

**UFPA - UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ**

**Monografia**

**“GESTÃO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL NA CIDADE DE PORTO  
TROMBETAS – ESTADO DO PARÁ E NORMAS EXISTENTES”**

Autor: Eduardo Raimundo de Queiroz Alves Junior

Orientador: Prof. Dr. Itabaraci Nazareno Cavalcante

Março/2010

EDUARDO RAIMUNDO DE QUEIROZ ALVES JUNIOR

**“GESTÃO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL NA CIDADE DE PORTO  
TROMBETAS – ESTADO DO PARÁ E NORMAS EXISTENTES”**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Gestão Hídrica e  
Ambiental da Universidade Federal do Pará

Ênfase: Planejamento e Gestão Ambiental

Orientador: Prof. Dr. Itabaraci Nazareno Cavalcante

Porto Trombetas  
Universidade Federal do Pará - UFPA  
2010

## AGRADECIMENTOS

A minha esposa **Maria Leal** pela paciência, carinho e dedicação.

## SUMÁRIO

<b>1 – INTRODUÇÃO</b>	<b>13</b>
<b>2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>15</b>
2.1 - O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A CONSTRUÇÃO CIVIL	16
<b>2.1.1 - Desenvolvimento explorador x sustentável</b>	<b>16</b>
<b>2.1.2 - Indústria da Construção Civil</b>	<b>18</b>
<b>2.1.3 - Construção sustentável</b>	<b>19</b>
2.2 - IMPACTO AMBIENTAL DA CADEIA PRODUTIVA DA CONSTRUÇÃO	21
<b>2.2.1 - Consumo de recursos naturais</b>	<b>21</b>
<b>2.2.2 - Resíduos e Poluição</b>	<b>22</b>
2.2.2.1 - Degradação da qualidade do ar	22
2.2.2.2 - Consumo de energia	23
2.2.2.3 - Geração de resíduos	23
<b>2.2.3 - Impacto Ambiental</b>	<b>25</b>
2.2.3.1 - Impactos associados ao gerenciamento inadequado dos RCC	25
2.2.3.2 - Alternativas para redução do Impacto Ambiental	31
2.3 - CONCEITUAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO	33
<b>2.3.1 - Definição de RCC</b>	<b>34</b>
<b>2.3.2 - Classificação RCC – CONAMA 307</b>	<b>35</b>
2.4 - A CONSTRUÇÃO CIVIL E AS PERDAS	37
<b>2.4.1 - Geração de resíduos</b>	<b>40</b>
<b>2.4.2 - Origem e composição</b>	<b>41</b>
<b>2.4.3 - Perdas na construção civil</b>	<b>43</b>
2.4.3.1 - Mensuração das perdas	43
2.5 – DIRETRIZES: GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO	45
<b>2.5.1 - Normas brasileiras para a gestão de resíduos</b>	<b>45</b>

2.5.1.1 - Princípios legais	45
2.5.1.2 – Competências	46
2.5.1.3 - Política Nacional do Meio Ambiente	46
2.5.1.4 - Resolução Conama 307	47
2.5.1.5 – Legislações aplicáveis a construção civil	48
<b>2.5.2 – Principais técnicas da gestão de resíduos</b>	<b>49</b>
2.5.2.1 – Racionalização como ferramenta para redução da Geração de resíduos	50
2.5.2.2 – Gerenciamento de resíduos	53
<b>3. CIDADE DE PORTO TROMBETAS</b>	<b>67</b>
3.1 – CARACTERÍSTICAS DE PORTO TROMBETAS	67
<b>3.1.1 – Histórico</b>	<b>67</b>
<b>3.1.2 – Localização</b>	<b>68</b>
<b>3.1.3 – Aspectos físico-ambientais</b>	<b>69</b>
3.2 – ASPECTOS ECONÔMICOS E SÓCIO CULTURAIS	71
3.3 – INFRAESTRUTURA URBANA	71
<b>4 – GESTÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL EM TROMBETAS</b>	<b>72</b>
4.1- VISÃO GERAL DA GESTÃO DE RESÍDUOS	72
4.2 – GERAÇÃO DOS RCC	76
<b>4.2.1 – Área Industrial da Mina</b>	<b>77</b>
4.2.1.1 – Resíduos de construção civil na área industrial da mina	80
<b>4.2.2 – Área Industrial do Porto</b>	<b>81</b>
4.2.2.1 - Resíduos de construção civil na área industrial do porto	82
<b>4.2.3 – Área Residencial e Comercial</b>	<b>83</b>
4.2.3.1 - Resíduos de construção civil na área residencial e comercial	87
<b>5 – REGISTRO DE ALGUMAS OBRAS EXECUTADAS EM TROMBETAS</b>	<b>92</b>
<b>6 – REGISTRO DE SEGREGAÇÃO E ISOLAMENTO DOS ENTULHOS GERADOS EM TROMBETAS</b>	<b>97</b>

<b>7 – PROCEDIMENTO AMBIENTAL - ANTES DO INÍCIO DAS OBRAS</b>	<b>99</b>
<b>8 – CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS</b>	<b>103</b>
8.1 – A COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA	103
8.2 – PESO ESPECÍFICO APARENTE	106
8.3 – GERAÇÃO PER CAPITA DE RESÍDUOS	107
9 – DESTINAÇÃO DOS RESÍDUOS DE PORTO TROMBETAS	108
9.1- USINA DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM DE TROMBETAS	108
9.2 – ATERRO DE PORTO TROMBETAS	113
<b>10 – ESTUDOS PARA ADEQUAÇÃO E MELHORIAS DA GESTÃO DE RESÍDUOS DE PORTO TROMBETAS</b>	<b>115</b>
<b>11 – ESTUDOS DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA PARA IMPLANTAÇÃO DE UMA USINA D RECICLAGEM DE RCD x A CRIAÇÃO DE UM ATERRO ESPECÍFICO PARA OS RCD</b>	<b>116</b>
11.1 – OBJETIVO	116
11.2 – DEFINIÇÃO	116
11.3 – LEGISLAÇÃO PERTINENTE	116
11.4 – CARACTERIZAÇÃO DOS RCD DE PORTO TROMBETAS	118
11.5 – PROPOSTA DE VALA DE ATERRO ESPECÍFICA PARA OS RCD	119
11.6 – SELEÇÃO DA ÁREA DE IMPLANTAÇÃO DO ATERRO DE RCD	121
11.7 – ESTIMATIVAS ORÇAMENTÁRIAS – ATERRO DE RCD	124
11.8 – PROPOSTA PARA A IMPLANTAÇÃO DA USINA DE RCD	125
11.9 – ESTIMATIVAS ORÇAMENTÁRIAS – USINA DE RCD	127
11.10 – COMPARATIVO ENTRE O ATERRO E A USINA DE RCD	128
11.11 – POSSIBILIDADES DE RECICLAGENS	129
11.12 – VANTAGENS DA RECICLAGEM DE RCD	129
<b>12 – CONCLUSÃO</b>	<b>130</b>
<b>13 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>132</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura1 - Diagrama de Venn –Desenvolvimento sustentável

Figura 2 – Disposição inadequada de resíduos

Figura 3– Exemplo:Assoreamento dos cursos d'água

Figura 4- Exemplo:Lixo e Resíduo de construção civil lançado sobre vegetação

Figura 5 – Exemplo:Lixo e resíduos de construção civil lançados na faixa marginal do rio

Figura 6 – Transtorno gerado pelo resíduo de construção civil

Figura 7- Exemplo:RCC despejados à beira da estrada

Figura 8 – Exemplo:Disposição irregular de RCC atraem resíduos domésticos

Figura 9 – Exemplo:Ocupação de Resíduo de construção civil impedindo o uso e ocupação do solo

Figura 10 – Exemplo:Acumulação de cascalho, blocos e lixo no leito do rio

Figura 11- Exemplo:Variabilidade de RCC

Figura 12- Percentagem em massa de vários constituintes dos resíduos sólidos urbanos em onze (11) cidades da região sudeste.

Figura 13 – Origem dos RCC em algumas cidades brasileiras

Figura 14 – Composição média dos RCC do Espírito Santo

Figura 15- Exemplo: Acondicionamento adequado de RCC

Figura 16 – Exemplo:Depósito de Armazenamento temporário de resíduos perigosos–NBR12.235/92

Figura 17 – Exemplo:Caminhão poliguindaste

Figura 18- Exemplo:Carrinho de mão

Figura 19– Fluxo típico das atividades desenvolvidas numa instalação de reciclagem que atua conforme a CONAMA 307

Figura 20 – Lay out de uma Usina de triagem e compostagem média -250m<sup>2</sup>

Figura 21 – Exemplo: Célula para aterro de construção civil

Figura 22 – Exemplo: Aterro industrial

Figura 23 – Exemplo: Aterro sanitário

Figura 24 - Fluxo típico das atividades desenvolvidas numa instalação de aterro que atua conform a CONAMA 307

Figura 25 – Localização de Porto Trombetas

Figura 26 – Operação do caminhão brook em Trombetas

Figura 27 – Pátio da Limpeza Urbana de Trombetas

Figura 28 – Diagrama do sistema de gestão de resíduos de Trombetas

Figura 29 – Disposição de lixeiras no alojamento

Figura 30 – Câmara de lixo dos restaurantes

Figura 31 – Área de caçambas de lixo seco e óleos

Figura 32 – Transporte de entulhos

Figura 33 – Lixeira utilizada no porto

Figura 34 – Exemplo de lixeira usadas nas vilas

Figura 35 – Lixo vegetal misturado

Figura 36 – Uso inadequado de caçamba

Figura 37 – Recipientes dispostos nas feiras

Figura 38 – Recipientes usados pelos restaurantes

Figura 39 – Ponto de coleta de resíduos especiais

Figura 40 – Local inadequado para lixeira de recolhimento de baterias

Figura 41 – Pátio de embarque de sucatas industriais

Figura 42 – Lixeiras amarelas usadas para o lixo seco

Figura 43 – Obra: Construção de base para Repotenciamento do empurrador de vagões

Figura 44 – Obra: Construção da torre de resfriamento

Figura 45 – Obra: Construção de bases para estruturas do porto

Figura 46 – Obra: Construção de caixa de passagem para rede de esgoto

Figura 47 – Obra: construção de bases para tubulações

Figura 48 – Obra: Construção de subestação

Figura 49 – Obra: Remodelação de banheiros

Figura 50 – Obra: Reforma de banheiros

Figura 51 – Obra: Reforma de alojamentos

Figura 52 – Obra: Construção de escadas nos tanques de rejeito

Figura 53 – Obra: Demolição de piso  
Figura 54 – Obra: Impermeabilização do piso das tancagens de óleo  
Figura 55 – Segregação e isolamento de entulhos  
Figura 56 - Segregação e isolamento de entulhos  
Figura 57 – Placa informativa de entulhos  
Figura 58 - Segregação e isolamento de entulhos  
Figura 59 – Formulário padrão de análise ambiental  
Figura 60 - Formulário padrão de análise ambiental  
Figura 61 – Processo de triagem na UTC  
Figura 62 – Formação das leiras  
Figura 63 – Tratamento de chorume da UTC  
Figura 64 – Área do aterro de resíduos sólidos  
Figura 65 – Descarte de resíduos  
Figura 66 – Local no aterro específica para os RCC  
Figura 67 – Planta baixa (novo aterro de RCC)  
Figura 68 – Corte e perfil ( novo aterro RCC)  
Figura 69 – Corte e seção ( novo aterro RCC)  
Figura 70 – Locação do novo aterro  
Figura 71 – Usina de reciclagem de RCD  
Figura 72 – Produto gerado  
Figura 73 – Produto gerado

## **LISTA DE MAPAS**

Mapa 1 – Unidade de conservação  
Mapa 2 – Mapa de elevação da área do aterro  
Mapa 3 – Mapa de drenagem da área do aterro

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação dos municípios brasileiros de acordo com a geração de RCD pela população urbana (a partir de IBGE, 1996 e Pinto,2000)

Tabela 2 – Estimativa da geração dos RCC em diferentes países

Tabela 3 -Provável geração per capita de RCC em alguns municípios brasileiros

Tabela 4 - Materiais básicos: percentual de perdas “NA OBRA”

Tabela 5 - Material básico (cimento): percentual de perdas por serviços

Tabela 6 - Materiais simples: percentual de perdas “na obra”

Tabela 7- Etapas do Projeto de Gerenciamento de Resíduos

Tabela 8 – Tempo de viagem

Tabela 9 – Intensidade pluviométrica e duração do período chuvoso de Trombetas

Tabela 10 – Frequência da coleta dos resíduos

Tabela 11 – Resultado parcial da composição gravimérica

Tabela 12 - Resultado geral da composição gravimérica

Tabela 13 – Densidade aparente dos resíduos de Trombetas

Tabela 14 – Geração per capita em Trombetas

Tabela 15 – Aspectos diagnosticados na UTC

Tabela 16 – Caracterização dos RCD em Porto Trombetas

Tabela 17 – Dimensões da vala

Tabela 18 – Estimativa orçamentária de investimento – Vala RCD

Tabela 19 - Estimativa orçamentária de operação – Vala RCD

Tabela 20 - Estimativa orçamentária de investimento – Usina RCD

Tabela 21 - Estimativa orçamentária de operação – Usina RCD

Tabela 22 - Estimativa orçamentária de economia – Usina RCD

Tabela 23 – Tabela comparativa Usina x Vala (Aterro)

## **LISTA DE NOTAÇÕES E ABREVIATURAS**

ABNT – Associação Brasileira e Normas Técnicas

CO2 – Gás carbônico

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

CVRD - Companhia Vale do Rio Doce

ETE – Estação de tratamento de esgoto

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IEMA - Instituto Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Espírito Santo

ISO 14001 - International Organization for Standardization – Sistema de Gestão Ambiental

MDIC – Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior

MRN – Mineração Rio do Norte S.A

NBR 6118 - Norma Brasileira –Projeto de estruturas de concreto- Procedimento

PIB - Produto Interno Bruto

PSNB - Pesquisa Nacional de Saneamento Básico

NBR - Norma Brasileira

QMR – Quantidade de material realmente utilizado

QMT - Quantidade de material teoricamente necessário

RCC - Resíduos da Construção Civil

RCD - Resíduos de construção e demolição

RCRA - Resource Conservation and Recovering

RSD - Resíduos sólidos domiciliares

RSS - Resíduos de serviço de saúde

RSU – Resíduos sólidos urbanos

SENAI-Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial

TAM – Departamento de manutenção e obras civis

TCM – Departamento de materiais e logística

UTC – Usina de triagem e compostagem

## RESUMO

Este trabalho realiza um diagnóstico da gestão dos resíduos da construção civil (RCC) na cidade de Porto Trombetas situada no município de Oriximiná, estado do Pará. As informações foram obtidas através de revisão bibliográfica e Visita a empresa responsável pelo gerenciamento de todas as atividades da cidade.

Analisou-se as questões políticas regionais e nacionais sobre o tema, dados internacionais sobre resíduos sólidos e a existência das normas jurídicas sobre a gestão de resíduos. Foram realizadas visitas ao local destinado para disposição dos resíduos e também à Usina de Triagem e Compostagem de Porto Trombetas. Investigou-se também a gestão de resíduos sólidos urbanos e industriais desenvolvido pela Mineração Rio do Norte S.A (MRN), responsável pela infraestrutura de Porto Trombetas.

Verificou-se que o único aterro sanitário para disposição de resíduos não possuía condições adequadas até novembro de 2009, porém as obras já estão em andamento para adequação aos princípios da sustentabilidade com previsão de término para abril de 2010. Observou-se que a Usina de Triagem e Compostagem de Lixo de Porto Trombetas vem aprimorando seus serviços, tornando-se um importante ponto de referência para o município.

Observou-se claramente que a Mineração Rio do Norte S.A, possui total conhecimento das normas existentes para gestão de resíduos, inclusive as exigências do CONAMA 307.

Durante a visita a MRN, observamos um projeto para a aquisição e instalação de uma Recicladora de Entulho de obras e manutenção civil visando a reutilização de alguns materiais e reduzindo consideravelmente a quantidade de RCC destinados a aterro atual. A Cidade de Porto Trombetas é certificada na ISO14001 desde 2001.

**PALAVRAS-CHAVE:** Gerenciamento de resíduos, resíduos da construção civil, Porto Trombetas.

## 1 - INTRODUÇÃO

Ao longo da história, o homem vem explorando de forma inadequada, os recursos naturais para produzir os mais diversos tipos de materiais. O crescimento populacional e o acelerado processo de urbanização dos municípios têm contribuído fortemente para a geração de grandes volumes de Resíduos da Construção Civil (RCC) e, conseqüentemente, para o aumento da geração dos Resíduos Sólidos Urbanos. A construção civil é certamente o maior gerador de resíduos de toda a sociedade.

De acordo com PINTO (1999), a geração dos RCC em cidades brasileiras de grande e médio porte corresponde aproximadamente a 60% da massa dos resíduos sólidos urbanos.

A geração de RCC *per capita* no Brasil pode ser estimada pela mediana como 500 kg/hab.ano de algumas cidades brasileiras.

Os Resíduos da Construção Civil são popularmente conhecidos por entulhos e tecnicamente são definidos como todo rejeito de material utilizado na execução de etapas de obras em atividades de construção civil, podendo ser oriundas de obras de infraestrutura, demolições, reformas, restaurações, reparos, construções novas, etc. tais como um conjunto de fragmentos ou restos de pedregulhos, areias, materiais cerâmicos, argamassa, aço, madeira, etc.

Como podemos observar, a gestão dos RCC é de suma importância, por seu expressivo volume e pela forte degradação ambiental que vem causando. E isso no que se refere tanto à sua obtenção na natureza (pois a exploração dos agregados causa profundo impacto ambiental) como à sua destinação final, que também causa uma enorme demanda por espaços.

Apesar de em sua maioria os RCC serem inertes, é fato notório os inconvenientes que causam, sejam eles depositados corretamente ou irregularmente.

O cuidado para reduzir a geração de resíduos, e conseqüentemente as perdas, deve começar na concepção do empreendimento, seguido pela execução e utilização do mesmo. Outra alternativa para isso é a reutilização dos materiais que sobram como matérias primas para a fabricação de outros produtos. Processo que pode inclusive reduzir os custos de uma obra.

## 2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A preocupação com resíduos de maneira geral é relativamente nova 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* 1(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, estamos certamente ainda longe de políticas mais abrangentes como a política do governo dos EUA de compra preferencial de produtos ambientalmente saudáveis. (JOHN e AGOPYAN, 2005) ou da abrangente política da Alemanha.

A ocorrência dos Resíduos da Construção Civil no meio urbano os definem como resíduos sólidos urbanos, e sua constituição pode ser variável em função de sua origem. Tais resíduos podem ser originados basicamente de três formas: de construções novas, de reformas e de demolições.

A reciclagem de resíduo de construção e demolição (RCD) vem da Antiguidade. Foi empregada na reconstrução da Europa após a segunda guerra mundial. Atualmente é praticada amplamente na Europa, especialmente na Holanda.

Existe atualmente um grupo na universidade brasileira, muito ativo no estudo dos resíduos de construção, seja no aspecto de redução de sua geração durante a atividade de construção, políticas públicas para o manuseio dos resíduos e ainda tecnologias para a reciclagem. Diversos municípios brasileiros já operam com sucesso centrais de reciclagem do resíduo de construção e demolição, produzindo agregados utilizados predominantemente como sub-base de pavimentação.

## 2.1 - O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A CONSTRUÇÃO CIVIL

### 2.1.1 - Desenvolvimento explorador x sustentável

No modelo de desenvolvimento explorador busca-se de forma intensa e desenfreada o crescimento econômico por se acreditar que somente assim se desenvolve o país, se gera riqueza e se erradica a pobreza.

Os recursos naturais são vistos como ilimitados e não se dá a devida importância, de que forma um produto é produzido e qual será o seu destino final pós-consumo, caracterizando assim, um modelo linear de produção.

A preservação ambiental é vista como antagônica ao crescimento e desenvolvimento econômico.

O desenvolvimento explorador se por um lado gerou avanços tecnológicos e contribuiu para o aumento de riquezas, por outro, gerou um grande desequilíbrio, aumentando a miséria, a degradação ambiental e a poluição.

Buscar equilíbrio entre a produção e a preservação ambiental tornou-se uma premissa básica de qualidade de vida e a preservação do planeta para as futuras gerações. O bem estar humano está diretamente dependente dos recursos naturais o qual, se bem manejado, será suficiente para todos.

A partir dessa nova visão de produção, surge o conceito de desenvolvimento sustentável, o qual implica num novo modelo de desenvolvimento que passa a incorporar e avaliar todos os impactos das atividades de produção e consumo. Esse modelo preocupa-se desde a extração da matéria prima até o destino final do produto após sua utilização;

A conscientização a respeito dos problemas ambientais enfrentados no mundo moderno conduz a procura de produtos e serviços que motivem a existência de processos industriais voltados para um consumo limpo dos recursos naturais.

É necessário se adequar a um modelo de desenvolvimento sustentável capaz de satisfazer as necessidades atuais sem comprometer as necessidades futuras.

