

**ESTUDO DE VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO, OPERAÇÃO E  
MONITORAMENTO DE ATERROS SANITÁRIOS: UMA  
ABORDAGEM ECONÔMICA**

**LEICA KOTSUKO KAJINO**

Orientador: Prof. Dr. Jorge Hamada

Dissertação apresentada à Faculdade de  
Engenharia da UNESP – Campus de Bauru  
como requisito parcial para obtenção do  
título de mestre em Engenharia Industrial.

BAURU – SP  
Setembro – 2005

Ficha catalográfica elaborada por  
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO  
UNESP - Bauru

Kajino, Leica Kotsuko  
Estudo de viabilidade de implantação, operação e  
monitoramento de aterros sanitários: uma abordagem  
econômica / Leica Kotsuko Kajino. - Bauru : [s.n.],  
2005.  
140 f.

Orientador: Jorge Hamada.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual  
Paulista. Faculdade de Engenharia, 2005.

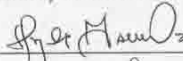
1. Aterros sanitários. 2. Ciclo de vida. 3. Resíduos  
sólidos. 4. Viabilidade econômica. 5. Fluxo de caixa. I –  
Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia.  
II - Título.

ATA Nº 073/2005

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE LEICA KOTSUKO KAJINO, ALUNA DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA, DA FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNESP – CAMPUS DE BAURU.

No dia trinta de setembro de dois mil e cinco, às 14 horas, no anfiteatro do prédio do Serviço Técnico de Informática, da Faculdade de Engenharia da UNESP, Campus de Bauru, reuniu-se à Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelo Professor Adjunto Jorge Hamada do Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia - UNESP – Campus de Bauru, Presidente da Banca, Professora Doutora Eglé Novaes Teixeira, do Departamento de Saneamento e Ambiente da Faculdade de Engenharia Civil da UNICAMP e Professor Adjunto Heraldo Luiz Giacheti do Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia - UNESP- Campus de Bauru, a fim de proceder à arguição pública da Dissertação da candidata LEICA KOTSUKO KAJINO, intitulada "ESTUDO DA VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO, OPERAÇÃO E MONITORAMENTO DE ATERROS SANITÁRIOS: UMA ABORDAGEM ECONÔMICA". O Professor Adjunto Jorge Hamada, Presidente da Banca, apresentou a candidata, que dissertou sobre seu trabalho, em quarenta minutos, após, a candidata foi argüida oralmente pelos membros componentes da Comissão Examinadora no tempo regulamentar exigido. Logo após, reuniu-se a Comissão Examinadora, tendo apresentado o conceito final: **APROVADO**. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após, lida e aprovada, será assinada pelos Senhores Membros da Comissão Examinadora. Bauru, 30 de setembro de dois mil e cinco.


Professor Adjunto Jorge Hamada



Professora Doutora Eglé Novaes Teixeira



Professor Adjunto Heraldo Luiz Giacheti



Aos meus filhos  
Henrique Sadao Kajino  
Lucia Midori Kajino

Que este trabalho possa contribuir para a construção de um mundo melhor.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao Prof. Dr. Jorge Hamada, por toda a atenção, orientação e apoio na concretização deste trabalho.

Agradeço à Engenheira Roberta e aos funcionários Mário, Alex, Luiz Carlos, Manoel, Ezequiel, João Batista, da EMDURB, pelo auxílio nos trabalhos efetuados no aterro sanitário de Bauru.

Agradeço a todos os professores e funcionários da Unesp, campus de Bauru, por toda a atenção e apoio recebido.

Agradeço a Wilson, meu marido, por todo o apoio, companheirismo e compreensão nas horas dedicadas à conclusão do trabalho.

Agradeço aos meus colegas de trabalho e a todas as pessoas que, de alguma maneira, deram seu apoio nas horas mais difíceis e contribuíram para alcançar este objetivo.

E por fim, agradeço a Deus por esta oportunidade.

## **ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ACV – Análise de Ciclo de Vida

ADA – Agência de Desenvolvimento da Amazônia

ADENE – Agência de Desenvolvimento do Nordeste

AMD – Acordo de Melhoria de Desempenho

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária

APP – Área de Proteção Permanente

BACEN – Banco Central do Brasil

BIRD – Banco Mundial

BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social

CAIXA – Caixa Econômica Federal

CDB – Certificado de Depósito Bancário

CETESB – Centro Tecnológico de Saneamento Básico

CNEN – Conselho Nacional de Energia Nuclear

COMDEMA – Conselho Municipal de Defesa do Meio Ambiente

CPF – Cadastro de Pessoa Física (na Receita Federal)

CVM – Comissão de Valores Mobiliários

EIA – Estudo de Impacto Ambiental

EMDURB – Empresa Municipal de Desenvolvimento Urbano de Bauru

ETE – Estação de Tratamento de Esgoto

FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo

FECAM – Fundo Estadual de Conservação Ambiental

FGTS – Fundo de Garantia por Tempo de Serviço

FIDC – Fundo de Investimento em Direitos Creditórios

FNMA – Fundo Nacional do Meio Ambiente

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICV – Inventário de Ciclo de Vida

IDH-M – Índice de Desenvolvimento Humano – Municipal

INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial

INSS – Instituto Nacional do Seguro Social  
LCA – Life Cycle Analysis  
LCI – Life Cycle Inventory  
LDO – Lei de Diretrizes Orçamentárias  
LEV – Locais de Entrega Voluntária  
LRF – Lei de Responsabilidade Fiscal  
MF – Ministério da Fazenda  
NBR – Norma Brasileira  
OGU – Orçamento Geral da União  
PCRS – Plano de Coleta de Resíduos Sólidos  
PEV – Posto de Entrega Voluntária  
PGIRS – Programa de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos  
PGRS – Programa de Gerenciamento de Resíduos Sólidos  
PIPS – Programa de Incentivo a Implementação de Projeto de Interesse Social  
PNAD – Pesquisa Nacional de Amostra por Domicílios  
PNMA – Programa Nacional do Meio Ambiente  
PNSB – Pesquisa Nacional de Saneamento Básico  
PRUDENCO – Companhia Prudentina de Desenvolvimento  
PROSANEAR – Programa de Água e Saneamento para População de Baixa Renda  
PROURB – Projeto de Desenvolvimento Urbano e Gestão de Recursos Hídricos do Ceará  
RAP – Relatório Ambiental Preliminar  
RIDE – Região Integrada do Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno  
RIMA – Relatório de Impacto Ambiental  
SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo  
SEADE – Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados  
SEPURB – Secretaria de Política Urbana  
SNIS – Serviço Nacional de Informações sobre Saneamento  
SNSA – Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental  
STN – Secretaria do Tesouro Nacional

## LISTA DE TABELAS

	página
<i>Tabela 3-1: Responsabilidade pela gestão dos resíduos sólidos (Brito, 1999)</i>	8
<i>Tabela 3-2: Distribuição porcentual dos moradores em domicílios particulares permanentes, por tipo de destino do lixo e situação do domicílio Brasil – 1992/2002 (PNAD, 2003).</i>	9
<i>Tabela 3-3: Distribuição porcentual dos moradores em domicílios particulares permanentes, por tipo de destino do lixo e situação do domicílio Brasil, segundo as Grandes Regiões – 2002 (PNAD, 2003).</i>	10
<i>Tabela 3-4: Distribuição dos moradores em domicílios particulares permanentes, por tipo de destino do lixo e situação do domicílio Brasil, segundo as Unidades da Federação da Região Sudeste – 2002 (PNAD, 2003).</i>	11
<i>Tabela 3-5: Quantidade de lixo coletado, em número absoluto e relativo, por tipo de destinação final – Brasil – 1989/2000 (PNAD, 2003).</i>	12
<i>Tabela 3-6: Quantidade de lixo coletado, em número absoluto e relativo, por tipo de destinação final, segundo as Grande Regiões e Unidades da Federação – 2000 (PNAD, 2003).</i>	13
<i>Tabela 3-7: Classificação dos impactos de ciclo de vida (White et al., 1993)</i>	28
<i>Tabela 3-8: Modalidades de financiamento. CAIXA ECONÔMICA FEDERAL(2003)</i>	38
<i>Tabela 4-1 Itens típicos para composição de custos de um aterro sanitário, segundo Bagchi(1994).</i>	58
<i>Tabela 4-2: Itens típicos necessários para encerramento de um aterro sanitário, segundo Bagchi (1994).</i>	59
<i>Tabela 4-3: Listagem de itens necessários para estimativa de custos de manutenção de longo prazo para aterros sanitários, por Bagchi (1994).</i>	60
<i>Tabela 4-4: Listagem de itens para estimativa de custos anuais de operação de um aterro sanitário, por Bagchi (1994).</i>	61
<i>Tabela 4-5: Equipamentos empregados para implantação e operação do aterro sanitário de Presidente Prudente (Hamada, 2002).</i>	79
<i>Tabela 4-6: Capacidade do sistema e respectiva vida útil (Hamada, 2002).</i>	80
<i>Tabela 5-1: Resultado da amostragem realizada no dia 23/09/2003, referente à coleta efetuada na noite do dia 22, segunda-feira. Valores em kg (quilograma).</i>	84
<i>Tabela 5-2: Resultado da amostragem realizada no dia 09/10/2003, referente à coleta efetuada na noite do dia 08, quarta-feira. Valores em kg (quilograma)</i>	85
<i>Tabela 5-3: Resultado da amostragem realizada no dia 18/10/2003, referente à coleta efetuada na noite do dia 17, sexta-feira. Valores em kg (quilograma)</i>	85
<i>Tabela 5-4: Composição gravimétrica média determinada para os resíduos destinados ao aterro sanitário de Bauru durante amostragens efetuadas em Setembro e Outubro de 2003</i>	86
<i>Tabela 5-5: Parâmetros de entrada do modelo digital para análise de ciclo de vida de aterro sanitário.</i>	93
<i>Tabela 5-6: Parâmetros de saída do modelo digital para análise de ciclo de vida de aterro sanitário.</i>	94
<i>Tabela 5-7: Custos estimados para construção, operação e manutenção do aterro sanitário, por Bagchi (1994).</i>	98
<i>Tabela 5-8 Orçamento para as células 1-A, 2-A e 3-A</i>	103
<i>Tabela 5-9 Orçamento para a Célula 4-A</i>	104
<i>Tabela 5-10 Orçamento para a Célula 5-A</i>	104
<i>Tabela 5-11 Fluxo de Caixa para os primeiros 39 meses.</i>	106

## LISTA DE FIGURAS

	página
<i>Figura 3-1: Fluxo de massa e energia em um sistema integrado de manejo de resíduos sólidos (Adaptado de White et al, 1995).</i>	31
<i>Figura 4-1 – Total do resíduo da coleta noturna.</i>	54
<i>Figura 4-2: Separação do material quarteirizado.</i>	55
<i>Figura 4-3: Pesagem das amostras.</i>	55
<i>Figura 4-4: Separação dos resíduos nos componentes pré-determinados.</i>	56
<i>Figura 4-5: Equivalente anual de pagamento</i>	65
<i>Figura 4-6: Local para implantação do aterro sanitário</i>	71
<i>Figura 4-7: Visão Geral do Projeto Etapa A (Hamada, 2002)</i>	74
<i>Figura 4-8: Visão Geral do Projeto Etapa B (Hamada, 2002)</i>	75
<i>Figura 5-1: Concepção do modelo, com identificação dos elementos constituintes e o respectivo contorno do sistema.</i>	89
<i>Figura 5-2: Exemplo de produção de gases em um aterro sanitário. O pico de produção corresponde ao último ano de operação do aterro (Hamada, 2003).</i>	90
<i>Figura 5-3: Estimativa para a variação da carga orgânica (em kg de DBO por ano) do chorume de um aterro sanitário ao longo do tempo, segundo Hamada (2003).</i>	92
<i>Figura 5-4: Recursos necessários para implantação e operação do aterro (orçamento)</i>	107
<i>Figura 5-5 Recursos totais necessários (implantação, operação, manutenção e monitoramento)</i>	108
<i>Figura 5-6 Fluxo de caixa de todo o período.</i>	109

## SUMÁRIO

	página
<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
<b>2 OBJETIVOS</b>	<b>4</b>
<b>2.1 Geral</b>	<b>4</b>
<b>2.2 Específico</b>	<b>4</b>
<b>3 REVISÃO DA LITERATURA</b>	<b>5</b>
<b>3.1 Resíduos Sólidos Urbanos: definição e classificação</b>	<b>5</b>
<b>3.2 Panorama atual da disposição de resíduos sólidos urbanos no Brasil e em São Paulo</b>	<b>7</b>
<b>3.3 Descrição de um aterro sanitário</b>	<b>14</b>
3.3.1 Introdução	14
3.3.2 Concepção geral	15
3.3.3 Capacidade do aterro	19
<b>3.4 Ferramentas de Gestão de Resíduos Sólidos e de Aterros Sanitários</b>	<b>21</b>
3.4.1 Sistema Integrado de Manejo de Resíduos Sólidos	22
3.4.2 Análise do Ciclo de Vida	24
3.4.3 SNIS – Serviço Nacional de Informações sobre Saneamento	32
<b>3.5 Programas e fontes de recursos para o saneamento básico</b>	<b>33</b>
3.5.1 Banco Mundial – BIRD	34
3.5.2 Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social – BNDES	35
3.5.3 Caixa Econômica Federal	36
3.5.4 Consórcio	46
3.5.5 Fundos de Investimentos	49
<b>4 METODOLOGIA</b>	<b>51</b>
<b>4.1 Análise do ciclo de vida aplicado a um aterro sanitário</b>	<b>51</b>
4.1.1 O modelo digital	51
4.1.2 Coleta de dados no Aterro Sanitário de Bauru	53
<b>4.2 Análise econômica</b>	<b>56</b>
4.2.1 Estimativa de Custos	57
4.2.2 Custo da Construção	58
4.2.3 Custos de Encerramento	59
4.2.4 Custo da Manutenção de Longo Prazo	60
4.2.5 Custos de Operação	61
4.2.6 Estimativa para comprovação da responsabilidade financeira	61
<b>4.3 Estudo de caso</b>	<b>68</b>
4.3.1 Um breve relato histórico	69
4.3.2 A opção pelo aterro sanitário	70
4.3.3 A escolha do local	70
4.3.4 O projeto	71
4.3.5 Descrição dos elementos do projeto	72
4.3.6 Equipamentos para a operação do aterro	79
4.3.7 Recursos humanos para a operação do aterro	79

4.3.8	Capacidade do sistema	80
4.3.9	Planejamento e Implantação	81
4.3.10	Encerramento do aterro sanitário	82
4.3.11	Uso futuro da área	82
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>	<b>84</b>
<b>5.1</b>	<b>Análise do ciclo de vida aplicado a um aterro sanitário</b>	<b>84</b>
5.1.1	Caracterização do resíduo sólido coletado na cidade de Bauru	84
5.1.2	Base para análise do ciclo de vida aplicada a um aterro sanitário	88
<b>5.2</b>	<b>Exemplo para Análise Econômica</b>	<b>95</b>
5.2.1	Estimativa do montante para os custos de manutenção	95
5.2.2	Estimativa do Valor do Pagamento do usuário	97
5.2.3	Estimativa de fluxo de caixa	100
<b>5.3</b>	<b>Estudo de caso – Análise viabilidade do Aterro Sanitário de Presidente Prudente</b>	<b>100</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES</b>	<b>110</b>
<b>6.1</b>	<b>Análise de Ciclo de Vida aplicada a um aterro sanitário</b>	<b>110</b>
<b>6.2</b>	<b>Análise Econômica</b>	<b>110</b>
<b>6.3</b>	<b>Aterro sanitário de Presidente Prudente</b>	<b>111</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>112</b>
	<b>ANEXOS</b>	<b>116</b>

# **ESTUDO DE VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO, OPERAÇÃO E MONITORAMENTO DE ATERROS SANITÁRIOS: UMA ABORDAGEM ECONÔMICA**

**Autor: Eng. Leica Kotsuko Kajino**

**Orientador: Prof. Dr. Jorge Hamada**

## **RESUMO**

Na implantação dos verdadeiros aterros sanitários, além dos aspectos técnicos, as questões de concepção e gerenciamento com objetivos ambientais devem ser levadas em consideração, sem esquecer também as de ordem econômica. Deve ser lembrado que recursos consideráveis são necessários não somente para a construção, mas também para operação, manutenção e monitoramento de um aterro sanitário. A Análise de Ciclo de Vida (ACV) é uma ferramenta que possibilita dimensionar os impactos ambientais decorrentes da implantação de um aterro sanitário. Conhecer, e principalmente, quantificar os efluentes do aterro são fundamentais para o planejamento das ações de monitoramento ambiental. A aplicação desse conceito mostra-se como uma alternativa interessante para o gerenciamento do sistema de disposição final e permite identificar e correlacionar os principais impactos ambientais ao longo da vida útil. A Análise Econômica é outra ferramenta fundamental para o estudo da viabilização de um aterro sanitário. Além do custo total da implantação e operação do aterro, é necessário conhecer e estabelecer o fluxo de caixa (entrada e saída de recursos) ao longo da vida útil, e também após o encerramento. Conhecendo os recursos necessários é possível estabelecer formas de buscar fontes de financiamento de recursos. E possibilita planejar a arrecadação de recursos por meio de cobrança de tarifa de usuário.

O estudo prático realizado com base nos dados do projeto do aterro sanitário de Presidente Prudente mostrou que, com a cobrança de uma tarifa adequada, sua administração financeira pode tornar-se auto-sustentável. Possibilitará o pagamento de juros e taxa de administração do financiamento junto com as despesas operacionais, formando uma reserva financeira para as despesas futuras. Com o saldo do caixa apurado ao final das atividades, será possível utilizá-lo para financiar a implantação do próximo aterro sanitário.

**Palavras-chave: aterros sanitários, ciclo de vida, fluxo de caixa, resíduos sólidos, viabilidade econômica**

# **ESTUDO DE VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO, OPERAÇÃO E MONITORAMENTO DE ATERROS SANITÁRIOS: UMA ABORDAGEM ECONÔMICA**

**Autor: Eng. Leica Kotsuko Kajino**

**Orientador: Prof. Dr. Jorge Hamada**

## **ABSTRACT**

In the establishment of effective sanitary landfills, beyond technical aspects, the conception and management questions related to environmental objectives must be considered, without forgetting the economical order as well. It has to be remembered that enough amount of money must be available not just for sanitary landfill construction, but also for its operation, maintenance and monitoring. The Life Cycle Analysis (LCA) is a tool that allows measuring environmental impacts due to implantation of a sanitary landfill. The knowledge and, mainly, the quantification of landfill's emissions are fundamental in planning the environmental management actions. The appliance of this concept arise as an interesting alternative for the management of final disposition system, and allows to identify and correlate the essential environmental impacts during all landfill useful life. The Economic Analysis is another fundamental tool for the feasibility study of a sanitary landfill. Besides the cost to establish and to operate a sanitary landifill, it is necessary to know and set up the cash flow (input and output resources) in for useful life, as well as after-closure. Knowing the necessary resources it is possible to set up ways to achieve sources of claims financing and the possibility of planning the collection of taxes from users.

A practical study was carried out considering Presidente Prudente's sanitary landifill data and it showed that, collecting an appropriate rate, the financial administration of sanitary landfill can become self-suport. It would be possible to pay the interest and the administration rate of financing together with the operational expense, to get a financial reserve to future expenses. With the cash remainder checked at the end of activity, it will be possible to support the next sanitary landfill establishment.

**Key words: cash flow, economical feasibility, life cycle, sanitary landfill, solid waste**

## 1 INTRODUÇÃO

Um dos problemas evidentes no Brasil diz respeito ao manejo de resíduo sólido urbano, principalmente quando se trata dos impactos ambientais e da preservação dos recursos naturais. O próprio processo de desenvolvimento econômico do País, que acelera a taxa de urbanização e conduz a melhores padrões de vida, aumenta continuamente a quantidade de resíduos que têm de ser coletados, tratados e dispostos no solo, potencializando o problema de seus depósitos.

A gestão destes resíduos no Brasil também carece de modelos consistentes, em especial sua re-conceituação como parte do saneamento básico, e sua remuneração preferencial através de tarifa e não de taxa. Algumas poucas cidades brasileiras já adotam estes procedimentos.

Este quadro aponta para a necessidade de adaptação e desenvolvimento de tecnologias nacionais, com características apropriadas, e que sejam suficientemente flexíveis para sofrer adaptações às diversas condições locais e regionais, sem perder qualidades de eficiência e eficácia técnica, bem como que possam ser suportadas pelas limitadas condições econômico-financeiras do país.

Trata-se de um problema amplo e complexo, sendo que sua resolução é a longo prazo, especialmente para o Brasil, que ainda enfrenta sérias deficiências na área educacional e no equilíbrio social. As várias questões devem ser enfrentadas simultaneamente e de forma equilibrada, principalmente quando se procura aplicar o conceito dos 3 R (reduzir, reciclar e reutilizar).

O advento e a evolução dos processos de reciclagem geraram um mercado promissor, mas, por outro lado, estimularam a geração de produtos e embalagens identificadas como recicláveis, transferindo a responsabilidade do produtor para os consumidores e recicladores, que não estão sendo capazes de viabilizar o reaproveitamento do crescente volume destes materiais. Assim, um volume preocupante de resíduo acaba sendo destinado a aterros sanitários e industriais ou, freqüentemente, a lixões, demonstrando claramente que a sociedade ainda está longe de alcançar a sustentabilidade em seu desenvolvimento social e tecnológico.

Ressalta-se, desta forma, a necessidade da disposição de resíduo sólido, a médio e longo prazo, de forma segura e confiável, como componente essencial dos apregoados Sistemas de Manejo Integrado de Resíduos Sólidos. O planejamento, projeto e

operação de um aterro moderno para resíduo sólido urbano deve envolver a aplicação de uma variedade de princípios científicos, econômicos e de engenharia.

Muitas dificuldades ainda são encontradas na questão dos chamados aterros sanitários, destacando-se a carência de bibliografia no Brasil. Verifica-se uma defasagem muito grande, principalmente em relação a publicações sobre o tratamento de águas residuárias, em especial as edições da ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. Os poucos produtos de literatura que são encontrados, constituem-se de artigos científicos e raros livros, que apresentam uma abordagem muito ampla, não fornecendo elementos fundamentais que permitam ao engenheiro conceber e dimensionar o aterro sanitário em sua verdadeira concepção.

A procura pela literatura estrangeira tem solucionado em parte esse problema, mas diversos aspectos ainda permanecem desconhecidos ou ignorados. O problema do aterro sanitário não se limita à confecção de uma base aparentemente impermeável e posteriormente de uma operação satisfatória, em que uma cobertura diária com terra termina por esconder o resíduo sólido. Da mesma forma, a adoção da recirculação do chorume, um tanto quanto generalizada, constitui mais um elemento para propiciar o acobertamento de um problema em aterro não confinante. Além da recirculação, diversos outros processos são indicados para o tratamento do chorume de aterro sanitário, sem que seja avaliada a essência do problema, que é o conhecimento da fonte geradora, com reflexo direto sobre a qualidade e quantidade e sua variação ao longo do tempo. Assim, torna-se evidente a falta de ferramentas conceituais, que permitam ao engenheiro ou a outro técnico da área, entender e conseguir estabelecer uma simulação do sistema, o que resulta em interpretações bastante distorcidas e, portanto, conclusões errôneas sobre a eficiência real de um aterro sanitário.

Além das questões técnicas, com a implantação dos verdadeiros aterros sanitários, tornam-se evidentes as questões de ordem econômica. Recursos financeiros consideráveis devem ser disponibilizados não somente para a construção, mas também para operação, manutenção e monitoramento de um aterro sanitário.

A análise de custos deve considerar um fluxo de caixa que englobe todas as atividades envolvidas, inclusive aquelas que demandam períodos que vão além do encerramento da disposição de resíduos no aterro, tais como a manutenção e o monitoramento, que pode demandar, segundo Bagchi (1994), períodos de até 40 anos. Desta forma os custos de manutenção e monitoramento podem inclusive representar

valores maiores que os de construção. Isto demonstra que há necessidade de se efetuar o provimento de recursos necessários para o pós-fechamento do aterro, durante o período da vida útil, quando existe um fluxo concreto de recursos entrando no sistema.

Além da capacidade de avaliar esses custos, torna-se necessário conhecer as fontes de recursos econômicos, que viabilizem o empreendimento, assim como definir metodologias para o gerenciamento, tanto de ordem econômica como ambiental. Ou seja, todos os elementos componentes físicos e logísticos de um aterro sanitário devem ser projetados e desenvolvidos com objetivos ambientais. Para tanto, existem ferramentas adequadas.

Os sistemas integrados de manejo de resíduos sólidos constituem a chave para o entendimento da geração e do fluxo de resíduos no sistema, a partir do qual seria possível atuar sobre pontos críticos de forma a aumentar a eficiência de processos e reduzir impactos ambientais e custos econômicos (White et al, 1995). Uma das ferramentas que pode ser aplicada é a Análise do Ciclo de Vida (ACV), que pode ser considerada para produtos ou serviços envolvidos no manejo de resíduos sólidos (US-EPA, 2001).

A análise do ciclo de vida para um sistema de manejo de resíduos sólidos urbanos pode ser trabalhosa e pouco versátil para o dia a dia, pois depende do conhecimento relativamente profundo dos elementos pertinentes e aqueles relevantes, com identificação de fluxo. Contudo, pode ser moldada para determinados objetivos, não necessariamente avaliando todos os impactos ambientais. Caberá ao responsável pela análise, a definição do conjunto de critérios (e parâmetros) mais pertinentes às suas necessidades. Então, sua aplicação pode ser direcionada aos elementos componentes nos resíduos sólidos urbanos, ou para um determinado serviço, tal como pode ser encarado o aterro sanitário.

O delineamento do problema em torno do aterro sanitário tem algumas vantagens, relacionadas à falta de confiabilidade dos dados existentes no fluxo de resíduo, antes da disposição final. Neste caso, a quantidade total normalmente é medida através da pesagem na entrada e a caracterização pode ser efetuada no local. No fluxo do resíduo, desde a geração até a coleta pelos veículos coletores, em função da atuação desordenada de catadores de rua e de muitos programas de reciclagem, esta caracterização não é precisa.

## **2 OBJETIVOS**

Apresentar uma reflexão dos problemas relacionados aos resíduos sólidos, e oferecer alternativas para buscar soluções adequadas.

### **2.1 Geral**

O presente trabalho tem como objetivo geral, efetuar uma análise de ordem econômica e gerencial de aterros sanitários, embutindo os respectivos custos ambientais, através de fundamentos matemáticos e administrativos aplicados a fatos concretos.

### **2.2 Específico**

Para o alcance do objetivo proposto, os seguintes objetivos específicos foram considerados:

- Elaborar subsídios para desenvolvimento e aplicação de um modelo abordando o conceito de análise do ciclo de vida, considerando o aterro sanitário como elemento central da questão;
- Conhecer programas e fontes de recursos para viabilização do empreendimento;
- Caracterizar a composição dos resíduos sólidos coletados na cidade de Bauru/SP;
- Efetuar análise econômica, com apresentação de fluxo de caixa, não somente durante a vida útil do aterro, mas também considerando as atividades de monitoramento e pós-fechamento; e
- Demonstrar os conceitos estudados, confrontando demandas concretas dos recursos necessários, aplicados ao projeto do aterro sanitário de Presidente Prudente/SP.

### 3 REVISÃO DA LITERATURA

Capítulo dedicado à revisão dos conceitos básicos necessários para a compreensão da metodologia a ser desenvolvida. Alguns temas encontram-se resumidos, abordando apenas aspectos essenciais para o entendimento do assunto. Para uma abordagem mais profunda será necessária consulta à bibliografia referenciada.

#### 3.1 Resíduos Sólidos Urbanos: definição e classificação

De acordo com os diversos dicionários de língua portuguesa, resíduo é sinônimo de resto, sobra. Refere-se genericamente a coisa sem valor, um material que perdeu a utilidade para o homem. Segundo a NBR 10.004, os resíduos sólidos são definidos como *“resíduos nos estados sólido e semi-sólido que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos na definição os lodos provenientes de sistemas 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 técnica e economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível.”*

Os resíduos sólidos são classificados, de acordo com a NBR 10.004, em:

- **Classe I – Perigosos** São aqueles que, em função de suas propriedades físicas, químicas ou infecto-contagiosas, apresentam risco à saúde ou ao meio ambiente, ou apresentam características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade, ou fazem parte da relação constante nos anexos A e B da NBR 10.004/2004.
- **Classe II – Não Perigosos**
  - Classe II A – Não inertes: Aqueles que não se enquadram na classificação de resíduos Classe I ou resíduos Classe II B.
  - Classe II B – Inertes: - Quando amostrados de forma representativa, conforme NBR 10.007, e submetidos aos procedimentos da NBR 10.006, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade da água, excetuando-se aspecto, turbidez, dureza e sabor.

Segundo Monteiro et al.(2001), um elemento importante para a caracterização dos resíduos é a sua origem, que podem ser agrupados em:

- **Doméstico ou Residencial** Composto pelos resíduos gerados nas atividades diárias em casas, apartamentos, condomínios e moradias de qualquer natureza.
- **Comercial** É o resíduo produzido em estabelecimentos comerciais, cujas características dependem da atividade ali desenvolvida.
- **Público** São os resíduos da varrição, capina, raspagem, poda de árvores e outros serviços, provenientes dos logradouros públicos, bem como móveis velhos, restos de cerâmica, entulho de obras e outros materiais inservíveis deixados pela população, indevidamente, nas ruas ou retirados das residências através de remoção especial.
- **Fontes Especiais** Considerado como o resíduo que, em função de determinadas características peculiares que apresenta, passa a merecer cuidados especiais em seu manuseio, acondicionamento, estocagem, transporte ou disposição final.

Esta última, ainda, pode ser diferenciada nos seguintes tipos:

- **Industrial** Resíduos originados nas atividades dos diversos ramos da indústria; a composição destes resíduos é extremamente variável, em função da atividade industrial exercida e, na maioria das vezes, se enquadra na Classe I.
- **Resíduos de Serviço de Saúde** Mais conhecido antigamente como **Lixo Hospitalar**, são os resíduos gerados em estabelecimentos destinados à prestação de assistência sanitária à população. São provenientes de atividades médicas, paramédicas, farmacêuticas, odontológicas e afins, realizadas em hospitais, clínicas, casas de saúde, laboratórios, farmácias, drogarias, consultórios, clínicas veterinárias e congêneres. Possui classificação própria, segundo a ABNT – NBR 12.808.

- **Resíduos Radioativos** Resíduos que contém metais radioativos como o césio, lítio e urânio. Seu manuseio, coleta, transporte e destinação final estão regulamentados pelo CNEN – Conselho Nacional de Energia Nuclear.
- **Resíduos Agrícolas** Ou **Resíduos Agrotóxicos**, são resíduos provenientes de atividades agrícolas e pecuárias, como embalagens de adubos, restos de defensivos agrícolas, pesticidas, rações, esterco animal e restos de colheita.
- **Portos, Aeroportos e Terminais Rodoviários** Constituído por resíduo séptico ou potencialmente séptico trazido aos terminais de portos, aeroportos e rodoviários, basicamente originado de materiais de asseio pessoal e restos de alimentação que podem veicular doenças de outras cidades, estados e países.

Existem ainda os resíduos originados nas atividades de construção civil, como escavações, construções e demolições, conhecidos como Entulhos. São os **Resíduos da Construção Civil**.

### 3.2 Panorama atual da disposição de resíduos sólidos urbanos no Brasil e em São Paulo

Segundo a Constituição Federal, o município tem a competência legal para organizar, administrar e prestar os serviços públicos de interesse local. Assim, a limpeza das vias públicas e logradouros públicos, bem como a coleta e a destinação final dos resíduos domésticos é responsabilidade das Prefeituras Municipais. Em alguns casos, definidos pela Legislação Federal ou Estadual, a responsabilidade pela destinação final dos resíduos fica a cargo dos geradores. Para os casos omissos, o município pode criar legislação específica que define a responsabilidade pela gestão dos resíduos gerados.

De acordo com Brito(1999), o pequeno gerador de resíduos comerciais é definido como aquele que gera um volume máximo que varia de 100 a 250 litros (ou de 20 a 50 kg) por dia de coleta, ocorrendo o mesmo para os resíduos da construção civil.

Em muitos casos, é comum a Prefeitura Municipal assumir a responsabilidade pela coleta, transporte e destinação final dos resíduos dos serviços de saúde.

A Tabela 3-1 ilustra as situações mais comuns encontradas nos diversos municípios brasileiros.

Tabela 3-1: Responsabilidade pela gestão dos resíduos sólidos (Brito, 1999)

<b>Tipo de Resíduo</b>	<b>Gestor/Responsável</b>	<b>Órgão Fiscalizador</b>
Doméstico	Prefeitura Municipal	Controle Ambiental do Estado – CETESB, no caso de São Paulo
Comercial – Pequeno Gerador	Prefeitura Municipal	Controle Ambiental do Estado
Comercial – Grande Gerador	Gerador	Prefeitura, com ação supletiva do Estado
Público	Prefeitura Municipal	Controle Ambiental do Estado
Industrial	Gerador	Controle Ambiental do Estado
Serviços de Saúde	Gerador	Controle Ambiental do Estado/ANVISA
Radioativos	Gerador	CNEN, com ação complementar do Estado
Agrícolas	Gerador	IBAMA, com ação complementar do Estado
Portos e Aeroportos	Gerador	Governo Federal, com ação supletiva do Estado e da Prefeitura
Construção Civil – Pequeno Gerador	Prefeitura Municipal	Prefeitura, com ação supletiva do Estado
Construção Civil – Grande Gerador	Gerador	Controle Ambiental do Estado

Com a divulgação da Pesquisa Nacional de Amostra por Domicílios (PNAD) – Síntese de Indicadores 2003, pelo IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, é possível visualizar e analisar melhor o panorama atual da disposição do resíduo sólido no Brasil. A pesquisa abrange informações sobre características gerais da população, migração, educação, trabalho, famílias e domicílios, referentes a 2002 e 2003, bem como indicadores retrospectivos relativos ao período de 1993 a 2003. Em seu Volume Brasil 2003, apresenta resultados da pesquisa para o conjunto do país, com informações básicas para o estudo e planejamento do desenvolvimento socioeconômico nacional.

Entre os indicadores fornecidos dentro da dimensão ambiental “saneamento”, é oportuna a análise de dois índices em particular: o de acesso ao serviço de coleta de resíduo doméstico e o índice da sua destinação final.

No primeiro caso, as variáveis utilizadas são a população residente em domicílios particulares permanentes e a população atendida pelas distintas formas de coleta e destinação final do resíduo, nas zonas urbana e rural. O indicador se constitui na razão, em percentual, entre as populações urbana e rural atendidas pelos serviços de coleta de resíduos e os totais das populações urbana e rural. Este indicador foi construído através das informações produzidas pelo Instituto Nacional de Geografia e Estatística – IBGE, oriundas da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios – PNAD.

O exame dos dados da Tabela 3-2 permite concluir que, em anos recentes, os percentuais de atendimento dos serviços de coleta são elevados na área urbana, com expectativa de universalização de acesso a esse tipo de serviço, se mantidas as atuais taxas de crescimento. O mesmo não pode ser verificado na área rural, entretanto. A dificuldade de acesso e a dispersão das unidades de moradia podem ser consideradas como as razões para o pequeno crescimento do índice verificado.

Tabela 3-2: Distribuição porcentual dos moradores em domicílios particulares permanentes, por tipo de destino do lixo e situação do domicílio Brasil – 1992/2002 (PNAD, 2003).

Ano	Tipo de destino do lixo (%)				
	Coletado	Queimado ou enterrado na propriedade	Jogado em terreno baldio ou logradouro	Jogado em rio, lago ou mar	Outro destino
<b>Urbana</b>					
1992	79,7	9,3	9,7	0,9	0,3
1997	89,4	5,4	4,5	0,6	0,1
2002	95,3	2,9	1,5	0,1	0,0
<b>Rural*</b>					
1992	6,7	42,6	41,4	1,0	8,2
1997	14,1	48,3	34,8	0,6	2,2
2002	17,4	59,2	21,1	0,2	2,1

Nota: (\*) na região Norte, a PNAD é realizada somente na área urbana, com exceção do estado do Tocantins.

A Tabela 3-3 a seguir mostra o percentual das populações urbana e rural atendidas pelas distintas formas e coleta e destinação final dos resíduos distribuídos no ano de 2002, comparando-se as grandes regiões do Brasil.

Tabela 3-3: Distribuição porcentual dos moradores em domicílios particulares permanentes, por tipo de destino do lixo e situação do domicílio Brasil, segundo as Grandes Regiões – 2002 (PNAD, 2003).

