

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**VIABILIDADE DO PROCESSO OPERACIONAL  
DA CENTRAL DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS DA  
CATURRITA (CTRC) – SANTA MARIA, RS.**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**Rafael Hollweg Salamoni**

**Santa Maria, RS, Brasil,  
2008**

**VIABILIDADE DO PROCESSO OPERACIONAL  
DA CENTRAL DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS DA  
CATURRITA (CTRC) – SANTA MARIA, RS.**

**por**

**Rafael Hollweg Salamoni**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Área de Concentração em Construção Civil e Preservação Ambiental, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Engenharia Civil.**

**Orientador: Prof. Dr. Rinaldo José Barbosa Pinheiro**

**Santa Maria, RS, Brasil  
2008**

**Universidade Federal de Santa Maria  
Centro de Tecnologia  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada  
Aprova a Dissertação de Mestrado

**VIABILIDADE DO PROCESSO OPERACIONAL  
DA CENTRAL DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS DA  
CATURRITA (CTRC) – SANTA MARIA, RS.**

elaborada por  
**Rafael Hollweg Salamoni**

Como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Mestre em Engenharia Civil**

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

---

**Rinaldo José Barbosa Pinheiro, Dr. (UFSM)**  
(Presidente/Orientador)

---

**Maria Isabel Pimenta Lopes, Dr. (UNIFRA)**

---

**Luiz Antônio Bressani, Ph.D. (UFRGS)**

Santa Maria, 19 de dezembro de 2008

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço aos meus pais, Ana Cristina Hollweg Salamoni e José Salamoni Filho, pelo apoio e dedicação, pois sempre apoiaram minhas decisões, principalmente neste ano difícil para nossa família.

As minhas avós Julieta Domingos Pano e Maria de Lourdes Bica, pela confiança, paciência, ajuda e exemplo de respeito e humildade.

A minha namorada Angélica de Vargas Salbego, pela dedicação, respeito e apoio nas horas que mais precisei.

Ao meu grande Irmão, Daniel Salamoni pela parceria, companheirismo e amizade.

Ao meu amigo Gerber Martins do Reis, pela amizade, sinceridade e lealdade.

Ao meu orientador do mestrado professor Rinaldo José Barbosa Pinheiro, pela sua paciência, compreensão e a amizade adquirida neste trabalho.

Aos meus colegas e amigos Leomyr Girondi e Marcelo Hoffmann, pelo apoio, ensinamento e companheirismo durante o decorrer deste estudo.

Ao grande companheiro João Nunes Maciel, pelo ensinamento e dedicação nos momentos de trabalho a campo.

Ao Grupo PRT que sempre apoiou e confiou no meu trabalho.

Aos meus colegas Anderson Correia, Michel Correia, Thiago Haschuback, Cristiano Freitas, Leonardo Dacas, Giovana Giehl, Gilmar Piovezan, Felipe Lasch e Emerson Camilo pelo apoio e respeito na ausência de minha falta nos momentos de encontro.

Aos meus tios, tias, primos, primas que sempre foram o espelho para minha educação e que sempre brigaram para que nossa família continue unida.

A Universidade Federal de Santa Maria pela oportunidade de realizar o mestrado na área de engenharia civil, de forma gratuita e com ótima qualidade.

## **RESUMO**

Dissertação de Mestrado  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil  
Universidade Federal de Santa Maria

### **VIABILIDADE DO PROCESSO OPERACIONAL DA CENTRAL DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS DA CATURRITA (CTRC) – SANTA MARIA, RS**

Autor: Rafael Hollweg Salamoni

Orientador: Prof. Dr. Rinaldo José Barbosa Pinheiro

Data e local da defesa: Santa Maria, 19 de dezembro de 2008.

Neste trabalho foram identificadas algumas características físicas dos rejeitos e os procedimentos operacionais da destinação destes rejeitos na Central de Tratamento de Resíduos da Caturrita, (CTRC) localizada no município de Santa Maria (RS). A CTRC é composta por unidade de triagem, unidade de compostagem e aterro sanitário e atendendo uma população de 500.000 habitantes, tendo uma vida útil estimada de 30 anos. Possui uma área de 24,7ha, localizada junto à Estrada geral da Boca do Monte. O empreendimento está licenciado para receber 300t de resíduos diariamente. O estudo das características físicas e os procedimentos operacionais foram realizados com o rejeito da unidade de triagem. Avaliou-se a massa específica e os procedimentos operacionais de compactação, recebimento de resíduos, transporte de rejeitos para o aterro sanitário, maquinários utilizados e vida útil do aterro sanitário para o sistema operacional atual e para sistema operacional que utiliza prensa para compactar os rejeitos. Foram confeccionados 16 fardos de rejeitos compactados em prensa vertical. Os resultados mostraram uma significativa qualificação operacional e econômica no sistema operacional de compactação de rejeitos em prensa. Isto é devido ao fato dos rejeitos serem compactados em pequenos volumes e formarem fardos de fácil operação com maiores valores de massa específica. A compactação de rejeito em prensa vertical proporcionou um aumento da massa específica e conseqüentemente uma redução volumétrica de 5,33 vezes. Estes rejeitos foram compactados em dias secos e chuvosos e com presença de matéria orgânica, e por isso, a compactação gerou efluente em quantidade significativa, mas que por sua vez seria gerada no aterro sanitário. Não houve como dimensionar através dos dados encontrados os dias e intervalos de horas de pico, mas verificou-se que as quantidade de resíduos processados por hora são inferiores à capacidade de processamento operacional de prensas do tipo MAC 108L/1. O processo de compactação apresentou um ganho de eficiência na carga de 28,6% e uma economia de 31,5% no consumo de diesel. O dimensionamento de maquinários para compactar os rejeitos em prensa demonstra uma redução no número de equipamentos utilizados e a vida útil do aterro sanitário para rejeitos compactado em prensa passaria de 30 anos para 39,1anos.

Palavras-chave: Resíduos Sólidos; compactação de resíduos sólidos; massa específica, peso específico.

## **ABSTRACT**

Dissertation of Master's Degree  
Program of Master's Degree in Civil Engineering  
Federal University of Santa Maria

### **VIABILITY STUDY OF THE OPERATIONAL PROCESS OF CATURRITA CENTRAL RESIDUES TREATMENT PLANT (CTRC) – SANTA MARIA, RS**

Author: Rafael Hollweg Salamoni  
Advisor: Prof. Dr. Rinaldo José Barbosa Pinheiro  
Date and Local of defense: Santa Maria, December, 19<sup>th</sup> of 2008

This approach identifies some physical characteristics of the residues and the operational procedures concerning the destination of these residues at the Central of Residues Treatment of Caturrita (CTRC), located on the city of Santa Maria (RS). The CTRC is composed by unit of selection, unit of compostage and sanitary embarement, wich supports a population of nearly 500.000 habitants, and has a 30 years estimated life-time for the enterprise. It is located in area of 24, 7 hectares, within the Vicinal Road to Santa Maria (Boca do Monte). The enterprise is licensed to daily receive 300t of residues. The physical characteristics and the operational procedures were taken and executed with the residue from the selection unit. It evaluated the specific mass and the operational procedures of compacting, receiving of residues, transport of residues to the landfill place, utilized machines and life-time of the sanitary embarement for the actual operational system and for the operational system that uses a press to compact the residues. Sixteen packs of compact residues using a vertical press. The evaluation results showed a significant operational and economic qualification in the operational system of compacting residues in press. This is due to the fact that the residues were compacted in small volumes, forming easy operated packs with higher values of specific mass. The compactation of the residue in a vertical press provided an increase in the specific mass and consequently a volumetric reduction of 5, 33 times. These residues were compacted in sunny and rainy days and with presence of organic matter, and for that, the compactation generated effluent in significant amount, wich any was would be generated in the sanitary embarement. There was no way to set, through the availall data, the days and intervals of peak hours, but it was verified that the amount of processed residues by hour is lower than to the amount produced with the operational processing of presses of the type MAC 108L/1. The compaction process showed a gain in efficiency in charge of 28.6% and the economy in the consume of diesel of 31,5%. The managing of machinery to compact residues in press demonstrated a reduction in the number of utilized equipments and the life-time of the sanitary sanitary embarement for compacted residues by press would pass from 30 years for 39, 1 years.

Key-Words: Solid Residues; compacting of solid residues; specific mass; specific weight.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Quadro 2.1 - Composição gravimétrica média dos resíduos sólidos obtida em cada um dos sete municípios pesquisados .....	27
Quadro 2.2 – Gestão de resíduos no Brasil.....	30
Figura 2.1 – Destinação Final de Resíduos em peso.....	21
Figura 2.2 – Composição porcentual média de resíduos domiciliares em alguns países.....	24
Figura 2.3 – Composição Gravimétrica dos Resíduos Sólidos Domiciliares de Porto Alegre –RS.....	25
Figura 2.4 – Comparação da Composição Física dos RSU –Porto Alegre e Pequenos municípios.....	26
Figura 3.1 – Equipamento Utilizado atualmente para compactação de resíduos– Trator de esteira – modelo D6G.....	39
Figura 3.2– Prensa vertical utilizada para compactar rejeito.....	40
Figura 3.3 – Vista Frontal da plataforma de pesagem.....	41
Figura 3.4– Caçamba para transportar rejeito.....	43
Figura 4.1 – Mancha Urbana de Santa Maria cortadas (linhas amarelas) pela BR 158, 392 e 287.....	47
Figura 4.2 – Fluxograma da Movimentação de RSU na CTRC.....	48
Figura 4.3 – Foto aérea da localização da área do empreendimento.....	51
Figura 4.4 – Foto área das unidades administrativas da CTRC.....	51
Figura 4.5 – Visão do Aterro Sanitário – Célula fase A.....	51
Figura 4.6 – Unidade de Triagem – Esteiras para transporte de resíduos.....	52
Figura 4.7 – Transporte de rejeito para Aterro Sanitário.....	53
Figura 4.8 – Rejeito Transportado em esteiras para abastecer caminhões de transporte para o aterro sanitário.....	53
Figura 5.1 - Quantificação de entrada de resíduos no período de março a agosto de 2008.....	55
Figura 5.2 - Frente de serviço com barreira para ventos.....	55
Figura 5.3 – Compactação de resíduos em rampa.....	56

Figura 5.4 – Recobrimento de resíduos compactados e queimadores de gás...	57
Figura 5.5 – Comparação dos processos.....	59
Figura 5.6 - Média da quantidade de resíduos sólidos recebidos por dias da semana (março/2008 no período diurno).....	60
Figura 5.7. Média da quantidade de resíduos sólidos por dias da semana que chegou durante o mês de março no período noturno.....	60
Figura 5.8. Média da quantidade de resíduos sólidos por dias da semana que chegou durante o mês de abril no período diurno.....	61
Figura 5.9. Média da quantidade de resíduos sólidos por dias da semana que chegou durante o mês de abril no período noturno.....	61
Figura 5.10. Média da quantidade de resíduos sólidos por dias da semana que chegou durante o mês de maio no período diurno.....	61
Figura 5.11 Média da quantidade de resíduos sólidos por dias da semana que chegou durante o mês de maio no período noturno.....	61
Figura 5.12 Média da quantidade de resíduos sólidos por dias da semana que chegou durante o mês de junho no período diurno.....	61
Figura 5.13 Média da quantidade de resíduos sólidos por dias da semana que chegou durante o mês de junho no período noturno.....	61
Figura 5.14 Média da quantidade de resíduos sólidos por dias da semana que chegou durante o mês de julho no período diurno.....	62
Figura 5.15 Média da quantidade de resíduos sólidos por dias da semana que chegou durante o mês de julho no período noturno.....	62
Figura 5.16 Média da entrada de resíduos sólidos por dia da semana durante o mês de agosto no período diurno.....	62
Figura 5.17 Média da entrada de resíduos sólidos por dia da semana do mês de agosto no período noturno.....	62
Figura 5.18 – Peso de rejeito transportado para o aterro sanitário	65
Figura 5.19 – Caminhões utilizados para transporte de rejeito.....	66
Figura 5.20 – Massa específica dos fardos compactados.....	68
Figura 5.21 – Fardo de rejeito - Largura.....	69
Figura 5.22 – Fardo de rejeito.....	69
Figura 5.23 – Trator de Esteira – D6G.....	70



Figura 5.24 – Escavadeira Hidráulica – modelo 311C.....	70
Figura 5.25 – Caçambas em serviço de recobrimento.....	71
Figura 5.26 – Retro escavadeira.....	71
Figura 5.27 – Caminhões.....	71
Figura 5.28 – Maquinários em Operação.....	72
Figura 5.29 – Balanço de Massa previsto no Projeto Executivo.....	75
Figura 5.30 – Comparação dos ganhos em vida útil por tipo de operação em comparação ao projeto executivo apresentado a Fepam.....	76

## LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Materiais, produtos recicláveis, rejeitos no lixo domiciliar brasileiro.....	33
Tabela 2.2 – Nível de Reciclagem no Brasil.....	33
Tabela 5.1 – Massa específica da amostras de fardos compactados.....	58
Tabela 5.2 – Valores máximos de peso e volume processados por hora de trabalho para o período de estudo.....	63
Tabela 5.3 – Peso médio de resíduos e massa específica dos rejeitos transportados.....	64
Tabela 5.4 – Avaliação de rejeitos compactados em prensa (Volume, Peso e Massa específica do rejeito).....	67
Tabela 5.5 – Comparação dos processos operacionais	68
Tabela 5.6 – Previsão de custos com base em fornecedores pesquisados no período de março a agosto de 2008.....	72
Tabela 5.7 – Previsão de custos com base em fornecedores pesquisados no período de março a agosto de 2008 – Compactação de rejeitos em prensa.....	73
Tabela 5.8 – Resumo dos dados para caçulo da vida útil do aterro sanitário – operação atual.....	74
Tabela 5.9 – Resumo dos dados para cálculo da vida útil do aterro sanitário – compactação de rejeitos em prensa vertical.....	76

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas  
ANVISA – Agencia Nacional de Vigilância Sanitária  
CEMPRE – Compromisso Empresarial para Reciclagem  
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente  
CONSEMA – Conselho Estadual do Meio Ambiente  
DAER – Departamento Autônomo de Estrada de Rodagem  
DMLU – Departamento Municipal de Limpeza Urbana  
EPA - Environmental Protection Agency  
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
NBR – Norma Brasileira Recomendada  
PP – Polipropileno  
PET - Politereftalato de Etileno  
PEAD – Polietileno de Alta Densidade  
POA – Porto Alegre -RS  
RSU – Resíduos Sólidos Urbanos  
UTCRSU – Unidade de Triagem e Compostagem de Resíduos Sólidos Urbanos

## **LISTA DE ANEXOS**

Anexo 1 – Levantamento Topográfico da área de resíduos .....	83
Anexo 2 – Operação Convencional Maquinários Utilizados .....	84
Anexo 3 – Operação Prensa Continua Maquinários Utilizados .....	85

## SUMÁRIO

<b>RESUMO.....</b>	<b>5</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>6</b>
<b>LISTA DE ILUSTRAÇÕES.....</b>	<b>7</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>10</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....</b>	<b>11</b>
<b>LISTA DE ANEXOS.....</b>	<b>12</b>
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>15</b>
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>19</b>
<b>2.1 Definições, Classificação e Problemática dos Resíduos Sólidos.....</b>	<b>19</b>
<b>2.2 Aspectos Legais.....</b>	<b>22</b>
<b>2.3 Origem e Composição.....</b>	<b>23</b>
<b>2.4 Gerenciamento integrado de resíduos sólidos domiciliares.....</b>	<b>27</b>
<b>2.5 Soluções tecnológicas para disposição e tratamento de resíduos sólidos .....</b>	<b>31</b>
2.5.1 Reaproveitamento e Reciclagem.....	32
2.5.2 Compostagem.....	34
2.5.3 Aterro Sanitário .....	35
<b>2.6 Compactação de Resíduos Sólidos Domiciliares .....</b>	<b>35</b>
<b>3. METODOLOGIA.....</b>	<b>37</b>
<b>3.1 Compactação atual do rejeito no aterro sanitário e compactação de rejeitos em prensa e Caracterização do processo operacional.....</b>	<b>37</b>
3.1.1 Compactação do rejeito no aterro sanitário – processo atual.....	37
3.1.2 Compactação dos rejeitos em prensa.....	39
<b>3.2 Avaliação das etapas operacionais atuais comparando com o processo de compactação de rejeitos em prensa.....</b>	<b>42</b>
3.2.1 Fluxo de resíduos.....	42

3.2.2 Carregamento e traslado de resíduos.....	42
3.2.3 Apresentação dos equipamentos utilizados – operação atual e Operação Compactação de rejeitos em prensas.....	44
3.2.4 Vida útil do aterro sanitário.....	44
3.3 <b>Análise final dos dois procedimentos.....</b>	<b>45</b>
<b>4 APRESENTAÇÃO DO EMPREENDIMENTO .....</b>	<b>46</b>
<b>5. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>54</b>
<b>5.1 Compactação atual do rejeito no aterro sanitário e Compactação de Rejeitos em prensa.....</b>	<b>54</b>
5.1.1 Compactação atual do rejeito no aterro sanitário.....	54
5.1.2 Compactação de Rejeitos em prensa.....	57
5.1.3 Comparação das compactações encontradas.....	59
<b>5.2 Fluxo de entrada de resíduos na CTRC.....</b>	<b>59</b>
<b>5.3 Carregamento e traslado de rejeitos para o aterro sanitário.....</b>	<b>63</b>
<b>5.4 Apresentação dos equipamentos utilizados – operação atual e Operação Compactação de rejeitos em prensas.....</b>	<b>69</b>
<b>5.5 Vida útil do aterro sanitário.....</b>	<b>74</b>
<b>6. CONCLUSÕES.....</b>	<b>77</b>
<b>7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>79</b>
<b>ANEXO 1.....</b>	<b>83</b>
<b>ANEXO 2.....</b>	<b>84</b>
<b>ANEXO 3.....</b>	<b>85</b>

# 1 INTRODUÇÃO

Um dos principais problemas ambientais identificados nos pequenos, médios e principalmente nos grandes centros urbanos é certamente a geração e a destinação incorreta dos resíduos sólidos resultantes das atividades domiciliares e urbanas.

Ainda na maioria das cidades brasileiras, as ações públicas relativas aos resíduos sólidos restringem-se somente à limpeza urbana, ou seja, os investimentos são destinados somente à coleta e à limpeza das vias públicas, ficando o tratamento e a disposição final dos resíduos completamente ignorados.

De acordo com os dados divulgados pelo IBGE, em 2002, publicados através da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB) realizada em 2000, estima-se uma geração de 157 mil toneladas de resíduos domiciliares e comerciais por dia, onde 20% deste total gerado pela população brasileira não está sendo coletado adequadamente e assim depositado em locais clandestinos ou queimados de forma incorreta.

Esses resíduos quando não gerenciados tecnicamente passam a ser uma ameaça à saúde pública e principalmente aos recursos naturais.

Os problemas gerados pela falta de manejo dos resíduos sólidos urbanos são bastante variados e envolvem principalmente os aspectos sanitários, ambientais, econômicos, legais e sociais.

Os problemas sanitários geram as chamadas doenças de saúde pública porque o resíduo urbano é vinculador de doenças através de vetores biológicos, tais como mosquitos, moscas, baratas e ratos, transmissores de bactérias e fungos de características patogênicas.

Dentre os problemas ambientais destacam-se a poluição do solo e dos corpos hídricos provocados principalmente por lixiviados dos resíduos e poluição atmosférica provocada pelos diversos tipos de gases prejudiciais.