A seguir conceito de sustentabilidade ambiental e desenvolvimento sustentável.

*Sustentabilidade Ambiental* - Termo utilizado para designar o resultado de equilíbrio entre as dimensões ambiental, econômica e social nos empreendimentos humanos. (Mazzini, 2003).

*Desenvolvimento sustentável* - Forma de desenvolvimento econômico que "emprega os recursos naturais e o meio ambiente não apenas em benefício do presente, mas também das gerações futuras" (SJÖSTROM, 1996).



Figura1: Diagrama de Venn (Parkin et. al. 2003)

### 2.1.2 - Indústria da Construção Civil

Na sociedade atual a indústria da construção possui um valor destacado. Não somente ela altera ininterruptamente o cenário e conseqüentemente a vida dos seres humanos, como também tem importância crucial na economia, sendo considerada como um dos indicadores mais importantes para a medição da situação econômica dos países. O ramo da construção civil é como se fosse um termômetro, em épocas de prosperidade as atividades construtivas elevam consideravelmente seus níveis de atividades, e em períodos de recessão ocorre o contrário, é notadamente o setor que mais sofre o impacto do desaquecimento da economia.

A dinamização do setor contribui significativamente para o desenvolvimento da sociedade e isto ocorre em função de possuir:

- a) Elevada capacidade de absorção de mão-de-obra;
- b) Efeito reprodutor do emprego;
- c) Produto de grande importância social.

A macroestrutura da indústria da construção civil (*construbusiness*), que envolve desde o setor de materiais de construção, a construção propriamente de edificações e a construção pesada é conhecida como uma das mais importantes atividades para o desenvolvimento econômico e social do Brasil.

O *construbusiness*, é um ramo da atividade industrial que gera uma grande quantidade de empregos e absorve um expressivo contingente de mão-de-obra dos mais diversos tipos. Além disso, é um setor que gera mais empregos a um custo baixo (BRASIL, 1996). Segundo *CONSTRUBUSINESS (2003 apud SOUZA et al., 2004)*, o contingente de mão-de-obra direta empregada no setor corresponde a 3,92 milhões de empregos.

Cerca de 70% de todos os investimentos feitos no país passa pela cadeia da indústria da construção civil. O Produto Interno Bruto (PIB) gerado pela construção civil tem crescido de forma consistente desde 2005. Em 2007, o setor foi responsável por 11,3% do PIB brasileiro. O dinamismo da cadeia é fundamental para toda a economia nacional e, até setembro de 2008, foi responsável pelo emprego de 8,2 milhões de trabalhadores diretos, indiretos e induzidos. (Construbusiness 8ª edição, 2009)

### **2.1.3 - Construção Sustentável**

A construção civil tem vivido recentemente, uma época frutífera, cujos aumentos nos ganhos, valorização de seus profissionais e expansão do mercado são só algumas das causas e conseqüências desta realidade, entretanto como todo setor, deve estar atenta às demandas da sociedade na qual está inserida.

As questões ambientais têm ocupado, gradativamente, cada vez mais espaço nos problemas dos países, desenvolvidos ou não, e a quantidade de resíduos deixados por construções, cerca de cinco vezes maior do que de produtos, tornou-se um dos centros de discussões da sustentabilidade.

A sociedade está exercendo forte pressão para a construção civil diminuir o impacto de suas atividades no meio ambiente. Por isso, é necessário que o setor proponha e desenvolva programas com a participação do governo, de entidades ambientalistas e da sociedade. Do contrário, muitas leis relacionadas ao meio ambiente e que afetam diretamente a cadeia produtiva da construção civil podem ser aprovadas à sua revelia e isso pode ter conseqüências nefastas para o setor.

Pode-se definir Construção Sustentável como prevenção e redução dos resíduos pelo desenvolvimento de tecnologias limpas, no uso de materiais recicláveis ou

reutilizáveis, no uso de resíduos como materiais secundários e na coleta e deposição inerte.

Portanto, a sustentabilidade deve aprofundar suas propostas na constante avaliação das implicações ambientais, nas diferentes soluções técnica, econômica e socialmente aceitas e deve considerar ainda, durante a concepção de produtos e serviços, todas as condicionantes que os determinem por todo o seu ciclo de vida;

É necessário compreender a necessidade de uma gestão ambiental a partir da consciência da dimensão que os impactos do setor da construção civil causam ao meio ambiente;

Algumas ações, como o uso de tintas sem solvente e materiais menos agressivos de forma geral, qualidade do ar e do espaço interno e redução de desperdícios com água e energia, como com um uso mais consciente dos ar-condicionados, a inibição do uso desnecessário e simultâneo dos elevadores e a utilização de energia solar, podem fazer uma grande diferença.

Pesquisas recentes indicam aumento de cerca de 5% nos gastos no processo de construção caso sejam feitos investimentos em sustentabilidade, contudo, a economia a médio e longo prazo, que gira em torno de 30% nos gastos com água e energia, compensa os gastos extras.

([www.precisao.eng.br/fmnresp/sustenta.htm](http://www.precisao.eng.br/fmnresp/sustenta.htm))

Como se pode perceber, uma postura consciente nas mais diversas etapas da construção civil, além de financeiramente viável, não só caracteriza uma empresa como preocupada com a situação do planeta, mas também passam esta imagem para o público, sendo assim, uma legislação mais clara e uma desburocratização são fundamentais para uma construção civil cada vez mais alinhada com as necessidades do nosso mundo.

## 2.2 - IMPACTO AMBIENTAL DA CADEIA PRODUTIVA DA CONSTRUÇÃO

### 2.2.1 - Consumo de recursos naturais

Ao longo da história o homem vem explorando de forma inadequada, os recursos naturais para produzir os mais diversos tipos de materiais.

A exploração aumenta cada vez mais devido ao grande crescimento populacional urbano, a intensa industrialização e o aumento do poder aquisitivo da população em geral. Devido a estes fatores estão ocorrendo grandes alterações no meio ambiente, as quais vêm comprometendo negativamente a qualidade do solo, ar e os recursos hídricos.

A indústria da construção civil promove diferentes alterações ou impactos no sistema ambiental, dentre os quais pode-se destacar a utilização de grandes quantidades de recursos naturais; a poluição atmosférica; o consumo de energia e a geração de resíduos.

Segundo JOHN (2000), a indústria da construção civil consome entre 15% a 50% de todos os recursos extraídos da natureza. Essa quantidade coloca esse setor como o maior consumidor individual de recursos naturais.

O consumo de agregados naturais varia de 1 a 8 t/hab.ano, sendo 6 t/hab.ano no Reino Unido e 220 milhões de toneladas no Brasil para a confecção de concreto e argamassa.

Consome cerca de 66 % da madeira produzida, sendo que a maioria do produto não provém de florestas ambientalmente manejadas (JOHN, 2000).

De acordo com ZORDAN (1997), o grande consumo de matérias-primas está diretamente ligado ao grande desperdício de material que ocorre nos empreendimentos, a vida útil das estruturas construídas e devido às obras de reparos e adaptações das edificações existentes.

Comparando a indústria da construção civil com a indústria automobilística, outra grande consumidora de recursos naturais, concluiu que a primeira tem um consumo de 100 a 200 vezes maior que a segunda. (Fonte: [www.habitare.org.br](http://www.habitare.org.br), 2003)

## **2.2.2 - Resíduos e poluição**

### **2.2.2.1 - Degradação da qualidade do ar**

A degradação da qualidade do ar é verificada principalmente nos sistemas produtivos de alguns materiais para a indústria da construção civil.

Os poluentes são emitidos na forma de gases e material particulado. Segundo JOHN (2000), para produzir uma tonelada de clínquer se produz 600 kg de CO<sub>2</sub>.

Acredita-se que de 1950 a 1980 essas atividades tenham dobrado a produção de CO<sub>2</sub>, contribuindo para os impactos de efeito global, efeito estufa.

A nível local, a poluição atmosférica é verificada especialmente nas atividades construtivas e de demolição.

O manejo inadequado dos materiais e a ausência de equipamentos de retenção de particulados (telas, sistemas de micro-aspersão hidráulica) promovem a geração excessiva de poeira, trazendo transtornos na área de operação e manejo, tanto nas construções como na extração de matéria prima.

#### 2.2.2.2 - Consumo de energia

De acordo com *INDUSTRY AND ENVIRONMENT* (1996 *apud* JOHN, 2005 b), a indústria da construção civil consome muita energia devido à dispersão espacial dos locais de extração de matéria-prima e do sistema de transporte de insumos a grandes distâncias.

Um exemplo disso é o transporte de areia natural da cidade de São Paulo, existem jazidas desse material que já estão a mais de 100 km de distância da cidade, ou seja, a essa extensão, há um maior consumo de energia e queima de combustível (poluição atmosférica).

#### 2.2.2.3 - Geração de resíduos

Dentre todos os impactos ambientais gerados pela construção civil, pode-se destacar a grande geração de resíduos da construção civil - RCC. De maneira geral, a massa de RCC é igual ou maior que a massa de resíduos sólidos domiciliar. PINTO (1999) estimou que algumas cidades brasileiras, a geração do RCC está entre 41 a 70% da massa total dos resíduos sólidos urbanos.



Figura 2 – Disposição inadequada de resíduos

Fonte: Registrado durante a visita as áreas de Porto Trombetas

Esta quantidade de resíduo é bastante preocupante no Brasil, porque o impacto ambiental provocado pela disposição incorreta dos resíduos é agravado pelas precárias condições sanitárias do país. Segundo dados da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB), 63,6% dos municípios dispõem a grande maioria dos seus resíduos em “lixões”.

Neste contexto, e de acordo com JOHN (2000), nenhuma sociedade poderá atingir o desenvolvimento sustentável sem que o complexo da indústria da construção civil, setor esse que dá suporte para o desenvolvimento da sociedade, sofra grandes transformações.

### 2.2.3 - Impacto Ambiental

#### 2.2.3.1 - Impactos associados ao gerenciamento inadequado dos RCC

Juntamente com a grande importância da indústria da construção civil como alavanca para o desenvolvimento social e econômico do país, este setor também vem, na mesma intensidade, gerando impactos negativos para o meio ambiente.

Todas as etapas do processo construtivo, tais como: extração da matéria-prima, produção de materiais, construção, utilização e demolição, causam impactos ambientais que afetam direta ou indiretamente os seguintes aspectos:

- Ø A saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- Ø As atividades sociais e econômicas;
- Ø A biota;
- Ø As condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;
- Ø A qualidade dos recursos ambientais.

Alguns fatores são agravantes ao processo construtivo, no que tange ao gerenciamento inadequado dos RCC:

- Ø Coleta não compromissada dos resíduos da construção civil;
- Ø A inexistência de políticas públicas que disciplinem a destinação dos resíduos;
- Ø A um ineficaz gerenciamento ambiental de alguns agentes ligados à gestão dos RCC;
- Ø Expressivo número de áreas degradadas denominadas, de **bota-foras clandestinos** ou de **deposições irregulares**, que podem ser conceituados como segue:

**Bota-fora clandestino** - é uma área procedente da deposição irregular de resíduos executada, principalmente, por empresas privadas de transporte de RCC, o qual utilizam grandes áreas sem licenças ambientais ou com consentimento tácito, ou explícito, das administrações locais;

**Deposição irregular** - é o resultado da disposição de resíduos gerados por pequenas obras e reformas realizadas pela população mais carente, que não dispõem de recursos financeiros para contratar empresas de transporte.

Essas duas áreas estão quase sempre localizadas nas periferias das cidades onde há maior número de áreas livres. Vizinhas a estas áreas, encontra-se a população mais carente, a qual é mais afetada pelos problemas causados pela disposição incorreta dos RCC.

Independentemente das características técnicas entre os dois tipos de áreas, as duas causam os seguintes problemas ambientais:

a) As deposições dos RCC em leitos de rio causam assoreamento dos cursos d'água, degradação de áreas de manancial e de proteção ambiental permanente;



Figura 3 – Exemplo: Assoreamento dos cursos d'água

b) A deposição em vales pode causar instabilidade de encostas;



Figura 4 – Exemplo: Lixo e Resíduo de construção civil lançado sobre vegetação



Figura 5 – Exemplo: Lixo e resíduos de construção civil lançados na faixa marginal do rio

c) O acúmulo dos resíduos em zonas de tráfego podem causar obstrução de vias de pedestres e de veículos, além da própria degradação da paisagem urbana;



Figura 6 – Transtorno gerado pelo resíduo de construção civil

Fonte: Registrado durante a visita as áreas de Porto Trombetas



Figura 7 - Exemplo: RCC despejados à beira da estrada.

d) Os locais de deposição incorreta dos RCC provocam atração de outros tipos de resíduos como, por exemplo, resíduos domésticos, industriais e etc. e, dessa forma, tornam-se ambiente de proliferação de vetores transmissores de doenças;



Figura 8 – Exemplo: Disposição irregular de RCC atraem resíduos domésticos



Figura 9 – Exemplo: Ocupação de Resíduo de construção civil impedindo o uso e ocupação do solo

e) As deposições destes resíduos, perto de redes de drenagem, podem causar obstrução do sistema de drenagem.



Figura 10 – Exemplo: Acumulação de cascalho, blocos e lixo no leito do rio

As discussões das questões ambientais que envolvem os RCC estão intimamente ligadas com o desperdício dos recursos naturais e a escassez de locais de deposição de resíduos.

A disposição inadequada dos resíduos, além de ocasionar transtorno à população, demanda de vultosos investimentos financeiros, o que coloca a indústria da construção civil no centro de discussões na busca pelo desenvolvimento sustentável nas suas diversas dimensões.

### 2.2.3.2 - Alternativas para redução do Impacto Ambiental

Os profissionais da indústria da construção civil vêm buscando a implementação de processos, desenvolvimento de pesquisas e de ensino, e devem ser capacitados a divulgar as mudanças necessárias e dispostos a derrubar os paradigmas existentes no setor da construção civil brasileira.

No ano de 1999 através da Agenda 21, foram definidos alguns critérios como base para a Sustentabilidade da indústria da construção civil:

- Ø Redução do consumo energético e da extração dos recursos minerais;
- Ø Conservação das áreas naturais e de biodiversidade;
- Ø Manutenção da qualidade do ambiente construído;
- Ø Redução das perdas de materiais com o melhoramento dos processos construtivos;
- Ø Reciclagem dos resíduos da indústria da construção civil, para que estes sejam empregados como materiais de construção; e
- Ø Durabilidade e manutenção de edificações.

Segundo VÁSQUES (2001), a indústria da construção civil sustentável deve investir numa produção baseada na redução de geração de resíduos, desenvolvendo tecnologias limpas, utilização de materiais recicláveis, reutilizáveis ou secundários e na coleta e deposição de inertes.

O setor da construção civil começou a participar das discussões a respeito do controle e da responsabilidade pela destinação de seus resíduos sólidos, através da Resolução n.º 307/02 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA),

Atualmente, o que tem sido observado é que as empresas que atuam no setor da construção civil, tem apresentado uma conduta ambiental mais responsável, por

exemplo, as que buscam a certificação ISO 14001, como é o caso de Porto Trombetas.

O gerenciamento adequado dos resíduos produzidos pelas empresas, inclui a sua redução, reutilização e reciclagem, tornando o processo construtivo mais rentável e competitivo, além de mais saudável.

Além da gestão de resíduos, deve-se buscar o uso racional de água, de energia, de recursos naturais e promover a educação ambiental.

Também é necessário que ocorra regulamentação e fiscalização eficientes, e principalmente uma mudança cultural para o setor da construção civil.

A seguir algumas entidades internacionais que também estão dedicadas a promover o desenvolvimento sustentável:

- Ø **O CIB (*International Council for Building Research and Documentation*)** estabeleceu prioridades de pesquisa para o desenvolvimento sustentável;
- Ø **A European Construction Industry Federation** possui agenda específica para o tema;
- Ø **A Civil Engineering Research Foundation (CERF)** é entidade dedicada a promover a modernização da construção civil dos Estados Unidos (1500 construtores, projetistas e pesquisadores de todo o mundo);

### 2.3 - CONCEITUAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO

Segundo ABNT NBR 10004, RCC – Resíduos de Construção Civil, comumente chamados de “entulhos”, eram classificados como Resíduos Classe II – Inertes. Ou seja, resíduos que, submetidos ao teste de solubilização, não tiveram qualquer de seus componentes solubilizados em concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água.

Devido a esta classificação e o baixo desconforto que causam os maiores constituintes do RCC, que não são putrescíveis, pouca importância foi dada para estes resíduos.

Além disso, a expressão inerte credita uma idéia de baixo impacto ambiental e pouco prejuízo à saúde pública, e que os problemas causados pelos resíduos sólidos domiciliares (RSD) e os resíduos de serviço de saúde (RSS) são considerados mais agressivos.

Embora em sua grande maioria se submetidos á análise, os RCC típicos provavelmente seriam classificados como não inertes, especialmente devido ao seu pH e dureza da água absorvida, em alguns casos eles podem conter contaminações importantes.

Estas contaminações podem tanto ser oriundas da fase de uso da construção a partir dos quais foram gerados quanto do seu manuseio posterior. Estes contaminantes podem afetar tanto a qualidade técnica do produto contendo o reciclado quanto significar riscos ambientais.

Os RCC retirados de obras expostas à atmosfera marinha podem estar contaminados por sais que, dependendo da situação, podem levar a corrosão de metais. Seu uso em concreto armado, por exemplo, deve ser limitado.

Outra fonte significativa de risco são os RCC oriundos de construções industriais. Do ponto de vista ambiental, o problema principal com este tipo de resíduo está relacionado a sua deposição irregular e aos grandes volumes produzidos.

Às vezes estes resíduos são aceitos por proprietários de imóveis que os empregam como aterro, normalmente sem maiores preocupações com o controle técnico do processo. Esta prática pode levar a problemas futuros nas construções erigidas nestas áreas quando não a acidentes piores, como o da Favela Nova República em São Paulo, onde o desabamento de um aterro com resíduo de construção causou a morte de várias pessoas.

Se faz necessário dar maior importância aos impactos causados pelos resíduos sólidos. Com o aprimoramento dos aspectos relativos aos resíduos sólidos urbanos (RSU), verificou-se as dimensões dos problemas causados pelo grande volume gerado de resíduos da construção civil.

### **2.3.1 – Definição de RCC**

O Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) aprovou através da Resolução N° 307 de 05 de julho de 2002, critérios e procedimentos para a gestão dos Resíduos da Construção Civil (RCC).

Para efeito dessa resolução os RCC são conceituados como:

Resíduos 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, concreto em geral, solos rochas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica, etc., comumente chamados de entulho de obras, calça ou metralha.

### 2.3.2 – Classificação de RCC - CONAMA 307

#### ü Classe A

São os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como:

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

#### ü Classe B

São os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras e outros;

#### ü Classe C

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

#### ü Classe D

São os resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como: amianto, tintas, solventes, óleos e outros, ou aqueles contaminados oriundos de

demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros.

A diferenciação dos RCC nessas quatro classes distintas possibilita ao gerador realizar um melhor manejo e segregação dos resíduos.

O gerador poderá identificar quais as diferentes soluções para os distintos resíduos produzidos no seu empreendimento, atingindo dessa maneira, um menor custo de disposição final e ganhos sócio-ambientais.



Figura 11 – Exemplo de variabilidade de RCC

## 2.4 - A CONSTRUÇÃO CIVIL E AS PERDAS

No passado não haviam estimativas dos desperdícios de materiais e da geração de resíduos dos processos construtivos e nem tão pouco, a origem dos problemas. Atualmente este quadro reverteu-se e as informações obtidas pelas pesquisas exibem os índices de perdas e a geração dos resíduos da construção civil.

A geração dos resíduos da construção civil está intimamente ligada com a parcela do excesso de consumo de materiais nos canteiros de obras. Esse desperdício de material é entendido como a percentagem entre a quantidade de material teoricamente necessário (QMT) e a quantidade de material realmente utilizado (QMR), ou seja:

$$\text{Perda (\%)} = ((\text{QMR} - \text{QMT}) / \text{QMT}) * 100;$$

O desperdício de material pode-se dar, basicamente, de três (03) maneiras distintas, são elas:

- a) **Furto e/ou extravio** – o que normalmente é um valor muito baixo em grandes empreendimentos os quais, normalmente, tem controle qualitativo e quantitativo dos materiais;
- b) **Incorporação de materiais à edificação** – fato esse que ocorre principalmente em materiais para moldagem de peças *in loco* nas obras tais como: peças de concreto armado e revestimentos argamassados;
- c) **Resíduos da Construção Civil (entulho)** – que é o “lixo que sai da obra”, o qual é considerado o modo mais visível de verificar o desperdício de uma obra.

De maneira geral a massa de resíduos de construção gerada nas cidades é igual ou maior que a massa de resíduo domiciliar. PINTO (1999) estimou que em cidades brasileiras de médio e grande porte a massa de resíduos gerados varia entre 41% (Salvador, BA) a 70% da massa total de resíduos sólidos urbanos.