Grandes Regiões	Tipo de destino do lixo (%)				
	Coletado	Queimado ou enterrado na propriedade	Jogado em terreno baldio ou logradouro	Jogado em rio, lago ou mar	Outro destino
<b>Urbana</b>					
<b>Brasil</b>	<b>95,3</b>	<b>2,9</b>	<b>1,5</b>	<b>0,1</b>	<b>0,0</b>
Norte	87,5	9,3	2,9	0,2	0,0
Nordeste	89,4	5,9	4,3	0,3	0,0
Sudeste	98,4	1,1	0,5	0,1	0,0
Sul	98,3	1,4	0,2	0,0	0,0
Centro-Oeste	96,5	2,6	0,8	0,0	0,0
<b>Rural</b>					
<b>Brasil</b>	<b>17,4</b>	<b>59,2</b>	<b>21,1</b>	<b>0,2</b>	<b>2,1</b>
Norte*	0,3	94,5	4,3	0,8	0,1
Nordeste	9,4	53,3	34,9	0,2	2,2
Sudeste	34,0	58,2	6,4	0,1	1,3
Sul	22,5	71,0	3,2	0,3	3,0
Centro-Oeste	14,4	74,3	9,5	0,2	1,6

Nota: \*reflete somente a população rural de Tocantins.

Em termos regionais, verifica-se que existe uma grande diferença das regiões Norte e Nordeste em relação às demais regiões. Nestas regiões, apesar do incremento na taxa de atendimento nos últimos anos, mais de 10% dos domicílios urbanos ainda carecem desse serviço.

É importante lembrar que a PNAD é realizada na Região Norte somente nas áreas urbanas, exceto em Tocantins, enquanto nas demais regiões do país é aplicada

tanto nas áreas urbanas quanto nas rurais. Portanto, os estados da região Norte somente podem ser comparados entre si.

Ampliando a Tabela 3-3 apenas para a região Sudeste, verifica-se que praticamente todo o resíduo produzido nas áreas urbanas do Estado de São Paulo é coletado, sendo o estado com maior percentual de atendimento a domicílios urbanos, como mostrado na Tabela 3-4.

Tabela 3-4: Distribuição dos moradores em domicílios particulares permanentes, por tipo de destino do lixo e situação do domicílio Brasil, segundo as Unidades da Federação da Região Sudeste – 2002 (PNAD, 2003).

Grandes Regiões	Tipo de destino do lixo (%)				
	Coletado	Queimado ou enterrado na propriedade	Jogado em terreno baldio ou logradouro	Jogado em rio, lago ou mar	Outro destino
<b>Urbana</b>					
<b>Sudeste</b>	<b>98,4</b>	<b>1,1</b>	<b>0,5</b>	<b>0,1</b>	<b>0,0</b>
Minas Gerais	96,4	2,4	1,1	0,0	0,1
Espírito Santo	96,1	2,2	1,6	0,0	0,1
Rio de Janeiro	97,7	1,6	0,5	0,1	0,0
São Paulo	99,6	0,2	0,1	0,1	0,0
<b>Rural</b>					
<b>Sudeste</b>	<b>34,0</b>	<b>58,2</b>	<b>6,4</b>	<b>0,1</b>	<b>1,3</b>
Minas Gerais	9,0	79,0	9,3	0,2	2,4
Espírito Santo	11,8	78,2	9,8	0,0	0,2
Rio de Janeiro	59,1	39,5	1,0	0,0	0,5
São Paulo	66,8	30,1	2,8	0,0	0,3

O indicador “Destinação final do lixo” expressa a capacidade de se encontrar um destino final adequado ao resíduo coletado. As variáveis utilizadas neste indicador são a quantidade de resíduo coletado que recebe destino final considerado adequado e a quantidade total de resíduo coletado, expressas em toneladas/dia. Considera-se como destinação final adequada ao resíduo sua disposição em aterros sanitários, seu envio a

estações de triagem, reciclagem e compostagem, e sua incineração em equipamentos próprios para este fim.

A destinação final inadequada compreende ao lançamento do resíduo bruto em vazadouros a céu aberto, vazadouros em áreas alagadas, locais não fixos e outros destinos, como a queima a céu aberto, sem nenhum tipo de equipamento. A disposição do resíduo em aterros controlados também foi considerada inadequada, principalmente pelo potencial poluidor representado pelo chorume, que não é coletado nem tratado neste tipo de destinação.

O indicador é constituído pela razão, expressa em percentual, entre o volume de resíduo cujo destino final é adequado, e o volume total de resíduo coletado.

As fontes utilizadas para a construção deste indicador são as informações oriundas da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico – PNSB, realizada pelo IBGE.

A análise dos dados da Tabela 3-5 permite concluir que, embora a quantidade do resíduo que recebe destinação adequada seja pequena, houve um crescimento significativo desta fração no período 1989-2000. Analisando em conjunto com o indicador anterior, onde se verifica que a quantidade total de resíduo coletado mais do que duplicou neste período, este resultado torna-se ainda mais significativo.

Tabela 3-5: Quantidade de lixo coletado, em número absoluto e relativo, por tipo de destinação final – Brasil – 1989/2000 (PNAD, 2003).

Ano	Quantidade de lixo coletado, por tipo de destinação final				
	Total	Adequada		Inadequada	
		Total (t/dia)	Relativo (%)	Total (t/dia)	Relativo (%)
1989	96.287	27.754	28,8	68.533	71,2
2000	228.413	92.487	40,5	135.926	59,5

A quantidade de resíduo coletado e adequadamente disposto é maior nos estados do Centro-Oeste e Sul do país, e menor nas regiões Norte e Nordeste, com algumas exceções, como Acre e Ceará.

Analisando os números mostrados na Tabela 3-6 relativos ao estado de São Paulo, verifica-se que a quantidade total coletada no estado de São Paulo representa 46,2% do total coletado no país, e isso se deve também ao alto índice de acesso aos serviços de coleta domiciliar.

Tabela 3-6: Quantidade de lixo coletado, em número absoluto e relativo, por tipo de destinação final, segundo as Grande Regiões e Unidades da Federação – 2000 (PNAD, 2003).

Grandes Regiões	Quantidade de lixo coletado, por tipo de destinação final				
	Total	Adequada		Inadequada	
		Total (t/dia)	Relativo (%)	Total (t/dia)	Relativo (%)
<b>Brasil</b>	<b>228.413,0</b>	<b>92.486,8</b>	<b>40,5</b>	<b>135.926,2</b>	<b>59,5</b>
Norte	11.067,1	1.481,9	13,4	9.585,2	86,6
Rondônia	692,0	31,9	4,6	660,1	95,4
Acre	538,9	242,7	45,0	296,2	55,0
Amazonas	2.864,0	28,3	1,0	2.835,7	99,0
Roraima	133,1	0,0	0,0	133,1	100,0
Pará	5.181,6	1.019,5	19,7	4.162,1	80,3
Amapá	455,6	0,4	0,1	455,4	100,0
Tocantins	1.201,7	159,1	13,2	1.042,6	86,8
Nordeste	41.557,8	15.219,0	36,6	26.338,8	63,4
Maranhão	2.652,6	754,2	28,4	1.898,4	71,6
Piauí	2.431,3	90,8	3,7	2.304,5	96,3
Ceará	10.150,5	7.306,5	72,0	2.844,0	28,0
Rio G. Norte	2.373,5	226,1	9,5	2.147,4	90,5
Paraíba	2.894,0	108,7	3,8	2.785,3	96,2
Pernambuco	6.281,2	2.389,1	38,0	3.892,1	62,0
Alagoas	2.999,3	194,5	6,5	2.804,8	93,5
Sergipe	1.373,1	30,0	2,2	1.347,1	97,8
Bahia	10.398,3	4.119,1	39,6	6.279,2	60,4
Sudeste	141.616,8	60.188,3	42,5	81.428,5	57,5
Minas Gerais	15.664,0	5.951,6	38,0	9.712,4	62,0
Espírito Santo	2.923,6	1.443,3	49,4	1.480,3	50,6
Rio de Janeiro	17.447,2	8.003,9	45,9	9.443,3	54,1
São Paulo	105.582,0	44.789,5	42,4	60.792,5	57,6
Sul	19.874,8	9.255,9	46,6	10.618,9	53,4
Paraná	7.542,9	2.940,2	39,0	4.602,7	61,0
Santa Catarina	4.863,6	2.611,5	53,7	2.252,1	46,3
Rio G. do Sul	7.468,3	3.704,2	49,6	3.764,1	50,4
Centro-Oeste	14.296,5	6.341,7	44,4	7.954,8	55,6
Mato G. do Sul	1.756,5	219,7	12,5	1.536,8	87,5
Mato Grosso	2.163,7	787,4	36,4	1.376,3	63,6
Goiás	7,809,1	4.789,3	61,3	3.019,8	38,7
Distr. Federal	2.567,2	545,3	21,2	2.021,9	78,8

### **3.3 Descrição de um aterro sanitário**

Conhecer os aspectos relevantes para a concepção e elaboração do projeto do aterro sanitário e compreender as etapas da sua execução são fundamentais para o estudo proposto. Os tópicos a seguir representam um resumo básico e essencial do trabalho de Hamada (2003).

#### *3.3.1 Introdução*

Segundo Hamada (2003), aterros sanitários constituem uma forma segura de disposição de resíduo, tanto pela especificação de locais apropriados, como pela implementação de sistemas de impermeabilização, drenagem, cobertura diária e final, tratamento de efluentes líquidos e gasosos. Mesmo assim, a presença de um aterro de resíduos, seja domiciliar ou industrial, representa uma instalação em que se destacam os aspectos negativos. E se tornam relevantes quando o local de implantação situa-se nas vizinhanças de sua moradia ou de seu trabalho. Embora consciente da necessidade de um aterro sanitário adequado, as pessoas não estão suficientemente informadas ou motivadas a aceitá-lo.

A vizinhança do aterro sanitário é submetida ao barulho de máquinas, poeira e odores. Outras razões que fazem oposições ao local do aterro sanitário:

- compromete a segurança do tráfego nas estradas de acesso;
- dispersa resíduos ao longo do trajeto; e,
- representa um risco para os mananciais, dentro de um raio de amplitude considerável.

Em função de uma opinião generalizada da população, contrária ao planejamento do manejo de resíduos, a escolha de áreas para implantação de um aterro sanitário depende do entendimento adequado dos fatores de objeção às diversas escolhas, requerendo argumentos defensáveis, bem embasados e cujas metodologias demonstrem objetivamente a preferência de escolha de uma área em detrimento de outra.

Segundo McBean et al (1995) o processo de seleção incluiu uma série de possibilidades que atendam aos objetivos envolvidos:

- minimização de riscos para a saúde pública;

- capacidade da área em minimizar os impactos ambientais;
- maximização do nível de serviço aos operadores do sistema; e
- minimização de custos aos operadores do sistema.

Para Tchobanoglous et al (1993), do ponto de vista técnico os principais fatores que devem ser considerados na escolha de área são:

- distância de transporte;
- restrições de locação;
- extensão da área;
- facilidade de acesso;
- condições do solo e topografia;
- condições climatológicas;
- hidrologia de águas superficiais;
- condições geológicas e hidrogeológicas;
- distância do meio urbano; e
- potencial de reutilização da área.

Com base nestas informações, existem diferentes métodos para se efetuar a avaliação e escolha final da área. A escolha da metodologia a ser aplicada em uma situação específica constitui, em parte, um item do processo de escolha.

### *3.3.2 Concepção geral*

Depois de definida a necessidade de implantação do aterro sanitário, deve-se pensar no porte e na viabilidade técnico-econômica do empreendimento e avaliar a possibilidade de se trabalhar em consórcios municipais, principalmente quando o município é de pequeno porte.

De acordo com Hamada (2003), essa avaliação constitui o primeiro instrumento para concepção de um sistema, podendo requerer estudos mais amplos e, muitas vezes, a intervenção política para a viabilização do consórcio. Esta visão, de planejamento regional, deve ser incrementada, pois constitui o melhor caminho para redução de investimentos em sistemas de manejo de resíduos.

A partir da caracterização física da área e da quantidade de resíduos que o aterro irá receber, Hamada(2003) descreve de forma sucinta os seguintes elementos que devem ser considerados na definição do layout.

### **Isolamento da área**

Constituído pela instalação de barreiras físicas, para definir os limites e impedir a entrada de animais domésticos, e normalmente por uma faixa de isolamento vegetal para reduzir impactos visuais. O cercamento normalmente é feito por mourões e fios de arame farpado, podendo ser complementado por telas para retenção de materiais tais como sacos plásticos e folhas de papel. Dependendo do tipo de vegetação empregada no isolamento, a mesma também tem a função de reter tais materiais.

### **Infra-estrutura de apoio**

Deve ser lembrado que um aterro sanitário necessita de áreas de apoio, iniciando-se pela guarita de entrada e áreas administrativas cobertas. Dependendo do porte do aterro, necessita-se de espaço para almoxarifado e guarda de equipamentos, inclusive tratores e veículos de transporte. Tais áreas exigem também espaço para o trânsito e estacionamento de veículos. Muitas vezes torna-se interessante a instalação de locais para lavagem de caminhões e outros equipamentos.

### **Vias de acesso**

Além do acesso externo ao aterro, internamente devem ser definidos acessos principais que permitam o trânsito, sob quaisquer condições climáticas, para as células de aterramento. As vias principais são complementadas por acessos secundários às áreas de descarga. Para aterros de grande porte, com declives fortes, recomenda-se a pavimentação de vias principais.

### **Método de aterramento**

O método de aterramento deve ser definido de acordo com os limitantes físicos locais e em função da disponibilidade de material para cobertura e pela capacidade do aterro.

### **Células de aterramento**

A divisão do aterro em células é bastante conveniente para administrar a ocupação da área e distribuir custos de implantação. Significa modular o aterro em etapas compatíveis com a disponibilização de recursos existentes.

### **Configuração do aterro acabado**

Tecnicamente o aterro em sua configuração final não deve apresentar superfícies planas, devendo-se manter declives de pelo menos 3% quando se tratar da cobertura final, segundo Tchobanoglous et al (1993). Contudo tais declives alteram sobremaneira a disposição das células de aterramento. Nesse sentido se forem considerados os recalques diferenciais do aterro, deve-se garantir que em qualquer situação o declive não seja inferior a 1%.

### **Drenagem Superficial**

Um dos princípios básicos da concepção do aterro é o afastamento rápido e eficiente das águas de chuva que escoam superficialmente, através de declives adequados, referenciados na configuração do aterro acabado, e canaletas de drenagem. Mais importante que esse princípio é não permitir a entrada de água de áreas externas ao aterro. Isto é fundamental, pois tem implicações diretas na geração de chorume.

### **Cobertura diária e intermediária**

Deve-se ter cuidado na especificação das coberturas diárias e intermediárias, uma vez que respondem pelo consumo de material para cobertura (normalmente terra) e também pela utilização de espaços, que deveriam ser ocupados pelos resíduos, diminuindo a vida útil do aterro. A melhor opção é fixar inicialmente uma porcentagem de terra para cobertura em relação ao volume total (terra + resíduo) que varie entre 20 e 10% (Tchobanoglous, et al, 1993).

## **Sistemas de Contenção (Liners)**

Os *liners* constituídos pelas geomembranas, também conhecidas como mantas geosintéticas, especialmente o PEAD (polietileno de alta densidade), tem ganhado a preferência dos órgãos ambientais. Esses sistemas, além da baixa permeabilidade, devem seguir o mesmo fundamento dos sistemas de drenagem superficial, ou seja, minimizar o tempo de escoamento do líquido no aterro. Em geral são admitidos declives superiores a 1%.

## **Drenagem de chorume**

A drenagem de chorume nas bases do aterro e os *liners*, na verdade fazem parte de um único sistema e devem ser considerados conjuntamente, pois a eficiência do *liner* depende também de uma boa drenagem. Contudo conforme o aterro cresce verticalmente, os drenos de chorume tornam-se necessários em camadas intermediárias do aterro, assim como sua instalação na base de taludes, com o intuito de reduzir problemas de afloramento de chorume em períodos de chuvas intensas. A capacidade do sistema de drenagem de fundo deve ser baseada no volume de chorume e na minimização da lâmina líquida na base do aterro. Esse dimensionamento permite definir o espaçamento entre as linhas de drenagem.

## **Tratamento de chorume**

Na concepção de um aterro sanitário deve ser assegurado um espaço para implantação do sistema de tratamento de chorume, ou outra alternativa que viabilize manejo adequado.

## **Drenagem de gases**

O sistema de drenagem de gases, para maior eficiência, pode ser conectado aos drenos de chorume, aproveitando sua capacidade de escoamento.

## **Poços de monitoramento**

Na definição do *layout* do aterro não se deve esquecer do sistema de monitoramento. No Brasil, para aterros sanitários, normalmente são exigidos somente

os poços de monitoramento, dispensando-se outros dispositivos, tais como lisímetros para captura de líquidos em camadas não saturadas do subsolo.

### *3.3.3 Capacidade do aterro*

A determinação das características físicas do aterro é fundamental para determinação dos custos de implantação e operação, e foram elaboradas com base no trabalho de Hamada (2003). Os itens seguintes mostram as etapas deste cálculo.

#### **Estimativas Populacionais**

Na etapa de escolha de áreas para implantação do aterro sanitário é preciso ter efetuado o pré-dimensionamento para o espaço requerido pelo sistema. Segundo Hamada(2003), além da capacidade efetiva do aterro, deve ser considerada a área ocupada pelos demais elementos de projeto descritos no item anterior. A primeira etapa do projeto de um aterro sanitário é constituída de coleta e tratamento de dados relacionados ao crescimento populacional.

Os dados de crescimento populacional podem ser obtidos junto ao IBGE, a partir de contagens populacionais ou censos mais completos efetuados ao longo dos anos. Para os municípios do Estado de São Paulo as buscas podem ser sistematizadas no site da Fundação SEADE (<http://www.seade.gov.br/>).

Definido o modelo ou função matemática que melhor se ajusta à expectativa de crescimento populacional, efetua-se a extrapolação, computando-se as populações ano a ano, até o limite esperado para a vida útil do aterro sanitário.

#### **Geração de Resíduos**

A quantidade de resíduos gerados na área urbana deve ser, sempre que possível, obtida a partir de medições sistemáticas efetuadas pelo serviço de limpeza urbana.

De acordo com Hamada(2003), caso não existam medições sistemáticas e dependendo da disponibilidade, é possível, com a colaboração do serviço de limpeza urbana e da concessionária, efetuar uma estimativa com pesagens em balanças rodoviárias.

Conhecendo-se ou adotando-se a taxa de geração per capita diária e empregando-se os dados populacionais previamente determinados, é possível estimar a quantidade de resíduos gerados na área urbana de um município considerado.

Para cada ano a quantidade de resíduos gerada é determinada por:

$$M_{RA} = \frac{\text{Pop} \cdot T_X \cdot 365}{1000} \quad \text{Eq. 3-1}$$

em que:

$M_{RA}$ : massa de resíduos gerados anualmente (t)

$T_X$ : taxa de geração per capita média (kg/hab.dia)

Pop: população (hab)

Acumulando-se esses valores é possível conhecer a massa de resíduos aterrados em qualquer ano considerado. No processo inverso, conhecendo-se a capacidade de recebimento de resíduos no aterro, definido volumetricamente em sua concepção, determina-se o ano ou a data aproximada em que o mesmo atingirá seu limite.

### **Vida útil**

Outra variável fundamental para determinação da vida útil de um aterro sanitário, segundo Hamada(2003), o volume do aterro deve ser definido na concepção do sistema, restando efetuar as devidas correções para determinação da capacidade volumétrica total. A determinação da vida útil pode ser então efetuada calculando a fração de resíduos dispostos no total do volume computado, lembrando que além da cobertura diária e intermediária do aterro, deve ser somada a camada de cobertura final. Assim o volume total medido seria composto por:

$$V_T = V_R + V_I + V_F \quad \text{Eq. 3-2}$$

em que:

$V_T$ : volume total do aterro (m<sup>3</sup>)

$V_R$ : volume de resíduos compactados (m<sup>3</sup>)

$V_I$ : volume de cobertura diária e intermediária (m<sup>3</sup>)

$V_F$ : volume de cobertura final (m<sup>3</sup>)

De acordo com Hamada(2003), no projeto do aterro deve ser definida a fração de terra, como cobertura diária e intermediária, em relação ao volume total do aterro, excetuando-se a cobertura final, como sendo da ordem de 10 a 20%.

O volume total é determinado graficamente a partir da concepção do aterro, assim como o volume de cobertura final, determinado a partir da área efetiva de aterro e pela espessura adotada. Portanto, o volume de resíduos compactados é determinado por:

$$V_R = \frac{V_T - f \cdot V_I - A_T \cdot e_c}{1 + f}$$

Eq. 3-3

em que:

- f: fração volumétrica de cobertura diária e intermediária
- $A_T$ : área efetiva do aterro (m<sup>2</sup>)
- $e_c$ : espessura da camada de cobertura final (m)

Conhecendo-se  $V_R$  e a massa específica, obtém-se a massa total de resíduos aterrados. Esse valor é comparado com a massa acumulada de resíduos gerados, determinada previamente, que por sua vez corresponde ao um ano de referência, que permite inferir sobre a vida útil do aterro.

Nesta etapa, seria ideal segmentar o cálculo dos volumes por célula de aterramento na seqüência do preenchimento, o que permitiria determinar a vida útil das mesmas. Esta segmentação auxilia o planejamento do sistema e a previsão de custos envolvidos em cada etapa.

### **3.4 Ferramentas de Gestão de Resíduos Sólidos e de Aterros Sanitários**

Segundo Hamada(2000), a hierarquia para o manejo de resíduos sólidos é encabeçada pela redução na origem, ou seja, minimização de resíduos. Seguem como opção, e nesta ordem: reuso, reciclagem, compostagem, resíduo em energia (recuperação de energia), incineração sem recuperação de energia (redução volumétrica) e disposição final (aterro sanitário). Um sistema existente que não foi concebido tendo como objetivo a preservação ambiental, exigirá custos adicionais para atender um determinado padrão ambiental. Por outro lado, para um sistema de manejo de resíduos

concebido desde o início para alcançar os objetivos ambientais, essas ações podem significar pouco ou nenhum custo adicional se houver necessidade de atender um novo padrão ambiental.

Ainda segundo Hamada(2000), um sistema integrado que pode atuar sobre todos os materiais do fluxo de resíduo sólido representa um conceito de qualidade total para o manejo de resíduos.

#### *3.4.1 Sistema Integrado de Manejo de Resíduos Sólidos*

O capítulo 21 da Agenda 21, entre outras questões, considera que:

“o manejo ambientalmente saudável de resíduos deve ir além de simples deposição ou aproveitamento por métodos seguros dos resíduos gerados e buscar desenvolver a causa fundamental do problema, procurando mudar os padrões não sustentáveis de produção e consumo. Isto implica na utilização do conceito de manejo integrado do ciclo vital, o qual representa oportunidade única de conciliar o desenvolvimento com a proteção do meio ambiente.”

No mesmo capítulo, consta ainda que:

“... a estrutura da ação necessária deve apoiar-se em uma hierarquia de objetivos e centrar-se nas quatro principais áreas de programas relacionadas com os resíduos, a saber:

- redução ao mínimo dos resíduos;
- aumento ao máximo da reutilização e reciclagem ambientalmente saudáveis dos resíduos;
- promoção do tratamento e da disposição ambientalmente saudáveis dos resíduos;
- ampliação do alcance dos serviços que se ocupam dos resíduos.”

Um plano de gerenciamento integrado de resíduo sólido, normalmente, é um conjunto articulado de ações normativas, operacionais, financeiras e de planejamento que a administração municipal deve desenvolver, baseado em critérios sanitários,

ambientais e econômicos para coleta, tratamento e disposição dos resíduos da sua cidade.

Não existe um método único de processamento ou disposição dos resíduos que pode abranger a todos os materiais de forma ambientalmente sustentável. O uso de diferentes opções, tais como a compostagem ou recuperação de materiais dependerá da coleta e do subsequente sistema de segregação empregado.

A minimização ou redução dos resíduos, ou redução de resíduo na origem é colocada no topo do esquema hierárquico para o manejo convencional dos resíduos. A redução na origem é o item essencial no manejo efetivo de resíduos, pois afeta o volume e a natureza dos resíduos.

Um sistema integrado deve incluir a coleta e a separação, seguida por algumas das seguintes opções:

- recuperação de materiais secundários (reciclagem), que irão requerer separação e acesso às instalações de reprocessamento;
- tratamento biológico de material orgânico biodegradável, através da compostagem (composto comercializável) ou digestão anaeróbia (para produção de metano) com recuperação energética;
- tratamento térmico para redução volumétrica, inertização de resíduo com possibilidade de recuperação de energia;
- aterro sanitário ou industrial para rejeitos (estratégico).

Das opções acima, o aterro constitui o único método capaz de absorver sozinho todos os tipos de resíduo (com poucas restrições), porém não agrega valor a nenhuma parcela do resíduo. A utilização de qualquer opção antes do aterro pode valorizar partes significativas do fluxo de resíduo, reduzir volume e aumentar a estabilização física e química dos resíduos, reduzindo volume ocupado e potenciais impactos ambientais.

Para introduzir um sistema de gerenciamento integrado para resíduo sólido que integre a reciclagem, compostagem ou recuperação de energia, entretanto, é necessário efetuar um estudo detalhado das condições do mercado, verificando se possui condições para absorver estes produtos.

O sistema a ser adotado deve ser flexível, de forma a atender da melhor maneira possível às condições sociais, econômicas e ambientais.

### 3.4.2 *Análise do Ciclo de Vida*

A aplicação dos conceitos de análise do ciclo de vida aos sistemas de manejo de resíduo sólido urbano tem crescido nos últimos anos, porém esta análise pode ser trabalhosa e pouco versátil, pois os dados não estão facilmente disponíveis, ou quando estão, são dispersos e poucos confiáveis, dificultando a implementação deste conceito ao sistema.

A análise de ciclo de vida consiste na aplicação dos 2 estágios iniciais do processo de Avaliação de Ciclo de Vida – LCA (White et al., 1995), composto de:

- definição de metas;
- inventário;
- análise de impacto; e
- avaliação. .

A LCA é uma ferramenta de gerenciamento ambiental baseada no exame de todos os estágios do ciclo de vida, da obtenção da matéria-prima, passando pela manufatura, distribuição, uso, possibilidade de reuso e/ou reciclagem, até a disposição final. Através de cada estágio, os “inputs”, ou sejam, as entradas ao sistema através de matéria-prima e energia, e de “outputs”, isto é, saídas dos sistema em termos de emissões atmosféricas, emissões para água e resíduo sólido, são calculados e agregados ao ciclo de vida. Estes valores são convertidos em efeitos ao meio ambiente, e o teor destes impactos ambientais representa o efeito ambiental global do ciclo de vida dos produtos ou serviços. Conduzindo esta avaliação para produtos ou serviços similares, é possível efetuar comparação de seus impactos ambientais. Isto não irá determinar necessariamente qual opção é ambientalmente superior à outra, mas mostrará as possibilidades de interação entre as opções apresentadas.

#### **3.4.2.1 Os estágios da análise de ciclo de vida - ACV**

Será efetuada descrição sucinta dos quatro estágios da avaliação de ciclo de vida – LCA, lembrando que a análise de ciclo de vida - ACV engloba apenas os dois estágios iniciais.

#### *3.4.2.1.1 Definição de metas*

O primeiro estágio define as metas para estudos da avaliação de ciclo de vida, as opções a serem comparadas e a utilização dos resultados.

Uma parte fundamental deste estágio é a definição da unidade funcional. É a unidade do produto ou serviço cujo impacto ambiental será comparado. Pode ser expressa em termos de quantidade do produto (por exemplo, por quilograma ou por litro), mas pode ser igualmente relatada pela quantia de produto necessária para efetuar uma determinada função, ou seja, por uso equivalente. Para um veículo, por exemplo, a unidade funcional poderia ser o quilômetro(km) rodado.

Outro requisito essencial é a definição dos limites do sistema, isto é, quais as etapas do ciclo de vida que estão incluídas na avaliação. O primeiro limite envolve a definição exata do início e fim de ciclo de vida. A inclusão etapa da mineração da matéria-prima ou da emissão dos materiais usados (resíduos) depois de serem aterrados deve ser ponderada e arbitrada caso a caso.

O segundo limite a ser definido será a quantidade de detalhes a serem incluídos em cada estágio do ciclo de vida. Por exemplo, o processo de manufatura para o processo em si deve ser incluído? Os impactos de fabricação de máquinas e equipamentos que fazem os produtos devem ser incluídos também? Segundo White(1995), estudos comprovam que tais “impactos de segundo nível”, quando divididos entre o número de unidades que a usina produz, são insignificantes e então pode ser omitido na maioria das análises.

Em qualquer avaliação de ciclo de vida, a definição da unidade funcional e os limites do sistema avaliado são passos muito importantes.

#### *3.4.2.1.2 Inventário*

Descreve todos os materiais relevantes e os fluxos de energia. Este estágio descreve o ciclo de vida como uma série de passos e em cada passo calcula-se a quantidade de materiais que entram ou saem do sistema. Equivale a obter um balanço de materiais ou energia a cada passo no ciclo de vida.

Os dados gerados neste estágio são necessários para transformar os fluxos de matéria e energia em impactos ambientais, e têm grande importância na tomada de

decisões. Proporciona também conhecimentos sobre o sistema e visão para as conseqüências ambientais.

#### *3.4.2.1.3 Análise de impacto*

Envolve a conversão do inventário de ciclo de vida de materiais e energia em seus efeitos ambientais. Alguns estudos agregam os efeitos das emissões para cada compartimento ambiental, isto é, para o ar, a água, ou o resíduo sólido. Em outros casos, a emissão tem sido simplesmente adicionada à massa total da emissão, desconsiderando a natureza do material emitido. Uma opção melhor tem sido mensurar a emissão de acordo com a sua toxicidade.

Embora este sistema calculando “volume crítico” de ar e água poluída seja extensivamente utilizado, esta abordagem tem seus limites. Emissões para o ar podem contribuir para uma série de problemas ambientais, tais como esgotamento de ozônio, aquecimento global e formação de chuva ácida, aumentando os efeitos das emissões para a água. A concepção de agregar os efeitos de acordo com os diferentes ambientes físicos é questionável porque alguns produtos têm efeitos em mais de um meio: resíduo sólido orgânico em aterros, por exemplo, pode produzir metano e lixiviado, afetando o ar, a água e o solo.

Assim, é usualmente aceito que a agregação de impactos pode ser efetuada de acordo com seus efeitos no ambiente. Deste modo, todas as emissões que contribuem para a redução da camada de ozônio serão agregadas juntas, e mensuradas pela sua contribuição relativa para o problema.

A análise do impacto será considerada em quatro etapas:

- uma classificação de todos os efeitos para um considerável número de problemas ambientais, por exemplo, contribuições para o aquecimento global;
- definição de unidades para medir estas classes de problemas, por exemplo, unidades de potencial de aquecimento global;
- conversão do inventário de “inputs” e “outputs” para estas unidades, por exemplo, quantidades de gás carbônico e metano e seus potenciais de aquecimento global; e,

- agregação de unidades dentro de cada efeito, por exemplo, acrescentando ao total de potencial de aquecimento global o total de emissões.

O resultado da análise de impacto será a contribuição da avaliação do ciclo de vida na solução de considerável número de problemas ambientais.

#### *3.4.2.1.4 Avaliação*

A simples comparação entre uma opção de ciclo de vida e outra não mostra qual será “ambientalmente superior”, a menos que exista uma opção com um impacto significativamente menor que todas as demais em todas as categorias.

Para facilitar a tomada de decisão entre as opções apresentadas, tentativas para agregar avaliação de novos ciclos de vida têm sido feitas, de forma a apresentar um resultado numérico simplificado. Isto requer algumas formas de mensuração da importância de diferentes problemas ambientais, conforme Tabela 3-7

Esta mensuração é uma tarefa muito difícil para o momento, pois não há metodologias genéricas aceitas sobre como fazer estas medições. Algumas tentativas utilizaram o sistema de placar através de “banca de especialistas”, em geral subjetivas, comparando emissões em relação aos objetivos governamentais, ou por conversão de todos os impactos em unidades monetárias. Mas nenhum destes sistemas tem sido amplamente aceito.

Qualquer sistema que agrega categorias de impacto para um simples placar numérico parece ideal para auxiliar uma tomada de decisão. Porém, este sistema ainda é baseado em inúmeras suposições e dados incertos que serão agregados ao longo da análise, e em tais casos, a base da decisão será a aceitação de tais suposições. Ou a obtenção de dados completos e confiáveis para a análise e avaliação dos ciclos de vida.

Uma avaliação de ciclo de vida deve ser usada para melhorar o desempenho ambiental do produto ou serviço. Considerando que um produto será usado e disposto num sistema fixo, é possível determinar como mudanças no produto podem afetar seu impacto ambiental. Basta manter o produto fixo, e alterar as condições de disposição para verificar como o impacto ambiental é afetado. Este estudo é chamado de “ciclo de vida ao contrário”. E esta é, essencialmente, a aplicação do estudo de ciclo de vida para resíduos sólidos.

Tabela 3-7: Classificação dos impactos de ciclo de vida (White et al., 1993)

Título	Escala de efeito
<b>Exaustão</b> - recursos não renovável - portadores de energia - outros (minerais) - recursos renováveis escassos - consumo espacial	- global - global - global - global/local - regional/local
<b>Poluição</b> - aquecimento global - exaustão de ozônio - toxicidade ao homem - ecotoxicidade - acidificação - formação de foto-oxidante - nitrificação/eutroficação - resíduo sólido final - radiação - dispersão de calor - saúde ocupacional - barulho - odor	- global - global - continental/regional - continental/regional - continental/regional - regional - regional - regional/local - regional/local - local - local - local - local
<b>Distúrbios</b> - dessecação (desertificação) - degradação da paisagem - degradação do ecossistema	- regional/local - regional/local - regional/local

### 3.4.2.2 Inventário de Ciclo de Vida de Resíduo Sólido

O objetivo do manejo integrado de resíduo sólido é lidar com os resíduos da sociedade de uma forma ambiental e economicamente sustentável. A análise do ciclo de vida pode ser proveitosamente aplicada no manejo integrado, para a avaliação da sustentabilidade ambiental. Ao mesmo tempo, uma avaliação econômica paralela pode

determinar a sustentabilidade financeira do sistema, um critério essencial para sua implementação com sucesso.

As propostas do inventário de ciclo de vida são para prever tanto o desempenho ambiental (em termos de emissão e consumo de energia) quanto os custos econômicos de um sistema integrado de manejo de resíduos. Entretanto, nem sempre todos os dados encontram-se disponíveis, sendo necessária a utilização de dados genéricos (avaliados pela média), e o resultado do inventário não será totalmente confiável. Mas fornecerá uma base e irá proporcionar comparação aproximada entre as diferentes opções do sistema.

White et al (1993) apresentam uma ferramenta para auxiliar a previsão do custo total do sistema e os possíveis impactos ambientais, concebido especificamente para uso da avaliação de ciclo de vida para comparar sistemas de manejo de resíduos. Procura avaliar a quantidade e a composição do resíduo gerado numa determinada área. Consiste basicamente em uma planilha eletrônica que permite efetuar cálculos matemáticos com base em informações fornecidas, ou presumidas, pelo usuário.

A avaliação do ciclo de vida de resíduo sólido é composta de 4 estágios: definição de metas, inventário, análise de impacto e avaliação.

O estágio de definição de metas dirige o estudo para três questões:

- qual o propósito do estudo;
- o que será comparado, isto é, qual a unidade funcional para a comparação; e,
- quais os limites do sistema.

Os objetivos principais do estudo são para prever tanto o desempenho ambiental (em termos de emissão e consumo de energia) quanto aos custos econômicos. Devido à falta de dados específicos para todas as partes do ciclo de vida, dados genéricos (avaliados pela média) serão utilizados frequentemente, e o resultado do inventário não será 100% confiável. Entretanto, fornecerá uma base e irá proporcionar comparação aproximada entre diferentes opções de sistemas.

A unidade funcional é a unidade de comparação num inventário de ciclo de vida. É expressa, geralmente, em termos de “output” do sistema. No caso do estudo de um sistema de manejo de resíduos, a unidade funcional é o resíduo gerado numa área geográfica de referência, que em termos de unidade funcional, pode ser expressa pelo volume de resíduos domiciliar e comercial produzidos por uma determinada população. Neste caso, ela é definida em termos de “input” do sistema.