Os problemas econômicos, oriundos da falta de tratamento adequado de resíduos sólidos urbanos, são perfeitamente visíveis quando se consideram os gastos dispendidos com tratamentos de saúde da população carente, pois esta voltará a se contaminar se não tiver melhorias efetivas do seu estado nutricional e caso o lixão da área onde moram não seja remediado.

Os problemas legais estão voltados à falta de técnicos qualificados para a fiscalização de projetos destinados ao gerenciamento integrado dos resíduos sólidos urbanos, bem como profissionais habilitados para julgar as ações da área.

Com relação aos problemas sociais, tem-se a prática da catação de resíduos em ruas, avenidas, mercados, feiras e nos próprios lixões, realizada por homens, mulheres e crianças que vivem em condições subumanas nessas áreas de despejos, em contato com materiais contaminados e perigosos, caso do lixo tóxico e do lixo hospitalar.

Segundo Fonseca (2001), a cada dia a situação se agrava ficando ainda mais complicado pela falta de uma Política Nacional de Resíduos Sólidos e principalmente pela falta de condições financeiras e de recursos humanos instruídos para trabalhar com os resíduos desde sua geração até sua destinação final.

No estado do Rio Grande do Sul 84,09% dos domicílios conta com um sistema de coleta de lixo, valor este superior a média brasileira. Em 19,48% dos municípios do estado apresentam um valor igual ou superior a média estadual, cita-se como exemplo o município de Porto Alegre com um atendimento de coleta superior a 99%.

A coleta, transporte e destinação final dos resíduos sólidos domiciliares, no município de Santa Maria, é administrada pela Secretaria de Proteção Ambiental e fiscalizada pela Diretoria de Qualidade Ambiental e segundo dados da secretaria o serviço atende cerca de 96% da população do Município.

Segundo Salgado (2000), por mais de trinta anos o lixo produzido em Santa Maria era depositado a céu aberto, caracterizando o que se costuma chamar de “Lixão”, em área situada a sudoeste do núcleo urbano. Este local de disposição final foi desativado no início da década de 70 e, após ter passado por um processo de recuperação, atualmente é ocupado por famílias de baixa renda, que ali se estabeleceram, formando as vilas Arco-Íris e Lídia.

Informações fornecidas pela Prefeitura Municipal de Santa Maria, relatam que de 1970 a 1980 a deposição dos resíduos ocorreu próxima a BR-158, na zona sul da cidade. Também foram locais de disposição final de resíduos às margens do antigo leito do Arroio Cadena onde cruza a Av. Walter Jobim, bem como uma área localizada no Cerrito, ambas dentro do perímetro urbano.

Desde 1980, portanto por mais de 28 anos, o Município de Santa Maria destinava seus resíduos sólidos no conhecido “Aterro da Caturrita”, com área de



aproximadamente 27,7ha em área da antiga fazenda Santa Marta, distante aproximadamente 7 km da área central do município.

Em março de 2008, através da concessão da Licença de Operação emitida pela Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Hoessler (FEPAM), os resíduos do município de Santa Maria são destinados à Central de Tratamento de Resíduos da Caturrita (CTRC), pertencente à empresa Tecnoresíduos Serviços Ambientais.

A CTRC abrange três blocos de instalações. A Unidade de Triagem (UT) que é responsável pela etapa inicial de triagem, enfardamento e comercialização de materiais recicláveis, a Unidade de Compostagem para o reaproveitamento da fração orgânica contida no resíduo urbano e por fim o Aterro Sanitário para receber o rejeito das unidades de triagem e compostagem.

A CTRC está gerando em torno de 110 vagas de trabalho direto, distribuídas nas atividades operacionais, comerciais e administrativas, estima-se ainda que com a comercialização dos materiais recicláveis o empreendimento gere 330 postos de trabalhos indiretos.

Outro fator importante está na abrangência regional do empreendimento já que a CTRC pode receber os resíduos de, aproximadamente, 40 municípios da Região Central do Estado o que representa o atendimento de cerca de 500.000 habitantes, da região urbana destes municípios. Hoje o empreendimento está recebendo os resíduos de 17 municípios, entre eles estão Santa Maria, São Sepé, São Borja, São Pedro, Julio de Castilho, Mata, Toropi, Itaara, São Francisco de Paula, Jaguarí, Cruz Alta e de todos os municípios integrantes da Quarta Colônia.

Estima-se que no ponto de vista técnico a CTRC tem capacidade para atender a uma população de até 1.000.000 de habitantes sem nenhum prejuízo de desempenho do ponto de vista operacional ou ambiental.

Entretanto este fato está vinculado a investimentos em tecnologia de operação, com vistas a aperfeiçoar a compactação dos resíduos (rejeito) com o conseqüente aumento da vida útil do aterro sanitário.

Assim uma das alternativas é a compactação do rejeito através de prensa, que posteriormente será tema de avaliação mais precisa em relação à sua operação. Esta análise poderá sugerir uma maior abrangência do projeto, onde a prestação de serviços de utilidade pública seja potencializada, possibilitando uma definição quanto à vida útil do aterro, uma vez que o grau de compactação estimada

para o equipamento deste porte seja da ordem de 6 vezes, enquanto que a atual operação do empreendimento considera um grau de compactação da ordem de 2 vezes.

Devido a estes fatos, o presente estudo, tem o objetivo de avaliar a compactação em prensa dos rejeitos descartados pela unidade de triagem, a fim de fornecer subsídios comparativos ao modelo de compactação convencional utilizado hoje no empreendimento, gerando dados relacionados a compactação dos rejeitos, fluxo de descarga, fluxo de transporte, vida útil, dimensionamento de equipamentos e características físicas dos resíduos.

Esta análise foi estruturado em 7 capítulos. No capítulo 1, apresentada uma introdução ao assunto e os objetivos da pesquisa. A revisão bibliográfica; através de conceitos, definições, classificações, aspectos legais, geração, origem, composição gravimétrica, problemas, modelos de gerenciamentos integrados e soluções tecnológicas para a disposição e tratamento de resíduos sólidos domiciliares é apresentada no capítulo 2.

No capítulo 3, a metodologia adotada neste trabalho é descrita através de procedimentos e formas utilizadas nas análises dos dados levantados. O capítulo 4 descreve a área de estudo, sua localização, seus principais procedimentos operacionais, mão de obra entre outras características da empresa.

A apresentação e discussão dos resultados com demonstração ilustrativa e comparativa do processo atual e do processo de compactação em prensa são apresentadas no capítulo 5. As conclusões e sugestões para novos estudos são apresentados no capítulo 6. As referências bibliográficas adotadas no trabalho são apresentadas no capítulo 7.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRAFICA**

Neste capítulo, serão apresentados os principais temas que englobam a gestão dos resíduos sólidos, as definições, leis, normas, aspectos sociais e alguns dos principais métodos de tratamento destes resíduos.

### **2.1 Definições, Classificação e Problemática dos Resíduos Sólidos**

A NBR 10.004 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) define como resíduos sólidos os resíduos nos estado sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistema de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível.

Esta mesma norma classifica os resíduos em duas diferentes classes. Os resíduos classe I são chamados de resíduos perigosos por apresentarem características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou pela presença de microorganismos patogênicos em sua composição. Os resíduos classe II são aqueles que não apresentam periculosidades em sua composição podendo ser subdivididos em resíduos classe II A, não inertes, e resíduos classe II B, inertes.

A Lei Estadual 9.921 de 27 de julho de 1993 – Lei dos Resíduos Sólidos em seu Art. 2º considera como resíduos sólidos aqueles provenientes de atividades industriais, atividades urbanas, comerciais, de serviço de saúde, rurais, prestação de serviços e de extração de minerais, bem como sistemas de tratamento de águas e resíduos líquidos cuja operação gere resíduos semilíquidos ou pastosos, enquadráveis como resíduos sólidos pelo órgão ambiental do estado do Rio Grande do Sul.

Para Fonseca (2001), a origem e composição dos resíduos são elementos fundamentais para sua classificação, sendo que para o autor sua classificação é descrita em resíduos residenciais, comerciais, resíduos de serviços públicos,

resíduos de serviços de saúde, industriais, resíduos especiais que são produzidos eventualmente e que merecem cuidados especiais e outros que para o autor são os restante de resíduos não inseridos nas classificações citadas acima.

De acordo com Dantas (2007), os resíduos sólidos são materiais heterogêneos, (inertes, minerais e orgânicos) resultantes das atividades diárias do ser humano e da natureza, podendo ser parcialmente utilizados gerando economia e proteção ambiental e a saúde pública.

Outra importante forma de classificação dos resíduos é quanto ao local e tipo de origem. Existem resíduos de origem domiciliar, comercial, industrial, portos e aeroportos, varrição, feiras livres, terminais ferroviários, rodoviárias, agrícola, e entulhos CEMPRE,( 2000).

Segundo Cassini (2003) os resíduos sólidos urbanos são constituídos basicamente por matéria orgânica putrescível, papel/papelão, podas de árvores e gramados, plásticos, vidro, material metálico ferroso e não ferroso, ossos e demais tipos de resíduos muitas vezes denominados de material inerte, dependendo dos critérios de caracterização física ou gravimétrica.

Pode-se afirmar ainda que a origem e as características dos resíduos sólidos urbanos esta condicionada a fatores climáticos da região de origem e a densidade populacional e suas condições sociais e econômicas (CASSINI, 2003).

Para Oliveira *et al.* (1998) os resíduos sólidos são resíduos que resultam de atividades humanas e que são lançados no ambiente. O termo lixo é usado para definir resíduos sólidos, porém a palavra lixo significa coisa imprestável, o que não é o caso dos resíduos sólidos, pois, a maioria, é material reaproveitável, com um potencial econômico agregado respeitável.

De acordo com os dados divulgados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística IBGE (2002), os resultados da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB) realizada em 2000, estimou-se uma geração de 157 mil toneladas de resíduos domiciliares e comerciais por dia, sendo que 20% da população brasileira não contava com serviços regulares de coleta.

De acordo com Jucá (2004), cerca de 36,2% do peso de resíduos gerados esta sendo disposto em aterro sanitário, embora 22,5% dos resíduos ainda estejam sendo depositados em vazadouros a céu aberto.

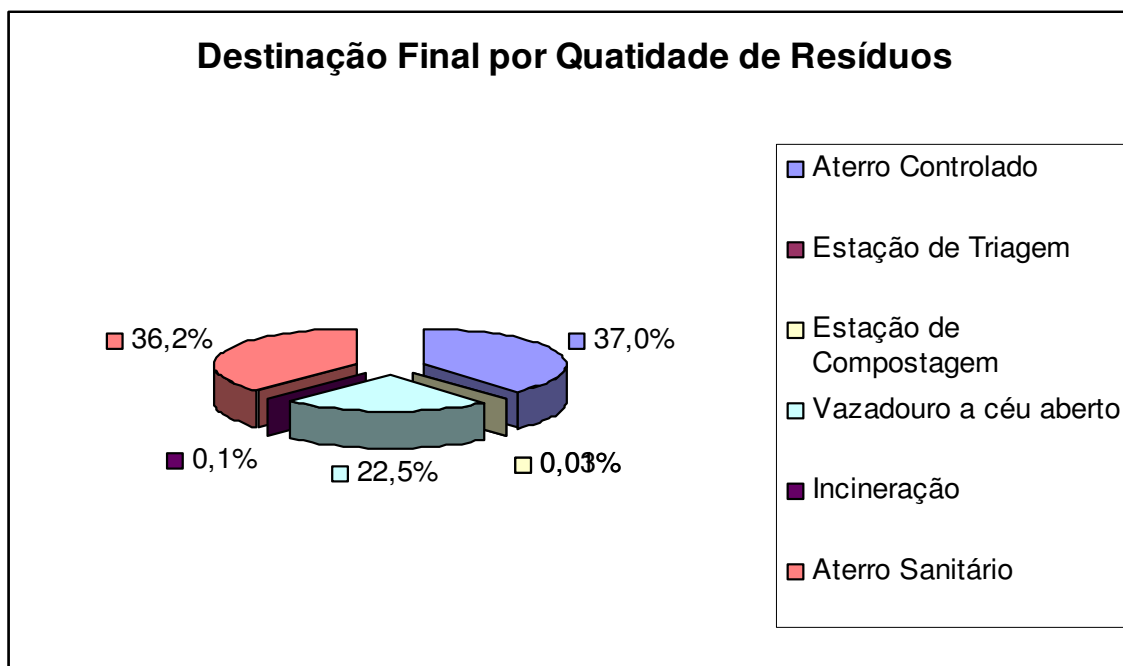


Figura 2.1 – Destinação Final de Resíduos em peso (Adaptado de JUCÁ, 2004)

O gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos (lixo urbano) constitui-se um dos maiores problemas a ser enfrentado pela sociedade nos dias atuais. O crescente aumento da contribuição “*per capita*”, como também a mudança na composição da massa de lixo, ocorridos nos últimos anos, tem exigido não só uma reflexão sobre os antigos conceitos, como também uma mudança dos paradigmas que preconizam o gerenciamento desses resíduos (PEREIRA et al.,1997).

Segundo Fonseca (2001), a cada dia a situação se agrava ficando ainda mais complicado pela falta de uma Política Nacional de Resíduos Sólidos e principalmente pela falta de condições financeiras, técnicas, econômicas e de recursos humanos instruídos para trabalhar com os resíduos desde sua geração até sua destinação final.

Para Santos (2000), o lixo domiciliar, ou seja, resíduos sólidos resultantes do descarte proveniente de atividades humanas, produzidos pelas cidades, dão origem a uma complexa e heterogênea massa, atingindo hoje um volume tal, que a coleta e a destinação final vêm-se constituindo em grande transtorno à sociedade humana.

Diversos problemas podem ser identificados quando os resíduos não são gerenciados corretamente, pois o líquido percolado em contato com águas superficiais ou subterrâneas pode acarretar em diversas alterações naturais, como, por exemplo, trazer uma alta demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e alto valor de

demanda química de oxigênio (DQO), e diversos compostos potencialmente tóxicos, entre eles os metais pesados (KORF, 2007).

Segundo Bidone (2001), o equacionamento do problema seria uma maior atuação sobre a fase de decomposição (desenvolvimento de sistemas de recuperação, reciclagem e reutilização e de eliminação ecocompatíveis) ou, sobretudo, nas demais fases, em programas de minimização ou “reprojetos” de resíduos, garantindo estabilidade do sistema.

## **2.2 Aspectos Legais**

De acordo com os Incisos VI e IX do art. 23, da Constituição Federal de 1988, estabelecem ser de competência comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios a seguinte obrigação proteger o meio ambiente e combater a poluição em qualquer das suas formas, bem como promover programas de construção de moradias e a melhoria do saneamento básico.

Entretanto, a Constituição Federal de 1988, prevê no seu artigo 30, nos incisos I e V, que é atribuição do poder público municipal legislar sobre assuntos de interesse local, especialmente quanto à organização dos seus serviços públicos, como é o caso da gestão dos resíduos sólidos urbanos, que compreendem os serviços de limpeza urbana, coleta e destinação final adequada dos resíduos gerados no território municipal (BRASIL 1988).

Ainda em âmbito federal destacam-se as resoluções do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), onde através da resolução 001/86 estabelece as definições, responsabilidades, critérios básicos e diretrizes gerais para o uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental como um instrumento da Política Nacional do Meio Ambiente, marcando o início das diversas discussões sobre assunto.

A caracterização dos resíduos foi sendo aperfeiçoada de acordo com a necessidade de gerenciar de forma correta e segura sua geração, tratamento e sua destinação final.

Neste sentido ganha destaque também outras resoluções do CONAMA, como a resolução 307/2002 que tem como objetivo gerenciar os resíduos de construção civil desde sua geração até sua disposição final, proibindo o despejo destes em

locais inapropriados como por exemplo, aterros, encostas, terrenos baldios, botaforas, sangas, arroios e outras áreas de uso restrito e protegidas por leis.

Ainda em esfera federal destaca-se resolução 358/2005 do CONAMA e a resolução 306 da ANVISA, onde dispões sobre Plano de Gerenciamento de Resíduos de Saúde, que por sua vez tem o objetivo de caracterizar todas as etapas do processo de gerenciamento interno dos resíduos de saúde obrigando a todos os estabelecimentos geradores respeitarem as normas e procedimentos.

Em esfera local destaca-se a Lei Estadual 9.921 de 27 de julho de 1993 – Lei dos Resíduos Sólidos, onde em seu Art. 1º define que a segregação dos resíduos sólidos na origem, visando seu reaproveitamento otimizado, é responsabilidade de toda a sociedade e deverá ser implantada gradativamente nos municípios, mediante programas educacionais e projetos de sistemas de coleta segregativa, (Rio Grande do Sul, 1993).

Esta mesma lei define que os municípios darão prioridade a processos de reaproveitamento dos resíduos sólidos, através da coleta segregativa ou da implantação de projetos de triagem dos recicláveis e o reaproveitamento da fração orgânica, após tratamento, na agricultura, utilizando formas de destinação final, preferencialmente, apenas para os rejeitos desses procedimentos.

Podemos citar ainda o Art. 3º onde os sistemas de gerenciamento dos resíduos sólidos terão como instrumentos básicos planos e projetos específicos de coleta, transporte, tratamento, processamento e destinação final a serem licenciados pelo órgão ambiental do Estado, tendo como metas a redução da quantidade de resíduos gerados e o perfeito controle de possíveis efeitos ambientais.

Outro fator importante descrito nos Artigos 16º, é a pratica de educação ambiental que deverá estar inserida nos projetos de reciclagem, coleta segregativa e minimização de resíduos na fonte.

Outro dispositivo importante que poderá auxiliar na boa gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos é a aprovação no Governo Federal da Política Nacional de Resíduos Sólidos, onde deverão ser expostas as diretrizes e metas do governo federal para os estados e municípios criarem seus programas de gerenciamento.

### **2.3 Origem e Composição**

Segundo Fonseca (2001), o lixo é um conjunto de resíduos sólidos resultantes das atividades diárias do homem na sociedade e dos animais domésticos, mas que por sua vez sua origem e formação são diretamente dependentes do homem e seus costumes diários.

A variação qualitativa e quantitativa dos componentes do lixo estão ligadas a inúmeros fatores. Entretanto, a título de informação, citam-se o número de habitantes do local, área relativa de produção, condições climáticas, hábitos e costumes da população, nível educacional, poder aquisitivo, tipo de equipamentos de coleta, segregação na origem, sistematização da origem e disciplina e controle dos pontos produtores (D' ALMEIDA e VILHENA, 2000).

Segundo dados do CEMPRE (2000) um dos países que mais produz matéria orgânica é a Índia, sendo sua geração superior a países como Brasil, México e Peru que geram mais de 50% de resíduos orgânicos. Países como Estados Unidos e Japão não apresentam grandes gerações de resíduos orgânicos, Figura 2.1.

