impactos ambientais são igualmente importantes.

A reciclagem de RCD para argamassas e concretos já foi estudada e tem se mostrado viável em estudos brasileiros do ponto de vista tecnológico e econômico. Entretanto, a avaliação do risco ambiental não foi avaliada (BARRA, 1996; LEVY, 1997; HAMASSAKI et. al., 1997; ZORDAN, 1997; ANGULO, 2000, MIRANDA, 2000 apud GIANANTE, 2001). Toda atividade produtiva ou de implantação de obras de construção civil causa impactos ambientais, mas materiais constituídos de rejeitos aumentam a probabilidade de riscos ambientais pela gama de substâncias presentes no material descartado pelas obras de construção que se constitui em nova matéria-prima. Na Europa se reciclam praticamente todo o resíduo de demolição e construção (RCD), em sua quase totalidade o RCD é aplicado na construção de rodovias. Quando se observa o problema do chamado “Chain Management” é evidente que na prática não resolve todo o problema do ciclo de produção e reciclagem de maneira perfeita, pois se de um lado se empregam agregado de RCD, por outro se tem um novo concreto.

Existe na atualidade uma produção incipiente de concreto estrutural com agregado reciclado, porém os últimos estudos permitiram que a Alemanha e a Holanda elaborassem normas para aplicação de agregados reciclados em concreto estrutural. Na Espanha existem apenas recomendações gerais e publicações que seguem em grande parte as tendências alemãs e holandesas, porém o interesse do mercado pode levar à publicação de uma norma de transição até que se tenha uma norma europeia definitiva dentro de 3 a 7 anos (VAZQUEZ, 2001).

Portanto, a questão da normalização está em pauta e necessita da contribuição dos pesquisadores de todas as partes do mundo. Nesses estudos as características regionais como origem da matéria-prima, constituição química, clima e tecnologias regionais empregadas na fabricação dos novos produtos influenciam o tipo de resíduo gerado e seu desempenho.

O estudo realizado por LEVY (2001), apresenta a durabilidade do concreto fabricado em laboratório com agregado reciclado e concreto produzido com agregado reciclado de bloco cerâmico com função estrutural. A durabilidade dos novos concretos é analisada à penetração de íons cloro e na medida em que se aumenta o teor de agregados reciclados miúdos, os resultados encontrados indicam um crescimento do teor de Cl⁻, detectado na camada de 0 a 1cm, todavia quando são substituídos os agregados graúdos naturais, por reciclados de alvenaria e concreto, o comportamento é distinto, passando por um máximo quando a substituição é de 50%. Quando são substituídos 20% dos agregados naturais, independentemente da fração granulométrica do agregado, não são constatadas alterações significativas em relação ao concreto de referência.

Os pesquisadores têm estudado a durabilidade dos materiais reciclados sob a ação de substâncias deletérias, mas geralmente de maneira isolada, isto é, dificilmente se fazem estudos para avaliar a durabilidade de um material sob ação combinada de varias substâncias simultaneamente, em razão da complexidade da constituição dos rejeitos de construção e da mesma forma, a diversidade dos agentes agressivos presentes no meio ambiente.

Dentre os vários materiais, descartados pelas obras de construção civil e de infraestrutura, os rejeitos de concreto constituem a fração mais importante pela sua quantidade, características químicas, físicas e potencialidade de reciclagem. O agregado de concreto é constituído de agregado graúdo, agregado miúdo e pasta de cimento. Pela sua constituição observa-se que o agregado de concreto é rico em rejeitos minerais e se torna matéria-prima de grande importância para a produção de materiais reciclados de aplicação nobre. O material produzido com agregados de concreto reciclado se apresenta como uma alternativa promissora para a construção civil principalmente na produção de concreto sem e com função estrutural. É importante notar que a maioria das pesquisas aborda a produção de concreto novo com o emprego de percentual de agregado reciclado e poucas pesquisas mencionam os ensaios de durabilidade. Muitas obras em concreto são expostas ao meio ambiente em regiões urbanas e/ou industrializadas o que acarreta uma maior preocupação com a sua durabilidade.

As propriedades como a resistência mecânica, absorção de água e resistência ao ataque de chuva ácida podem ser avaliadas para que se possa prever a durabilidade e adotar práticas que protejam o novo produto para garantir o seu emprego ao longo do tempo.