Os limites de um sistema de manejo de resíduos também possuem características particulares. Quando se considera o ciclo de vida de produtos, o inventário geralmente volta-se para a origem da matéria-prima, por exemplo, a extração mineral. E o fim do ciclo é a disposição final do produto, muitas vezes devolvido para a terra como parte do aterro. No caso de resíduo sólido, os materiais somente se tornam resíduos quando jogados fora, ou seja, deixam de ter utilidade para o usuário. Deste modo, pode-se dizer que a origem do resíduo, pelo menos em residências, é a “lata de lixo”. Como parte deste resíduo pode ser coletada por um serviço de coleta ou entregue pelo usuário, define-se para fins do estudo em questão a origem do resíduo como o ponto onde cessa a propriedade doméstica ou comercial do produto.

O fim do ciclo de vida do resíduo é a sua disposição final, de volta para o ambiente. Incineração e aterro sanitário são descritos muitas vezes como o destino final do resíduo, porém incineração produz cinza e emite gases, e aterros emitem gases e liberam chorume. Neste estudo, o fim do ciclo de vida é considerado quando o resíduo se torna matéria inerte no aterro, ou é convertido à emissão de ar e água, não poluentes.

Outro fato que deve ser avaliado é quando o resíduo pode recuperar algum valor, como composto, produto secundário ou combustível. Neste caso, deixa de ser resíduo. A recuperação de materiais para reciclagem, tornando-os matéria-prima secundária equivale a estabelecer um novo limite para este resíduo. Quando a matéria recuperada possui valor econômico positivo, isto é, pode ser comercializada em bancos ou depósitos de materiais para reciclagem, este valor pode ser considerado na análise de sustentabilidade econômica do sistema.

Os limites gerais do sistema para um sistema integrado de manejo de resíduos são mostrados no diagrama da Figura 3-1.

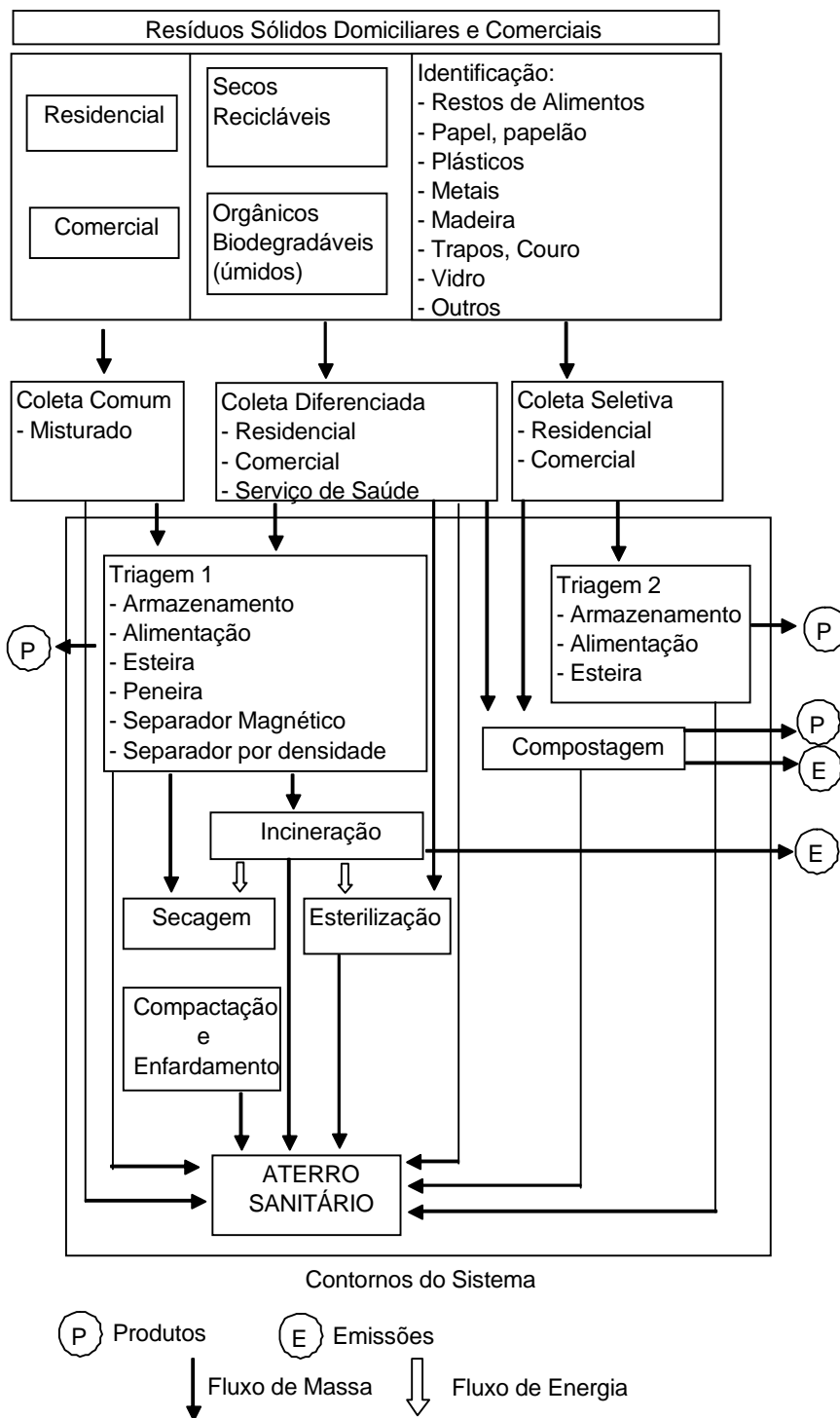


Figura 3-1: Fluxo de massa e energia em um sistema integrado de manejo de resíduos sólidos (Adaptado de White et al, 1995).

No modelo considera-se ainda a amplitude dos limites do sistema, ou seja, a quantidade de variáveis envolvidas. O nível de detalhamento também pode ser definido pelo usuário, e irá refletir nos custos econômicos do manejo de resíduos. Por exemplo, o

impacto da construção do caminhão que transporta o resíduo pode ser incluído no estudo, mas apresenta impacto insignificante se comparado ao impacto da instalação de uma usina de incineração. O custo da instalação de um incinerador é claramente significativo em relação ao custo de manutenção de veículos, e estes fatores é que devem ser considerados ao definir a quantidade de variáveis envolvidas.

O estágio de inventário contempla relacionar todas as entradas (“input”) e saídas (“output”) do ciclo de vida do resíduo. Para cada sistema de manejo de resíduos, uma combinação de processos pode ser utilizada. Principais processos: pré-seleção, coleta, central de separação, tratamento biológico, tratamento térmico e aterro. É necessário considerar o processo dentro de cada estágio, e listar todos os materiais e energia que entram e saem de cada processo. Pela conexão de todos os processos em cada estágio e de todos os estágios no ciclo, é possível definir o sistema global de manejo de resíduos, que é a base na qual o inventário de ciclo de vida é desenvolvido. Materiais entram inicialmente no sistema como resíduos e deixam o sistema quando são convertidos em materiais recuperados ou compostos orgânicos, emitidos ao ar ou água, ou são depositados como resíduos no aterro.

#### *3.4.3 SNIS – Serviço Nacional de Informações sobre Saneamento*

O Serviço Nacional de Informações sobre Saneamento foi concebido e administrado pela Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental do Ministério das Cidades, e contém um banco de dados com informações sobre a prestação de serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário, abrangendo as dimensões operacional, gerencial, financeira e contábil, além de disponibilizar dados sobre a qualidade dos serviços prestados. Atualmente encontra-se em fase de conclusão o trabalho de levantamento e diagnóstico da situação de resíduo sólido no país.

O Ministério das Cidades vem investindo no processo de institucionalização do órgão federal responsável pela gestão da política de saneamento no país, a Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – SNSA, visando a reforçar sua capacidade de planejamento setorial com a estruturação de sistemas de informações que subsidiem o processo decisório governamental, tendo como objetivo o desenvolvimento da capacidade de identificar o perfil qualitativo da demanda e a sua distribuição espacial, objetivando formulação de programas adequados à diversidade sócio-territorial do país.

Estudos efetuados pelo IBGE mostram que o nível da cobertura de coleta de esgoto na área urbana do Brasil é dos piores dentre os países latino-americanos, alcançando apenas metade da população urbana, enquanto os serviços de distribuição de água tratada atingem quase 78%, segundo o Censo Demográfico de 2000. Em relação aos resíduos sólidos, o quadro mostra-se um pouco melhor, com 79%, porém com avanço significativo na questão da erradicação dos lixões, iniciada com a articulação nacional empreendida pelo Fórum Nacional Lixo e Cidadania em torno da organização de cooperativas de catadores e das ações para erradicar o trabalho infantil nos lixões.

Os grandes municípios e as regiões metropolitanas apresentam melhores resultados, porém outros apresentam dificuldades estruturais, relativas ao suporte administrativo e à qualificação dos recursos humanos, além de dificuldades na obtenção e aplicação dos recursos. Em todo o país, 65% dos municípios com população até 100 mil habitantes dispõem o seu resíduo a céu aberto; 56% ainda possuem catadores que trabalham nos lixões, e apenas 8,2% têm programas de coleta seletiva.

O papel da União, hoje, é o de assumir iniciativas que criem oportunidades de difusão das experiências de gestão integrada de resíduos sólidos. Os programas nessa área envolvem agentes públicos e sociais, fazendo com que gestores e técnicos de prefeituras, organizações não governamentais, moradores em geral e as próprias comunidades de catadores estejam em permanente processo de capacitação sobre os novos papéis e responsabilidades.

Atualmente, os serviços são prestados exclusivamente pelas Prefeituras em 88% dos municípios; por Prefeituras e empresas privadas em 11%, e exclusivamente por empresas privadas contratadas em pouco mais de 1% dos municípios. Entretanto, as empresas privadas atuam em municípios de grande porte e regiões metropolitanas, resultando que estas são responsáveis pela coleta de 30% dos resíduos gerados no país.

### **3.5 Programas e fontes de recursos para o saneamento básico**

Para a implementação de todas as ações necessárias à gestão de resíduo sólido, costuma ser alto o volume necessário de recursos financeiros. Entidades públicas ou privadas, responsáveis pela gestão de resíduo sólido, dispõem de diversas linhas de financiamento, dentre as quais destacam-se os seguintes agentes financeiros:

- Banco Mundial – BIRD;
- BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social;
- Caixa Econômica Federal;
- FECAM – Fundo Estadual de Conservação Ambiental;
- FNMA – Fundo Nacional do Meio Ambiente, do Ministério do Meio Ambiente;
- SEPURB – Secretaria de Política Urbana, do Ministério do Planejamento.

Outra fonte de recursos que pode ser disponibilizada para as entidades públicas é o Governo Federal, através do Orçamento Geral da União – OGU. São recursos não onerosos, provenientes de emendas ao Orçamento da União, efetuadas pelos parlamentares, com destinação específica de acordo com o objeto da proposta de trabalho. Cada Ministério possui programas específicos para sua área de atuação, e a Caixa Econômica Federal é um dos principais agentes financeiros repassadores dos recursos.

### *3.5.1 Banco Mundial – BIRD*

O Banco Mundial atua no Brasil desde 1949. Inicialmente, seu enfoque foi sobre projetos de infra-estrutura básica, como transportes, energia e indústria, visando apoiar o crescimento da economia. Na segunda fase, o BIRD começou a dar mais ênfase a projetos de combate à pobreza na área social e reformas setoriais. Nos anos 90, esse enfoque foi aprofundado, com apoio a projetos de redução da pobreza através de programas sociais e reforma do estado, assim como proteção ao ambiente e participação de organizações não governamentais.

Atualmente, o BIRD financia mais de 50 projetos no Brasil, totalizando aproximadamente US\$ 7 bilhões, nas áreas de Agricultura e Irrigação, Pobreza Rural, Educação e Saúde, Transporte Urbano, Desenvolvimento Urbano, Saneamento e Recursos Hídricos, Meio Ambiente, Administração Econômica e Financeira, e Transporte e Energia.

Entre estes projetos, podem ser destacados:

- PROURB – CE: Projeto de Desenvolvimento Urbano e Gestão de Recursos Hídricos do Ceará, financiamento para fins de desenvolvimento institucional e de investimentos em infra-estrutura urbana. Busca garantir a oferta e

regularização do suprimento de água para os centros urbanos do Ceará, principalmente nas áreas caracterizadas como “vazios hídricos”, além de promover o fortalecimento institucional e a consolidação do sistema estadual de gerenciamento de recursos hídricos;

- PROSANEAR II: Projeto de Água e Saneamento para População de Baixa Renda II, seu objetivo é dar assistência técnica à iniciativa brasileira de ampliação dos serviços básicos de água e saneamento para as regiões urbanas de baixa renda, financiamento a pesquisa e a preparação de projetos de água e saneamento.; e,
- PNMA II: Programa Nacional do Meio Ambiente II, tem por objetivo o fortalecimento da atuação de instituições ambientais nos níveis local, estadual e nacional. No projeto, altamente descentralizado, focaliza-se tanto a conservação de recursos naturais como questões de poluição. O programa está dividido em três fases, sendo que a primeira fase enfoca o fortalecimento da gestão ambiental nos níveis estadual e municipal, através de dois componentes:
  - fortalecimento institucional, que compreende três instrumentos prioritários para a gestão ambiental: licenciamento ambiental, monitoramento da qualidade hídrica e gerenciamento costeiro; e,
  - ações de assistência técnica para que os estados possam adotar políticas ambientais mais avançadas, definir prioridades e identificar e preparar sub-projetos elaborados para aumentar ou proteger os serviços prestados pelos ativos ambientais.

As demais fases visam ao aprimoramento da regulamentação ambiental governamental, através da melhor definição dos papéis no licenciamento, da agilização dos procedimentos.

### *3.5.2 Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social – BNDES*

O BNDES atua através dos agentes financeiros, em diversas modalidades.

A utilização dos recursos pode ser efetuada pelas empresas privadas que atuam na área de saneamento, através do financiamento para aquisição de equipamentos novos

de fabricação nacional, importação de equipamentos, “leasing” de equipamentos nacionais e de capital de giro.

Os investimentos apoiados pelo BNDES incluem:

- implantação, expansão e modernização de atividades produtivas e da infraestrutura;
- comercialização de produtos e serviços no Brasil e no exterior;
- capacitação tecnológica;
- treinamento de pessoal, formação e qualificação profissional; e,
- reestruturação industrial e empresarial.

Para realizarem operações com o BNDES, os órgãos e empresas da administração pública – federal, estadual e municipal – devem atender à legislação que define e limita o crédito ao Setor Público. Estas entidades podem solicitar o apoio financeiro para as opções abaixo:

- financiamento para aquisição de máquinas e equipamentos novos, de fabricação nacional; e,
- financiamento para investimento em projetos de implantação, ampliação ou modernização de empreendimentos; preservação, conservação e recuperação ambiental; conservação de energia; informatização; capacitação tecnológica e/ou melhoria da qualidade e produtividade.

### 3.5.3 Caixa Econômica Federal

Principal agente de fomento do Governo Federal, constitui objetivo da Caixa Econômica Federal, na área de Desenvolvimento Urbano:

- atuar tecnicamente no propósito de fortalecer a relação entre a Caixa, o poder público, a iniciativa privada e a comunidade; e,
- participar técnica e financeiramente do desenvolvimento de estudos e pesquisas sobre temas afins, em especial os que visem a redução dos custos da produção habitacional, do saneamento básico e infra-estrutura, preferencialmente para o segmento de menor renda.

A Caixa Econômica Federal possui diversos programas com diferentes fontes de recursos, que atuam na área de saneamento e meio ambiente. A origem dos recursos pode ser onerosa, proveniente da aplicação dos saldos das contas do FGTS – Fundo de

Garantia por Tempo de Serviço ou como agente financeiro dos recursos do BNDES e/ou BIRD, ou recursos não onerosos, provenientes do OGU – Orçamento Geral da União.

Entre os programas desenvolvidos pela Caixa, destacam-se os seguintes:

- Pró-Saneamento;
- Brasil Joga Limpo; e,
- Resíduos Sólidos Urbanos.

### **3.5.3.1 Pró-Saneamento**

É um programa com recursos do FGTS, que visa a promoção da melhoria das condições de saúde e da qualidade de vida da população por meio de ações de saneamento, integradas e articuladas com outras políticas setoriais, através de empreendimentos destinados ao aumento da cobertura dos serviços de abastecimento de água, esgotamento sanitário, drenagem urbana e tratamento e disposição final de resíduos sólidos. Destina-se a Estados, Municípios, Distrito Federal ou empresas estatais não dependentes.

Para participar do programa, o interessado deverá encaminhar Carta de Intenção ao Escritório de Negócios da CAIXA na região, juntamente com as informações básicas do empreendimento e da documentação necessária à avaliação de risco de crédito.

Com os dados constantes na documentação apresentada, a Caixa Econômica Federal solicita ao Banco Central – BACEN autorização para contratar a operação, procedendo às análises de risco de crédito e às análises técnicas de engenharia, social e jurídica. Quando o proponente for Estado, Município ou Distrito Federal, a documentação, acompanhada da proposta firma assinada em conjunto com a Caixa Econômica Federal, deverá ser enviada à Secretaria do Tesouro Nacional – STN, para obtenção da autorização de endividamento.

Após a seleção da Carta de Intenção, verificada a regularidade cadastral do proponente, e obtida a aprovação das instâncias competentes, são adotadas as providências relativas à formalização do Contrato de Financiamento.

As modalidades que podem ser contempladas são: Abastecimento de Água, Esgotamento Sanitário, Saneamento Integrado, Desenvolvimento Institucional, Drenagem Urbana, Resíduos Sólidos e Estudos e Projetos.

O financiamento está limitado ao valor da dotação orçamentária dos recursos do FGTS e à capacidade de pagamento e de endividamento do proponente, determinado pela avaliação de risco de crédito efetuada pela Caixa Econômica Federal e autorizada pela STN.

Os limites máximos de carência, amortização e participação mínima (contrapartida) do proponente variam de acordo com a modalidade, conforme indicado na Tabela 3-8.

Tabela 3-8: Modalidades de financiamento. CAIXA ECONÔMICA FEDERAL(2003)

Modalidade	Carência (meses)	Amortização (meses)	Contrapartida (% do V.I.)
Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário – Implantação e ampliação de sistemas	36	180	10 %
Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário – Otimização e/ou reabilitação de sistemas e expansão de redes e/ou ligações	24	120	10
Drenagem Urbana	36	180	20 %
Saneamento Integrado	36	180	10 %
Desenvolvimento Institucional	24	120	10 %
Resíduos Sólidos	36	180	15 %
Estudos e Projetos	12	60	15 %

Os juros são cobrados mensalmente, na data estabelecida contratualmente, nas fases de carência e de amortização, sendo de 5,0 % ao ano para a modalidade Saneamento Integrado; 6,5 % ao ano para Esgotamento Sanitário; e 8,0 % ao ano para as demais modalidades.

As prestações são cobradas mensalmente, na data estabelecida contratualmente, calculadas de acordo com o Sistema Francês de Amortização – Tabela Price, e reajustadas pelo mesmo índice e com a mesma periodicidade de atualização dos saldos das contas vinculadas do FGTS. O saldo devedor é reajustado pelo mesmo índice e na mesma periodicidade de atualização dos saldos das contas vinculadas do FGTS.

É cobrada ainda a Taxa de Risco de Crédito, incidente sobre o saldo devedor do contrato, em índice a ser definido conforme conceito de risco de crédito analisado pela CAIXA, junto com as prestações mensais. Incide ainda sobre o saldo devedor, a

remuneração do agente financeiro, na taxa de 2,0 % ao ano, cobrada mensalmente junto com a prestação de juros e amortização.

### **3.5.3.2 Brasil Joga Limpo**

Programa com recursos do OGU, tem por objetivo viabilizar projetos no âmbito da Política Nacional de Meio Ambiente, conforme critérios e deliberações do Fundo Nacional do Meio Ambiente – FNMA. Destina-se a Municípios, concessionárias estaduais e municipais e consórcios de Municípios. Podem pleitear recursos financeiros o Chefe do Poder Executivo dos Municípios e representantes legais das concessionárias previamente habilitados pelos Editais FNMA n.º 06/2000,05/2001 e 12/2001.

Constituem pré-requisitos para análise da proposta pela CAIXA a habilitação da proposta pelo FNMA, o atendimento aos objetivos do programa, a apresentação do Plano de Trabalho devidamente aprovado pelo FNMA e a análise da viabilidade da proposta.

O programa tem como modalidade única o Fomento a Projetos de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos, cujas ações são as seguintes:

- elaboração de Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos – PGIRS;
- elaboração do projeto executivo para a implantação do investimento previsto;
- implantação do aterro sanitário;
- implantação de unidades de tratamento;
- implantação de unidades de obras de destino final;
- implantação de coleta seletiva; e,
- recuperação do lixão.

É condição para enquadramento no programa que a proposta apresente participação do proponente no valor do investimento com aporte de recursos financeiros, a título de contrapartida, com os seguintes percentuais de contrapartida mínima:

- 3 % do valor de repasse da União, para Municípios com população até 25 mil habitantes;

- 5 % do valor de repasse da União, para Municípios situados em áreas de abrangência da ADA e da ADENE e na Região Centro-Oeste; e,
- 20 % do valor de repasse da União, para os demais Municípios.

Para ações que beneficiem os Municípios incluídos nos bolsões de pobreza identificados como áreas prioritárias do Programa de Comunidade Solidária e no Programa Comunidade Ativa, para municípios integrantes da RIDE e para aqueles que se encontrem em situação de calamidade pública reconhecida, em vigência na data da contratação, os percentuais serão:

- 1 % do valor de repasse da União, para Municípios com população até 25 mil habitantes;
- 3 % do valor de repasse da União, para Municípios situados em áreas de abrangência da ADA e da ADENE e na Região Centro-Oeste; e,
- 5 % do valor de repasse da União, para os demais Municípios.

Deverá ser verificado ainda, o atendimento às exigências da Lei de Responsabilidade Fiscal – LRF e da Lei de Diretrizes Orçamentárias – LDO.

Para a contratação e liberação dos recursos, o proponente deverá comprovar ainda:

- exercício da competência tributária;
- regularidade cadastral junto ao INSS;
- cumprimento dos limites constitucionais de aplicação em educação e saúde;
- observância dos limites definidos pela LRF;
- cumprimento de prazo para publicação do Relatório de Gestão Fiscal;
- cumprimento de prazo para publicação do Relatório Resumido da Execução Orçamentária;
- encaminhamento das Contas Anuais à STN; e,
- previsão orçamentária da contrapartida.

No caso de projetos que envolvam municípios consorciados, havendo identificação de co-partícipes no Plano de Trabalho, a instrução e a análise quanto ao atendimento da LDO/LRF estende-se a todos os partícipes, recaindo sobre o município indicado no Plano de Trabalho como proponente a responsabilidade da contrapartida.

Os recursos alocados pela União são, em princípio, não-retornáveis, podendo, entretanto, ser exigido seu retorno, na hipótese de inobservância de quaisquer dos termos do Contrato de Repasse. A liberação dos recursos é feita diretamente em conta bancária vinculada ao Contrato de Repasse, sob bloqueio, respeitada a disponibilidade financeira do FNMA, vinculando-se a autorização de saque dos recursos à execução de etapas previstas no cronograma físico-financeiro e da composição da contrapartida.

O proponente, após habilitação e autorização para contratação do gestor, deve apresentar os documentos a seguir relacionados, bem como cumprir o atendimento às exigências da Lei de Diretrizes Orçamentárias e Lei de Responsabilidade Fiscal:

- Plano de Trabalho;
- Documentação Institucional: Termo de Posse, Carteira de Identidade e CPF do Chefe do Poder Executivo; documentos da área de intervenção, documentos de atendimento à LRF;
- Documentação Técnica: Termo de compromisso de eliminação de lixões, Licenciamento Ambiental; e,
- Documentação do Trabalho Social, quando for o caso.

Os Estados, Distrito Federal, Municípios e concessionárias estaduais e municipais que assinaram contratos de repasse deverão encaminhar à Caixa, Prestação de Contas de acordo com o estabelecido pela Instrução Normativa n.º 01/STN/MF, de 15/01/1997, e em conformidade com orientações da Caixa. O prazo limite para Prestação de Contas Final é de até 60 dias após o término da vigência do contrato.

### **3.5.3.3 Resíduos Sólidos Urbanos**

É um programa do Governo Federal – Ministério das Cidades mantido com recursos do OGU, destinado a municípios com mais de 250.000 habitantes ou integrantes de regiões metropolitanas, com objetivo de fomentar a redução, reutilização e reciclagem de resíduo sólido urbano; ampliação da cobertura e o aumento da eficiência dos serviços de limpeza pública, da coleta, de tratamento e de disposição final; e a inserção social de catadores por meio da eliminação dos lixões e do trabalho infantil nos lixões. Destina-se a atender famílias de baixa renda mediante demanda de recursos federais pelos estados, municípios e Distrito Federal. Podem pleitear recursos

financeiros desse programa, o Chefe do Poder Executivo dos estados, do Distrito Federal e dos municípios, tendo como pré-requisitos para enquadramento da proposta a apresentação do Plano de Trabalho, o atendimento aos objetivos e às modalidades da ação pretendida, e análise preliminar da viabilidade da proposta pela Caixa.

Existem algumas restrições ao enquadramento no programa:

- não são passíveis de repasse de recursos da União operações para sistemas ou componentes de sistemas com contrato de concessão para operações dos serviços com empresas privadas;
- em caso de sistemas operados em regime de concessão pública, o proponente deve comprovar que o instrumento legal de concessão dos serviços foi formalizado, está em vigor e continuará vigente até duas vezes o tempo previsto de execução da obra;
- não são admitidos projetos, em quaisquer modalidades que contemplem, exclusivamente, atividades de melhoria da qualidade dos serviços ligados ao desenvolvimento operacional e gerencial das concessionárias, por caracterizarem atividade de custeio;
- não são admitidos projetos, em quaisquer modalidades que contemplem, exclusivamente, a aquisição de materiais, equipamentos ou terrenos para execução de instalações ou serviços futuros;
- em caso de sistemas operados diretamente pelo ente municipal, o proponente deve comprovar que a prestação dos serviços está institucionalizada no formato de autarquia, departamento ou empresa municipal; e,
- é vedado o repasse de recursos da União à iniciativas de limpeza urbana que não estejam previstas no Plano de Gestão de Resíduos Sólidos (PGRS), que deve ser apresentado juntamente com a documentação técnica na fase da análise de projeto. Nos casos em que os Agentes Executores não possuam os PGRS's ou recursos da União assegurados para sua elaboração, pode ser admitida a título de contrapartida em todas as modalidades, devendo sua apresentação ser anterior ao início da execução do empreendimento proposto.

As condições relativas ao atendimento dos percentuais mínimos de contrapartida, LRF/LDO e outras condições para contratação, são idênticas aos demais programas com recursos do OGU.

O programa contempla as seguintes ações e modalidades:

1 - Ação de Apoio à Elaboração de Projetos para Implantação e Ampliação dos Sistemas de Resíduos Sólidos Urbanos, cujo objetivo é dar apoio aos Estados, Municípios e Distrito Federal na elaboração de projetos aptos a concorrer por recursos para projetos que visem à salubridade ambiental, à eliminação de lixões e à inserção social dos catadores. Devem resultar em acesso da população aos serviços de limpeza urbana e destinação final adequada de resíduos sólidos urbanos. Possui duas modalidades:

1.1 - Apoio à elaboração de estudos e projetos para o desenvolvimento de ações estruturadas em resíduos sólidos urbanos, onde o produto final é a elaboração de um projeto básico de engenharia, que deve incluir a avaliação do seu custo, métodos e prazos de execução, vida útil, fases de implantação com os custos envolvidos por fase, abertura da licitação e contratação das obras, tudo com justificativa técnica, aspectos ambientais e aspectos sociais. Fica condicionada ainda, à existência de área de propriedade do município para implantação da obra, apresentação de licenciamento ambiental e apresentação do Plano de Gestão de Resíduos Sólidos (PGRS).

1.2 - Apoio à elaboração de Plano de Gestão de Resíduos Sólidos (PGRS), que é o instrumento que define a melhor alternativa para a gestão integrada dos resíduos, contemplando todos os fatores que impactam diretamente na resolução dos problemas afetos ao setor, tais como os aspectos legais e financeiros, os arranjos institucionais, a forma de prestação dos serviços, as tecnologias de manejo e infra-estrutura operacional. Seu conteúdo é composto, necessariamente, de três fases: diagnóstico da situação, estudos de concepção e alternativas de solução.

2 - Ação de apoio à Implantação e Ampliação dos Sistemas de Limpeza Pública, Acondicionamento, Coleta, Disposição Final e Tratamento de Resíduos Sólidos Urbanos em Municípios com População Superior a 250.000 Habitantes ou Integrantes de Regiões Metropolitanas, cujo objetivo é contemplar intervenções, através das quatro modalidades:

2.1 - Desativação de lixões e implantação ou adequação de unidades de disposição final: aterros sanitários ou aterros controlados. Poderão compor o investimento: elaboração de projeto básico de engenharia, movimentação de terra e da massa de resíduo, instalação de sistemas de drenagem de líquidos e gases da massa de resíduo, estradas de acesso e de serviço, impermeabilização, obras civis das unidades de apoio, trabalho social. Podem ainda compor o investimento, apenas como contrapartida, os custos com reassentamento habitacional, aquisição de terrenos, e serviços especiais como ações de recuperação, urbanização e monitoramento ambiental da área necessária à implantação do empreendimento. Os serviços de monitoramento ambiental da área onde se situava o lixão, bem como o do aterro propriamente dito, não podem compor o investimento nem mesmo a título de contrapartida, por serem considerados itens operacionais. Devem ser atendidas as seguintes diretrizes: execução simultânea de solução de disposição final, reassentamento das famílias que vivem no lixão em locais adequados, ações de transformação do lixão em aterro sanitário/controlado, existência prévia de coleta regular (mínimo 3 vezes por semana), existência prévia de pessoal treinado para operar os aterros, apresentação de justificativa no caso de necessidade de aquisição de equipamentos, apresentação de plano operacional do aterro e licença de operação por órgão competente.

2.2 - Implantação ou adequação de unidades de tratamento, centrais de triagem e compostagem incluindo a infra-estrutura para a coleta seletiva por parte dos catadores. Poderão compor o investimento: projeto básico de engenharia, terraplenagem, sistemas de drenagem, obras civis das unidades de apoio, equipamentos de condicionamento de lixo, trabalho social. Como contrapartida, podem compor o investimento os custos para aquisição ou desapropriação de terreno e serviços especiais, como ações de preservação ambiental necessárias à implantação do empreendimento e medidas mitigadoras, como controle de vetores, odores e chorume. Devem ser atendidas as seguintes diretrizes: estar condicionado à efetiva coleta regular de, no mínimo 3 vezes por semana, cobrindo pelo menos 80% da localidade beneficiada, licenciado pelo órgão ambiental competente, possuir estudo de viabilidade econômico-social para a comercialização do resíduo reciclável, e apresentar um plano operacional de coleta dos resíduos domésticos.

2.3 - Implantação de unidades de transferência intermediária (estações de transbordo), aplicado quando há necessidade de reduzir custos unitários de transportes até o destino final, que se situe pelo menos a 30 km, ida e volta, da área da coleta de cidades,

preferencialmente de porte médio ou consórcio de municípios. Podem compor o investimento: projeto básico de engenharia, terraplenagem, obras civis para instalações visando abrigar a unidade de transferência, equipamentos de coleta e caixas intercambiáveis. Como contrapartida, podem compor o investimento os custos para aquisição ou desapropriação de terreno e serviços especiais, como ações de preservação ambiental necessárias à implantação do empreendimento e medidas mitigadoras, como controle de vetores, odores e chorume. No projeto deve ser observada a existência de: aterro sanitário ou controlado, de rejeitos ou de unidades de triagem e compostagem, licenciados pelo órgão ambiental competente, implantado e em funcionamento, justificativa de aquisição de equipamentos para operação das unidades de transferência intermediária, existência prévia de pessoal treinado.

2.4 - Sistemas de acondicionamento, coleta e transporte de resíduos domésticos e de vias e logradouros públicos. Destina-se à aquisição de material e equipamento para: coleta e acondicionamento, postos e locais de entrega voluntária (PEV e LEV) instalados em vias públicas, no caso de coleta seletiva. Podem compor o valor do investimento: projeto básico de engenharia, equipamentos diversos para coleta de resíduos domésticos, furgão e coletor compactador para coleta de resíduo de serviço de saúde, equipamentos de coleta e remoção de resíduos provenientes de logradouros públicos, trabalho social. O projeto fica condicionado à existência de um aterro sanitário ou controlado em funcionamento ou, caso o destino atual do resíduo seja um lixão, ao equacionamento de solução adequada para a destinação final do resíduo sólido. Para proposta que consista exclusivamente na aquisição de equipamentos de coleta, caso o município não disponha de PGRS, nem de fonte de recursos assegurada para a sua elaboração, pode ser admitido, excepcionalmente, a apresentação de um Plano de Coleta (PCRS), porém este não pode constituir um item de investimento. Desde que apresentado um plano operacional, admite-se a compra de equipamentos para coleta de resíduos de vias públicas decorrentes de atividades de varrição, capina, poda, limpeza de dispositivos de drenagem, dentre outros serviços congêneres.

#### **3.5.3.4 Atualização de informações**

O programa Pró-Saneamento foi substituído pelo programa **Saneamento para Todos**, proposto pelo Ministério das Cidades e aprovado pelo Conselho Curador do

FGTS em 31/05/2005, e regulamentada pela Instrução Normativa n.º 23, de 20 de julho de 2005, publicado no Diário Oficial da União de 25 de julho de 2005. Vale somente para as propostas novas, incluídas a partir da sua publicação.

Os percentuais mínimos de contrapartida dos programas Brasil Joga Limpo e Resíduos Sólidos Urbanos sofreram alteração a partir do exercício de 2005. Estes percentuais são definidos pelo Ministério das Cidades em conformidade com a Lei de Diretrizes Orçamentárias e com base no IDH-M (Índice de Desenvolvimento Habitacional do Município), e são divulgados juntamente com a seleção da proposta.

#### 3.5.4 *Consórcio*

Outra possibilidade para superar as dificuldades encontradas pelos operadores públicos (municípios) é a união de forças através da formação de consórcios.

Consórcio, do latim *consortiu*, está relacionada à idéia de associação, ligação, união. No caso das relações intermunicipais, significa formação de entidades com objetivo de buscar soluções aos problemas comuns que envolvem municípios limítrofes. Este instrumento operacional permite que seus administradores obtenham maior rendimento de seus esforços, evitando dispersão de recursos humanos e materiais, com a maximização do aproveitamento dos recursos municipais.

A formação de associações já era prevista na legislação civil brasileira (artigos 1363 a 1409 do Código Civil), ou seja, partindo da idéia de dois ou mais governantes municipais, seriam criadas entidades de direito privado, que teriam por finalidade o estudo, o planejamento e a execução de atividades, obras e serviços, envolvendo municípios que delas viessem a participar. Este tipo de sociedade surgiria a partir da celebração de um contrato entre pessoas jurídicas de direito público (os municípios) e que se obrigariam mutuamente a combinar esforços e recursos para lograr fins comuns, conforme conceituado no artigo 1363 do Código Civil, sem fins lucrativos, desprovidos de atividade comercial, que depois da elaboração dos seus atos constitutivos, seriam registrados no Registro Civil (artigos 114 e seguintes da Lei 6015/73). Deste registro, nasce a personalidade jurídica dessas entidades, com plena aptidão para atuar na órbita jurídica e desvinculada juridicamente dos municípios que a criaram.

Após a instituição e o registro, seus estatutos devem prever a forma de sua administração, mediante a constituição de uma Diretoria Executiva, de um Conselho

Consultivo e outro Deliberativo e Fiscal, apenas como exemplo, cabendo aos seus instituidores (os municípios) fixarem essa composição, através de fórmulas mais adequadas, mantendo uma estrutura com participação igualitária, para não haver predomínio de uns (municípios) sobre outros.

A associação de municípios, criada para a execução de atividades e/ou serviços públicos de interesse comum dos participantes é denominada Consórcio Intermunicipal.

O que leva as Administrações Públicas a refletirem sobre a necessidade da atuação consorciada é o custo dos serviços e das obras públicas, cada vez mais alto e mais difícil de ser satisfeito a contento, isto é, a da realização dos produtos esperados com a melhor e menor aplicação dos recursos financeiros, por vezes bastante escassos.