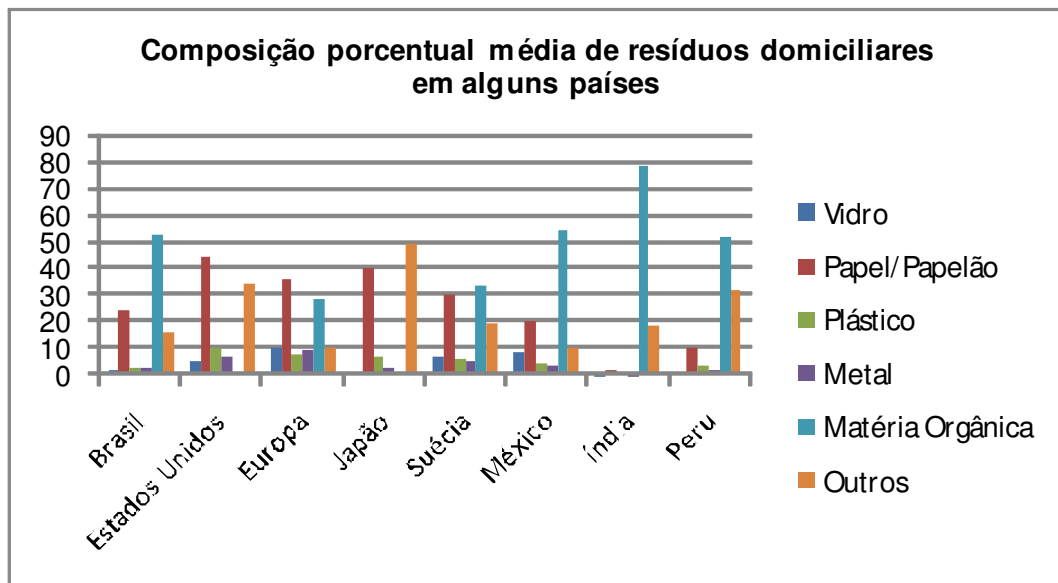


Figura 2.2 – Composição percentual média de resíduos domiciliares em alguns países.

Fonte: Adaptado de D'almeida e Vilhena (2000).

O Brasil por ser um país com grande variação de culturas e climas apresenta uma grande heterogeneidade gravimétrica de resíduos. Segundo Departamento Municipal de Limpeza (DMLU), o município de Porto Alegre apresenta a composição gravimétrica conforme Figura 2.3, sendo estes dados referentes ao ano de 2002.



Segundo Neto e Lelis (2000), as variações gravimétricas das regiões fisiográficas de Minas Gerais são de 21,2% a 25,6% para os materiais potencialmente recicláveis (a exemplo dos plásticos, vidros, metais, papéis e papelões) e de 63,2% a 70,1% para os resíduos orgânicos (recicláveis via compostagem) e apresentam uma variação média de 8,4% a 11,2% de rejeitos. Estes resultados representam uma pequena parcela dos resíduos sem potencial de reutilização.

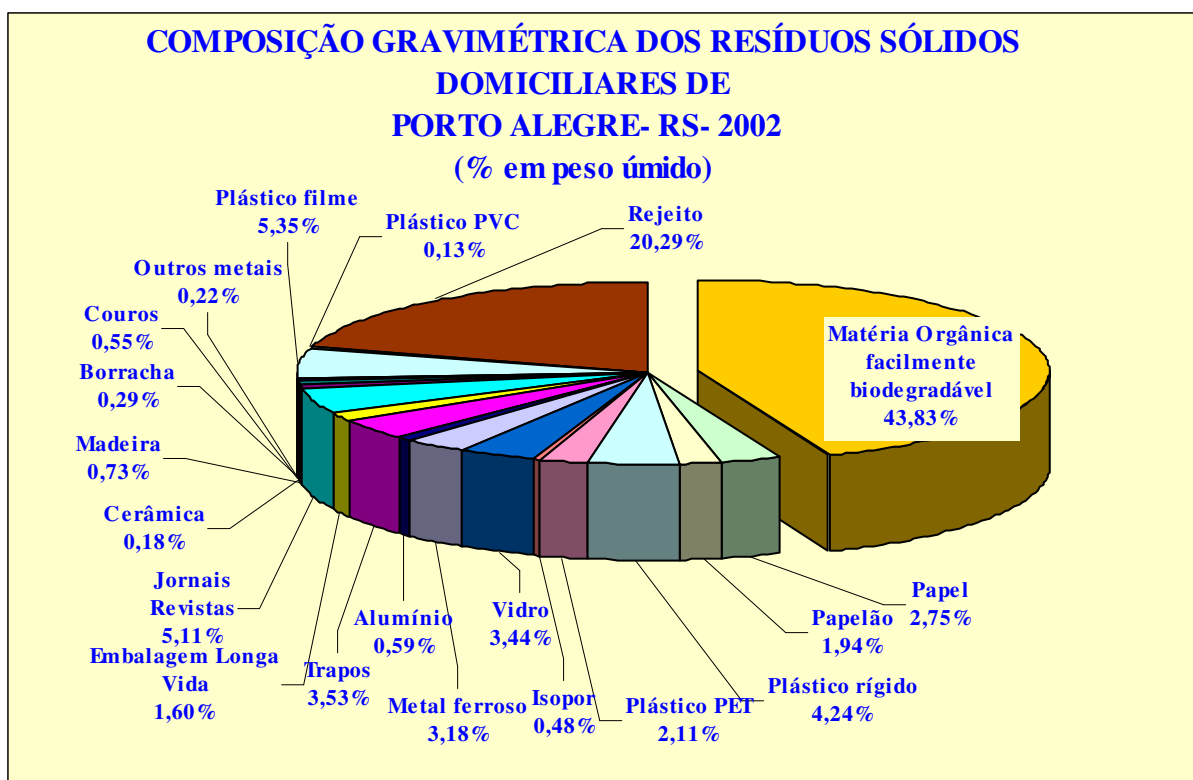


Figura 2.3 – Composição Gravimétrica dos Resíduos Sólidos Domiciliares de Porto Alegre –RS.  
Fonte: Departamento Municipal de Limpeza, 2002.

Segundo Salamoni (2005), a composição gravimétrica de Porto Alegre em relação a municípios com população inferior a 30.000 habitantes, demonstra que a presença de matéria orgânica em Porto Alegre é 43,83% e nos município de pequeno porte é de 35,77%. A somatória de todos os resíduos que não eram considerados orgânicos ou rejeito, foi de 35,88 em Porto Alegre enquanto que nos municípios de pequeno porte foi de 38,34%, Figura 2.4

Segundo Oliveira (1998), as comunidades de médio porte apresentam uma porcentagem de matéria orgânica de 74,11%, porcentagem de papelão e papel de

7,61%, porcentagem de 3,86% para metal, 3% para plásticos, 1,01% de vidros e 4,02% de outros resíduos encontrados.

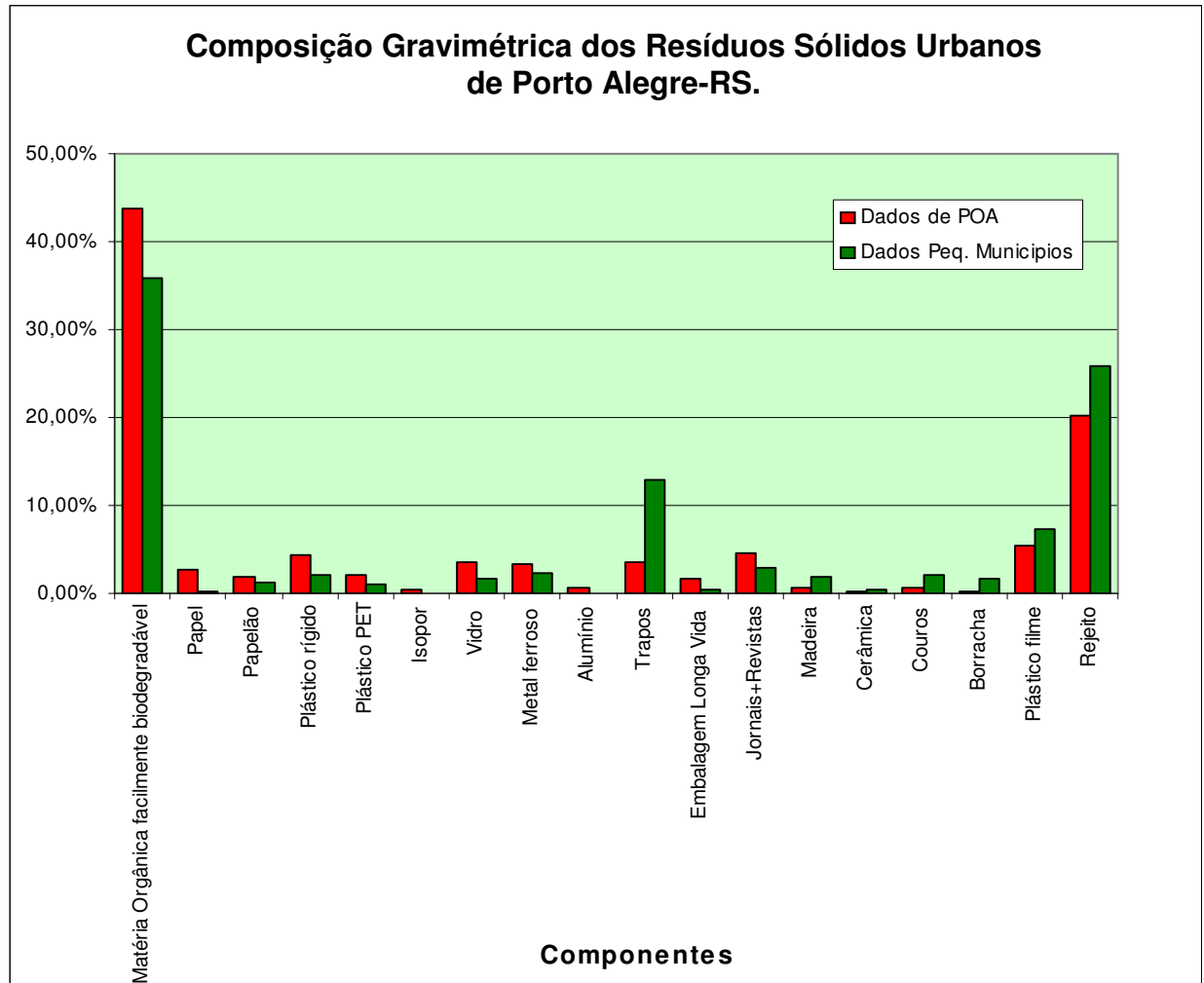


Figura 2.4 – Comparação da Composição Física dos RSU –Porto Alegre e Pequenos municípios.

Fonte: Adaptado de SALAMONI, 2005

O quadro 2.1 demonstra a composição gravimétrica de sete municípios de pequeno porte da região do Caí – RS. Verificou-se alta porcentagem de plásticos, vidros e orgânicos.

Quadro 2.1. Composição gravimétrica média dos resíduos sólidos obtida em cada um dos sete municípios pesquisados.

	<b>Alto Feliz</b>	<b>Feliz</b>	<b>Harmonia</b>	<b>São J. Hortêncio</b>	<b>São Vend.</b>	<b>Tupandi</b>	<b>Vale Real</b>
<b>Composição</b>	%	%	%	%	%	%	%
Matéria Orgânica	40,6	54,5	29,4	36,2	31,7	41,7	53,2
Plástico	16,7	13,6	22,6	23,0	22,0	18,0	11,9
Vidro	18,3	7,7	12,0	10,2	13,0	11,7	7,6
Papel/ Papelão	3,9	4,6	4,4	1,3	0,1	2,1	3,2
Metais Ferrosos	3,5	3,8	2,5	7,5	7,5	8,0	3,8
Metais não Ferrosos	0,3	0,3	0,9	0,3	1,4	0,4	0,9
Madeira	0,1	0,2	4,1	0,2	0,0	0,4	0,0
Panos, Trapos , Couro, Borracha	3,2	3,8	4,9	3,3	1,5	5,9	4,9
Contaminante Químico	0,1	0,3	0,5	2,0	0,3	0,6	0,6
Contaminante Biológico	11,0	8,6	13,2	9,4	17,9	8,4	12,2
Pedra, Terra, Cerâmica	0,0	0,3	1,5	1,1	0,0	0,0	0,0
Diversos	2,3	2,3	4,0	5,5	4,6	2,8	1,7
<b>Kg/Semanal Coletado</b>	<b>1.640,0</b>	<b>4.570,0</b>	<b>4.230,0</b>	<b>4.310,0</b>	<b>1.640,0</b>	<b>2.795,0</b>	<b>7.570,0</b>

Fonte: Adaptado de Pessin *et al.*, 2000.

## 2.4 Gerenciamento integrado de resíduos sólidos domiciliares

Para Cervi (2005), o gerenciamento dos resíduos deve ser compreendido através da integração de medidas como: redução de resíduos na fonte geradora, reciclagem, tratamento e disposição final, bem como as técnicas de educação ambiental que catalisam o processo.

Para Salamoni (2005), o gerenciamento integrado dos resíduos sólidos deve contemplar, no seu gerenciamento ambiental, um conjunto articulado de ações, compreendendo as de planejamento, de operação, financeiras, normativas e

educacionais, além da utilização de tecnologias seguras e compatíveis com a realidade local.

Os serviços de limpeza urbana no Brasil, por ser de competência do poder público, têm seus serviços mantidos, na maioria das cidades, através de uma estrutura administrativa integrada à administração direta do município ou, quando muito, organizada sob a forma de autarquia (SALAMONI, 2005).

Conforme Pessin e Silva (1998), a caracterização, primeira etapa do processo, é considerada como instrumento básico para a adoção, implementação e execução de políticas de gestão de resíduos sólidos urbanos. Assim, a caracterização constitui-se numa ferramenta importante para a formulação de diretrizes básicas e tomada de decisões técnicas, propiciando, inclusive, identificar de possibilidades de minimização de resíduos a serem dispostos em aterros.

A prestação de serviço vem sendo uma alternativa mais viável para o gerenciamento desses serviços, pois as burocratizações das administrações públicas impedem medidas emergenciais. Para Salamoni (2005) em anos anteriores observou que apenas alguns dos serviços ligados à limpeza urbana tendiam para um contrato de prestação de serviços, já hoje os governantes públicos optam por um gerenciamento integrado.

Nesta linha Borges (2002) apresenta as dificuldades da execução dos serviços pela administração direta, pelas limitações do sistema e pela falta de autonomia, tende a apresentar resultados menos eficientes do que a execução através de administração indireta do município, pois o sistema indireto e descentralizado dispõe de autonomia administrativa, financeira e técnica e tem finalidade concentrada só numa atividade: a limpeza urbana.

Para Dantas (2007), a terceirização dos serviços de limpeza urbana é uma ação extremamente necessária para um eficiente serviço e de boa qualidade para a comunidade evitando problemas ambientais e sanitários para a comunidade.

A prioridade no gerenciamento integrado dos resíduos deve conter como etapa inicial o planejamento específico das atividades envolvidas em cada município e principalmente as suas particularidades. Na escala de prioridades, tem destaque o incentivo à redução da geração de resíduos e conseqüentemente a sua reciclagem, visando a considerável economia de recursos naturais (como derivados do petróleo), de insumo energético e a diminuição das quantidades de resíduos a dispor nos aterros sanitários (CERVI, 2005).

A segregação ou separação na origem facilita o aproveitamento futuro de cada tipo de resíduo. O papel ou plástico, quando separado já na residência do cidadão e coletado pelo sistema de coleta seletiva, tem um valor de venda muito maior que os materiais misturados com outros resíduos e depois separados e enviados para a reciclagem (SALAMONI, 2005).

A definição do que venha a ser minimização de resíduos é muito difícil, da mesma forma que é difícil definir o que é lixo. Mas é de entendimento comum que a minimização de resíduos engloba tanto evitar sua geração como promover sua reciclagem, o que não pode, na maioria dos casos, ocorrerem separadamente, (CERVI 2006).

Segundo Dantas (2007), um sistema de gestão ambiental que busque atender certificação na amplitude ambiental, como a ISO 14.001 deve inserir no seu planejamento, além dos itens exigidos pela norma e com intuito de garantir o sucesso do processo, trabalhos de educação e capacitação ambiental dirigidos a todos os trabalhadores, objetivando conscientização, capacitação, conhecimento da cadeia de produção e métodos de controle ambiental e principalmente da segurança do trabalhador.

O Quadro 2.2 apresenta um resumo da hierarquia política, arranjos institucionais, instrumentos legais e mecanismos de financiamentos que envolvem a gestão de resíduos no Brasil. Pode ser visto que as iniciativas de tratar o assunto surgem no ano de 1967 através da Lei N° 5.318/67 que Institui a Política de Saneamento e vai até os dias de hoje com resoluções apresentadas pelos conselhos municipais, estaduais e federais de meio ambiente.

Segundo Neto (1999), um correto gerenciamento dos resíduos traria não somente benefícios ambientais, sanitários e econômicos, mas principalmente, sociais, pela geração de emprego digno e pelo resgate da cidadania dos catadores.

A solução, no entendimento de Reichert (1999), parece estar na procura de modelos integrados, que pensem a questão desde o momento da geração dos resíduos, procurando maximizar o reaproveitamento e a reciclagem. Para que isso seja possível, deve-se evitar a mistura, segregando os resíduos no momento da sua geração, tendo em mente a sua utilização futura ou o processo de tratamento ao qual serão submetidos.

Quadro 2.2 – Gestão de resíduos no Brasil

Hierarquia Política	Arranjos Institucionais	Instrumentos Legais	Mecanismos Financeiros
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Municípios</li> <li>• Governo Estadual</li> <li>• Governo Federal</li> </ul> <p>Diretrizes para Gestão de Resíduos</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Redução na fonte</li> <li>○ Reciclagem/compostagem</li> <li>○ Tratamento</li> <li>○ Disposição em aterro sanitários</li> </ul>	<p>Governo Federal é responsável pela elaboração de Leis, agente coordenador e executor da política nacional de resíduos sólidos tem a função de normativa de articulação institucional e de fiscalização</p> <p>Estado é o agente regulador de normas e decretos através dos órgãos reguladores ambientais</p> <p>Município - Gerenciar (deveria) os resíduos (coleta, transporte e disposição final de resíduos sólidos) de forma adequada, em uma área de administração de acordo com seu plano do resíduos.</p>	<p>Lei N° 5.318/67 Institui a Política de Saneamento.</p> <p>Lei N° 6.398/81 Dispões sobre a Política Nacional de Meio Ambiente.</p> <p>Lei N° 9.605/98 Dispõe sobre crimes ambientais.</p> <p>Resolução CONAMA 04 e 05/83. define normas mínimas para tratamento de R.S.S</p> <p>Proposta de emenda parlamentar para criação da Política Nacional de Resíduos Sólidos</p>	<p>As estruturas para gestão/ gerenciamento de resíduos sólidos, devem ser auto-sustentáveis, não são.</p> <p>Existem algumas linhas para financiamento de atividades, atualmente apenas ligadas a capacitação.</p>

Fonte: Adaptado de Dantas, 2007

Segundo Dantas (2007), o modelo de gerenciamentos dos resíduos sólidos deve estar delineado no conjunto de referências político-estratégicas, institucionais, legais, financeiras e ambientais capaz de orientar a organização do setor, compondo fundamentalmente três aspectos articulados: arranjos institucionais, instrumentos legais e mecanismos de sustentabilidade.

A experiência de Porto Alegre é relatada por Reichert (1999), o sistema de gerenciamento integrado de resíduos sólidos vem sendo implementado desde 1989, com o início da coleta seletiva de resíduos domiciliares no município. O modelo desenvolvido tem, por princípio, a segregação na origem e a coleta diferenciada dos

resíduos, visando otimizar o reaproveitamento e a reciclagem e diminuir o volume a ser disposto em aterros sanitários. A proposta do Sistema Integrado de Gerenciamento de Resíduos Sólidos está baseada em premissas como segregação na origem, coleta diferenciada, reaproveitamento e reciclagem e disposição final.

O gerenciamento integrado é a união de ações normativas, operacionais, financeiras e de planejamento do órgão público municipal, baseada em normas sanitárias, ambientais, bem como os aspectos econômicos para obter de melhor forma operacional de coleta, transporte, tratamento e destino final dos resíduos sólidos urbanos (DANTAS, 2007).

