

PEDRO GUERRA CINTRA

**APLICAÇÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO EM
ESTRUTURAS DE PAVIMENTO**

Guaratinguetá

2012

PEDRO GUERRA CINTRA

**APLICAÇÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO EM
ESTRUTURAS DE PAVIMENTO**

Trabalho de Graduação
apresentado ao Conselho de
Curso de Graduação em
Engenharia Civil, Faculdade
de Engenharia do Campus
de Guaratinguetá,
Universidade Estadual
Paulista, como parte dos
requisitos para obtenção do
diploma de Bacharel em
Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Eduardo de Oliveira.

Guaratinguetá

2012

C575a	Cintra, Pedro Guerra Aplicação de resíduos de construção e demolição em estruturas de pavimento / Pedro Guerra Cintra – Guaratinguetá : [s.n], 2012. 65 f. : il. Bibliografia : f. 62-65 Trabalho de Graduação em Engenharia Civil – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2012. Orientador: Prof. Dr. Luiz Eduardo de Oliveira 1. Resíduos 2. Impacto ambiental I. Título CDU 628.544
-------	--



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

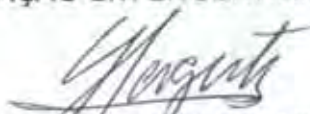
CAMPUS DE GUARATINGUETÁ

**APLICAÇÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO EM ESTRUTURAS DE
PAVIMENTO**

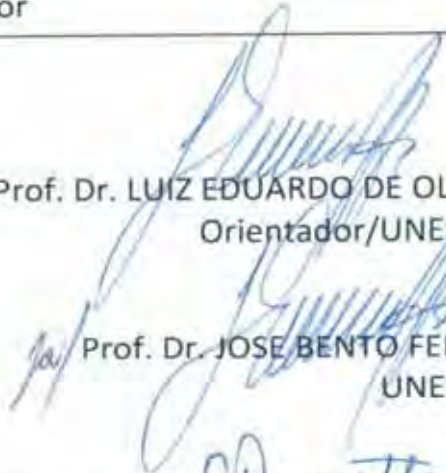
PEDRO GUERRA CINTRA

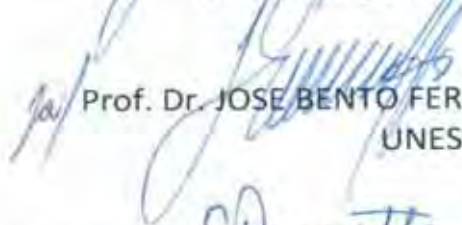
ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO
PARTE DO REQUISITO PARA OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE
"GRADUADO EM ENGENHARIA CIVIL"

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL


Prof. YZUMI TAGUTI
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:


Prof. Dr. LUIZ EDUARDO DE OLIVEIRA
Orientador/UNESP-FEG


Prof. Dr. JOSE BENTO FERREIRA
UNESP-FEG


Prof. Dr. JUÉRCIO TAVARES DE MATTOS
UNESP-FEG

Dezembro de 2012

aos meus pais, José e Lia, pelos seus exemplos, e aos meus irmãos, Rafael e Mariana, que sempre estiveram ao meu lado me apoiando e incentivando especialmente nesse período de curso de graduação.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, fonte da vida e da graça. Agradeço pela minha vida, saúde, felicidade e oportunidades concedidas.

Aos meus pais, José Cintra e Lia Maria Guerra Cintra, que apesar da distância nesse período de graduação, se mantiveram sempre presentes na minha vida incentivando e orientando para os caminhos corretos.

Aos meus irmãos, Rafael e Mariana pela companhia e momentos que passamos até hoje.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Luiz Eduardo de Oliveira que desde o início mostrou-se dedicado a me orientar e auxiliar na execução do trabalho.

Aos professores e funcionários da Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá pelos ensinamentos e amizades criadas.

Aos colegas e amigos que conviveram comigo nessa caminhada, agradecendo meus amigos Raphael Eduardo de Moraes Silva (Queimado), Luiz Reynaldo Guedes (Salgado), Gabriel Costa Martins (Bolha). Em especial minha amiga Livia Rodrigues da Palma por todos os incentivos e conselhos prestados, seguidos de broncas, algumas brigas e risadas, em momentos difíceis e em momentos de alegria também.

Aos funcionários da Biblioteca do Campus de Guaratinguetá pela dedicação.

E a todos que de alguma forma, contribuíram me ajudando a dar esse passo importante em minha vida.

Cintra, P. G. Aplicação de Resíduos de Construção e Demolição em Estruturas de Pavimento. 2012. 58F. Trabalho de Graduação (Bacharel em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2012.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi coletar informações de artigos publicados anteriormente e realizar um estudo sobre eles, abrangendo conteúdos e materiais interessantes que trazem crescimento em relação ao aproveitamento de resíduos de construção e demolição (RCD), que hoje proporciona muitos impactos ambientais. A necessidade de aproveitamento do RCD no Brasil e no mundo ganhou maior atenção mundialmente falando, pois a indústria da construção civil é tida como uma das maiores fontes de produção de resíduos atuais.

Para apresentar um ponto que pode ser aplicado o RCD, é discutido nesse trabalho os tipos e estruturas de pavimentos, onde são apresentadas as camadas e, por fim, uma breve discussão sobre as viabilidades econômicas e possível emprego dos resíduos reciclados em algumas camadas da estrutura de pavimento.

Palavras-chave: Resíduos; Impactos Ambientais; Estruturas de Pavimento.

Cintra, P. G. Application of Construction and Demolition Waste in Pavement Structures. 2012. 58F. Work degree(Bachelor of Civil Engineering) - Faculdade de Engenharia Campus Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2012.

ABSTRACT

The objective of this work was collect information of articles published previously and carry out a study about them, including contents and interesting stuff that bring growth regarding the construction residues utilization and demolition (RCD), that today provides many environmental impacts. The need of utilization of the RCD in Brazil and in the world earned bigger attention world speaking, therefore the industry of the civil construction is had as one of the biggest present residues output springs.

For it present a point that can be applied the RCD, is discussed in that work the kinds and structures of floors, where are presented the layers and, finally, a short argument about the possible and economic feasabilities job of the residues recycled in some layers of the structure of floor.

Keywords: Waste, Environmental Impacts; Pavement Structures.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Uso de RCD em estrutura de pavimento.....	13
Figura 02 – Entulho abandonado em beiras de córregos.....	17
Figura 03 – Processo de implosão do complexo do Carandiru.....	19
Figura 04 –Resíduos gerados na destruição causada pelo tsunami no Japão.....	19
Figura 05 – Resíduos Classe A sendo previamente selecionados em caçamba.....	25
Figura 06 – Resíduo classe B previamente selecionado.....	26
Figura 07 – Resíduo classe C depositado irregularmente.....	26
Figura 08 – Resíduo classe D previamente selecionado e separado para evitar posteriores contaminações.....	27
Figura 09 – Exemplo de alimentador vibratório.....	33
Figura 10 – Detalhamento de um Alimentador Vibratório.....	33
Figura 11 – Exemplo de britador.....	34
Figura 12 – Detalhamento de um britador.....	34
Figura 13 – Exemplo de britador.....	35
Figura 14 – Detalhamento de um britador.....	35
Figura 15 – Exemplo de Transportador de Correia.....	36
Figura 16 – Detalhamento de um transportador de correia	36
Figura 17 - Exemplo de Grelha Vibratória.....	37
Figura 18 – Detalhamento de grelha vibratória.....	37
Figura 19 - Exemplo de peneira Vibratória.....	38
Figura 20 - Detalhamento de peneira.....	38
Figura 21 - Exemplo de Extrator de Metal.....	39
Figura 22 – Pavimento da SP-300.....	40
Figura 23 – Trilhas, primeira forma de estrada inventada pelo homem, procurando vencer os desafios da floresta.....	42
Figura 24 – Primeiros tipos de roda.....	42
Figura 25 – Ponte Akashi Kaykio, a mais longa ponte suspensa do mundo.....	43
Figura 26 – Distribuição de uma carga aplicada sobre um pavimento flexível.	45

Figura 27 – Formação básica do pavimento flexível.....	45
Figura 28 – Seção transversal de uma estrutura de pavimento.....	46
Figura 29 – Pavimento asfáltico.....	47
Figura 30 – Distribuição de uma carga aplicada sobre um pavimento rígido.	48
Figura 31 – Pavimento de concreto.....	48
Figura 32 - Pavimento semi-rígido intertravado.....	49

SUMÁRIO

RESUMO	7
ABSTRACT	8
LISTA DE FIGURAS	9
1. Introdução	13
2. Objetivos	14
3. Metodologia	14
4. Histórico da reciclagem	15
4.1. Geração de RCD	16
4.2. Composição, caracterização e propriedades do RCD	21
4.3. Legislação	22
4.4. Impactos ambientais	28
4.5. Reciclagem do RCD	30
4.6. Equipamentos de usina de reciclagem	31
5. Pavimentação	40
5.1 – Tipos de pavimentos	44
5.1.1. Pavimentos Flexíveis	44
5.1.2. Pavimentos Rígidos	47
5.1.3. Pavimentos semi-rígidos	49
5.2. Camadas dos pavimentos	49
5.2.1. Subleito	49
5.2.2. Regularização	50
5.2.3. Reforço do subleito	50
5.2.4. Sub-base	50
5.2.5. Base	51
5.2.6. Revestimento	51
5.3 – Características e materiais utilizados nas camadas dos pavimentos	53
5.3.1. Solos do subleito	53
5.3.2. Materiais para camadas de sub-base e base	53
5.3.3. Materiais para camadas de rolamento e de ligação ou binder	54

6. Viabilidade econômica do emprego de RCD na execução de pavimentos	54
7. Conclusão	55
8. Referências Bibliográficas	57

1 – Introdução

O presente trabalho consiste em um estudo de artigos relacionados a resíduos de construção e demolição (RCD), onde são analisados pontos referentes à atual disposição do RCD e o seu emprego em estruturas de pavimento (figura 01), a legislação que rege o seu descarte, bem como as vantagens econômicas apresentadas pelo sua reutilização, expondo de maneira sucinta os equipamentos e as etapas que os resíduos passam em uma usina de reciclagem antes de ter valores agregados à eles abrindo espaço para sua divulgação no mercado.

É exposta também uma visão geral sobre pavimento, analisando rapidamente os três tipos de pavimento existentes e suas camadas.



Figura 01 – Uso de RCD em estrutura de pavimento.

A presente situação da disposição de resíduos no Brasil relata a necessidade de serem desenvolvidas maneiras de reaproveitamento dos mesmos, o que minimiza o volume de impactos ambientais ocasionados por esta falta de atenção, que apesar de termos legislações que discriminam os deveres do construtor em relação ao descarte dos resíduos, as mesmas não recebem a devida atenção.

2 - Objetivos

Teve-se como objetivo estudar e analisar artigos referentes à utilização de resíduos de construção e demolição (RCD) reciclados em estruturas de pavimento, atendendo normativas e legislação em relação aos cuidados a serem tomados na execução das camadas e sobre a disposição e seleção dos RCD, respectivamente.

3 - Metodologia

Para a realização deste trabalho, primeiramente foi feito uma revisão bibliográfica. Para tanto, foram pesquisados artigos referente aos temas “resíduos de construção e demolição” e “estruturas de pavimento”, dos quais os mais utilizados para esta redação foram o artigo “A reciclagem do resíduo de construção e demolição: uma aplicação da análise multivariada” e o livro “Manual de Técnica de pavimentação”.

Após a leitura e estudo dos artigos e livros, os mesmos foram organizados mediante os pontos mais relevantes de cada um.

Ao estudar os artigos, entendeu-se o processo de obtenção dos resíduos e os tipos e estrutura física dos tipos de pavimentos existentes, bem como as características dos materiais empregados nas camadas dessa estrutura.

Por fim, foi estudado a viabilidade econômica e técnica do emprego do RCD em estruturas de pavimento, lembrando-se da existência de artigos e pesquisas que foram e estão sendo realizados.

4 – Histórico da reciclagem

Ao longo dos tempos, o homem vem efetuando uma série de transformações ambientais à procura de materiais, o que acarreta, consequentemente, na produção de resíduos. No entanto, com essa rápida busca por matérias, a má administração dos recursos naturais e o grande crescimento populacional transformaram os resíduos gerados pela construção em um grande problema urbano. Não tão fácil de ser solucionado, esse problema é caracterizado por contaminações ambientais, ocorrentes pela disposição incorreta e irregular de resíduos diversos sem que haja uma pré-seleção dos materiais; os custos de regularização são elevados, bem como se torna escassas as áreas de deposição dos mesmos.