Dos consórcios realizados entre pessoas públicas, os mais comuns são aqueles pactuados entre municípios, onde a prestação dos serviços públicos requer uma ampliação de tal ordem que se torna inviável a sustentação econômica do empreendimento, por parte de uma única municipalidade. É o caso dos serviços de limpeza pública, especialmente no que diz respeito às atividades de destinação final do resíduo sólido. O empreendimento, neste caso, requer não apenas um investimento grande, no que tange a exigência de equipamentos e a apropriação de área de terra adequada, como também um volume de resíduos coletados que garanta a viabilidade econômica do projeto.

Nestes casos, a figura do consórcio é bastante adequada, pois não basta para as municipalidades envolvidas a adoção simples de formas descentralizadas ou outorgadas, ou ainda, concessões de serviços. Requer a otimização de recursos disponíveis em cada localidade para que, conjuntamente, alcancem melhor resultado.

Não significa, entretanto, que a criação de uma nova pessoa jurídica deva ser obrigatória. Os consórcios intermunicipais podem ser simplesmente pactos celebrados entre pessoas do mesmo nível de governo e da mesma espécie, isto é, pessoas jurídicas de direito público ou de direito privado, mas criadas por entidade pública. Neste caso, os municípios participantes firmam um “acordo”, onde se estabelece a participação de cada um, na medida das suas disponibilidades, que podem ser financeiras, materiais, humanas ou administrativas. São denominados “consórcios administrativos”.

Para o entendimento da natureza jurídica dos consórcios, entretanto, algumas considerações são necessárias. O elemento principal para o nascimento de qualquer ato jurídico é a manifestação da vontade das partes envolvidas. Este desejo se manifesta

por meio de um documento ou de qualquer fato que deduza uma vontade clara de cooperação entre pessoas. Por tratar-se de pessoas públicas, os acordos firmados por ela necessitam estar autorizados pelos poderes competentes em cada esfera de governo.

A obrigatoriedade de autorização legislativa prévia é motivo de controvérsias. Há considerações que entendem ser desnecessária tal permissão, por considerar que o poder executivo possui autorização genérica para execução de serviços públicos, constantes na Lei Orgânica do Município, que lhe confere poderes e competência para decidir acerca da prestação e formas de execução de serviços públicos em geral. Nesse sentido, existe decisão do Supremo Tribunal Federal considerando inconstitucional a norma que exige autorização legislativa para celebração de convênios, por ferir o princípio da independência de poderes, consagrado na Carta Magna.

Ocorre, porém, que a situação geral para implementação dessas ações exigem obrigações extraordinárias, a título de contrapartida ou aporte de recursos, que não se encontram genericamente autorizadas em normas orgânicas. Nesses casos, se a ação do Executivo implicar assunção de ônus e encargos de qualquer natureza, a autorização do Poder Legislativo será necessária e indispensável.

O consórcio do tipo “administrativo” prescinde da criação de outra pessoa jurídica, diferente da dos participantes. Todavia, o consórcio somente poderá atuar através da pessoa jurídica de um dos consorciados, nas atividades que envolvem a assunção de obrigações e aquisição de direitos. Isto gera incômodos, ou constrangimento, pois somente um dos participantes ficará com o encargo de “emprestar” sua personalidade jurídica para a efetivação dos atos jurídicos necessários ao andamento dos trabalhos.

Foi por essa razão a necessidade da criação de uma entidade civil, com o objetivo de dar personalidade ao consórcio para execução de seus propósitos, realizando diretamente as atividades ou celebrando contratos, sendo possível exercer e contrair, em nome próprio, direitos e obrigações. Essa pessoa jurídica será uma sociedade civil sem fins lucrativos, de direito privado, cujos lucros eventuais serão reaplicados integralmente nas atividades-fim. Não é uma associação comercial.

O consórcio intermunicipal, dotado de personalidade jurídica de direito privado, sujeita-se às normas civis aplicáveis a toda e qualquer associação civil, mas a peculiaridade de ser constituído por pessoas públicas, faz com que as normas de direito

público, aplicáveis aos municípios consorciados, sejam integralmente exigidas do consórcio, entidade civil.

A vantagem dos consórcios constituídos sob a forma de sociedade civil, em relação aos consórcios administrativos é a autonomia para execução das suas atividades em nome próprio. Todavia, devem sujeitar-se aos controles e procedimentos legais previstos para as pessoas jurídicas de direito público, principalmente no que tange à prestação de contas dos recursos públicos. Mais dois aspectos devem ser lembrados: a regra do concurso público para preenchimento de empregos e a licitação para aquisição de bens e serviços.

É do município a titularidade dos serviços relacionados à limpeza urbana, assim como a competência para regulação das condutas do cidadão, quanto ao manejo e acondicionamento do resíduo. É o município, portanto, que pode outorgar a prestação de serviços a entidades públicas ou paraestatais, assim como delegar sua execução a uma empresa privada, por contrato (permissão, concessão, contrato de prestação de serviço), mediante processo licitatório, à exceção das regiões metropolitanas.

No caso específico do consórcio intermunicipal para resíduos sólidos, apresentam-se as seguintes vantagens:

- possibilita o planejamento integrado entre os municípios vizinhos;
- otimiza o uso de áreas para disposição final;
- proporciona ganhos pelo aumento de escala;
- favorece a adoção de tecnologia mais avançada;
- reduz custos operacionais; e,
- minimiza riscos e impactos ambientais.

O objeto da cooperação entre municípios pode se limitar ao planejamento e execução de alguns dos serviços específicos (como triagem, transbordo, tratamento e disposição final) ou então almejar a gestão plena dos resíduos dos participantes.

### 3.5.5 *Fundos de Investimentos*

Um fundo tradicional é composto de títulos públicos, ações, CDB – Certificado de Depósito Bancário, etc. Existe um produto diferenciado, recentemente criado, é o FIDC, uma nova ferramenta para captar recursos.

A sigla FIDC significa Fundo de Investimento em Direitos Creditórios, e sua criação foi autorizada pela Resolução 2.907/01 do BACEN e seu funcionamento é regulado pela Instrução n.º 356/01 do CVM e suas alterações.

Conhecido também como fundo de recebíveis, os direitos creditórios são direitos e títulos representativos de créditos, originários de operações realizadas nos segmentos financeiros, comercial, industrial, imobiliários, de hipotecas, de arrendamento mercantil e de prestação de serviço. O FIDC, ao comprar estes recebíveis, adquire o direito de receber estes créditos. Como exemplo, podem ser citadas as faturas de cartão de crédito, contratos de financiamento habitacional, duplicatas, contas de água, contas de telefone, etc.

O PIPS é um programa instituído pelo Governo Federal através da Lei 10.735/03. Denomina-se Programa de Incentivo a Implementação de Projetos de Interesse Social, e se destina à implementação de projetos estruturados na área de desenvolvimento urbano em infra-estrutura, nos segmentos de saneamento básico, energia elétrica, gás, telecomunicações, rodovias, sistemas de irrigação e drenagem, portos e serviços de transporte em geral, habitação, comércio e serviços, por meio de Fundos de Investimento Imobiliário – FII e Fundos de Investimento em Direitos Creditórios – FIDC, lastreados em recebíveis originados de contratos de compromisso de compra, de venda, de aluguéis e de taxas de serviços provenientes de financiamentos de projetos sociais, com participação dos setores público e privado.

## 4 METODOLOGIA

Para atender aos objetivos específicos propostos, o trabalho foi elaborado em três etapas:

- análise de ciclo de vida aplicado a um aterro sanitário;
- análise econômica; e,
- estudo de caso.

### 4.1 Análise do ciclo de vida aplicado a um aterro sanitário

#### 4.1.1 *O modelo digital*

Apesar da evolução dos programas de reciclagem, redução e processos para tratamento de resíduo sólido, a quantidade destinada aos aterros é expressiva e crescente, denotando que muito ainda precisa ser feito em relação à preservação de recursos naturais e do meio ambiente. Os sistemas integrados de manejo de resíduo sólido constituem a chave para o entendimento da geração e do fluxo de resíduos no sistema, a partir do qual seria possível atuar sobre pontos críticos de forma a aumentar a eficiência de processos e reduzir impactos ambientais e custos econômicos (White et al, 1995). Uma das ferramentas que pode ser aplicada é a Análise do Ciclo de Vida (ACV), que pode ser considerada para produtos ou serviços envolvidos no manejo de resíduos sólidos (US-EPA, 2001).

A análise do ciclo de vida para um sistema de manejo de resíduo sólido urbano pode ser trabalhosa e pouco versátil para o dia a dia, pois depende do conhecimento relativamente profundo dos elementos pertinentes e aqueles relevantes, com identificação de fluxo. Contudo, pode ser moldada para determinados objetivos, não necessariamente avaliando todos os impactos ambientais. Caberá ao responsável pela análise, a definição do conjunto de critérios e parâmetros mais pertinentes às suas necessidades. Entenda-se por "necessidade" não o direcionamento dos resultados, mas o atendimento de uma precisão suficientemente elevada para justificar a tomada de decisão.

Então, sua aplicação pode ser direcionada aos elementos componentes nos resíduos sólidos urbanos, ou para um determinado serviço, tal como pode ser encarado o

aterro sanitário. No delineamento do problema em torno do aterro sanitário, obtém-se algumas vantagens relacionadas à falta de confiabilidade dos dados existentes no fluxo de resíduos antes da disposição final, uma vez que a quantidade total normalmente é medida através da pesagem e a caracterização pode ser efetuada no local. Ao contrário do que ocorre desde a geração até a coleta pelos veículos coletores, em função da atuação desordenada de catadores de rua e de muitos programas de reciclagem. Estes são parâmetros difíceis de serem quantificados e equacionados. Deve ser lembrado que um aterro para resíduos, na maioria das vezes, é considerado o ponto final na análise do ciclo de vida de um produto, na forma que com freqüência se apresenta (nascimento ao túmulo).

A proposta deste trabalho abrange uma fase inicial de um projeto global, alcançada através da estruturação de um modelo tecnológico flexível para resíduos sólidos urbanos, baseada no conceito de Análise do Ciclo de Vida, cujo elemento central é o aterro sanitário.

Propôs-se a base do modelo digital do sistema que foi feito com uma planilha eletrônica, através da identificação e quantificação dos elementos existentes no fluxo de resíduos, incluindo-se: quantidade e composição dos resíduos, balanço energético e econômico e identificação de impactos relacionados aos efluentes líquidos e gasosos. Este estágio inicial define e descreve as opções que serão implementadas, comparadas e avaliadas, delimitando o sistema, analisando funções, atividades e resultados esperados.

A metodologia da técnica de ACV inclui, de acordo com a ISO 14040, quatro fases principais, que se inter-relacionam:

- a. definição do objetivo e do âmbito da análise;
- b. inventário dos processos envolvidos, com enumeração das entradas e saídas do sistema;
- c. avaliação dos impactos ambientais associados às entradas e saídas do sistema; e,
- d. interpretação dos resultados das fases de inventário e avaliação, tendo em consideração os objetivos do estudo.

Muito freqüentemente, a ACV realiza-se apenas nas duas primeiras fases, dando-se ênfase ao inventário, como descrito por White, et al (1995). Neste caso, deve designar-se por ICV, Inventário do Ciclo de Vida (LCI, Life Cycle Inventory, na literatura original). A principal diferença entre estas duas técnicas consiste na

classificação dos impactos ambientais dos produtos ou serviços e na otimização e inovação do ciclo existente.

#### *4.1.2 Coleta de dados no Aterro Sanitário de Bauru*

O primeiro passo para a concepção de um plano de estudo do ciclo de vida de um aterro foi conhecer a rotina do funcionamento de um aterro sanitário. Foi escolhido o aterro da cidade de Bauru-SP, pela facilidade de contato e proximidade da localização geográfica.

O município de Bauru conta com serviço de coleta seletiva em grande parte da cidade, mas o volume de resíduo depositado no aterro ainda é muito grande – cerca de 210 toneladas/dia. A coleta seletiva é realizada pela Secretaria do Meio Ambiente e o material coletado é separado e selecionado na usina de triagem.

Suspeita-se que grande parcela da população não efetue a separação do material reciclável, e como não existe a triagem e separação do resíduo no aterro, foi proposto efetuar um estudo de amostragem do resíduo, para levantar o percentual de resíduo depositado no aterro que poderia ser reciclado.

Com a colaboração da Empresa Municipal de Desenvolvimento Urbano de Bauru – EMDURB, foram programadas sessões de amostragem de resíduos, para levantar a composição do resíduo que é depositado no aterro de Bauru. Como o trabalho seria realizado no período da manhã, foi escolhido um setor da cidade atendido pela coleta noturna, que é realizada 3 vezes por semana, na segunda-feira, quarta-feira e sexta-feira. Entre estes setores, foram descartados os setores que apresentam características particulares, como bairro estritamente residencial ou comercial, e as coletas especiais, restando o setor que abrange parte do centro comercial da cidade e parte da zona sul, com diversidade de usos e classe social.

Foram adotados os seguintes procedimentos para coleta das amostras, adaptando os conceitos da NBR 10.007, e seguindo passos descritos por Monteiro(2001):

- efetuar pré-seleção, com triagem e separação dos materiais de maior volume, massa ou exemplares únicos, do total separado – Figura 4-1 ;
- efetuar pesagem dos materiais triados, se houver;

- dos materiais não triados, efetuar homogeneização e dividir o material em 4 partes iguais, separando 2 dos quartos opostos e descartando o restante, utilizando o auxílio de uma pá carregadeira;
- efetuar quarteirizações sucessivas até atingir o volume aproximado de 1 metro cúbico em cada um dos quartos - Figura 4-2;
- separar um dos quartos e encher, aleatoriamente, 5 recipientes de volume conhecido (200 litros) previamente pesados;
- pesar as amostras – Figura 4-3;
- espalhar os materiais dos recipientes sobre a lona;
- separar o lixo por cada um dos componentes pré-determinados – Figura 4-4;
- pesar cada componente separadamente; e,
- dividir o peso de cada componente pelo peso total da amostra e calcular a composição em termos percentuais.

Balança utilizada para pesagem das amostras: Balmak Indústria e Comércio Ltda. – modelo 104 – n.º 9702 – Selo Inmetro 0860829-5.



Figura 4-1 – Total do resíduo da coleta noturna.



Figura 4-2: Separação do material quarteirizado.



Figura 4-3: Pesagem das amostras.



Figura 4-4: Separação dos resíduos nos componentes pré-determinados.

O trabalho foi efetuado nos meses de setembro e outubro de 2003. Após a realização de 03 sessões, uma para cada dia de coleta, o trabalho foi interrompido por dificuldades operacionais decorrente principalmente da falta de disponibilidade de mão-de-obra para auxílio na separação dos materiais.

## 4.2 Análise econômica

Com a compreensão da rotina do aterro e das dificuldades operacionais, passou-se a procurar compreender o mecanismo da administração do aterro.

Verificou-se que a maior dificuldade encontrada pelos administradores está na falta da previsão dos recursos financeiros. Numa administração pública, todas as despesas devem estar previstas no orçamento anual, que deve ser elaborada e aprovada no exercício anterior, e qualquer falha no planejamento pode levar a graves conseqüências.

Consultando a bibliografia existente, verifica-se que o aspecto econômico não é tratado com destaque.

Bagchi (1994) dedica um capítulo do seu trabalho sobre construção de aterros sanitários à análise econômica. Através do estudo deste material, com foco na realidade do Brasil, e pesquisa em materiais relacionados à aplicação da matemática financeira, elaborou-se um roteiro para o estudo do fluxo de caixa.

Os recursos financeiros devem ser disponibilizados não somente para construção, mas também para operação, manutenção e monitoramento do aterro. Na análise de custo deve-se levar em conta os recursos necessários para assegurar fluxo de caixa para os serviços acima, cuja última etapa – monitoramento – pode levar de 10 a 40 anos após a finalização da etapa de operação (cobertura final).

O custo da manutenção e monitoramento de longo prazo pode ser maior que o custo da construção do aterro. Os recursos para o monitoramento devem ser previstos e capitalizados ao longo da vida útil do aterro, para garantir sua execução.

A análise econômica deve levar em conta as diferentes características de gestão administrativa, em relação à propriedade do aterro, se for de propriedade pública – municipal, por exemplo – ou de propriedade privada.

Os recursos para aterros de propriedade pública podem ser provenientes do Orçamento Geral da União (repasse de recursos da União), financiamentos ou formação de fundos de captação de recursos.

#### *4.2.1 Estimativa de Custos*

O ciclo de vida do aterro pode ser dividido em 4 etapas principais: construção, operação (incluindo monitoramento), encerramento e manutenção de longo prazo (que também inclui monitoramento). Em alguns casos, a estimativa do custo do transporte é alta em função da localização do aterro, em áreas remotas, ou a inclusão dos custos para construção de estradas para empréstimo de materiais (por exemplo, argila para cobertura diária).

#### 4.2.2 Custo da Construção

A Tabela 4-1 inclui uma lista de itens típicos de construção para aterro, com a descrição da base de custo unitário para proporcionar uma idéia das atividades que devem ser incluídas em um orçamento preliminar.

Tabela 4-1 Itens típicos para composição de custos de um aterro sanitário, segundo Bagchi(1994).

<b>Item</b>	<b>Serviços considerados na base de custo</b>
Limpeza e remoção	Limpar e remover cobertura superficial
Estrada de acesso local	Regularizar e compactar o terreno
Remoção do solo superficial	Escavar e transportar para o depósito o solo superficial (para cobertura)
Construção do sistema de drenagem	Nivelamento rudimentar e proteção a erosão
Construção das células de aterramento	Bermas, rip-rap, sistemas de drenagem
Escavação das valas	Corte das camadas inferiores e remoção do solo
Construção de bermas	Preenchimento das bermas perimétricas (somente compactação)
Poços de monitoramento	Escavação do poço, nivelamento, colocação da base, bombas de sucção e captação
Construção de “liners” de argila (barreiras de contenção)	Transporte, colocação, compactação e restauração do empréstimo
Construção de linhas de drenagem	Transporte e colocação do material drenante
Poço de coleta de chorume	Entrincheiramento, colocação da base e do tubo, preenchimento e montagem do filtro
Poço principal para coleta do chorume	Revestimento duplo
Poço principal de coleta de chorume em liner de argila	Trincheiras, bombas, enchimento e compactação
Remoção de chorume	Trincheiras, bombas, enchimento e compactação
Tanque de coleta de chorume e estação de carregamento	Locação do tanque, escavação, preenchimento com argila, bombeamento
Poço de bombeamento de chorume	Escavação, colocação tubos, enchimento, bomba
Colocação do solo de cobertura	Transporte e lançamento
Semeadura, fertilização e cobertura vegetal	Medida por área ou critério similar
Levantamento, documentação e supervisão técnica	Inspeção, testes e relatórios

### 4.2.3 Custos de Encerramento

Na Tabela 4-2 inclui-se uma lista de itens típicos de construção necessários para efetuar o encerramento de um aterro e a base dos custos unitários estimados. Este custo pode ser estimado como um terço do custo total, e deve ser previsto com antecipação, para o caso do proprietário abandonar a etapa de encerramento do aterro por falta de fundos. Neste caso, a agência reguladora ou o órgão público responsável deve fechar o local. Em muitos casos, uma terceira empresa deve ser contratada para executar o serviço, e estes custos devem estar reservados. Se a cobertura de terra está disponível no local, o custo da aquisição da cobertura pode não estar incluído no custo estimado, mas deve existir um documento legal permitindo acesso a este material.

Tabela 4-2: Itens típicos necessários para encerramento de um aterro sanitário, segundo Bagchi (1994).

Item	Serviços considerados para base de custo
Construção da cobertura final	Construção da linha de barreira, transporte e lançamento como exigido, restauração dos recursos reservados, lançamento do solo de cobertura, nivelamento
Semeadura, fertilização e cobertura vegetal	Usando plantio por etapas ou critério similar
Poço principal de chorume (se determinado para ser instalado após encerramento)	Furo, instalação do poço
Pesquisa e documentação	Inspeção, teste, preparação de relatório, assistência técnica e supervisão
Despesas imprevistas	10 a 25% do total

Para o cálculo deve ser considerada a pior situação, quando uma fase alcança a cota final, mas não foi efetuada sua cobertura e os resíduos continuam sendo depositados. Além da construção da cobertura final, deve ser previsto a cobertura com solo sobre a cota final e colocação de cobertura vegetal.

#### 4.2.4 Custo da Manutenção de Longo Prazo

Na Tabela 4-3 inclui-se uma lista de itens necessários para estimativa de custos de manutenção de longo prazo para aterros típicos. Esta etapa também pode ser estimada grosseiramente como um terço do custo total.

Tabela 4-3: Listagem de itens necessários para estimativa de custos de manutenção de longo prazo para aterros sanitários, por Bagchi (1994).

Item	Serviços considerados para base de custo
Cuidados com solo superficial	Reparos dos danos de erosão, re-semeadura, cobertura vegetal
Limpeza dos poços de coleta de chorume e lusímetros	Limpeza dos poços usando técnicas adequadas
Monitoramento das águas profundas (incluindo amostra dos lusímetros)	Coleta de amostra, transporte, e testes de laboratório e de campo
Monitoramento do gás	Testes de campo
Monitoramento do chorume	Coleta de amostra, transporte, e testes de laboratório e de campo
Manejo do chorume	Transporte e tratamento do chorume, bomba para drenagem do poço de chorume, manutenção do tanque
Avaliação anual	Inspeção local e preparo do relatório
Administração e imprevistos	10-25% do total (ou como apropriado)

Segundo Bagchi (1994), uma perda de 10 a 20 m<sup>2</sup> de área superficial por meio a um hectare da área fechada, por ano, por erosão deve ser considerada. É alta no primeiro ano, e decresce equilibradamente num aterro bem mantido. O custo dos cuidados com a superfície de cobertura pode ser reduzido, desse modo, para 10% do valor no período de 7 a 10 anos.

O transporte e o tratamento do chorume são itens de custo elevado. A taxa de produção do chorume reduz significativamente em poucos anos após o encerramento do aterro, mas é difícil estimar seu valor. Pode ser usada uma estimativa de 20 a 30% do volume total da precipitação pluviométrica para o cálculo da geração do chorume nos anos iniciais. Os custos necessários para o manejo do chorume (transporte e tratamento) podem ser ajustados nos anos subseqüentes baseados em dados reais de campo. Muitas indústrias possuem estação de tratamento de líquidos que são capacitados para o

tratamento do chorume do aterro, mas o custo deve ser estimado do mesmo modo que seria se realizado no próprio aterro.

#### 4.2.5 Custos de Operação

Na Tabela 4-4 inclui-se uma lista típica de itens para estimativa de custos anuais de operação. O custo da operação varia de acordo com o tipo e porte do aterro, e não é possível usar a estimativa de um terço dos custos totais. Usualmente, as despesas com a operação do aterro são custeadas pela cobrança de taxas ou tarifas com base no volume do resíduo depositado no aterro. Um fundo deve ser criado durante a vida ativa do local, para ser usado em ações de fechamento, remediação, ou manutenção de longo prazo. Tal previsão deve estar incluída no cálculo do valor da taxa/tarifa de lixo.

Tabela 4-4: Listagem de itens para estimativa de custos anuais de operação de um aterro sanitário, por Bagchi (1994).

Item	Serviços considerados para base de custo
Lançamento do resíduo	Mão-de-obra, equipamentos necessários para compactação do resíduo
Cobertura intermediária	Transporte, lançamento, e compactação do solo
Monitoramento de água subterrânea, chorume e gás	Ver Tabela 4-3
Manejo do chorume	Ver Tabela 4-3
Equipamentos	Aquisição e manutenção, ou locação
Pagamento anual pelo manejo do resíduo	Volume/peso disposto

#### 4.2.6 Estimativa para comprovação da responsabilidade financeira

A agência reguladora pode exigir determinadas comprovações da capacidade financeira do responsável pelo aterro. A finalidade é garantir que a agência reguladora terá recursos para execução do encerramento do aterro e manutenção a longo prazo, se o

proprietário falhar na aplicação destas tarefas. A comprovação desta capacidade será requisito necessário para estabelecer prioridade para licenciamento do aterro.

Existem dois aspectos a serem considerados: métodos para estabelecer a sistemática de comprovação e a estimativa do valor a ser comprovado.

#### **4.2.6.1 Métodos para estabelecer a comprovação da responsabilidade financeira**

Existem diversos métodos, e a agência reguladora pode ser consultada para determinar a aceitabilidade do método adotado. Considerando que o custo para estabelecer a garantia é diferente para métodos diferentes, o custo para cada método deve ser calculado somente quanto o responsável puder escolher qual o método mais adequado.

Essencialmente, três métodos podem ser considerados:

- depositar recursos numa conta de investimentos, para aplicação dos recursos;
- adquirindo ações ou títulos de entidades financeiras ou bancos; e,
- aumentando as obrigações da empresa.

Se necessário, métodos diferentes podem ser usados para estabelecer comprovação para cobrir custos de encerramento do aterro e sua manutenção a longo prazo.

No primeiro método, os recursos podem ser depositados em uma conta de rendimento de juros (por exemplo, conta de poupança) a cada período, e então, no final da vida útil do aterro, possuir o saldo suficiente para as atividades requeridas. Os recursos necessários para garantir a manutenção deverão estar disponíveis por muitos anos (30 a 40 anos), enquanto a garantia para o encerramento é requerida somente durante as obras de fechamento do aterro. A agência reguladora pode ser nomeada como um titular conjunto desta conta e assim, nenhum recurso pode ser retirado sem permissão da agência.

#### **4.2.6.2 Estimativa do valor da comprovação financeira**

Os custos para o encerramento do aterro e sua manutenção podem ser estimados com base no item anterior. Estes custos básicos são utilizados para calcular previsão de

custo na data futura, quando estas quantias deverão estar disponíveis. Mas a inflação reduz o valor, o poder de compra do dinheiro. Então, se hoje são necessários R\$ 1.000,00 para os trabalhos de encerramento do aterro, a quantia requerida para o ano seguinte será:

$$D_1 = 1000(1 + f) \quad \text{Eq. 4-1}$$

em que  $f$  é o índice de inflação anual. Considerando um índice constante de inflação anual, a quantia necessária ao fim de 2 anos será:

$$D_2 = 1000(1 + f)(1 + f) \quad \text{Eq. 4-2}$$

Similarmente, a quantia requerida no fim do ano “n” será:

$$D_n = 1000(1 + f)^n \quad \text{Eq. 4-3}$$

Entretanto, se o recurso for investido numa conta que rende juros, então o valor a ser aplicado pode ser menor. O recurso a ser aplicado, para render ao final do ano, o valor necessário “D” será:

$$D_1 = 1000 \frac{(1 + f)}{1 + i} \quad \text{Eq. 4-4}$$

em que  $i$  é a taxa de juros paga pela instituição financeira, anualmente. Do mesmo modo, a quantia a ser investida para render os recursos necessários ao final do ano “n” será:

$$D_n = 1000 \frac{(1 + f)^n}{(1 + i)^n} \quad \text{Eq. 4-5}$$

Este é o conceito básico utilizado para estimar o valor da comprovação da responsabilidade financeira requerida para o encerramento e manutenção de longo prazo de um aterro.

As fórmulas usadas para estimar a quantia a ser comprovada dependem de como os rendimentos serão pagos, pois se os rendimentos aumentam as quantias depositadas, a inflação reduz seu poder de compra. A taxa ou índice de inflação é conhecida somente após o final do ano. Se a tendência indicar que a inflação cresce a cada ano, um incremento racional na taxa de inflação deve ser utilizado. Analogamente, se existe uma tendência de queda na taxa de juros, uma redução racional na taxa de juros pode ser

utilizada, a menos que o banco tenha garantido uma taxa pré-fixada para o período todo. Estas considerações relacionadas ao aumento do índice de inflação e decréscimo da taxa de juros são aplicadas para proporcionar proteção adicional contra falta de fundos disponíveis no futuro.

Os custos para manutenção podem variar ao longo do período (30 a 40 anos) após o encerramento do aterro. Por isso, é interessante o uso de um custo variável para estimar a quantia total da fase da manutenção/monitoramento pós-encerramento do aterro.

#### 4.2.6.3 O montante para encerramento do aterro

A quantia necessária para comprovação dos custos de encerramento do aterro pode ser expressa por:

$$D = C \frac{(1 + f)^{SL}}{(1 + i)^{SL}} \quad \text{Eq. 4-6}$$

em que:

D = valor necessário (futuro)

C = custo de encerramento

SL = período da vida útil, em anos

f = taxa de inflação anual

i = taxa de juros anual

A equação 4-6 é aplicável para contas com rendimento de juros. Quando os recursos forem aplicados em contas sem remuneração ( $i = 0$ ), a fórmula aplicável será:

$$D = C(1 + f)^{SL} \quad \text{Eq. 4-7}$$

#### 4.2.6.4 O montante para os custos de manutenção

A quantia necessária para comprovação dos custos da manutenção deve levar em conta o valor equivalente ao pagamento anual, ou seja, o suficiente para o pagamento de todas as despesas em um ano, conforme esquema apresentado na Figura 4-5.

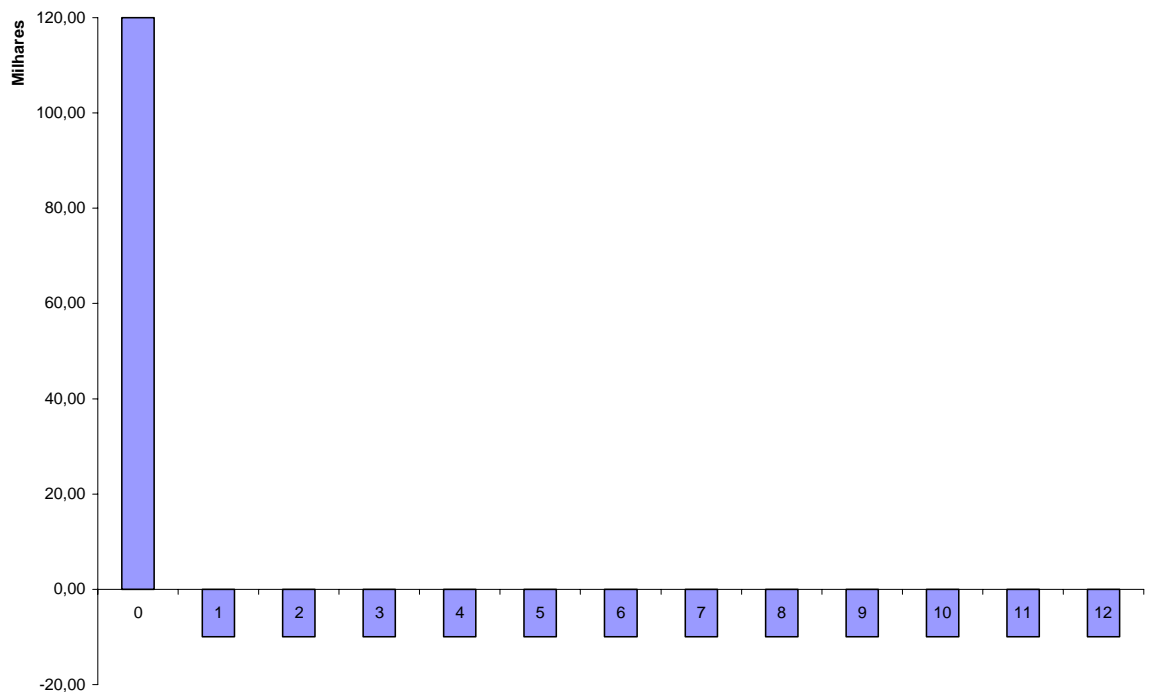


Figura 4-5: Equivalente anual de pagamento

As colunas numeradas de 1 a 12 correspondem às despesas mensais para a manutenção do aterro sanitária durante um ano, e a coluna 0 representa o valor atual, equivalente às 12 parcelas mensais. Matematicamente, para transportar os valores mensais a um valor presente, ou valor atual, é necessário considerar que esse valor pode sofrer alteração decorrente da aplicação financeira. Para utilização neste estudo, será adotado que os custos mensais são uniformes, e sem incidência de juros ou atualização monetária. Neste caso, o equivalente anual é o custo mensal multiplicado pelo número de meses, no caso, 12 meses.

#### 4.2.6.4.1 Para contas não remuneradas

Quando se considera que os custos anuais são constantes ao longo dos anos, e como os custos devem ser previstos para um período estimado de 30 a 40 anos, o custo total para todo o período é dado pela equação:

$$A = L(1 + f)^{SL+1} + L(1 + f)^{SL+2} + \dots + L(1 + f)^{SL+LTC}$$

Eq. 4-8

ou

$$A = L(1+f)^{SL+1} \left[ 1 + (1+f) + (1+f)^2 + \dots + (1+f)^{LTC-1} \right]$$

Eq. 4-9

Considerando que o termo:

$$\left[ 1 + (1+f) + (1+f)^2 + \dots + (1+f)^{LTC-1} \right]$$

Eq. 4-10

é uma série geométrica da forma  $1 + a + a^2 + \dots + a^{n-1}$ , a soma dessa expressão será dada como:

$$\frac{(a^n - 1)}{(a - 1)} \text{ (Tuma, 1979 apud Bagchi, 1994)}$$

Eq. 4-11

assim, a Eq. 4-8 pode ser escrita como:

$$A = L(1+f)^{SL+1} \left[ \frac{(1+f)^{LTC} - 1}{f} \right]$$

Eq. 4-12

em que:

A = Custo total para o período todo da manutenção

L = Custo anual médio

LTC = período da manutenção, em anos

Quando o custo anual  $L_x$  é variável, o montante total pode ser calculado por:

$$A = L_1(1+f)^{SL+1} \sum_{x=2, r=1}^{x=n, r=LTC-1} L_x (1+f)^r$$

Eq. 4-13

#### 4.2.6.4.2 Para contas remuneradas

Considerando que os custos anuais são equivalentes, isto é,  $L_x$  é uma constante, e que todo o recurso necessário para a manutenção estará depositado em uma conta remunerada ao final da vida útil do aterro, este recurso pode ser calculado por:

$$A = \frac{L(1+f)^{SL+1}}{(1+i)} + \frac{L(1+f)^{SL+2}}{(1+i)^2} + \dots + \frac{L(1+f)^{SL+LTC}}{(1+i)^{LTC}}$$

Eq. 4-14

$$A = L(1+f)^{SL} \left[ \frac{(1+f)}{(1+i)} + \frac{(1+f)^2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{(1+f)^{LTC}}{(1+i)^{LTC}} \right]$$

Eq. 4-15

Como se trata de uma série geométrica, a Eq. 4-14 também pode ser escrita como:

$$A = L(1+f)^{SL} \left[ \frac{\left( \frac{(1+f)^{LTC+1}}{(1+i)} - 1 \right)}{\frac{f-i}{1+i}} - 1 \right]$$

Eq. 4-16

OBS: a equação não é válida quando  $f = i$ .

Para custos anuais não equivalentes, o custo total pode ser obtido por:

$$A = L_1 \frac{(1+f)^{SL+1}}{1+i} + L_2 \frac{(1+f)^{SL+2}}{(1+i)^2} + \dots + L_n \frac{(1+f)^{SL+n}}{(1+i)^n}$$

Eq. 4-17

$$A = \sum_{x=1}^{x=LTC} L_x \frac{(1+f)^{SL+x}}{(1+i)^x}$$

Eq. 4-18

em que:

A = total do custo da manutenção

i = taxa anual estimada de juros que remunera a conta, expressa em decimal

f = taxa de inflação anual estimada, expressa em decimal

SL = vida útil estimada do aterro, em anos

L = custo médio anual estimado, da manutenção de longo prazo

L<sub>x</sub> = custo anual estimado para o ano x

x = ano da manutenção

LTC = período, em anos, da manutenção.

#### **4.2.6.5 Estimativa do Valor do Pagamento do Usuário**

O valor da tarifa a ser cobrada pelo usuário pode ser calculado pela divisão do total do custo anual de operação, do custo médio anual para construção do aterro, e do custo anual estimado para a manutenção, pela estimativa anual do peso disposto (ou volume). A tarifa pode ser aumentada pela inflação, ou pela queda da remuneração devido ao decréscimo do volume disposto, e assim por diante.

#### **4.2.6.6 Estimativa de Fluxo de Caixa**

A estimativa de fluxo de caixa é um instrumento importante para o funcionamento homogêneo do aterro. O custo anual para operar o aterro pode incluir tanto o custo de operação diária como o custo a ser reservado para utilização futura.

Um estudo cuidadoso do fluxo de caixa é necessário para gerenciamento adequado do aterro e proporcionar bom desempenho na fase de manutenção. Uma estimativa de fluxo deficiente, especialmente subestimada, pode aumentar significativamente o custo da operação, devido à falta de recursos nos momentos adequados.

### **4.3 Estudo de caso**

Buscou-se uma alternativa para a aplicação da metodologia estudada. Primeira opção foi trabalhar com o projeto da ampliação do aterro sanitário de Bauru. Porém, esta alternativa foi descartada pela dificuldade em obter dados concretos do projeto, e principalmente, do seu orçamento.