Para Jardim et al. (1995), um gerenciamento integrado deve garantir a segurança ambiental para o presente, bem como para o futuro.

Para Grippi (2002), o gerenciamento integrado do lixo deve começar pelo conhecimento de todas as características deste lixo, pois vários fatores influenciam neste aspecto, tais como: número de habitantes do município; poder aquisitivo da população, condições climáticas predominantes; hábitos e costumes da população e nível educacional.

## **2.5 Soluções tecnológicas para disposição e tratamento de resíduos sólidos**

Define-se tratamento como uma série de procedimentos destinados a reduzir a quantidade ou o potencial poluidor dos resíduos sólidos, seja impedindo descarte de lixo em ambiente ou local inadequado, seja transformando-o em material inerte ou biologicamente estável (CEMPRE, 2001).

Os processos de tratamento dos chamados resíduos sólidos domiciliares podem variar desde uma simples peneiragem, para se obter a fração mais fina a ser aproveitada no preparo do fertilizante composto, até os utilizados nas usinas sofisticadas, que retiram mecânica e manualmente materiais recicláveis a serem industrializados, como papel, papelão, vidro, metais, plásticos, trapos e verduras para obtenção de ração animal, produzindo o composto com a matéria orgânica restante (HOFFMANN, 2006).

As usinas são caracterizadas por cinco setores que compreendem: a recepção e expedição, triagem, pátio de compostagem, beneficiamento e armazenamento de composto e aterro de rejeitos (D' ALMEIDA e VILHENA, 2000).

Os municípios, de forma isolada ou agrupados em soluções intermunicipais, devem buscar seus próprios modelos de gerenciamento, compatíveis com a realidade local. Na busca de um modelo de gerenciamento, é recomendável que esteja assegurada uma política de reciclagem de lixo urbano, visando a redução, reutilização e reciclagem dos resíduos, de forma a otimizar a capacidade operacional instalada para a coleta e racionalizar o uso dos aterros, prolongando sua vida útil (BORGES, 2002).

### **2.5.1 Reaproveitamento e Reciclagem**

Segundo Hoffmann (2007), este processo constitui importante forma de recuperação energética, especialmente quando associado a um sistema de compostagem. Este mesmo autor define que apenas alguns componentes do lixo urbano não podem ser reaproveitados.

A reciclagem pode ser direta, ou pré – consumo, quando processados materiais descartados na própria linha de produção ou indireta, pós consumo, quando são reprocessados materiais que foram descartados como lixo para usuários, (DANTAS 2007).

Para Dantas (2007), usina de triagem definem-se em um conjunto de maquinários e funcionários que retiram da massa de resíduos os materiais possíveis de serem reciclados. Na Tabela 2.2 o autor demonstra as taxas de reciclagem de resíduos, onde verifica que no Brasil a reciclagem de metais pode ser considerada de grande importância econômica e ambiental.

Segundo Dantas (2007), os brasileiros reciclam 1,5% do lixo sólido orgânico urbano, sendo que o nível de reciclagem é indicado através da produção de matéria reciclável em proporção ao total da matéria virgem utilizada no processo industrial, sendo os indicadores de reciclagem no Brasil apresentados na Tabela 2.3.

Outros dados apontam realmente que no Brasil a reciclagem de metais é a de grande importância para economia, pois em 2001 a latinha atingia valores de reciclagem de 78%, CEMPRE (2001).



Tabela 2.1 – Materiais, produtos recicláveis, rejeitos no lixo domiciliar brasileiro.

Material	Peso relativo do lixo domiciliar brasileiro	Produtos Recicláveis	Rejeitos	Taxa de reciclagem no Brasil
Papel	25%	Papel branco	Carbono	37%
		Papel misto	Celofane	
		Papelão	Plastificados	
		Jornais	Parafinados	
Metais	4%	Revista e impressos	Metalizados	78%
		Latas de alumínio e tampas	Embalagens de aerosol	
		Latas de aço		
Vidro	3%	Chapas de aço	Cristal	40%
		Garrafas, frascos, potes cacos	Espelho	
			Lâmpadas	
			Louça	
Plásticos	6 a 7%	Garrafas Frascos, potes Tampas Brinquedos Peças Sacos e sacolas	Tubos de tv	15%
			Isopor	
			Espuma	
			Acrílico	
			Adesivos	
			fraldas	

Fonte: Adaptado de Dantas (2007)

Tabela 2.2 – Nível de Reciclagem no Brasil.

Materiais	Alumínio	Vidro	Papel			Plástico	
	Latinha	Diversos	Escritório	Ondulado	Filme	Rígido	PET
Nível de reciclagem (%)	78	40	32	71	15	15	21

Fonte: CEMPRE (2001)

## 2.5.2 Compostagem

Segundo Leite (2000), a fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos tem potencial de ser reaproveitada através dos processos de fermentação que podem ser com intuito de gerar composto orgânico através de decomposição aeróbia ou com intenção de gerar aeróbio, de modo a transformar o resíduo em composto ou com intenção de gerar composto e biogás.

Compostagem, segundo Kiehl (1985), é um processo biológico de modificação da matéria orgânica crua em substâncias húmicas, estabilizadas (composto), com propriedades e características completamente diferentes do material que lhe deu origem. O composto, acima de tudo, é um condicionador de solos, classificado pelo fato de sua matéria orgânica humificada estar em maior proporção e que corresponde a cerca de 40 a 70%.

Com relação ao processo de compostagem, os componentes do resíduo podem ser divididos em materiais biologicamente decomponíveis e mais os rejeitos inorgânicos, pois, teoricamente, não prestam para gerar composto orgânico, (Hoffmann, 2006).

Segundo Kiehl (2004), o composto orgânico é resultante da decomposição microbiana de oxidação e oxigenação das diferentes massas de matéria orgânica no estado sólido e úmido, passando o processo pelas fases de fitotoxicidade, bioestabilização a última fase chamada de maturação ou humificação, seguida de mineralização de determinados componentes da matéria orgânica.

Atualmente tem sido muito empregada a técnica de compostagem para degradação da fração orgânica de resíduos de origem domiciliar. Normalmente as leiras de compostagem são monitoradas através de parâmetros como temperatura, pH e umidade. Tais determinações podem não conduzir a resultados que possam expressar significativamente o comportamento real de processo, (BLUND, 2004).

Segundo Masiani (1996), embora vários testes tenham sido desenvolvidos para monitoramento da matéria orgânica, os parâmetros que são geralmente utilizados para o monitoramento são a umidade, oxigênio, temperatura e pH.

A bioestabilização e a humificação devem ser confirmadas por outras informações, tais como Demanda Química de Oxigênio (DQO), Umidade, Nitrogênio, relação Carbono/Nitrogênio, e outros.. Alguns autores, como Jimenes e Garcia (1991), utilizam ainda de mais alguns parâmetros para acompanhamento da

compostagem, como Capacidade de Troca de Cátions, Condutividade elétrica, e outros.

### **2.5.3 Aterro Sanitário**

De acordo com a NBR 8419 (1992), Aterro Sanitário de Resíduos Sólidos (Urbanos) é a técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos à saúde pública e à sua segurança, minimizando os impactos ambientais, método este que utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos à menor área e volume possíveis, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho, ou a intervalos menores, se necessário.

Segundo Leite (1995), o aterro sanitário é o método de disposição mais difundido em todo o mundo sendo a solução mais econômica quando comparada com os processos de compostagem e de incineração. No Brasil é o principal sistema de destinação final dos resíduos sólidos domésticos.

Define-se por ser Aterro Sanitário um processo utilizado para a disposição de resíduos no solo, particularmente resíduos domiciliares, fundamentalmente respeitando os critérios e normas operacionais específicas que permite um confinamento seguro em termos de controle ambiental (CEMPRE, 2000).

## **2.6 Compactação de Resíduos Sólidos Domiciliares**

A compactação de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) em aterros sanitários indica a redução de volume que a massa de resíduos pode sofrer quando submetida a uma determinada pressão, geralmente aplicada por meio do emprego de equipamentos mecânicos. Ao longo do tempo de operação de um aterro sanitário, a constante deposição de camadas sobrepostas de resíduos e o processo de decomposição da matéria orgânica, acaba por promover uma redução volumétrica do aterro e alterar ao seu comportamento geotécnico, principalmente em relação à sua estabilidade e aos possíveis recalques. Portanto, uma boa compactação garante, também, aos maciços de um aterro sanitário, condições estruturais e de estabilidade (CATAPRETA *et al.*, 2003).

Tchobanoglous *et al* (1993) citam que a densidade inicial dos RSU dispostos em um aterro sanitário varia com o modo de operação e aterragem, a facilidade de se compactar cada componente da massa de resíduos e a porcentagem de cada um destes componentes.

Vários fatores, segundo (BOSCOV e ABREU, 2000), podem afetar a compactação dos RSU em um aterro sanitário, sendo os principais: composição dos resíduos; espessura da camada de resíduo a ser compactada; o tipo, peso e velocidade dos equipamentos empregados na compactação; umidade dos resíduos; inclinação do plano de compactação e número de passadas executadas pelo equipamento compactador.

No aterro sanitário de Belo Horizonte pode-se dizer que os resultados em geral foram satisfatórios, sendo que os valores observados, em sua maioria, situaram-se na faixa de 7 a 11  $\text{KN/m}^3$ , tendo sido observados valores mínimo de 5,90  $\text{KN/m}^3$  e máximo de 14,2  $\text{KN/m}^3$ , sendo a média de 9,2  $\text{KN/m}^3$ , próximo ao valor previsto em projeto que é de 9,0  $\text{KN/m}^3$ . Destaca-se que pode ser notada uma grande variação dos valores observados, dentro da faixa mencionada. No entanto, dada a complexidade de execução dessa operação e os diversos fatores que podem influenciar na compactação dos resíduos, o valores apurados podem ser considerado satisfatórios, indicando um bom desempenho dos equipamentos empregados, (CATAPRETA *et. al*, 2004).

Segundo Habitzreuter (2008), os rejeitos compactados em prensa estática com uma pressão equivalente de 250kPa, adquirem densidade de 7,66 $\text{KN/m}^3$ .

Outros dados importantes para determinar a compactação é a massa específica e o peso específico dos resíduos. Para Silveira (2004), A determinação do peso específico da massa de lixo depositada em aterros é feita através de processo de mensuração, estabelecendo a relação que exprime o peso na unidade de volume. Sua composição é o fator mais importante, pois influencia as propriedades físicas, químicas e geomecânicas.

### **3. METODOLOGIA DE PESQUISA**

Neste capítulo será apresentado os métodos aplicados no estudo de caso, demonstrando as fórmulas, procedimentos e avaliações realizadas no presente estudo.

No trabalho será realizado um detalhamento sobre o processo operacional atual da Central de Tratamento de Resíduos da Caturrita (CTRC), Santa Maria. Partindo desta avaliação inicial este estudo irá comparar o modelo operacional atual com um processo operacional que utiliza prensa para compactar os rejeitos. Esse comparativo será realizado através da compactação do rejeito da Unidade de Triagem (UT) em prensa vertical instalada na mesma. Serão geradas informações comparativas dos principais processos operacionais atuais (maiores custos operacionais), com o processo operacional que utiliza compactação de rejeitos em prensa.

Para tal, o estudo fundamentou-se em identificar algumas características físicas do rejeito, para com estes dados avaliar as etapas operacionais atual e comparar com a operação de compactação de rejeitos em prensa. Neste estudo foi avaliado somente as etapas operacionais permitidas pela direção da empresa.

#### **3.1 Compactação atual do rejeito no aterro sanitário e compactação de rejeitos em prensa e Caracterização do processo operacional.**

Como etapa inicial, foi solicitada a aprovação do presente estudo junto à Direção da Central de Tratamento de Resíduos da Caturrita (CTRC). Para que fossem criadas alternativas comparativas sobre o processo atual e do processo de compactação de rejeitos em prensa, foi necessário o conhecimento da massa específica dos rejeitos, tanto para a compactação atual como para compactação de rejeitos em prensa.

##### **3.1.1 Compactação do rejeito no aterro sanitário – processo atual**

A compactação foi determinada através da quantificação do total de resíduos que entrou na CTRC durante 6 meses (março a agosto de 2008) e a quantidade de

resíduos que foram retirados na unidade de triagem (resíduos comercializados), neste período. Estes valores foram subtraídos e assim conhecido o peso total de resíduos dispostos (rejeito da UT), no aterro sanitário.

Após quantificação da massa de resíduos depositado no aterro no período, foi realizada uma medição topográfica da área ocupada por estes resíduos. O levantamento topográfico foi realizado utilizando o sistema de caminhamento perimétrico associado à irradiações, utilizando uma Estação Total Leica TCR805 Power com precisão angular de 5'' e linear de 2mm/km+2ppm, dados de campo pós processados através de software topográfico e confecção de planta topográfica em sistema CAD.

O levantamento foi regido com base na NBR 13.133 (1994), levando em consideração a Poligonal Base classe IIIP (estação total classe II com precisão angular de 5'' e precisão linear de 3mm+ 5ppm), escala do desenho 1:1.000.

O levantamento topográfico identificou a área e volume ocupado pelo resíduo compreendido entre de março a agosto de 2008.

Com os valores totais de peso e volume do rejeito, foi calculada a massa específica do rejeito depositado no aterro sanitário para uma compactação realizada com trator de esteira com peso operacional de 21,17 toneladas. Neste estudo não foi considerado o valor de adensamento do aterro. A Figura 3.1 apresenta o equipamento utilizado para compactação atual do aterro.

A equação 3.1 apresenta a expressão adotada para a determinação da massa específica do resíduo.

$$\rho_{at} \text{ (kg/m}^3\text{)} = Pr / Vc \quad 3.1$$

Onde:

$\rho_{at}$  = massa específica do rejeito no aterro ( $\text{kg/m}^3$ );

Pr = peso do rejeito (kg);

Vc = Volume depositado na célula ( $\text{m}^3$ )



Figura 3.1 – Equipamento Utilizado atualmente para compactação de resíduos – Trator de esteira – modelo D6G

Para identificar a compactação exercida foi calculado o peso específico através da seguinte equação 3.2

$$\gamma_{at} \text{ (N/m}^3\text{)} = \rho \times g \quad 3.2$$

Onde:

$\gamma_{at}$  = peso específico do rejeito;

$\rho$  = massa específica;

$g$  = aceleração da gravidade (valor adotado  $10\text{m/s}^2$ )

### 3.1.2 Compactação dos rejeitos em prensa

Para executar este cálculo foi feita à cubagem de fardos de rejeito produzidos em prensa vertical. Para obter informações das possíveis variações que possam ocorrer no decorrer da operação, foram prensados 16 fardos em dias secos e chuvosos.

Os fardos foram compactados em prensa de PET e de Polietileno de alta densidade. A prensa possui diâmetro da Haste do Cilindro Hidráulico de 109 mm e com capacidade de pressão de 70 toneladas, possui curso de pistão de 1650mm, camisa do pistão de 6 polegadas, estrutura de chapa de aço de 3/8 e vigas de “I” e “U” de 8 polegadas, Figura 3.2.



Figura 3.2– Prensa vertical utilizada para compactar rejeito.

Os fardos foram transportados em caçamba e assim realizada a pesagem na própria balança de entrada do empreendimento (Figura 3.3). Foi descontado o peso da caçamba e assim conhecido o peso líquido de cada fardo. Este processo foi repetido para todos os fardos produzidos.

A balança utilizada possui capacidade de medição de 80 toneladas e divisão de carga de 10kg, os valores acima de 5 (cinco) são arredondados para 10 (dez) e valores menores que 5 (cinco) são arredondados para 0 (zero). Todos os resíduos que entram e saem da CTRC são pesados neste equipamento.





Figura 3.3 – Vista Frontal da plataforma de pesagem

As medições de cada fardo foram realizadas através de medidas de largura, altura e comprimento de cada fardo, portanto a massa específica foi calculado através da equação 3.3

$$\rho_f \text{ (kg/m}^3\text{)} = P_f / V_f \quad 3.3$$

Onde:

$\rho_f$  = massa específica do fardo ( $\text{kg/m}^3$ );

$P_f$  = peso do fardo (kg);

$V_f$  = Volume do fardo ( $\text{m}^3$ )

Para identificar a compactação exercida pela prensa foi calculado o peso específico através da equação 3.2.

## **3.2 Avaliação das etapas operacionais atuais comparando com o processo de compactação de rejeitos em prensa**

Para diagnosticar o atual processo operacional da CTRC foram realizados estudos operacionais a campo e registros fotográficos dos processos. Após foi realizada um estudo comparativo do modelo de operação atual com o modelo de operação proposto na avaliação.

### **3.2.1 Fluxo de resíduos**

Foi realizado um acompanhamento dos pesos dos rejeitos recebidos na CTRC em cada intervalo de hora para cada dia da semana. Os dados foram digitados em programa Excel, gerando um valor médio da quantidade de resíduos recebidos por hora, por turno (diurno e noturno) e por dia da semana. Foram pesquisadas 3 tipos de prensas para compactar rejeitos.

### **3.2.2 Carregamento e traslado de resíduos**

O carregamento e traslado de resíduos ao aterro sanitário foi analisado através da descrição e registros fotográficos do processo atual, identificando o carregamento, o peso médio e volume médio do rejeito transportado, o número de viagens por dia de trabalho, o tempo médio do trajeto e a quilometragem total do trajeto. Estes dados foram analisados no mês de julho de 2008 entre os dias 15 e 31.

Os rejeitos da unidade de triagem são transportados para o aterro sanitário em caçambas do tipo “toco”. Essas caçambas foram adaptadas para transportar um maior volume de rejeito, conforme apresentado na Figura 3.4.



Figura 3.4– Caçamba para transportar rejeito

Foi feita à cubagem exata da caçamba através da medição da largura, altura e comprimento, bem como o acompanhamento da pesagem no período de 15 dias.

Os dados foram calculados através da equação 3.4.

$$\rho_c \text{ (kg/m}^3\text{)} = P_c / V_c \quad 3.4$$

Onde:

$\rho_c$  = massa específica do rejeito transportado;

$P_c$  = peso da carga;

$V_c$  = Volume da carga

Para realizar o estudo de transporte de rejeito compactado em prensa foi utilizado o valor da média da massa específica encontrada nas 16 amostras. Com este valor foi feita uma correlação com os dados operacionais atuais, onde foram apontados pontos positivos e negativos dos processos operacionais e feitas as considerações sobre o transporte de fardos de rejeitos.

### 3.2.3 Apresentação dos equipamentos utilizados – operação atual e Operação Compactação de rejeitos em prensas.

Foi realizada uma comparação de *lay out* dos equipamentos utilizados no processo atual com os equipamentos necessários para a compactação e disposição de rejeitos em fardos. Foram avaliados itens de consumo de diesel, valor de locação e mão de obra para operacionalizar o processo. Os valores de consumo de diesel e valor de locação foram verificados através de pesquisas com fornecedores de máquinas. O *lay out* proposto foi realizado sistema CAD.

### 3.2.4 Vida útil do aterro sanitário

Através do conhecimento atual da operação do empreendimento e dos quantitativos de entrada de resíduos citados nos itens anteriores e do levantamento topográfico realizado no mês de agosto de 2008, foi redimensionada a vida útil do aterro sanitário para célula “A”, capítulo 4, figura 4.5, bem como a projeção da vida útil para rejeitos compactados em prensa.

Este dimensionamento foi realizado com base nas seguintes informações e através da equação 3.5 para cálculo da vida útil do aterro com operação atual e equação 3.6 para cálculo da vida útil com operação de compactação de rejeitos em prensa.