Com a finalidade de encontrar técnicas e soluções para o desperdício de materiais de construção e para os resíduos provenientes de demolição, muitas são as literaturas que buscam compreender os primórdios da reciclagem a fim de aprimorá-la.

Historicamente, existem registros de que os romanos já utilizavam da técnica de reciclagem de resíduos sólidos na produção de concreto, mediante o aproveitamento de alvenaria britada. Antes mesmo desta época, os Fenícios também aplicavam a técnica da reciclagem na execução de pavimentos.

O marco do avanço expressivo na utilização de RCD (Resíduos de Construção e Demolição) ocorreu na segunda metade da grande guerra com a grande geração de entulho consequente de ataques de bombardeios inimigos. Ao redor do mundo tivemos alguns exemplos distintos que provocaram essa reutilização. Na Inglaterra, por exemplo, o incentivo foi a grande quantidade de entulho em áreas a serem reconstruídas gerado pelos bombardeios da segunda guerra mundial e a falta de recursos. No Japão, a falta de matéria prima e lugar para disposição de entulho foram os principais motivos. Na Turquia, o terremoto na cidade de Marmara em 1999, com duração de 20 segundos, atingiu 7,3 na escala Richter e gerou 13 milhões de metros cúbicos de resíduos.

Reuniões de diversos países, como as que ocorreram em Estocolmo em 1972, no Rio de Janeiro em 1992 e em Johannesburgo em 2002, possibilitaram

a institucionalização da temática ambiental em busca de regular a ação humana, formando uma ordem ambiental internacional (Ribeiro, 2002).

Segundo Ribeiro (2002), a Conferência das Nações Unidas para o Meio-Ambiente e Desenvolvimento, conhecida como Rio 92, foi produzida a primeira versão de convenção sobre acesso e proteção à diversidade biológica.

Entretanto, em Johannesburgo, a Conferência Mundial para o Desenvolvimento Sustentável, destacou que “[...] a biodiversidade está desaparecendo em uma velocidade sem precedentes devido às atividades humanas” (Ribeiro, 2002).

Com essa forma de pensamento e levando em conta as áreas urbanas ou naturais, entre as indústrias que mais degradam o meio ambiente encontramos a da construção, a qual se destaca por ser responsável em consumir 20 a 50% dos recursos naturais e gerar resíduos.

4.1 – Geração de RCD

Sendo responsável por até 50% do total de resíduo sólido gerado no Brasil, a partir de dados coletados por estudos realizados pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (Abrelpe) em 2011, a coleta de RCD brasileira chegou a cerca de 31 milhões de toneladas, correspondendo à um crescimento de quase 9% em relação ao ano de 2009. Esse dado chega a ser preocupante, pois a coleta feita pelos municípios brasileiros é realizada somente sobre os entulhos despejados em terrenos públicos, o que nos leva a crer que este percentual se torna inferior se levarmos em conta a quantidade real de entulho gerado pela construção civil, em sua maioria gerada por reformas e autoconstruções onde o proprietário não tem informação adequada e destina o entulho para o lixo comum ou terrenos abandonados, assim como é mostrado na figura 02.

A falta de informação, juntamente com a clandestinidade do destino do entulho, em sua maioria, acaba acarretando problemas ambientais, podendo provocar entupimento de sistemas de drenagem, assoreamento de córregos, o que temos por consequência, por exemplo, as enchentes em áreas urbanas.



Figura 02 : Entulho abandonado em beira de córregos. Fonte: Ernesto Augusto, 2009.

Para se ter uma ideia, Pinto (1989) realizou uma pesquisa onde chegou a conclusão de que há um desperdício de cerca de 20% (em massa) do material empregado em uma edificação de aproximadamente 3650 m². Desse percentual, 50% sai da obra em forma de entulho enquanto os outros 50% permanecem para utilização em aterros ou serviços em que possam ser aproveitados. Todo esse desperdício acarreta um aumento de custo final da obra, podendo chegar a 6%.

Considerando que o passo necessário para se combater o desperdício e a geração de resíduos na construção é a análise desde os primórdios, ou seja, observar criteriosamente a execução de cada serviço realizado na elaboração de uma certa edificação, temos que analisar todas as etapas do processo executivo, que são: planejamento, projeto, fabricação de materiais e componentes, execução e uso e manutenção.

Analisando a indústria da construção civil por este lado, diferentemente do que a maioria imagina, os desperdícios não são gerados apenas na etapa de execução do empreendimento, mas sim são decorrentes de todas as etapas, cada qual com sua empresa e pessoa responsável.

Contudo, como seria difícil encontrar cada causador do desperdício em suas respectivas etapas, há uma generalização no pensamento tornando-o restrito a analisar a etapa de execução dos serviços.

Os fatores que influenciam na relação entre o esforço em termos de custo econômico, tempo demorado, trabalho executado, entre outros para se produzir algo são identificados como:

a) Deficiências de projeto e planejamento que dificultam a construtibilidade da obra e que, normalmente, são causados pela falta de detalhamento no projeto;

b) Ineficiência da gestão administrativa que enfatiza a correção dos problemas ao invés da prevenção dos mesmos. Isto ocorre devido ao pouco envolvimento dos administradores com o processo produtivo;

c) Métodos ultrapassados e/ou inadequados de trabalho que não observam as experiências advindas de projetos anteriores, o que ocasiona a repetição dos erros;

d) Pouca vinculação da obra com as atividades denominadas de apoio, como: compras, estoques e manutenção;

e) Problemas com os recursos humanos decorrentes da pouca especialização da mão-de-obra e alta taxa de turnover (rotatividade) do setor;

f) Problemas com a segurança dos trabalhadores gerados, principalmente, pelo não fornecimento e/ou uso dos equipamentos de proteção individual ou coletivo;

g) Deficiências dos métodos utilizados para o controle de custos projetados e executados.

No caso dos resíduos de demolição, em 2002 ocorreu a implosão do complexo penitenciário do Carandiru, na cidade de São Paulo. Este fato fez com que fosse gerado um volume imenso de resíduos, onde fontes assumem que fora por volta de 60000 m³ (figura 03).



Figura 03 : Processo de implosão do complexo do Carandiru. Fonte: Robson Fernandes/AE, 2002.

Além destes meios de geração de resíduos, pode-se contabilizar, também, os desastres naturais e guerras. Em março de 2011, um violentíssimo sismo de magnitude 9 na escala de Richter gerou uma onda gigantesca (tsunami), que atingiu o Japão causando a devastação da costa nordeste e o desaparecimento de povoações ribeirinha. Estimulasse que este tsunami devastou cerca de 270 mil construções (figura 04), gerando um volume de 24 milhões de toneladas de resíduos. As autoridades locais, trabalhando com órgãos do governo e empresários locais, adotaram a reciclagem dos RCD como medida para a solução do problema.



Figura 04: Resíduos gerados na destruição causada pelo tsunami no Japão. Fonte: David Guttenfelder/AP, 2011.

As formas de quantificar a geração de RCD são difíceis e desprendem tempo e mão de obra, pois existe a necessidade de uma coleta minuciosa de dados que são analisados e colocados em estudo até encontrar-se uma proporção para que possam ser comparados com diferentes tipos de serviços, seja ele de construção ou demolição. Contudo, ainda existe uma imprecisão sobre o resultado final, chegando ao mais próximo possível.

Seguindo essa linha de raciocínio, três maneiras diferentes são mais comumente encontradas: por área construída, pela movimentação de cargas em coletores e por monitoramento de descargas, sendo a última mais trabalhosa pelo fato de muitos resíduos serem depositados, até mesmo em locais proibidos, como em áreas inapropriadas, seguindo como exemplo os bota-foras clandestinos e terrenos abandonados.

Em cidades de pequeno porte, o controle desses resíduos recebem pouca importância, visto que a maior parcela da atenção das autoridades locais destina-se ao planejamento do controle e destinação do lixo doméstico, sendo esta parte do quadro de resíduos sólidos urbano (RSU). Esta situação já se diferencia em cidades de médio e grande porte, pois, nestas, o volume de resíduos de construção e demolição é muito maior, ultrapassando, por vezes, o de lixo doméstico.

É possível encontrar uma estimativa per capita da produção de resíduos no Brasil, e esta gira em torno de 510 kg/habitante/ano aproximadamente.

A tabela 1 a seguir apresenta uma equivalência percentual de RCD em relação ao RSU em algumas cidades do Brasil.

Tabela 1: Percentual de RCD em relação ao RSU em algumas cidades brasileiras

Cidade	População (10 ⁶ x habitantes)	Geração de entulho (ton/dia)	% de RCD em relação ao RSU
Salvador	2,2	1700	37
Belo Horizonte	2,01	1200	51
Maceió	0,7	1100	45
Santo André/SP	0,63	1013	58
S. José dos Campos	0,5	733	65
Ribeirão Preto	0,46	1043	67

4.2 - Composição, características e propriedades do RCD

Uma vez que nem todos os resíduos de construção e demolição apresentam possibilidade de sofrer reciclagem, sua composição final deve ser estudada criteriosamente.

Nos dias de hoje, como a produtividade no canteiro de obras tem crescido em um ritmo elevado, havendo com isso a execução de inúmeros e diferentes serviços ao mesmo tempo ocasionando, desta forma, uma mistura de diferentes materiais provenientes de matérias primas distintas, existe a necessidade de haver uma separação e uma classificação, onde cada tipo de resíduo se enquadre e possa ser reciclado e aproveitado em uma nova atividade, encontrando desta forma, também, um meio de diminuir o desperdício de material e otimizar o aproveitamento de matéria prima que vem se tornando cada vez mais escassa.

Esta classificação, além de ajudar a distribuir os resíduos em classes ajudando a diminuir o desperdício, ajuda também a analisar a composição dos diferentes RCD, permitindo também identificar sua composição o que influi no comportamento de propriedades como resistência mecânica, absorção de água e massa específica.

Atualmente, a classificação dos RCD realizada pelo CONAMA (tabela 2) indica as fases de solo, argamassa, cerâmica, rocha, concretos, gesso, madeira, plástico, metais, entre outros materiais.

Apesar da grande variabilidade, ao analisar uma amostra distinta retirada de um local apropriado para coleta do RCD, relata-se relatar que encontra-se bem mais resíduos que se enquadram na classe A desta classificação sugerida (materiais de origem mineral).

Essa diferença notável de variabilidade pode ser relacionada a aspectos como desenvolvimento econômico, condições topográficas e de clima, bem como a arquitetura desenvolvida pela região historicamente, variando de local para local.

Tabela 2: Classificação dos resíduos segundo CONAMA nº 307 e 431.

Classes	Integrantes predominantes considerados na composição gravimétrica
A	Resíduos recicláveis, como agregados, tijolos, blocos, telhas, argamassa, concreto, areia e pedra
B	Resíduos recicláveis para outras destinações, tais como plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras e gesso
C	Resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam sua reciclagem ou recuperação
D	Resíduos perigosos como tintas, solventes, óleos e amianto (contaminados)

Estudos feitos com o resíduo na Bahia mostram a viabilidade do emprego de agregados reciclados em pavimentos. Para isso estudaram-se os agregados reciclados nas frações graúdas e miúdas, e em misturas de solos com agregados reciclados em diferentes proporções. Foram realizados ensaios de caracterização física e mecânica, como análise granulométrica, abrasão Los Angeles, compactação e CBR. Os resultados indicaram que o agregado reciclado é um material adequado à aplicação em bases e sub-bases de pavimentos (CARNEIRO *et. al*, 2001).

4.3 – Legislação

Para se definir o que é RCD, leva-se como base duas definições importantes, sendo elas a definição da Resolução nº 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), de 5 de julho de 2002 e a definição da NBR.

Segundo Costa (2003), grande parte dos RCD se enquadravam como inertes de acordo com a classificação dada pela NBR 10.004 de 1987, que classifica os resíduos sólidos quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública, para que estes resíduos possam ter manuseio e destinação adequados, o que deixava a entender que não traziam danos pela sua geração. De acordo com autores, apesar de haver essa possibilidade de entendimento na classificação dos RCD, apenas os resíduos compostos por tijolos, cerâmica, concretos, argamassa e solos de escavação poderiam ser enquadrados na classe dos inertes. Entretanto, no Brasil, como a coleta de

resíduos domiciliares não se encarrega da retirada de materiais gerados na construção e demolição, estes acabam sendo despejados nas caçambas estacionárias sem seleção, impedindo dessa maneira a classificação dos RCD como inertes.