De acordo com Lásaro Roberto Corrêa, a reciclagem de resíduos da construção civil é um tema muito amplo e relaciona – se diretamente ao tema deste trabalho. A reciclagem visa à redução do uso de recursos naturais e permanência da matéria-prima no processo de produção. Segundo a Resolução 307 do CONAMA, resíduos da construção civil são aqueles

provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil e os resultantes da preparação e escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solo, rocha, madeira, forro, argamassa, gesso, telha, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica, etc., comumente chamados de entulho de obra, caliça ou metralha. Uma proposta de gestão sustentável de resíduos sólidos urbanos deve priorizar sempre a redução da geração de resíduos na fonte. No entanto, quando existir a geração dos resíduos, deve-se buscar a reutilização ou a reciclagem. Somente quando não existir possibilidade de reciclá-los é que os resíduos devem ser incinerados (com recuperação de energia) ou aterrados. Um processo de reciclagem de qualidade requer um resíduo de qualidade, o que implica segregar os resíduos junto à fonte geradora, ou seja, nos próprios canteiros de obra. Para que o ciclo da reciclagem se estabeleça, é fundamental que o construtor/gerador tenha consciência da importância do seu papel neste processo.

Primeiro, com relação à adoção de uma postura racional e criativa, que facilite a evolução das técnicas construtivas e de gestão de recursos humanos, viabilizando assim a redução de diferentes formas de desperdício.

Segundo, com relação à segregação dos resíduos nos canteiros de obra, o que permite assegurar uma maior qualidade dos resíduos e reduzir custos de beneficiamento, fortalecendo o processo de produção de materiais reciclados.

A viabilização da coleta seletiva envolve o desenvolvimento de um Plano de Gerenciamento de Resíduos em cada obra, incluindo a conscientização e

sensibilização da mão-de-obra e a introdução de rotinas de segregação/armazenamento dos resíduos e a organização dos seus fluxos.

A reciclagem de resíduos industriais, ou co-processamento, é o segundo método mais utilizado na destinação final de resíduos industriais no Brasil, atrás apenas do aterro industrial (ver Resolução CONAMA Nº. 264). Co-processar significa substituir combustível e/ou matéria prima por resíduos industriais na produção do clínquer, precursor o cimento, ou seja, é a destruição térmica dos resíduos, perigosos ou não.

Duas grandes empresas brasileiras do setor cimenteiro possuem segmento especial para lidar com o co-processamento. Os tipos de resíduos que podem ser co-processados são, em sua maioria, oriundos das indústrias petroquímicas, automobilística, alimentícia e mineração.

Um site experimental, a Bolsa de recicláveis, criado em outubro de 2006 pela Fiemg administra uma rede de empresas geradoras de resíduos, cadastrando interessados em comprar e vender material reciclado ou passível de coprocessamento.

A bolsa analisa e caracteriza o material, o insere no site e acompanha a negociação entre as partes. A bolsa permite a criação de grupos geradores próximos geograficamente, diminuindo os custos de transporte de resíduos até o local de reciclagem.

Dentre os problemas que dificultam as práticas de reciclagem o maior obstáculo a ser vencido talvez seja a falta da cultura da reciclagem. Para torná-la viável todos os envolvidos deveriam cumprir seus papéis, os clientes, que devem avaliar a real necessidade de construir, diante da possibilidade de

adequar um edifício existente às suas necessidades; empresas construtoras, que devem buscar reduzir as perdas e a geração de resíduos por meio da adoção de métodos construtivos mais racionais e governo local, fiscalizando geradores e transportadores, visando coibir as disposições irregulares dos resíduos em áreas públicas e/ou privadas que não tenham licença ambiental e estimulando o uso de materiais reciclados nas obras públicas, em especial as de habitações populares.

5.1 A Reutilização de Materiais na Construção Civil

Introdução

O entulho da construção civil, uma montanha diária de resíduos formada por argamassa, areia, cerâmicas, concretos, madeira, metais, papéis, plásticos, pedras, tijolos, tintas, etc. tornou-se um sério problema nas grandes cidades brasileiras. A partir de julho de 2004, de acordo com a resolução 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama), as prefeituras estarão proibidas de receber os resíduos de construção e demolição no aterro sanitário. Cada município deverá ter um plano integrado de gerenciamento de resíduos da construção civil.

“Há muitos anos as políticas públicas estão voltadas ao lixo domiciliar e ao esgoto. Ignora-se o problema do resíduo da construção”, avalia o professor Vanderley John, do Departamento de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica da USP. Envolvido com o estudo de resíduos da construção desde 1997, o professor é coordenador de um projeto de pesquisa, o qual visa desenvolver normas técnicas para facilitar a reciclagem, além de metodologias de controle de qualidade dos produtos gerados. Outra meta é investigar outros usos: os de resíduos da construção civil.