Para efetuar a aplicação prática do estudo da análise econômica, foi utilizado o orçamento do aterro sanitário de Presidente Prudente, por ter acesso a todas as etapas do processo (concepção, RAP, EIA/RIMA, projetos e orçamento).

Com os dados disponíveis, foi possível elaborar um cronograma financeiro mensal, das despesas e receitas do aterro sanitário, por todo o período de implantação, operação e projetando-o para o período de monitoramento do aterro após o encerramento.

As informações relativas à concepção e projeto do aterro sanitário de Presidente Prudente são de Hamada (2002). As obras não foram iniciadas ainda, por falta de Licença de Instalação.

#### *4.3.1 Um breve relato histórico*

A disposição dos resíduos sólidos urbanos em Presidente Prudente sempre foi realizada de forma inadequada, em vazadouros a céu aberto conhecidos como lixões. Existem registros de cerca de 20 áreas utilizadas para esse fim, a maioria de propriedade da municipalidade, situadas próximas à zona central e nas zonas leste e nordeste da cidade, onde se encontram concentradas as nascentes e os pequenos corpos d'água, formadores dos córregos do Gramado e da Cascada, num local de relevo bastante acidentado.

Desde 1997, o destino dos resíduos sólidos domésticos, comerciais e recentemente dos resíduos de serviços de saúde coletados em Presidente Prudente tem sido o lixão localizado junto ao Distrito Industrial Antonio Crepaldi.

Para resolver os problemas com a disposição do resíduo em Presidente Prudente, a PRUDENCO e a Prefeitura Municipal adotaram providências necessárias para o licenciamento ambiental de um aterro sanitário para o município.

Em conjunto com a elaboração do RAP, em 2002, o poder público municipal buscou apoio financeiro para implantar o aterro, tendo recebido parecer favorável da Caixa Econômica Federal para liberação de verbas, a qual depende apenas das licenças ambientais para ser efetivada. Com a exigência de elaboração do EIA-RIMA, o poder público buscou o apoio da Universidade Estadual Paulista, notadamente dos seus campi de Presidente Prudente e Bauru, em razão da parceria existente no projeto de políticas públicas FAPESP, no qual se busca a formulação, avaliação e gestão de políticas públicas para o tratamento adequado do resíduo sólido em Presidente Prudente, com organização dos catadores e implantação de coleta seletiva, baseadas em amplo trabalho de Educação Ambiental com a comunidade local.

Na cidade de Presidente Prudente já há uma cooperativa de trabalhadores (excavadores do lixão) que contribui para a redução do resíduo sólido doméstico gerado que seria encaminhado para a área de disposição. A realização dessa coleta seletiva abrange uma área de aproximadamente 40% da cidade, coletando em média 30 toneladas de

resíduos recicláveis e reutilizáveis por mês e diminuindo os impactos ambientais caso fossem para o lixão.

#### *4.3.2 A opção pelo aterro sanitário*

Historicamente, quando viável tecnicamente e atendendo à legislação, os órgãos ambientais têm indicado o emprego de áreas previamente impactadas para serem submetidas ao processo de remediação e o prosseguimento da disposição na forma de aterro sanitário. Nestes casos fica evidente uma das vantagens em se aproveitar o espaço disponível para dar continuidade a um processo de disposição de forma segura, aproveitando para implantar dispositivos que reduzam e controlem os efluentes contaminados do antigo sistema. A operação conjunta desses sistemas constituiria uma forma econômica de recuperação de área.

Contudo, o atual lixão de Presidente Prudente localiza-se dentro de uma área urbanizada, prevista para instalação de indústrias. Do ponto de vista ambiental, não existe alternativa para o município, que não a instalação de um aterro sanitário em área distinta e que atenda, de forma equilibrada, os diversos condicionantes exigidos pelo órgão ambiental.

Atualmente, aterro sanitário refere-se a instalações projetadas e operadas para a disposição do resíduos sólidos urbanos, com a finalidade de minimizar impactos ambientais e problemas de saúde pública. Dentre as atividades do empreendimento, incluem controle do fluxo de resíduo que entra no aterro, descarga e compactação, além de elementos de monitoramento ambiental.

#### *4.3.3 A escolha do local*

A definição da área para implantação do aterro sanitário foi embasada na decisão do COMDEMA, em 1998, aliada ao fato de estar contígua à ETE-Limoeiro, a qual receberá o chorume para tratamento e enviará o lodo para disposição no aterro.

A gleba preconizada para a instalação do aterro sanitário está localizada na porção sudoeste do município, entre as coordenadas geográficas 22° 07' 16"S - 51° 28' 24" W Gr e 22° 06' 53" S - 51° 27' 49" W Gr. Com área de 413.838 m<sup>2</sup>, dista

aproximadamente 800 metros do km 8 da rodovia Julio Budisk, em área contígua à Estação de Tratamento de Esgoto da SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo.

A área em questão, Figura 4-6, que foi desapropriada pela Prefeitura Municipal, pertencia ao Sr. Waldomiro Arigoni, que já havia perdido uma fração considerável para a instalação da ETE. A aquisição de toda a propriedade remanescente foi negociada, pois havia a necessidade de uma área para garantir uma vida útil de pelo menos 10 anos para o aterro sanitário. Desta forma a aquisição de uma das vertentes não seria suficiente e também inviabilizaria ao proprietário desenvolver qualquer atividade de interesse econômico na área restante.



Figura 4-6: Local para implantação do aterro sanitário

#### 4.3.4 O projeto

O aterro sanitário proposto terá a capacidade de receber inicialmente 140 t/dia de resíduo sólido urbano (RSU). Essa capacidade deverá acompanhar o crescimento da taxa *per capita* e da população atendida.

O sistema será composto pelos componentes que seguem:

##### **Infraestrutura:**

- Cercamento;
- isolamento vegetal;

- controle de acesso;
- prédio administrativo;
- estacionamento;
- lavador de veículos e equipamentos;
- garagem com almoxarifado; e,
- vias de acesso principais e secundárias

**Aterro sanitário:**

- bases modulares;
- impermeabilização (*liner*);
- drenagem e coleta de chorume;
- cobertura;
- drenagem e controle de águas pluviais;
- drenos de gases;
- armazenamento e tratamento de chorume; e,
- poços de monitoramento.

*4.3.5 Descrição sucinta dos elementos do projeto*

**Cercamento e Isolamento vegetal**

Constituído pelo cercamento, que define os limites e impede a entrada de animais domésticos e por uma faixa de isolamento vegetal para reduzir impactos visuais. O cercamento recomendado é um alambrado, que é efetivo no isolamento físico da área e também para retenção de materiais tais como sacos plásticos e folhas de papel. Na região estabelecida para APP, poderá ser efetuado o cercamento com mourões de arame farpado. O tipo de vegetação a ser empregado no isolamento deverá ter também a função de reter tais materiais.

**Controle de acesso**

O controle de acesso será composto pelo portão de entrada com 5 m de largura, seguido pela guarita e balança. Ao lado da balança haverá uma passagem lateral para outros veículos. A guarita em alvenaria será dotada de um lavabo, totalizando 10 m<sup>2</sup> de área construída. A balança deverá ter capacidade para 40 t.

### **Prédio administrativo e apoio**

O prédio administrativo será aquele previamente existente como sede da Gleba rural, construído em alvenaria. Ao lado do prédio administrativo será disposto, ao longo da via de acesso, um estacionamento para automóveis e utilitários.

### **Manutenção e almoxarifado**

Na área administrativa existe uma outra edificação coberta, que reformada, será empregada para manutenção de equipamentos e como almoxarifado, que servirá para guarda de ferramentas, peças e materiais de reposição.

### **Lavador de veículos e equipamentos**

Ao lado da garagem haverá uma área para lavagem de tratores e caminhões. As águas residuárias desta área passarão por uma caixa de areia e serão encaminhadas para infiltração no solo ou infiltrado do próprio aterro.

### **Vias de acesso principais e secundárias**

Além do acesso a partir da Rodovia Júlio Budisk, internamente estarão dispostos os acessos principais, que permitirão o trânsito sob quaisquer condições climáticas para que os veículos de coleta cheguem às células de aterramento. As vias principais, que contornam o perímetro das duas etapas do aterro, serão complementadas por acessos secundários ou provisórios às frentes de descarga e para serviços de manutenção.

### **Energia Elétrica e Água Potável**

A área já dispõe de energia elétrica de alta e baixa tensão e de abastecimento de água potável proveniente da rede de abastecimento.

### **Bases Modulares**

A divisão do aterro em células é bastante conveniente para administrar a ocupação da área e distribuir custos de implantação. Significa modular o aterro em etapas compatíveis com a disponibilização de recursos existentes.

Para o presente caso, foram concebidas 5 bases para cada Etapa e 7 células ou camadas para a Etapa A ( Figura 4-7 ) e 6 células ou camadas para a Etapa B ( Figura 4-8 ). Cada célula receberá todos os elementos de impermeabilização e drenagem e a célula seguinte será aberta e preparada enquanto a primeira recebe o lixo.

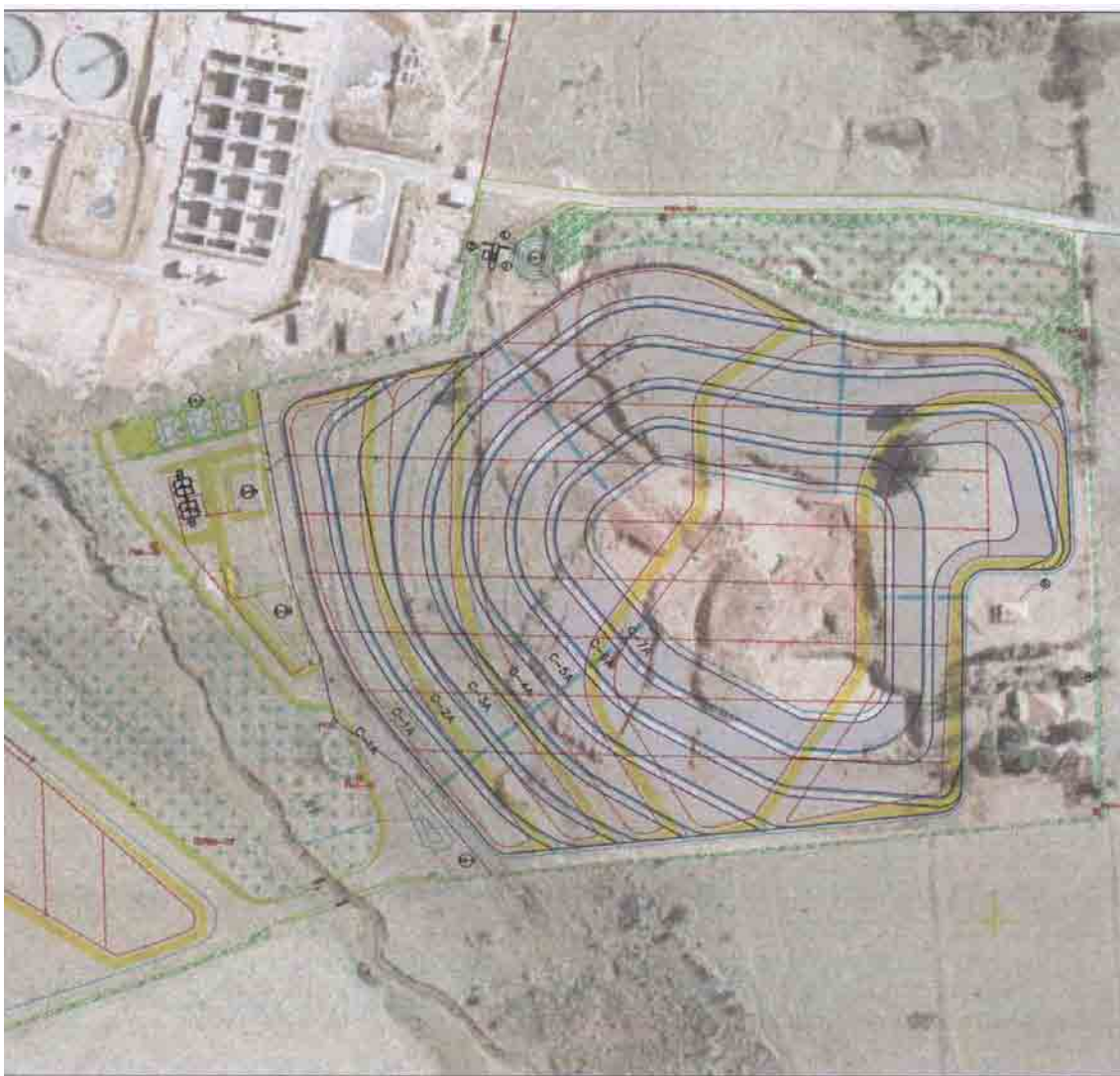


Figura 4-7: Visão Geral do Projeto Etapa A (Hamada, 2002)

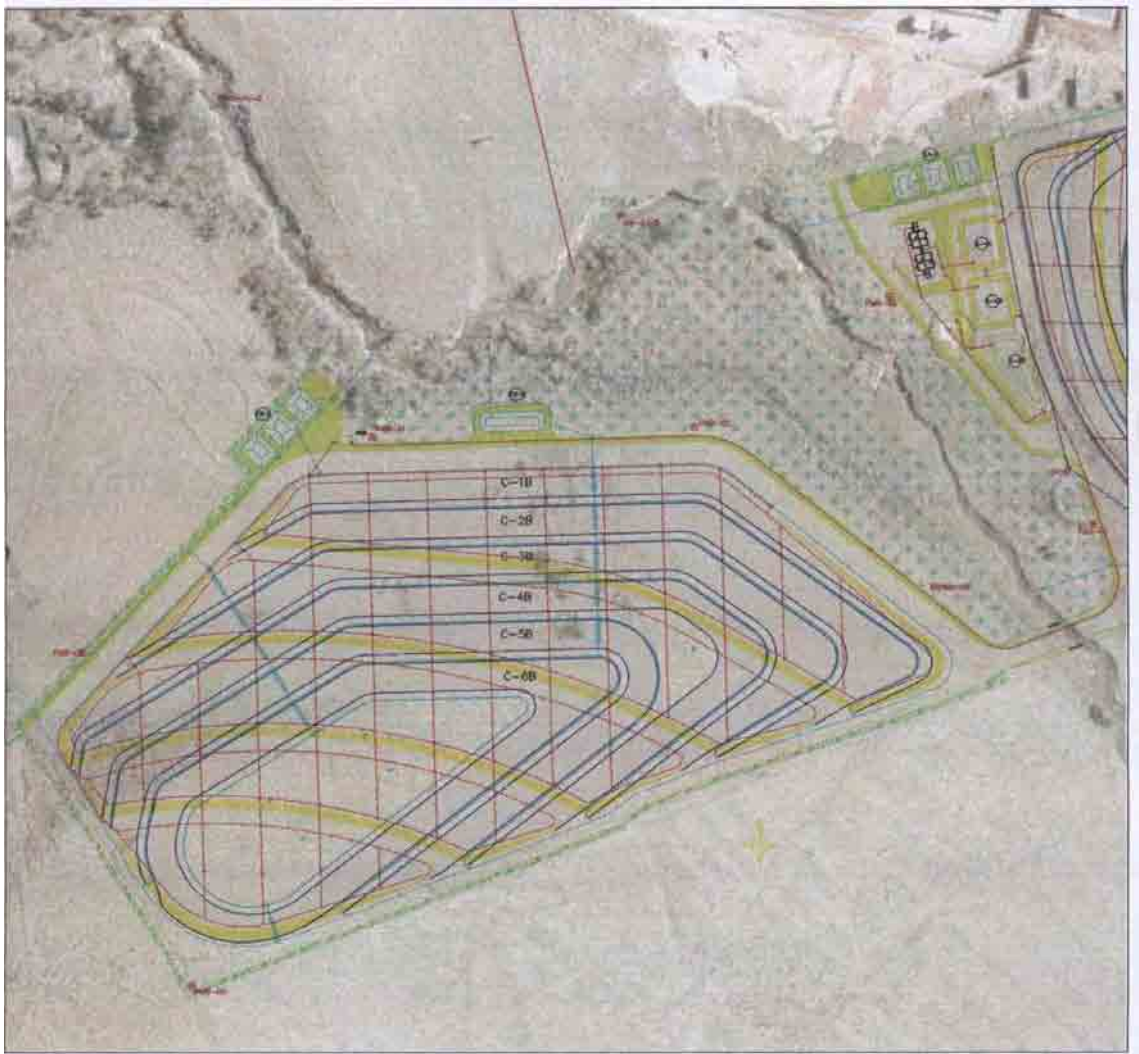


Figura 4-8: Visão Geral do Projeto Etapa B (Hamada, 2002)

### **Impermeabilização (Liner)**

O sistema de impermeabilização (liner) é composto por um conjunto de elementos e especificações de visam garantir sua eficiência. O sistema será composto, primeiramente, por uma camada de 0,50 m de solo argiloso compactado a pelo menos 90% do Proctor Normal ou uma composição do solo local com bentonita ou outro produto similar, com controle de umidade (coeficiente de permeabilidade podendo atingir até  $10^{-6}$  cm/s). Esta camada deverá conter os rebaixos sobre os quais serão instalados os drenos de chorume. Sobre essa camada deve ser assentada a geomembrana de PEAD. A proteção mecânica da geomembrana será feita por uma camada de solo local com ao menos 0,40m de espessura. Nas paredes laterais, devido à declividade do talude, a proteção será feita por um geotêxtil de  $500 \text{ g/m}^2$ , ou

geocompostos, podendo ser reforçado com pneus usados. A geomembrana e o geotêxtil devem ser ancorados nas extremidades.

### **Drenagem de chorume**

O sistema de drenagem de chorume será composto por linhas paralelas de drenagem, que comporão uma rede com interligações entre as bases do aterro para as 2 Etapas. Sobre cada base haverá uma linha periférica (anelar), contornando a mesma nas proximidades de sua borda. A linha de drenagem de jusante da base atua como interceptora e permite a condução do chorume para a canalização coletora externa, que contorna as faces de jusante do aterro. Esta drenagem possibilita caminhos variados para o chorume, garantindo sua remoção do aterro.

Os drenos são dotados de uma tubulação de PEAD perfurada em sua face superior e inserida em um colchão de brita 2 ou cascalho, que por sua vez é envolto em geotêxtil. A drenagem é complementada pela camada de solo arenoso utilizado também como proteção do dreno.

### **Método de aterramento**

Em função da capacidade pré-definida, o resíduo disposto no aterro deverá ser compactado com trator de lâmina de esteiras tipo D-6 ou equivalente. Tal equipamento auxiliará na escavação das bases, no espalhamento e compactação do resíduo em rampa e cobertura diária. A compactação dos resíduos e a cobertura diária se darão em rampa V:H = 1:3. O resíduo será disposto ao pé da rampa e a terra para cobertura deverá estar disponível nas proximidades do topo da rampa.

### **Cobertura diária e intermediária**

Respondem pelo consumo de material para cobertura (terra) e também pela utilização de espaços, que deveriam ser ocupados pelo resíduo, podendo diminuir a vida útil do aterro. A opção escolhida para operação foi fixar inicialmente uma porcentagem de terra para cobertura em relação ao volume total (terra + resíduo) de até 20%. A cobertura intermediária terá espessura que pode variar entre 0,40 e 0,60 m, dependendo da compactação e do tipo de lixo disposto em um determinado local.

### **Configuração do aterro acabado**

O aterro em sua configuração final não deve apresentar superfícies planas, devendo-se manter declives acima de 1%, quando se tratar da cobertura final.

Do ponto de vista da integridade estrutural, da drenagem e de facilidades de acesso para manutenção, deve-se efetuar a confecção de bermas que apresentem largura de pelo menos 5 m. Para que a configuração final permaneça estável e apresente alguma harmonia com a morfologia local, definiu-se um máximo de 7 camadas para a Etapa A e 6 camadas para a Etapa B.

### **Drenagem Superficial**

Um dos princípios básicos da concepção do aterro é o afastamento rápido e eficiente das águas de chuva que escoam superficialmente, através de declives adequados, referenciados na configuração do aterro acabado, e canaletas de drenagem.

Além da drenagem sobre a camada de cobertura, deverão ser instaladas canaletas nos pés-de-talude, além de algumas escadas para água. A drenagem periférica no entorno do aterro propriamente dito, deve ser constituída por canaletas de concreto. A mesma medida pode ser tomada nos pés de talude das bermas do aterro acabado. Durante a execução do aterro serão necessárias canaletas provisórias, que poderão ser de argila ou cobertas por grama.

Devido à susceptibilidade à erosão na área do aterro, estão previstos tanques de contenção, que possibilitarão a regularização de vazão e também como elemento para controle de assoreamento.

### **Tratamento de chorume**

Na concepção de um aterro sanitário foi assegurado um espaço para implantação do sistema de tratamento de chorume. O sistema concebido considera o uso de lagoas de armazenamento para equalização de vazão para os filtros e também de uma lagoa para armazenamento do efluente tratado, visando à regularização de vazão para destinação à ETE da SABESP.

### **Drenagem e tratamento de gases**

O sistema de drenagem de gases, para maior eficiência, será conectado aos drenos de chorume, aproveitando sua capacidade de escoamento. Neste caso, quando se

define a localização dos drenos verticais de gases, procura-se alinhá-los sobre os drenos de chorume. Todos os drenos verticais de gases receberão em sua extremidade um queimador para eliminação do metano.

### **Piezômetros**

Piezômetros, primariamente, permitem avaliar o nível de água no interior da massa de resíduo no aterro. Ainda, possibilitam que se efetue a coleta de amostras do chorume no interior do dispositivo. Do ponto de vista prático, ao se detectar níveis elevados de água no piezômetro, considera-se que proporcionalmente existem maiores riscos para a estabilidade do maciço e também indica deficiências no sistema de drenagem.

Desta forma, a rede de piezômetros do aterro de Presidente Prudente será constituído pelos dutos de PEAD perfurados, posicionados ao longo do eixo dos drenos verticais de gases. Ou seja, o monitoramento do nível d'água no aterro será efetuado através do sistema de drenagem de gases.

### **Monitoramento do Lençol Freático**

Como o aterro é constituído por duas Etapas e dividido em diferentes vertentes em direção aos Córregos do Limoeiro e São João, o número de poços será ampliado em relação ao mínimo exigido. Assim, para cada etapa foram considerados 1 poço a montante e 4 a jusante. Na localização destes poços considerou-se a direção preferencial do fluxo de água do lençol freático e o mapa potenciométrico provável.

Para a Etapa A, em função da proximidade da base rochosa, definiu-se a implantação de uma vala de drenagem de jusante, alinhada ao acesso correspondente. A vala converge para o poço impermeabilizado PCD. A vala tem a função de interceptar o escoamento sub-superficial que se originar sob a base da Etapa A do aterro. O líquido coletado será analisado e dependendo de suas características será descartado ou encaminhado para a lagoa de armazenamento de chorume.

#### 4.3.6 Equipamentos para a operação do aterro

Os equipamentos que deverão ser disponibilizados para implantação e operação do aterro sanitário são apresentados na Tabela 4-5, que descreve as atividades principais e a disponibilidade requerida para os mesmos.

Tabela 4-5: Equipamentos empregados para implantação e operação do aterro sanitário de Presidente Prudente (Hamada, 2002).

<b>Quant,</b>	<b>Especificação</b>	<b>Atividade</b>	<b>Disponibilidade</b>
1	Trator lâmina de esteiras tipo D-6	Corte do terreno e compactação dos resíduos intercalados com cobertura de terra,	100 %
1	Caminhão basculante	Mobilização de terra e resíduos	75 %
1	Pá-carregadeira	Escavação e carga de terra e resíduos	75%
1	Retro-escavadeira ou escavadeira hidráulica	Escavação, carga e execução de drenos	20%
1	Motoniveladora	Confecção de acessos e das bases do aterro	Programada
1	Rolo compressor	Compactação controlada das camadas de solo (natural ou condicionado) da base	Programada
1	Caminhão pipa	Correção de umidade do solo de base a ser compactado	Programada
1	Caminhão tanque c/ bomba	Remoção e transporte de chorume para tratamento	Programada

#### 4.3.7 Recursos humanos para a operação do aterro

Em função do porte do sistema e de sua capacidade operacional, o aterro poderá operar em 3 turnos de 6 horas cada de segunda a sábado, compatível com o horário de coleta, que ocorre das 7h às 1h da manhã. O sistema deverá ser atendido diariamente em sua condição mais crítica por:

- 3 operadores de trator de esteiras (diariamente);
- 3 vigias em turnos de 8 h (diurno e noturno, diariamente);
- 1 técnico e administrador do sistema (diariamente);
- 2 ajudantes gerais (diariamente);
- 1 engenheiro (programado);
- 2 motorista de caminhão (programado); e,
- 1 operador de pá carregadeira (programado).

#### 4.3.8 Capacidade do sistema

A capacidade e vida útil do aterro é resumida na Tabela 4-6 com valores correspondentes a cada célula e Etapas correspondentes. São apresentados também os volumes efetivamente ocupados pelo resíduo, incluindo a terra de cobertura. Para a evolução do aterro correspondente às células ocupadas, são apresentados os valores estimados de vida útil.

Deve ser esclarecido que a vida útil especificada é resultado da quantidade de resíduos gerados e coletados e sua projeção em relação à forma de manejo atual, ou seja, abrangência efetiva restrita na coleta seletiva e na capacidade limitada de triagem. O aumento da eficiência deste processo pode trazer grandes benefícios ao aterro, ampliando a vida útil especificada.

Tabela 4-6: Capacidade do sistema e respectiva vida útil (Hamada, 2002).

Célula	Capacidade de Resíduos		Volume ocupado (m <sup>3</sup> )	Vida útil acumulada (anos)
	Mássica (t)	Volumétrica (m <sup>3</sup> )		
C-1A	12.636	19.744	26.325	0,17
C-2A	21.924	34.256	45.675	0,67
C-3A	30.893	48.270	64.359	1,50
C-4A	72.430	113.172	150.896	3,00
C-5A	72.430	113.172	150.896	4,50
C-6A	74.520	116.438	155.250	6,00
C-7A	72.342	113.034	150.713	7,50
<b>Etapa A</b>	<b>357.175</b>	<b>558.086</b>	<b>744.114</b>	
C-1B	90.964	142.131	189.508	1,33
C-2B	63.810	99.703	132.938	2,16
C-3B	80.964	126.506	168.675	3,83
C-4B	85.180	133.094	177.458	5,50
C-5B	55.944	87.413	116.550	6,50
C-6B	73.465	114.789	153.052	8,00
<b>Etapa B</b>	<b>450.327</b>	<b>703.636</b>	<b>938.181</b>	
<b>Total</b>	<b>807.502</b>	<b>1.261.722</b>	<b>1.682.295</b>	<b>15,50</b>

#### 4.3.9 Planejamento e Implantação

Como descrito previamente, o aterro será implantado em duas Etapas, que constituirão dois aterros distintos com compartilhamento de recursos tais como armazenamento e tratamento de chorume.

A Etapa A será constituída por 5 bases sobre as quais serão dispostas 7 células ou camadas de aterramento. A Etapa B será composta por 5 bases e 6 células ou camadas de aterramento. Além dos elementos descritos o aterro contará com infraestrutura correspondente, precedendo cada etapa de operação. Desta forma o sistema será composto pelos elementos básicos e na seqüência descrita a seguir.

Para a Etapa A, com duração de 7,5 anos:

- 1) complementação do cercamento da área da Etapa A;
- 2) construção de guarita, portões e instalação de balança;
- 3) implantação das vias de acesso principais;
- 4) adequação das edificações existentes para abrigar a administração e serviços de manutenção;
- 5) plantio de vegetação arbustiva no contorno externo;
- 6) implantação e operação do aterro, correspondente a Etapa A, inclusive drenagem pluvial e a primeira unidade de armazenamento e tratamento de chorume;
- 7) recomposição da vegetação em APP contígua à Etapa A; e,
- 8) encerramento das atividades de disposição na Etapa A.

Para a Etapa B com duração de 5,2 anos:

- 1) cercamento complementar da área correspondente;
- 2) implantação das vias de acesso principais;
- 3) plantio de vegetação arbustiva no contorno externo;
- 4) recomposição da vegetação em APP contígua à Etapa A;
- 5) implantação e operação correspondente à Etapa B, inclusive drenagem pluvial e a segunda unidade de armazenamento e tratamento de chorume; e,
- 6) encerramento das atividades de disposição na Etapa B.

#### *4.3.10 Encerramento do aterro sanitário*

Após o encerramento da atividade de disposição sobre determinadas áreas, devem ser iniciadas as atividades de fechamento do aterro, com implantação da cobertura final e plantio de gramíneas, visando:

- a) minimização da infiltração de água do escoamento superficial;
- b) limitar o escape de gases não controlados;
- c) eliminar a possibilidade de proliferação de vetores;
- d) limitar o risco potencial do aparecimento de fogo; e,
- e) prover uma superfície adequada para recomposição vegetal.

O emprego da área que será ocupada pelas células de aterramento fica prejudicado para edificações, em função do comprometimento das características estruturais. Quanto ao uso agrícola, deverão ser tomadas algumas precauções, devido a possíveis migrações de gases, tais como metano e dióxido de carbono, que poderiam ocupar os vazios do solo, reduzindo a oxigenação das raízes. A elevação da temperatura também pode afetar o crescimento de vegetação com raízes mais profundas, assim como alterar a estrutura do solo. A adoção de uma cobertura final complementar, além da manutenção do sistema de drenagem de gases, pode reduzir significativamente esses efeitos.

#### *4.3.11 Uso futuro da área*

Em um primeiro momento, a área onde será implantado o aterro sanitário e seu entorno, inclusive a ETE-SABESP (conhecida como ETE Limoeiro), demonstra naturalmente uma vocação sanitária extremamente importante para o município. A área situa-se, ainda, no limite possível ao município de lançar seus efluentes tratados no único corpo receptor atualmente enquadrado como classe 4.

O objetivo para uso dessa área é torna-la um novo referencial para que os habitantes de Presidente Prudente e região, não somente para que desfrutem das vantagens sanitárias, mas também tenham conhecimento dos potenciais existentes.

Para se alcançar tais objetivos, a implantação de uma infra-estrutura para visitação seria o primeiro passo a ser dado, de forma a converter essa área e um centro de educação ambiental.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 Análise do ciclo de vida aplicado a um aterro sanitário

O estudo relacionado à análise de ciclo de vida de um aterro sanitário envolve a caracterização do resíduo sólido disposto no aterro sanitário de Bauru e sua aplicação ao modelo digital.

#### 5.1.1 Caracterização do resíduo sólido coletado na cidade de Bauru

A caracterização dos resíduos sólidos foi realizada em 3 dias distintos, cujos resultados são apresentados na Tabela 5-1, Tabela 5-2, e Tabela 5-3 a seguir:

Tabela 5-1: Resultado da amostragem realizada no dia 23/09/2003, referente à coleta efetuada na noite do dia 22, segunda-feira. Valores em kg (quilograma).

Componente	Amostra 01	Amostra 02	Amostra 03	Porcentual em peso (base úmida)
Papel/papelão	2,70	3,00	4,70	7,19
Vidro	0,50	0,10	0,70	0,90
Metais	1,00	1,70	0,70	2,35
Embalagem tipo Tetrapak	1,00	1,00	0,90	2,00
Plástico filme	4,00	3,50	6,30	9,54
Plástico rígido	1,30	1,50	1,30	2,83
Têxteis	0	2,20	0,70	2,00
Orgânico biodegradável	37,30	31,40	29,30	67,73
Outros	1,00	1,60	5,30	5,46
Total	48,80	46,00	49,90	100,00

Tabela 5-2: Resultado da amostragem realizada no dia 09/10/2003, referente à coleta efetuada na noite do dia 08, quarta-feira. Valores em kg (quilograma)

Componente	Amostra 01	Amostra 02	Amostra 03	Amostra 04	Amostra 05	Porcentual em peso (base úmida)
Papel/papelão	0,70	6,70	3,00	9,20	4,50	10,44
Vidro	1,40	0,90	1,30	1,00	0,90	2,38
Metais	0,90	0,80	1,30	0,20	1,20	1,91
Embalagem tipo Tetrapak	0,80	0,40	0,70	0,70	0,80	1,47
Plástico filme	4,00	3,80	3,00	2,80	3,10	7,24
Plástico rígido	5,50	3,70	0,80	1,30	1,30	5,46
Têxteis	0,00	0,00	0,10	0,00	1,90	0,87
Orgânico biodegradável	39,00	25,60	32,60	31,50	29,80	68,67
Outros	0,00	1,50	0,10	1,60	0,40	1,56
Total	52,30	43,40	42,90	48,30	43,90	100,00

Tabela 5-3: Resultado da amostragem realizada no dia 18/10/2003, referente à coleta efetuada na noite do dia 17, sexta-feira. Valores em kg (quilograma)

Componente	Amostra 01	Amostra 02	Amostra 03	Amostra 04	Amostra 05	Porcentual em peso (base úmida)
Papel/papelão	2,70	1,80	4,00	2,30	2,00	10,76
Vidro	0,00	0,60	1,40	0,60	0,00	2,18
Metais	1,00	1,30	0,10	0,90	0,90	3,53
Embalagem tipo Tetrapak	0,00	0,60	0,20	1,10	2,00	3,28
Plástico filme	1,50	3,00	,80	2,30	2,30	9,16
Plástico rígido	2,50	0,20	2,30	1,20	2,90	7,65
Têxteis	0,00	0,00	0,00	0,20	0,00	0,17
Orgânico biodegradável	14,8	28,90	8,40	7,90	12,90	61,26
Outros	0,00	1,60	0,00	0,00	0,80	2,02
Total	22,50	38,00	18,20	16,50	23,80	100,00

O peso total coletado no mês de outubro foi de 5.870 toneladas. No mesmo período, ocorreu a entrada de 498 toneladas de resíduos especiais, de particulares cujo resíduo é entregue no aterro pelos geradores, e de 54 toneladas de resíduos de serviços de saúde. Após as 3 sessões de amostragem realizadas, o resultado médio encontra-se apresentado na Tabela 5-4.

Tabela 5-4: Composição gravimétrica média determinada para os resíduos destinados ao aterro sanitário de Bauru durante amostragens efetuadas em Setembro e Outubro de 2003

Componente	Porcentual em peso (base úmida)
Papel/papelão	9,46
Vidro	1,82
Metais	2,60
Embalagem tipo Tetrapak	2,25
Plástico filme	8,64
Plástico rígido	5,31
Têxteis	1,01
Orgânico biodegradável	65,89
Outros	3,01

O resultado mostrou-se abaixo do esperado nos componentes “papel/papelão” e “metais”, comprovando a atuação de catadores, mesmo que parte da população não efetue a separação do resíduo doméstico para a coleta seletiva.

Oliveira (1997) efetuou caracterização semelhante no município de Botucatu. Comparando os dados obtidos, observou-se o seguinte:

- a porcentagem de papel/papelão no município de Botucatu foi de 7,61%, 9,46% em Bauru, enquanto a média nacional é de 25%, demonstrando claramente ocorrência da separação do resíduo, seja pela atuação de catadores nas ruas ou pela própria população para a coleta seletiva;

- a porcentagem de vidros encontrada em Botucatu foi de 1,99% e em Bauru foi de 1,82%, valores pouco inferiores à média brasileira de 3%, justificada pelo aumento das embalagens PET e Tetrapak que substituem as embalagens de vidro;
- a porcentagem de metais em Botucatu foi de 3,86%, próxima à média brasileira de 4%, porém foi de apenas 2,60% em Bauru, justificada pelo interesse do material pelos recicladores;
- embalagem tipo Tetrapak e têxteis foram incluídos no estudo de Oliveira (1997) em outros, que foi de 4,02% em Botucatu e 6,27% em Bauru;
- a porcentagem de plástico encontrada em Botucatu foi de 8,41% e em Bauru foi de 13,95%, bem superior à média brasileira de 4%, justificada em razão do aumento da utilização em embalagens e por ser considerado ainda material não reciclável; e,
- a porcentagem de matéria orgânica biodegradável foi de 65,89% em Bauru, bem inferior ao 74,11% em Botucatu, porém mais próxima à média brasileira de 60%.

### *5.1.2 Base para análise do ciclo de vida aplicada a um aterro sanitário*

Um aspecto importante a ser discutido, no caso de aterros sanitários é sua dinâmica ao longo do tempo, uma vez que o sistema apresenta, do ponto de vista operacional, uma vida útil pré-determinada, contudo, do ponto de vista ambiental é um sistema ativo que se estende por um período, em princípio, indeterminado. Neste caso é importante a definição dos objetivos da análise. Do ponto de vista ambiental, existe um momento crítico em que um aterro pode apresentar um maior potencial de impacto, através de suas emissões atmosféricas (último ano de disposição) ou líquidas (maior carga orgânica). Do ponto de vista global, importa o somatório dos efeitos ao longo do tempo; porém esse tempo não pode ser determinado, uma vez que a degradação de alguns componentes pode requerer séculos. Neste caso, Bjarnadóttir, et al (2002), sugerem um limite de 100 anos para análise.