Em 2004 a NBR 10.004/87 sofreu uma atualização visando a classificação dos resíduos, o que envolve a identificação do processo ou atividade que lhes deu origem e de seus constituintes e características e a comparação destes constituintes com listagens de resíduos e substâncias cujo impacto à saúde e ao meio ambiente é conhecido.

Com isso, a atualização desta norma, acarretou na seguinte classificação:

a) resíduos classe I – Perigosos. Nesta classe, identificamos os resíduos que apresentam características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e/ou patogenicidade;

b) resíduos classe II – Não perigosos. Esta classe ainda pode ser subdividida em A e B. São elas:

resíduos classe II A – Não inertes. Algumas propriedades dos não inertes são: biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.

resíduos classe II B – Inertes. De acordo com a NBR 10.004/04, estes resíduos são os que, quando estudados de forma a ter significados representativos, e postos em água destilada ou deionizada à temperatura ambiente, sem que haja movimento no ato, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor.

LIMA (1999), para facilitar a classificação, propôs uma maneira de distinguir especificamente cada tipo de resíduo, na qual eles ficaram divididos em seis classes:

- Classe 1 – Resíduo de concreto sem impurezas, composto predominantemente por concreto estrutural, simples ou armado, com teores limitados de alvenaria, argamassa e impurezas como gesso, terra, vegetação, vidro, papel, entre outros;

- Classe 2 – Resíduo de alvenaria sem impurezas, composto predominantemente por argamassas, alvenaria e concreto, com presença de outros materiais inertes, como areia e pedra britada, com teores limitados de impurezas;

- Classe 3 – Resíduo de alvenaria sem materiais cerâmicos e sem impurezas, composto predominantemente por argamassa, concreto e alvenaria de componentes de concreto, com presença de outros materiais inertes, como areia, pedra britada, fibrocimento, com teores limitados de impurezas;

- Classe 4 – Resíduo de alvenaria com presença de terra e vegetação, composto predominantemente pelos mesmos materiais do resíduo da Classe 2, mas admitindo a presença de terra ou vegetação até uma certa porcentagem, em volume. Um teor de impurezas superior ao das classes acima é tolerado;

- Classe 5 – Resíduo composto por terra e vegetação, com teores acima do admitido no resíduo da Classe 4. Essa categoria de resíduos admite presença de argamassa, alvenarias e concretos, e de outros materiais inertes, como areia, pedra britada e fibrocimento. Os teores de impurezas são relativos aos das demais classes;

- Classe 6 – Resíduo com predominância de material asfáltico, com limitações para outras impurezas, como argamassas, alvenarias, terra, vegetação, gesso, vidros e outros.

Mesmo com tais mudanças, somente em 2002, foi homologada uma resolução de âmbito nacional que trata de maneira específica os RCD.

De acordo com a Resolução do CONAMA de 2002, os resíduos de construção civil são:

os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha (CONAMA, 2002).

O Conselho Nacional do Meio Ambiente propôs algumas condições para que fossem estabelecidos meios de classificação dos RCD. Dentre elas encontram-se a necessidade de implementação de meios para a redução dos impactos ambientais, visto que a disposição destes resíduos em locais inadequados ocasiona uma degradação ambiental. Foi considerado também que os resíduos gerados na construção civil são de responsabilidade do

gerador, sejam eles provenientes de construção, reformas ou demolições, ou até mesmo de escavações de solos ou remoção de vegetação.

Conforme o Art. 3º do CONAMA, os RCD são subdivididos em quatro classes, que separadas de acordo com a semelhança das características dos materiais e conforme a forma de agressão proporcionada por eles ao meio ambiente. E são elas:

Classe A (figura 05) - são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como:

- a) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem;
- b) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto;
- c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios etc. produzidas nos canteiros de obras);



Figura 05: Resíduo classe A sendo previamente selecionado em caçamba.

Fonte: Rúbio Guimarães, 2011.

Classe B (figura 06) - são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras e outros;



Figura 06: Resíduo classe B previamente selecionado. Fonte: Marcelo Scandaroli, 2011.

Classe C (figura 07) - são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação, tais como os produtos oriundos do gesso;



Figura 07: Resíduo classe C depositado irregularmente. Fonte: Leandro Ricardi, 2010

Classe D (figura 08) - são os resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como: tintas, solventes, óleos e outros, ou aqueles contaminados oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros.



Figura 08: Resíduo classe D previamente selecionado e separado para evitar posteriores contaminações. Fonte: Neldo Cantanti, 2006.

Devido a não inclusão do amianto na classificação da Resolução CONAMA Nº 307/02, em 2004 foi publicado um complemento a esta classificando o amianto na Classe D, o que pode ser encontrado na Resolução CONAMA Nº 348, de 16 de agosto de 2004. Tal mudança se baseou na Resolução CONAMA Nº 235, de 7 de janeiro de 1998, que trata da classificação de resíduos de importação proibida e controlados pelo IBAMA, e classifica o amianto em pó (asbesto) e outros desperdícios de amianto como resíduos perigosos Classe 1 (resíduos perigosos), de importação proibida (CONAMA, 2004).

Em 1987 foi publicada no Brasil a primeira norma para definição específica dos resíduos sólidos (NBR 10.004), a qual distinguia os resíduos em três classes. Sendo esta primeira pouco detalhista no momento da caracterização de cada classe, em 2004 a Associação Brasileira de Normas

Técnicas editou a versão de 1987, onde ela deixou de ser classificada em três classes, passando para apenas duas: Classe I – perigosos e Classe II – não - perigosos, sendo a Classe II subdividida em outras duas classes, II A – não-inertes e II B – inertes.

4.4- Impactos ambientais

Impacto ambiental pode ser definido como qualquer alteração do meio ou de algum de seus componentes ocasionada por alguma ação ou atividade externa. Esse tipo de alteração, para que possa ser considerado um impacto ambiental, tem por necessidade ser provocada ou ocasionada por humanos, o que exclui as alterações físicas ocasionadas por tempestades, avalanches, enchentes, terremotos, maremotos, entre outros.

Essas alterações devem ser quantificadas, pois apresentam variações relativas podendo ser alterações positivas ou negativas, direta ou indiretamente.

Seguindo essa forma de raciocínio, o Estudo de Impactos Ambientais (EIA) é um instrumento técnico que foi criado para atender uma forma de quantificar as variações causadas ao meio ambiente, o qual é capaz de monitorar, investigar, definir o causador, bem como encontrar uma maneira de corrigir o dano causado atentando-se aos efeitos por ele ocasionado. Todo esse procedimento abrangido por este instrumento técnico é denominado de Relatório de Impacto ao Meio Ambiente (RIMA).

Enquanto que o EIA apresenta um texto mais técnico e aprofundado, o RIMA é um resumo do EIA e deve ser objetivo, claro e de fácil compreensão, afim de que qualquer pessoa leiga possa entender o que for relatado.

O EIA juntamente com o RIMA são aplicados as atividades impactantes relacionadas no segundo artigo da Resolução CONAMA 001/86, a qual diz que:

dependerá de elaboração de estudo de impacto ambiental e respectivo relatório de impacto ambiental - RIMA, a serem submetidos à aprovação do órgão estadual competente, e do IBAMA em caráter supletivo, o licenciamento de atividades modificadoras do meio ambiente.(CONAMA, 1986).

O Estudo de Impacto Ambiental propõe que quatro pontos básicos sejam primeiramente entendidos, para que depois se faça um estudo e uma avaliação mais específica. São eles:

- Desenvolver uma compreensão daquilo que está sendo proposto, o que será feito e o tipo de material a ser utilizado;
- Compreensão total do ambiente afetado.
- Prever possíveis impactos no ambiente e quantificar as mudanças, projetando uma proposta para correções futuras;
- Divulgar os resultados do estudo para que possam ser utilizados no processo de tomada de decisão;

Recomenda-se que o EIA seja feito por profissionais de diversas áreas, pois desta forma abrange um olhar multidisciplinar sobre a situação, o que trás fontes de soluções diversas procurando corrigir impactos futuros e finalizando por vez o ocorrido na localidade em estudo.

O conceito do que seja impacto ambiental é definido por legislação. A Resolução CONAMA N° 01, de 23.01.86, define como impacto ambiental:

Art. 1º – Para efeito desta Resolução, considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam:

- I – a saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- II – as atividades sociais e econômicas;
- III – a biota;
- IV – as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;
- V – a qualidade dos recursos ambientais.

São bastante disseminadas no meio acadêmico as seguintes outras definições de impacto ambiental:

Qualquer alteração no sistema ambiental físico, químico, biológico, cultural e sócio econômico que possa ser atribuída às atividades humanas, relativas às alternativas em estudo para satisfazer as necessidades de um projeto. (Canter,1977).

Impacto ambiental pode ser visto como parte de uma relação de causa e efeito. Do ponto de vista analítico, o impacto ambiental pode ser considerado como a diferença entre as condições ambientais que

existiriam com a implantação de um projeto proposto e as condições que existiriam sem essa ação. (Dieffy, 1975).

Uma alteração ambiental pode ser natural ou induzida pelo homem, um efeito é uma relação induzida pelo homem e um impacto inclui um julgamento do valor da significância de um efeito. (Munn, 1979).

4.5 – Reciclagem do RCD

Mesmo com um controle rigoroso na atividade da construção civil, a fim de amenizar e até mesmo obter a perfeição em busca dos 100% de aproveitamento dos materiais visados para cada obra, existe ainda desperdícios conforme já mencionado, os quais, para se tornarem totalmente inexistentes, teria que haver um cuidado ainda maior sobre a execução e o andamento das obras, cuidando e aprimorando os serviços executados.

Como essa proposta torna-se muito difícil, visto que existem vários setores responsáveis por atividades distintas dentro e fora de um canteiro de obra no planejamento da mesma, a reciclagem e o reaproveitamento dos resíduos gerados torna-se uma forma de diminuir esse desperdício de material, transformando o cenário em que eles são dispostos e ajudando também na preservação dos materiais retirados da natureza que são finitos.

Uma gestão bem aplicada sobre o controle e reaproveitamento do RCD gera uma série de benefícios, desde o aumento da economia dos municípios que reduzem seus gastos com coletas gerando materiais de valor agregado, até o melhor aproveitamento de áreas que antes eram utilizadas para aterros e disposição de materiais coletados.

Contudo, não basta apenas ter uma boa gestão do RCD, pois existe todo um processo de tratamento do mesmo para que ele possa ser reaproveitado adequadamente em diversas atividades, dentre as quais Silva (2006) destaca:

a) Pavimentações que são empregadas nas reutilizações de resíduos reciclados como base, sub-base, revestimento primário, na forma de brita corrida ou em mistura de resíduo com o solo;

b) Agregado para concreto não estrutural que são resíduos processados pelas usinas de reciclagem podendo ser utilizados a partir da substituição dos agregados convencionais (areia e brita);

c) Agregado para confecção de argamassa que são originados após o processado por equipamentos denominados argamasseiras, que moem o entulho na própria obra, em granulometrias semelhantes as da areia, ele pode ser utilizado como agregado para argamassas de assentamento e revestimento.

Para estudo, apresentaremos um levantamento generalizado analisando sobre o emprego em pavimentações retirado de artigos já publicados.

Todo o processo de preparação da reciclagem exige uma série de cuidados e passos a serem seguidos, assim como todo tipo de processo que visa reaproveitar um material a fim de produzir um novo produto com maior eficiência e utilizando ao máximo o produto inicial maximizando desta maneira o lucro final por agregar maiores valores e diminuindo o percentual de desperdícios.

Assim sendo, o emprego de uma usina, assim como na produção de asfalto, é necessário para uma preparação mais adequada seguindo os passos, passando pelos equipamentos selecionados para adequar o produto inicial em características e propriedades adversas, cada qual com sua importância na constituição do produto final.

4.6 – Equipamentos de uma usina de reciclagem

Os equipamentos que constituem uma usina para a reciclagem de resíduos de construção e demolição são, de modo geral, os mesmos provenientes do setor de mineração, sofrendo uma vez ou outra adaptações para que possam se adequar a atividade de reciclagem, o que ocorre pelo fato de os resíduos exigirem um meio de controle de qualidade diferenciado, uma vez que possuem variação e contaminação sobre sua matéria, necessitando até mesmo de uma separação manual ou, por vezes, magnética.

No dimensionamento para instalação de uma usina, os cálculos de projeto devem visar pontos como:

a) Capacidade de alimentação da linha de produção;

- b) Tipo de resíduos a serem reciclados e quais as características finais a serem obtidas;
- c) Proximidade da usina em relação aos fornecedores de matéria prima;
- d) Qual o tipo de instalação (elétrica, gerador ou diesel);
- e) Qual mercado a ser atendido com o produto final, bem como se a produtividade tem capacidade de atender ao mesmo.