De acordo com o Vanderley John, resultados de pesquisas anteriores demonstram que as características dos resíduos de construção são muito variáveis. As tecnologias existentes não conseguem medir as características dos resíduos em tempo real, de forma que mesmo agregados reciclados de excelente qualidade são empregados em funções menos exigentes, desvalorizando o produto. Assim, uma das metas mais ambiciosas da pesquisa é desenvolver um conjunto de tecnologias de caracterização dos resíduos que torne possível a identificação rápida e segura das oportunidades de reuso e reciclagem mais adequadas para cada lote. O objetivo é ampliar o mercado para os produtos reciclados e valorizar a fração de boa qualidade.

Outra importante consequência dessa pesquisa é mostrar que a transformação de um resíduo em produto comercial efetivamente utilizado pela sociedade oferece grandes oportunidades para aumentar a sustentabilidade social e ambiental.

Por outro lado oferece também significativos riscos ambientais e para a saúde dos trabalhadores que não estejam cientes de como deve ser realizado um processo profissional de reaproveitamento.

5.2 O Tratamento do Entulho no Brasil Atualmente

Praticamente todas as atividades desenvolvidas no setor da construção civil são geradoras de entulho. No processo construtivo, o alto índice de perdas do setor é a sua principal causa. Já nas obras de reformas, a falta de uma cultura de redução, reutilização e reciclagem são as principais causas do entulho gerado pelas demolições durante o processo. Em todo o mundo, esta quantidade corresponde, em média, a 50% do material desperdiçado. No Brasil produz-se 850.000 t/mês de entulho, no Reino Unido 53.000 t/mês e no Japão 6.000 t/mês.

Como pode ser concluído, em alguns países europeus, Japão e nos EUA, o reaproveitamento de entulho para reciclagem já faz parte do processo construtivo, atestando totalmente a sua viabilidade tanto técnica como econômica.

No Brasil, entretanto, o seu reaproveitamento é restrito praticamente à sua utilização como material para aterro e, em muito menor escala, à conservação de estradas de terra. A prefeitura de São Paulo, em 1991, implantou uma usina de reciclagem com capacidade para 100 t/hora, produzindo material utilizado

como sub-base para pavimentação de vias secundárias, numa experiência pioneira no Hemisfério Sul.

Em Belo Horizonte - MG, a prefeitura implantou um programa para correção ambiental de áreas degradadas pela deposição clandestina de entulho, com a criação de uma rede de áreas para sua captação. O programa é completado pela instalação de usinas de reciclagem que produzem materiais para uso em obras e serviços públicos.

6.0 ANÁLISE

6.1 Metodologia

Definitivamente a minimização de resíduos é uma das principais maneiras de se reduzir o impacto ambiental. Envolve processos durante todo o ciclo de vida de uma construção, desde a racionalização do processo construtivo, componentes reusados e/ou renováveis, até o fim do seu ciclo de vida.

O desenvolvimento desse processo objetiva ampliar os benefícios ambientais conseguidos com cada um dos critérios a seguir:

Essa seqüência foi elaborada para que haja reconhecimento de prioridades na hora de decidir o que deve ser feito com o entulho. O reuso (reutilizar) foi colocado como segunda opção porque apresenta benefícios como menor gasto de energia, menores taxas de emissão de poluentes (gases) e menor uso de água que a reciclagem.

7.1.1 Reduzir

Quando não é possível recusar um produto ou material, há a possibilidade de reduzir o consumo do mesmo. A melhor forma de resolver um problema constante, como é o caso dos resíduos, é a de evitar o seu aparecimento.

Reduzindo sua quantidade, reduz também o lixo gerado por ele, seja pelas embalagens ou pelo descarte em si. Na construção civil pode-se, por exemplo,

reduzir a quebra de tijolos solicitando ao fornecedor de blocos cerâmicos o envio de blocos previamente cortados (meio bloco).

6.1.2 Reutilizar

Consiste no aproveitamento de produtos sem que estes sofram quaisquer tipos de alterações ou processamento complexos. Antes de um produto ser jogado fora, ele ainda tem muitos usos sem ter que passar por um processo de restauração ou reciclagem.

Muitas vezes é preciso ser criativo, inovador, usar um produto de várias maneiras.

O reuso dos materiais na construção civil é normalmente muito simples, trata-se da execução de um desmonte. Para isso seria necessário um programa para organizar a demolição seletiva ou desconstrução para que os materiais não sejam danificados e que não sejam misturados a ponto de não poderem ser separados.