As estimativas internacionais variam entre 130 e 3000 kg/hab.ano. Para o Brasil as estimativas de PINTO (1999) e de outros autores para cidades de Jundiá, Santo André, São José dos Campos, Belo Horizonte, Ribeirão Preto, Campinas, Salvador e Vitória da Conquista, variam entre 230 kg/hab.ano para esta última até 760 kg/hab.ano para a primeira. Nesta amostra a mediana foi 510 kg/hab.ano, valor coerente com as estimativas estrangeiras.

Já a estimativa da Prefeitura Municipal de São Paulo a partir dos dados de BRITO(1999) é de aproximadamente 280 kg/hab.ano. A metodologia desta estimativa, no entanto, é desconhecida e parte de um pressuposto que a prefeitura municipal gerencia 40% do RCC gerado.

A Tabela 1 apresenta uma estimativa realizada a partir de dados da população urbana dos municípios brasileiros medida pelo IBGE em 1996, admitindo-se uma geração de RCC de 0,51 ton/hab.ano, que corresponde a mediana dos valores medidos por PINTO (1999), com ano típico com 300 dias úteis. Das 4974 áreas urbanas, 152 apresentam geração estimada de resíduo acima de 200 toneladas por dia útil. É nestes municípios com mais de 120 mil habitantes que residem 56% da população urbana brasileira. Como regra geral, quanto maior a cidade, mais grave é a questão dos resíduos de construção.

População (mil)	RCD (ton/dia útil)	Nº mun	População		RCD médio (ton/dia)
			%	Média	
< 120	< 200	4.822	44,2	11.281	18
120 a 300	200 a 500	103	16,0	190.873	318
300 a 600	500 a 1000	25	8,3	410.865	684
600 a 3000	1000 a 5000	22	19,3	1.082.086	1803
> 3000	> 5000	2	12,1	7.471.325	12452

Tabela 1 – Classificação dos municípios brasileiros de acordo com a geração de RCD pela população urbana (a partir de IBGE, 1996 e Pinto, 2000).

Pode-se observar a grande variabilidade das estimativas apresentadas por diferentes fontes para um mesmo país. Uma das razões da grande variabilidade é a classificação do que é considerado resíduo de construção. Alguns autores incluem a remoção de solos, enquanto outros excluem este valor. Outras razões decorrem da importância relativa da atividade de construção, da tecnologia empregada, da idade dos edifícios, entre outros. Certamente os dados nacionais necessitam ser validados a partir de uma metodologia única.

## 2.4.1 – Geração de resíduos

### ü Geração de RCC - Mundo

Pais	Taxa de geração Kg/hab.ano	Fonte
Suécia	136 – 680	TOLSTOY, BÖRLUND & CARLSON (1998); EU (1999)
Holanda	820 – 1300	LAURITZEN (1998); BROSSINK; BROUWERS & VAN KESSEL (1996); EU (1999)
EUA	463 – 584	EPA (1998); PENG, GROSSKOPF, KIBERT(1994)
UK	880 – 1120	DETR (1998); LAURITZEN (1998)
Bélgica	735 – 3359	
Dinamarca	440 – 2010	
Itália	600 – 690	LAURITZEN (1998), EU (1999)
Alemanha	963 – 3658	
Japão	785	KASAT (1998)
Portugal	325	EU (1999)
Brasil	230-760	PINTO (1999)

Fonte: Adaptado de JOHN & AGOPYAN (2005).

Tabela 2 – Estimativa da geração dos RCC em diferentes países

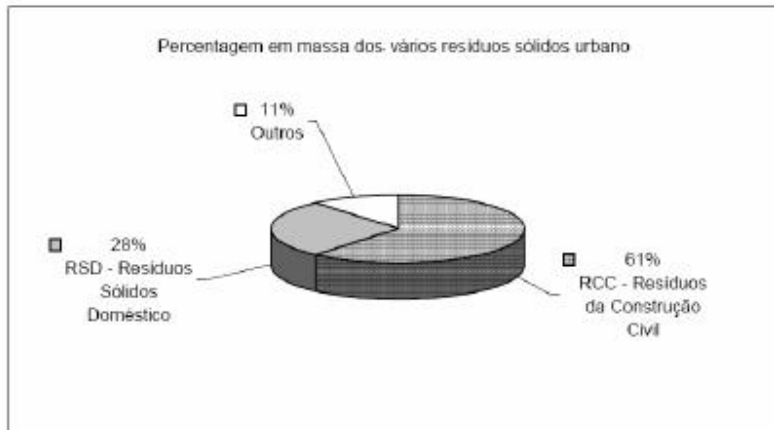
### ü Geração de RCC – Brasil

Tabela 3 – Provável geração *per capita* de RCC em alguns municípios brasileiros

Município	População	Geração de RCC (t/dia)	Geração de RCC Per capita (kg/ hab.dia)
Santo André – SP	625.564	1.013	1,61
São José do Ribeirão Preto – SP	323.627	687	2,12
São José dos Campos – SP	486.467	733	1,51
Ribeirão Preto – SP	456.252	1.043	2,29
Jundiaí – SP	293.373	712	2,43
Vitória da Conquista – BA	242.155	310	1,28
Campinas – SP	850.000	1.258	1,48
Salvador – BA	2.211.539	1.453	0,66
Florianópolis – SC	285.281	636,12	2,23

Fonte: Adaptado de XAVIER & ROCHA (2001)

## ü RSU x RCC no Sudeste do Brasil



Fonte: Adaptado de PINTO (2005)

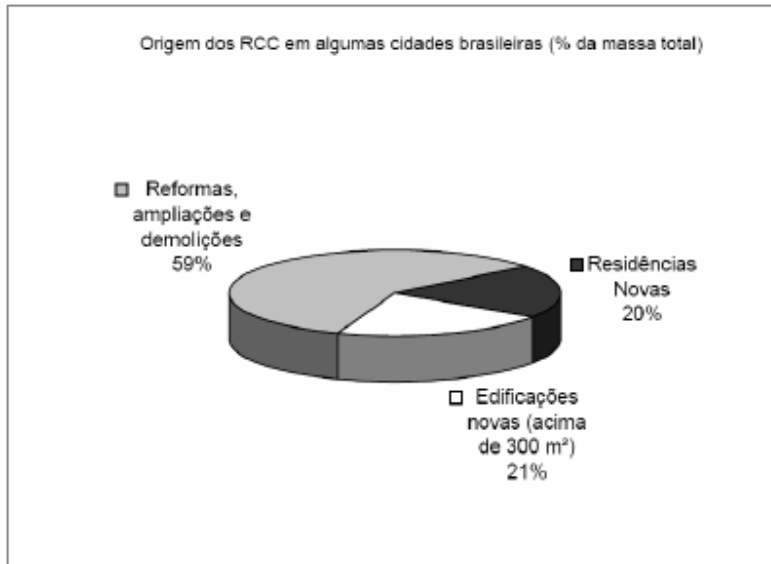
Figura 12 - Percentagem em massa de vários constituintes dos resíduos sólidos urbanos (RSU) em onze (11) cidades da região sudeste.

A predominância dos RCC sobre todos os resíduos gerados no ambiente urbano é exemplificada por PINTO (2005) nos estudo realizado em onze (11) municípios da região sudeste.

### 2.4.2 – Origem e Composição

De acordo com PINTO E GONZÁLES (2005), os resíduos da construção civil no Brasil têm diferentes origens, mas destaca-se conforme a figura a seguir, a grande quantidade de resíduos que são gerados em reformas, ampliações e demolições.

## Ø Origem RCC – Brasil



Fonte: adaptado de PINTO (2005).

Figura 13 – Origem dos RCC em algumas cidades brasileiras

- Em alguns municípios brasileiros mais de 75% dos resíduos da construção civil são provenientes de construções informais (obras não licenciadas);
- 15% a 30% são oriundas de obras formais (licenciadas pelo poder público).

Conforme os dados encontrados nos diferentes estudos sobre a composição dos RCC a geração dos resíduos é retrato da enorme gama de produtos utilizados em obras, das diferentes tecnologias construtivas, dos tipos de materiais predominantes numa região e, provavelmente da qualidade e treinamento da mão-de-obra.

### 2.4.3 – Perdas na construção civil

O Departamento de Engenharia de Construção Civil da EPUSP (PCC-USP) coordenou uma pesquisa nacional, envolvendo quinze outras universidades (UEFS, UEMA, UFBA, UFC, UFES, UFMG, UFPB, UFPI, UFRN, UFRGS, UFSM, UFSCar, UFS, UNIFOR e UPE), distribuídas em doze Estados brasileiros, onde se estudaram 69 canteiros de obras de edifícios com o intuito de se avaliar as perdas reais de materiais.

#### 2.4.3.1 - Mensuração das perdas

Materiais básicos	PINTO (1989)	SOIBELMAN (1993)	FINEP/ITQC/PCC				
			Média	Mediana	Min.	Máx.	n
Areia	39	44	76	44	7	311	28
Saibro	-	-	182	174	134	247	4
Cimento	33	83	95	56	6	638	44
Pedra	-	-	75	38	9	294	6
Cal	-	-	97	36	6	638	12

Fonte: Departamento de Engenharia de Construção Civil da EP USP

Tabela 4 - Materiais básicos: percentual de perdas "NA OBRA"

Percebe-se:

- Acentuada dispersão dos valores das perdas
- Variabilidade do desempenho em cada obra
- A perda de materiais básicos nas obras é bastante acentuada e há empresas muito mais eficientes que outras.

Material básico (Cimento)	Média	Mediana	Min.	Máx.	n
Emboço interno	104	102	8	234	11
Emboço externo	67	53	-11	164	8
Contrapiso	79	42	8	288	7

Fonte: Departamento de Engenharia de Construção Civil da EP USP

Tabela 5 - Material básico (cimento): percentual de perdas por serviços

Percebe-se:

- Alta variabilidade dos valores das perdas;
- Obras com desempenhos louváveis e outras em situações preocupantes;
- A mediana é o valor representativo do conjunto de resultados (assim, 42% é o número que representa o conjunto de obras estudadas quanto ao contrapiso);
- A sobresspessura das argamassas representa o vilão das perdas seguido da variabilidade da dosagem e as perdas por entulho.

Os materiais simples são aqueles que podem ser utilizados diretamente no serviço em execução, sem necessidade de prévia mistura a outros materiais. (ex. concreto usinado e dos blocos de alvenaria).

Materiais/ Componentes	TCPO 10 (1996)	SKOYLES (1976)	PINTO (1989)	SOIBELMAN (1993)	FINEP 1998				
		Média	Média	Média	Média	Mediana	Min.	Máx.	n
Concreto usinado	2	5	1	13	9	9	2	23	35
Aço	15	5	26	19	10	11	4	16	12
Blocos e tijolos	3 a 10	8,5	13	52	17	13	3	48	37
Eletrodutos	0	-	-	-	15	15	13	18	3
Condutores	2	-	-	-	25	27	14	35	3
Tubos de PVC	1	3	-	-	20	15	8	56	7
Placas cerâmicas	5 a 10	3	-	-	16	14	2	50	18
Gesso	-	-	-	-	45	30	14	120	3

Fonte: Departamento de Engenharia de Construção Civil da EP USP

Tabela 6 - Materiais simples: percentual de perdas "na obra"

Percebe-se:

- Valores preconizados por manuais de orçamentação podem diferir bastante dos valores apropriados nas obras (ex.: TCPO 10 indica para as placas cerâmicas, perdas na faixa de 5 a 10%, quando nas obras encontrou-se na faixa de 2 a 50%, com mediana de 14%;

- A situação inglesa (SKOYLES) apresenta perdas menores que as brasileiras; no entanto, determinou apenas as perdas diretas (entulho) e não as totais.
- E uma das obras estudadas, 50% da perda de concreto usinado ocorreu em função de o encarregado achar "melhor sobrar do que faltar";
- No caso das placas cerâmicas verifica-se que o tamanho das peças (peças maiores estão associadas a perdas maiores) e a paginação da aplicação (mensurada através da percentagem de peças cortadas em relação às totais) interferem na geração de perdas.

## 2.5 – DIRETRIZES: GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO

### 2.5.1 – Normas brasileiras para a gestão de resíduos

Diversos são os instrumentos normativos que disciplinam a questão dos RCC, tendo como suporte os princípios de competência administrativa e legal envolvida com os RCC; normas jurídicas que disciplinam a conduta dos geradores dos RCC e administradores públicos; e instrumentos aplicáveis em caso de violação dos direitos difusos.

#### 2.5.1.1 - Princípios legais

Dentro dos princípios que orientam a gestão dos RCC, destaca-se: o princípio do poluidor pagador, que sujeita o agente degradador do meio ambiente à obrigação cível de fazer, não fazer, ou de pagar, além de imposição de sanções administrativas e penais, de acordo com o disposto no § 3º do artigo 225 da Constituição Federal.

A declaração do Rio, elaborada a partir da Rio-92, determina em seu princípio 16 que os países devem criar mecanismos para que os poluidores internalizem os

custos advindos dos danos causados ao meio ambiente para a produção e/ou prestação de serviços, corrigindo as distorções ambientais impostas à sociedade, em proveito de poucos.

Quanto ao princípio da prevenção e precaução, ambos norteiam para o sentido de reduzir ou obstar a prática de atividades ou a produção de matérias que, ainda que potencialmente, possam vir a causar detrimento dos recursos naturais, flora, fauna, saúde humana, degradação visual da paisagem urbana. Nada justifica a displicência com que os RCC são tratados e tolerados.

#### 2.5.1.2 - Competências

Há competência material comum da União, estados, distrito federal e municípios no assunto proteção do meio ambiente de acordo com o artigo 23 da Carta Magna de 1988, podendo cada um dos entes federativos fiscalizar e regulamentar condutas para a adequada gestão dos resíduos em estudo.

Contudo, de forma específica o artigo 30, inc. V da Constituição Federal disciplina que compete aos municípios a organização e prestação dos serviços públicos de interesse local, entre eles o gerenciamento dos resíduos urbanos.

#### 2.5.1.3 - Política Nacional do Meio Ambiente

A Lei nº 6938/81, denominada de Política Nacional do Meio Ambiente, é de grande relevância, uma vez que busca a preservação, melhora e recuperação do meio ambiente nacional, tendo instituído, para tanto, o Sistema Nacional do Meio Ambiente (Sisnama), que representa o conjunto de órgãos, entidades e normas de todos os entes federativos União, estados, distrito federal e municípios, responsáveis pela gestão ambiental, assim como princípios e conceitos fundamentais para a proteção ambiental, estabelecendo ainda objetivos e

instrumentos até então inexistentes na legislação pátria. O Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) é seu órgão central.

Há destaque à questão dos RCC, uma vez que sua finalidade é estudar e propor diretrizes e políticas públicas para a preservação do meio ambiente, deliberando sobre as formas de controle ambiental por meio de resoluções, que são normas técnicas e administrativas com força de lei, voltadas para a execução das diretrizes abstratas constantes na lei nº 6.938/81.

No âmbito municipal, é instrumento para a implementação da gestão de resíduos da construção civil o Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil, a ser elaborado pelos municípios e pelo distrito federal, o qual deverá incorporar o Programa Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil e Projetos de Gerenciamento de Resíduo da Construção Civil.

#### 2.5.1.4 - Resolução Conama 307

A Resolução 307, de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente Conama, estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão (ambientalmente correta) dos resíduos da construção civil, disciplinando as ações necessárias à minimização dos impactos (efeitos) ambientais, levando em conta a política urbana de pleno desenvolvimento da função social das cidades e da propriedade urbana (Lei 10.257 de 2001).

Na referida Resolução é definido que os geradores de resíduos da construção civil (entulhos) devem ter como objetivo principal a não-geração de tais resíduos e, em caráter secundário, a redução, reutilização, reciclagem, bem como a responsabilidade pela destinação final de tais materiais, levando em conta que tais resíduos não podem ser dispostos em aterros de resíduos domiciliares (resíduos urbanos), em “bota-fora”, encostas, corpos de água, lotes vagos, bem como em áreas legalmente protegidas por lei (caso, por exemplo, dos manguezais). Para tal

exigência da referida Resolução, cada município deve obrigatoriamente desenvolver e implantar o Plano Municipal de Gestão dos Resíduos da Construção Civil.

A Resolução foi muito clara ao definir um prazo máximo de dezoito meses, contados a partir de 5 de junho de julho de 2002, para que todos os municípios deixem de fazer a disposição de resíduos de construção civil em aterros domiciliares e em áreas de “bota-fora”. O que não ocorre na realidade.

#### 2.5.1.5 - Legislações aplicáveis a Construção Civil

Além da CONAMA 307/2002 e NBR 10004/2004, outras legislações referentes a resíduos também são aplicáveis a Construção Civil. São elas:

- Resolução CONAMA 257:1999 – Dispõe sobre a destinação final de pilhas e baterias usadas;
- Resolução CONAMA 258:1999 – Coleta e destinação final adequada aos pneus inservíveis;
- Resolução CONAMA 275:2001 – Estabelece o código de cores para os diferentes tipos de resíduos, a ser adotado na coleta seletiva;
- Resolução CONAMA 001-A:86 – Dispõe sobre transporte de produtos perigosos em território nacional;
- Portaria ANTT nº 420, de 12 de Fevereiro de 2004 – Instruções complementares ao regulamento de transporte terrestre de produtos perigosos;
- Portaria ANP nº 127, de 30 de julho de 1999 – Estabelece a regulamentação para a atividade de coleta de óleo lubrificante usado ou contaminado a ser exercida por pessoa jurídica sediada no País;
- ANVISA RDC 342, de 13 de dezembro de 2002 – Institui e aprova o Termo de Referência para elaboração dos Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos a serem apresentados à ANVISA;

- NBR 7503:2001 – Ficha de emergência e envelope para o transporte terrestre de produtos perigosos;
- NBR 13.221:2000 – Transporte de Resíduos;
- NBR 11.174:1990 – Armazenamento de Resíduos classe II (não inertes) e classe III (inertes);
- NBR ISO 14001: Sistemas de gestão ambiental - Especificação e diretrizes para uso;
- NBR 15112: Resíduos da construção civil e resíduos volumosos -Áreas de transbordo e triagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação;
- NBR 15113: Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes - Aterros - Diretrizes para projeto, implantação e operação;
- NBR 15114: Resíduos sólidos da construção civil - Áreas de reciclagem- Diretrizes para projeto, implantação e operação;
- NBR 15115: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Execução de camadas de pavimentação;
- NBR 15116: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos;
- Lei Federal nº 9.605/98 – Lei de Crimes Ambientais.

Art. 54 – Causar poluição de qualquer natureza em níveis tais que resultem ou possam resultar em danos à saúde humana, ou que provoquem a mortandade de animais ou a destruição significativa da flora.

### **2.5.2 – Princípios técnicos da gestão de resíduos**

A gestão dos resíduos tem como diretrizes técnicas: (a) a melhoria da limpeza urbana, (b) a possibilidade do exercício das responsabilidades dos pequenos geradores por meio de pontos de captação perenes, (c) fomentar a racionalização como ferramenta para a redução da geração de resíduos, e (d) incentivar o

gerenciamento dos resíduos gerados através da caracterização, triagem, acondicionamento, transporte e destinação.

#### 2.5.2.1 - Racionalização como ferramenta para a redução da geração de resíduos

A racionalização começa na concepção das idéias do empreendimento. Nesta etapa são desenvolvidos os projetos arquitetônicos e complementares, bem como são definidos especificações, sistemas construtivos e tecnologias utilizadas. Uma vez definidas estas variáveis a racionalização deve continuar durante a construção, manutenção e uso do empreendimento.

O resíduo da construção é gerado em vários momentos do ciclo de vida das construções:

- a) fase de construção (canteiro);
- b) fase de manutenção e reformas;
- c) demolição de edifícios

PINTO (1999) estimou que o RCC gerado em atividades de manutenção e reformas e, provavelmente demolição, varia de 42 a 80% do total gerado. Naturalmente esta proporção vai depender das características de cada cidade.

##### a) Fase de construção

A geração do resíduo durante a fase de construção é decorrência das perdas dos processos construtivos. Parte das perdas do processo permanece incorporada nas construções, na forma componentes cujas dimensões finais são superiores àquelas projetadas. Este é o caso de argamassas de revestimento, concretos, etc. Outra parcela vai se converter em resíduo de construção. A proporção entre as duas não é conhecida em detalhes, mas PINTO (1999) estipulou que 50% das perdas são convertidas em RCC.

Mudanças tecnológicas também podem reduzir as perdas e o entulho da construção. Processos como a incorporação de instalações em paredes de alvenaria que exigem a quebra parcial da parede recém construída e sua reconstrução com argamassa, por exemplo, devem ser abandonados. No entanto, nem todas as novas tecnologias adotadas recentemente colaboram com a redução das perdas. Este é o caso dos revestimentos internos à base de gesso, de adoção recente, com perdas de até 120% no serviço.

A redução das perdas geradas na fase de construção, ao provocar a redução da quantidade de material incorporada às obras, reduz também a geração de resíduo nas fases de manutenção e demolição.

O setor de construção encontra-se mobilizado em torno do tema de redução das perdas, pois estas significam uma oportunidade de redução de custos. Medidas de controle de deposição, transporte e até mesmo taxaço da geração de resíduos pela construção são alternativas adicionais à disposição do poder público. Estas alternativas tem sido adotadas em vários países, por exemplo, na Inglaterra (JOHN, 2000). Campanhas educativas poderiam apresentar resultados mais amplos, ao atingir também a construção informal.