O reaproveitamento dos resíduos da construção civil em usina pode ocorrer em três diferentes tipos de disposições em planta, onde estas são: Plantas fixas, semi-móveis ou moveis, cada qual utilizada para obter um produto final com mais ou menos qualidade a ser utilizado em diferentes situações.

As plantas fixas, como o próprio nome diz, são aquelas estáticas onde não apresentam mobilidade alguma sobre o fator mudança de localização. Estas, por sua vez, apresentam uma maior qualidade dos produtos reciclados finais. Por serem fixas também existe a possibilidade de utilizar-se equipamentos de maior potencia o que torna mais fácil o aumento da produtividade.

As plantas semi-móveis, apresentam fácil montagem e desmontagem, uma vez que são elaboradas com estruturas metálica, possibilitando uma certa mobilidade e mudança de localização da mesma. O produto gerado por este tipo de planta é indicado para construções de barragens hidrelétricas e construção de estradas.

Já o terceiro tipo de planta (planta móvel) não necessita de obras civis para sua montagem, bem como existe uma maior facilidade de montagem e desmontagem quando comparada aos outros dois tipos de planta. Desta forma pode-se dizer que apresenta uma grande vantagem para empreendimentos que necessitam de mobilidade.

Para que haja retorno financeiro, estima-se que a capacidade produtiva de uma usina de reciclagem deve ser de no mínimo 30 t/h.

Para tirar do papel, todo processo de montagem de uma usina com capacidade produtiva de 50 toneladas por hora, desde a compra do terreno até a implantação dos equipamentos fica em torno de R\$ 1 milhão. Este valor pode ser reduzido e cair para cerca de R\$ 600 mil se utilizado equipamentos usados,

como também pode subir e chegar à R\$ 3 milhões abrangendo uma tecnologia sofisticada de ultima geração.

Conforme dito anteriormente, os equipamentos utilizados em uma usina de reciclagem de RCD são praticamente os mesmos provenientes da indústria de mineração. Eles, juntamente com suas funções na linha de processamento, podem ser descritos conforme abaixo:

Alimentador Vibratório (figura 09 e figura 10) : O alimentador vibratório é um equipamento empregado para alimentar os britadores, com baixa vibração, fácil manutenção e não são poluentes. Em linhas de produção de pedra ou areia, o alimentador vibratório pode funcionar de transportador de materiais grandes e ajudar na retomada de materiais mais graúdos.

Existem ainda os vibradores de sapatas, porém apresentam custos de aquisição maiores do que os vibratórios.



Figura 09: Exemplo de alimentador vibratório. Fonte: Maqbrit,2010.

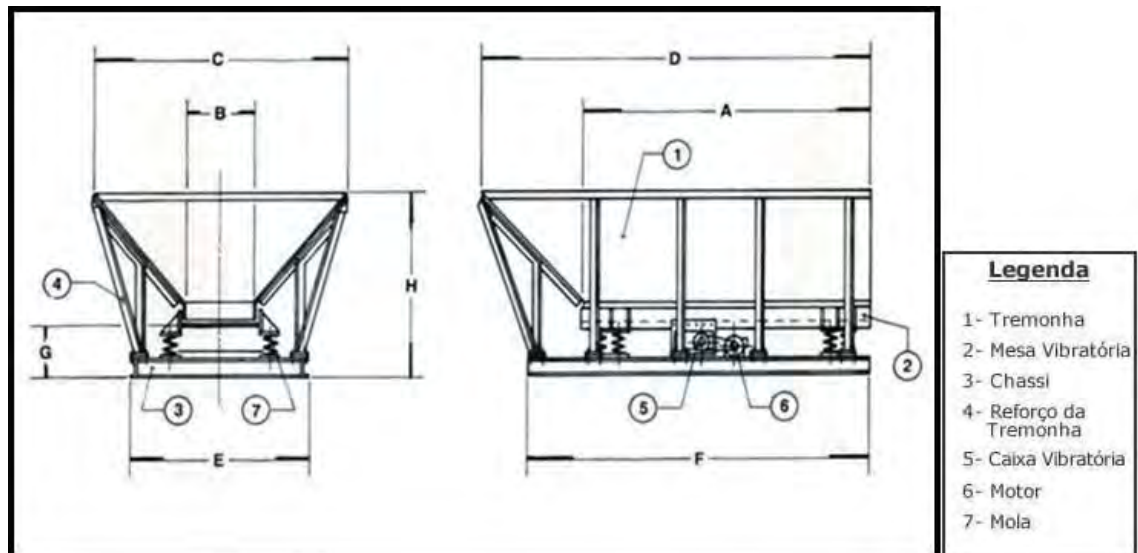


Figura 10: Detalhamento de um Alimentador Vibratório. Fonte: Maqbrit,2010.

Calha Vibratória: este equipamento é utilizado para alimentar os transportadores de correia, e também para coletar material que já sofreu o processo de britagem, porém que necessita de uma nova passagem pelas etapas para que atinja a granulometria desejada.



Figura 11: Exemplo de Britador. Fonte: Maqbrit,2010.

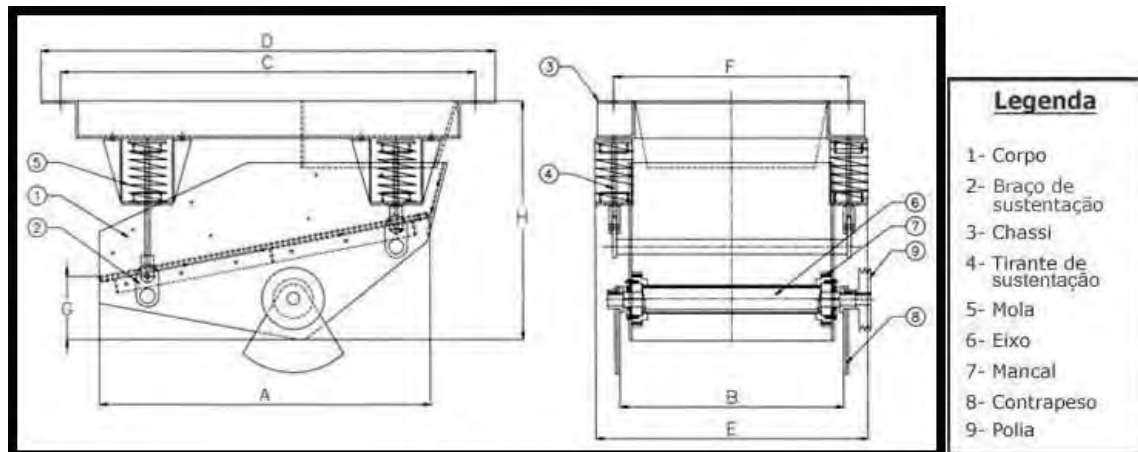


Figura 12: Detalhamento de um britador. Fonte: Maqbrit,2010.

Britadores (figuras 11, 12, 13 e 14) : é um equipamento utilizado para geração do material reciclado conforme diâmetro final desejado. Serve para britar pedra de alta e média dureza. Apresenta baixo custo de manutenção e sua montagem e desmontagem são fáceis de serem executadas.

Os principais tipos de britadores são os de mandíbulas, impacto e giratórios e os rebitadores hidráulicos, de cones e de rolos.

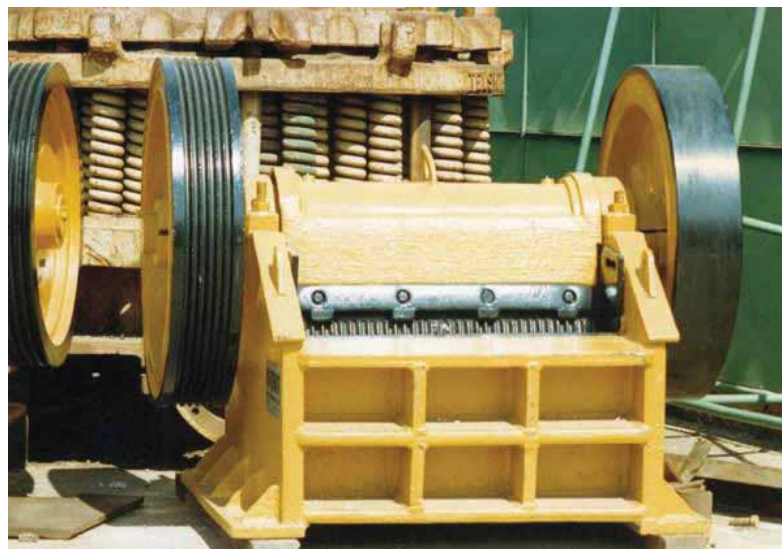


Figura 13: Exemplo de Britador. Fonte: Maqbrit,2010.

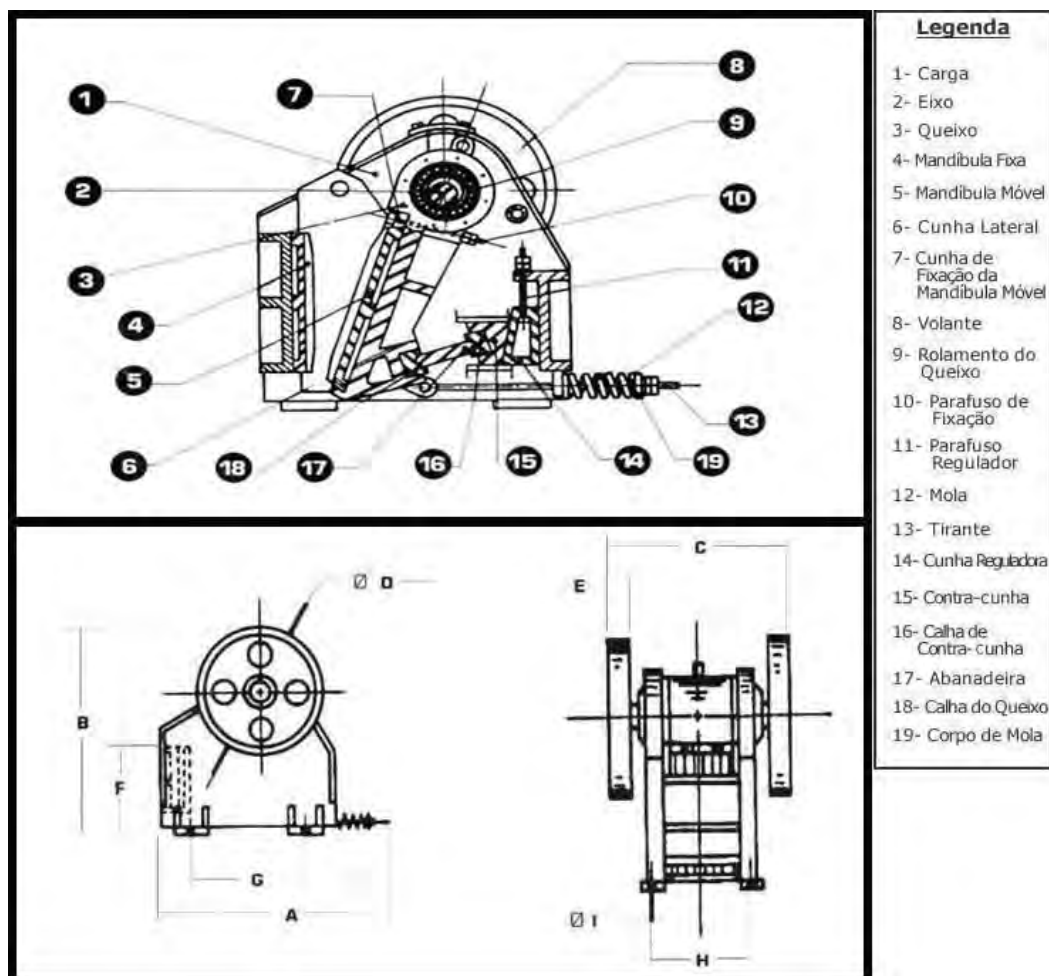


Figura 14: Detalhamento de Britador. Fonte: Maqbrit,2010.

Transportador de correia (figura 15 e figura 16) : possui uma estrutura que pode ser adaptado em plantas móveis ou fixas. Pode ser instalado na posição horizontal ou inclinado, variando de acordo com o material a ser transportado. Serve para interligar os outros equipamentos que constituem a usina.



Figura 15: Exemplo de Transportador de Correia. Fonte: Maqbrit,2010.