Os elementos estruturais, caixilhos, porta, piso, painéis, etc., podem ser reutilizados simplesmente retirando-os e recolocando-os. Se o material estiver em bom estado, basta removê-lo com cuidado para não danificá-lo e reinstalá-lo em seu novo lugar de uso. Os caixilhos de madeira ou PVC são bons exemplos disso, pois é possível retirá-los por inteiro, junto com o vidro.

Entretanto, seria ideal que o projeto para o qual a peça se destina seja previamente desenhado para recebê-la sem que haja a necessidade de corte, ou seja, é preciso que haja uma idéia prévia sobre o reuso. No entanto, é recomendado o corte para a adequação da peça ao novo uso quando não houver alternativa ou quando parte da peça encontra-se danificada.

No caso de construções que utilizam a madeira e o aço em elementos estruturais estas já deveriam ser pensadas para o desmonte desde sua concepção no projeto, utilizando peças que encaixam entre si ao invés de utilizar colas (no caso da madeira), soldas (no caso do aço) ou qualquer outro tipo de junta que possam ser tóxicas ou impossibilitarem a separação.

6.1.3 Reciclar

A reciclagem consiste na reintrodução, no processo produtivo, dos resíduos, quer esses sejam sólidos, líquidos ou gasosos para que possam ser reelaborados, dentro de um processo produtivo que envolva gasto de energia, gerando assim um novo produto idêntico ou não ao que lhe deu origem. Por ser um processo que consome energia e até gera resíduos, a reciclagem é considerada o último recurso no reaproveitamento de materiais.

Na construção civil, o aço tem boa reciclabilidade, no entanto seu processo é feito somente em escala industrial resultando num inevitável consumo de energia e impacto no meio ambiente, sem contar com o transporte e lugar para armazenamento. Por isso não é costume reciclá-lo e sim reutilizá-lo.

Da mesma forma, o vidro é também reciclado em escala industrial, embora não demande tanta energia em comparação àquela que foi usada na sua fabricação.

Além disso, o vidro pode ser reciclado quantas vezes forem necessárias sem perder suas propriedades. O único fator que pode dificultar e até mesmo impedir sua reciclagem é a adição de filmes e películas. Depois de aplicadas elas precisam ser retiradas através de processos químicos tóxicos que são obviamente prejudiciais, e, muitas vezes, não é possível removê-las. A madeira, por sua vez, pode ser reciclada para virar compensado. Esta é moída ou convertida a lascas e prensada de volta a um formato que é denominado compensado. Ele pode ser usado como painéis, fechamentos e móveis.

O aspecto mais importante da reciclagem na construção civil, no entanto, não consiste em nenhuma das práticas citadas acima. Em todos os casos, é muito mais comum e recomendável o reuso antes de qualquer processo, pois estes se revelam custosos e consumidores de energia. Além disso, o resíduo mais comum na construção são restos de alvenaria e revestimento, pois estes são utilizados na esmagadora maioria das construções: trata-se de entulho. O entulho é geralmente constituído por: areia, cimento, concreto, aço, blocos e tijolos.

A reciclagem é necessária em duas ocasiões: quando há uma demolição ou na própria construção. No primeiro caso, quando uma construção está para ser demolida é necessário criar um planejamento do processo de demolição como foi dito anteriormente. A demolição seletiva consiste na diferenciação integral

dos resíduos sólidos para a alteração da destinação adotada na reciclagem a fim de evitar a mistura dos materiais entre si e de contaminantes.

De modo geral o processo de reciclagem segue a etapas de limpeza e seleção prévia como foi descrito acima; homogeneização; extração de contaminantes e materiais metálicos através de um eletroímã; e, por fim, a britagem. O processo de britagem nada mais é que o fracionamento do entulho até um determinado diâmetro para resultar no produto final chamado de agregado reciclado.

Para isso, é utilizado um britador, que pode ser de mandíbula ou de impacto. O primeiro é ideal para a produção do agregado reciclado se tiverem ajuda de outro para a britagem secundária, mas é muito frágil se encontrar contaminantes como ferro e aço. O de impacto oferece capacidade de redução de partículas muito superior ao primeiro e não se danifica no contato com contaminantes.

Devidamente reciclado, o entulho apresenta propriedades físicas tão boas quanto à dos materiais originais e apropriadas para seu emprego como matéria prima na produção de material de construção. No entanto, é importante ressaltar que o entulho possui características bastante peculiares. Há uma grande quantidade de matérias-primas, técnicas e metodologias empregadas na construção civil que afetam significativamente as características do agregado quanto à composição e quantidade. É preciso atentar para que o uso seja compatível com as características do agregado para que haja segurança e bom desempenho do material. Por exemplo, se um agregado for utilizado na fabricação de concreto estrutural, seu processo de reciclagem deve ser mais

rigoroso do que se ele fosse destinado à fabricação de cerâmica de revestimentos.