#### b) Fase de manutenção

A geração de resíduo na fase de manutenção está associada à vários fatores: (a) correção de defeitos (patologias); (b) reformas ou modernização do edifício ou de partes do mesmo, que normalmente exigem demolições parciais; (c) descarte de componentes que tenham degradado e atingido o final da vida útil e por isso necessitam ser substituídos.

A redução da geração de resíduos nesta fase vai exigir (a) melhoria da qualidade da construção, de forma a reduzir manutenção causadas pela correção de defeitos; (b) projetos flexíveis, que permitam modificações substanciais nos

edifícios através da desmontagem que permita a reutilização dos componentes não mais necessários; (c) aumento da vida útil física dos diferentes componentes e da estrutura dos edifícios.

No Brasil, de maneira geral, os projetos não consideram nem mesmo a existência de atividades de manutenção e seus custos. Atualmente o setor concentra muito esforço em programas de gestão da qualidade. As demais medidas para a redução dos resíduos nesta fase dependem de conscientização de integrantes da cadeia produtiva da construção, que somente serão obtidas a longo prazo. Projetos flexíveis dependem de novas tecnologias, que apenas agora chegam ao país. No entanto, mesmo estas novas tecnologias não permitem a desmontagem com reaproveitamento dos componentes.

#### c) Fase de demolição

A redução dos resíduos causados pela demolição de edifícios depende (a) do prolongamento da vida útil dos edifícios e seus componentes, que depende tanto de tecnologia de projeto quanto de materiais; (b) da existência de incentivos para que os proprietários realizem modernização e não demolições; (c) de tecnologia de projeto e demolição ou desmontagem que permita a reutilização dos componentes.

De forma geral, os profissionais brasileiros da área de construção, mesmo os acadêmicos, não possuem formação que os capacite a avaliar a durabilidade das soluções construtivas, com exceção de alguns profissionais da área de concreto armado. Neste aspecto, a revisão da NBR 6118, representa uma melhora significativa na durabilidade das estruturas de concreto armado. As tecnologias de construção que facilitem a desmontagem ainda estão para ser desenvolvidas. Portanto, a redução da geração de resíduos nesta fase depende de medidas de prazo muito longo.

### 2.5.2.2 - Gerenciamento de resíduos

A Resolução CONAMA 307, estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, disciplinando as ações necessárias de forma a minimizar os impactos ambientais.

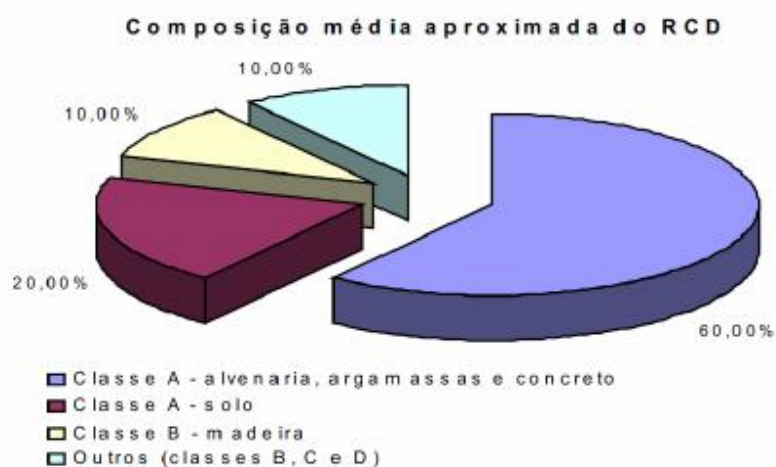
O Plano de Gerenciamento de RCDs, deve contemplar Caracterização do resíduos; Triagem; Acondicionamento; Transporte; Destinação.(Tabela 7)

ETAPAS DO PROJETO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS	
<b>CARACTERIZAÇÃO</b>	O gerador deve identificar e quantificar os resíduos.
<b>TRIAGEM</b>	Realizada, preferencialmente, pelo gerador na origem, ou nas áreas de destinação licenciadas, respeitadas as classes de resíduos.
<b>ACONDICIONAMENTO</b>	O gerador deve garantir o confinamento dos resíduos após a geração até a etapa de transporte, assegurando em todos os casos possíveis, as condições de reutilização e de reciclagem.
<b>TRANSPORTE</b>	Realizado conforme as etapas anteriores e de acordo com as normas técnicas vigentes para o transporte de resíduos.
<b>DESTINAÇÃO</b>	Deve atender a Resolução CONAMA Nº 307, conforme descrito em "Destinação dos Resíduos da Construção Civil".

Tabela 7- Etapas do Projeto de Gerenciamento de Resíduos

#### a) Caracterização e triagem

Para que seja possível a reutilização se faz necessário a triagem e caracterização dos resíduos. A segregação permite separar cada tipo de resíduo gerado, contribuindo com a identificação da melhores alternativas de tratamento ou disposição final, impede a mistura de resíduos incompatíveis, reduz o volume de resíduos perigosos ou especiais a serem tratados ou dispostos e aumenta a "qualidade" dos resíduos que possam ser recuperados ou reciclados.



Fonte: SENAI-ES

Figura 14 - Composição média dos resíduos sólidos urbanos -ES

#### b) Acondicionamento

O acondicionamento adequado após a geração até a etapa de transporte evita acidentes, minimiza o impacto visual e olfativo, reduz a diversidade em um só contendor de resíduos (no caso de coleta seletiva), facilita a realização da etapa da coleta (Figura 15)



Figura 15 – Exemplo: Acondicionamento adequado de RCC

### c) Coleta

A Coleta de RCC se inicia com a limpeza da obra, através de varrição de cada ambiente/ pátio, removendo os resíduos das lixeiras, transferindo-os para sacos de lixo maiores e respeitando a segregação dos mesmos.

A empresa licenciada recolhe os resíduos, e deve efetuar as rotas indicadas para cada tipo de resíduo, reciclável, não reciclável e perigosos.

Quando há necessidade de armazenamento intermediário, os resíduos devem ser contidos de forma adequada e segura até que se tenha um volume mínimo para comercialização ou disposição final. (Figura 16)



Figura 16 – Exemplo: Depósito de Armazenamento temporário de resíduos perigosos – NBR 12.235(1992)

### d) Transporte

Não se pode esquecer que os RCC já são hoje um negócio estabelecido em quase todas as grandes cidades brasileiras, envolvendo as empresas contratadas pela prefeitura para recolher o entulho depositado irregularmente, as empresas

contratadas pela prefeitura que operam os aterros de resíduos, empresas de tamanho variado que trabalham com o transporte de entulho utilizando caminhões poliguindaste e caçambas (Figura 17), e também um grupo de transportadores autônomos, que utilizam carroças e até carrinhos de mão(Figura 18).



Figura 17 – Exemplo: Caminhão poliguindaste



Figura 18- Exemplo: Carrinho de mão

#### e) Destinação dos resíduos

Os resíduos de construção são constituídos de uma ampla variedade de produtos, que podem ser classificados em **solos, materiais “cerâmicos”** (rochas naturais; concreto; argamassas a base de cimento e cal; resíduos de cerâmica vermelha, como tijolos e telhas; cerâmica branca, especialmente a de revestimento; cimento-amianto; gesso – pasta e placa; vidro), **materiais metálicos** (aço para concreto armado, latão, chapas de aço galvanizado, etc.), e **materiais orgânicos** (madeira natural ou industrializada; plásticos diversos; materiais betuminosos; tintas e adesivos; papel de embalagem; restos de vegetais e outros produtos de limpeza de terrenos).

A proporção entre estas fases é muito variável e depende da origem. Os resíduos que estes materiais geram poderá ser encaminhados para reciclagem ou aterros, dependendo das condições físicas, financeiras e dos fins aplicáveis e disponíveis.

- Reciclagem

As “centrais” de reciclagem hoje em operação são operadas, predominantemente, pelas Prefeituras Municipais. Os agregados produzidos são empregados em obras de pavimentação e, embora sem desenvolvimento técnico adequado, na produção de pequenos componentes de concreto, como por exemplo, blocos de pavimentação.

Do ponto de vista técnico as possibilidades de reciclagem dos resíduos variam de acordo com a sua composição. Quase a totalidade da fração cerâmica pode ser beneficiada como agregado com diferentes aplicações conforme sua composição específica. As frações compostas predominantemente de concretos estruturais e de rochas naturais podem ser recicladas como agregados para a produção de concretos estruturais. A presença de fases mais porosas e de menor resistência mecânica, como argamassas e produtos de cerâmica vermelha e de revestimento,

provoca uma redução da resistência dos agregados e um aumento da absorção de água. Assim agregados mistos tem sua aplicação limitada à concretos de menor resistência, como blocos de concreto, contra-pisos, camadas drenantes, etc. Uma aplicação já tradicional no mercado – embora ainda apresente problemas técnicos – é a reciclagem destes resíduos mistos na produção de argamassas em canteiro, através de equipamento específico.

A presença de produtos de gesso – solúveis em água e que apresentam reações expansivas com o cimento Portland é um limitador importante da reciclagem da fração cerâmica. A introdução de painéis de gesso acartonado na construção de divisórias no mercado brasileiro vai significar a médio prazo um sério limitador às atividades de reciclagem. No entanto, a reciclagem do gesso em si, é bastante simples, e certamente está ao alcance das grandes empresas multinacionais que dominam o mercado nacional.

Frações compostas de solo misturado a materiais cerâmicos e teores baixos de gesso, podem ser recicladas na forma de sub-base e base para pavimentação. A fração metálica é facilmente vendida a indústria da sucata. As demais frações, especialmente madeira, embalagens e gesso ainda não dispõem de tecnologia de reciclagem.

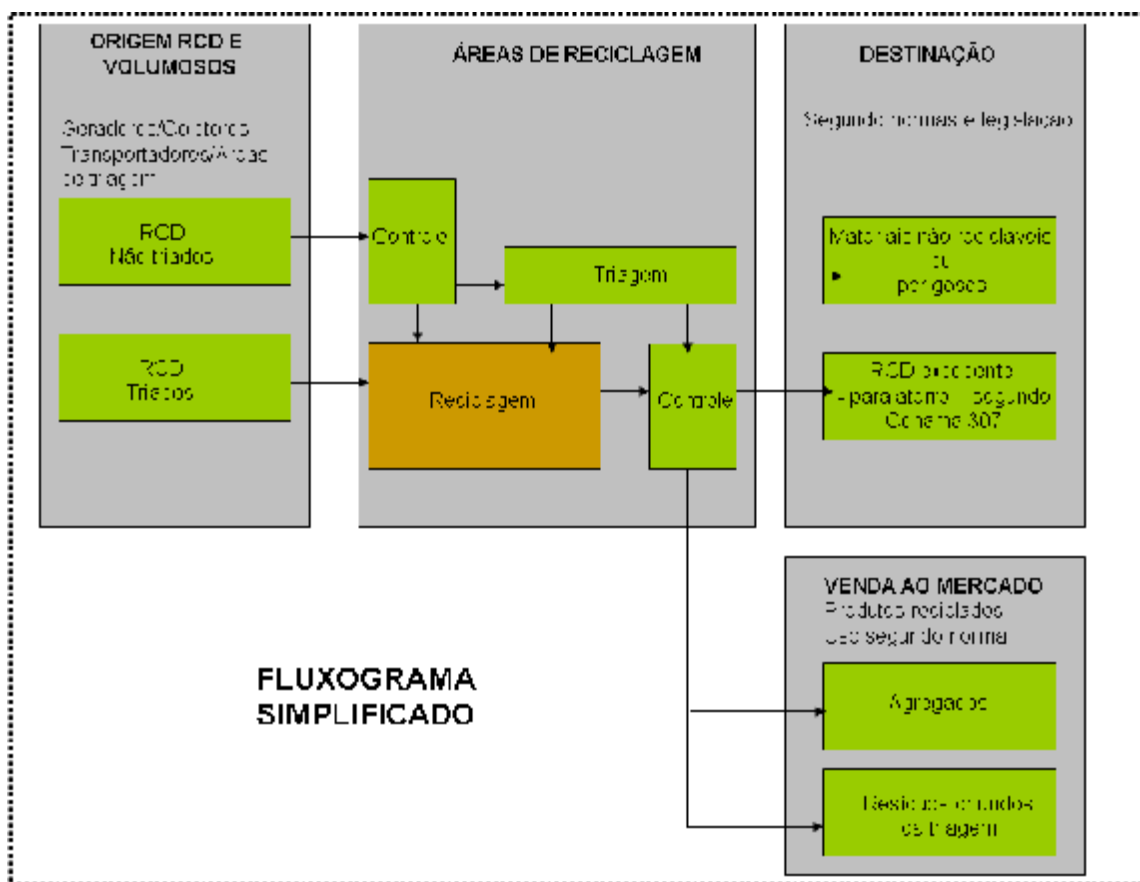
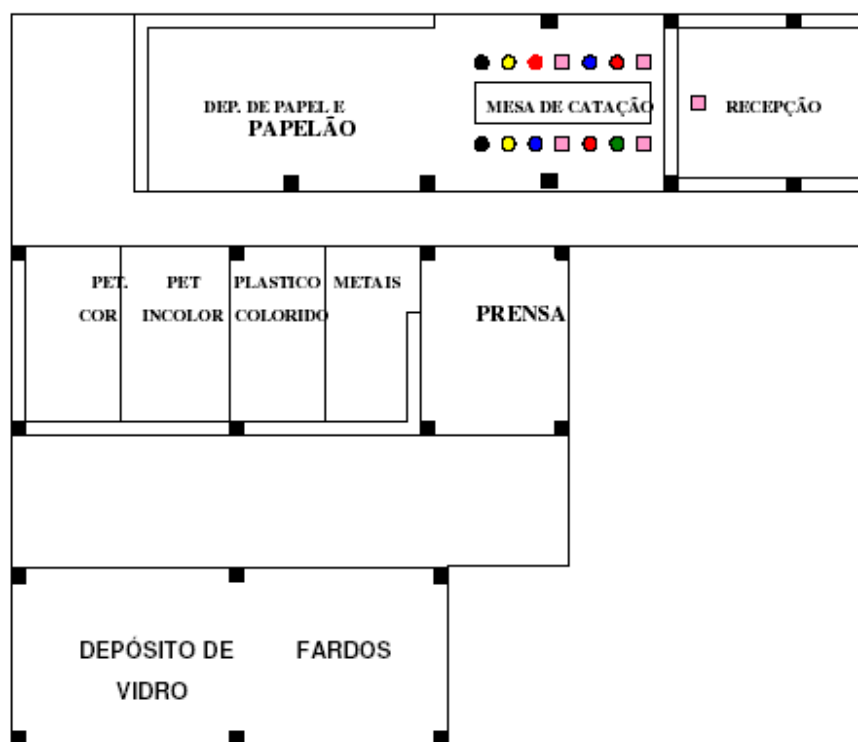


Figura 19 – Fluxo típico das atividades desenvolvidas numa instalação de reciclagem que atua conforme a CONAMA 307

- Usina de triagem e compostagem de lixo

Levantamentos realizados em usinas de triagem e compostagem de resíduos sólidos apontam que em média, depois de devidamente processado, chega-se a uma produção de composto orgânico da ordem de 40% da quantidade inicial de lixo chegada a usina. É certo que a composição do lixo varia de município para município, porém se uma parte desse lixo for utilizada em produção de composto orgânico e outra reciclada em indústrias de papel, metal, plástico e vidro, o volume final com destino a aterros sanitários será bastante reduzido. (D'Almeida,2000).

A segregação dos materiais coletados é realizada na usina de triagem e que também é utilizada para compostagem, minimizando a fração de resíduos destinados ao aterro. As usinas de triagem e compostagem muitas vezes qualificadas como galpões de triagem podem variar bastante seu *lay-out* de acordo com o esquema de recebimento e separação dos recicláveis. Como não existe um padrão estático, as etapas clássicas são: recebimento/ estocagem, separação (em esteiras, silos ou mesas/bancadas) e prensagem/ enfardamento (Reichert, 1999). A Figura 20 ilustra este tipo de usina.



- |                         |                        |
|-------------------------|------------------------|
| ● TAMBORES P/ METAIS    | ● TAMBORES P/ REJEITOS |
| ● TAMBORES P/ PAPEIS    | ■ POSTOS DE TRABALHO   |
| ● TAMBORES P/ PLÁSTICOS |                        |
| ● TAMBORES P/ VIDROS    |                        |

Figura 20 - lay-out de uma usina de triagem e compostagem média 250,00 m<sup>2</sup>  
 Fonte: Reichert, 1999

De acordo com (Reichert, 1999), as instalações de uma usina de triagem e compostagem podem ser agrupadas em 06 setores conforme descrição:

- 1º Setor - recepção e expedição: compreende as instalações e equipamentos de controle dos fluxos de entrada (resíduos, insumos, etc.) e saída (fardos de recicláveis).
- 2º Setor - triagem: é onde se faz a separação das diversas frações do resíduo.
- 3º Setor - pátio de compostagem: é a área onde a fração orgânica do lixo sofre decomposição microbiológica transformando-se em composto.
- 4º Setor - beneficiamento e armazenagem de composto: consiste em peneirá-lo retirando-se materiais indesejáveis, dando-lhe menor granulometria e tornando-o manuseável para o agricultor.
- 5º Setor - aterro de rejeitos: os materiais volumosos e os rejeitos da seleção do lixo e do beneficiamento do composto devem ser encaminhados a um aterro de rejeitos. Esse aterro deve ser compatível com as características do rejeito e ter sua localização aprovada por órgãos responsáveis pelo meio ambiente.
- 6º Setor - sistema de tratamento de efluentes: recebe e trata as águas com resíduos da lavagem dos equipamentos da usina, da lavagem de veículos e os líquidos provenientes do pátio de compostagem e do aterro de rejeitos quando este estiver localizado na mesma área. Os efluentes de usinas de compostagem têm características similares ao chorume originado em aterros sanitários, porém mais diluídos.

- Máquinas e equipamentos utilizados em uma usina de Triagem e Compostagem de lixo.

A escolha dos equipamentos que serão utilizados no beneficiamento dos materiais recicláveis, depende das especificações técnicas de recebimento de compradores e empresas recicladoras, sendo assim esta escolha deverá ser tomada com muita cautela porque os investimentos para a compra de equipamentos são elevados. Segundo Bley (2001), as especificações técnicas são as medidas que determinam o peso(kg ou ton), volume (dimensão= profundidade, largura e altura) e tipo de beneficiamento ou tratamento(lavagem, secagem, moagem, extrusão, granulação, ensacamento, prensagem, fundição, etc). De acordo com o autor em uma *planta simples* com cerca de 250,00 m<sup>2</sup> pode-se ter os seguintes equipamentos básicos:

- mesa para catação
- tambores para armazenamento de materiais já separados
- prensa vertical
- carrinho do tipo carriola
- balança com capacidade mínima de 500kg ou superior
- pás
- enxadas
- vassouras
- termômetros
- peneira

As conseqüências da implantação da Usina de Triagem e Compostagem apontam vantagens para do ponto de vista Econômico. Do ponto de vista ambiental, uma Usina de Triagem e Compostagem reduz drasticamente a necessidade de lixões, que contaminam os lençóis freáticos, atraem insetos, pragas e causam a degradação humana. Uma Usina de Triagem e Compostagem é economicamente interessante para os municípios, pois traz divisas por meio da reciclagem, compostagem e arrecadação do ICMS ecológico, além de minimizar problemas ambientais.