- Período de Avaliação – (Julho a Agosto);
- Número de dias úteis - (dias);
- Massa recebida – (toneladas);
- Volume ocupado – m<sup>3</sup>
- Volume projeto – m<sup>3</sup>
- Estimativa da vida útil– (anos).

$$Vu.atual(ano) = (V.pr / (V.top / Nd.)) / N.da$$

3.5

Onde:

Vu.atual = Vida útil para o aterro em anos operação atual;

V.pr = Volume estimado do projeto, (m<sup>3</sup>);

V.top = Volume encontrado no aterro sanitário (m<sup>3</sup>);

Nd. = Número de dias no período estudado; e

N.da = Número de dias úteis ano;

$$Vu.p(ano) = (V.pr / (mp/pf.)) / N.da$$

3.6

Onde:

Vu.p = Vida útil para aterro em anos operação compactação com prensa;

V.pr = Volume estimado do projeto (m<sup>3</sup>);

mp = Massa de resíduo recebida no período de estudo (kg); e

massa específica do fardo (kg/m<sup>3</sup>); e

N.da = Número de dias úteis ano;

### 3.3 Análise final dos dois procedimentos

Como etapa final foi realizada uma comparação dos processos operacionais estudados, descrevendo os benefícios e indicando possíveis melhorias para o andamento dos serviços realizados.

Esta análise foi baseada nos estudos de campo, o que permitiu obter dados concretos e reais da operação na CTRC. Esta análise foi realizada para cada resultado encontrado.

#### **4. APRESENTAÇÃO DO EMPREENDIMENTO**

Segundo dados do IBGE (2000), a região Central do estado do Rio Grande do Sul é composta por 35 municípios e uma população total de 646.812 habitantes, o que corresponde a 6,35% da população do Estado, da qual 77,36% residem nas áreas urbanas e 22,64% nas áreas rurais. É a quarta região mais populosa do Estado e a segunda no contingente de população rural.

A rede urbana da Região Central tem como principal pólo o município de Santa Maria, que exerce um forte grau de centralidade e sua influência ultrapassa os limites regionais, principalmente nas atividades ligadas ao setor terciário, polarizando as atividades comerciais e serviços. Também é considerada um pólo na área dos serviços públicos por sediar, entre outras instituições, a Universidade Federal e a Área de Segurança Nacional formada pela base aérea e várias unidades do Exército.

Santa Maria, por estar situada na região central do Estado do Rio Grande do Sul, apresenta características econômicas e sociais iguais aos municípios da Metade Sul do Estado. Conforme IBGE (2000), Santa Maria localiza-se na região geográfica sul – mesorregião geográfica ocidental rio-grandense – microrregião geográfica Santa Maria, possui uma população total de 263.403 habitantes é subdividida em 24 bairros e 09 distritos.

Quanto à infra-estrutura, a Região Central é relativamente bem servida quanto a malha rodoviária. Passam pela região algumas das principais rotas rodoviárias de ligação do Estado com os países do MERCOSUL e com as demais regiões do país, bem como, com a capital do Estado e com o Porto de Rio Grande – BR158, BR 287, BR 290, BR 392, RS 149 e RS 348. A região possui um total de 741,73 km de rodovias estaduais, das quais 472,92 km são pavimentadas. Atualmente foi finalizada um trecho da BR 158, ligando o centro do estado com municípios da fronteira e região, Figura 4.1.

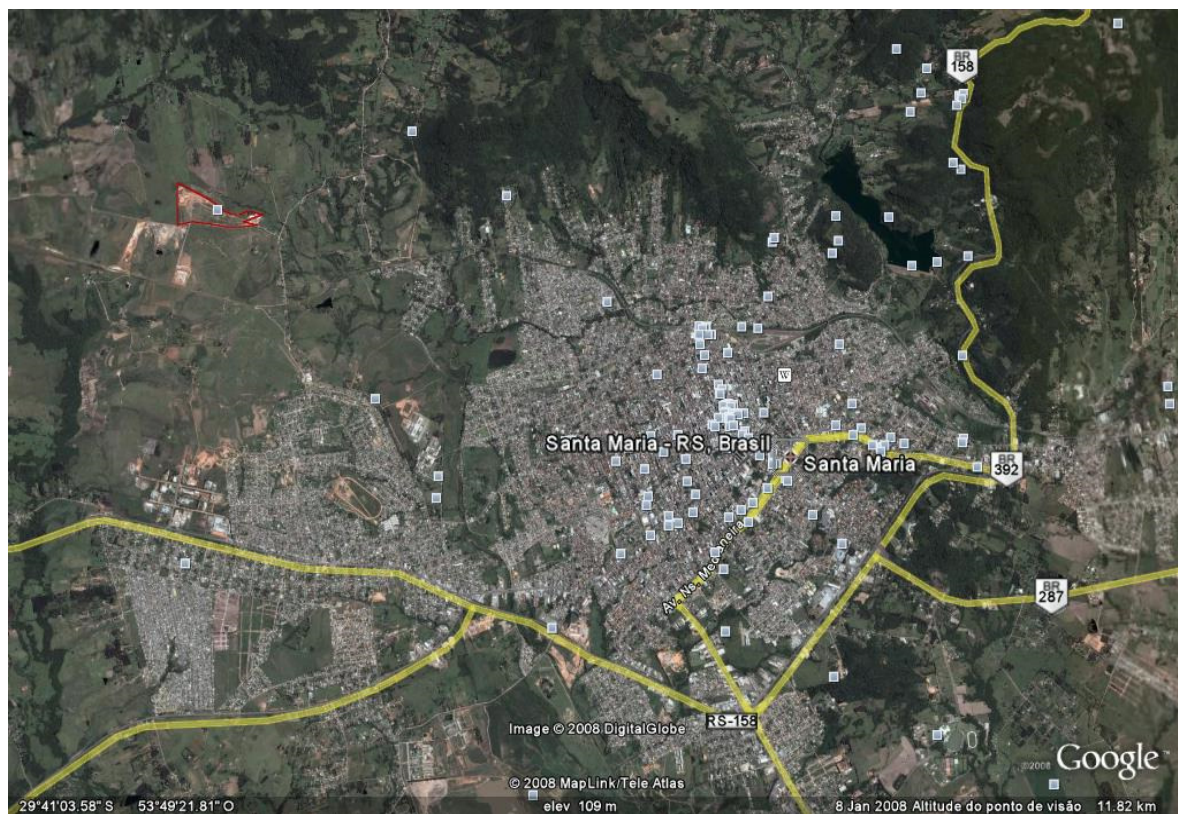


Figura 4.1 – Mancha urbana de Santa Maria cortadas (linhas amarelas) pela BR 158, 392 e 287 (Google Earth, 2008).

A justificativa principal da empresa para a instalação de uma unidade de tratamento e disposição final de RSU é devido à inexistência, na região central do estado, de aterro sanitário para resíduos não perigosos, Classe II-A (ABNT/NBR 10.004), devidamente licenciado no Órgão Ambiental.

A CTRC atende uma população de aproximadamente 500.000 habitantes, considerando cerca de 250.000 habitantes da cidade de Santa Maria e 250.000 habitantes dos municípios vizinhos e tendo uma vida útil estimada de 35 anos para o empreendimento.

O empreendimento possui uma área de 24,7ha, localizada junto à Estrada Vicinal para a Boca do Monte, Carta Topográfica CATURRITA, com Coordenadas UTM 22J 222.278, 6.715.621, distando 8.700m do centro da cidade.

A CTRC tem como objetivo a separação dos materiais recicláveis, introduzindo-os novamente no ciclo de utilização e com o aproveitamento da fração orgânica, utilizando este material como um insumo de qualidade na agricultura local, é indiscutível o ganho ambiental relativo ao manejo dos Resíduos Sólidos Urbanos

(RSU), uma vez que os materiais a serem aterrados deverão ser somente aqueles para os quais não existe mercado e não seja possível a sua compostagem pelos métodos tradicionais. Desta forma a CTRC apresenta o fluxograma apresentado na Figura 4.2

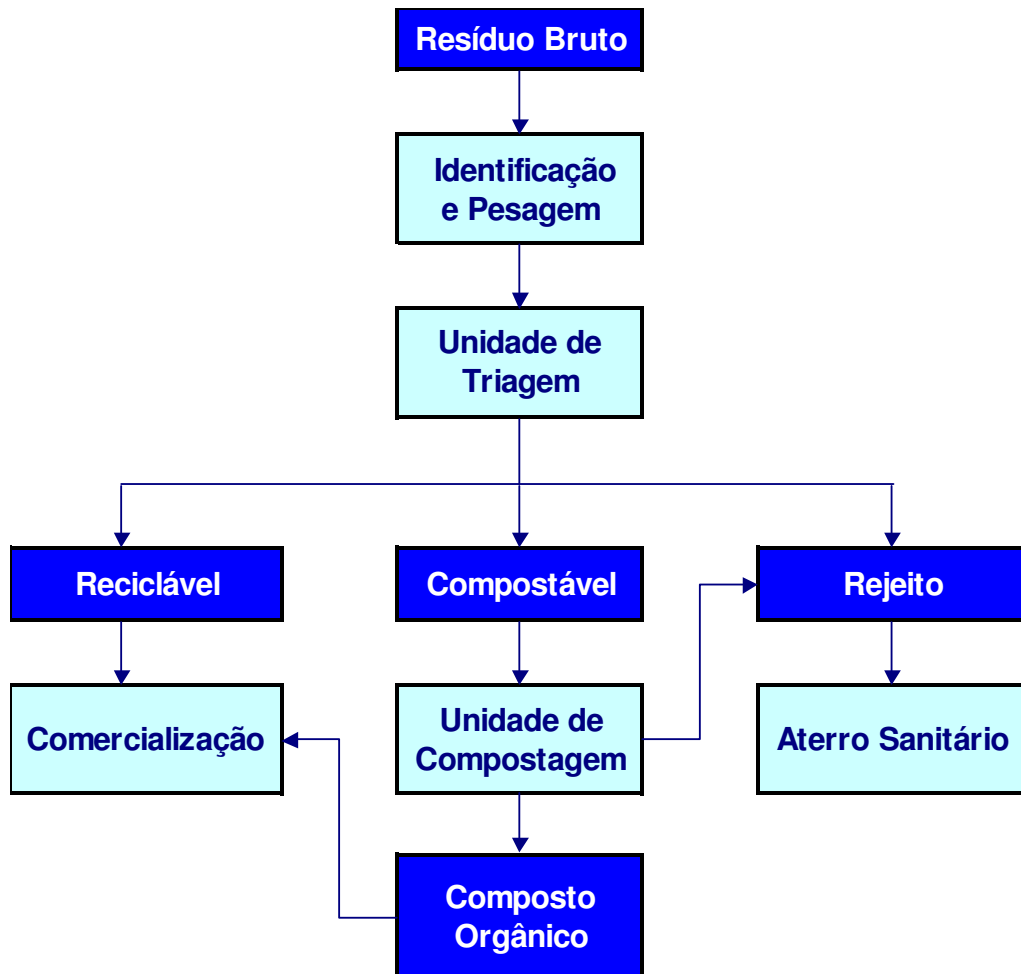


Figura 4.2 - Fluxograma da movimentação de RSU na CTRC.

A Central de Tratamento de Resíduos Urbanos da Caturrita – CTRC, assim denominada, divide-se em 3 unidades básicas:

Unidade de Triagem (UT): responsável pela etapa inicial de triagem, enfardamento e comercialização de materiais recicláveis.

Unidade de Compostagem (UC): para o reaproveitamento da fração orgânica contida no resíduo urbano, transformando-a em composto orgânico.



Aterro Sanitário (AS): com o objetivo de receber o rejeito das unidades de triagem e compostagem.

Compõe as instalações da CTRC as seguintes estruturas e edificações:

- Cercamento da área com tela no alinhamento junto à Estrada Boca do Monte (1.120m) e cercamento com arame farpado nos demais alinhamentos (1.650m);
- Acessos pavimentados com CBUQ totalizando 2.000m<sup>2</sup> de pavimento;
- 02 Guaritas (Portarias 1 e 2), com área de 4m<sup>2</sup> cada uma;
- Reservatório elevado, em concreto armado, para água potável volume: 10m<sup>3</sup>;
- Poço artesiano profundo para a captação de água potável;
- Poços profundos para a coleta de água subterrânea para monitoramento ambiental;
- Balança rodoviária eletrônica 18m, capacidade 40 toneladas com escritório (área 16 m<sup>2</sup>) e prédio de cobertura (área: 150 m<sup>2</sup>);
- Prédio do Escritório da Administração, refeitório, banheiros e vestiários para funcionários da CTRC, com área de 96m<sup>2</sup>;
- Prédio do Escritório da Administração, refeitório, banheiros e vestiários para trabalhadores da Cooperativa, com área de 216m<sup>2</sup>
- Prédio para Garagem e abastecimento, com área de 200m<sup>2</sup>;
- Prédio da Unidade de Triagem com área de 750m<sup>2</sup>;
- 02 (dois) Prédios para compostagem coberta com área de 1.000m<sup>2</sup> cada um ;
- Prédio do Peneiramento, com área de 144m<sup>2</sup>;
- Açude artificial para coleta e abastecimento de água não potável, com área impermeabilizada em geomembrana espessura 1mm de 435m<sup>2</sup>;
- 02 (dois) tanques de armazenamento de efluentes do pátio de compostagem à céu aberto, com área impermeabilizada em geomembrana espessura 1mm de 260m<sup>2</sup> cada um;
- Sistemas de bombeamento e irrigação de efluente dos tanques nas leiras de compostagem das áreas cobertas;
- Aterro Sanitário com área útil de 16,4ha, área de impermeabilização de base em geomembrana espessura 1mm de 176.000m<sup>2</sup> e área de

impermeabilização superficial com geomembrana espessura 0,8mm de 202.400m<sup>2</sup>;

- Sistema de tratamento de efluentes líquidos composta de Filtro Anaeróbio de Base do Aterro – FABA (dentro do corpo do aterro) e estação de tratamento de lixiviado com 4 unidades (Tanque de Equalização com Fluxo Ascendente – TEFA, Filtro Aeróbio de Taxa Intermediária – FATI, Lagoa Facultativa 1 – LAFA-1, Lagoa Facultativa 2 – LAFA-2, com área total revestida com geomembrana espessura 1mm de 1.320m<sup>2</sup> e com espessura 1,5mm de 192m<sup>2</sup>.

Com base na Portaria n.º 12/95 da Secretaria de Saúde e Meio Ambiente - SSMA que regulamenta a Norma Técnica n.º 003/95, com vistas ao licenciamento ambiental do empreendimento foi necessário a realização de Estudo de Impacto Ambiental e respectivo Relatório de Impacto Ambiental – EIA/RIMA, tendo em vista tratar-se de empreendimento enquadrado no item 6.1 letra “b” da referida norma.

O EIA/RIMA foi realizado entre junho e setembro de 2005 e contemplou a avaliação de alternativas locais e tecnológicas para a implantação do empreendimento.

O empreendimento está subdividido em 1ha para o sistema de tratamento de efluentes, 16ha para o aterro sanitário, 2ha para área da unidade de compostagem e 5ha para as áreas da unidade de triagem e prédios administrativos conforme apresentado nas Figuras 4.3 e 4.4.

A CTCRC está recebendo resíduos de 20 municípios da região central e outros municípios da região serrana e até da região da fronteira do estado.

Hoje o empreendimento está atendendo praticamente 450.000 habitantes do estado do Rio Grande do Sul e recebendo uma média diária de 280 toneladas de resíduos sólidos domiciliares que contribuem para o emprego de 100 funcionários, quase todos oriundos do antigo lixão da cidade (catadores).

Para almejar um acréscimo na quantidade de resíduos recebidos, justificar o investimento e a técnica implantada e servir de alternativa de tratamento de resíduos de mais municípios da região central do estado que o estudo busca qualificar a disposição dos rejeitos, gerando operações mais simplificadas e com mais tecnologias para aumentar principalmente a vida útil do aterro sanitário e eficiência

de todo processo operacional, A Figura 4.5 apresenta uma imagem área da célula onde estão sendo depositados os resíduos após a triagem.



Figura 4.3 - Foto aérea da localização da área do Empreendimento



Figura 4.4 – Foto área das unidades administrativas da CTRC



Figura 4.5 – Visão do aterro sanitário – célula fase A

Diariamente a CTRC recebe cerca de 280 toneladas de resíduos sólidos domiciliares. Estes resíduos são pesados separadamente, gerando dados estatísticos para cada município que dispõe seu resíduo na CTRC.

Estes resíduos depois de identificados, pesados e os valores obtidos são armazenados em banco de dados digital são descarregados na área de descarga da unidade de triagem onde são transportados em duas esteiras contínuas para separação (Figura 4.6).



Figura 4.6 – Unidade de Triagem – Esteiras para transporte de resíduos

Na esteira os resíduos recicláveis são separados em 22 tipos de resíduos. Estes resíduos são prensados e comercializados. No final das duas esteiras de triagem existe outra esteira que recebe o rejeito, (todo resíduo sem valor econômico), este rejeito é transportado em caçambas para o aterro sanitário, Figura 4.7.

Este rejeito será tema de análise do estudo, pois se acredita-se que este rejeito compactado em prensas na própria unidade de triagem, traria benefícios operacionais de grande valor para o empreendimento, além de reduzir o volume e aumentar a massa específica deste rejeito (Figura 4.8).

Assim, o estudo visa demonstrar estes benefícios e apresentar este método como alternativa operacional para aumentar a vida útil do aterro sanitário e

conseqüentemente servir de alternativa de tratamento para outros municípios da região.



Figura 4.7 – Transporte de rejeito para Aterro Sanitário



Figura 4.8 – Rejeito transportado em esteiras para abastecer caminhões de transporte para o Aterro Sanitário

## **5. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Neste capítulo serão apresentados os resultados e as discussões dos indicadores do estudo bem como a descrição do processo operacional atual comparado com o processo de compactação de rejeitos em prensa.

### **5.1 Compactação atual do rejeito no aterro sanitário e compactação de rejeitos em prensa**

A seguir serão apresentados os resultados da avaliação de compactação para os processos de compactação realizada com uso de tratores de esteira e com a compactação de rejeitos em prensa.

#### **5.1.1 Compactação atual do rejeito no aterro sanitário**

Nos seis primeiros meses de operação do aterro sanitário, o total de resíduos processados foi de 41.463,35 toneladas, onde o mês de Abril apresentou 7.983,75 toneladas de resíduos processados, maior quantidade recebida no período.

O mês de março apresentou 5.785,01 toneladas de resíduos processados, a menor quantidade de resíduos recebidos no período. A Figura 5.1 apresenta o volume total mensal de resíduos destinados ao aterro sanitário.

O volume de rejeito encontrado no período foi de 36.395m<sup>3</sup>, conforme levantamento topográfico realizado no dia 31/08/08, anexo 01.

Na operação convencional os resíduos são descarregados na frente de trabalho, local onde é realizada a descarga, o espalhamento e a compactação dos resíduos, Figura 5.2. As frentes de serviços são compostas de acessos e pátios de manobras temporários e estruturas de contenção de resíduos dispersos pela ação dos ventos.

A compactação dos resíduos na operação do aterro sanitário é realizada pelo sistema de compactação em rampa. Este procedimento é considerado o mais adequado, uma vez que permite uma boa compactação em uma frente de trabalho com menor área, o que favorece a cobertura diária dos resíduos.