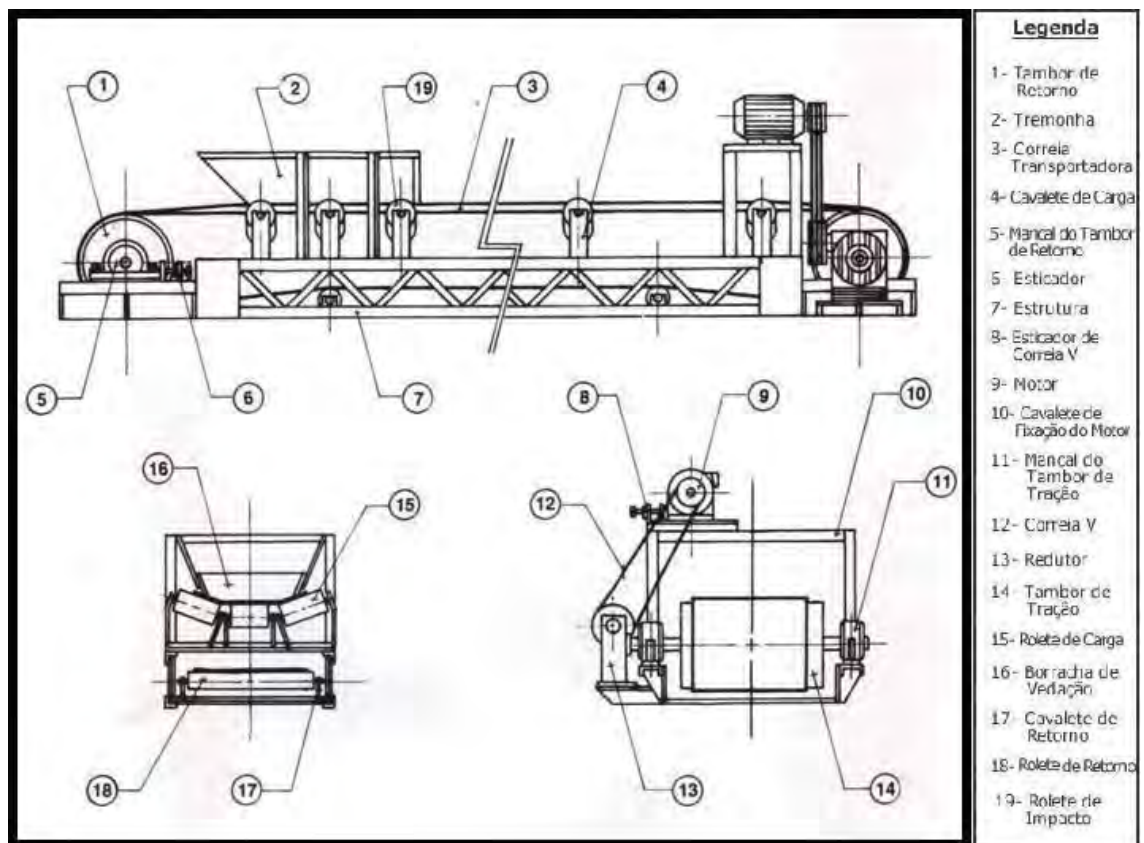


Figura 16: Detalhamento de um Transportador de Correia. Fonte: Maqbrit,2010.

Peneiras vibratórias e grelhas vibratórias (figuras 17, 18, 19 e 20) : utilizadas para separar o material segundo sua granulometria, onde as peneiras são utilizadas no início do processo e as grelhas são utilizadas ao fim do processo.



Figura 17: Exemplo de Grelha Vibratória. Fonte: Maqbrit,2010.

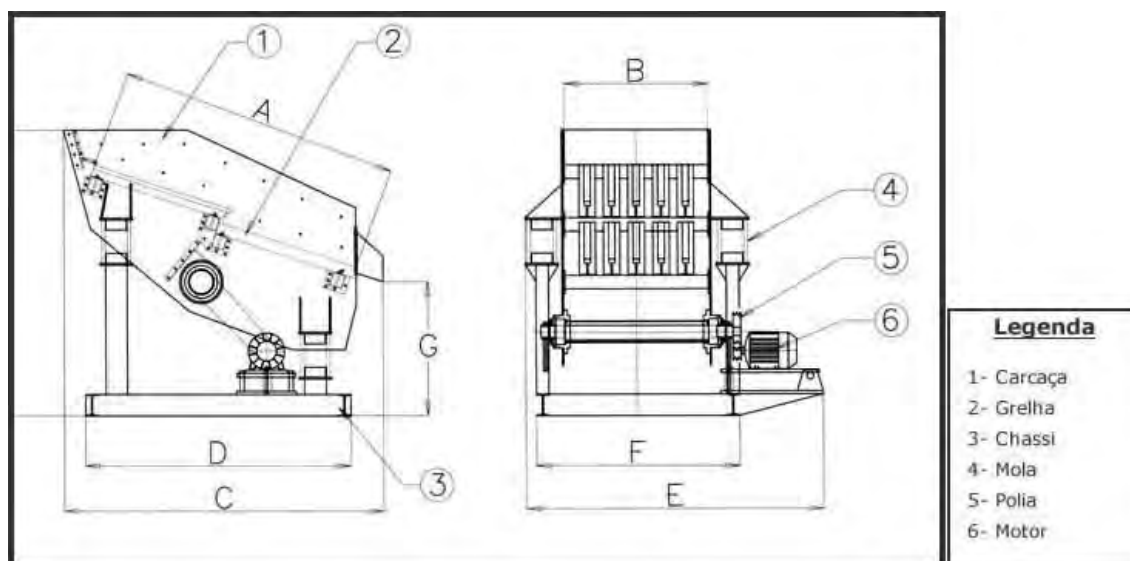


Figura 18: Detalhamento de uma grelha vibratória. Fonte: Maqbrit,2010.



Figura 19: Exemplo de peneira Vibratória. Fonte: Maqbrit,2010.

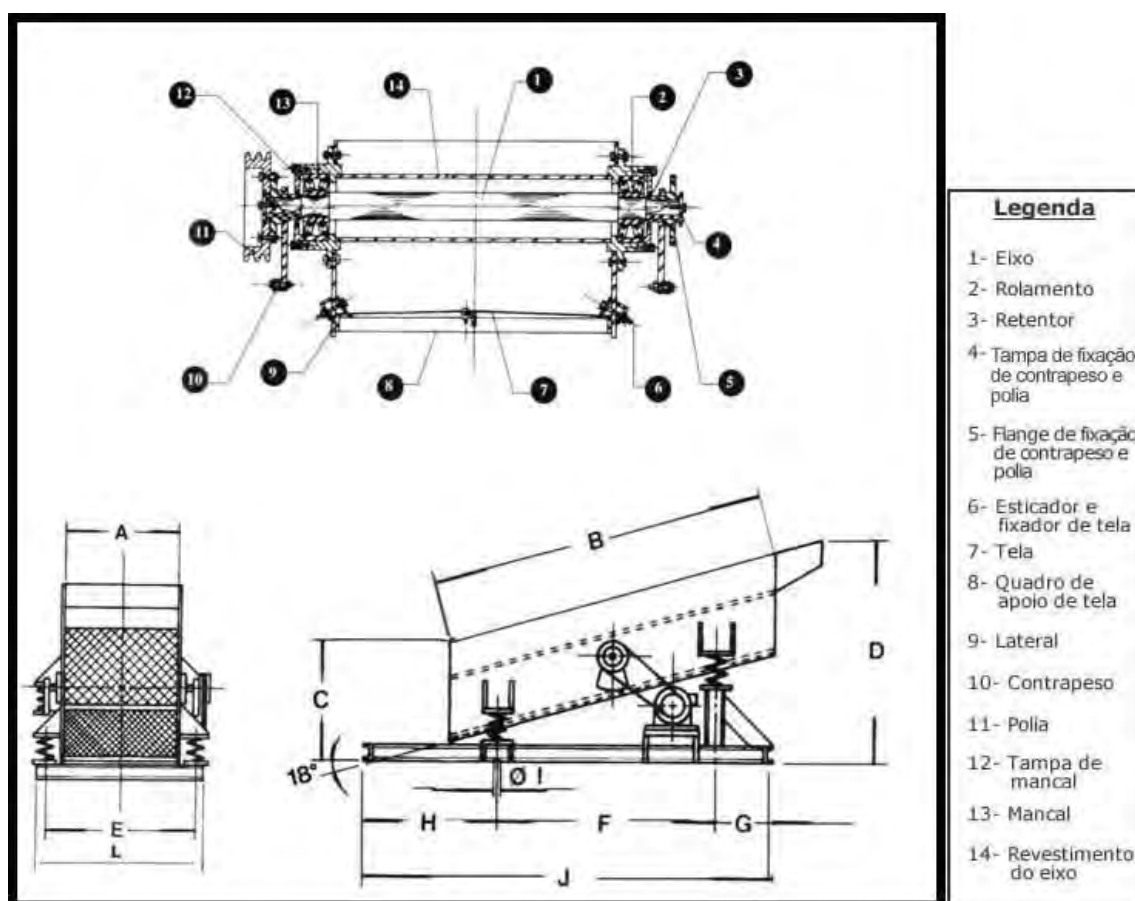


Figura 20: Detalhamento de peneira. Fonte: Maqbrit,2010.

Extrator de Metal (figura 21) : este equipamento é responsável pela retirada dos material ferroso misturados com os resíduos ocasionado pela má separação do produto a ser britado.



Figura 21: Exemplo de Extrator de Metal. Fonte: Maqbrit,2010.

Ao sofrer todo o processo de britagem, passando pelos equipamentos e sofrendo cada alteração e separação granulométrica, a partir de materiais tidos antes como entulho, como blocos, cerâmica e louças, é possível se obter agregados de granulometrias e funções diversas como areia reciclada, bica corrida, pedrisco, os quais, a partir de análises e interpretações podem ser utilizados na execução de constituintes de estruturas de pavimento, tais como camadas de base e sub-base, na fabricação de pisos inter-travados, e até mesmo em guias e sarjetas ou em operações tapa-buraco.

Portanto, é importante ressaltar cada constituinte de uma estrutura de pavimento, mediante suas funções e características dos agregados constituintes.

5- Pavimentação



Figura 22: Pavimento da SP-300. Fonte: Ciete Silverio, 2011.

Pavimento é uma estrutura de múltiplas camadas de espessuras finitas, construída sobre a superfície final de terraplenagem, destinada técnica e economicamente a resistir aos esforços oriundos do tráfego de veículos e do clima, e a propiciar aos usuários melhoria nas condições de rolamento, com conforto, economia e segurança.” (SENÇO, 1997, p. 6 e 7).

A sua definição é diversamente divulgada em literaturas técnicas, porém trazem a mesma ideia de ser uma estrutura de apoio viável técnica e com comodidade ao usuário, capaz de suportar o trânsito rodoviário (figura 22).

De acordo com a definição estabelecida na Especificação do LNEC E1 de 1962 (1), um pavimento é a “parte da estrada, rua, ou pista, que suporta diretamente o tráfego e transmite as respectivas solicitações à infra-estrutura: terreno, obras de arte, etc. pode ser constituído por uma ou mais camadas tendo, no caso geral, uma camada de desgaste e camadas de fundação. Cada uma destas camadas pode ser composta e constituída por camadas elementares”.

(i): segundo SENÇO (1997), em obras de engenharia civil como construções de rodovias, aeroportos, ruas, etc., a superestrutura é constituída por um sistema de camadas de espessuras finitas, assentes sobre o terreno de fundação, considerado como semi-espaço infinito e designado como subleito;

(ii): Pavimento é uma estrutura construída sobre a superfície obtida pelos serviços de terraplenagem com a função principal de fornecer ao usuário segurança e conforto, que devem ser conseguidos sob o ponto de vista da engenharia, isto é, com a máxima qualidade e mínimo custo (SANTANA, 1993);

(iii) Para SOUZA (1980), Pavimento é uma estrutura construída após a terraplenagem por meio de camadas de vários materiais de diferentes características de resistência e deformabilidade. Esta estrutura assim constituída apresenta um elevado grau de complexidade no que se refere ao cálculo das tensões e deformações;

(iv) Segundo a NBR 7207/82 da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT obtemos a seguinte definição: “O pavimento é uma estrutura construída após a terraplenagem e destinada, econômica e simultaneamente, em seu conjunto, à:

a) Resistir e distribuir ao subleito os esforços verticais produzidos pelo tráfego;

b) Melhorar as condições de rolamento quanto à comodidade e segurança;

c) Resistir aos esforços horizontais que nela atuam, tornando mais durável a superfície de rolamento”.