- Aterro

Podemos classificar os aterros em industrial e sanitário, como segue:

**ATERRO INDUSTRIAL** – forma de disposição de resíduos no solo, fundamentada em critérios de engenharia que garantem o confinamento seguro em termos de poluição ambiental e saúde pública. (Figura 21 e 22)

**ATERRO SANITÁRIO** – processo de disposição, no solo, do lixo coletado, sem causar danos nem perigo à saúde pública ou à segurança sanitária. Consiste na utilização de métodos de engenharia, de acordo com normas técnicas, para confinar os despejos em uma área, compactando-o para reduzi-lo a um volume mínimo e cobrindo-o com camada de terra diariamente. (Figura 23)



Figura 21 – Exemplo: Célula para aterro de construção civil



Figura 22- Exemplo: Aterro Industrial



Figura 23 – Exemplo: Aterro Sanitário

Os resíduos que não puderem ser reaproveitados através do reuso ou reciclagem devem ser encaminhados para aterros licenciados. (Figura 24)

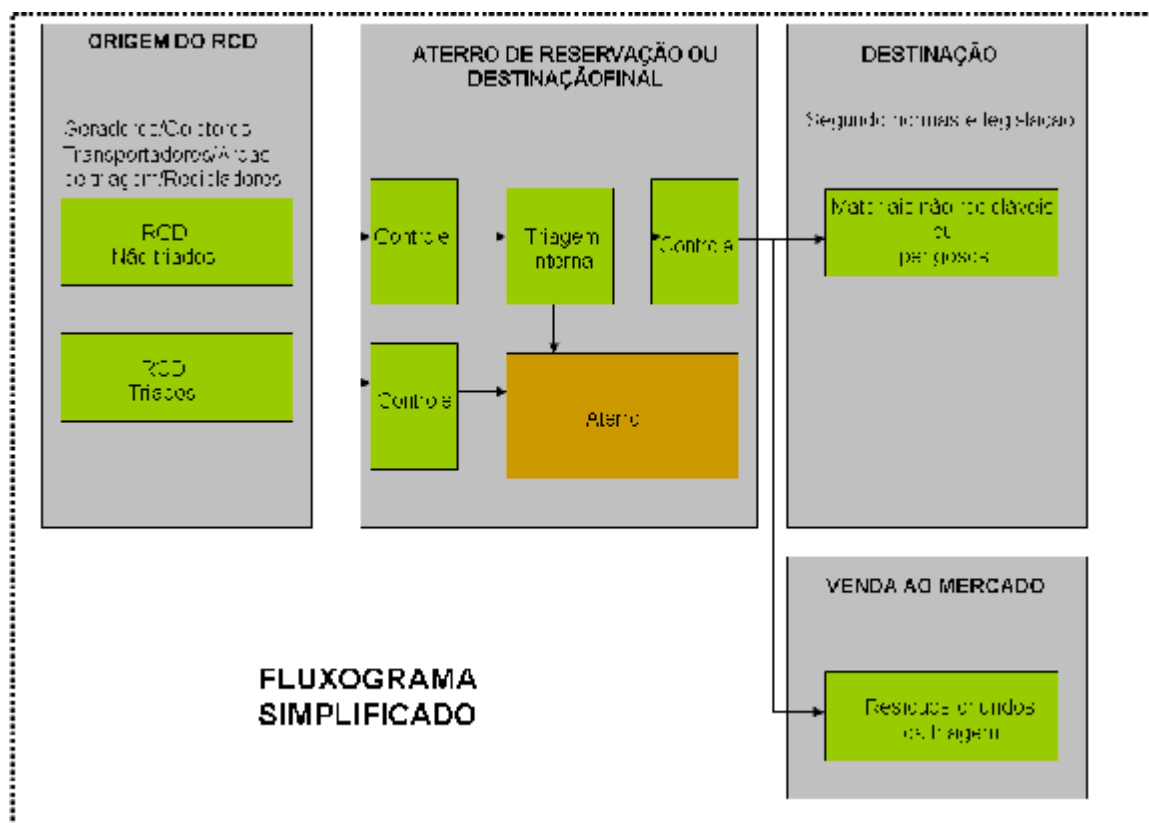


Figura 24 – Fluxo típico das atividades desenvolvidas numa instalação de aterro que atua conforme CONAMA307

### **3 – CIDADE DE PORTO TROMBETAS**

#### **3.1 – CARACTERÍSTICAS DE PORTO TROMBETAS**

##### **3.1.1 - Histórico**

No final de 1971 iniciou-se a implantação do projeto do Rio Trombetas, conduzido pela Alcan. Devido à retração do mercado mundial de alumínio, as atividades foram interrompidas logo a seguir. Em 1974 foi constituída uma associação de empresas nacionais e internacionais em substituição ao modelo original de administração. As atividades minerárias foram retomadas em 1976 e em 1979 foi realizado o primeiro embarque de bauxita da Mineração Rio do Norte para o Canadá. A composição acionária atual é a seguinte:

- CVRD – 40%
- BHP Billiton Metais – 14,8%
- Alcan – 12%
- CBA-Votorantim – 10%
- Alcoa Brasil – 8,58%
- Alcoa World Alumina – 5%
- Norsk Hydro – 5%
- Abalco – 4,62%

O complexo urbano de Porto Trombetas foi construído com o objetivo de acomodar os empregados da MRN e seus familiares. Conta com infra-estrutura de saneamento básico, equipamentos e serviços para atender a esta população e também aos visitantes e prestadores de serviços.

### 3.1.2 - Localização

O complexo urbano de Porto Trombetas está localizado à margem direita do Rio Trombetas, no município de Oriximiná, oeste do Pará. Dista 70 km da sede do município, cujo acesso é feito por via fluvial pelo Rio Trombetas, via de escoamento da produção de bauxita.

O complexo de Trombetas conta com um aeroporto com vôos regulares para as principais capitais e cidades da região amazônica. Há ainda um acesso, via estrada de terra, de 80 km que liga Trombetas ao município de Terra Santa.

A figura 25 ilustra a localização de Porto Trombetas, com destaque para a relação entre o Estado do Pará e o município de Oriximiná.

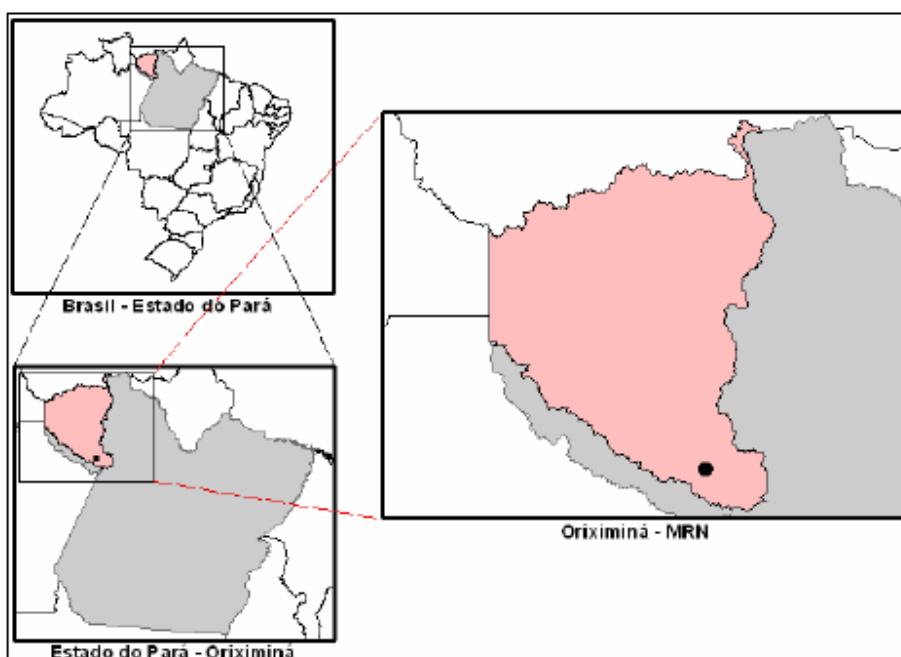


Figura 25 - Localização de Porto Trombetas

Fonte: Mineração Rio do Norte S.A

A tabela 8 demonstra o tempo de viagem e a distância entre as principais cidades da região.

Tabela 8 – Tempo de viagem

DISTÂNCIAS/TEMPO	VIA AÉREA	VIA FLUVIAL
Oriximiná: 70Km	10min	4h
Óbidos: 110Km	15min	6h
Santarém: 240Km	20min	12h
Belém: 880Km	1h20min	120h
Manaus: 400Km	50min	72h

**Fonte:** MRN

### 3.1.3 - Aspectos físico-ambientais

Porto Trombetas está localizado na região amazônica, pertencente à mesorregião Baixo Amazonas e à microrregião Óbidos. Tem clima do tipo tropical úmido com verões quentes e chuvosos. A temperatura média anual é de 29° C, com temperaturas máxima e mínima variando entre 36° C e 21° C respectivamente. Tem uma precipitação pluviométrica de 2.153,7 mm/ano com forte contribuição entre os meses de dezembro a maio, conforme demonstrado na tabela 9.

Tabela 09 - Intensidade pluviométrica e duração do período chuvoso de Porto Trombetas:

LOCAL	PLUVIOSIDADE MÉDIA ANUAL (mm)	DURAÇÃO DO PERÍODO CHUVOSO (meses)	INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA (mm/mês)	
			Mínima	Máxima
Porto Trombetas	2.153,7	6 a 8	269,2	359,0

**Fonte:** Adaptado de “PLANO DE MANEJO DA FLONA SARACÁ-TAQUERA”, Dez, 2001.



### 3.2 - ASPECTOS ECONÔMICOS E SÓCIO-CULTURAIS

A principal atividade econômica de Porto Trombetas baseia-se na exploração da bauxita pela Mineração Rio do Norte S.A.

As atividades comerciais, de transporte, e infra-estrutura do complexo urbano atendem à população que presta apoio às atividades da MRN, como funcionários, familiares, prestadores de serviço e comunidade local.

A população atual é de aproximadamente 6.500 habitantes, com uma população flutuante em torno de 500 pessoas, que varia conforme a demanda de serviços e expansão de produção da bauxita.

### 3.3 - INFRAESTRUTURA URBANA

Porto Trombetas conta com usina de geração de energia e com sistemas de abastecimento de água potável, tratamento de esgotos e coleta de lixo. A vila residencial é constituída por aproximadamente mil casas e dormitórios para mais de 1,5 mil funcionários solteiros, contando, ainda, com escolas do maternal ao ensino médio, hospital e serviços laboratoriais, clube de lazer, cine-teatro, centro comercial, aeroporto, porto e sistema de comunicação nacional e internacional.

A produção de bauxita, transportada da mina até o porto através de ferrovia, é escoada através de um porto com calado para receber navios com capacidade aproximada de 60 mil toneladas. O Porto é utilizado, também, para o embarque e desembarque de passageiros, que usufruem do transporte fluvial da região e para operações de carga e descarga de materiais que abastecem todo o complexo.

## **4 – GESTÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL EM TROMBETAS**

### **4.1 – VISÃO GERAL DA GESTÃO DE RESÍDUOS**

Atualmente, a gestão de resíduos sólidos urbanos em Porto Trombetas é feita pelo setor administrativo da MRN denominado TA e é operada pelo serviço de Limpeza Urbana através de contrato concedido à empresa GRSA.

De maneira geral, pode-se inferir que a gestão dos resíduos de Porto Trombetas atende satisfatoriamente à população, conforme dados obtidos de um estudo de percepção ambiental desenvolvido pela MRN, na comunidade e nas demais áreas envolvidas.

A operação do sistema conta com equipamentos, maquinários e infra-estrutura adequados. Todavia, melhorias no processo atual devem ser consideradas e serão apresentadas nesta monografia.

O serviço de Limpeza Urbana engloba as atividades de coleta, transporte, tratamento e destinação final dos resíduos sólidos urbanos de todo o complexo de Trombetas, bem como a manutenção da limpeza pública.

Evidenciam-se como responsabilidade do setor de Limpeza Urbana de Porto Trombetas os seguintes serviços:

- Poda;
- Capina;
- Limpeza de fossas;
- Limpeza de canaletas e bocas-de-lobo;
- Limpeza de pátios através do caminhão Pipa;
- Recolhimento de entulho de construção civil da vila;
- Coleta de sucatas domésticas;
- Coleta de lixo domiciliar e comercial;

- Coleta de lixo industrial inerte (papelão e madeiras);
- Coleta de lixo hospitalar;
- Coleta de lixo do Porto e do Aeroporto;
- Operação da UTC - Unidade de Triagem e Compostagem;
- Operação do Aterro de Resíduos Sólidos

Como infra-estrutura básica para o serviço de limpeza urbana, Porto Trombetas dispõe dos seguintes itens:

- 02 caminhões compactadores com capacidade de 12m<sup>3</sup> cada;
- 01 caminhão compactador com capacidade de 9 m<sup>3</sup>;
- 01 caminhão Brook com capacidade de 6m<sup>3</sup> cada;
- 01 caminhão basculante com capacidade de 6m<sup>3</sup>;
- 01 caminhão basculante com capacidade de 5m<sup>3</sup>;
- 01 caminhão pipa com capacidade de 3.000 L;
- 01 caminhão limpa fossa com capacidade de 7m<sup>3</sup>;
- lixeiras (vermelhas e amarelas) residenciais e públicas;
- 80 caçambas, aproximadamente, do tipo Dempster de 5 m<sup>3</sup> de capacidade, para coleta de entulho, lixo vegetal e papelões e plásticos;
- 41 funcionários;
- 01 trator D4, com vida útil aproximada de mais 3 anos;
- 01 Unidade de Triagem e Compostagem com aproximadamente 6.000 m<sup>2</sup> de área total, com instalações de pátio de compostagem, pátio de recebimento, silo, alimentador da esteira de catação, esteira de catação, área de prensagem e estocagem, pátio de compostagem coberto e área administrativa com escritórios, banheiro, almoxarifado e refeitório, além de equipamentos necessários à operação.
- Aproximadamente 13 hectares de área para destinação dos resíduos sólidos urbanos, em terreno com características geológicas areno-siltosas;
- 01 área destinada ao escritório do serviço de Limpeza Urbana e pátio de equipamentos e caminhões;

- Equipamentos necessários à poda, capina, limpeza, EPIs, etc.
- Alguns equipamentos e instalações do sistema de Limpeza Urbana de Porto Trombetas são apresentados nas figuras 26 e 27 a seguir.



Figura 26 - Operação do caminhão Brook para colocação da caçamba.

Fonte: Registrado durante a visita as áreas de Porto Trombetas



Figura 27 - Pátio da Limpeza Urbana com caminhão compactador ao fundo.

Fonte: Registrado durante a visita as áreas de Porto Trombetas

Destinado ao tratamento dos resíduos de serviços de saúde (RSS), Porto Trombetas conta com um incinerador instalado no próprio complexo hospitalar, sendo operado pela empresa Pró-Saúde, responsável pela operação do hospital.

Em operação desde 2002, com um investimento de R\$750.000,00, a Unidade de Triagem e Compostagem (UTC), instalada em uma área adjacente ao aterro, processa a separação de materiais recicláveis e a compostagem da matéria orgânica.

A área destinada ao aterro dos resíduos sólidos urbanos recebe os resíduos que são coletados pelo serviço de limpeza urbana (lixo domiciliar), os resíduos de construção civil e os resíduos de poda e capina, além das cinzas do incinerador hospitalar, do lodo da ETE e os rejeitos da UTC.

Os serviços básicos de saneamento de Porto Trombetas, incluindo o gerenciamento dos resíduos sólidos, estão demonstrados no diagrama da figura 28 a seguir:

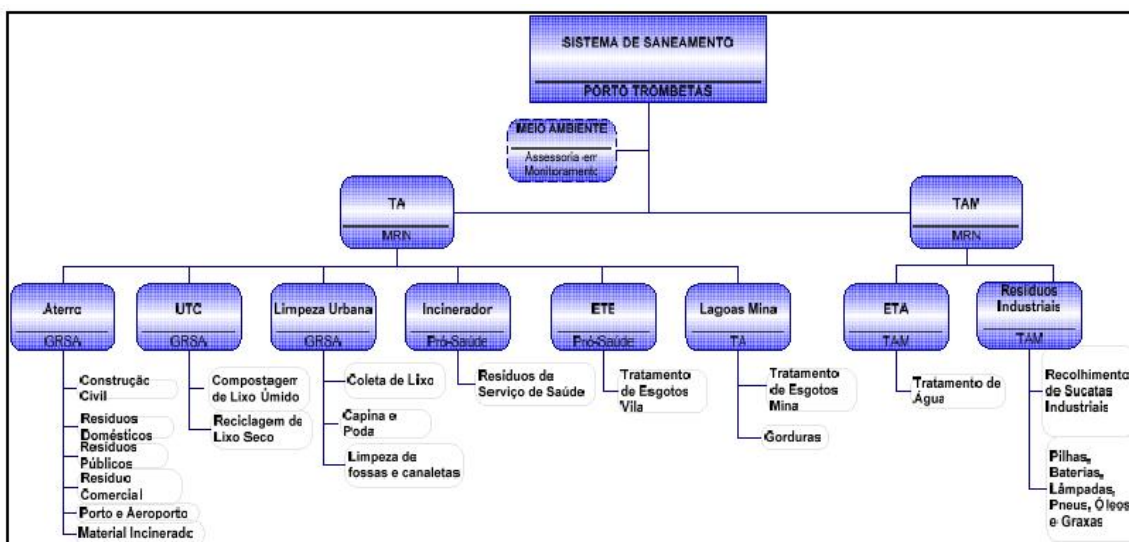


Figura 28 - Diagrama Básico - Sistema de Gestão de Resíduos em Porto Trombetas

Fonte: Mineração Rio do Norte S.A

A coleta de resíduos domiciliares em Porto Trombetas é realizada através de um sistema implantado de separação de lixo seco e lixo úmido domiciliar e comercial. Este sistema foi implantado para facilitar o processo de separação de resíduos recicláveis na UTC e melhorar o processo de compostagem da matéria orgânica que constitui o lixo úmido.

#### 4.2 – GERAÇÃO DOS RCC

Os RCC são gerados basicamente em três grandes áreas de Trombetas, assim definidas:

- a) Área industrial da Mina
  - b) Área industrial do Porto
  - c) Área Residencial e Comercial
- **Área industrial da Mina:** Distante aproximadamente 30 Km do complexo urbano e que é responsável pelo processo de extração da bauxita. As principais instalações são as áreas de processo industrial, os escritórios, alojamentos e restaurantes;
  - **Área industrial do Porto:** Área do complexo urbano responsável pelas instalações de alguns processos industriais, incluindo portos, aeroporto, escritórios, Igarapés, canteiros de empreiteiras e oficinas, dentre outros.

- **Área Residencial e Comercial:** Área do complexo urbano onde se localizam as residências, o comércio, o hospital, os escritórios de prestação de serviços, as vias públicas, a delegacia, as feiras-livres, etc.

#### 4.2.1 - Área Industrial da Mina

Os resíduos sólidos gerados na área da mina são os resíduos provenientes dos restaurantes, alojamentos, escritórios, instalações de empresas contratadas, instalações industriais e das obras e manutenções civis.

Os resíduos gerados nos alojamentos, pelos operários da mina, constituem-se principalmente de lixo seco (papel, papelão, plásticos, trapos, embalagens diversas, resíduos de asseios e vidros). A geração de resíduo úmido por parte dos operários é insignificante, pois os mesmos fazem suas refeições diárias no restaurante da mina. Assim, não há separação de lixo seco e úmido. Os resíduos são depositados em lixeiras dispostas ao longo dos alojamentos. Apenas os vidros e o lixo vegetal são acondicionados em caçambas distintas, havendo, em alguns pontos, lixeiras para plásticos.

Os resíduos são coletados três vezes por semana pelo caminhão compactador e encaminhados à Unidade de Triagem e Compostagem e ao Aterro. O lixo vegetal é coletado conforme a rotina de capina e poda e os vidros são coletados pelo caminhão Brook, uma vez por semana, e encaminhados diretamente ao aterro.

A figura 29 demonstra a disposição das lixeiras ao longo do alojamento. Percebe-se em primeiro plano a utilização de lixeiras vermelhas e azuis provenientes de tambores. Ao fundo lixeiras vermelhas de plástico ao longo dos alojamentos.



Figura 29 - Disposição de lixeiras no alojamento.

Fonte: Registrado durante a visita as áreas de Porto Trombetas

Os resíduos gerados nos restaurantes da Mina constituem-se, principalmente, dos restos de alimentos das refeições. Há também resíduos de óleos e gorduras, além de papéis, papelão, plásticos e latas em geral. Há a separação de lixo úmido (restos de alimentos), óleos, gorduras, papelão e vidros.

A coleta do lixo úmido e lixo seco é feita quatro vezes por semana pelo caminhão compactador. Os restos de alimentos são encaminhados à UTC para compostagem e o lixo seco para separação e reciclagem. Os óleos são armazenados em tambores, coletados e encaminhados ao Seiri (TCM), para posterior envio por navio à cidade de Belém. A gordura que é despejada na caixa de gordura do restaurante é coletada quinzenalmente pelo caminhão limpa fossa e encaminhada para o aterro. Os vidros são armazenados em caçambas, coletados pelo caminhão Brook uma vez por semana e encaminhados ao aterro.

As figuras 30 e 31 demonstram os locais de armazenamento de lixo dos restaurantes da mina. Os óleos usados e papelões e plásticos, são acondicionados em tambores e caçambas, respectivamente. Os outros resíduos são acondicionados em sacos plásticos no interior da câmara de lixo.



Figura 30 - Câmara de lixo do restaurante.

Fonte: Registrado durante a visita as áreas de Porto Trombetas



Figura 31 - Área de caçambas de lixo seco e óleos.

Fonte: Registrado durante a visita as áreas de Porto Trombetas

O lixo público gerado em toda área industrial da mina constitui-se, basicamente, de lixo vegetal originado das capinas, podas e limpezas de canaletas e bocas-de-lobo, além de lixo seco gerado pelos operários, dispostos em lixeiras de vias públicas. São armazenados, coletados e transportados mediante demanda ou cronograma de rotina para capina, poda e limpeza.

#### 4.2.1.1 - Resíduos de Construção Civil na área industrial da Mina

Principais empresas de construção e manutenção civil instaladas na mina:

- Hamad Engenharia
- Diedro Construções
- Mavefer engenharia
- GR S.A
- Souza Terraplenagem
- Electrom

A geração de entulho oriundo de obras civis, reformas, movimentação de terra e demolição nas áreas da mina. São normalmente armazenados em caçambas, tambores e *containers* e transportados por diversos tipos de caminhões para a área do aterro. Constituem-se, basicamente, de madeiras, tijolos, pedras, concretos, argamassa, e outros materiais inertes. O entulho gerado pelas empresas contratadas, é transportado pelas próprias empresas e despejado na área disposta para entulho no aterro.