O objetivo da ACV para um aterro sanitário é delimitar e demonstrar que um elemento considerado como ponto final da análise, na realidade se apresenta como um universo altamente relevante, que pode ser gerenciado dentro dos conceitos de ACV, que permite demonstrar os reflexos de seus “inputs” sobre a qualidade ambiental, através do seu inventário.

No inventário do ciclo de vida, o sistema é composto pelos elementos constituintes do aterro sanitário, com identificação das etapas que constituem os processos básicos relacionados à vida útil do sistema, desde sua implantação. Deve ser ressaltado que a vida útil, no conceito apresentado, não limita ao período em que ocorreu a disposição de resíduos no aterro. A concepção do modelo é apresentada na Figura 5-1. Como entrada, foram considerados os elementos que seguem.

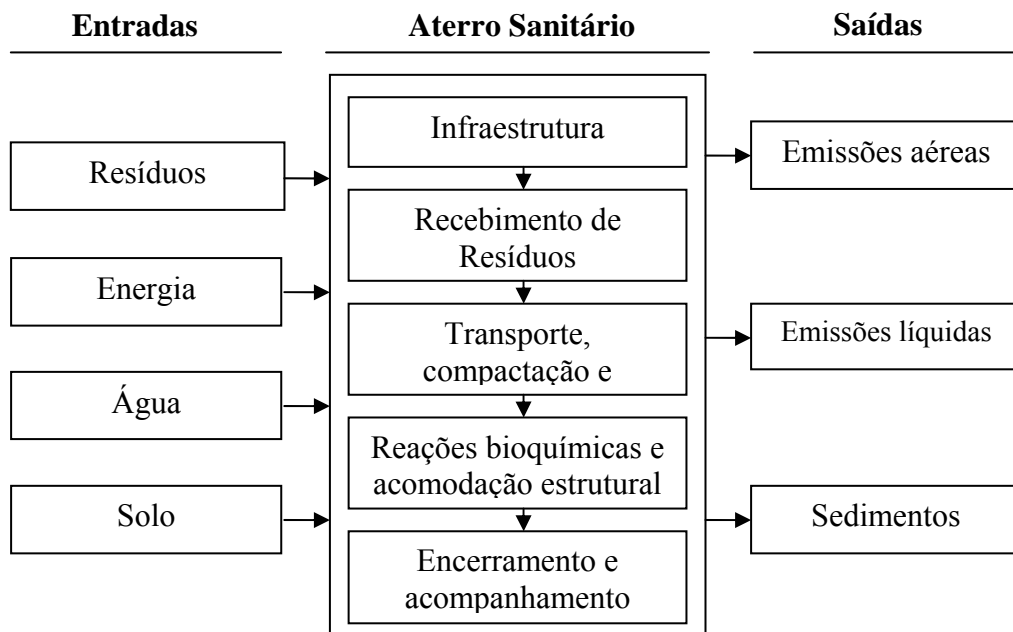
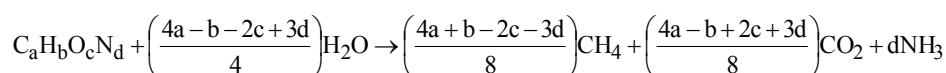


Figura 5-1: Concepção do modelo, com identificação dos elementos constituintes e o respectivo contorno do sistema.

### 5.1.2.1 Resíduos sólidos

Suas características são identificadas primariamente pela composição gravimétrica tradicional e pela massa total. Contudo, as propriedades físicas associadas aos elementos da classificação também são admitidas no modelo. Este pode ser considerado como o elemento mais importante, pois é consequência de atividades precedentes e responde pela qualidade dos efluentes. Neste caso é possível avaliar os impactos provocados pelas alterações de sua qualidade sobre os níveis de impacto ambiental.

Os componentes biodegradáveis, respondem pelas maiores alterações de massa e estrutura de um aterro sanitário. A velocidade com que esses componentes se degradam dependem de sua natureza. Em linha gerais, como descrito por Tchobanoglous, et al (1993), o processo de degradação da fração orgânica biodegradável pode ser representada pelos elementos predominantes, na formulação estequiométrica que segue:



Em um aterro sanitário a maior parte da massa se perde na forma dos gases  $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$ . Conhecendo-se a composição dos componentes biodegradáveis e estimando-se como ocorre sua degradação ao longo do tempo para uma determinada massa de resíduos, é possível estabelecer um somatório de efeitos ao longo do tempo para se estimar a quantidade de gases gerados durante a vida útil do aterro e além, como mostrado na Figura 5-2 (Hamada, 2003).

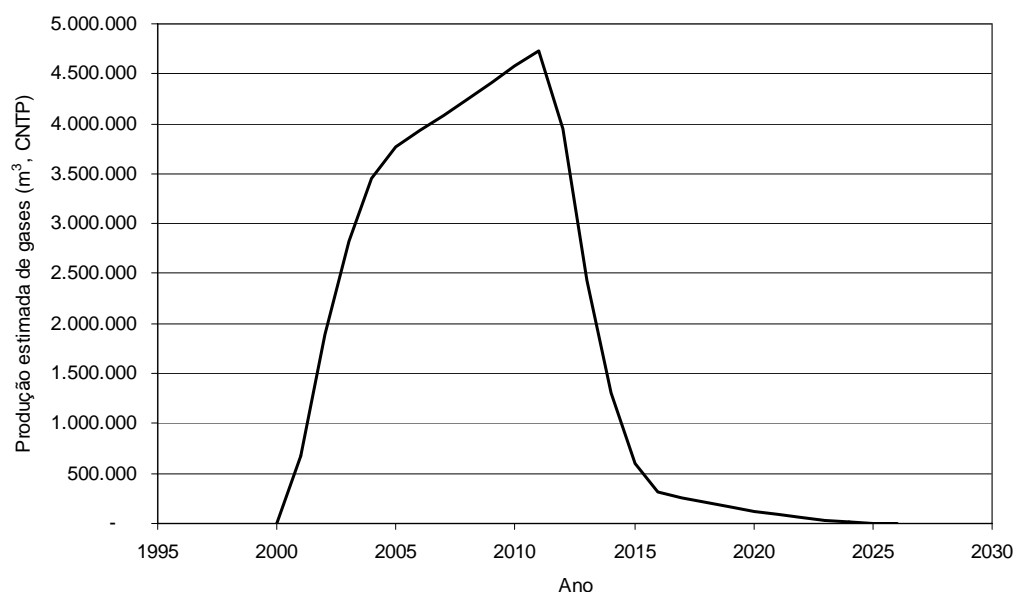


Figura 5-2: Exemplo de produção de gases em um aterro sanitário. O pico de produção corresponde ao último ano de operação do aterro (Hamada, 2003).

### 5.1.2.2 Energia

Basicamente relacionada às atividades operacionais do aterro, é representada principalmente pelo consumo (queima) de combustíveis fósseis. Soluções alternativas podem ser adotadas para reduzir impactos, tais como o emprego de biogás do aterro. A quantidade deste gás, por sua vez pode ser estimada como descrito anteriormente, permitindo a elaboração do inventário, a partir dos componentes de entrada, representado pela massa biodegradável.

### **5.1.2.3 Água**

É responsável pelos efluentes líquidos e também pelas emissões gasosas, uma vez que a quantidade disposta de água dos resíduos altera a bioquímica do aterro. Portanto, do ponto de vista ambiental, é o elemento que tem influência direta sobre o ambiente, quer seja através da percolação no solo, resultante de falhas nos liners, ou pela ausência ou falta de tratamento, antes do lançamento do chorume no ambiente. São computados neste elemento os efluentes advindos do escoamento superficial sobre o aterro, assim como também pode ser inserido juntamente com o solo úmido de cobertura.

O inventário de águas do aterro é baseado na entrada desse elemento como umidade do resíduo e solo de cobertura. Contudo, nos países tropicais a entrada principal se dá através do percolado resultante do balanço hídrico na cobertura do aterro. Esse balanço pode ser efetuado por diferentes técnicas. Uma das ferramentas mais empregadas nos países desenvolvidos é o HELP, citado por Qasin e Chian (1994). Esse balanço também pode ser efetuado com ferramentas da hidrologia, muito empregadas na agricultura, para estimativa da quantidade de água armazenada no solo.

Além da quantidade de água, sua qualidade como efluente do sistema, tem influência direta sobre os impactos no solo e nas águas subterrâneas e superficiais. Algumas proposições podem ser interessantes nesta análise, principalmente quando se deseja determinar o período mais crítico em termos de carga orgânica do chorume gerado em um aterro, como mostrado na Figura 5-3 (Hamada, 2003). A Figura 5-3 resulta da multiplicação da concentração média anual esperada para o chorume pelo volume anual estimado no balanço hídrico em um aterro cuja vida útil é de 10 anos.

### **5.1.2.4 Solo**

Pode representar volumes significativos no aterro, dependendo da forma de operação, principalmente considerando-se a necessidade de cobertura diária. O modelo digital, montado em planilha eletrônica, permite a alimentação de dados com valores de caracterização física dos componentes do resíduo domiciliar, dados referentes a quantidades médias de volumes e/ou peso coletados, ou na falta destes, utilizando dados bibliográficos. A partir destes e dos demais elementos descritos previamente, permite simular a operação do aterro, e assim obter a melhor relação custo-benefício a ser explorada.

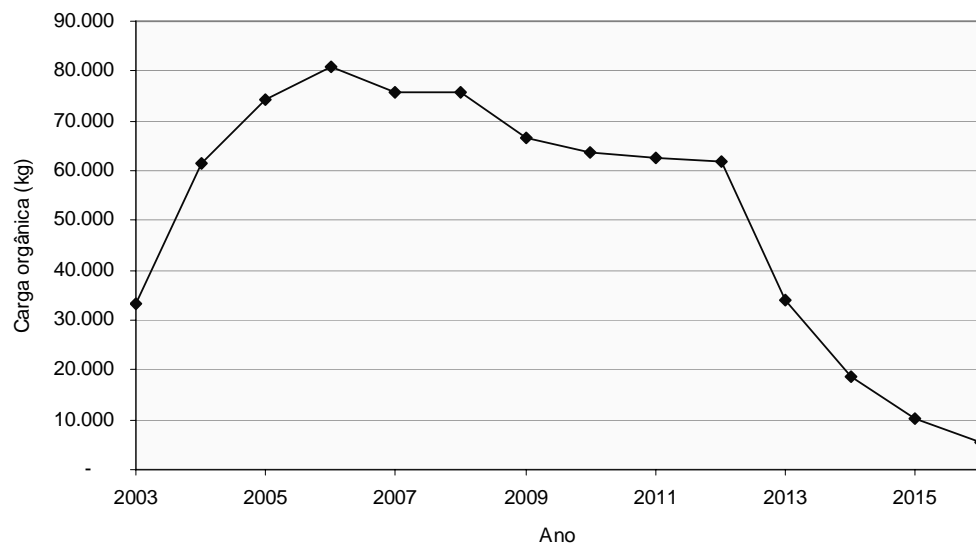


Figura 5-3: Estimativa para a variação da carga orgânica (em kg de DBO por ano) do chorume de um aterro sanitário ao longo do tempo, segundo Hamada (2003).

#### 5.1.2.5 Modelo Digital

O exemplo de aplicação do modelo digital com dados obtidos no aterro para resíduos sólidos urbanos do município de Bauru, é mostrado na Tabela 5-5 e na Tabela 5-6. Nessas tabelas demonstram-se somente as entradas e saídas do modelo, no qual se inserem outras planilhas tais como as que operam o balanço hídrico e realizam estimativas de geração de gases, além daquelas contendo uma base de dados com parâmetros físicos, químicos e outros relacionados ao sistema.

Tabela 5-5: Parâmetros de entrada do modelo digital para análise de ciclo de vida de aterro sanitário.

**ENTRADAS**

<b>Identificação</b>	
Ano	2.003
População (hab)	335.000
Área ocupada pelo aterro (m <sup>2</sup> )	42.000
Percolado (mm)	252

<b>Quantidade de resíduos</b>			
Categoria	Massa (t)	Densidade (t/m <sup>3</sup> )	Volume no aterro (m <sup>3</sup> )
Resíduos domiciliares	55.500	0,60	92.500
Resíduos industriais não perigosos	9.000	0,40	22.500
Resíduos comerciais especiais	5.400	0,80	6.750
Resíduos de serviços de saúde (RSS)	720	0,40	1.800
<b>Total</b>	<b>70.620</b>	<b>0,59</b>	<b>120.150</b>

<b>Solo</b>			
Finalidade	Volume (m <sup>3</sup> )	Densidade (t/m <sup>3</sup> )	Massa de solo (t)
Cobertura diária e intermediária	30.037	1,50	45.056
Cobertura final	-	1,60	-

<b>Classificação e composição percentual dos resíduos</b>							
Origem	Papel	Vidro	Metal	Plástico	Têxteis	Orgânico	Outros
Domiciliar	15,0%	8,0%	5,0%	10,0%	2,0%	55,0%	5,0%
Industrial							
Comercial							
Saude							
<b>Total</b>	<b>15,0%</b>	<b>8,0%</b>	<b>5,0%</b>	<b>10,0%</b>	<b>2,0%</b>	<b>55,0%</b>	<b>5,0%</b>

<b>Gerenciamento do aterro</b>	
<b>Consumo de energia</b>	
Elétrica (kWh)	37.500
Diesel (l)	7.500
<b>Gás gerado pelo aterro</b>	
% coletada	-
% recuperado	-
<b>Chorume</b>	
Volume gerado (m <sup>3</sup> )	10.584
% coletada	10%
% tratada	0%
Eficiência do tratamento (%)	0%
<b>Custo (R\$)</b>	
Implantação	180.000
Operação	1.059.300
Monitoramento	16.000

Tabela 5-6: Parâmetros de saída do modelo digital para análise de ciclo de vida de aterro sanitário.

**SAÍDAS**

<b>Custos</b>	
Total (R\$)	1.255.300
Unitário (R\$/t)	17,78
Per Capita (R\$/hab)	3,75
<b>Impactos ambientais</b>	
<b>Resíduos dispostos</b>	
Não perigosos (t)	69.900
RSS (t)	720
Total (t)	70.620
Volume ocupado total (m <sup>3</sup> )	165.206
<b>Energia consumida</b>	
Elétrica (kWh)	37.500
Combustível (l)	7.500
Total (GJ)	466
<b>Energia recuperada</b>	
Com aproveitamento de Biogás (GJ)	-
Na Incineração (GJ)	-
Total (GJ)	-
<b>Emissões atmosféricas (kg)</b>	
CH <sub>4</sub>	1.806.530
CO <sub>2</sub>	4.115.350
Amônia	0,02
H <sub>2</sub> S	-
Dioxinas e furanos	-
Hidrocarbonetos	161
CO	212
SOx	170
NOx	301
<b>Emissões líquidas (kg)</b>	
DBO	26.460
DQO	61.387
Sólidos	45.220
Nitrogênio total	28
Nitrogênio amoniacal	1.588
Nitrato	95
Nitrito	0
Sulfetos	-
Ferro	159
Chumbo	1
Níquel	-
Cromo	-
Mercúrio	-
Cobre	-
Zinco	-

## 5.2 Exemplo para Análise Econômica

No subitem 5.2.2 é efetuada uma aplicação prática das estimativa de custo de construção, operação e manutenção, de forma a exemplificar a aplicação prática das equações apresentadas na metodologia. Esta estimativa não deve ser tomada como um indicador de custos reais para um orçamento, pois trata-se da aplicação teórica sobre um custo estimado por Bagchi em 1994.

No estudo de caso do aterro sanitário de Presidente Prudente, apresentado no subitem 5.3, um orçamento completo é mostrado, onde estes custos encontram-se mais próximos da realidade, pois se trata de valores atualizados e condizentes com a realidade brasileira.

### 5.2.1 Estimativa do montante para os custos de manutenção

Para os custos de manutenção, por se tratar de despesas futuras, onde os valores necessariamente devem ser estimados, é efetuado um estudo com base na teoria apresentada por Bagchi (1994).

#### 5.2.1.1 Para contas não remuneradas

Com base nos preços atuais, pode-se afirmar que os custos para o monitoramento de um aterro sanitário podem ser estimados em torno de R\$ 12.000,00 por mês, para os primeiros 5 anos, e de R\$ 5.000,00 por mês, para os demais 10 anos.

Desta forma, o cálculo do custo atual necessário, referente às despesas com monitoramento no 1º período é de:

$$L = 12.000 \times 12 = 144.000$$

$$LTC = 5 \text{ anos}$$

$$SL = 7,5 \text{ (com mais 0,5 para implantação)} = 8 \text{ anos}$$

$$f = 4\% \text{ ao ano (estimado)}$$

$$A_1 = 144000 \times (1 + 0,04)^9 \times \left[ \frac{(1 + 0,04)^5 - 1}{0,04} \right]$$

$$A_1 = R\$ \_1.110.113,00$$

Da mesma forma, para o 2º período:

$$L = 7.000 \times 12 = 84.000$$

$$LTC = 10 \text{ anos}$$

$$SL = 5 + 8 = 13 \text{ anos}$$

$$f = 4\% \text{ ao ano}$$

$$A_2 = 84000x(1 + 0,04)^{14} \times \left[ \frac{(1 + 0,04)^{10} - 1}{0,04} \right]$$

$$A_2 = R\_ \$1.746.418,00$$

Portanto, valor atual  $A = R\$ 1.110.113,00 + R\$ 1.746.418,00 = R\$ 2.856.531,00$ . Ou seja, para garantir que não faltarão recursos para efetuar o monitoramento do aterro sanitário num período de 15 anos após seu encerramento, é necessária a disponibilização do valor de  $R\$ 2.856.531,00$ , em valores atuais.

### 5.2.1.2 Para contas remuneradas

Adotando os mesmos valores do subitem anterior, porém com os recursos aplicados numa conta remunerada, rendendo juros de 6 % ao ano, o valor necessário para ser disponibilizado pode ser menor.

Para o 1º período, de 5 anos, tem-se:

$$L = 12.000 \times 12 = 144.000$$

$$LTC = 5 \text{ anos}$$

$$SL = 7,5 \text{ (com mais 0,5 para implantação)} = 8 \text{ anos}$$

$$f = 4\% \text{ ao ano (estimado)}$$

$$i = 6\% \text{ ao ano}$$

$$A_1 = 144000x(1 + 0,04)^8 \times \left[ \frac{\left( \frac{1 + 0,04}{1 + 0,06} \right)^6 - 1}{\frac{0,04 - 0,06}{1 + 0,06}} - 1 \right]$$

$$A_1 = R\$928.679,00$$

Para o 2º período, de 10 anos, tem-se:

$$L = 7.000 \times 12 = 84.000$$

$$LTC = 10 \text{ anos}$$

$$SL = 5 + 8 = 13 \text{ anos}$$

$$f = 4\% \text{ ao ano}$$

$$i = 6\% \text{ ao ano}$$

$$A_2 = 84000x(1 + 0,04)^{13} x \left[ \frac{\left( \frac{1 + 0,04}{1 + 0,06} \right)^{11} - 1}{\frac{0,04 - 0,06}{1 + 0,06}} - 1 \right]$$

$$A_2 = R\$1.401.296,00$$

Portanto, o valor atual  $A = R\$ 928.679,00 + R\$ 1.401.296,00 = R\$ 2.329.975,00$ . Observar que a opção de aplicar em uma conta remunerada pode tornar o valor necessário cerca de 18% inferior.

### 5.2.2 *Estimativa do Valor do Pagamento do usuário*

O exemplo a seguir ilustra uma forma de cálculo da tarifa.

Os valores estimados para construção, operação e manutenção do aterro estão apresentados na Tabela 5-7. A vida útil do aterro é de 3 anos e receberá 25.000 toneladas de resíduo a cada ano. Está prevista a criação de um fundo com recursos para construção de um aterro futuro do mesmo porte quanto o atual for encerrado. Uma conta remunerada é utilizada para estabelecer garantia financeira para os custos com encerramento e manutenção. A quantia necessária para o encerramento do aterro é estabelecida no primeiro ano da vida útil do aterro, e a garantia para a manutenção deve estar estabelecida no final da sua vida útil. A seguir, cálculo da tarifa de usuário necessário para estabelecer as condições acima, admitindo-se uma taxa de inflação de 4 % a.a. e uma taxa de juros de 5% a.a., e um período de manutenção de 5 anos.

Tabela 5-7: Custos estimados para construção, operação e manutenção do aterro sanitário, por Bagchi (1994).

Itens	Custos (US\$)
a. Construção do aterro	70.000,00
b. Investigação do solo, preparação do relatório, etc...	25.000,00
c. Custo anual da operação	
1. Colocação do Resíduo	20.000,00
2. Construção da cobertura intermediária	2.000,00
3. Monitoramento do Lençol Freático	5.000,00
4. Monitoramento por Lusímetros	1.000,00
5. Monitoramento do gás	500,00
6. Manejo do chorume	50.000,00
7. Aquisição e manutenção de equipamentos	20.000,00
8. Pagamento do fundo de resíduos (\$ 5,00 p/ ton)	1.250,00
<i>Subtotal</i>	99.750,00
d. Custo para encerramento (custo atual)	10.000,00
e. Custo para manutenção da superfície de terra, por ano	3.000,00

Custo médio para um aterro futuro:

$$\begin{aligned} \text{Custo para o aterro no fim do período de 3 anos} &= (\text{itema} + \text{itemb})(1 + f)^3 \\ &= (70000 + 25000)(1 + 0,04)^3 = \text{US\$ } 106.862,00 \end{aligned}$$

A média aproximada da quantia a ser disponibilizada a cada ano é:

$$106.862,00 / 3 = \text{US\$ } 35.621,00$$

A quantia a ser depositada numa conta remunerada (taxa de juros de 5% a.a.), por render juros, pode ser, para o primeiro ano:

$$= 35.621 / (1,05)^3 = \text{US\$ } 30.770,76$$

Similarmente, para o segundo ano:

$$= 35.621 / (1,05)^2 = \text{US\$ } 32.309,30$$

E para o terceiro ano:

$$= 35.621 / (1,05) = \text{US\$ } 33.924,76$$

A quantia média para ser utilizado no cálculo da tarifa de usuário, é:

$$(30770,76 + 32309,30 + 33924,76)/3 = \text{US\$ } 32.334,94$$

Custo anual médio para estabelecer o valor da garantia, do encerramento:

$$D = C \cdot \frac{(1+f)^{SL}}{(1+i)^{SL}} = 10000 \cdot \frac{(1+0,04)^3}{(1+0,05)^3} = \text{US\$ } 9.716,99$$

A quantia média para ser disponibilizada a cada ano, para garantir os custos necessários para o encerramento do aterro, é  $\text{US\$ } 9.716,99 / 3 = \text{US\$ } 3.238,99$

Custo anual médio para estabelecer o valor da garantia, da manutenção:

O custo anual da manutenção é obtida pela soma dos itens c3, c4, c5, c6 e e da Tabela 5-7:

$$= 5.000 + 1.000 + 500 + 50.000 + 3.000 = \text{US\$ } 59.500,00$$

O custo total da manutenção (20 anos) será:

$$= 59500 \cdot (1+0,04)^3 \left[ \frac{\left( \frac{1+0,04}{1+0,05} \right)^{20+1} - 1}{\left( \frac{0,05-0,04}{1+0,05} \right)} - 1 \right] = \text{US\$ } 1.212.468,26$$

A quantia média para ser disponibilizada a cada ano, para garantir os custos necessários para a manutenção do aterro, é  $\text{US\$ } 1.212.468,26 / 3 = \text{US\$ } 404.156,09$

O custo médio anual, para encerramento e manutenção, é:

$$= \text{US\$ } 3.239,99 + \text{US\$ } 404.156,09 = \text{US\$ } 407.395,08$$

Os custos anuais, para serem disponibilizados a cada ano são:

$$\text{- para o primeiro ano} = 407.395,08 / (1+0,05)^3 = \text{US\$ } 351.923,19$$

$$\text{- para o segundo ano} = 407.395,08 / (1+0,05)^2 = \text{US\$ } 369.519,35$$

$$\text{- para o terceiro ano} = 407.395,08 / (1+0,05) = \text{US\$ } 387.995,31$$

A quantia média para ser utilizado no cálculo da tarifa de usuário é de:

$$(351923,19 + 369519,35 + 387995,31)/3 = \text{US\$ } 369.812,62$$

Considerando o custo anual da operação do aterro – item c da Tabela 5-7 – pode-se obter o custo médio anual para estimar a tarifa de usuário:

$$\text{CMA} = \text{US\$ } 32.334,94 + \text{US\$ } 99.750,00 + \text{US\$ } 369.812,62 = \text{US\$ } 501.897,56$$

Portanto, a tarifa necessária é de:

$$= \text{US\$ } 501.897,56 / 25.000 = \text{US\$ } 20,08/\text{ton}$$

A tarifa de usuário pode ser majorada em 10 a 15% para reserva de contingenciamento, e para proprietários privados de aterros, pode ser incluído o lucro da operação.

### 5.2.3 *Estimativa de fluxo de caixa*

No exemplo anterior, algumas idéias para estimar o fluxo de caixa para um aterro foram apresentadas. O custo inicial no primeiro mês é alto, mas pode ser obtido por meio de empréstimo, e isto deve ser levado em consideração. Uma reserva deve ser mantida no final da vida útil do aterro para os custos com encerramento e manutenção por longo prazo.

Um fluxo de caixa detalhado é mostrado dentro do estudo de caso.

## **5.3 Estudo de caso – Análise viabilidade do Aterro Sanitário de Presidente Prudente**

O estudo para análise da viabilidade econômica consiste na montagem de um fluxo de caixa considerando os recursos necessários para a implantação e operação do aterro (despesas) e os recursos disponíveis para o pagamento destes custos (receitas).

Com base no orçamento elaborado pela equipe técnica da PRUDENCO, sob coordenação de Hamada (2005), foi elaborado um cronograma financeiro dos recursos mensais necessários para a implantação e operação do aterro sanitário.

Algumas considerações foram tomadas, por necessidade de simplificar a simulação:

- prazo inicial de 6 (seis) meses para as obras de implantação das células iniciais – 1-A, 2-A e 3-A, antes do início da operação do aterro sanitário;
- a partir da célula 4-A, prazo estimado de 04 (quatro) meses para as obras de implantação das células subseqüentes, contados na fase final da operação da célula anterior; e,
- não incidência de atualização monetária nos valores financeiros, no período (inflação igual a zero).

A primeira consideração foi necessária para determinar o momento em que haverá entrada de recursos no caixa, pela cobrança de tarifa de usuário (receita). Esta tarifa, em tese, será cobrada por peso do resíduo que entra no aterro (\$/ton) e foi estimada para atender todos os custos sob responsabilidade do gestor do aterro sanitário, incluindo reserva futura para as despesas com monitoramento nos 15 anos subseqüentes ao encerramento do aterro. A entrada desse recurso inicia-se um mês após o início da operação (mês 08).

A hipótese da inflação zero é utilizada com frequência devido à dificuldade em encontrar um indicador que reflita com coerência um valor futuro que nem os melhores economistas do país se arriscam a definir. O estudo em questão foi efetuado numa planilha de cálculo do aplicativo “EXCEL” que permite criação de vínculos entre as planilhas, de forma que um valor alterado, ou atualizado, numa determinada tabela se corrija automaticamente em todas as demais tabelas em que ele foi utilizado. Desta forma, havendo um aumento de preços num determinado insumo, é possível atualizar este valor no orçamento, que irá refletir num aumento dos recursos necessários no cronograma financeiro, e irá mostrar em que momento haverá falta de recursos no caixa. Da mesma forma, é possível determinar um novo valor da tarifa de usuário que trará o novo equilíbrio das contas.

Na fase inicial, haverá também a entrada de recursos provenientes do empréstimo obtido junto à Caixa Econômica Federal, com recursos do FGTS, no programa Pró-saneamento, de cerca de R\$ 1.700.000,00. Segundo dados fornecidos por Tau(2005), valor de investimento da operação aprovada pela Caixa Econômica Federal é de R\$ 2.068.501,00, e o valor de financiamento utilizado para simular o fluxo foi de R\$ 1.758.226,00, correspondente a 85% do valor de investimento.

Observando as regras do programa de financiamento, verifica-se que 15% do valor de investimento deve ser aportado pelo agente promotor, ou gestor, como

contrapartida. E também que os custos operacionais não podem compor o valor de investimento.

Analisando o orçamento relativo às 2 etapas iniciais (células 1-A a 4-A), Tabela 5-8 e Tabela 5-9, pode-se concluir que somente R\$ 1.257.071,00, do orçamento acumulado de R\$ 2.513.029,00 podem compor os recursos do financiamento, conforme abaixo:

- da tabela 5-8, total do orçamento exceto custo operacional: R\$ 1.085.419,00;
- da tabela 5-9, total do orçamento exceto custo operacional: R\$ 393.488,00;
- Subtotal células 1-A a 4-A: R\$ 1.478.907,00;
- 85% financiável: R\$ 1.257.071,00.

Assim, optou-se por incluir no estudo a célula 5-A, Tabela 5-10, por possibilitar maior amplitude na aplicação da teoria, conforme abaixo:

- da tabela 5-10, total do orçamento exceto custo operacional: R\$ 599.594,00;
- 85% financiável: – R\$ 509.655,00.

Desta forma, têm-se:

- Valor de Investimento (VI) = R\$ 3.645.849,00 (Valor acumulado das 5 células, última linha da tabela 5-10)
- Valor do Financiamento (VF) = R\$ 1.758.226,00 (Valor máximo aprovado pelo agente financeiro)
- Recursos Próprios do Gestor = R\$ 1.887.623,00 (Contrapartida + custo operacional, ou  $RP = VI - VF$  )
- Prazo de carência do financiamento = 36 meses
- Prazo de amortização do financiamento = 180 meses
- Juros = 8% ao ano
- Prestação de amortização e juros = R\$ 16.802,00
- Taxa de Remuneração do Agente Financeiro (TA) = 2% ao ano

O orçamento completo de todas as etapas das duas fases encontra-se no Anexo I.

Tabela 5-8: Orçamento para as células 1-A, 2-A e 3-A

**ORÇAMENTO PARA IMPLANTAÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO DE PRESIDENTE PRUDENTE - SP**  
**FASE A**

<b>Implantação de Infraestrutura, preparo e disposição nas CÉLULAS C-01A, C-02A e C-03A.</b>							
Item	Medição	Unidade	Custo unitário R\$	Custo R\$	Custo acumulado R\$	Observações	
1	Limpeza do terreno	34.000	m <sup>2</sup>	0,08	2.720	2.720	
3	Locação dos elementos de projeto	13	ha	750,00	9.750	12.470	Topográfico cadastral
4	Isolamento vegetal	1.200	m	3,00	3.600	16.070	Sansão do campo
5	Execução de acessos	1.350	m	7,00	9.450	25.520	Execução de base das vias
6	Escavação para preparo das Bases 1A a 3A	75.910	m <sup>3</sup>	1,80	136.638	162.158	B-01, B-02 e B-03
7	Escarificação e compactação do solo de base	31.760	m <sup>2</sup>	2,20	69.872	232.030	95% Proctor Normal (30 cm)
8	Geossintético PEAD 2 mm colocado	38.112	m <sup>2</sup>	18,00	686.016	918.046	Espessura 30 cm
9	Camada dreno e de proteção	9.528	m <sup>3</sup>	0,70	6.670	924.716	Espessura 30 cm
10	Drenagem de chorume (inclusive mão de obra)				76.850	1.001.566	
	Ancoragem com brita nº 4 (ou cascalho)	1.500	m	2,80	4.200		
	Brita nº 1 ou cascalho (0.2 m <sup>3</sup> /m)	1.750	m	9,80	17.150		
	Cobertura de areia média/grossa	1.750	m	9,50	16.625		
	Geotêxtil (Bidim OP-40) 3 m <sup>2</sup> /m	1.750	m	13,00	22.750		
	Tubo dreno 100 mm	1.750	m	6,50	11.375		
	Tubo PVC esgoto DN100	350	m	5,00	1.750		
	Caixa de passagem de chorume	10	un	300,00	3.000		
11	Filtro Anaeróbio				51.611	1.053.177	
	Corte e aterro para preparo da área	1.400	m <sup>3</sup>	4,90	6.860		
	Escavação e preparo da base do filtro	360	m <sup>3</sup>	2,50	900		
	Contrapiso lateral	65	m <sup>2</sup>	22,50	1.463		
	Concreto armado	65	m <sup>3</sup>	295,00	19.175		
	Concreto poço de sucção de chorume	12	m <sup>3</sup>	295,00	3.540		
	Caixas de descarga de lodo	4	un	200,00	800		
	Caixa de alimentação	1	un	500,00	500		
	Caixa de distribuição	1	un	400,00	400		
	Brita nº 3	95	m <sup>3</sup>	30,00	2.850		
	Registro de gaveta DN 75	5	un	150,00	750		
	Registro de gaveta DN 100	1	un	210,00	210		
	Registro de gaveta DN 60	4	un	85,00	340		
	Tubulação PVC DE100 esgoto	60	m	5,00	300		
	Tubulação PVC DE75 esgoto	100	m	4,50	450		
	Conexões esgoto 75 mm (diversas)	32	un	1,20	38		
	Conexões água 75 mm (diversas)	120	un	16,00	1.920		
	Tubulação PVC DN60 água	150	m	9,00	1.350		
	Tubulação PVC DN75 água	110	m	11,00	1.210		
	Tubulação PVC DN100 água	25	m	23,00	575		
	Motobomba sumersível esgoto e acessórios	2	un	3.800,00	7.600		
	Instalação elétrica (caixa controle e fiação)	1	un	380,00	380		
12	Tanque de armazenamento				8.882	1.062.059	
	Ancoragem com brita nº 4 (ou cascalho)	75	m	2,80	210		
	Corte e aterro para preparo da área	820	m <sup>3</sup>	4,90	4.018		
	Manta PEAD 1 mm	330	m <sup>2</sup>	11,00	3.630		
	Caixa de controle de fluxo (passagem)	1	un	300,00	300		
	Caixa extravasora	1	un	380,00	380		
	Registro de gaveta DN 75	1	un	150,00	150		
	Tubulação PVC DE100 esgoto	14	m	5,00	70		
	Tubulação PVC DE75 esgoto	14	m	4,50	63		
	Conexões água 75 mm (diversas)	5	un	1,20	6		
	Conexões esgoto 75 mm (diversas)	1	un	0,70	1		
	Tubulação PVC DN75 água	14	m	3,90	55		
13	Bomba submersível	2	un	2.900,00	5.800	1.067.859	
14	Dreno vertical de gás	96	m	60,00	5.760	1.073.619	
15	Galpão p/ guarda e manut. c/ almoxarifado	40	m <sup>2</sup>	190,00	7.600	1.081.219	
16	Guarita	12	m <sup>2</sup>	350	4.200	1.085.419	
17	Custo operacional (disposição)	65.453	lt	7,50	490.898	1.576.316	18 meses de operação
<b>TOTAL</b>						1.576.316	Implantação do sistema, com infraestrutura e preparo e operação nas Células 1 a 3
					<b>Acumulado</b>		<b>1.576.316</b>

Tabela 5-9: Orçamento para a Célula 4-A

CÉLULA C-04A							
Item	Medição	Unidade	Custo unitário R\$	Custo R\$	Custo acumulado R\$	Observações	
1	Limpeza do terreno	16.215	m <sup>2</sup>	0,08	1.297	1.297	
3	Escavação para preparo da Base 4	36.835	m <sup>3</sup>	1,80	66.303	67.600	B-04
4	Escarificação e compactação do solo de base	16.215	m <sup>2</sup>	2,20	35.673	103.273	95% Proctor Normal (30 cm)
5	Geossintético PEAD 2 mm colocado	17.837	m <sup>2</sup>	14,00	249.711	352.984	
6	Camada dreno e de proteção	4.865	m <sup>3</sup>	0,70	3.405	356.389	
7	Drenagem de chorume (inclusive mão de obra)				31.339	387.728	
	Ancoragem com brita nº 4 (ou cascalho)	536	m	2,80	1.501		
	Brita nº 1 ou cascalho (0,2 m <sup>3</sup> /m)	760	m	9,80	7.448		
	Cobertura de areia média/grossa	760	m	9,50	7.220		
	Geotêxtil (Bidim OP-40) 3 m <sup>2</sup> /m	760	m	13,00	9.880		
	Tubo dreno 100 mm	760	m	6,50	4.940		
	Tubo PVC DN100	70	m	5,00	350		
	Caixa de passagem	2	Unidade	300,00	600		
8	Dreno vertical de gás	72	m	80,00	5.760	393.488	
9	Custo operacional (disposição)	72.430	tt	7,50	543.225	936.713	15 meses de operação
TOTAL						936.713	Implantação do sistema, com infraestrutura e preparo e operação da Célula 4
					Acumulado		2.513.029

Tabela 5-10 Orçamento para a Célula 5-A

CÉLULA C-05A							
Item	Medição	Unidade	Custo unitário R\$	Custo R\$	Custo acumulado R\$	Observações	
1	Limpeza do terreno	23.992	m <sup>2</sup>	0,08	1.919	1.919	
3	Escavação para preparo da Base 5	61.920	m <sup>3</sup>	1,80	111.456	113.375	B-05
4	Escarificação e compactação do solo de base	23.992	m <sup>2</sup>	2,20	52.782	166.158	95% Proctor Normal (30 cm)
5	Geossintético PEAD 2 mm colocado	26.391	m <sup>2</sup>	14,00	369.477	535.635	
6	Camada dreno e de proteção	7.198	m <sup>3</sup>	0,70	5.038	540.673	
7	Drenagem de chorume (inclusive mão de obra)				43.162	583.834	
	Ancoragem com brita nº 4 (ou cascalho)	792	m	2,80	2.218		
	Brita nº 1 ou cascalho (0,2 m <sup>3</sup> /m)	1.030	m	9,80	10.094		
	Cobertura de areia média/grossa	1.030	m	9,50	9.785		
	Geotêxtil (Bidim OP-40) 3 m <sup>2</sup> /m	1.030	m	13,00	13.390		
	Tubo dreno 100 mm	1.030	m	6,50	6.695		
	Caixa de passagem de chorume	2	un	300,00	600		
	Tubo PVC DN100	76	m	5,00	380		
8	Dreno vertical de gás	72	m	80,00	5.760	589.594	
9	Custo operacional (disposição)	72.430	tt	7,50	543.225	1.132.819	15 meses de operação
TOTAL						1.132.819	Implantação do sistema, com infraestrutura e preparo e operação da Célula 5
					Acumulado		3.645.849

Ainda de acordo com as regras do financiamento, na fase de carência é devido o pagamento da taxa de remuneração do agente financeiro, juros de 2% ao ano, calculados sobre o saldo devedor, apurado mensalmente. Após o término do prazo de carência, e do desembolso de recursos, o contrato entra em retorno, com a cobrança de prestação de juros e amortização, calculada na taxa de 8% a.a., pela Tabela Price, além da taxa de remuneração do agente financeiro. A evolução do contrato de financiamento também foi incluída no estudo, para melhor ilustrar os custos mensais com despesas financeiras.