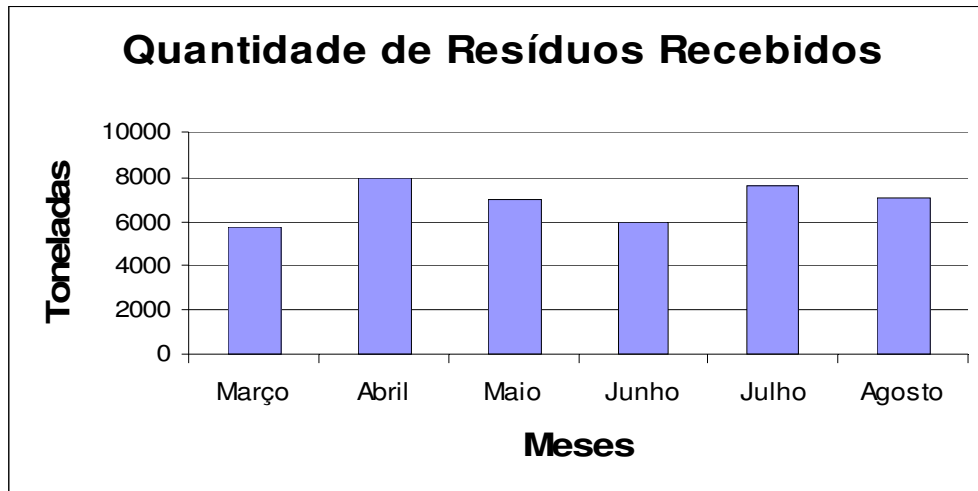


Figura 5.1 - Quantificação de entrada de resíduos no período de março a agosto de 2008.



Figura 5.2 – Frente de serviço com barreira para ventos

A seguir é apresentado os procedimentos de formação dos patamares, devendo ser seguida na operação de todas as fases do aterro:

(a) A carga de rejeito é descarregada no pé do talude onde está localizada a frente de trabalho, o volume é espalhado na rampa de baixo para cima e posteriormente

compactado mecanicamente, com a utilização de trator sobre esteiras equipado com lâmina frontal. A rampa é formada permanentemente por um talude com a inclinação de 1:3, até atingir a altura de 5 metros (Figura 5.3).

(b) A compactação mecânica dos resíduos é realizada passando-se o trator de esteira, no mínimo, cinco vezes o trator sobre o mesmo local em toda a extensão de resíduos previamente espalhados na rampa. Tal procedimento tem como finalidade atingir uma boa compactação e conseqüentemente uma elevada redução de volume.

(c) Após compactação dos resíduos, ao final de cada jornada de trabalho, inicia-se a cobertura diária, reduzindo assim a presença de animais e controlando a proliferação de micro e macro vetores (Figura 5.4).



Figura 5.3 – Compactação de resíduos em rampa





Figura 5.4 – Recobrimento de resíduos compactados e queimadores de gás

A massa específica apresentada nos seis primeiros meses de operação foi de  $0,91\text{t/m}^3$ . O projeto previa uma massa específica de  $0,65\text{t/m}^3$ , aproximadamente  $0,26\text{t/m}^3$  a menos que o esperado para o período.

#### 5.1.2 Compactação de Rejeitos em prensa

Na operação com prensagem de rejeitos em prensa os resíduos são compactados na própria unidade de triagem e a operação do aterro sanitário não conta com tratores de esteiras. A seguir é apresentada a rotina de formação dos patamares, devendo ser seguida na operação de todas as fases do aterro:

- (a) Os fardos de rejeito são descarregados, com o auxílio de escavadeira hidráulica adaptada, na frente de serviço em pilhas de altura definida para cada patamar, observando-se o formato de degraus para garantir a estabilidade da pilha e respeitar as redes de drenagens horizontais e verticais.
- (b) Com auxílio de caçambas e pá carregadeira a superfície dos fardos são recobertos em camadas de 20cm de terra.

A compactação utilizada para este tipo de operação é a realizada em prensas. O valor da massa específica das 16 amostras esta apresentado na Tabela 5.1.

Verificou-se que a média da massa específica apresentada para rejeitos compactados em prensa é de  $1,253\text{t/m}^3$ . Os valores variam de  $1,11\text{t/m}^3$  e  $1,46\text{t/m}^3$ , o desvio padrão apresentado foi de 0,09 e o coeficiente de variação foi de 7%. Verificou-se que a variação está relacionada à heterogeneidade dos resíduos sólidos, umidade do dia de trabalho e da eficiência da usina. O valor mínimo da massa específica foi verificado em dia carregamento de produtos recicláveis, onde são retirados funcionários da catação para realizar o carregamento, assim a eficiência da usina é reduzida e sua massa específica. Os valores máximos de massa específica foram encontrados nos fardos produzidos em dias com baixos índices de faltas de funcionários na triagem e sem umidade no rejeito. Os valores próximos da média foram dias normais com poucas variações no quadro de funcionários e apenas presença de umidade realizada pela presença de resíduos orgânicos.

Tabela 5.1 – Massa específica da amostras de fardos compactados

Massa específica e Peso Específico das Amostras		
Amostras	Massa Esp. ( $\text{t/m}^3$ )	Peso Esp. ( $\text{KN/m}^3$ )
1	1,26	12,60
2	1,11	11,06
3	1,18	11,84
4	1,23	12,29
5	1,28	12,77
6	1,26	12,60
7	1,46	14,57
8	1,42	14,17
9	1,23	12,31
10	1,20	12,04
11	1,12	11,15
12	1,27	12,71
13	1,27	12,65
14	1,29	12,86
15	1,17	11,67
16	1,33	13,27
Médias	1,25	12,53
Valor Máximo	1,46	14,57
Valor Mínimo	1,11	11,06
Desvio Padrão	0,09	0,90
Coef. de Variação (%)	7	7

### 5.1.3 Comparação das compactações encontradas

Considerando a média encontrada nos fardos e o levantamento topográfico realizado, verificou-se que a eficiência da compactação em prensa é de  $1,25 \text{ t/m}^3$ , sendo  $0,34 \text{ t/m}^3$  a mais que a realizada atualmente e  $0,6 \text{ t/m}^3$  mais que a compactação dimensionada no projeto.

A Figura 5.5 demonstra uma comparação das massas específicas estudadas. O projeto executivo enviado a Fepam prevê uma massa específica de  $0,65 \text{ t/m}^3$ , o resultado do levantamento topográfico foi de  $0,91 \text{ t/m}^3$  e a massa específica encontrada após os rejeitos serem compactados em prensa foi de  $1,25 \text{ t/m}^3$ .

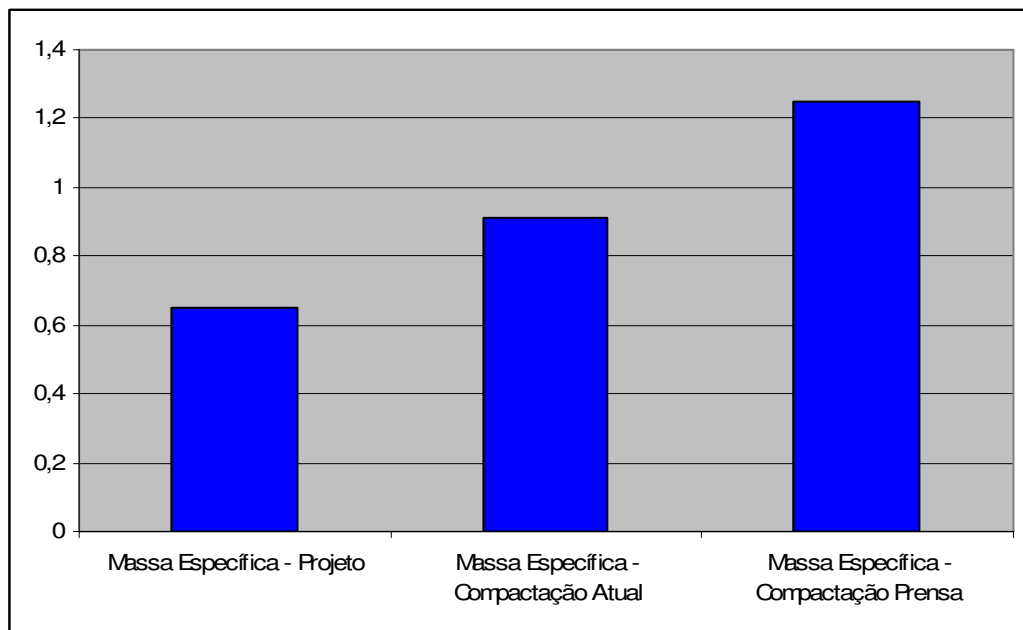


Figura 5.5 – Comparação dos processos

## 5.2 Fluxo de entrada de resíduos na CTRC

O fluxo de entrada de resíduos foi analisado durante 6 meses (março a agosto de 2008), determinando-se o peso total, a média horária e mensal. As Figuras 5.6 a 5.17 apresentam gráficos com a quantidade de resíduos (kg) horária em 2 turnos (diurno e noturno) entre março e agosto de 2008.

No mês de março verifica-se que o dia de maior peso de entrada registrado foi na segunda-feira no intervalo entre 10 e 11h e o dias de menores pesos foram registrados na segunda-feira das 12 às 13h e na quinta-feira das 10 às 11h, conforme apresentado na Figura 5.6. Observou-se que a quantidade máxima de resíduos recebidos é de 39,9 toneladas. Na Figura 5.7 apresenta os valores medidos para o turno noturno, onde verifica-se que o dia de maior peso foi na quarta-feira nos horários das 21 às 22h e o dia de menor peso foi na quinta-feira das 19 às 20h. A quantidade máxima de resíduos recebidos no intervalo foi de 28,8 toneladas no turno noturno do mês de março.

No mês de abril o dia de maior peso foi uma quarta-feira no horário das 11 às 12h, chegando à média 36,93t de resíduos. O dia de menor peso foi na sexta-feira no horário das 11 às 12h, em média de 1,46t de resíduos (Figura 5.8). A Figura 5.9, o dia de maior peso de entrada de resíduos foi quinta-feira das 22 às 23h, na quantidade de 35,385t de resíduos. O dia de menor peso foi na quarta-feira, das 03 às 04h, com um valor médio 0,572t de resíduos.

Na figura 5.10 estão mostrados os valores obtidos para o mês de maio, onde o peso máximo foi na terça-feira, das 09h às 10h, com um valor médio de 34,39t de resíduos. O dia de menor peso foi na segunda-feira, das 12 às 13h chegando a um valor médio de 0,625t de resíduos.

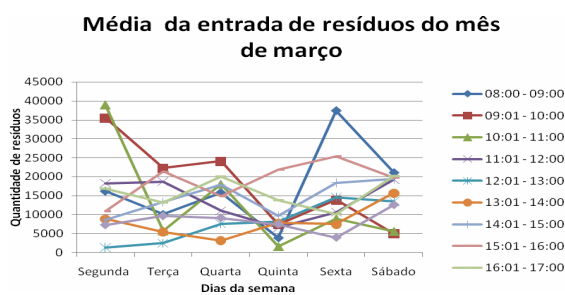


Figura 5.6 - Média da quantidade de resíduos sólidos recebidos por dias da semana (março/2008 no período diurno)

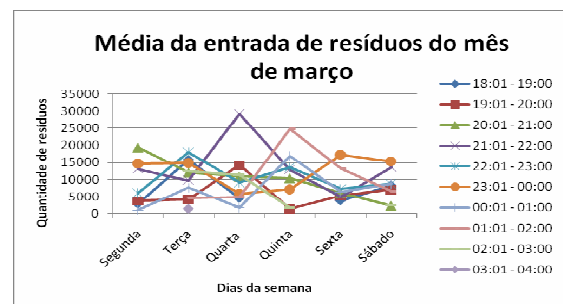


Figura 5.7. Média da quantidade de resíduo sólidos por dias da semana que chegou durante o mês de março no período noturno.

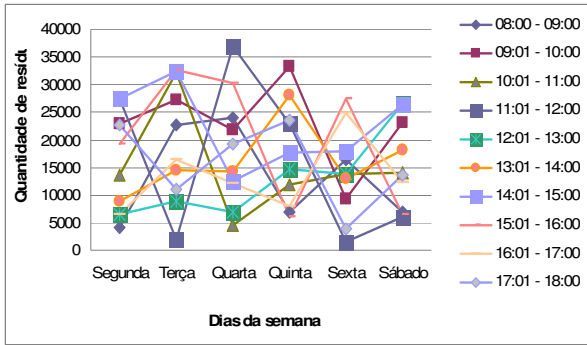


Figura 5.8. Média da quantidade de resíduos sólidos por dias da semana que chegou durante o mês de abril no período diurno

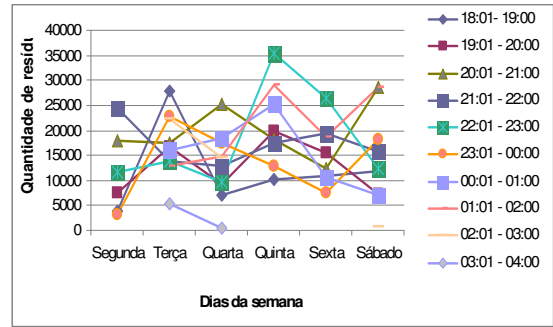


Figura 5.9. Média da quantidade de resíduos sólidos por dias da semana que chegou durante o mês de abril no período noturno

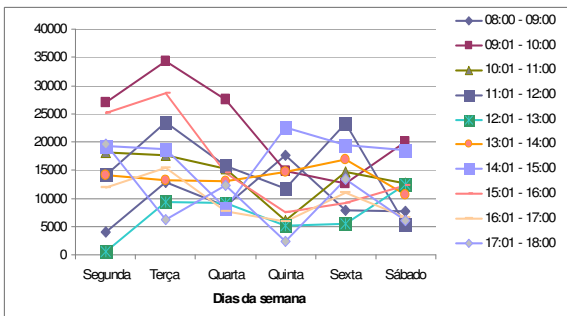


Figura 5.10. Média da quantidade de resíduos sólidos por dias da semana que chegou durante o mês de maio no período diurno.

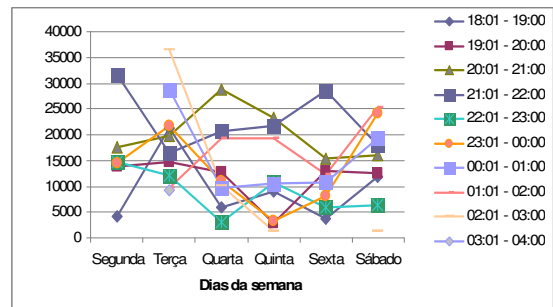


Figura 5.11 Média da quantidade de resíduos sólidos por dias da semana que chegou durante o mês de maio no período noturno

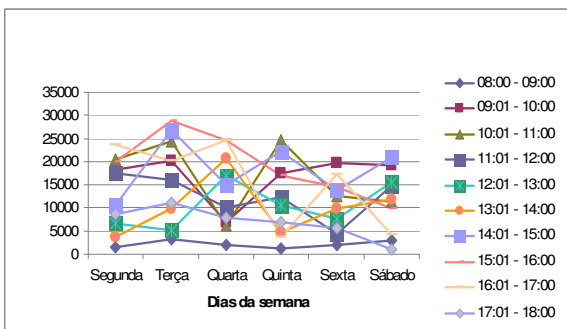


Figura 5.12 Média da quantidade de resíduos sólidos por dias da semana que chegou durante o mês de junho no período diurno.

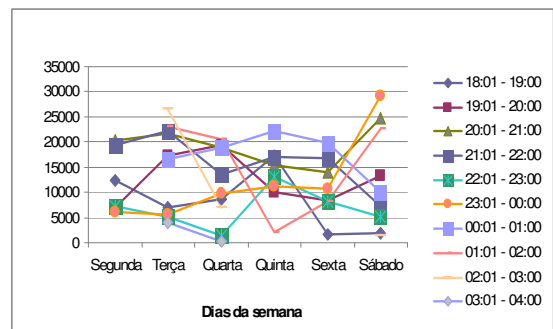


Figura 5.13 Média da quantidade de resíduos sólidos por dias da semana que chegou durante o mês de junho no período noturno.

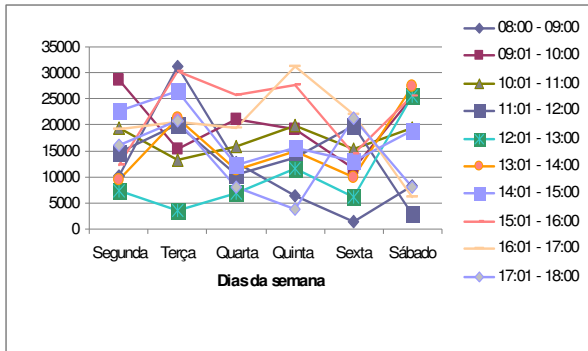


Figura 5.14 Média da quantidade de resíduos sólidos por dias da semana que chegou durante o mês de julho no período diurno.

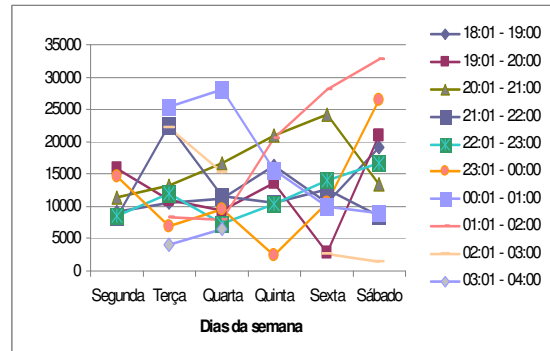


Figura 5.15 Média da quantidade de resíduos sólidos por dias da semana que chegou durante o mês de julho no período noturno.

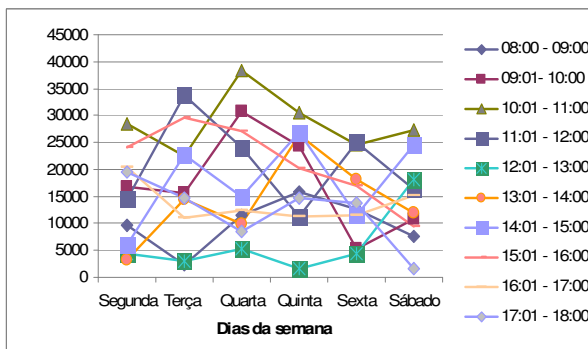


Figura 5.16 Média da entrada de resíduos sólidos por dia da semana durante o mês de agosto no período diurno.

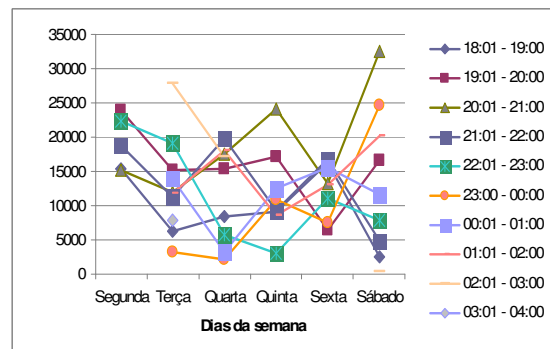


Figura 5.17 Média da entrada de resíduos sólidos por dia da semana do mês de agosto no período noturno.

Verifica-se na Figura 5.11 no período noturno que o dia de maior peso foi na terça-feira, das 2 às 3h, entrando em média 36,54t de resíduos. O dia de menor peso foi na quinta-feira, no mesmo horário, chegando a um volume de 1,352t de resíduos.

As Figuras 5.12 e 5.13 apresentam os resultados para o mês de junho. O dia de maior peso foi terça-feira no horário das 15h às 16h, tendo uma média 28,87t de resíduos. O dia que chega a menor quantidade de resíduos foi no sábado entre 17 às 18h. Na Figura 5.13, verifica-se que o peso máximo ocorre no sábado, das 23h às 24h, chegando em média 29,262t de resíduos. O dia de menor peso foi na quarta-feira, das 3 às 4h, com um valor médio de 0,3075t de resíduos na central.