A figura 32 a seguir demonstra o transporte de entulho da construção civil para a área do aterro.



Figura 32 - Transporte de entulho da construção civil.

Fonte: Registrado durante a visita as áreas de Porto Trombetas

#### 4.2.2 - Área industrial do Porto

Os resíduos sólidos gerados na área industrial do porto são os resíduos provenientes dos escritórios e áreas de processo industrial, bem como instalações de apoio ao complexo urbano como, por exemplo, portos, aeroportos, ETE, ETA e igarapés, dentre outros.

Os resíduos gerados no aeroporto e nos portos de passageiros são armazenados em lixeiras diversas e não há separação. São coletados pelo caminhão compactador três vezes por semana e encaminhados para área do aterro.

A figura 33 ilustra a lixeira disposta na área do porto de passageiros que é utilizada para deposição do lixo das embarcações.



Figura 33 - Lixeira utilizada no porto.

Fonte: Registrado durante a visita as áreas de Porto Trombetas

Os resíduos gerados nos escritórios, setores industriais e demais instalações constituem-se principalmente de papel, papelão, plásticos, vidros, embalagens diversas e resíduos originados de asseio de funcionários.

Em algumas áreas de lazer, como os igarapés, há a geração de lixo úmido proveniente, principalmente, das cozinhas dos restaurantes/lanchonetes instalados. O lixo destes locais é disposto em lixeiras comuns e caçambas. São recolhidos pelos próprios comerciantes e usuários e dispostos nas lixeiras ou caçambas na vila residencial. São recolhidos pela mesma equipe de coleta de resíduos da vila.

Todavia, na área industrial do porto não há separação de lixo seco e úmido, com exceção de alguns locais, onde os resíduos, como por exemplo, copos descartáveis e vidros, são dispostos em compartimentos específicos. A coleta dos resíduos é feita três vezes por semana pelo caminhão compactador e pelo Brook (para os resíduos dispostos em caçambas) e encaminhados para o aterro.

#### 4.2.2.1 - Resíduos de Construção Civil na área industrial do Porto

Principais empresas de construção e manutenção civil instaladas no Porto:

- Hamad Engenharia
- Martop Engenharia
- GR S.A
- Mil Arts
- Electrom
- NJ isolamentos

A geração de entulho oriundo de obras civis, reformas e demolição nas áreas do porto. São normalmente armazenados em caçambas, tambores e *containers* e transportados por diversos tipos de caminhões para a área do aterro. Constituem-se, basicamente, de madeiras, tijolos, pedras, concretos, argamassa, latas, plásticos e outros materiais inertes. O entulho gerado pelas empresas contratadas, é transportado pelas próprias empresas e despejado na área disposta para entulho no aterro.

### 4.2.3 - Área Residencial e Comercial

Os resíduos sólidos gerados na área residencial e comercial são os resíduos provenientes dos restaurantes CD e CH, vilas residenciais, alojamentos, comércio, hospital e ambulatórios, feiras e clubes, dentre outros.

- Alojamentos

Os resíduos gerados nos alojamentos constituem-se, principalmente, de lixo seco (papel, papelão, plásticos, trapos, embalagens diversas, resíduos de asseios e vidros). Não há separação de seco e úmido. Os resíduos são depositados em lixeiras vermelhas dispostas ao longo dos alojamentos. Apenas os vidros e o lixo vegetal são acondicionados em caçambas distintas. Os resíduos são coletados três vezes por semana pelo caminhão compactador e encaminhados à Unidade de Triagem e Compostagem e ao Aterro.

O lixo vegetal é coletado conforme a rotina de capina e poda e os vidros são coletados pelo caminhão Brook, uma vez por semana, e encaminhados diretamente ao aterro.

- Residências

Cada residência dispõe de duas lixeiras, uma amarela para o lixo úmido e outra vermelha para o lixo seco. Nas ruas das vilas evidenciam-se caçambas em locais estratégicos para recolhimento de entulho, papelões e lixo vegetal.

O lixo úmido é coletado pelo caminhão compactador todas as segundas, quartas e sextas-feiras e é encaminhado para a compostagem. O lixo seco é coletado às terças e quintas-feiras pelo caminhão compactador e encaminhado para a UTC. As caçambas com lixo vegetal e vidros são coletadas pelo caminhão Brook cinco

vezes por semana e uma vez por semana, respectivamente, e encaminhadas para o aterro.

A figura 34 a seguir demonstra o tipo de lixeira utilizada pelas residências.



Figura 34 - Exemplo de lixeira usada nas vilas residenciais.

Fonte: Retirado durante a visita as áreas de Porto Trombetas

Constatou-se em vários locais a disposição indevida de resíduos pelos moradores. Em alguns casos, apesar do aviso de atenção sobre quais os resíduos permitidos, constantes em uma placa localizada ao lado da caçamba, o mesmo foi ignorado. Determinadas caçambas, destinadas exclusivamente ao recolhimento de lixo vegetal são utilizadas indevidamente, por alguns moradores, como acondicionamento de lixo domiciliar. Percebeu-se, ainda, que grande parte do lixo recolhido na vila apresentou-se misturado, ou seja, composto por lixo úmido e seco.

As figuras 35 e 36, a seguir, demonstram a colocação indevida de lixo domiciliar junto com o lixo vegetal. Na figura 36, percebe-se que, independentemente de existir uma placa de aviso chamando a atenção para a caçamba específica, o lixo está sendo depositado no chão.



Figura 35 - Lixo vegetal misturado.

Fonte: Retirado durante a visita as áreas de Porto Trombetas



Figura 36 - Uso inadequado da caçamba

Fonte: Retirado durante a visita as áreas de Porto Trombetas

- Comércio

Os resíduos gerados nos estabelecimentos comerciais, como bares e restaurantes, também são armazenados em lixeiras comuns para secos e úmidos. Em alguns casos há o armazenamento separado, como no caso do Restaurante late.

O centro comercial dispõe de caçamba para a deposição de papelão, devido ao volume elevado de resíduos gerados, principalmente pelo supermercado,

funcionando, assim, como uma estação de transbordo. Entretanto, não há padronização dos coletores e muitos não possuem tampa para evitar a entrada de água da chuva. As figuras 37 e 38, a seguir, demonstram alguns tipos de recipientes utilizados pelos comerciantes locais.



Figura 37 - Recipientes dispostos nas feiras.

Fonte: Retirado durante a visita as áreas de Porto Trombetas



Figura 38 - Recipientes usados pelo restaurante

Fonte: Retirado durante a visita as áreas de Porto Trombetas

#### 4.2.3.1 - Resíduos de Construção Civil na área residencial e comercial

Principais empresas de construção e manutenção civil que atuam nesta área:

- GR S.A
- Hamad Engenharia
- Mil Arts
- Electrom

O entulho de obras, oriundo das reformas civis na área residencial e comercial, é depositado em caçambas específicas ou em locais temporários e, posteriormente, é recolhido pela Limpeza Urbana e encaminhado para a área do aterro.

A empresa GR S.A responsável pela manutenção civil das áreas residenciais possui um calendário semanal de coletas de entulhos, não dependendo da limpeza urbana para a coleta, transporte e destinação dos RCC para o aterro.

A tabela 10 a seguir, demonstra a frequência de coleta de lixo realizada atualmente pela Limpeza Urbana em Porto Trombetas.

Tabela 10 - Frequência de coleta dos resíduos.

LOCAIS DE COLETA	ÁREA	LIXO SECO	LIXO ÚMIDO	LIXO VEGETAL	VIDROS
Alcanceamentos Mina	Área Industrial da Mina	3 vezes por semana	3 vezes por semana	Segue Rotas de Capina e Poda	1 vez por semana
Edifício "Multi-função"; Edifício da Troca de Turno; Guarita (Área Industrial da Mina); Mavefer; PO – Mina; Sctreg; TBBE; TBBI; TBBM; TBBR; TFI; TMDE; TMDT-TMLC-TPMO-TML; TMO; TPMC-TPMP; U&M; Almeida; Aviso; Fidens; Saracá; Souza;	Área Industrial da Mina	3 vezes por semana	3 vezes por semana	Sob Demanda	1 vez por semana
Escritório Central – Mina; Restaurante Mina; Mini-Restaurante Almeida; Mini-Restaurante Aviso; Mini-Restaurante Saracá	Área Industrial da Mina	4 vezes por semana	4 vezes por semana	Sob Demanda	1 vez por semana
A Inoxidado Porto; Carregador de Vagões; Embarque; Escritório Central – Porto; Estação Ferroviária; Guarita (Área Industrial do Porto); Igarapé 14 e Riacho Doce; Oficina de Veículos Leves; PDL; PO – Porto; Pool; Secagem; Sede Campestre; Sindicato; TAD; TPE; TPGO - Usina de Geração II; TPGO - Usina de Geração I; TPM; TPOE; UG II; Virador de Vagões	Área Industrial do Porto	3 vezes por semana	3 vezes por semana	Sob Demanda	1 vez por semana
Clube Igarapé Rio das Pedras	Área Industrial do Porto	2 vezes por semana	2 vezes por semana	Sob Demanda	1 vez por semana
Aeroporto; Brigada	Área Industrial Porto	3 vezes por semana	3 vezes por semana	Segue Rotas de Capina e Poda	1 vez por semana
Loaiva; Electron; D-Service	Área Industrial Porto	3 vezes por semana	3 vezes por semana	Sob Demanda	1 vez por semana
Alojamentos Porto; Anexo Casa de Hóspedes; Assembléia de Deus; Cajual; Casa de Hóspedes; Centro Católico; Centro Comercial; Delegacia; ETE; Feira Livre; Hospital; Iate Clube; Petrobrás; Posto de Gasolina; Restaurante CD; Sorveteria; Supermercado; Vias Públicas; MEC Lanches	Área Residencial e Comercial	3 vezes por semana	3 vezes por semana	Segue Rotas de Capina e Poda	1 vez por semana
Depósito GR; Recebimento; Sangás	Área Residencial e Comercial	3ª-feira e 5ª-feira	2ª-feira, 4ª-feira e 6ª-feira	Segue Rotas de Capina e Poda	1 vez por semana

Fonte: Mineração Rio do Norte S.A

Tabela 10 - Continuação

LOCAIS DE COLETA	ÁREA	LIXO SECO	LIXO ÚMIDO	LIXO VEGETAL	VIDROS
Linave	Área Residencial e Comercial	3ª-feira e 5ª-feira	2ª-feira, 4ª-feira e 6ª-feira	Sob Demanda	1 vez por semana
Balsa Mapuera; Rebocador Vitória	Área Residencial e Comercial	3ª-feira e 5ª-feira	2ª-feira, 4ª-feira e 6ª-feira	---	1 vez por semana
Balsa de Embarque	Área Residencial e Comercial	3 vezes por semana	3 vezes por semana	---	1 vez por semana
Vilas	Área Residencial e Comercial	3ª-feira e 5ª-feira	2ª-feira, 4ª-feira e 6ª-feira	5 vezes por semana	1 vez por semana

Os vasilhames de óleo lubrificante são depositados num ponto de coleta localizado ao lado do supermercado, sendo coletados pela Limpeza Urbana e transportados para um local denominado Seiri (TCM).

Os resíduos industriais gerados nas áreas da mina e do porto são armazenados em pontos específicos, coletados pelo Departamento de manutenção civil (TAM) e destinados, também, ao Seiri.

As lâmpadas, baterias e cartuchos de tintas são depositados em pontos específicos localizados ao lado do supermercado e na feirinha.

A figura 39 demonstra o local de deposição de vasilhames de óleos, lâmpadas e baterias, dentre outros, no centro comercial.



Figura 39 - Ponto de coleta de resíduos especiais.

Fonte: Retirado durante a visita as áreas de Porto Trombetas

Constatou-se a necessidade da criação de mais pontos para o recebimento de resíduos especiais na vila, além do reposicionamento de algumas lixeiras específicas, como no caso da figura 40, a seguir.



Figura 40 - Local inadequado para lixeira de recolhimento de baterias.

Fonte: Retirado durante a visita as áreas de Porto Trombetas

Todos os resíduos encaminhados para o Seiri, de responsabilidade da área de manutenção civil (TAM), são transportados de balsa para Belém, através da

empresa transportadora chamada Linave, para uma destinação adequada as normas ambientais.

Percebe-se que Porto Trombetas conta com diversos tipos de lixeiras de cores variadas. Existem lixeiras de metal com ou sem tampa, lixeiras de madeira, tambores médios e grandes, *containers*, caçambas, lixeiras de plástico com ou sem tampa, dentre outras, evidenciando a necessidade de padronização dos recipientes. A figura 41, a seguir, mostra o pátio de embarque das carretas de sucatas e resíduos industriais (Seiri).



Figura 41 - Pátio de embarque de sucatas industriais

Fonte: Retirado durante a visita as áreas de Porto Trombetas

O padrão estabelecido pela MRN para a coleta é Lixeiras amarelas para o lixo úmido e lixeiras vermelhas para o lixo seco. Entretanto, constatou-se que, efetivamente, não há uma padronização no campo. Alguns locais invertem as cores e outros, onde não há coleta segregada de seco e úmido, utilizam recipientes de cores variadas, diferentes do vermelho e do amarelo.

A figura 42 demonstra a utilização da cor amarela para o lixo seco e a cor vermelha para o lixo úmido ( fora do padrão estabelecido). Percebe-se também a utilização de lixeiras artesanais de metal com tampas.



Figura 42 - Lixeiras amarelas utilizadas para o lixo seco

Fonte: Retirado durante a visita as áreas de Porto Trombetas

## 5 - REGISTRO DE ALGUMAS OBRAS EXECUTADAS EM PORTO TROMBETAS.



Figura 43 – Construção de base para repotenciamento do empurrador de vagões

Fonte: Durante visita as obras de Porto Trombetas



Figura 44 – Construção da torre de resfriamento da usina termoelétrica  
Fonte: Durante visita as obras de Porto Trombetas



Figura 45 – Construção de base para estruturas do porto  
Fonte: Durante visita as obras de Porto Trombetas



Figura 46 – Construção caixa de passagem para rede de esgoto da mina  
Fonte: Durante visita as obras de Porto Trombetas



Figura 47 – Construção de bases para tubulações novas da Usina termoeletrica

Fonte: Durante visita as obras de Porto Trombetas



Figura 48 – Construção de uma subestação na área do porto

Fonte: Durante visita as obras de Porto Trombetas



Figura 49 – Remodelação dos banheiros da área de beneficiamento de minério

Fonte: Durante visita as obras de Porto Trombetas



Figura 50– Reforma dos banheiros dos alojamentos da mina

Fonte: Durante visita as obras de Porto Trombetas



Figura 51 – Reforma dos alojamentos da área do porto

Fonte: Durante visita as obras de Porto Trombetas



Figura 52 – Construção escadas para acesso aos tanques de rejeito de minério

Fonte: Durante visita as obras de Porto Trombetas



Figura 53 – Demolição de calçada e asfalto para interligação de tubulação.

Fonte: Durante visita as obras de Porto Trombetas



Figura 54 – Impermeabilização onde estão instaladas as tancagens de óleo diesel.

Fonte: Durante visita as obras de Porto Trombetas

## 6 - REGISTROS DE SEGREGAÇÃO E ISOLAMENTO DOS ENTULHOS GERADOS EM PORTO TROMBETAS

Procedimento padronizado em todas as empresas de construção e manutenção de Trombetas:



Figura 55 – Segregação e isolamento de entulhos  
Fonte: Durante visita as obras de Porto Trombetas



Figura 56 – Segregação e isolamento de entulhos  
Fonte: Durante visita as obras de Porto Trombetas



Figura 57 – Placa informativa de entulhos com data de retirada e responsável

Fonte: Durante visita as obras de Porto Trombetas



Figura 58 – Segregação e isolamento de entulhos

Fonte: Durante visita as obras de Porto Trombetas





Análise Ambiental de Obra					
				Projeto	Outros
				0	0
				5/1/2009	
				C-02	
Título da Obra:		RISO IPOU		Designação da Obra:	
Empresa Responsável:		Madrugada		Localização da obra (rua, bairro, cidade, estado):	
Inscrição de Licença (LCP/LC/LCA/LOA/OS):		07.0550-07			
Empresa contratada:		LABAD Engenharia		Fonte Financiadora (FA):	
Responsável pela Análise:		Dea Leitesa		Tempo de duração:	
Leis para análise Ambiental	S/N	Quais? (caso necessite justificas)	Fatores ambientais que podem ser afetados		Prazo
			Leis que se aplicam	Atividades necessárias para mitigar os impactos ambientais da obra	
1) A obra a ser executada (a) Utiliza terra para algum tipo de projeto, construção, reforma, ampliação, reforma, melhoria, etc. ou etc? (b) Será realizado serviços contínuos para o projeto - contínuos ou fita de obras - obras de corte e em obras marginais, obras que possam afetar ou causar danos por erosão, graves vibrações, ruídos etc? (c) Será realizado serviços de contínuos para o projeto - contínuos ou fita de obras - obras de corte e em obras marginais, obras que possam afetar ou causar danos por erosão, graves vibrações, ruídos etc?	X	- Atividade de construção	NT-01	Plano de gerenciamento ambiental, projeto de controle e monitoramento de água e solo. Medidas ativas de mitigação - dragagem, corte, aterro, etc. etc.	Contínuo Início a obra
(b) Será realizado serviços contínuos para o projeto - contínuos ou fita de obras - obras de corte e em obras marginais, obras que possam afetar ou causar danos por erosão, graves vibrações, ruídos etc? (c) Será realizado serviços de contínuos para o projeto - contínuos ou fita de obras - obras de corte e em obras marginais, obras que possam afetar ou causar danos por erosão, graves vibrações, ruídos etc?	X	- Atividade de construção	Decreto nº 14/98 Dec. Lei 1410/99 Lei Estadual 4903/00	Plano de gerenciamento ambiental, projeto de controle e monitoramento de água e solo. Medidas ativas de mitigação - dragagem, corte, aterro, etc. etc.	Contínuo Início a obra
(c) Será realizado serviços de contínuos para o projeto - contínuos ou fita de obras - obras de corte e em obras marginais, obras que possam afetar ou causar danos por erosão, graves vibrações, ruídos etc?	X	- Atividade de construção - Instalação de aterro	NT-05	Plano de gerenciamento ambiental, projeto de controle e monitoramento de água e solo. Medidas ativas de mitigação - dragagem, corte, aterro, etc. etc.	Contínuo Início a obra
(d) Será realizado serviços, como plantio, poda, manutenção, etc. ou etc? (e) Será realizado serviços, como poda, poda, manutenção, etc. ou etc?	X		Decreto nº 14/98 Lei Estadual 4903/00	Plano de gerenciamento ambiental, projeto de controle e monitoramento de água e solo. Medidas ativas de mitigação - dragagem, corte, aterro, etc. etc.	Contínuo Início a obra
(f) Será realizado serviços, como poda, poda, manutenção, etc. ou etc? (g) Será realizado serviços, como poda, poda, manutenção, etc. ou etc?	X	- Poda	Decreto nº 14/98 Decreto 7000/99 Lei nº 1410/99 Lei Estadual 4903/00 Lei nº 1277/04 Lei nº 10081 Lei nº 6003/00	Plano de gerenciamento ambiental, projeto de controle e monitoramento de água e solo. Medidas ativas de mitigação - dragagem, corte, aterro, etc. etc.	Contínuo Início a obra

Figura 60 – Formulário padrão de análise ambiental preenchido.

Fonte: MRN



## **8 - CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS**

A caracterização dos resíduos sólidos é um fator relevante no contexto de projetos que objetivem o estudo dos resíduos sólidos urbanos de uma determinada população.

As características do lixo variam em função de vários fatores, como por exemplo, aspectos sociais, econômicos, culturais, geográficos e climáticos. Portanto, podem variar de acordo com cada comunidade ou cidade e variar, também, em segmentos dentro destas comunidades ou cidades. A análise do lixo pode ser realizada segundo suas características físicas, químicas e biológicas, dependendo do objetivo do trabalho.

### **8.1 - A COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA**

A MRN desenvolveu em 2007 um estudo das características físicas do lixo gerado pela comunidade de Porto Trombetas e obteve subsídios para a avaliação do dimensionamento dos sistemas de coleta, transporte, tratamento e destinação final dos resíduos sólidos urbanos.

A composição gravimétrica é um dos métodos utilizados na caracterização física do lixo e tem o objetivo de traduzir o percentual de cada componente em relação ao peso total da amostra analisada.

Foram feitas duas coletas para a determinação da composição gravimétrica, onde foram coletadas várias amostras do lixo domiciliar e comercial, em diversos pontos da Vila de Porto Trombetas, no período compreendido entre dezembro de 2007 e janeiro de 2008.

- Resultados

Os resultados parciais obtidos na composição gravimétrica estão apontados na tabela 11 a seguir. Já a tabela 12 demonstra o resultado geral da composição gravimétrica, obtido pela média dos resultados parciais.