Considerando a geometria da implantação do aterro, na realidade 2 aterros, foi estimado o custo de monitoramento na fase posterior ao encerramento da fase A, junto com a operação da fase B, de maneira diferenciada em relação ao custo de monitoramento após o encerramento das duas fases.

Nos 5 anos posteriores ao encerramento da fase A, foi estimado o custo em torno de R\$ 12.000,00 por mês, diminuindo para R\$ 7.000,00 por mês nos 10 anos seguintes. Na fase B, estimamos em R\$ 10.000,00/mês nos primeiros 5 anos e R\$ 5.000,00 nos 10 anos seguintes.

A Tabela 5-11 ilustra esta análise na fase inicial. Pode-se verificar que, na fase inicial, haverá um período de equilíbrio negativo (ou desequilíbrio financeiro), onde o gestor deverá buscar recursos financeiros extras para viabilizar a operação. Um empréstimo comercial, ou outro tipo de aplicação financeira, aporte de recursos públicos, ou outra alternativa qualquer deve ser buscada.

Quando se trata da municipalidade, ou outro órgão público, o aporte de recursos financeiros a título de contrapartida deve estar previsto no orçamento anual, e aprovado pelo poder legislativo.

O fluxo completo encontra-se relacionado no Anexo II.

Tabela 5-11 Fluxo de Caixa para os primeiros 39 meses.

Cronograma Físico		Cronograma Financeiro - despesas				Cronograma financeiro - receitas		
Etapa	Meses	Recursos necessários (Orçamento)	Recursos próprios necessários	Prestações (Retorno do Financ.)	Desp. com Monitoramento Ambiental	Recursos do Financiamento	Arrecadação tarifa de usuário - \$18/ton	Saldo - Equilíbrio financeiro
Serviços Preliminares	1	18.660,00	2.799,00			15.861,00		-2.799,00
	2	18.660,00	2.799,00	26,44		15.861,00		-5.624,44
	3	206.510,00	30.976,50	52,87		175.533,50		-36.653,81
	4	769.535,60	115.430,34	345,43		654.105,26		-152.429,57
	5	14.682,30	2.202,35	1.435,60		12.479,96		-156.067,52
	6	57.370,90	8.605,64	1.456,40		48.765,27		-166.129,55
Célula 1-A	7	27.272,08	27.272,08	1.537,68		0,00		-194.939,31
	8	27.272,08	27.272,08	1.537,68		0,00	84.420,00	-139.329,07
	9	27.272,08	27.272,08	1.537,68		0,00	84.420,00	-83.718,83
	10	27.272,08	27.272,08	1.537,68		0,00	84.420,00	-28.108,59
	11	27.272,08	27.272,08	1.537,68		0,00	84.420,00	27.501,65
	12	27.272,08	27.272,08	1.537,68		0,00	84.420,00	83.111,89
Célula 2-A	13	27.272,08	27.272,08	1.537,68		0,00	84.420,00	138.722,13
	14	27.272,08	27.272,08	1.537,68		0,00	84.420,00	194.332,37
	15	27.272,08	27.272,08	1.537,68		0,00	84.420,00	249.942,61
	16	27.272,08	27.272,08	1.537,68		0,00	84.420,00	305.552,85
	17	27.272,08	27.272,08	1.537,68		0,00	84.420,00	361.163,09
	18	27.272,08	27.272,08	1.537,68		0,00	84.420,00	416.773,33
Célula 3-A e Serv. Preliminares 4-A	19	27.272,08	27.272,08	1.537,68		0,00	84.420,00	472.383,57
	20	27.272,08	27.272,08	1.537,68		0,00	84.420,00	527.993,81
	21	94.872,28	37.412,11	1.537,68		57.460,17	84.420,00	573.464,02
	22	171.666,66	48.931,27	1.633,44		122.735,39	84.420,00	607.319,31
	23	171.666,66	48.931,27	1.838,00		122.735,39	84.420,00	640.970,04
	24	64.370,88	32.836,90	2.042,56		31.533,98	84.420,00	690.510,57
Célula 4-A	25	36.215,00	36.215,00	2.095,12		0,00	84.420,00	736.620,45
	26	36.215,00	36.215,00	2.095,12		0,00	84.420,00	782.730,33
	27	36.215,00	36.215,00	2.095,12		0,00	84.420,00	828.840,22
	28	36.215,00	36.215,00	2.095,12		0,00	84.420,00	874.950,10
	29	36.215,00	36.215,00	2.095,12		0,00	84.420,00	921.059,98
	30	36.215,00	36.215,00	2.095,12		0,00	84.420,00	967.169,86
	31	36.215,00	36.215,00	2.095,12		0,00	84.420,00	1.013.279,74
	32	36.215,00	36.215,00	2.095,12		0,00	84.420,00	1.059.389,62
	33	36.215,00	36.215,00	2.095,12		0,00	84.420,00	1.105.499,51
	34	36.215,00	36.215,00	2.095,12		0,00	84.420,00	1.151.609,39
	35	36.215,00	36.215,00	2.095,12		0,00	84.420,00	1.197.719,27
	Célula 4-A e Serviços Preliminares 5-A	36	149.590,36	53.221,30	2.095,12		96.369,06	84.420,00
37		247.344,60	67.884,44	19.058,26		179.460,16	84.420,00	1.224.300,14
38		247.344,60	67.884,44	19.348,90		179.460,16	84.420,00	1.221.486,81
39		90.174,92	44.308,99	19.639,47		45.865,93	84.420,00	1.241.958,35

O gráfico da Figura 5-4 apresenta os recursos necessários com base no orçamento apresentado, para o período da vida útil do aterro (15 anos). No gráfico é possível verificar que os custos iniciais são extremamente significativos, mantendo-se regulares após certo período. Isto explica a grande dificuldade encontrada pelo poder público, ou outro administrador, para a implantação de aterros sanitários.

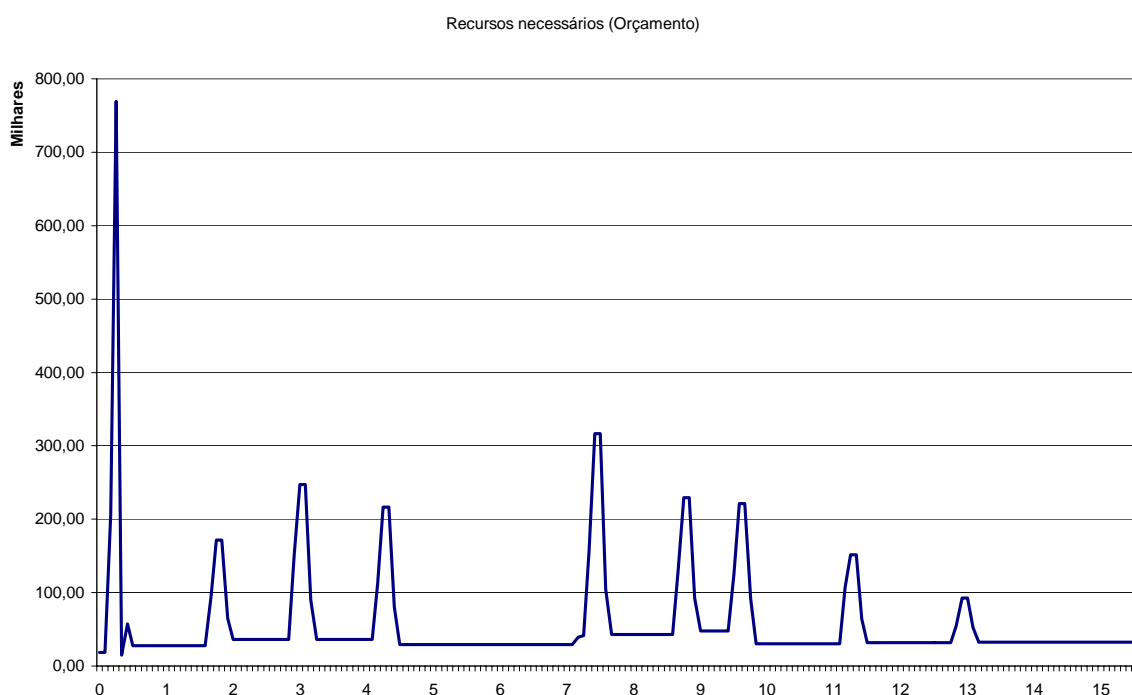


Figura 5-4: Recursos necessários para implantação e operação do aterro (orçamento)

O gráfico da Figura 5-5 apresenta os recursos necessários considerando o aporte inicial dos recursos provenientes do financiamento, para cobrir as despesas iniciais de implantação do aterro, e os custos mensais necessários para o pagamento do retorno desse financiamento. Também está incluído o custo para o monitoramento do aterro, na fase posterior o encerramento do aterro, estendendo o período para cerca de 30 anos. Nesse caso, os custos iniciais já estão bem menores, aumentando regularmente a cada período de implantação de uma nova célula. Com a efetiva cobrança da tarifa de usuário, é possível estabelecer uma arrecadação necessária para cobrir estas despesas. Este é o objetivo do estudo de fluxo de caixa, o valor necessário da arrecadação de receitas para fazer caixa necessário à cobertura das despesas.

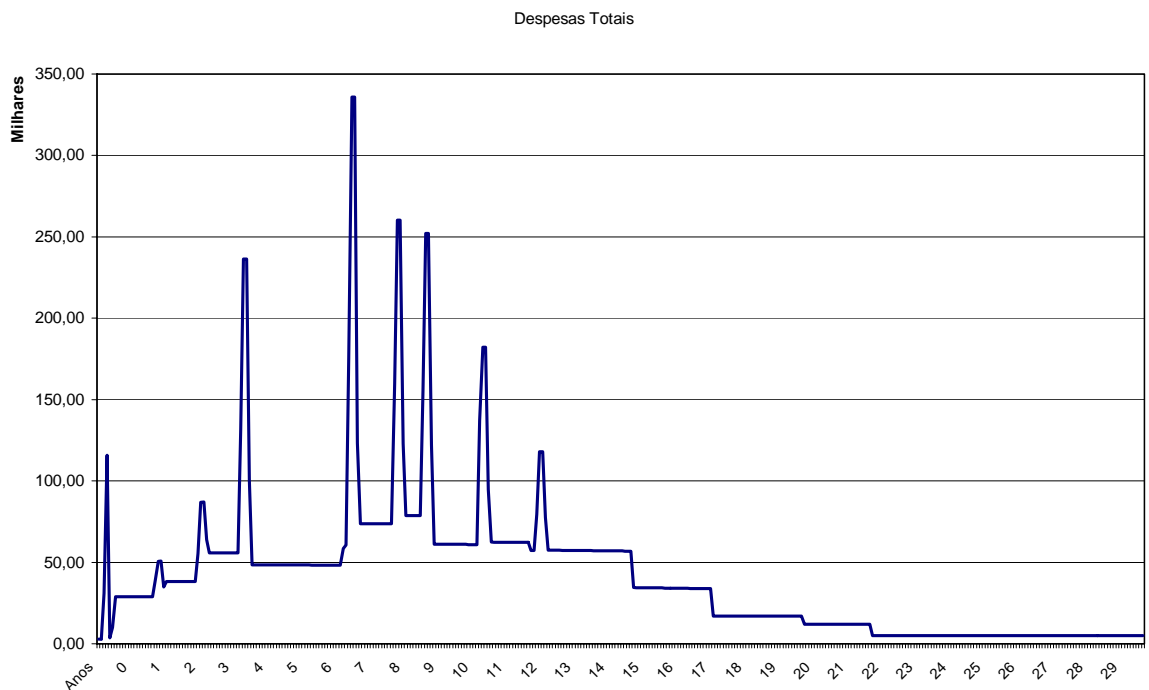


Figura 5-5 Recursos totais necessários (implantação, operação, manutenção e monitoramento)

O gráfico da Figura 5-6 ilustra melhor a questão do equilíbrio financeiro. Existe uma fase onde a entrada de recursos através da arrecadação de tarifa é constante, e os custos de implantação e operação já se encontram cobertos. Após esta fase, o saldo de caixa já apresenta resultado positivo em valores expressivos, representando o que se costuma definir na economia como o “lucro” da operação. Como pode ser verificado, ao final do período de operação do aterro, os recursos disponíveis são significativos – cerca de \$ 2.000.000,00. Estes recursos, aplicados numa conta remunerada, poderão ser utilizados para o monitoramento do aterro, na fase posterior ao encerramento das atividades do aterro.

Por outro lado, se este saldo positivo não for adequadamente administrado, não haverá recursos no futuro para arcar com as despesas de monitoramento. Numa administração pública, este risco existe e é grande, pois o aparente saldo positivo poderá gerar expectativas ao administrador público em buscar outras formas de aplicar este recurso.

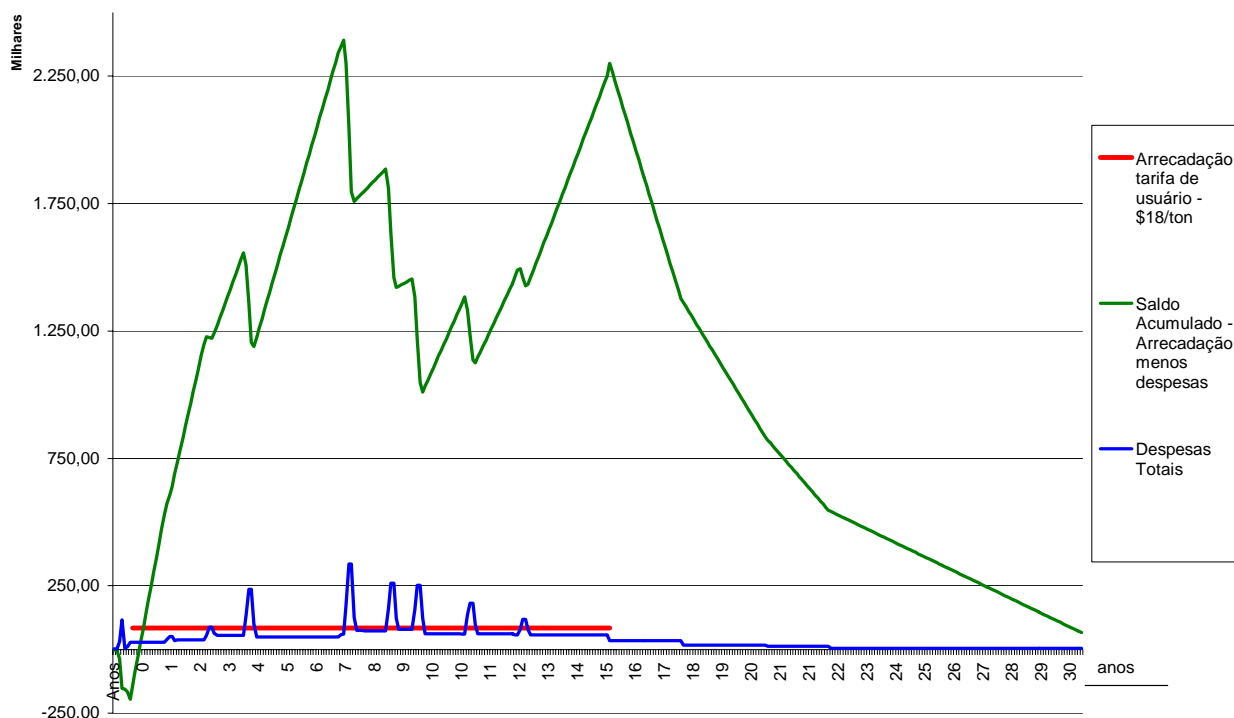


Figura 5-6 Fluxo de caixa de todo o período.

Na realidade, esta possibilidade existe. Uma boa administração financeira poderá proporcionar a utilização destes recursos para a execução do próximo aterro sanitário. Seria um aterro financiando outro. O pagamento da amortização desse empréstimo gera renda necessária para cobrir as despesas de monitoramento, entrando como despesa no fluxo de caixa do aterro seguinte.

Como se trata de um auto-financiamento, sem a participação de entidades financeiras, os custos financeiros deste operação de empréstimo podem ser menores, pois não haveria o lucro o agente financeiro para ser custeado. E dessa maneira, a entrada de recursos externos poderá ser limitada ao primeiro empreendimento a ser realizado pelo administrador.

## **6 CONCLUSÕES**

### **6.1 Análise de Ciclo de Vida aplicada a um aterro sanitário**

A aplicação do conceito de análise do ciclo de vida mostra-se como uma alternativa interessante para o gerenciamento do sistema de disposição final e permite identificar e correlacionar os principais impactos ambientais ao longo da vida útil.

A proposta constitui também uma ferramenta auxiliar do projetista, permitindo estimar os custos de implantação e operação do sistema, assim como possibilita analisar atividades precedentes, que têm influência sobre a qualidade dos resíduos a serem dispostos no aterro, tais como diferentes atividades de processamento e redução.

A vantagem do conceito apresentado é a disponibilidade mais consistente de dados que viabilizem sua aplicação, pois a quantidade de resíduos é efetivamente medida e a sua caracterização pode ser feita periodicamente no local. Outros parâmetros operacionais do aterro também podem ser obtidos facilmente. Por outro lado, quando se considera todo o fluxo de resíduos desde a geração, como na proposição de White et al. (1995), existe muita interferência até que o resíduo chegue ao aterro, tais como atividades de catadores de rua ou a disposição em locais impróprios. Isto pode resultar na obtenção de informações pouco confiáveis.

### **6.2 Análise Econômica**

Quanto à análise econômica, procurou-se buscar uma forma de efetuar a compreensão do projeto de aterro sanitário de uma forma global, buscando interagir aspectos técnicos, ambientais e econômicos. Sob o aspecto técnico, existe uma extensa bibliografia que trata da concepção, do projeto e dos detalhes de execução do projeto. Estudos sobre monitoramento do aterro após a fase de execução ainda são poucos, mas já existe uma crescente preocupação neste sentido. O que se busca hoje são recursos financeiros para este fim.

Não há uma fonte de renda que proporcione arrecadação de recursos para os custos com o monitoramento e muitas vezes estes custos são arcados pelos administradores como despesas operacionais do aterro seguinte. E é esta visão

imediatista, sem planejamento futuro, que predomina nos atuais administradores dos serviços de coleta e disposição de resíduos sólidos.

É necessário implantar nas mentes dos administradores municipais a concepção do gerenciamento integrado de resíduos sólidos, incentivando a implantação de novos aterros com a devida programação financeira para efetuar a captação de recursos financeiros ao longo da vida útil do aterro, possibilitando a formação de reserva financeira (poupança) para as despesas futuras com monitoramento.

A aplicação prática demonstrada no subitem 5.2 ilustra formas práticas e rápidas para estimar custos, aplicando recursos da matemática financeira para aproximá-los dos valores reais, atuais, necessários. Ilustra como aplicar a depreciação decorrente da perda do poder aquisitivo com a inflação, assim como estimar valores atuais que se pode aplicar no início da operação do aterro, para a obtenção de valores futuros condizentes com o necessário.

### **6.3 Aterro sanitário de Presidente Prudente**

Por outro lado, havendo dados suficientes para a perfeita caracterização do projeto de construção e implantação do aterro, verifica-se que é possível elaborar um estudo detalhado do cronograma financeiro de despesas e receitas, que pode ser uma ferramenta de auxílio à gestão dos recursos financeiros durante todo seu período de operação e manutenção.

Este estudo mostrou que, com a cobrança de uma tarifa adequada, a administração financeira do aterro sanitário pode tornar-se auto-sustentável. Possibilitou o pagamento de juros e taxa de administração ao agente financeiro que disponibilizou o empréstimo. Com o saldo do caixa apurado ao final das atividades, é possível utilizá-lo para financiar o aterro seguinte. Assim, se os recursos para o próximo aterro são provenientes da mesma administração, os custos financeiros tornam-se menores. Só é necessário amortizar o capital aplicado.

Para a continuidade do estudo apresentado, fica a sugestão do acompanhamento dos trabalhos da equipe técnica da PRUDENCO na efetiva utilização dos recursos disponibilizados para a implantação do aterro sanitário de Presidente Prudente e na gestão para a obtenção dos recursos complementares necessários para execução do projeto.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.004 - Resíduos Sólidos – Classificação**. 2004. Rio de Janeiro: 71 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.006 – Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos**. 2004. Rio de Janeiro: 20 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.007 – Amostragem de Resíduos**. 2004. Rio de Janeiro: 21p.

BAGCHI, A. **Design, Construction, and Monitoring of Landfills**. 1994. 2nd ed. John Wiley & Sons. 361p. ISBN 0-471-30681-9.

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. **Produtos e serviços**. Disponível em <<http://www.bndes.gov.br>>. Acesso em 27 mar 2001.

BANCO MUNDIAL. **Atuação no Brasil**. Disponível em <<http://wbln0018.worldbank.org>>. Acesso em 06 abr 2001.

BIDONE, F. R. A. **Conceitos Básicos de Resíduos Sólidos**. EESC – USP. São Carlos. 1999. 120p. ISBN 85-85205-27-X.

BJARNADÓTTIR, H.J., FRIÖRIKSSON, G.B., JOHNSEN, T., SLETSEN, H. **Guidelines for the use of LCA in the waste management sector**. Nordtest Report, TR 517. 2002. Finlândia.

BRITO, J.C.X.: **Peculiaridades dos Resíduos Sólidos Urbanos e Especiais**. Curso de Análise de Projetos para Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos. Rio de Janeiro. ABES. 1999. 22 p.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **Produtos e serviços**. Disponível em <<https://www.caixa.gov.br>> ou <<https://webp.caixa.gov.br/urbanizacao/index.asp>>. Acesso em 22 mai 2003.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, Gerência Nacional de Saneamento. **Cartilha de Financiamento**. Disponível em <http://www.caixa.gov.br>. Acesso em 14 out 2003.

CALDEIRA-PERES, A., RABELO, R.R., XAVIER, J. H. V. **Uso Potencial da Análise de Ciclo de Vida (ACV) associada aos conceitos da produção orgânica aplicados à agricultura familiar.** Caderno de Ciência e Tecnologia. Brasília. 2002. p. 149-178.

COMISSÃO DE POLÍTICAS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E DA AGENDA 21 NACIONAL. **Agenda 21 Brasileira – Ações Prioritárias.** Brasília. 2002. 167p. ISBN:85-87166-42-5.

HAMADA, J. UNESP/FEB. Comunicação pessoal sobre o orçamento do aterro sanitário de Presidente Prudente. 2005.

HAMADA, J. **Concepção de Aterros Sanitários: Análise Crítica e Contribuições para seu Aprimoramento no Brasil.** Tese de Livre Docência. UNESP/FEB. Bauru. 2003. 254p.

HAMADA, J. **Concepção do Aterro Sanitário de Presidente Prudente.** Relatório Técnico. UNESP - FUNDEB - PRUDENCO. Bauru. 2002. 82p.

HAMADA, J. **Apostila do curso de Resíduos Sólidos.** FEB – UNESP, Bauru. 2002. 32p.

HAMADA, J. **Apostila do curso – Sistema Integrado de Resíduos Sólidos .** FEB – UNESP, Bauru. 2000. 29p.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Indicadores de Desenvolvimento Sustentável.** Estudos e Pesquisa. Informação Geográfica. Rio de Janeiro. 2002. 195 p. ISSN 1517-1450.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **IDS – PNAD – Síntese de Indicadores 2003 – Volume Brasil 2003.** Disponível para consulta em [http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/recursos\\_naturais/ids/default.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/recursos_naturais/ids/default.shtm). Acesso em 13 abr 2005.

JUCÁ, J.F.T. **Destinação Final dos Resíduos Sólidos no Brasil: Situação atual e perspectivas.** Painel no 10º Simpósio Luso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2002. 18 p.

KAJINO, L., HAMADA, J. **Análise de Ciclo de Vida como ferramenta de gerenciamento de aterros para resíduos sólidos urbanos.** In: XI SILUBESA Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2004. Natal. Anais...ABES. CD.

LEGISLAÇÃO FEDERAL DO BRASIL – **Constituição Federal de 1988**. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil>. Acesso em 22/05/2003.

McBEAN, E.A., ROVERS, F.A., FARQUHAR, G.J., **Solid Waste Landfill Engineering and Design**. Prentice Hall, Inc. p. 521, 1995

MINISTÉRIO DAS CIDADES. Apresenta biblioteca com as normas que regulamentam a aplicação dos recursos da União. Disponível em <http://www.cidades.gov.br>. Acesso em 22 mai 2003.

MONTEIRO, J.P., FIGUEIREDO, C.E.M., MAGALHÃES, A.F., MELO, M.A.F., BRITO, J.C.X., ALMEIDA, T.P.F., MANSUR, G.L., coordenação técnica ZVEIBIL, V.Z. **Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos**. Rio de Janeiro. IBAM. 2001. 200 p.

MOREIRA, M. **Natureza Jurídica dos Consórcios Municipais. In: Consórcio: uma forma de cooperação intermunicipal**. Informativo CEPAM. Fundação Prefeito Faria Lima. São Paulo. 2001.

NAKAMURA, S. **Recycling, landfill consumption, and CO<sub>2</sub> emission: analyses by waste input-output model**. Working Paper Series 2007. Waseda University. 2000. 17 p.

QASIM, S.R, CHIANG, W. **Sanitary Landfill Leachate: Generation, Control and Treatment**. Technomic. Pennsylvania. 1994. 323 p.

OLIVEIRA, S. **Gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos na microrregião homogênea da Serra de Botucatu – Caracterização Física dos Resíduos Sólidos Domésticos na cidade de Botucatu/SP**. Dissertação de Mestrado. UNESP – Campus de Botucatu. 1997.

ROHDE, R.M. **Análise do ciclo de vida de produtos sob a ótica ambiental**. Trabalho de Graduação da Escola Federal de Engenharia de Itajubá. 2001. 14 p.

SOARES, S. R. **Análise de Impactos Ambientais**. Curso de Avaliação Ambiental de Sistemas. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Santa Catarina. 2003. 13 p.

TAU, W.R. Caixa Econômica Federal. Comunicação pessoal sobre análise de fluxo de caixa. 2005.

TCHOBANOGLIOUS, G., THEISEN, H., and VIGIL, S. **Integrated Solid Waste Management Engineering Principles and Management Issues**. McGraw-Hill. New York. 1993. 949 p.

US-EPA – Environmental Protection Agency of USA and Science Applications International Corporation. **LCAccess - LCA 101**. Disponível em: <http://www.epa.gov/ORD/NRMRL/lcaccess/lca101.htm>. 2001. 41 p.

US-EPA – Environmental Protection Agency. Municipal Solid Waste in United State: 2000 facts and figures. **EPA-Report of Office of Solid Waste and Emergency Response**. 177 p. 2002.

WHITE, P.R., FRANKE, M., HINDLE, P. **Integrated Solid Waste Management: A Lifecycle Inventory**. Blackie Academics & Professional (imprint of Chapman & Hall). ISBN 0-7514-0046-7. 1995. 362 p.

## ANEXOS

### ANEXO I – ORÇAMENTO PARA IMPLANTAÇÃO E OPERAÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO DE PRESIDENTE PRUDENTE/SP

#### FASE A

Implantação de Infraestrutura, preparo e disposição nas CÉLULAS C-01A, C-02A e C-03A.							
Item	Medição	Unidade	Custo unitário R\$	Custo R\$	Custo acumulado R\$	Observações	
1	Limpeza do terreno	34.000	m <sup>2</sup>	0,08	2.720	2.720	
3	Locação dos elementos de projeto	13	ha	750,00	9.750	12.470	Topográfico cadastral
4	Isolamento vegetal	1.200	m	3,00	3.600	16.070	Sansão do campo
5	Execução de acessos	1.350	m	7,00	9.450	25.520	Execução de base das vias
6	Escavação para preparo das Bases 1A a 3A	75.910	m <sup>3</sup>	1,80	136.638	162.158	B-01, B-02 e B-03
7	Escarificação e compactação do solo de base	31.760	m <sup>2</sup>	2,20	69.872	232.030	95% Proctor Normal (30 cm)
8	Geossintético PEAD 2 mm colocado	38.112	m <sup>2</sup>	18,00	686.016	918.046	Espessura 30 cm
9	Camada dreno e de proteção	9.528	m <sup>3</sup>	0,70	6.670	924.716	Espessura 30 cm
10	Drenagem de chorume (inclusive mão de obra)				76.850	1.001.566	
	Ancoragem com brita nº 4 (ou cascalho)	1.500	m	2,80	4.200		
	Brita nº 1 ou cascalho (0,2 m <sup>3</sup> /m)	1.750	m	9,80	17.150		
	Cobertura de areia média/grossa	1.750	m	9,50	16.625		
	Geotêxtil (Bidim OP-40) 3 m <sup>2</sup> /m	1.750	m	13,00	22.750		
	Tubo dreno 100 mm	1.750	m	6,50	11.375		
	Tubo PVC esgoto DN100	350	m	5,00	1.750		
	Caixa de passagem de chorume	10	un	300,00	3.000		
11	Filtro Anaeróbio				51.611	1.053.177	
	Corte e aterro para preparo da área	1.400	m <sup>3</sup>	4,90	6.860		
	Escavação e preparo da base do filtro	360	m <sup>3</sup>	2,50	900		
	Contrapiso lateral	65	m <sup>2</sup>	22,50	1.463		
	Concreto armado	65	m <sup>3</sup>	295,00	19.175		
	Concreto poço de sucção de chorume	12	m <sup>3</sup>	295,00	3.540		
	Caixas de descarga de lodo	4	un	200,00	800		
	Caixa de alimentação	1	un	500,00	500		
	Caixa de distribuição	1	un	400,00	400		
	Brita nº 3	95	m <sup>3</sup>	30,00	2.850		
	Registro de gaveta DN 75	5	un	150,00	750		
	Registro de gaveta DN 100	1	un	210,00	210		
	Registro de gaveta DN 60	4	un	85,00	340		
	Tubulação PVC DE100 esgoto	60	m	5,00	300		
	Tubulação PVC DE75 esgoto	100	m	4,50	450		
	Conexões esgoto 75 mm (diversas)	32	un	1,20	38		
	Conexões água 75 mm (diversas)	120	un	16,00	1.920		
	Tubulação PVC DN60 água	150	m	9,00	1.350		
	Tubulação PVC DN75 água	110	m	11,00	1.210		
	Tubulação PVC DN100 água	25	m	23,00	575		
	Motobomba sumersível esgoto e acessórios	2	un	3.800,00	7.600		
	Instalação elétrica (caixa controle e fiação)	1	un	380,00	380		
12	Tanque de armazenamento				8.882	1.062.059	
	Ancoragem com brita nº 4 (ou cascalho)	75	m	2,80	210		
	Corte e aterro para preparo da área	820	m <sup>3</sup>	4,90	4.018		
	Manta PEAD 1 mm	330	m <sup>2</sup>	11,00	3.630		
	Caixa de controle de fluxo (passagem)	1	un	300,00	300		
	Caixa extravasora	1	un	380,00	380		
	Registro de gaveta DN 75	1	un	150,00	150		
	Tubulação PVC DE100 esgoto	14	m	5,00	70		
	Tubulação PVC DE75 esgoto	14	m	4,50	63		
	Conexões água 75 mm (diversas)	5	un	1,20	6		
	Conexões esgoto 75 mm (diversas)	1	un	0,70	1		
	Tubulação PVC DN75 água	14	m	3,90	55		
13	Bomba sumersível	2	un	2.900,00	5.800	1.067.859	
14	Dreno vertical de gás	96	m	60,00	5.760	1.073.619	
15	Galpão p/ guarda e manut. c/ almoxarifado	40	m <sup>2</sup>	190,00	7.600	1.081.219	
16	Garita	12	m <sup>2</sup>	350	4.200	1.085.419	
17	Custo operacional (disposição)	65.453	t	7,50	490.898	1.576.316	18 meses de operação
TOTAL						1.576.316	Implantação do sistema, com infraestrutura e preparo e operação nas Células 1 a 3
					Acumulado		1.576.316

<b>CÉLULA C-04A</b>							
Item	Medição	Unidade	Custo unitário R\$	Custo R\$	Custo acumulado R\$	Observações	
1	Limpeza do terreno	16.215	m <sup>2</sup>	0,08	1.297	1.297	
3	Escavação para preparo da Base 4	36.835	m <sup>3</sup>	1,80	66.303	67.600	B-04
4	Escarificação e compactação do solo de base	16.215	m <sup>2</sup>	2,20	35.673	103.273	95% Proctor Normal (30 cm)
5	Geossintético PEAD 2 mm colocado	17.837	m <sup>2</sup>	14,00	249.711	352.984	
6	Camada dreno e de proteção	4.865	m <sup>3</sup>	0,70	3.405	356.389	
7	Drenagem de chorume (inclusive mão de obra)				31.339	387.728	
	Ancoragem com brita nº 4 (ou cascalho)	536	m	2,80	1.501		
	Brita nº 1 ou cascalho (0,2 m <sup>3</sup> /m)	760	m	9,80	7.448		
	Cobertura de areia média/grossa	760	m	9,50	7.220		
	Geotêxtil (Bidim OP-40) 3 m <sup>2</sup> /m	760	m	13,00	9.880		
	Tubo dreno 100 mm	760	m	6,50	4.940		
	Tubo PVC DN100	70	m	5,00	350		
	Caixa de passagem	2	Unidade	300,00	600		
8	Dreno vertical de gás	72	m	80,00	5.760	393.488	
9	Custo operacional (disposição)	72.430	t	7,50	543.225	936.713	15 meses de operação
TOTAL						936.713	Implantação do sistema, com infraestrutura e preparo e operação da Célula 4
					Acumulado		2.513.029