Na Figura 5.14, apresenta que o maior peso de entrada de resíduos do mês de julho foi na quinta-feira, no horário das 16 às 17h, com a entrada de 31,156t de resíduos. O dia de menor peso foi na sexta-feira, das 8 às 9h, com um valor médio de 1,430t. Percebe-se na Figura 5.15, que o dia de maior peso foi no sábado, da 1

às 2h, entrando em média 32,860t de resíduos. No dia de menor peso de entrada foi no sábado, das 2 às 3h, chegando em média a 1,39t de resíduos.

Na Figura 5.16, apresenta que o maior peso de entrada de resíduos do mês de agosto foi na quarta-feira, das 10 às 11h, chegando em média a 38,7t; e os dias de menores pesos foram na quinta-feira, das 12 às 13h e no sábado das 17 às 18h. No período noturno o dia de maior peso foi no sábado entre 20 e 21h, chegando a um peso médio de 33,40t e o menor peso de entrada foi no sábado, das 2 às 3h, Figura 5.12. O gráfico mostra dias e horários que não chega resíduos na empresa.

Na tabela 5.2, apresenta um resumo dos valores máximos de peso e volume de resíduos processados para o período estudado. Foi verificado que o maior peso de entrada de resíduos apresentado no período foi de 39,9 toneladas de resíduos processados por hora de trabalho. Utilizando o valor médio de massa específica encontrada no item 5.1.1, verificou que no período de estudo o valor máximo processado foi de 144,25m<sup>3</sup>/h verificado no mês de março.

Tabela 5.2 – Valores máximos de peso e volume processados por hora de trabalho para o período de estudo.

Meses	Turnos			
	Diurno		Noturno	
	Peso (t)	Volume (m <sup>3</sup> )	Peso (t)	Volume (m <sup>3</sup> )
Março	39,9	144,25	28,8	104,12
Abril	36,93	133,52	35,38	127,91
Maio	34,39	124,33	36,54	132,11
Junho	28,87	104,37	29,22	105,64
Julho	31,15	112,62	32,86	118,8
Agosto	38,7	139,91	33,4	120,75

Uma dos objetivos do estudo foi buscar alternativas operacionais que facilitem o processo e apresentem um maior custo benefício tanto econômico como ambiental para o empreendimento. Embora o estudo seja realizado com base em compactação de rejeitos em prensa vertical, é extremamente importante comparar o pico máximo de entrada de resíduos com capacidade de compactação de equipamentos de grade porte utilizados atualmente.

### 5.3 Carregamento e traslado de rejeitos para o aterro sanitário

A tabela 5.3 apresenta os valores dos pesos médios das caçambas e das massas específicas dos rejeitos transportados atualmente para o aterro sanitário. Foi realizado um acompanhamento das pesagens durante 15 dias de operação em períodos chuvosos e secos no mês de julho de 2008. Verificou que a massa específica média da carga de rejeito transportada foi de aproximadamente  $276,6\text{kg/m}^3$ . Nesta tabela apresenta resultados estatísticos simplificados e destaca-se um coeficiente de variação de 16,2%, valor este aceitável para um experimento deste tipo.

Tabela 5.3 – Peso médio de resíduos e massa específica dos rejeitos transportados.

Dias	Datas	Peso médio das caçambas (kg)	Massa específica (kg/m <sup>3</sup> )
1	15/07/2008	2.426	303,3
2	15/07/2008	1.654	206,8
3	15/07/2008	1.997	249,6
4	15/07/2008	1.889	236,1
5	15/07/2008	2.456	307,0
6	15/07/2008	2.340	292,5
7	15/07/2008	1.860	232,5
8	15/07/2008	1.678	209,8
9	15/07/2008	2.091	261,4
10	15/07/2008	2.987	373,4
11	15/07/2008	2.456	307,4
12	15/07/2008	2.187	273,4
13	15/07/2008	2.290	286,3
14	15/07/2008	2.340	292,5
15	15/07/2008	2.540	317,5
Média		2.212,7	276,6
Valor Máximo		2.987	373,4
Valor Mínimo		1.654	206,8
Desvio Padrão		358,4	44,8
Coef. de Variação (%)		16,2	16,2

Conforme apresentado na Tabela 5.3 e Figura 5.20, os rejeitos transportados apresentaram valores máximos de 2.987kg e valor mínimos de 1.654kg. Utilizando a média como base de cálculo, verificou-se que os pesos dos rejeitos transportados



são menores que a capacidade total de transporte para caminhões de  $6\text{m}^3$ , sendo somente preenchido 37% da capacidade do caminhão em peso de transporte. Os dados da Figura 5.18 demonstram grande variação do peso transportado, embora às cargas estejam sendo carregados com o mesmo volume. Acredita-se que este fato seja ocorrência da heterogeneidade dos resíduos sólidos domiciliares.

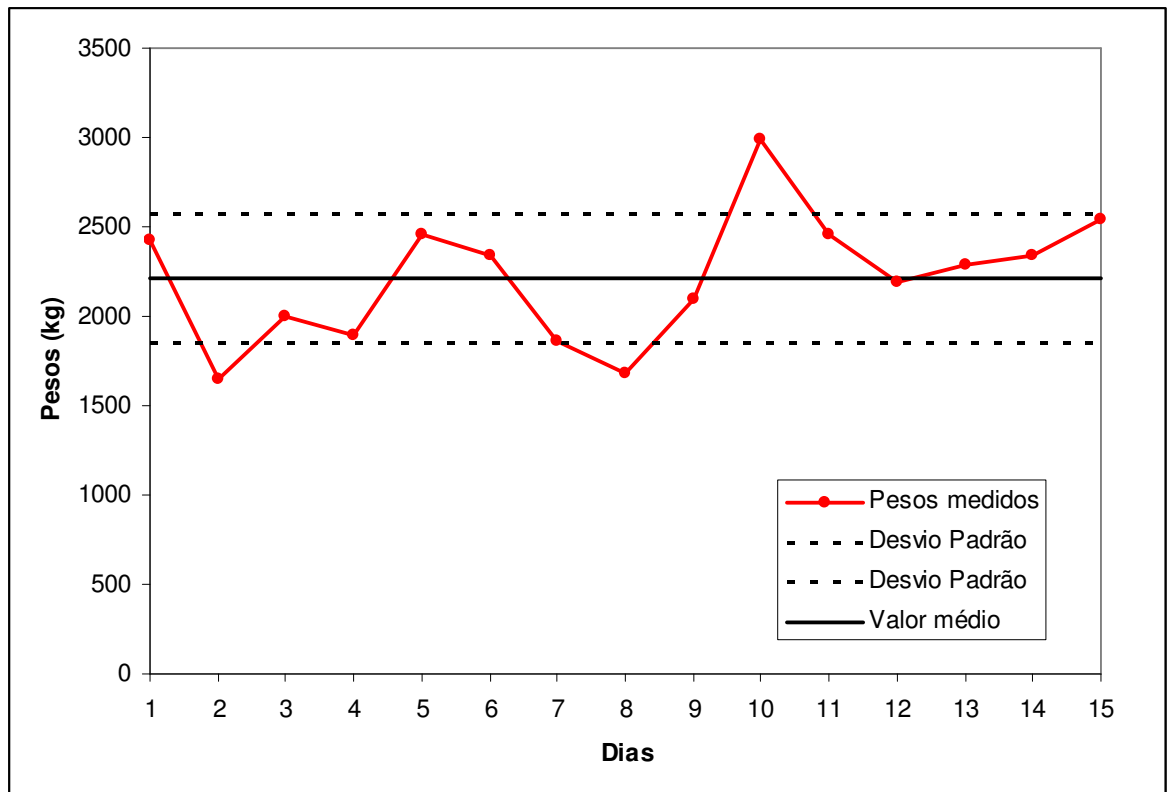


Figura 5.18 – Peso de rejeito transportado para o aterro sanitário

Atualmente o processo operacional para transportar estes rejeitos é realizado com 3, (três), caçambas carregadas diretamente na ponta da esteira, conforme apresentado na Figura 5.19



Figura 5.19 – Caminhões utilizados para transporte de rejeito

Diariamente cada caminhão realiza em média 53 viagens de 3,4km de percurso, totalizando em seu dia de trabalho aproximadamente 182km/dia. Considerando o cálculo para os três caminhões a quilometragem percorrida para a execução do serviço é de 540,6km/dia.

Segundo controles da empresa, a média de consumo para os 3 caminhões é de 2,2km/l, sendo assim o gasto operacional para cada dia de trabalho é de 245,72 litros de diesel.

Os rejeitos, quando prensados em prensa vertical, apresentam valores médios de massa específica de  $1.253,4\text{kg/m}^3$ , conforme apresentado na tabela 5.4. O volume médio de 1 fardo é de  $0,49\text{m}^3$ , o peso médio de um fardo é de 611,25kg. As Figuras 5.21 e 5.22 apresentam o rejeito compactado.

Tabela 5.4 – Avaliação de rejeitos compactados em prensa  
(Volume, Peso e Massa específica dos rejeitos)

Amostra	Peso do fardo Pf (kg)	Volume do fardo Vf (m <sup>3</sup> )	Massa esp. do fardo ρf (kg/m <sup>3</sup> )
1	630	0,50	1260,0
2	520	0,47	1106,4
3	580	0,49	1183,7
4	590	0,48	1229,2
5	600	0,47	1276,6
6	630	0,50	1260,0
7	670	0,46	1456,5
8	680	0,48	1416,7
9	640	0,52	1230,8
10	590	0,49	1204,1
11	580	0,52	1115,4
12	610	0,48	1270,8
13	620	0,49	1265,3
14	630	0,49	1285,7
15	560	0,48	1166,7
16	650	0,49	1326,5
Média	611,25	0,49	1253,39
Valor Máximo	680	0,52	1456,5
Valor Mínimo	520	0,46	1106,4
Desvio Padrão	41,3	0,02	93,8
Coef. de Variação (%)	6,96	3,42	7,48

Considerando a capacidade volumétrica de 8m<sup>3</sup> (após adaptações de caçamba) e 6.000kg para caminhões do tipo “toco”, o transporte destes fardos é economicamente viável.

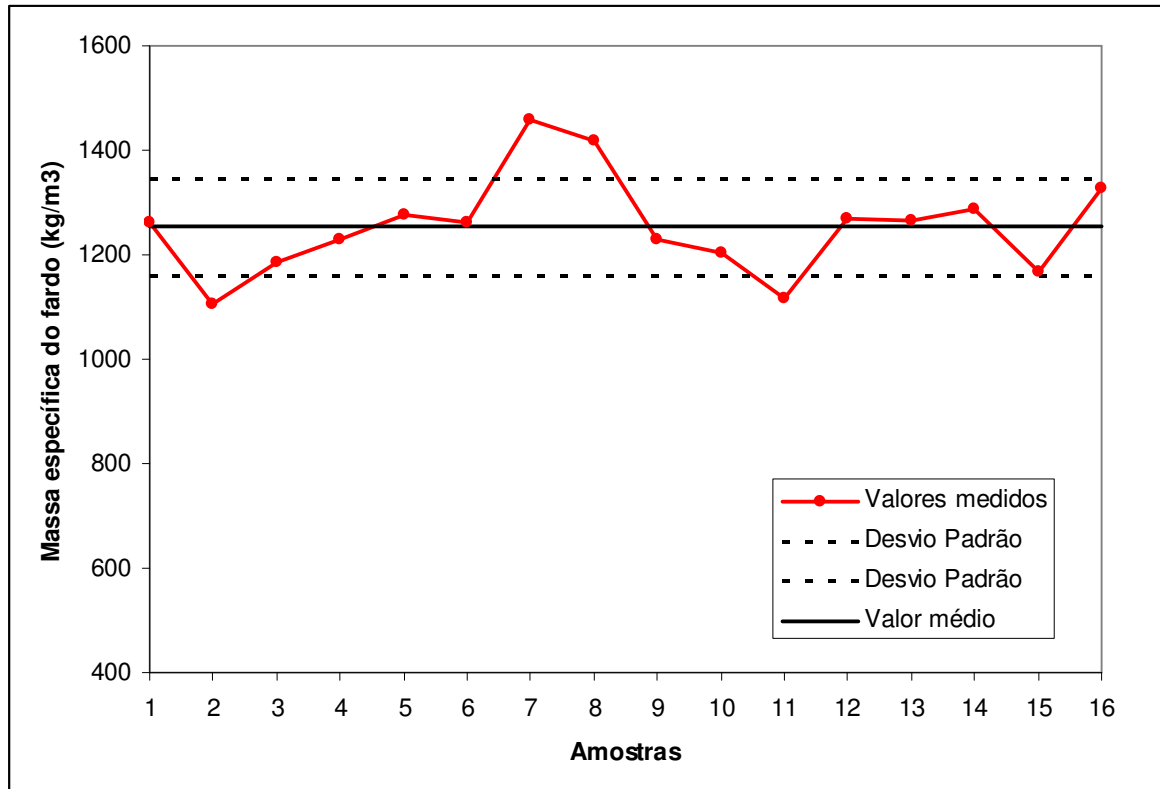


Figura 5.20 – Massa específica dos fardos compactados

O transporte dos fardos de rejeitos compactados em prensa é 28,6% mais eficaz quando relacionado ao peso transportado, número de viagens e quilometragem percorrida, gerando uma economia no consumo de diesel de 31,5% quando comparado ao atual processo operacional.

Tabela 5.5 – Comparação dos processos operacionais

Variáveis	Transporte atual	Transporte de rejeito em fardo
Total de rejeitos transportados/dia	352.185 kg/dia	352.185 kg/dia
Volume ocupado/carga	8m <sup>3</sup>	8m <sup>3</sup>
Peso transportado/carga	2215 kg	7735 kg
Número de viagens/dia	159 viagens	45,53 viagens
Quilometragem percorrida/dia	540,60km/dia	154,80 km/dia
Consumo de diesel/dia	245,72 l/dia	77,40 l/dia

Outros dados podem ser observados quando relacionados à escala de tempo. No caso do diesel, a redução de consumo seria de 2.019 litros de diesel ao ano, o que reduz custos e emissão de CO<sub>2</sub> na atmosfera.



Figura 5.21 – Fardo de rejeito - Largura



Figura 5.22 – Fardo de rejeito

#### **5.4 Apresentação dos equipamentos utilizados – operação atual e operação compactação de rejeitos em prensas.**

A CTRC vem sendo operada conforme os modelos de operação convencional para aterros sanitário. A acomodação e compactação dos resíduos está sendo executada com tratores de esteira (Figura 5.23).

Estes tratores possuem peso de 21,7 toneladas e passam cinco vezes acima da rampa de compactação. A rede de drenagem vertical e horizontal está sendo executada com auxílio de escavadeira hidráulica (Figura 5.24)

O recobrimento diário do aterro está sendo executado com caçambas com capacidade de 6m<sup>3</sup> (Figuras 5.25). A unidade de triagem está sendo operada com auxílio de retro escavadeira e caçambas do tipo toco para o transporte de rejeitos, (Figuras 5.26 e 5.27)



Figura 5.23 – Trator de Esteira – D6G.



Figura 5.24 – Escavadeira Hidráulica – modelo 311C.



Figura 5.25 – Caçambas em serviço de recobrimento



Figura 5.26 – Retro escavadeira



Figura 5.27 – Caminhões

A Tabela 5.6 apresenta a locação das máquinas, as quantidades, consumo e custos. A estimativa de custo para este modelo operacional é de R\$ 196.900,00 para cada mês operado.

Tabela 5.6 – Previsão de custos com base em fornecedores no período de março a agosto de 2008

Maquinário	Centro de Custo	Quantidade	Operadores	Consumo	Custo/hora
Trator de Esteira	Aterro Sanitário	2	4	20l/hora	130,00/hora
Escavadeira Hidráulica	Aterro Sanitário	2	4	12l/hora	125,00/hora
Caçambas Truck	Aterro Sanitário	3	3	2,2l/km	30,00/hora
Retro Escavadeira	Unidade de Triagem/Compostagem	1	2	4,4l/hora	70,00/hora
Caçambas Toco	Unidade de Triagem	3	3	2,2l/km	20,00/hora
<b>Previsão custos operacionais</b>					<b>196.900,00</b>

O Anexo 2, apresenta um croqui da área da CTRC com os equipamentos locados nas respectivas frentes de trabalho. Este tipo de operação requer grande envolvimento de equipamentos em pequenas frentes de operação. Verificou-se que os maquinários executam suas tarefas com pequenas distâncias entre eles, isso faz com que a atenção seja dobrada por parte dos operadores e motoristas (Figura 5.28).



Figura 5.28 – Maquinários em Operação

A operação da CTRC é dividida em 2 turnos de 9 horas com intervalos de 1h e 40min. Cada equipamento chega operar 12 a 13 horas por dia de trabalho ficando as manutenções para domingos e feriados. Foi verificado no período poucas paradas



de equipamentos por motivos de manutenção corretiva e pelo menos 1, (uma) parada semanal para manutenções preventivas.

A Tabela 5.7 demonstra um menor número de equipamentos necessários para compactação de rejeitos em prensa. A acomodação dos resíduos no aterro sanitário seria executada com auxílio de escavadeira com garra, e as construções de redes de drenagem não necessitariam de equipamentos para serem executadas, pois própria locação dos fardos em bloco e com espaçamento entre eles poderia servir como caminho preferencial dos efluentes gerados. A pá carregadeira e as caçambas seriam utilizadas para auxiliar no recobrimento dos fardos. A unidade de triagem seria operada com uma retro escavadeira e um caminhão Munck para transportar os fardos até o aterro sanitário.

Tabela 5.7 – Previsão de custos com base em fornecedores pesquisados no período de março a agosto de 2008 – Compactação de rejeitos em prensa

Maquinário	Centro de Custo	Quantidade	Operadores	Consumo	Custo/hora
Escavadeira com garra	Aterro Sanitário	1	2	12l/hora	125,00/hora
Pá carregadeira	Aterro Sanitário	1	1	8l/hora	95,00/hora
Caçambas Truck	Aterro Sanitário	2	2	2,2l/km	30,00/hora
Prensa MAC 108L/1	Unidade de Triagem	1	2	.....	4,50/ton
Retro Escavadeira	Unidade de Triagem/Compostagem	1	2	4,4l/hora	70,00/hora
Caminhão Munck	Unidade de Triagem	1	1	3,1l/km	60,00/hora
<b>Previsão de custos operacionais</b>					<b>121.750,00</b>

Os custos dessa operação seria 38% a menos que o custo operacional para operação convencional, sem dimensionar mão de obra, materiais para drenos, manutenção de acessos, vigilância entre outros custos diários de uma operação convencional.

O Anexo 3, apresenta um croqui da área da CTRC com os equipamentos para operação com prensa. Este tipo de operação não necessita de grande envolvimento de equipamentos nas frentes de trabalho, bem como não necessita da presença permanente dos mesmos. Os turnos de trabalho podem ser reduzidos somente para turnos diurnos, ficando os fardos produzidos durante a noite estocados para serem transportados com mais segurança.

## 5.6 Vida útil do aterro sanitário

O projeto executivo enviando a Fepam apresentou um dimensionamento da vida útil do aterro sanitário com base em dois fatores importantes para implantação de aterro. Primeiramente foi considerada uma projeção em planta baixa do aterro concluído, com suas cotas e áreas úteis, logo a isso foi estudado o balanço de massa e de volumes (Figura 5.32).