A necessidade de se investir ou aprimorar as técnicas sobre estradas vem da ideia geral que concebeu essa ferramenta: ligar dois pontos distintos. Ou seja, por um olhar macro, unir cidades, estados ou ate mesmo países, ou por um olhar micro, unir casas, ruas, bairros, ou regiões da cidade. A união que é executada pela estrada pode ser uma união direta, ou seja, origem ou destino, ou então indireta, quando passamos por pontos intermediários, por destinos intermediários para chegar ao destino final.

Na historia antiga, a necessidade de vias mais rápidas e mais conhecidas pelo ser humano levou ao aparecimento das estradas, ou seja, uma via em que o homem sabia os pontos nos quais ele iria chegar e/ou passar, e também,

com um pouco de conhecimento, sabia os desafios, as condições que ele iria enfrentar para passar por esses pontos.



Figura 23: Trilhas, primeira forma de estrada inventada pelo homem, procurando vencer os desafios da floresta. Fonte: UFMG , 2010.

Nos primórdios esses caminhos eram feitos a pé através de trilhas (figura 23), tornando-se assim longos e cansativos, e até mesmo tornando inviável o deslocamento de grandes cargas. Devido a essa necessidade, o homem fez uma de suas maiores invenções, a roda (figura 24), e com ela passou a acelerar os trajetos, tornar a viagem mais acessível e ainda conseguiu transportar grandes cargas, aumentando cada vez mais a ligação entre os centros comerciais e/ou habitacionais. A união entre a roda e a estrada foi a grande pioneira para a concepção de cidades, pois com elas o ser humano pode se estabelecer em um só ponto e se “conectar” com os demais levando pouco tempo para isso, algo que antigamente era inviável, o que fez com que a raça humana passasse de nômades para sedentários.



Figura 24: Primeiros tipos de roda. Fonte: Sophia Wilson, 2012.

Falando ainda sobre vias de acesso, antes os caminhos eram traçados mediante a facilidade de trajetória, contornando morros, buscando leitos mais rasos de curso d'água para atravessar, enfrentando desta forma menos barreiras a serem vencidas. Porém com maiores volumes de carga transportada, o homem foi obrigado a dominar o meio ambiente alterando-o através de cortes, aterros e construindo passagens sobre cursos d'água (figura 25).

Futuramente outro problema encontrado foi a necessidade de se ter um percurso que pudesse ser transitado a qualquer época do ano. Para tanto, foi dada uma atenção maior sobre os materiais e as formas de execução das vias, trazendo uma maior estabilidade e drenagem por onde transitavam os meios de transportes, sem deixar de lado o conforto do passageiro e da carga. Com isso começou a ser utilizados revestimentos de pedras, misturas betuminosas ou de concreto de cimento, surgindo assim a pavimentação segundo conceitos atuais.



Figura 25: Ponte Akashi Kaykio, a mais longa ponte suspensa do mundo. Fonte: Tom Harris, 1999.

As cargas proporcionadas pelo veículo que transita a via são distribuídas no pavimento pelos pneus sobre forma de pressão, tendo suas superfícies de contato com o solo descritas por forma aproximadamente elítica. Essa pressão

transmitida pelos pneus deve ser compatível com a capacidade de suporte do subleito.

Sendo as camadas superiores sujeitas a uma maior pressão dos pneus e as inferiores sujeitas a uma pressão inferior às de cima, as construções das primeiras devem ser feitas com materiais de maior qualidade. Na mesma forma de raciocínio, podemos dizer que quanto mais próximas da superfície, maiores deveriam ser as camadas desse pavimento.

“Subleito ruim e cargas pesadas levam a pavimentos espessos; subleitos de boa qualidade, e cargas leves levam a pavimentos delgados” (SENÇO, 1997, p.14)

Assim sendo, o engenheiro é conduzido a complementar a base com uma camada estruturalmente suficiente com materiais menos nobres do que o material da base. A essa camada dá-se o nome de sub-base. Seguindo esse raciocínio, ela pode ser complementada por uma camada de material menos nobre, que recebe o nome de reforço do subleito.

5.1 – Tipos de pavimentos

Sobre os tipos de pavimentos existentes, podemos classificá-los em três classes diferentes: flexíveis, rígidos e semi-flexíveis. Como critério de classificação para essas classes, basicamente é utilizado os materiais que as constitui, os quais as relacionam com o seu comportamento estrutural.

Destes tipos de pavimentos ditos anteriormente, para que haja uma escolha mais apropriada sobre o uso de cada um, devemos levar em consideração alguns pontos a serem analisados, e são eles:

- a categoria da estrada;
- as condições climáticas;
- o tráfego previsto;
- as condições do terreno de fundação.

5.1.1 – Pavimentos Flexíveis

Os pavimentos flexíveis são aqueles que não trabalham à tração, ou seja, todas as camadas que os constitui trabalham elasticamente sofrendo deformação sob o local onde ocorre a aplicação do carregamento (figura 26).

Desta forma, a carga aplicada é distribuída através das camadas, as quais geralmente são revestidas por um material betuminoso e são constituídas por materiais granulares.

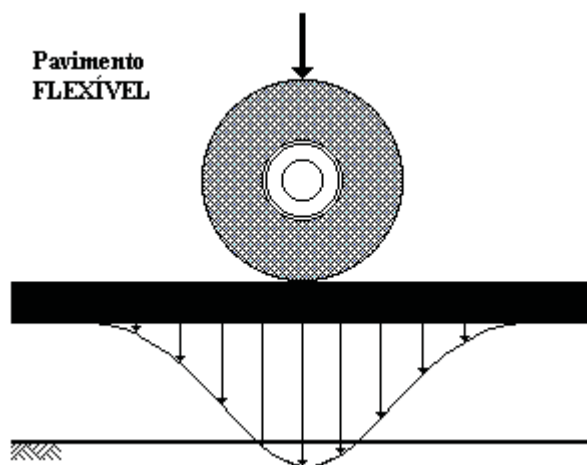


Figura 26: Distribuição de uma carga aplicada sobre um pavimento flexível. Fonte: CampoGrandense, 2010

Estruturalmente falando, um pavimento flexível é composto por uma mistura de agregados e ligantes. Sua formação dá-se basicamente por quatro camadas, onde são: revestimento asfáltico, base, sub-base e reforço do subleito (figura 27). Em relação ao revestimento asfáltico, este pode ser feito através de uma camada de material betuminoso ou por camadas diversas denominadas de binder (camadas de ligação).

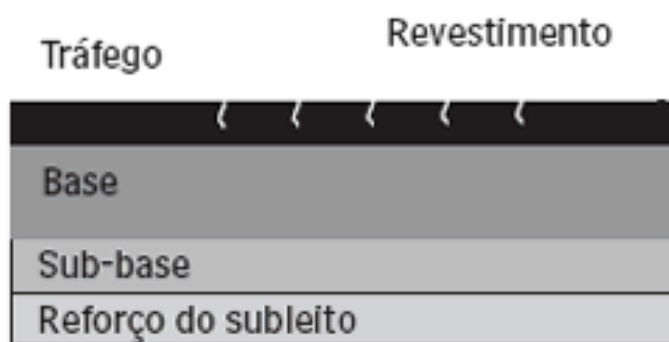


Figura 27: Formação básica do pavimento flexível. Fonte: adaptados de Lilian Tais de Gouveia, 2012.

Para ser dimensionado um pavimento flexível tradicional levam-se em consideração as características geotécnicas dos materiais utilizados e, também, a espessura de cada camada constituinte deste pavimento, as quais

podem ser dimensionadas através do estudo do comportamento à compressão (Índice de Suporte/CBR) do material constituinte da camada.

Em um pavimento flexível podemos encontrar as seguintes camadas (figura 28):

- Revestimento. Essa camada tem a função de resistir diretamente às ações do tráfego, impermeabilizar a superfície, melhorar as condições de conforto do tráfego garantindo a segurança e transmitir os carregamentos para as camadas inferiores.

- Base. Essa camada recebe as ações provenientes dos veículos e as transfere para o subleito que se encontra na camada inferior inferiores de maneira conveniente.

- Sub-base. Esta tem a mesma função da camada denominada base. O surgimento da mesma ocorre com finalidades econômicas, onde existe a necessidade de se reduzir os custos com material utilizado na base, fazendo com que a mesma tenha espessuras menores.

- Reforço do subleito. Assim como a sub-base, o reforço do subleito surge quando existe a necessidade de reduzir a espessura da sub-base.

- Regularização do subleito. Como a própria denominação dá a entender, a regularização do subleito aparece quando existe a necessidade de uma regularização do leito da estrada onde receberá o pavimento. Assim sendo, não há a necessidade de correção e regularização do mesmo em todos os pontos do leito ao decorrer da via, podendo essa regularização ser distribuída nos pontos da seção transversal em que haja necessidade apenas.

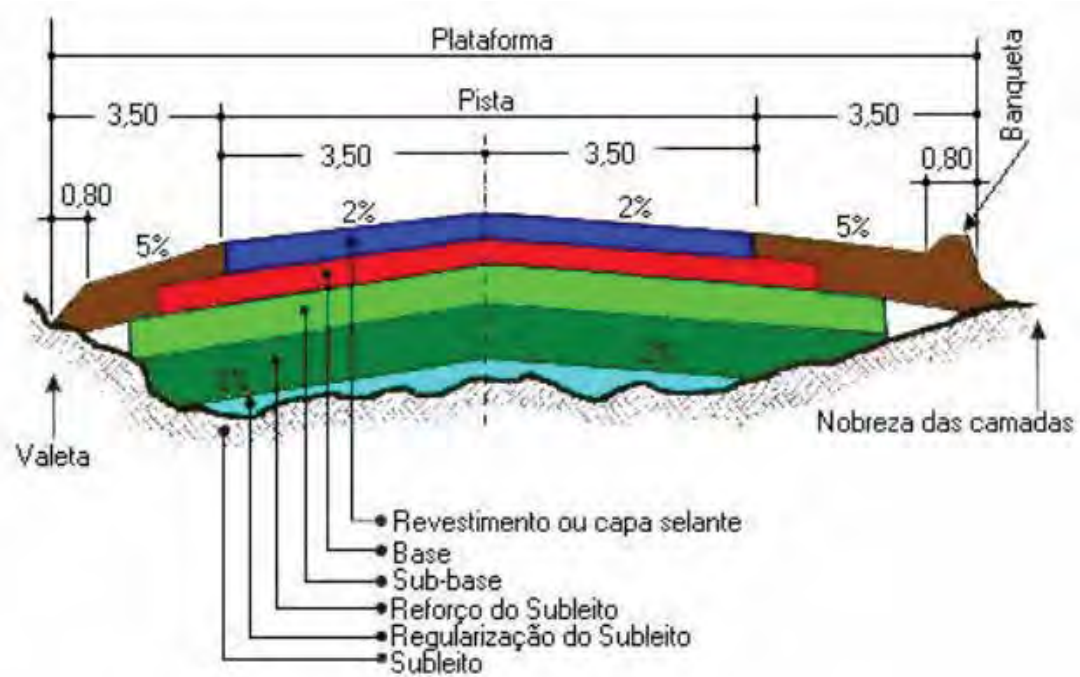


Figura 28: Seção transversal de uma estrutura de pavimento. Fonte: Adaptado de Senso, 1993.

Para o tipo de pavimento em questão, as possíveis configurações de camadas são:

- revestimento, base, sub-base e reforço do subleito;
- revestimento, base e sub-base;
- revestimento e base;
- revestimento.



Figura 29: Pavimento asfáltico. Fonte: Itimara Figueiredo, 2012.

5.1.2 – Pavimentos Rígidos

Ao contrario do pavimento flexível, o pavimento rígido é aquele em que a camada de revestimento recebe o carregamento aplicado, porém apresenta um comportamento de elevada rigidez se comparado com as camadas inferiores. Com isso notasse que a carga aplicada sobre o piso de revestimento é transferida as camadas inferiores em uma área de propagação maior do que se fosse em um pavimento flexível (figura 30).

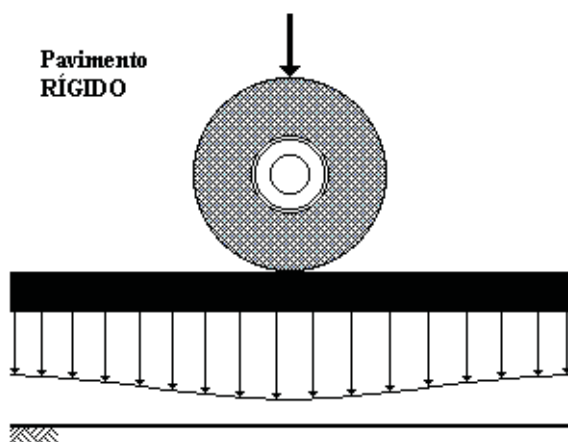


Figura 30: Distribuição de uma carga aplicada sobre um pavimento rígido. Fonte: CampoGrandense, 2010

O pavimento rígido é constituído por uma placa de concreto, onde a qual exerce a função semelhante ao do revestimento e da base no pavimento flexível, e de uma sub-base, que é construída com a visão de evitar o bombeamento dos solos existentes no subleito.