Tabela 11 - Resultado parcial da composição gravimétrica.

Fonte: Mineração Rio do Norte S.A

RESULTADO PARCIAL DA COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS EM PORTO TROMBETAS					
Frações	Componentes	Lixo Seco Vila		Lixo Úmido/Restaurante	
		PESO (kg)	%	PESO (kg)	%
Matéria Orgânica Putrescível	Resto de Alimentos	19,6	14,66	195,5	80,8
	Madeira	1,2	0,9	0,1	0,0
Papel e Papelão	Papéis recicláveis	14,2	10,6	3,7	1,5
	Tetra Pak	2,5	1,9	0,9	0,4
	Papelões	16,6	12,4	4,5	1,9
Plásticos	Plástico maleável	8,8	6,6	12,3	5,1
	Plástico rígido	7,2	5,4	1,7	0,7
	PET	4,8	3,6	0,1	0,0
Metais	Alumínio	1,6	1,2	1,2	0,5
	Metais ferrosos	7,0	5,2	0,9	0,4
Vidros	Vidros em Geral	9,1	6,8	1,0	0,4
Outros	Trapos, borracha, rejeitos, ossos, etc.	29,7	22,2	9,9	4,1
	Isopor	0,7	0,5	0,4	0,2
	Papel toalha/Fraldas	10,7	8,0	9,8	4,1
Total		133,7	100	242	100

Tabela 12 - Resultado geral da composição gravimétrica.

Fonte: Mineração Rio do Norte S.A

<b>RESULTADO GERAL DA COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS EM PORTO TROMBETAS</b>			
<b>FRAÇÕES</b>	<b>COMPONENTES</b>	<b>PESO (kg)</b>	<b>%</b>
Matéria Orgânica Putrescível	Resto de Alimentos	215,1	57,3
	Madeira	1,3	0,3
Papel e Papelão	Papéis recicláveis	17,9	4,8
	Tetra Pak	3,4	0,9
	Papelões	21,1	5,6
Plásticos	Plástico maleável	21,1	5,6
	Plástico rígido	8,9	2,4
	PET	4,9	1,3
Metais	Alumínio	2,8	0,7
	Metais ferrosos	7,9	2,1
Vidros	Vidros em Geral	10,1	2,7
Outros	Trapos, borracha, rejeitos, ossos, etc.	39,6	10,5
	Isopor	1,1	0,3
	Papel toalha/Fraldas	20,5	5,5
<b>TOTAL</b>		<b>375,7</b>	<b>100</b>

Ressalta-se que alguns materiais, como vidros, baterias, lâmpadas e alguns papelões, têm acondicionamento e destinação diferenciada. Portanto, ou não foram considerados ou sofreram alterações da sua classificação quanto a sua composição.

A caracterização dos RCC será mostrada na tabela xxx quando apresentarmos o estudo para a instalação da usina de reciclagem de entulhos.

## 8.2 - PESO ESPECÍFICO APARENTE

O peso específico é a relação entre a massa e o volume do lixo, e é expressa em Kg/m<sup>3</sup>. O cálculo desta relação auxilia no dimensionamento da frota de coleta, bem como dos meios de transporte, tratamento e área necessária para a disposição final dos resíduos.

Como a coleta de lixo de Porto Trombetas já opera com o sistema de separação de seco e úmido, considerou-se a densidade aparente atualmente utilizada pelo serviço de limpeza urbana, a qual foi calculada em 2007 com o objetivo de mensurar e controlar o peso dos resíduos recebidos na UTC.

Portanto, a tabela 13 apresenta os resultados do peso específico dos lixos seco vila, úmido da vila e úmido do restaurante.

Tabela 13 - Densidade aparente dos resíduos de Porto Trombetas

Fonte: MRN

DENSIDADE APARENTE DOS PRINCIPAIS RESÍDUOS COLETADOS PELA LIMPEZA URBANA		
Lixo Seco Vila	Lixo Úmido Vila	Lixo Úmido Restaurante
111 Kg/m <sup>3</sup>	426 Kg/m <sup>3</sup>	695 Kg/m <sup>3</sup>

### 8.3 - GERAÇÃO PER CAPITA DE RESÍDUOS

A tabela 14 a seguir demonstra os dados utilizados no cálculo da geração per capita de resíduos de Porto Trombetas.

Tabela 14 - Geração per capita em Porto Trombetas.

Fonte: Mineração Rio do Norte S.A

QUADRO DE GERAÇÃO PER CAPITA DE RESÍDUOS DE PORTO TROMBETAS				
Tipo de resíduos	Densidade Aparente	Geração Mensal (volume médio)	Peso (Ton/mês)	Geração Per Capita (diária)
Lixo Seco Vila	111 Kg/m <sup>3</sup>	557 m <sup>3</sup> /mês *	61,83	0,32
Lixo Úmido Vila	426 kg/m <sup>3</sup>	17,46 m <sup>3</sup> /mês **	7,44	0,04
Lixo Úmido Restaurante	695 kg/m <sup>3</sup>	20,36 m <sup>3</sup> /mês **	14,15	0,07
Vidros	2.550 kg/m <sup>3</sup> ***	6,67 m <sup>3</sup> /mês *	17,00	0,09
<b>TOTAL</b>				<b>0,52 kg/hab.dia</b>
* Dados da média obtida pelo demonstrativo de produtividade da MRN ** Dados da média obtida pelos resíduos recebidos na UTC/MRN. *** Dado médio da variação 2,4~2,7 sobre a densidade do vidro. fonte: <a href="http://www.feiradeciencias.com.br/sala19/texto74">http://www.feiradeciencias.com.br/sala19/texto74</a> .				

## **9 – DESTINAÇÕES DOS RESÍDUOS DE PORTO TROMBETAS**

### **✓ USINA DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM - UTC**

### **✓ ATERRO**

#### **9.1 – USINA DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM DE TROMBETAS**

A Usina de Triagem e Compostagem (UTC) de Porto Trombetas está instalada em uma área adjacente ao aterro de resíduos e processa a separação de materiais recicláveis, além da compostagem da matéria orgânica recebida.

A UTC conta com um prédio administrativo que possui 01 escritório, 01 refeitório, 02 banheiros e 01 almoxarifado para guarda de materiais além de um poço profundo com bomba e caixa d'água para o auxiliar os processos de limpeza da UTC.

Possui uma área de processamento do material recebido pela coleta da limpeza urbana. Existe um silo de 13,4 m<sup>3</sup> que recebe o lixo despejado dos caminhões, 01 esteira de triagem e uma área de prensagem e estocagem do material reciclado. Dispõe, ainda, de um pátio de compostagem com 600m<sup>2</sup> sendo 400m<sup>2</sup> cobertos e 200m<sup>2</sup> descobertos, onde são manejadas as leiras de produção do composto orgânico e possui também uma área de peneiramento e estoque do composto maturado. É operada de segunda a sábado e conta com 08 funcionários, incluindo operação e administração. As segundas, quartas e sextas-feiras são designadas para a triagem do lixo úmido da vila e dos restaurantes, a partir do qual é produzido o composto orgânico. Já às terças, quintas e sábados é feito o recebimento e triagem do lixo seco, do qual são separados papelões, plásticos rígidos, garrafas PET, e latinhas de alumínio. Este material, após separação e prensagem, é estocado em um galpão para posterior doação à entidade assistencial cadastrada pela Mineração Rio do Norte.

O processo de triagem, bem como algumas instalações, está ilustrado na figura 61 a seguir. Percebe-se, em primeiro plano, a esteira com os resíduos orgânicos oriundos do restaurante. Logo após, a triagem sendo realizada pelos funcionários da UTC e ao fundo o galpão de estocagem do material reciclado.



Figura 61 - Processo de triagem na UTC.

Fonte: Retirada durante a visita as áreas de Porto Trombetas

Observou-se problemas técnicos e operacionais na UTC que impactam diretamente o processo produtivo da unidade, principalmente em relação à produção do composto orgânico.

Percebeu-se falha no processo de trituração dos resíduos orgânicos, com a presença de pedaços inteiros de material orgânico.

Importante destacar que, em uma das visitas, pôde-se observar o recebimento de material excessivamente úmido. O transporte dos resíduos era feito em caçamba sem lona plástica de cobertura e estava chovendo. Como resultado, após a trituração deste carregamento, o material adquiriu a consistência pastosa. Para a formação da leira foi utilizado o capim úmido em estoque, inviabilizando o início do processo de compostagem. Para a formação das leiras, cobertura e correção do balanço Carbono/Nitrogênio será necessário o processamento do material originado das podas e capinas. Constatou-se que a máquina trituradora de capim

e galhadas encontra-se inoperante devido a problemas técnicos, devendo ser reparada ou substituída.

No processo de formação das leiras, o material triturado é misturado com capim recolhido da capina da limpeza urbana que apresentava-se úmido ou mesmo encharcado nas datas das visitas. Tal fato, associado à umidade ambiente, mantém as leiras com um alto teor de umidade por vários dias, ocasionando o aparecimento de moscas e larvas em todo pátio de compostagem comprometendo, assim, o processo biológico de produção do composto.

No processo de monitoramento, constatou-se que o aparelho medidor de temperatura e umidade, modelo Rotronic Higrólog NT2 com sonda, não opera em condições satisfatórias, apresentando problemas em relação à medição de umidade, não fornecendo medições precisas.

A compostagem é um processo que deve acontecer sob um controle sistemático e intensivo, podendo ser afetada por diversos fatores físico-químicos e operacionais que devem ser considerados. Neste contexto, outro ponto relevante observado é a falta de preparo técnico do pessoal envolvido no processo. O não conhecimento sistêmico do processo por parte dos operadores, dificulta a identificação de aspectos que interfiram negativamente na compostagem, impedindo a tomada de decisão imediata de ações corretivas e preventivas.

A figura 62 a seguir, demonstra o processo de formação da leira misturada com capim. Percebe-se ao fundo a disposição das leiras já formadas e sua conformação.

A figura 63 mostra o local de tratamento do chorume gerado a partir das leiras. Este processo de tratamento de chorume também recebe a contribuição de águas pluviais.



Figura 62 - Formação das leiras com adição de capim.

Fonte: Retirada durante a visita as áreas de Porto Trombetas



Figura 63 Tratamento de chorume da UTC

Fonte: Retirada durante a visita as áreas de Porto Trombetas

Outro aspecto relevante observado refere-se à inexistência de uma balança rodoviária para pesagem do material recebido na UTC e no Aterro. Este equipamento é de suma importância na padronização da composição das leiras bem como do controle do volume de material destinado ao aterro. Atualmente, o controle do material recebido na UTC é feito em volume ( $m^3$ ) medido no silo de entrada e, através de um fator de conversão, obtém-se o peso do material.

Este mesmo processo é utilizado para os resíduos que são direcionados diretamente para o aterro, como no caso dos resíduos de construção civil. Entretanto, estes resíduos não têm densidades conhecidas, então não são utilizados fatores de conversão para peso, apenas o volume (m<sup>3</sup>).

A tabela 12, a seguir, demonstra os aspectos diagnosticados na UTC de Porto Trombetas.

Tabela 15 - Aspectos diagnosticados na UTC.

Aspectos	Conseqüências
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Ausência de Balança</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Não ocorre a padronização quantitativa na composição das leiras, bem como o controle dos resíduos destinados ao aterro;</li> <li>✓ A densidade dos resíduos não é monitorada;</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Resíduos recebidos na UTC excessivamente úmidos;</li> <li>✓ Utilização de capim úmido nas leiras</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Umidade alta das leiras, fora dos padrões necessários para a eficiência do processo;</li> <li>✓ Produção e liberação excessiva de chorume da pilha durante a compostagem;</li> <li>✓ Alta proliferação de mosquitos;</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Trituração irregular dos resíduos destinados à compostagem</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Comprometimento da maturação e desequilíbrio do processo de compostagem;</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Ineficiência do instrumento de medição de umidade e temperatura</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Falha no monitoramento de controle de umidade e temperatura;</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Falta de qualificação e conhecimento técnico por parte dos operadores</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Demora e/ou inexistência de ações corretivas e preventivas para a condução adequada do processo.</li> </ul>

## 9.2 – ATERRO DE PORTO TROMBETAS

A área do aterro dista aproximadamente 3 km da área residencial de Porto Trombetas e possui aproximadamente 13 hectares. Esta área é utilizada há 20 anos para o aterro dos resíduos e segundo informações locais. Antes da operação do aterro havia uma fazenda instalada no local. Seu acesso é feito pela rodoferrovia que liga a área do porto à área da mina. Todos os resíduos sólidos urbanos de Porto Trombetas são descartados na área do aterro, conforme demonstram as figuras 64 e 65, exceto os resíduos que são reaproveitados ou que possuem outra destinação final adequada, como é o caso dos resíduos industriais.



Figura 64 - Área do aterro de resíduos sólidos.

Fonte: Retirada durante a visita as áreas de Porto Trombetas



Figura 65 - Descarte de resíduos para aterramento.

Fonte: Retirada durante a visita as áreas de Porto Trombetas

Os resíduos domésticos são depositados em valas escavadas no terreno natural e cobertos com uma camada de terra, sem nenhuma compactação. O aterro não prescinde de nenhum sistema de coleta e tratamento do chorume, assim como de drenagem e queima do biogás.

Os resíduos de construção civil (RCC) das áreas da mina e do porto, são depositados na mesma área do aterro, porém em local distinto, sem cobertura ou compactação. São despejados diretamente no solo pelos caminhões, formando pilhas disformes e sem possibilidade de caracterização.

A figura 66 demonstra o local destinado ao aterro de entulho de obras, reformas e demolições das áreas da mina ,do porto e do núcleo urbano.



Figura 66 - Local específico no aterro destinado a receber os RCC.

Fonte: Retirada durante a visita as áreas de Porto Trombetas

## **10 - ESTUDOS PARA ADEQUAÇÃO E MELHORIAS DA GESTÃO DE RESÍDUOS DE PORTO TROMBETAS**

A Mineração Rio do Norte contratou consultores especializados para o desenvolvimento de estudos técnicos e viabilidade econômica para um novo modelo de gestão de resíduos, contemplando a criação de uma central de resíduos, a adequação do Aterro atual e um estudo para implantação de uma usina para reciclagem de resíduos de construção civil. Nesta monografia apresentaremos apenas o estudo para a implantação da Usina de Reciclagem de RCC em comparação com a criação de um aterro específico para RCD.

## **11 - ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA PARA IMPLANTAÇÃO DE UMA USINA DE RCD X ATERRO DE RCD.**

### **11.1 - OBJETIVO**

Estudar a viabilidade técnica e econômica de disposição final de Resíduo de Construção Civil - RCD, entre uma usina de beneficiamento de RCD x Aterro de RCD, levando-se em consideração os aspectos técnicos, econômicos e ambientais.

### **11.2 - DEFINIÇÃO**

De acordo com Resolução CONAMA 307/02, resíduos de construção civil – RCD, 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.

### **11.3 – LEGISLAÇÃO PERTINENTE**

Segundo a Resolução CONAMA 307/02:

Os geradores de resíduos da construção civil devem ser responsáveis pelos resíduos;

Art. 3º Os resíduos da construção civil deverão ser classificados:

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

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

Classe C - são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação (gesso);

Classe D: são resíduos perigosos oriundos do processo de construção (tintas, solventes, óleos e outros).

Art. 2º, IX - Aterro de resíduos da construção civil: é a área onde serão empregadas técnicas de disposição de resíduos da construção civil Classe "A" no solo, visando a reservação de materiais segregados de forma a possibilitar seu uso futuro e/ou futura utilização da área, utilizando princípios de engenharia para confiná-los ao menor volume possível, sem causar danos à saúde pública e ao meio ambiente;

#### 11.4 - CARACTERIZAÇÃO DOS RCD DE PORTO TROMBETAS

De acordo com amostragens feitas em campo e comparando com dados históricos da área responsável pelo gerenciamento de resíduos da MRN, a composição de resíduo de construção civil gerado na em Trombetas, está apresentado na tabela 16.

Tabela 16 – Caracterização dos RCD em Porto Trombetas

GERAÇÃO DE RCD NA ÁREA DE MANUTENÇÃO E OBRAS DE PORTO TROMBETAS					
Tipo de entulhos	Composição(%)	Volume(m³)		Massa(Ton.)	
		Dia	Ano	Dia	Ano
Concreto e Cerâmica	35	0,8	211,2	1,8	475,2
Madeir e Papéis	30	0,7	184,8	1,5	396
Ferroso	15	0,34	89,76	0,7	184,8
Plásticos	20	0,46	121,44	1,1	290,4
Total	100	2,3	607,2	5,1	1346,4

Fonte: MRN

### 11.5 - PROPOSTA DE VALA DE ATERRO ESPECÍFICA PARA OS RCD

Será adotada, para a disposição final de RCD de PTR, a mesma dimensão das trincheiras do novo aterro sanitário, conforme dados de projeto apresentados na tabela 17.

Tabela 17 – Dimensões da Vala

<b>PREMISSAS BÁSICAS DE PROJETO</b>	
<b>Largura da Trincheira</b>	<b>12,60m</b>
<b>Comprimento da Trincheira</b>	<b>40,80m</b>
<b>Profundidade da Trincheira</b>	<b>2,80m</b>
<b>Volume da Trincheira</b>	<b>777m<sup>3</sup></b>
<b>Recobrimento</b>	<b>20%</b>
<b>Volume Anual de Resíduo de Construção Civil - RCD</b>	<b>105m<sup>3</sup></b>
<b>Vida Útil da Trincheira do Aterro de RCD</b>	<b>6 anos</b>

Fonte: MRN

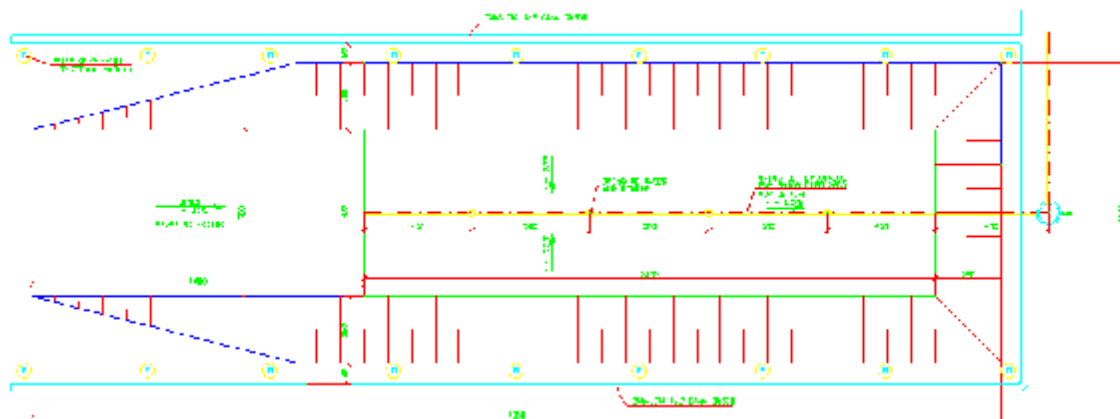


Figura 67 - Planta baixa:

Fonte: MRN

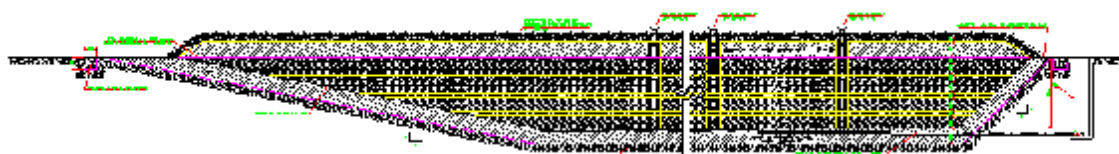


Figura 68 - Corte / Perfil:

Fonte: MRN

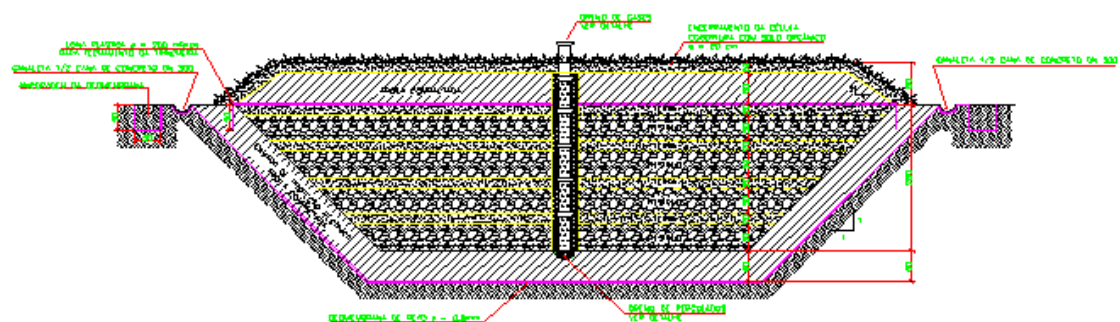


Figura 69 - Corte / Seção:

Fonte: MRN

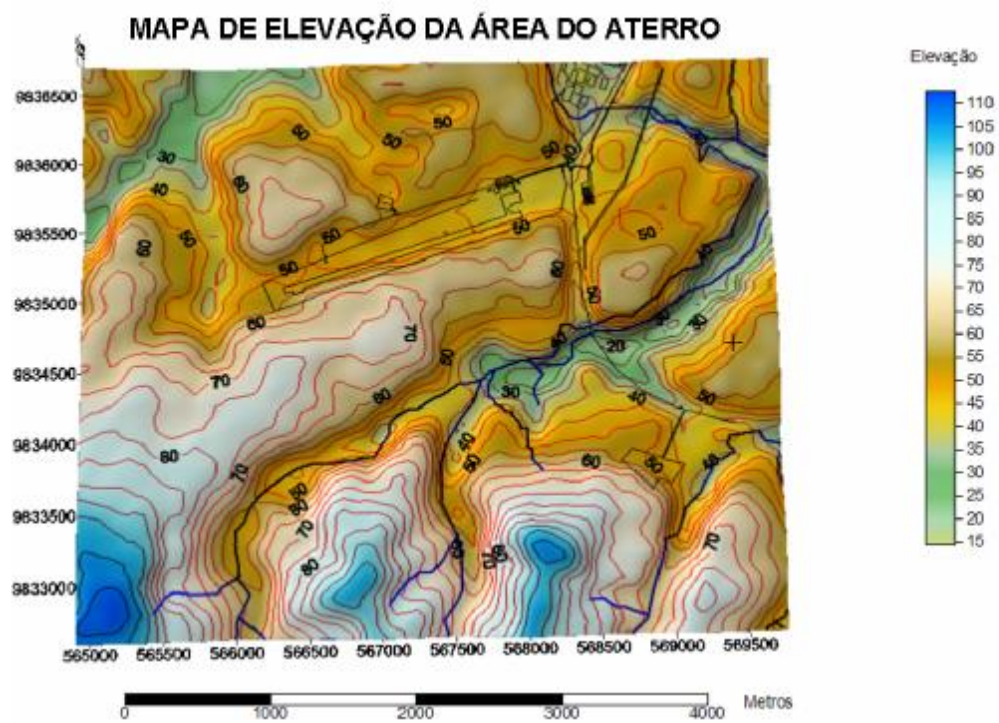
## 11.6 - SELEÇÃO DA ÁREA DE IMPLANTAÇÃO DO ATERRO-RCD

Em virtude de possíveis passíveis da atual área do aterro, em estudo, sugeriu-se uma nova área para a locação do novo aterro de RCD, sendo que será locado em área adjacente a do novo aterro sanitário, conforme figura 70.