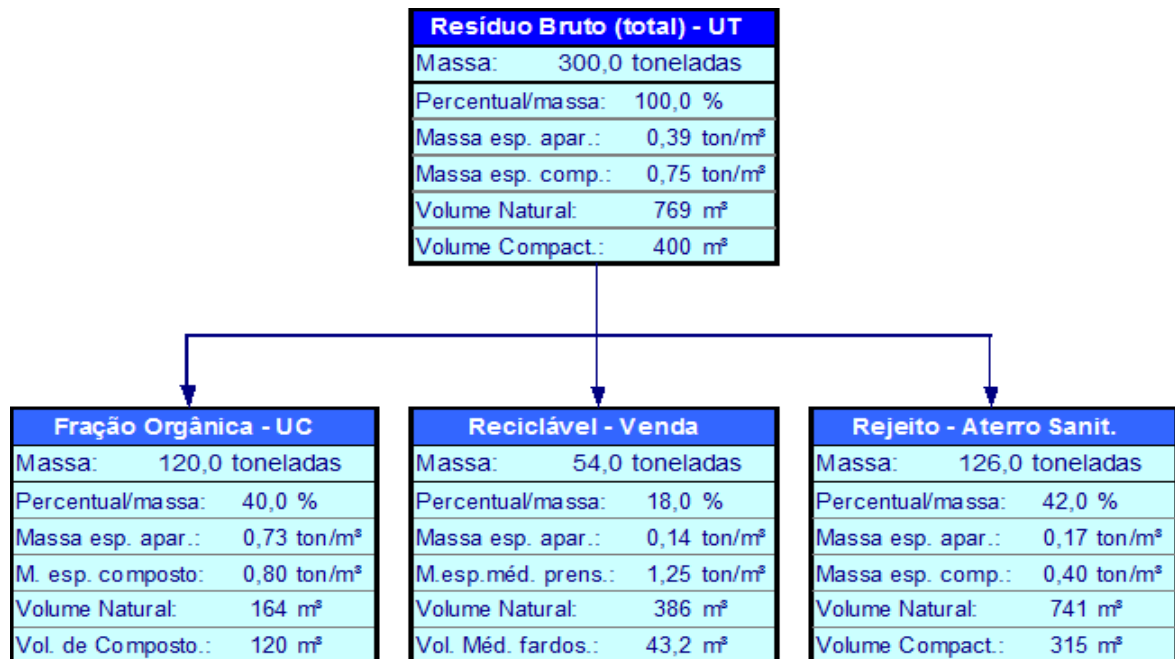
Segundo Hoffmann (2006), com o lay-out do aterro concluído e com o balanço de massa apresentado, mais a consideração de não compactar os rejeitos em prensa, o projeto terá como vida útil de 30 (trinta) anos. Com a intenção de buscar dados comparativos reais com a operação realizada no empreendimento e com dados de compactação obtidos em prensa foi recalculado a vida útil do aterro sanitário. Neste novo cálculo foi considerado os valores do levantamento topográfico e da compactação executada em prensa.

Foram recebidos na CTRC 41.463,35 toneladas de resíduos, ocupando 36.395m<sup>3</sup>. Estes dados apresentam um volume útil para cada dia de operação de 231,82m<sup>3</sup>, este valor indica que o espaço total do aterro sanitário somente será preenchido após 35 anos e 7 meses. (Tabela 5.8).

Tabela 5.8 – Resumo dos dados para cálculo da vida útil do aterro sanitário – operação atual

Variável	Unidades	Valor
Período de Avaliação	Data	Março - Agosto
Número de dias	Dias	157
Massa Recebida	Toneladas	41.463,35
Volume Ocupado	M3	36.395,72
Volume/dia útil	M3	231,82
Volume Projeto	M3	2.584.350
Estimativa Vida útil	Dias	35,5

Considerando os valores de volume ocupado, do total de resíduos recebidos e de massa específica por fardo de 1,25t/m<sup>3</sup> para os rejeitos compactados em prensa vertical, o valor da vida útil seria de 39,1 anos, Tabela 5.9.



#### Legenda

- Percentual/massa: Percentual em relação a massa total
- Massa esp. apar.: Relação entre a massa e o volume ocupado naturalmente pelo material (massa/volume)
- M. esp. composto: Relação entre a massa e o volume ocupado naturalmente pelo composto maturado
- M. esp. méd. prens.: Relação entre a massa e o volume ocupado pelos materiais recicláveis prensados
- Massa esp. comp.: Relação entre a massa e o volume ocupado pelo resíduo após a compactação mecânica
- Volume Natural: Volume ocupado naturalmente pela massa do respectivo material no início do processo
- Vol. de Composto.: Volume de composto maturado produzido no pátio - perda estimada de 20% de massa
- Vol. Méd. fardos.: Volume médio ocupado pelos fardos de materiais recicláveis
- Volume Compact.: Volume médio ocupado pelo rejeito no Aterro Sanitário, após compactação mecânica

Figura 5.29 – Balanço de Massa previsto no Projeto Executivo.  
Fonte: Adpatdo de Hoffmann, 2006.

Verificou-se um aumento de 19% a mais de vida útil do aterro sanitário para as atuais condições operacionais, onde os rejeitos são compactados por trator de esteira. Para a compactação de rejeitos em prensa verificou um acréscimo de vida útil de 30% em relação ao projeto executivo apresentado à Fepam e 11% a mais de vida útil quando comparado ao atual modelo operacional, Figura 5.33.

Tabela 5.9 – Resumo dos dados para cálculo da vida útil do aterro sanitário – compactação de rejeitos em prensa vertical

Variável	Unidades	Valor
Período de Avaliação	Data	Março - Agosto
Número de dias	Dias	157
Massa Recebida	Toneladas	41.463,35
Massa Média	Toneladas	264,10
Massa Esp. Fardo	Toneladas	1,25
Volume Ocupado	M3	36.395,72
Volume/dia útil	M3	211,28
Volume Projeto	M3	2.584.350
Estimativa Vida útil	Dias	39,1

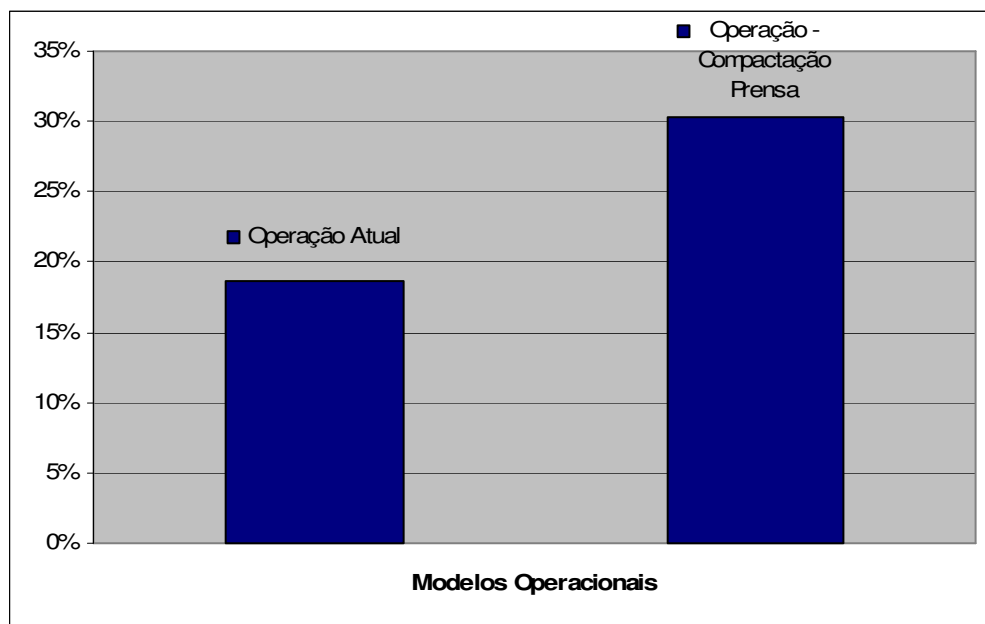


Figura 5.30 – Comparação dos ganhos em vida útil por tipo de operação em comparação ao projeto executivo apresentado a Fepam

## 6. CONCLUSÕES

Verificou-se que a compactação de rejeitos em prensa é mais eficiente que compactar rejeitos com tratores de esteira do tipo D6G no aterro sanitário e que a massa específica deste rejeito está diretamente relacionado à eficiência da triagem.

Com base nos resultados apresentados no estudo do fluxo de entrada de resíduos na CTRC, conclui-se que não há como identificar os dias e intervalos de horas de pico, pois os dados apresentados demonstram muita diversidade de resultados. Pode-se concluir também que as quantidade de resíduos processados e por hora são inferiores à capacidade de processamento operacional de prensas do tipo MAC 108L/1, portanto a implantação de prensas de compactação de rejeitos é viável quando comparada a atual forma de operação. Este fator pode gerar um acréscimo no recebimento de resíduo no empreendimento, proporcionando solução para outros municípios da região centro do estado que não possuem sistema de tratamento de resíduos sólidos domiciliares.

A atual logística de transporte de rejeitos tem-se demonstrado eficiente, porém com a prensagem em prensa vertical o processo torna-se 28,6% mais eficiente. O transporte de fardos de rejeitos compactados em prensa permite que obtenha-se um peso da carga transportada com a total capacidade do caminhão. O transporte de rejeito compactado em prensa vertical gera 31,5% a menos de consumo de diesel mensal devido ao aumento da massa específica do rejeito transportado.

O dimensionamento de maquinários para compactar os rejeitos em prensa demonstra uma redução no número de equipamentos a serem utilizados. A unidade de triagem deixaria de operar com três caçambas para transporte do rejeito e passaria somente a transportar os rejeitos com auxílio de um caminhão do tipo munck. O aterro sanitário sofreria grandes modificações em sua operação, pois os resíduos dispostos chegariam compactados, restando somente a acomodação dos mesmos em locais que facilitem o recobrimento e auxiliem na montagem das redes de drenagem. A carga horária e consumo de diesel seriam reduzidos gerando uma economia de 38% no mês.

O projeto executivo prevê uma vida útil para o aterro sanitário de 30 anos. Sendo que atualmente os resultados apresentam um potencial de vida útil de 35,5 anos. Acredita-se que este valor está relacionado a uma maior quantidade de

rejeitos recebidas de outros municípios bem como do adensamento natural da célula.

A compactação de rejeitos em prensa demonstrou-se de melhor eficiência, pois o potencial de vida útil aumentaria para 39,1 anos, conforme os resultados encontrados. Este acréscimo gera um potencial de recebimento para mais 32.760 toneladas de resíduos.

Assim o estudo propõe a utilização de equipamentos específicos para o serviço prevendo um aumento da massa específica, redução de custos operacionais e aumento significativo da vida útil do aterro sanitário. O autor sugere para a continuidade do estudo e a realização da avaliação da massa específica dos rejeitos compactados em prensa continua.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas-ABNT. **NBR 10.004**: Resíduos Sólidos – Classificação. Rio de Janeiro, 2004.

\_\_\_\_\_. NBR 8419: Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos. Rio de Janeiro, 1992.

BIDONE, A. R. F.; **Resíduos sólidos provenientes de coletas especiais: eliminação e valorização**. Porto Alegre: editora uprema, 2004. 3 pg.

BLUNDI, C.E.; **Monitoramento de leira de compostagem de resíduos sólidos através de parâmetros específicos**. Artigo. São Paulo: publicado - XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental. Disponível em : <http://www.resol.com.br/trabtec2.asp?assunt=Compostagem>. Acesso em: 15 de julho de 2008.

BRASIL, Constituição (1998). **Constituição da República Federativa do Brasil**: promulgada em 5 de outubro de 1988: atualizada até a Emenda Constitucional n.20, de 15-12-1998. 21.ed. São Paulo: Saraiva, 1999.

BRASIL, MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE-CONAMA. **Resolução n° 001**, de 23 de janeiro de 1986. Estabelecerem as definições, as responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente. Brasília-DF.

BRASIL, MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE-CONAMA. **Resolução n° 307**, de 05 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios, procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Brasília-DF.

BRASIL, MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE-CONAMA. **Resolução n° 358**, de 29 de abril de 2005. Dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde e dá outras providências. Brasília-DF.

BRASIL, MINISTÉRIO DA SAÚDE, AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIO-ANVISA. **Resolução n° 306**, de 7 de dezembro de 2006. Dispõe sobre o Regulamento Técnico para o gerenciamento de resíduos de serviços de saúde. Brasília-DF.

BOSCOV, M.E.G.; ABREU, R.C. **Aterros Sanitários. Previsão de desempenho x comportamento real**. São Paulo, ABMS, 2000.

CATAPRETA, C. A. A.; SIMÕES, G. F.; BATISTA, H. P.; MARTINS, H. L. **Avaliação da Compactação dos Resíduos Sólidos Urbanos Dispostos no Aterro Sanitário**

**da BR-040 em Belo Horizonte – MG.** [CD ROM]. In: 5º Congresso Brasileiro de Geotecnia Ambiental - REGEO'2003. Porto Alegre/RS: ABMS, 2003.

CASSINI, S.T.; **Digestão de Resíduos Sólidos Urbanos e aproveitamento de Biogás.** São Carlos: Rima Editora ABES-Finep-Prosab, 2003. v 01. 210 pg.

CERVI, G.; **Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos – Plano Diretor – Santa Maria/RS,** 2005.

CETESB. **Resíduos sólidos urbanos e limpeza pública.** São Paulo: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. 1990.

D'ALMEIDA, M.L.O, VILHENA, A,; **Manual de Gerenciamento Integrado,** IPT/CEMPRE, p.53, 2000.

DANTAS, L. J.; **Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil.** Campina Grande: ABES/PB, 2007. 267 pg.

DMLU – Departamento Municipal de Limpeza Urbana. **Composição Gravimétrica dos Resíduos Sólidos Domiciliares de Porto Alegre – RS,** 2002. Disponível em <[http://www2.portoalegre.rs.gov.br/dmlu/default.php?p\\_secao=39](http://www2.portoalegre.rs.gov.br/dmlu/default.php?p_secao=39)>. Acesso em :26 de outubro de 2007.

FARRET, Felix A. **Conversão do lixo em energia: uma questão de ponto de vista.** In: Ciência & Ambiente – Universidade Federal de Santa Maria. N° 18, Janeiro/Junho de 1999. Lixo Urbano. Santa Maria : Editora da UFSM, 1999.

FURASTE, P. A. **Normas Técnicas para o Trabalho Científico.** 13° ed. Porto Alegre, sn.,2004.

FONSECA, E.; **Iniciação ao Estudo dos Resíduos Sólidos e da Limpeza Urbana.** João Pessoa: A união, 2001. 122 pg.

HABITZREUTER, M,T. **Análise da Composição Gravimétrica dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) da Região de Santa Maria, Pré e Pós – Triagem –** Dissertação de Mestrado – Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre. 2008.

HOFFMANN, M.; **Central de Tratamento de Resíduos da Caturrita - Projeto Executivo.** Santa Maria, 2006.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e estatística. **Censo 2000.** Disponível em <<http://www.ibge.gov.br> >. Acesso em: 20 de agosto de 2008.



IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e estatística. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB) de 2000**.Disponível em < <http://www.ibge.gov.br> >.Acesso em: 20 de agosto de 2008.

JIMENEZ, E.I; GARCIA,V.P.; **Composting of refuse and sewage sludge. I. Evolution of temperature, pH, C/N ratio and cation exchange capacity. Resources, Conservation and Recycling**, 1991. nº6, pp.45-60.

JUCA, T.F.J; **Destinação Final dos Resíduos Sólidos no Brasil: Situação Atual e Perfectivas**. Ln: RESID'2004 - Seminário sobre Resíduos Sólidos. São Paulo, 2004. 1 CD-ROM.

KIEHL, E. J.; **Fertilizantes Orgânicos**. São Paulo,Ceres, 1985.

KIEHL, E J.; **Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto**. Piracicaba,:4º edição do autor, 2004.173p.:IV.

LEITE,D.V.; **Aplicação do balanço de massa no processo de bioestabilização anaeróbia de resíduos sólidos-** Departamento de Química da Universidade. XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2004.

LEITE, J. C. **Metodologia para a elaboração da carta de suscetibilidade à contaminação e poluição das águas subsuperficiais**. 1995. 219p. Tese de mestrado – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Paulo.

Lixo municipal: **Manual De Gerenciamento Integrado/ Coordenação: Maria Luiza Otero D'Almeida, André Vilhena - 2.ed.** São Paulo: IPT/CEMPRE, 2000. cap. 5, 370 pg.

MANSUR, Gilson Leite & MONTEIRO, José Henrique R. Penido. **O que é preciso saber sobre limpeza urbana**. Convênio IBAM/SNS-MBES. Rio de Janeiro : IBAM/CPU, 1993. 128 p.

MASIANI, A.; **Quality of Composts: Organic Matter Stabilization and Trace Metal Contamination**. In: The Science of Composting - European Commision International Symposium, Blackie Academic & Professional. Anais. England, v.1, pp 185-193.

NETO,J.T.P; **Gerenciamento de Resíduos Sólidos em Municípios de Pequeno Porte**. In: Ciência & Ambiente. Santa Maria/RS: Editora da UFSM, 1999.

OLIVEIRA, S. *et al.* **Caracterização física dos resíduos sólidos urbanos (rsu) em Comunidades de médio porte**.Artigo. Botucatu/SP: FCA/UNESP. Disponível em < <http://www.cepis.org.pe/bvsaidis/resisoli/peru/brares033.pdf> >. Acesso em 10 de agosto de 2008.

PESSIN, N.; DE CONTO, S. M.; QUISSINI, C. S. **Componentes potencialmente perigosos nos resíduos sólidos domésticos - estudo de caso de sete municípios de pequeno porte da região do Vale do Caí/RS.** In: SEMINÁRIO NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS, 6., 2002, Gramado. **Anais.** Gramado: ABES, 2002. 1 CD-ROM.

REICHERT, Geraldo A.; **Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos: uma proposta inovadora.** In: Ciência & Ambiente – Universidade Federal de Santa Maria. Nº 18, Janeiro/Junho de 1999. Lixo Urbano. Santa Maria : Editora da UFSM, 1999.

RIO GRANDE DO SUL. Lei Estadual 9.921 de 27 de julho de 1993 – Lei dos Resíduos Sólidos, Porto Alegre, RS, 27 jul. 1993. Disponível em: < [http://www.sema.rs.gov.br/sema/html/lei\\_9921.htm](http://www.sema.rs.gov.br/sema/html/lei_9921.htm) > Acesso em: 20 de out. 2008.

ROTH, B. W., ISAIA, E. M. B. I. & ISAIA, T. **Destinação final dos resíduos sólidos urbanos.** In: Ciência & Ambiente – Universidade Federal de Santa Maria. Nº 18, Janeiro/Junho de 1999. Lixo Urbano. Santa Maria : Editora da UFSM, 1999.

SANTOS, J.; **Os caminhos do lixo em Campo Grande: disposição dos resíduos sólidos na organização do espaço urbano.** Campo Grande: editora UCDB, p.15, 2000.

SALAMONI, R.; **Composição Física dos Resíduos Sólidos Urbanos destinados a Usina de triagem e Compostagem de um Consórcio de pequenos municípios.** 2005. 86p. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Engenharia Ambiental) - Centro Universitário Franciscano, Santa Maria.

TCHOBANOGLIOUS, G., THIESEN, H., VIGIL, S. A.. **Integrated Solid Waste Management - Engineering Principles and Management Issues.** McGraw-Hill International Editions. ISBN 0-07-063237-5. 978p. 1993.