Contudo, seguindo a mesma linha de análise, essa carga, apesar do aumento da área de transferência/atuação nas camadas inferiores, ela passa a ser atuante em uma profundidade menor do que se compararmos com um pavimento flexível.

No dimensionamento das camadas de pavimentos rígidos, podemos citar como exemplo os constituídos por placas de concreto de cimento (figura 31), onde dados são obtidos através do estudo das propriedades resistentes nas mesmas. O dimensionamento é função da resistência obtida em relação à compressão da placa, do subleito e da carga atuante na via. Em outras palavras, o dimensionamento é feito relacionando a resistência à tração na flexão da placa.



Figura 31: Pavimento de concreto. Fonte: ABCP, 2011.

5.1.3- Pavimentos semi-rígidos

Os pavimentos semi-rígidos (figura 32) podem ser enquadrados em uma classificação intermediária em relação aos outros dois tipos de pavimento, pois eles são aqueles em que se têm as duas funções principais analisadas anteriormente: a de atuar sobre esforços de tração, porém ao mesmo tempo sem deixar de ter características de um pavimento flexível. Assim sendo, podem ser executados através de misturas solo-cimento, solo-cal, solo-betume,

dentre outras, as quais apresentam razoável resistência às solicitações de tração.



Figura 32: Pavimento semi-rígido intertravado. Fonte: ABCP, 2011.

5.2 – Camadas dos pavimentos

Generalizando uma seção transversal de um pavimento, levando em consideração que este apresenta todas as camadas para que possamos abrir um entendimento sobre as camadas atuantes e suas funções, a mesma recebe a configuração que apresenta um a fundação, o subleito, e camadas com espessuras e materiais que atendem as necessidades exigidas para atuar devidamente com a função desejada, determinados através de um ou mais métodos de dimensionamento.

Estudando as camadas de maneira crescente, ou seja, da mais inferior para a mais superior, elas são descritas a seguir com algumas considerações:

5.2.1 – Subleito

O subleito é o terreno onde é realizada a fundação do pavimento.

5.2.2 – Regularização

É a camada construída, quando existir a necessidade, logo acima do subleito com a função de conformá-lo no sentido transversal e longitudinal, não sendo obrigatório a sua execução por toda a extensão da via, e sim apenas em

trechos de subleito irregular dando à superfície as características geométricas do pavimento acabado.

5.2.3 – Reforço do subleito

Segundo (SENÇO, 1997) é a camada de espessura constante com o objetivo de reduzir a espessura da sub-base localizada acima. Normalmente o material que constitui essa camada é um solo argiloso com boas características físicas e que apresenta uma resistência elevada, pois o reforço do subleito recebe e absorve cargas transmitidas pelas camadas superiores.

As camadas de “reforço do subleito”, quando construídas, são geralmente constituídas de materiais terrosos selecionados, isto é, são granulares e flexíveis; quando há seleção de materiais na terraplenagem, desaparece sempre a necessidade da camada de reforço. (SENÇO, 1997, p12).

5.2.4 – Sub-base

De acordo com (SENÇO, 1997) a sub-base é uma camada complementar a base tendo seu material constituinte com características tecnológicas superiores à da camada de reforço do subleito. Esta camada deve ter uma boa capacidade para drenar água, estabilidade e capacidade de suporte e apresentar uma baixa tendência à mudanças de volume.

5.2.5 – Base

A base é a camada abaixo do revestimento destinada a resistir aos esforços provenientes do tráfego e distribuí-las para as camadas abaixo dela. Na verdade, o pavimento pode ser considerado composto de base e revestimento, sendo que a base poderá ou não ser complementada pela sub-base e pelo reforço do subleito (SENÇO, 1997).

5.2.6 – Revestimento

Também chamado de capa de rolamento ou apenas capa, o revestimento é a camada que recebe diretamente a ação do tráfego, sofrendo a pressão dos pneus dos veículos e transferindo para as camadas inferiores. Deve apresentar uma superfície o mais impermeável possível e proporcionar o conforto e a segurança necessária para quem utiliza a via, assegurando também a resistência ao desgaste do pavimento, proporcionando uma durabilidade da estrutura.

Ainda sobre revestimentos, eles podem ser agrupados da seguinte maneira:

- Revestimentos flexíveis por calçamento
- Revestimento de alvenaria poliédrica

Este tipo de revestimento é executado através do assentamento de camadas de pedras com certas irregulares e comprimidas sobre um colchão de regularização constituído de material granular apropriado.

- Revestimentos de paralelepípedos

Assim como no revestimento de alvenaria poliédrica, este revestimento também é assentado sobre um colchão de regularização, porém é constituído de blocos regulares. As juntas entre os blocos podem ser executadas com o próprio material constituinte do colchão de regularização, com materiais betuminosos ou até mesmo com argamassa de cimento.

A fabricação do paralelepípedo, apesar de diversos autores restringirem o emprego da nomenclatura apenas para os blocos de pedra (os chamados “stone block pavements”), o mesmo pode ser produzido com a utilização de diversos tipos de materiais.

São muito utilizados, hoje, revestimentos constituídos por blocos hexagonais de concreto de cimento, denominados “blockrets” e que

têm uma técnica de execução semelhante à dos paralelepípedos. (SOUZA, 1976, p14).

– Revestimentos flexíveis betuminosos

Os revestimentos betuminosos caracterizam-se pela composição de agregados e materiais betuminosos e sua execução é dada por penetração direta ou invertida, onde estas se diferenciam pelo fato de a primeira haver um espalhamento de uma camada de brita com características granulométricas apropriadas seguida de uma camada betuminosa que venha à preencher os vazios do agregado que posteriormente recebe uma nova camada de brita miúda e uma camada selante sobre esta. Já o segundo processo de execução, o por penetração invertida, é feito primeiramente uma “pintura” de material betuminoso sobre a camada inferior e a aplicação de agregado com granulometria desejada sobre essa pintura. Tanto o processo direto, quanto o invertido, ambos recebem compressão entre as camadas de agregados.

Existe ainda o processo por mistura, onde o agregado é pré-envolvido com o material betuminoso antes da compressão.

– Revestimentos rígidos

Os revestimentos rígidos são constituídos por uma camada produzida de concreto de cimento, ou simplesmente concreto, o qual é constituído por uma mistura de cimento Portland, areia, agregado graúdo e água. Esse tipo de revestimento funciona tanto como revestimento quanto como base do pavimento.

Os revestimentos feitos de paralelepípedos com rejuntamento feito com argamassa de cimento são considerados como revestimentos rígidos.

5.3 – Características e materiais utilizados nas camadas do pavimento

Para as diversas camadas do pavimento, os materiais e serviços necessários para executá-las devem atender as exigências especificadas tecnicamente.

Historicamente, a investigação sobre o uso dos RCD's em obras de pavimentação foi iniciada por técnicos da Prefeitura Municipal de São Paulo, no ano de 1989.

Em 2003, a Prefeitura Municipal de São Paulo, concebeu sua própria especificação relacionada ao uso de agregados reciclados em camadas de pavimentos, a PMSP/SP ETS – 001/2003. Esta foi a primeira norma brasileira desenvolvida para essa finalidade.

Atualmente, no Brasil, realiza-se o aproveitamento dos RCD na construção de acordo com as especificações das normas da ABNT NBR 15115/04 e ABNT-NBR 15116/04.

Para a caracterização física do agregado de resíduos de construção e demolição, a NBR 15115/04, a qual estabelece os critérios e procedimentos para o uso de RCD em camadas de pavimentação, nos detalha os parâmetros desejados e que devem ser encontrados na elaboração de uma estrutura de pavimento.

Dentre os parâmetros determinados, e com o auxílio de outras normas, como a NBR 9895, ou seja, o Índice de Suporte Califórnia como parâmetro para análise da dureza do material, é dito que:

- O índice de aceite do material está ligado à resistência dos grãos e não à sua natureza. Caso o ISC for maior do que 12%, o material é aceito para reforço de subleito, caso o ISC chegue a 20%, o material pode ser usado como reforço de sub-base e, para base, o ISC deve ser superior a 60% (tabela 3).

- A dimensão característica do maior grão foi definida como sendo de 63,5mm.

- A espessura mínima de cada camada, seja de base, sub-base ou reforço de subleito, não pode ser maior do que 10 cm.

- O comportamento do agregado deve ser bem graduado, como o similar natural, e não há qualquer restrição quanto à composição, podendo ser concreto, cerâmicas, pedras, mas sempre resíduos sólidos da construção civil que se enquadram na classe A determinada pelo CONAMA , evitando-se os compostos das classes B, da classe C e da classe D, pois estes materiais é denominado pela norma como sendo materiais indesejáveis.

- O teor máximo permitido de materiais indesejáveis é de 3% em massa, para grupos distintos, e/ou 2% em massa para materiais de mesmo grupo.

- A curva granulométrica dos agregados reciclados obtidos como materiais para a execução das camadas do pavimento tem que ter um coeficiente de uniformidade (Cu) maior ou igual a 10, o qual é obtido pela razão entre os diâmetros que correspondem a 60% e a 10% passantes na curva granulométrica.

- A granulometria passante na peneira 0,42mm (nº. 40) deve ficar entre 10% e 40% (tabela 4).

Tabela 3 – Limites de ISC e expansão (Apud NBR 15115, 2004).

Tipo de Camada	ISC (%)	Expansão (%)
Reforço do sub-leito	≥ 12	$\leq 1,0$
Sub-base	≥ 20	$\leq 1,0$
Base	≥ 60	$\leq 0,5$

Tabela 4 – valores obtidos e limites fixados pela NBR 15115, 2004.

Faixa	Condição	Dimensão característica máxima dos grãos (mm)	Porcentagem que passa na peneira 0,42mm (%)	Coeficiente de Uniformidade Cu
A	Inicial	20	14,0	55
	Após compactação	20	20,2 (PN) – 22,3 (PI)	61,5 (PN) – 70 (PI)
	NBR-15115 (2004)	63,5	$10 \leq a \leq 40$	≥ 10
C	Inicial	20	22,5	100
	Após compactação	20	29,5 (PN) – 31,7 (PI)	70 (PN) – 195 (PI)
	NBR-15115 (2004)	63,5	$10 \leq a \leq 40$	≥ 10
E	Inicial	10	35,0	21,7
	Após compactação	10	43,1 (PN) – 44,5 (PI)	20 (PN) – 19 (PI)
	NBR-15115 (2004)	63,5	$10 \leq a \leq 40$	≥ 10

PN : Proctor Normal ; PI: Proctor Intermediário

Contudo, para um melhor detalhamento sobre cada camada onde é usualmente empregado o uso de resíduos de construção e demolição no Brasil (base e sub-base), bem como a mistura deles, segue:

5.3.1 - Solos do subleito

Os solos apropriados para camada de reforço do subleito são os de Índice de Suporte Califórnia (ISC) superior ao do subleito e expansão máxima de 1%. Para subleito com solos de expansão superior a 2%, deve ser determinada, experimentalmente, a sobrecarga necessária para o solo apresentar expansão menor que 2%.

Tecnicamente recomenda-se que os solos sejam os de comportamento, com grau de compactação mínimo de 100% obtida através do ensaio de compactação Proctor Normal. Para solos finos lateríticos ou para solos granulares pode ser utilizada a energia de 100% do Proctor Intermediário.

5.3.2 - Materiais para camadas de sub-base e base

Todo material quando empregados na camada de sub-base do pavimento devem apresentar capacidade de suporte, ISC, superior ou igual a 30% e expansão máxima de 1%.

Quando empregados para camadas de base, devem apresentar capacidade de suporte, ISC, superior ou igual a 80% e expansão máxima de 1%.

Para materiais obtidos a partir de misturas de solo-cimento, a resistência característica à compressão simples, deve ser igual ou superior à na dosagem.

Para brita graduada tratada com cimento, ao final da dosagem deve ser obtido mistura com resistência característica à compressão maior ou igual a 4,0 MPa e inferior a 6,2 MPa. A resistência à tração indireta deve ser superior ou igual a 0,7 MPa e inferior a 1,0 MPa.