Há estudos comprovados que mostram um diferencial expressivo entre os valores anunciados para os materiais convencionais e o agregado reciclado, possibilitando a compreensão de que existe viabilidade econômica para a consideração da implantação da reciclagem.

O agregado reciclado pode substituir diversos tipos de matérias primas. A destinação final vai depender da finura e da composição do agregado. Os agregados que vem de telhas e blocos serão novamente utilizados para a produção dos mesmos e terão que ser moídos até um diâmetro bem fino; o processo de fabricação a partir do agregado é o mesmo que seria para a matéria prima convencional. Já o agregado utilizado para concretos, além de passar por uma rigorosa avaliação, apresenta diâmetro bem maior, para substituir a brita. O agregado pode, de maneira geral, servir para a fabricação da maioria dos materiais de construção, desde concreto estrutural até argamassa, basta atentar para seu o diâmetro e sua composição.

7.0 CONCLUSÃO

7.1 Resultados do Reaproveitamento

7.1.1 Ambientais

Os principais resultados produzidos pela reciclagem do entulho são os 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 impróprios 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.

7.1.2 Econômicos

Experiências indicam que é vantajoso também economicamente substituir a deposição irregular do entulho pela sua reciclagem. O custo para a administração municipal é aproximadamente US\$ 10 por m³ de entulho clandestinamente depositado, incluindo a correção da deposição e o controle

de doenças. Estima-se que o custo de reciclagem, por exemplo, fique perto de 25% desses custos, ou seja, aproximadamente US\$ 2,50. /m³.

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. Na grande maioria dos casos, a reciclagem de entulho possibilita o barateamento das atividades de construção.

7.1.3 Sociais

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

8- BIBLIOGRAFIA

8 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BITAR, O. Y. Desafio a sustentabilidade ambiental da mineração e uso de agregados naturais em áreas urbanas. In: SEMINÁRIO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 2., 1999, São Paulo. **Anais**. São Paulo: Editora Ibracon, 1999. p.1-13.

BRITO FILHO, J.A. **Cidades versus entulhos**. In: SEMINÁRIO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 2., 1999. São Paulo. **Anais**. São Paulo: Editora Ibracon, 1999. p. 56-67

HAMASSAKI, L. T.; SRIGHI NETO, C.; FLORINDO, M.C. Uso de entulho como agregado para argamassa de alvenaria. In: WORKSHOP RECICLAGEM E REUTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS COMO MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL, 1, 1996, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ANTAC, 1997. p. 107-11

JOHN, V.M. et. al. Reciclagem de resíduos como materiais de construção. Conclusões do Workshop. In: WORKSHOP RECICLAGEM E REUTILIZAÇÃO DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL, n. 1, 1996, São Paulo. **Proceedings**. São Paulo: Editora EPUSP/ANTAC, 1997. p. s.n.

JOHN, V.J.; AGOPYAN, V. **Reciclagem de resíduos da construção**. Seminário – Reciclagem de Resíduos Sólidos Domiciliares. SMA - Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo. CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. São Paulo, 2001. WeLEVY, S.M. **Reciclagem do Entulho de Construção Civil, para Utilização como Agregado de Argamassas e Concretos**. 1997. 145f. **Dissertação (Mestrado)** – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo. b site <http://www.reciclagem.pcc.usp.br/ftp/CETESB.pdf> , acessado em 15 de outubro de 2001. 13 p.

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

PIRES, A.C. et. al. **Reciclagem de Entulho para a Produção de Materiais de Construção**. Salvador-BA: Ed. EDUFBA; Caixa Econômica Federal. Salvador, 2001. p. 311.

PITTA, M.R.; MARCIANO JUNIOR, E. Construção e reabilitação de pavimentos: concreto e meio ambiente. In: SEMINÁRIO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

E A RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 2, 1999. São Paulo. **Anais.** São Paulo: Editora Ibracon, 1999. p. 1-13.

SCHMIDT, M.J.M.S.; SILVA, O.H. Resíduos gerados pela construção civil: aterro de inertes – práticas recomendadas. In: SEMINÁRIO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 3, 2000, São Paulo. **Anais.** São Paulo: Editora Ibracon, 2000.

VAZQUEZ, E. **Aplicación de Nuevos Materiales Reciclados en la Construcción Civil.** In: SEMINÁRIO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 3, 2001. São Paulo. **Anais.** São Paulo: Editora Ibracon, 2001. p. 11-21.