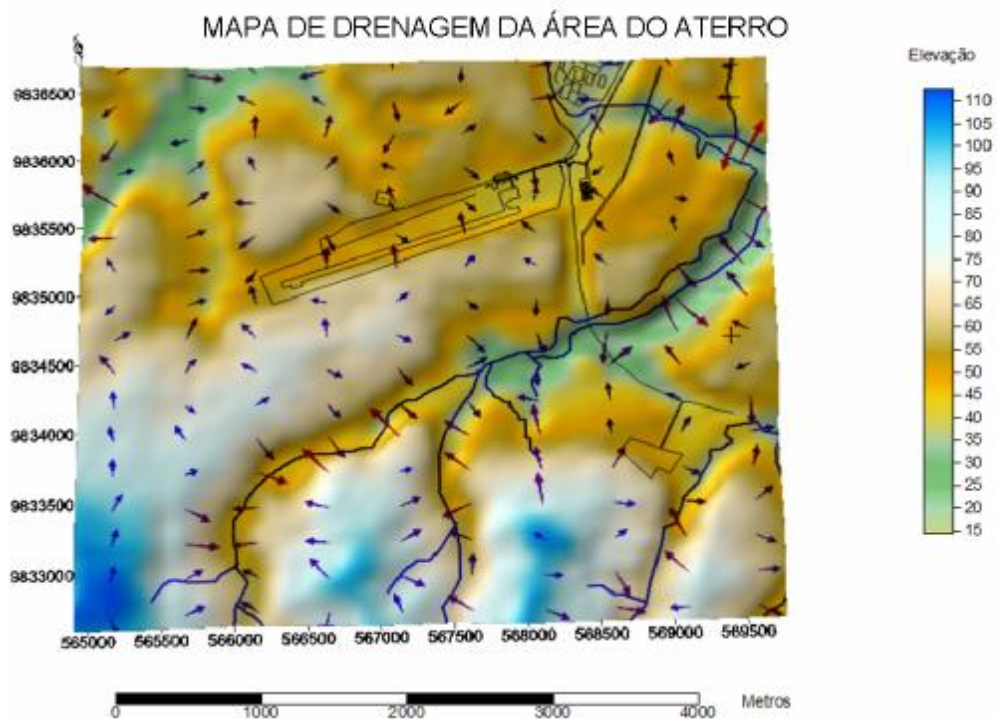
Figura 70 – Locação do aterro para RCD

Fonte: MRN



Mapa 2 – Mapa de elevação da área do aterro

Fonte: MRN



Mapa 3 – Mapa de drenagem da área do aterro

Fonte: MRN

## 11.7 – ESTIMATIVAS ORÇAMENTÁRIAS – ATERRO DE RCD

Tabela 18 – Estimativa orçamentária de investimento – Vala RCD

<b>ESTIMATIVA ORÇAMENTÁRIA DE INVESTIMENTO - VALA DE DISPOSIÇÃO DE RCD</b>					
Item	SERVIÇO	UN	Quant.	Total	Total C/BDI
<b>1.0</b>	<b>MOBILIZAÇÃO DE PESSOAL / EQUIPAMENTOS</b>				<b>42.000,00</b>
11	Mobilização de pessoal	vb	1,00	6.000,00	8.400,00
12	Desmobilização de Pessoal	vb	1,00	24.000,00	33.600,00
<b>2.0</b>	<b>MOVIMENTAÇÃO DE TERRA</b>				<b>14.408,04</b>
2.1	Escavação de vala, carga, transporte, descarga e espalhamento de material DMT ≤500m	m³	777,00	6,43	6.994,55
2.2	Aterro Compactado CG ≤98 %PN	m³	155,40	7,23	1.572,96
2.3	A certo e regularização de Talude com TE	m²	434,88	3,32	2.021,32
2.4	Escavação de vala para instalação de dreno	m	200,00	13,64	3.819,20
<b>3.0</b>	<b>OBRAS CIVIS</b>				<b>41.221,32</b>
<b>3.1</b>	<b>Construção de Poços de Visita</b>				
3.1.1	Mão-de-Obra	hs	210,00	8,44	1.772,40
3.1.2	Poço de visita de fck 20,0MPaP (DN= 600mm, e=0,05m e H= 3,00m)	unid.	1,00	2.000,00	2.000,00
<b>3.2</b>	<b>Instalação de dreno de percolados PVC DN100 perfurado</b>				
3.2.1	Mão-de-Obra	hs	120,00	7,91	949,20
3.2.2	Tubo PVC Esgoto NBR 5688 Perfurado DN=100mm	m	30,00	6,52	195,60
<b>3.3</b>	<b>Apiloamento e regularização de fundo de vala</b>				
3.3.1	A piloamento e regularização de fundo de cava	m²	10,00	9,38	131,32
<b>3.4</b>	<b>Interligação da Vala até lançamento</b>				
3.4.1	Desmatamento com remoção de arbustos e galhadas	m²	300,00	37,33	15.680,00
3.4.2	Escavação de vala para instalação de dreno	m	800,00	13,64	15.276,80
3.4.3	Tubo PVC Esgoto	m	800,00	6,52	5.216,00
<b>4.0</b>	<b>TOPOGRAFIA</b>				<b>29.000,00</b>
4.1	Levantamento topográfico	vb	1,00	29.000,00	29.000,00
<b>5.0</b>	<b>LICENCIAMENTO AMBIENTAL E SUPRESSÃO VEGETAL</b>				<b>32.460,00</b>
5.1	Licenciamento ambiental de uma área 0,15 ha (Aires)	vb	1,00	32.000,00	32.000,00
5.2	Supressão vegetal de uma área 0,15 ha (João Beutério)	vb	1,00	460,00	460,00
<b>TOTAL GERAL</b>					<b>159.089,36</b>

Fonte: MRN

Tabela 19 – Estimativa orçamentária de operação – Vala RCD

<b>ESTIMATIVA ORÇAMENTÁRIA DE OPERAÇÃO - VALA DE DISPOSIÇÃO DE RCD</b>					
Item	SERVIÇO	UN	Quant.	Total	Total C/BDI
<b>1.0</b>	<b>MANUTENÇÃO</b>				<b>36.000,00</b>
1.1	Manutenção com máquinas e reparo de talude	di	4,00	5.000,00	6.500,00
<b>2.0</b>	<b>MÃO-DE-OBRA</b>				<b>14.782,67</b>
2.1	Emprego de mão de obra, análise de 6 vezes por semana	diária	144,00	1.027,77	14.782,67
<b>3.0</b>	<b>COMBUSTÍVEL</b>				<b>11.713,56</b>
3.1	Custo de combustíveis com máquinas	mensa	1,00	376,33	11.713,56
<b>TOTAL GERAL</b>					<b>62.506,23</b>

Fonte: MRN

### 11.8 - PROPOSTA PARA IMPLANTAÇÃO DA USINA DE RCD:

Após pesquisa com mais de 06 fornecedores e visitas técnicas a empresas que operam usinas de reciclagem de RCD's, a MRN definiu o modelo mais adequado para sua realidade, conforme abaixo:

Especificações da usina:

- Capacidade nominal: 250 kg/h;
- Operação: 3 vezes por semana;
- Mão-de-obra: 2 operadores.



Figura 55 – Usina de reciclagem de RCD definida pela MRN

Fonte: MRN



Figura 56 - Produto gerado

Fonte: MRN



Figura 57 - Produto gerado

Fonte: MRN

## 11.9 – ESTIMATIVAS ORÇAMENTÁRIAS – USINA DE RCD

Tabela 20 – Estimativa orçamentária de investimento – Usina de RCD

<b>ESTIMATIVA ORÇAMENTÁRIA DE INVESTIMENTO - USINA DE RECICLAGEM DE RCD</b>					
Item	SERVIÇO	UN	Quant.	Total	Total C/ BDI
<b>11</b>	<b>A AQUISIÇÃO E INSTALAÇÃO</b>				<b>266.850,00</b>
11.1	Aquisição de equipamento, com montagem e transporte.	Mt	1,00	165.200,00	165.200,00
12	Projeto civil (aguardando confirmação de preço)	Mt	1,00	10.000,00	10.000,00
13	Projeto elétrico (aguardando confirmação de preço)	Mt	1,00	10.000,00	10.000,00
14	Material civil e elétrica (aguardando confirmação de preço)				
14.1	Aquisição e implantação de postes (aguardando confirmação de preço)	un	2,00	2.000,00	2.000,00
14.2	Instalação de cabos e tiras (aguardando confirmação de preço)	m	2.000,00	4,00	2.000,00
15	Mão de obra civil e elétrica (aguardando confirmação de preço)	Mt	1,00	4.000,00	40.000,00
<b>TOTAL GERAL</b>					<b>266.850,00</b>

Fonte: MRN

Tabela 21 – Estimativa orçamentária de investimento – Usina de RCD

<b>ESTIMATIVA ORÇAMENTÁRIA DE OPERAÇÃO - USINA DE RECICLAGEM DE RCD</b>					
Item	SERVIÇO	UN	Quant.	Total	Total C/ BDI
<b>10</b>	<b>MANUTENÇÃO</b>				<b>20.000,00</b>
10.1	Manutenção preventiva e peças, a cada 3 meses	Mt	4,00	5.000,00	20.000,00
<b>2.0</b>	<b>MÃO-DE-OBRA</b>				<b>14.792,67</b>
2.1	Três operadores de máquina, trabalhando 7 meses por semana	diária	144,00	14.792,67	14.792,67
<b>3.0</b>	<b>ENERGIA</b>				<b>9.600,00</b>
3.1	Custo com energia elétrica	mensal	12,00	9.600,00	9.600,00
<b>TOTAL GERAL</b>					<b>44.392,67</b>

Fonte: MRN

Tabela 22 – Estimativa de economia

<b>ESTIMATIVA ORÇAMENTÁRIA DE ECONOMIA - USINA DE RECICLAGEM DE RCD</b>					
Item	MATERIAIS	LN	Quant.	Total	Total €/BQI
<b>10</b>	<b>AGREGADOS</b>				<b>11.181,00</b>
11	Pedra britada número 1	m³	50,00	184,00	3.245,00
12	Pedra britada número 2	m³	40,00	140,00	1.039,00
13	Areia	m³	10,00	20,00	377,00
<b>TOTAL GERAL</b>					<b>11.181,00</b>

Fonte: MRN

## 11.10 – COMPARATIVO ENTRE O ATERRO E A USINA DE RCD.

Tabela 23 – Tabela comparativa Usina x vala (trincheira)

Usina de RCD		Trincheira de RCD	
<b>1) Estimativa Orçamentária de Investimento</b>		<b>1) Estimativa Orçamentária de Investimento</b>	
Mão-de-obra (Aquisição + Frete + Montagem)	66.277,00	Vala (Montagem de betão + drenagem)	169.739,30
Mão-de-obra (Base e Elétrico)	20.850,00	<b>TOTAL</b>	<b>169.099,36</b>
<b>TOTAL</b>	<b>266.650,00</b>		
<b>2) Estimativa Orçamentária de Operação</b>		<b>2) Estimativa Orçamentária de Operação</b>	
Manutenção (Serviço + Peças)	20.000,00	Manutenção adicional com Veículos	98.000,00
Mão-de-obra (Operação)	10.757,67	Mão-de-obra (Operação)	10.757,67
Carregamento	9.000,00	Combustível	11.000,00
Economia com materiais de construção	-11.000,00	<b>TOTAL</b>	<b>62.505,23</b>
<b>TOTAL</b>	<b>33.211,67</b>		

Fonte: MRN

### 11.11 - POSSIBILIDADE DE RECICLAGEM

- 1) Utilização em Pavimentação: Como base, sub-base ou revestimento primário, na forma de brita corrida ou ainda em misturas do resíduo com solo.
- 2) Utilização como Agregado para o Concreto: Como agregado para concreto não estrutural, a partir da substituição dos agregados convencionais (areia e brita).
- 3) Utilização como Agregado para a Confecção de Argamassas: Como agregado para argamassas de assentamento e revestimento.
- 4) Outros usos: Utilização de concreto reciclado como agregado; Cascalhamento de estradas; Preenchimento de vazios em construções; Preenchimento de valas de instalações; Reforço de aterros (taludes).

### 11.12 - VANTAGENS DA RECICLAGEM DE RCD

Reciclar o entulho - independente do uso que a ele for dado - representa vantagens econômicas, sociais e ambientais, tais como:

- Ø Economia na aquisição de matéria-prima, devido a substituição de materiais convencionais, pelo entulho;
- Ø Diminuição da poluição gerada pelo entulho e de suas conseqüências negativas como enchentes e assoreamento de rios e córregos;
- Ø Preservação das reservas naturais de matéria-prima.

## 12 - CONCLUSÃO

A conferência do Clima realizado em Dezembro/09, em Copenhague, reuniu 192 países em torno da missão de criar um substituto para o tratado de Kioto (Tratado internacional com compromissos para a redução das emissões dos gases de efeito estufa, responsáveis pelo aquecimento global). Após dois anos de preparação e duas semanas de intensos debates e protestos, líderes mundiais não conseguiram encontrar um denominador comum para a resolução do maior problema ambiental que a humanidade vive.

Apesar da frustração mundial, a convenção de Copenhague não fracassou. As decisões foram adiadas, talvez por mais um ou dois anos, e caberá a nós, e possivelmente às gerações futuras, pagar a conta por este adiamento.

Ao contrário do que aconteceu em Copenhague a Mineração Rio do Norte vem demonstrando forte compromisso com as questões ambientais desde sua implantação, há mais de 30 anos, com ações e investimentos conscientes em meio ambiente e responsabilidade social, culminando em 2001 com a certificação da ISO14001.

Ficou claro durante a elaboração desta monografia que a MRN tem consciência que o verdadeiro desafio, relacionado à questão do resíduo, diz respeito principalmente em como não gerar tal resíduo ou, pelo menos, minimizar sua geração e que sendo inevitável a geração de determinados resíduos, deve-se identificar maneiras de processá-los e transformá-los em matérias-primas novamente.

Entretanto, melhorias e adequações precisam ser feitas na gestão de resíduos atual de Trombetas. A intensificação da coleta seletiva, instalação de uma balança rodoviária na usina de triagem e compostagem e a implantação de uma usina de reciclagem de Resíduos de Construção e Manutenção civil são as principais ações que gostaríamos de destacar.

Como sabemos, a geração de resíduos é também uma questão de conscientização, sendo fundamental o envolvimento da comunidade em todos os programas atuais e futuros que a MRN venha a implantar. Sem a participação e conscientização ambiental da comunidade e das empresas de construção e manutenção civil instaladas em Porto Trombetas, teremos sempre falhas nos processos e necessidades constantes de correções na gestão de resíduos. É indispensável educar e reciclar constantemente.

Temos um grande desafio pela frente. Precisamos aliar o crescimento econômico com desenvolvimento ambiental e social. A previsão de crescimento econômico para o Brasil em 2010 é de quase 6% com a criação de 400 mil empregos nas mais diversas áreas do conhecimento. Precisaremos treinar mais, conscientizar mais, produzir mais, porém com menos água, menos resíduos, menos energia e menos carbono.

Para finalizar, não há dúvidas de que a sustentabilidade será a tônica deste milênio. As empresas brasileiras precisam desenvolver produtos e serviços com baixo impacto ambiental, desenvolver a utilização eficiente de energia, desenvolver novos mercados e se desenvolver, e a MRN, em Porto Trombetas, é um grande exemplo disto.

### 13 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **NBR ISO 14001**: Sistemas de gestão ambiental - Especificação e diretrizes para uso. Rio de Janeiro, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15112**: Resíduos da construção civil e resíduos volumosos -Áreas de transbordo e triagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15113**: Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes - Aterros - Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15114**: Resíduos sólidos da construção civil - Áreas de reciclagem- Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15115**: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Execução de camadas de pavimentação - Procedimentos. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15116**: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural - Requisitos. Rio de Janeiro, 2004.

BCSD-GM, 1999; LAURITZEN, 1998- Seminário de Resíduos Sólidos [www.reciclagem.pcc.usp.br/ftp/CETESB.pdf](http://www.reciclagem.pcc.usp.br/ftp/CETESB.pdf), em julho/2008.

BRITO FILHO, Jerson A. Cidades versus entulho. In: **SEMINÁRIO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL**, 2., 1999, São Paulo. Anais... São Paulo: Comitê Técnico do IBRACON; CT 206 – Meio Ambiente, 1999. p.56-67.

BRASIL, MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Resolução no 307**, de 05 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, nº 136, 17 de julho de 2002. Seção 1, p. 95-96.

JOHN, V. M. **Reciclagem de resíduos na construção civil: Contribuição para metodologia de pesquisa e desenvolvimento**. São Paulo, 2000. 113p. Tese (Livre Docência) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil. John (2000)

JOHN, V. M. **A construção, o meio ambiente e a reciclagem**. Artigo. São Paulo: PCC-EPUSP. Disponível em <<http://www.reciclagem.pcc.usp.br>>. Acesso em: 10 de outubro de 2005 a. '1996 *apud* JOHN, 2005 b

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

PINTO, T. P.; GONZÁLES, J. L. R. (Coord.). **Manejo e gestão dos resíduos da construção civil. Volume 1 – Manual de orientação**: como implementar um sistema de manejo e gestão nos municípios. Brasília: CAIXA, 2005. 194p.

PINTO E GONZÁLES (2005 Vanderley M. John, Vahan Agopyan, **Reciclagem de resíduos da construção**. São Paulo, 2005. Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da USP (PCC USP)

VÁSQUEZ, E. **Introdução**. In: CASSA, J. C.; CARNEIRO, A. P. ;BRUM, I. A. S. (Organ.). Reciclagem de entulho para produção de materiais de construção: projeto entulho bom. Salvador: EDUFBA; Caixa Econômica Federal, 2001. .22- 25.

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

XAVIER, L.L., ROCHA, J.C. Caracterização do resíduo da construção e demolição na cidade de Florianópolis. In: II ENCONTRO NACIONAL E I ENCONTRO LATINO AMERICANO SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, 2001, Canela. **Anais...** Canela, 8p, 2001.

<http://www.luftech.com.br/arquivos/incinerador.htm#modelos>

[http://www.cetesb.sp.gov.br/emergencia/acidentes/vazamento/acoes/residuos\\_tratamento](http://www.cetesb.sp.gov.br/emergencia/acidentes/vazamento/acoes/residuos_tratamento).

<http://www.cempre.org.br>

<http://www.webresol.com.br>

<http://www.reciclagem.com.br>

<http://www.oglobo.globo.com/> Blog Planeta Terra

<http://www.brilhantels.com>

<http://www.precisao.eng.br/fmnresp/sustenta.htm>