Dentre os materiais que podem ser utilizados, cita-se que para a sub-base para pavimentos flexíveis pode ser utilizados materiais com granulometrias maiores, tais como pedregulhos e produtos de britagem. Referente à sub-base para pavimentos rígidos, a mesma pode ser constituída por materiais

estabilizados granulometricamente ou estabilizados quimicamente com adição de cimento ou cal. Já em relação à base de pavimentos flexível e semi-rígido, estes podem ser executados utilizando materiais granulares como pedregulhos e produtos de britagem, estabilizados com a adição de cimento ou material asfáltico quando necessário, solos estabilizados mecanicamente mediante mistura com produtos de britagem, ou solos estabilizados quimicamente com adição de cimento ou cal na sua constituição.

5.3.3 - Materiais para camadas de rolamento e de ligação ou binder

Referente às camadas de rolamento e de ligação ou binder tanto os agregados quanto os materiais asfálticos e a mistura resultante de concreto asfáltico devem atender às especificações técnicas, onde os pavimentos de concreto simples de cimento Portland devem ser dotados de barras de ligação e de transferência.

As placas devem possuir juntas longitudinais de articulação e transversais de retração, as quais devem ser preenchidas com material do tipo polietileno, isopor, cortiça ou similar e preenchidas com selante.

O concreto deve atender as características de tração por flexão igual ou superior a 4,5 Mpa e compressão axial igual ou superior a 33 MPa, ambos aos 28 dias de idade.

Já os pavimentos constituídos por peças pré-moldadas de concreto de cimento Portland devem seguir as especificações da NBR 9780 e da NBR 9781, as quais foram redigidas para especificar peças de concreto para pavimentação.

Referente aos parâmetros de compressão simples, as características atuantes devem ser capazes de resistir 35 MPa ou valores superiores quando se trata de solicitações de veículos comerciais de linha e superior ou igual à 50 MPa quando houver tráfego de veículos especiais.

6 – Viabilidade econômica do emprego de RCD na execução de pavimentos

A análise econômica dos aspectos que envolvem a reciclagem de resíduos da construção civil e de demolição, desde sua captação até mesmo o seu reaproveitamento, no caso em estudo na execução em camadas de pavimentos, é fundamentalmente importante para comparar sua aceitação mediante a competitividade do material no mercado.

Tecnologicamente falando, é possível mencionar que o agregado reciclado possui desempenho desejado para sua utilização e aproveitamento em camadas de estruturas de pavimento.

Assim sendo, observando os custos na execução de camadas de base e sub-base de pavimentos, nas quais podemos utilizar o RCD-R (resíduo de construção e demolição reciclado), e fazendo um comparativo entre as estruturas executadas com agregados reciclados e as estruturas executadas com materiais convencionais (solo, brita e brita graduada), é possível observar através de um comparativo exemplar que as estruturas executadas com agregados reciclados apresentam maiores vantagens econômicas em relação às que foram executadas com brita graduada ou brita adicionada ao solo.

A economia obtida pode chegar à percentuais entre 50% e 60%, o que se deve basicamente aos preços dos dois tipos de agregados, o reciclado (cerca de R\$30,00) e o convencional (cerca de R\$40,00 a brita graduada e R\$50,00 a brita)

Outro fator que vem somar para essa redução de custos é a menor distância de transporte do material, pois enquanto que a brita graduada é produzida em locais distantes, as usinas de reciclagem estão localizadas nas áreas urbanas favorecendo tanto na retirada quanto no recebimento da matéria prima de pontos distintos.

Além disso, cabe-se o destaque para o processo executivo, onde a captação do material dispense maiores custos, pois há a necessidade do emprego de explosivos no desmonte das rochas e de diversas etapas para se obter granulometrias menores, enquanto que a reciclagem do RCD não exige o uso de explosivos e o processo de britagem é feito em uma única etapa.

7 – Conclusão

Com o acúmulo de informações obtidas mediante à leitura e compreensão dos artigos lidos necessários para que fosse por mim redigido este trabalho, foi possível notar que o aspecto ambiental é bastante defendido por todos os autores, procurando minimizar ao máximo com a visão futura da extinção do acúmulo e desperdício de resíduos provenientes da construção e demolição, o qual proporciona uma degradação ao meio ambiente com os depósitos irregulares de matéria e conseqüentemente a falta de tratamento dado aos mesmos.

Tratando-se de fatores econômicos, a utilização do RCD passando pelas etapas de coleta, seleção, britagem e peneiramento, desde a implantação da usina até o aproveitamento do RCD-R é feito de maneira viável e benéfica, pois além de proporcionar a reutilização dos resíduos mudando o aspecto ambiental, deixando de ser um fator merecedor de atenção para os órgãos que planejam e custeiam a coleta desses materiais, os mesmos agregam valores passando de refugo à material com aceitação no mercado.

A obtenção do produto final britado apresenta a possibilidade de ser aproveitado no mercado da pavimentação para fins de execução de camada de base e sub-base, sarjetas, pisos inter-travados, guias e até mesmo em operações tapa-buraco. Sua obtenção é realizada de maneira mais simples do que se comparada com a dos materiais convencionais, pois é realizada em uma espécie de “linha de produção”, onde na entrada é fornecido o resíduo bruto e ao final de alguns processos de britagem e peneiramento é obtido o material na forma reciclada.

De uma forma geral, sobre o compreendido das literaturas encontradas, o emprego de resíduos de construção e demolição devidamente selecionados e tratados em estruturas de pavimentação, como camadas de base e sub-base e alguns tipos de revestimento rígido e semi-rígido, apresenta resultados satisfatórios garantindo o desempenho esperado e projetado para a via, justificando desta forma sua utilização em estruturas de pavimentação. Contudo, o maior problema encontrado que se apresenta em relação ao RCD, diz respeito à heterogeneidade do material, o que obviamente influi em suas características.

O avanço dos estudos e pesquisas certamente contribuirá a resultados que permitam o emprego generalizado dos RCD, contribuindo para a consolidação do desenvolvimento sustentável e a redução significativa dos danos ambientais por eles provocados.

Para isto, a regulamentação e o incentivo na utilização dos resíduos sólidos de construção e demolição pelos órgãos públicos, a participação efetiva no beneficiamento, utilização e comercialização por parte da iniciativa privada, motivada pela oportunidade de mercado, e a continuidade das pesquisas nas universidades, certamente conduzirão ao resultado esperado, o que já é encontrado na execução de pisos inter-travados a partir da britagem de blocos e alvenarias de concreto.

8 - Referências

ABCP **Pavimento de concreto gera economia de combustível**, 2011. Disponível em < <http://www.abcp.org.br/conteudo/imprensa/pavimento-de-concreto-gera-economia-de-combustivel-2>> Acesso em: 15 de Agosto.

ABCP **Pavimento intertravado é alternativa sustentável para economia de recursos**. 2011. Disponível em < <http://www.abcp.org.br/conteudo/imprensa/pavimento-intertravado-e-alternativa-sustentavel-para-economia-de-recursos>> Acesso em: 26 de agosto.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR-7207 – **Terminologia e classificação de Pavimentação**. Rio de Janeiro, 1982.

ABNT (2004) NBR 15115 – **Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Execução de camadas de pavimentação** - Apresentação. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro.

Augustus, E. **Entulho – Uma agressão sem tamanho**. 2009. Disponível em < <http://guiaecologico.wordpress.com/tag/degradacao/page/8/>> Acesso em: 14 de Agosto.

CampoGrandense. **Pavimento Rígido e Flexível**. 2011. Disponível em < <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=1059521&page=18>> Acesso em: 28 de Agosto.

Cantani, N. **Unicamp elimina 92% dos resíduos perigosos passivos**. 2006. Disponível em < <http://www.unicamp.br/unicamp/noticias/unicamp-elimina-92-de-res%C3%ADduos-perigosos-passivos>> Acesso em: 22 de setembro.

CANTER, L. W. **Environmental impact assessment**. New York: McGraw-Hill Book, 1977. 331 p. (Series in Water Resources and Environment Engineering).

CARNEIRO, Alex Pires; CASSA, José Clodoaldo Silva; BRUM, Irineu Antônio Schadach. **Reciclagem de entulho para a produção de materiais de construção – Projeto Entulho Bom**. Salvador: EDUFBA; Caixa Econômica Federal, 2001.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução nº 001. Brasília, 1986.

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

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução nº 348. Brasília, 2004.

Costa, N.A.A. **A reciclagem do resíduo de construção e demolição: uma aplicação da análise multivariada**. Florianópolis, 2003. 188p. Tese (Doutorado) Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção – UFSC.

DIEFFY, P. J. B. **The development and practice of EIA concepts in Canadá**. Occasionalpaper 4: Ottawa – Environmental Canadá, 1975. Fernandes, R. Carandiru foi palco do maior massacre de presos do Brasil. 2011. Disponível em < <http://topicos.estadao.com.br/fotos-sobre-carandiru/carandiru-foi-palco-do-maior-massacre-de-presos-do-brasil,f0d8e888-4883-4b34-bcf0-c874763ba922>> Acesso em: 1 de Setembro.

Figueiredo, I. **M.T. deverá adotar asfalto borracha para a pavimentação de rodovias**. 2012. Disponível em <<http://www.expressomt.com.br/matogrosso/mt-devera-adotar-asfalto-borracha-para-a-pavimentacao-de-rodovias-9018.html>> Acesso em: 23 de Setembro.

Harris, T. **10 pontes estruturalmente impressionantes**, 1999. Disponível em < <http://ciencia.hsw.uol.com.br/10-pontes-impressionantes9.htm>> Acesso em: 2 de Setembro.

IWATA, T. T. **Determinação da influência de energias de compactação proctor e do tempo de cura dos corpos-de-prova, nos índices de capacidade de suporte “CBR” de amostras de agregados de resíduos de construção e demolição civil.** Guaratinguetá, 2012. 58p. Relatório Final (Iniciação Científica) Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP.

LIMA, J. A. R. (1999). **Proposição de diretrizes para produção e normalização de resíduo de construção reciclado e de suas aplicações em argamassas e concretos.** São Carlos, 246p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

LNEC – **Vocabulário de Estradas e Aeródromos** – Especificação E1 do LNEC. Lisboa, 1962.

Maqbrit. **Implementação de usinas para reciclagem de RCD Classe A**, 2010. Disponível em <<http://www.pergamum.udesc.br/dados-bu/000000/000000000000F/00000FFE.pdf>> Acesso em: 7 de Setembro.

MUNN, R. E. (ed.). **Environmental Impact Assessment. Principles and Procedures.** John Willey e Sons, 1979.

PINTO, T.P. **Perdas de materiais em processos construtivos tradicionais.** São Carlos, 1989. Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos – UFSCAR. (Datilografado).

RIBEIRO, W.C. **O Brasil e a Rio + 10.** Revista do Departamento de Geografia USP, 15, p.37-44. 2002.

Ricardi, L. **Nada mudou.** 2010. Disponível em <<http://blogs.odiario.com/paicandublognews/2010/10/23/nada-mudou/>> Acesso em: 5 de Setembro.

SANTANA, H. **Manual de Pré-misturado a Frio.** IBP. Rio de Janeiro: Comissão de Asfalto. 1993.

SENÇO , Wlastermiller de. **Manual de Técnicas de Pavimentação**. 1ª ed. São Paulo: PINI, 1997.

SILVA, J. F. P. **Reciclagem de resíduos sólidos**. 2006. Disponível em: <<http://br.monografias.com/trabalhos2/reciclagem-residuos/reciclagem-residuos.shtml>> Acesso em: 29 de Agosto.

Siverio, C. **Inauguração Rodovia SPI-102/300**, 2011. Disponível em < <http://www.saopaulo.sp.gov.br/spnoticias/lefotos.php?id=6114>> Acesso em: 12 de Agosto.

Souza, A. **Entulhos tem a sua função**. 2011. Disponível em <<http://comunidade.maiscomunidade.com/conteudo/2011-07-02/imoveis/5119/Entulhos-tem-a-sua-funcao.pnhtml>> Acesso em: 13 de Setembro.

UFMG, **Caminhada noturna pelo museu de arte natural acontecem também no dia 29**. 2011. Disponível em < <https://www.ufmg.br/online/arquivos/014472.shtml>> Acesso em: 10 de Setembro.

Venturini, J. **Classificação de Resíduos**, 2011. Disponível em <<http://www.equipededeobra.com.br/construcao-reforma/37/artigo220705-1.asp>> Acesso em: 23 de Agosto.

Wilson, S. **A vida sobre rodas**. 2012. Disponível em <<http://4b-2012-01.bligoo.com.br/a-vida-sobre-rodas>> Acesso em: 11 de Setembro.