<b>CÉLULA C-05A</b>							
Item	Medição	Unidade	Custo unitário R\$	Custo R\$	Custo acumulado R\$	Observações	
1	Limpeza do terreno	23.992	m <sup>2</sup>	0,08	1.919	1.919	
3	Escavação para preparo da Base 5	61.920	m <sup>3</sup>	1,80	111.456	113.375	B-05
4	Escarificação e compactação do solo de base	23.992	m <sup>2</sup>	2,20	52.782	166.158	95% Proctor Normal (30 cm)
5	Geossintético PEAD 2 mm colocado	26.391	m <sup>2</sup>	14,00	369.477	535.635	
6	Camada dreno e de proteção	7.198	m <sup>3</sup>	0,70	5.038	540.673	
7	Drenagem de chorume (inclusive mão de obra)				43.162	583.834	
	Ancoragem com brita nº 4 (ou cascalho)	792	m	2,80	2.218		
	Brita nº 1 ou cascalho (0,2 m <sup>3</sup> /m)	1.030	m	9,80	10.094		
	Cobertura de areia média/grossa	1.030	m	9,50	9.785		
	Geotêxtil (Bidim OP-40) 3 m <sup>2</sup> /m	1.030	m	13,00	13.390		
	Tubo dreno 100 mm	1.030	m	6,50	6.695		
	Caixa de passagem de chorume	2	un	300,00	600		
	Tubo PVC DN100	76	m	5,00	380		
8	Dreno vertical de gás	72	m	80,00	5.760	589.594	
9	Custo operacional (disposição)	72.430	t	7,50	543.225	1.132.819	15 meses de operação
TOTAL						1.132.819	Implantação do sistema, com infraestrutura e preparo e operação da Célula 5
					Acumulado		3.645.849

<b>CÉLULA C-06A e C-07A</b>							
Item	Medição	Unidade	Custo unitário R\$	Custo R\$	Custo acumulado R\$	Observações	
1	Limpeza do terreno	20.520	m <sup>2</sup>	0,08	1.642	1.642	
2	Execução de acessos	-	m	7,00	-	1.642	Execução de base das vias
3	Escavação para preparo da Base 4	41.250	m <sup>3</sup>	1,80	74.250	75.892	B-06
4	Escarificação e compactação do solo de base	20.520	m <sup>2</sup>	2,20	45.144	121.036	95% Proctor Normal (30 cm)
5	Geossintético PEAD 2 mm colocado	22.572	m <sup>2</sup>	14,00	316.008	437.044	
6	Camada dreno e de proteção	6.156	m <sup>3</sup>	0,70	4.309	441.353	
7	Drenagem de chorume (inclusive mão de obra)				35.369	476.722	
	Ancoragem com brita nº 4 (ou cascalho)	356	m	2,80	997		
	Brita nº 1 ou cascalho (0,2 m <sup>3</sup> /m)	850	m	9,80	8.330		
	Cobertura de areia média/grossa	850	m	9,50	8.075		
	Geotêxtil (Bidim OP-40) 3 m <sup>2</sup> /m	850	m	13,00	11.050		
	Tubo dreno 100 mm	850	m	6,50	5.525		
	Caixa de passagem de chorume	2	un	300,00	600		
	Tubo PVC DN100	80	m	9,90	792		
8	Dreno vertical de gás	60	m	80,00	4.800	481.522	
9	Custo operacional (disposição)	146.862	t	7,50	1.101.465	1.582.987	38 meses de operação
TOTAL						1.582.987	Implantação do sist., com infraestrutura, prep. e oper. nas Células C-06 e C-07
					Acumulado		5.228.836

<b>TOTAL (7,2 anos de operação)</b>	<b>357.175</b>			<b>5.228.836</b>	<b>14,64</b>
	t			R\$	Custo por tonelada disposta (R\$/t)

## FASE B

<b>Implantação de Infraestrutura, preparo e disposição na CÉLULA C-01B</b>							
Item	Medição	Unidade	Custo unitário R\$	Custo R\$	Custo acumulado R\$	Observações	
1	Limpeza do terreno	23.972	m <sup>2</sup>	0,08	1.918	1.918	
3	Locação dos elementos de projeto	11	ha	750,00	8.250	10.168	Topográfico cadastral
4	Isolamento vegetal	1.060	m	3,00	3.180	13.348	Sansão do campo
5	Execução de acessos	1.320	m	7,00	9.240	22.588	Execução de base das vias
6	Escavação para preparo das Bases 1A a 3A	70.900	m <sup>3</sup>	1,80	127.620	150.208	B-01
7	Escarificação e compactação do solo de base	23.972	m <sup>2</sup>	2,20	52.738	202.946	95% Proctor Normal (30 cm)
8	Geossintético PEAD 2 mm colocado	28.766	m <sup>2</sup>	18,00	517.795	720.741	Espessura 30 cm
9	Camada dreno e de proteção	7.192	m <sup>3</sup>	0,70	5.034	725.775	Espessura 30 cm
10	Drenagem de chorume (inclusive mão de obra)				50.322	776.097	
	Ancoragem com brita nº 4 (ou cascalho)	840	m	2,80	2.352		
	Brita nº 1 ou cascalho (0,2 m <sup>3</sup> /m)	1.150	m	9,80	11.270		
	Cobertura de areia média/grossa	1.150	m	9,50	10.925		
	Geotêxtil (Bidim OP-40) 3 m <sup>2</sup> /m	1.150	m	13,00	14.950		
	Tubo dreno 100 mm	1.150	m	6,50	7.475		
	Tubo PVC esgoto DN100	310	m	5,00	1.550		
	Caixa de passagem de chorume	6	un	300,00	1.800		
11	Recalque de chorume				16.195	792.292	
	Corte e aterro para preparo da área	100	m <sup>3</sup>	4,90	490		
	Escav. e prep. da base dos poços de sucção	52	m <sup>3</sup>	2,50	130		
	Contrapiso lateral	16	m <sup>2</sup>	22,50	360		
	Concreto poço de sucção de chorume	12	m <sup>3</sup>	295,00	3.540		
	Registro de gaveta DN 75	1	un	150,00	150		
	Registro de gaveta DN 100	1	un	210,00	210		
	Registro de gaveta DN 60	3	un	85,00	255		
	Tubulação PVC DE100 esgoto	40	m	5,00	200		
	Tubulação PVC DN60 água	320	m	9,00	2.880		
	Motobomba sumersível esgoto e acessórios	2	un	3.800,00	7.600		
	Instalação elétrica (caixa controle e fiação)	1	un	380,00	380		
12	Bomba submersível	2	un	2.900,00	5.800	798.092	
13	Dreno vertical de gás	48	m	60,00	2.880	800.972	
14	Custo operacional (disposição)	90.964	t	7,50	682.230	1.483.202	16 meses de operação
TOTAL						1.483.202	Implantação do sistema, com infraestrutura e preparo e operação na Célula 1
					Acumulado		1.483.202

<b>CÉLULA C-02B</b>							
Item	Medição	Unidade	Custo unitário R\$	Custo R\$	Custo acumulado R\$	Observações	
1	Limpeza do terreno	21.200	m <sup>2</sup>	0,08	1.696	1.696	
3	Escavação para preparo da Base 2	46.930	m <sup>3</sup>	1,80	84.474	86.170	B-02
4	Escarificação e compactação do solo de base	21.200	m <sup>2</sup>	2,20	46.640	132.810	95% Proctor Normal (30 cm)
5	Geossintético PEAD 2 mm colocado	23.320	m <sup>2</sup>	14,00	326.480	459.290	
6	Camada dreno e de proteção	6.360	m <sup>3</sup>	0,70	4.452	463.742	
7	Drenagem de chorume (inclusive mão de obra)				41.650	505.392	
	Ancoragem com brita nº 4 (ou cascalho)	540	m	2,80	1.512		
	Brita nº 1 ou cascalho (0,2 m <sup>3</sup> /m)	1.010	m	9,80	9.898		
	Cobertura de areia média/grossa	1.010	m	9,50	9.595		
	Geotêxtil (Bidim OP-40) 3 m <sup>2</sup> /m	1.010	m	13,00	13.130		
	Tubo dreno 100 mm	1.010	m	6,50	6.565		
	Tubo PVC DN100	190	m	5,00	950		
	Caixa de passagem	2	Un.	300,00	600		
8	Dreno vertical de gás	42	m	80,00	3.360	508.752	
9	Custo operacional (disposição)	63.810	t	7,50	478.575	987.327	10 meses de operação
TOTAL						987.327	
					Acumulado		2.470.529

<b>CÉLULA C-03B</b>							
Item	Medição	Unidade	Custo unitário R\$	Custo R\$	Custo acumulado R\$	Observações	
1	Limpeza do terreno	19.700	m <sup>2</sup>	0,08	1.576	1.576	
3	Escavação para preparo da Base 3	41.800	m <sup>3</sup>	1,80	75.240	76.816	B-03
4	Escarificação e compactação do solo de base	19.700	m <sup>2</sup>	2,20	43.340	120.156	95% Proctor Normal (30 cm)
5	Geossintético PEAD 2 mm colocado	21.670	m <sup>2</sup>	14,00	303.380	423.536	
6	Camada dreno e de proteção	5.910	m <sup>3</sup>	0,70	4.137	427.673	
7	Drenagem de chorume (inclusive mão de obra)				36.401	464.074	
	Ancoragem com brita nº 4 (ou cascalho)	480	m	2,80	1.344		
	Brita nº 1 ou cascalho (0,2 m <sup>3</sup> /m)	869	m	9,80	8.516		
	Cobertura de areia média/grossa	869	m	9,50	8.256		
	Geotêxtil (Bidim OP-40) 3 m <sup>2</sup> /m	869	m	13,00	11.297		
	Tubo dreno 100 mm	869	m	6,50	5.649		
	Caixa de passagem de chorume	2	un	300,00	600		
	Tubo PVC DN100	148	m	5,00	740		
8	Dreno vertical de gás	36	m	80,00	2.880	466.954	
9	Custo operacional (disposição)	80.964	t	7,50	607.230	1.074.184	20 meses de operação
TOTAL						1.074.184	
					Acumulado		3.544.714

<b>CÉLULA C-04B</b>							
Item	Medição	Unidade	Custo unitário R\$	Custo R\$	Custo acumulado R\$	Observações	
1	Limpeza do terreno	13.771	m <sup>2</sup>	0,08	1.102	1.102	
3	Escavação para preparo da Base 4	41.800	m <sup>3</sup>	1,80	75.240	76.342	B-04
4	Escarificação e compactação do solo de base	13.771	m <sup>2</sup>	2,20	30.296	106.638	95% Proctor Normal (30 cm)
5	Geossintético PEAD 2 mm colocado	15.148	m <sup>2</sup>	14,00	212.073	318.711	
6	Camada dreno e de proteção	4.131	m <sup>3</sup>	0,70	2.892	321.603	
7	Drenagem de chorume (inclusive mão de obra)				28.016	349.619	
	Ancoragem com brita nº 4 (ou cascalho)	342	m	2,80	958		
	Brita nº 1 ou cascalho (0,2 m <sup>3</sup> /m)	660	m	9,80	6.468		
	Cobertura de areia média/grossa	660	m	9,50	6.270		
	Geotêxtil (Bidim OP-40) 3 m <sup>2</sup> /m	660	m	13,00	8.580		
	Tubo dreno 100 mm	660	m	6,50	4.290		
	Caixa de passagem de chorume	2	un	300,00	600		
	Tubo PVC DN100	170	m	5,00	850		
8	Dreno vertical de gás	36	m	80,00	2.880	352.499	
9	Custo operacional (disposição)	85.180	t	7,50	638.850	991.349	20 meses de operação
TOTAL						991.349	Implantação do sistema, com infraestrutura e preparo e operação da Célula 4
					Acumulado		4.536.062

<b>CÉLULA C-05B e C-06B</b>							
Item	Medição	Unidade	Custo unitário R\$	Custo R\$	Custo acumulado R\$	Observações	
1	Limpeza do terreno	6.900	m <sup>2</sup>	0,08	552	552	
3	Escavação para preparo da Base 5	12.150	m <sup>3</sup>	1,80	21.870	22.422	B-05
4	Escarificação e compactação do solo de base	6.900	m <sup>2</sup>	2,20	15.180	37.602	95% Proctor Normal (30 cm)
5	Geossintético PEAD 2 mm colocado	7.590	m <sup>2</sup>	14,00	106.260	143.862	
6	Camada dreno e de proteção	2.070	m <sup>3</sup>	0,70	1.449	145.311	
7	Drenagem de chorume (inclusive mão de obra)				17.404	162.715	
	Ancoragem com brita nº 4 (ou cascalho)	242	m	2,80	678		
	Brita nº 1 ou cascalho (0,2 m <sup>3</sup> /m)	385	m	9,80	3.773		
	Cobertura de areia média/grossa	385	m	9,50	3.658		
	Geotêxtil (Bidim OP-40) 3 m <sup>2</sup> /m	385	m	13,00	5.005		
	Tubo dreno 100 mm	385	m	6,50	2.503		
	Caixa de passagem de chorume	2	un	300,00	600		
	Tubo PVC DN100	120	m	9,90	1.188		
8	Dreno vertical de gás	21	m	80,00	1.680	164.395	
9	Custo operacional (disposição)	129.409	t	7,50	970.568	1.134.962	30 meses de operação
TOTAL						1.134.962	Implantação do sist., com infraestrutura, prep. e oper. nas Células C-05 e C-06
					Acumulado		5.671.025
<b>TOTAL (8 anos de operação)</b>		<b>450.327</b>			<b>5.671.025</b>	<b>12,59</b>	
		t			R\$		Custo por tonelada disposta (R\$/t)

**ANEXO II – FLUXO DE CAIXA DOS RECURSOS FINANCEIROS PARA A IMPLANTAÇÃO, OPERAÇÃO E MONITORAMENTO DO ATERRO SANITÁRIO**

Etapa	Cronograma Físico		Cronograma Financeiro - despesas				Cronograma financeiro - receitas			Saldo acumulado: Receitas - despesas
	Meses	Recursos necessários (Orçamento)	Recursos próprios necessários	Prestações (Retorno do Financ.)	Desp. com Monitoramento Ambiental	Recursos do Financiamento	Arrecadação tarifa de usuário - \$/18/ton	Receitas - despesas		
Serviços Preliminares	1	18.660,00	2.799,00			15.861,00		-2.799,00		
	2	18.660,00	2.799,00	26,44		15.861,00		-5.624,44		
	3	206.510,00	30.976,50	52,87		175.533,50		-36.653,81		
	4	769.535,60	115.430,34	345,43		654.105,26		-152.429,57		
	5	14.682,30	2.202,35	1.435,60		12.479,96		-156.067,52		
	6	57.370,90	8.605,64	1.456,40		48.765,27		-166.129,55		
Célula 1-A	7	27.272,08	27.272,08	1.537,68		0,00	84.420,00	-194.939,31		
	8	27.272,08	27.272,08	1.537,68		0,00	84.420,00	-139.329,07		
	9	27.272,08	27.272,08	1.537,68		0,00	84.420,00	-83.718,83		
	10	27.272,08	27.272,08	1.537,68		0,00	84.420,00	-28.108,59		
	11	27.272,08	27.272,08	1.537,68		0,00	84.420,00	27.501,65		
	12	27.272,08	27.272,08	1.537,68		0,00	84.420,00	83.111,89		
Célula 2-A	13	27.272,08	27.272,08	1.537,68		0,00	84.420,00	138.722,13		
	14	27.272,08	27.272,08	1.537,68		0,00	84.420,00	194.332,37		
	15	27.272,08	27.272,08	1.537,68		0,00	84.420,00	249.942,61		
	16	27.272,08	27.272,08	1.537,68		0,00	84.420,00	305.552,85		
	17	27.272,08	27.272,08	1.537,68		0,00	84.420,00	361.163,09		
	18	27.272,08	27.272,08	1.537,68		0,00	84.420,00	416.773,33		
Célula 3-A e Serv. Preliminares 4-	19	27.272,08	27.272,08	1.537,68		0,00	84.420,00	472.383,57		
	20	27.272,08	27.272,08	1.537,68		0,00	84.420,00	527.993,81		
	21	94.872,28	37.412,11	1.537,68		57.460,17	84.420,00	573.464,02		
	22	171.666,66	48.931,27	1.633,44		122.735,39	84.420,00	607.319,31		
	23	171.666,66	48.931,27	1.838,00		122.735,39	84.420,00	640.970,04		
	24	64.370,88	32.836,90	2.042,56		31.533,98	84.420,00	690.510,57		

Cronograma Físico		Cronograma Financeiro - despesas				Cronograma financeiro - receitas			Saldo acumulado:	
Etapa	Meses	Recursos necessários (Orçamento)	Recursos próprios necessários	Prestações (Retorno do Financ.)	Desp. com Monitoramento Ambiental	Recursos do Financiamento	Arrecadação tarifa de usuário - \$18/ton	Receitas - despesas		
Célula 4- e Serviços Preliminar	25	36.215,00	36.215,00	2.095,12		0,00	84.420,00	736.620,45		
	26	36.215,00	36.215,00	2.095,12		0,00	84.420,00	782.730,33		
	27	36.215,00	36.215,00	2.095,12		0,00	84.420,00	828.840,22		
	28	36.215,00	36.215,00	2.095,12		0,00	84.420,00	874.950,10		
	29	36.215,00	36.215,00	2.095,12		0,00	84.420,00	921.059,98		
	30	36.215,00	36.215,00	2.095,12		0,00	84.420,00	967.169,86		
	31	36.215,00	36.215,00	2.095,12		0,00	84.420,00	1.013.279,74		
	32	36.215,00	36.215,00	2.095,12		0,00	84.420,00	1.059.389,62		
	33	36.215,00	36.215,00	2.095,12		0,00	84.420,00	1.105.499,51		
	34	36.215,00	36.215,00	2.095,12		0,00	84.420,00	1.151.609,39		
	35	36.215,00	36.215,00	2.095,12		0,00	84.420,00	1.197.719,27		
	36	149.590,36	53.221,30	2.095,12		96.369,06	84.420,00	1.226.822,85		
	37	247.344,60	67.884,44	19.058,26		179.460,16	84.420,00	1.224.300,14		
	38	247.344,60	67.884,44	19.348,90		179.460,16	84.420,00	1.221.486,81		
	39	90.174,92	44.308,99	19.639,47		45.865,93	84.420,00	1.241.958,35		
	40	36.215,00	36.215,00	19.707,33			84.420,00	1.270.456,02		
	41	36.215,00	36.215,00	19.698,69			84.420,00	1.298.962,33		
	42	36.215,00	36.215,00	19.690,00			84.420,00	1.327.477,33		
	43	36.215,00	36.215,00	19.681,24			84.420,00	1.356.001,09		
	44	36.215,00	36.215,00	19.672,43			84.420,00	1.384.533,66		
	45	36.215,00	36.215,00	19.663,56			84.420,00	1.413.075,10		
	46	36.215,00	36.215,00	19.654,63			84.420,00	1.441.625,47		
	47	36.215,00	36.215,00	19.645,64			84.420,00	1.470.184,83		
	48	36.215,00	36.215,00	19.636,59			84.420,00	1.498.753,25		
	49	36.215,00	36.215,00	19.627,48			84.420,00	1.527.330,77		
	50	36.215,00	36.215,00	19.618,31			84.420,00	1.555.917,47		
	Célula 5-A									

Cronograma Físico		Cronograma Financeiro - despesas				Cronograma financeiro - receitas			Saldo acumulado: Receitas - despesas
Etapa	Meses	Recursos necessários (Orçamento)	Recursos próprios necessários	Prestações (Retorno do Financ.)	Desp. com Monitoramento Ambiental	Recursos do Financiamento	Arrecadação tarifa de usuário - \$18/ton		
Célula 5 e Serviços e Telim. g	51	112.106,60	112.106,60	19.609,07			84.420,00	1.508.621,79	
	52	216.791,00	216.791,00	19.599,78			84.420,00	1.356.651,01	
	53	216.791,00	216.791,00	19.590,42			84.420,00	1.204.689,59	
	54	80.693,00	80.693,00	19.581,00			84.420,00	1.188.835,59	
	55	28.985,92	28.985,92	19.571,52			84.420,00	1.224.698,14	
	56	28.985,92	28.985,92	19.561,98			84.420,00	1.260.570,24	
	57	28.985,92	28.985,92	19.552,37			84.420,00	1.296.451,95	
	58	28.985,92	28.985,92	19.542,70			84.420,00	1.332.343,33	
	59	28.985,92	28.985,92	19.532,96			84.420,00	1.368.244,44	
	60	28.985,92	28.985,92	19.523,16			84.420,00	1.404.155,36	
	61	28.985,92	28.985,92	19.513,30			84.420,00	1.440.076,14	
	62	28.985,92	28.985,92	19.503,36			84.420,00	1.476.006,86	
	63	28.985,92	28.985,92	19.493,36			84.420,00	1.511.947,57	
	64	28.985,92	28.985,92	19.483,30			84.420,00	1.547.898,36	
	65	28.985,92	28.985,92	19.473,17			84.420,00	1.583.859,27	
	66	28.985,92	28.985,92	19.462,97			84.420,00	1.619.830,38	
	67	28.985,92	28.985,92	19.452,70			84.420,00	1.655.811,76	
	68	28.985,92	28.985,92	19.442,36			84.420,00	1.691.803,48	
	69	28.985,92	28.985,92	19.431,96			84.420,00	1.727.805,60	
	70	28.985,92	28.985,92	19.421,48			84.420,00	1.763.818,20	
	71	28.985,92	28.985,92	19.410,94			84.420,00	1.799.841,34	
	72	28.985,92	28.985,92	19.400,32			84.420,00	1.835.875,09	
	73	28.985,92	28.985,92	19.389,64			84.420,00	1.871.919,54	
	74	28.985,92	28.985,92	19.378,88			84.420,00	1.907.974,74	
	75	28.985,92	28.985,92	19.368,05			84.420,00	1.944.040,76	
	76	28.985,92	28.985,92	19.357,15			84.420,00	1.980.117,69	
	77	28.985,92	28.985,92	19.346,18			84.420,00	2.016.205,59	
	78	28.985,92	28.985,92	19.335,13			84.420,00	2.052.304,54	
	79	28.985,92	28.985,92	19.324,01			84.420,00	2.088.414,61	
	80	28.985,92	28.985,92	19.312,82			84.420,00	2.124.535,87	
	81	28.985,92	28.985,92	19.301,55			84.420,00	2.160.668,40	
	82	28.985,92	28.985,92	19.290,20			84.420,00	2.196.812,28	
	83	28.985,92	28.985,92	19.278,78			84.420,00	2.232.967,57	
	84	28.985,92	28.985,92	19.267,29			84.420,00	2.269.134,37	
	85	28.985,92	28.985,92	19.255,72			84.420,00	2.305.312,73	
	86	28.985,92	28.985,92	19.244,07			84.420,00	2.341.502,74	

Células 6-A e 7-A

Cronograma Físico		Cronograma Financeiro - despesas				Cronograma financeiro - receitas			Saldo acumulado:
Etapa	Meses	Recursos necessários (Orçamento)	Recursos próprios necessários	Prestações (Retorno do Financ.)	Desp. com Monitoramento Ambiental	Recursos do Financiamento	Arrecadação tarifa de usuário - \$18/ton	Receitas - despesas	
Células 6-A/7-A e Serv. Prelim. Célula 1-B	87	39.153,68	39.153,68	19.232,34			84.420,00	2.367.536,72	
	88	41.405,92	41.405,92	19.220,53			84.420,00	2.391.330,27	
	89	156.605,92	156.605,92	19.208,65			84.420,00	2.299.935,70	
	90	316.769,78	316.769,78	19.196,69			84.420,00	2.048.389,23	
	91	316.769,78	316.769,78	19.184,64			84.420,00	1.796.854,81	
	92	104.182,92	104.182,92	19.172,52			84.420,00	1.757.919,37	
	93	42.639,38	42.639,38	19.160,31	12.000,00		84.420,00	1.768.539,68	
	94	42.639,38	42.639,38	19.148,03	12.000,00		84.420,00	1.779.172,28	
	95	42.639,38	42.639,38	19.135,66	12.000,00		84.420,00	1.789.817,24	
	96	42.639,38	42.639,38	19.123,21	12.000,00		84.420,00	1.800.474,66	
Cél. 1-B e Serv. Prel. Célula 1-B	97	42.639,38	42.639,38	19.110,68	12.000,00		84.420,00	1.811.144,60	
	98	42.639,38	42.639,38	19.098,06	12.000,00		84.420,00	1.821.827,17	
	99	42.639,38	42.639,38	19.085,36	12.000,00		84.420,00	1.832.522,43	
	100	42.639,38	42.639,38	19.072,58	12.000,00		84.420,00	1.843.230,48	
	101	42.639,38	42.639,38	19.059,70	12.000,00		84.420,00	1.853.951,40	
	102	42.639,38	42.639,38	19.046,75	12.000,00		84.420,00	1.864.685,28	
	103	42.639,38	42.639,38	19.033,71	12.000,00		84.420,00	1.875.432,20	
	104	42.639,38	42.639,38	19.020,58	12.000,00		84.420,00	1.886.192,25	
	105	128.809,38	128.809,38	19.007,36	12.000,00		84.420,00	1.810.795,51	
	106	229.199,38	229.199,38	18.994,05	12.000,00		84.420,00	1.635.022,09	
Cél. 2-B e Serv. Prel. Célula 2-B	107	229.199,38	229.199,38	18.980,66	12.000,00		84.420,00	1.459.262,05	
	108	92.101,38	92.101,38	18.967,18	12.000,00		84.420,00	1.420.613,50	
	109	47.857,50	47.857,50	18.953,60	12.000,00		84.420,00	1.426.222,40	
	110	47.857,50	47.857,50	18.939,94	12.000,00		84.420,00	1.431.844,96	
	111	47.857,50	47.857,50	18.926,18	12.000,00		84.420,00	1.437.481,28	
	112	47.857,50	47.857,50	18.912,34	12.000,00		84.420,00	1.443.131,44	
	113	47.857,50	47.857,50	18.898,40	12.000,00		84.420,00	1.448.795,54	
	114	47.857,50	47.857,50	18.884,37	12.000,00		84.420,00	1.454.473,67	
	115	124.673,50	124.673,50	18.870,24	12.000,00		84.420,00	1.383.349,93	
	116	221.217,50	221.217,50	18.856,02	12.000,00		84.420,00	1.215.696,41	
Cél. 2-B e Serv. Prel. Célula 2-B	117	221.217,50	221.217,50	18.841,71	12.000,00		84.420,00	1.048.057,20	
	118	91.275,70	91.275,70	18.827,30	12.000,00		84.420,00	1.010.374,20	

Cronograma Físico		Cronograma Financeiro - despesas				Cronograma financeiro - receitas		Saldo acumulado:
Etapa	Meses	Recursos necessários (Orçamento)	Recursos próprios necessários	Prestações (Retorno do Financ.)	Desp. com Monitoramento Ambiental	Recursos do Financiamento	Arrecadação tarifa de usuário - \$18/ton	Receitas - despesas
	119	30.361,50	30.361,50	18.812,79	12.000,00		84.420,00	1.033.619,91
	120	30.361,50	30.361,50	18.798,19	12.000,00		84.420,00	1.056.880,22
	121	30.361,50	30.361,50	18.783,49	12.000,00		84.420,00	1.080.155,23
	122	30.361,50	30.361,50	18.768,69	12.000,00		84.420,00	1.103.445,04
	123	30.361,50	30.361,50	18.753,80	12.000,00		84.420,00	1.126.749,74
	124	30.361,50	30.361,50	18.738,80	12.000,00		84.420,00	1.150.069,44
	125	30.361,50	30.361,50	18.723,70	12.000,00		84.420,00	1.173.404,24
	126	30.361,50	30.361,50	18.708,51	12.000,00		84.420,00	1.196.754,23
	127	30.361,50	30.361,50	18.693,21	12.000,00		84.420,00	1.220.119,52
	128	30.361,50	30.361,50	18.677,81	12.000,00		84.420,00	1.243.500,21
	129	30.361,50	30.361,50	18.662,31	12.000,00		84.420,00	1.266.896,40
	130	30.361,50	30.361,50	18.646,70	12.000,00		84.420,00	1.290.308,20
	131	30.361,50	30.361,50	18.630,99	12.000,00		84.420,00	1.313.735,71
	132	30.361,50	30.361,50	18.615,18	12.000,00		84.420,00	1.337.179,03
	133	30.361,50	30.361,50	18.599,26	12.000,00		84.420,00	1.360.638,27
	134	30.361,50	30.361,50	18.583,23	12.000,00		84.420,00	1.384.113,54
	135	106.703,18	106.703,18	18.567,10	12.000,00		84.420,00	1.331.263,26
	136	151.546,30	151.546,30	18.550,86	12.000,00		84.420,00	1.233.586,10
	137	151.546,30	151.546,30	18.534,51	12.000,00		84.420,00	1.135.925,29
	138	64.149,01	64.149,01	18.518,05	12.000,00		84.420,00	1.125.678,23
	139	31.942,50	31.942,50	18.501,49	12.000,00		84.420,00	1.147.654,24
	140	31.942,50	31.942,50	18.484,81	12.000,00		84.420,00	1.169.646,93
	141	31.942,50	31.942,50	18.468,02	12.000,00		84.420,00	1.191.656,41
	142	31.942,50	31.942,50	18.451,12	12.000,00		84.420,00	1.213.682,80
	143	31.942,50	31.942,50	18.434,10	12.000,00		84.420,00	1.235.726,19
	144	31.942,50	31.942,50	18.416,98	12.000,00		84.420,00	1.257.786,72
	145	31.942,50	31.942,50	18.399,74	12.000,00		84.420,00	1.279.864,48
	146	31.942,50	31.942,50	18.382,38	12.000,00		84.420,00	1.301.959,60
	147	31.942,50	31.942,50	18.364,91	12.000,00		84.420,00	1.324.072,19
	148	31.942,50	31.942,50	18.347,32	12.000,00		84.420,00	1.346.202,38
	149	31.942,50	31.942,50	18.329,61	12.000,00		84.420,00	1.368.350,26
	150	31.942,50	31.942,50	18.311,79	12.000,00		84.420,00	1.390.515,97
	151	31.942,50	31.942,50	18.293,85	12.000,00		84.420,00	1.412.699,62
	152	31.942,50	31.942,50	18.275,79	12.000,00		84.420,00	1.434.901,34
	153	31.942,50	31.942,50	18.257,60	7.000,00		84.420,00	1.462.121,24
	154	31.942,50	31.942,50	18.239,30	7.000,00		84.420,00	1.489.359,44

Cronograma Físico		Cronograma Financeiro - despesas				Cronograma financeiro - receitas		Saldo acumulado:
Etapa	Meses	Recursos necessários (Orçamento)	Recursos próprios necessários	Prestações (Retorno do Financ.)	Desp. com Monitoramento Ambiental	Recursos do Financiamento	Arrecadação tarifa de usuário - \$18/ton	Receitas - despesas
e d c b a	155	54.364,50	54.364,50	18.220,87	7.000,00		84.420,00	1.494.194,06
	156	92.662,50	92.662,50	18.202,32	7.000,00		84.420,00	1.460.749,24
	157	92.662,50	92.662,50	18.183,65	7.000,00		84.420,00	1.427.323,09
	158	52.475,10	52.475,10	18.164,86	7.000,00		84.420,00	1.434.103,13
C B A	159	32.352,25	32.352,25	18.145,93	7.000,00		84.420,00	1.461.024,95
	160	32.352,25	32.352,25	18.126,89	7.000,00		84.420,00	1.487.965,81
	161	32.352,25	32.352,25	18.107,71	7.000,00		84.420,00	1.514.925,85
	162	32.352,25	32.352,25	18.088,41	7.000,00		84.420,00	1.541.905,20
	163	32.352,25	32.352,25	18.068,98	7.000,00		84.420,00	1.568.903,97
	164	32.352,25	32.352,25	18.049,41	7.000,00		84.420,00	1.595.922,31
	165	32.352,25	32.352,25	18.029,72	7.000,00		84.420,00	1.622.960,33
	166	32.352,25	32.352,25	18.009,90	7.000,00		84.420,00	1.650.018,18
	167	32.352,25	32.352,25	17.989,94	7.000,00		84.420,00	1.677.095,99
	168	32.352,25	32.352,25	17.969,86	7.000,00		84.420,00	1.704.193,88
	169	32.352,25	32.352,25	17.949,63	7.000,00		84.420,00	1.731.312,00
	170	32.352,25	32.352,25	17.929,28	7.000,00		84.420,00	1.758.450,47
	171	32.352,25	32.352,25	17.908,78	7.000,00		84.420,00	1.785.609,44
	172	32.352,25	32.352,25	17.888,16	7.000,00		84.420,00	1.812.789,03
	173	32.352,25	32.352,25	17.867,39	7.000,00		84.420,00	1.839.989,39
	174	32.352,25	32.352,25	17.846,48	7.000,00		84.420,00	1.867.210,66
	175	32.352,25	32.352,25	17.825,44	7.000,00		84.420,00	1.894.452,97
	176	32.352,25	32.352,25	17.804,25	7.000,00		84.420,00	1.921.716,46
177	32.352,25	32.352,25	17.782,93	7.000,00		84.420,00	1.949.001,28	
178	32.352,25	32.352,25	17.761,46	7.000,00		84.420,00	1.976.307,57	
179	32.352,25	32.352,25	17.739,85	7.000,00		84.420,00	2.003.635,47	
180	32.352,25	32.352,25	17.718,09	7.000,00		84.420,00	2.030.985,13	
181	32.352,25	32.352,25	17.696,19	7.000,00		84.420,00	2.058.356,69	
182	32.352,25	32.352,25	17.674,15	7.000,00		84.420,00	2.085.750,29	
183	32.352,25	32.352,25	17.651,95	7.000,00		84.420,00	2.113.166,09	
184	32.352,25	32.352,25	17.629,61	7.000,00		84.420,00	2.140.604,23	
185	32.352,25	32.352,25	17.607,12	7.000,00		84.420,00	2.168.064,85	
186	32.352,25	32.352,25	17.584,48	7.000,00		84.420,00	2.195.548,12	
187	32.352,25	32.352,25	17.561,69	7.000,00		84.420,00	2.223.054,18	
188	32.352,25	32.352,25	17.538,75	7.000,00		84.420,00	2.250.583,19	

Célula 5b e 5c

## APÓS O ENCERRAMENTO

Cronograma Físico		Cronograma Financeiro - despesas				Cronograma financeiro - receitas		Saldo acumulado: Receitas - despesas
Etapa	Meses	Recursos necessários (Orçamento)	Recursos próprios necessários	Prestações (Retorno do Financ.)	Desp. com Monitoramento Ambiental	Recursos do Financiamento	Arrecadação tarifa de usuário - \$18/ton	
	189			17.515,65	17.000,00		84.420,00	2.300.487,54
	190			17.492,40	17.000,00			2.265.995,14
	191			17.469,00	17.000,00			2.231.526,14
	192			17.445,43	17.000,00			2.197.080,71
	193			17.421,72	17.000,00			2.162.658,99
	194			17.397,84	17.000,00			2.128.261,15
	195			17.373,80	17.000,00			2.093.887,34
	196			17.349,61	17.000,00			2.059.537,74
	197			17.325,25	17.000,00			2.025.212,48
	198			17.300,73	17.000,00			1.990.911,75
	199			17.276,05	17.000,00			1.956.635,70
	200			17.251,20	17.000,00			1.922.384,50
	201			17.226,19	17.000,00			1.888.158,31
	202			17.201,01	17.000,00			1.853.957,30
	203			17.175,66	17.000,00			1.819.781,64
	204			17.150,14	17.000,00			1.785.631,50
	205			17.124,46	17.000,00			1.751.507,04
	206			17.098,60	17.000,00			1.717.408,44
	207			17.072,57	17.000,00			1.683.335,87
	208			17.046,37	17.000,00			1.649.289,50
	209			17.019,99	17.000,00			1.615.269,52
	210			16.993,43	17.000,00			1.581.276,08
	211			16.966,70	17.000,00			1.547.309,38
	212			16.939,79	17.000,00			1.513.369,59
	213			16.912,70	17.000,00			1.479.456,89
	214			16.885,43	17.000,00			1.445.571,46
	215			16.857,98	17.000,00			1.411.713,48
	216			16.830,35	17.000,00			1.377.883,13
	217				17.000,00			1.360.883,13
	218				17.000,00			1.343.883,13
	219				17.000,00			1.326.883,13
	220				17.000,00			1.309.883,13
	221				17.000,00			1.292.883,13
	222				17.000,00			1.275.883,13
	223				17.000,00			1.258.883,13
	224				17.000,00			1.241.883,13
	225				17.000,00			1.224.883,13
	226				17.000,00			1.207.883,13
	227				17.000,00			1.190.883,13
	228				17.000,00			1.173.883,13
	229				17.000,00			1.156.883,13
	230				17.000,00			1.139.883,13
	231				17.000,00			1.122.883,13
	232				17.000,00			1.105.883,13
	233				17.000,00			1.088.883,13
	234				17.000,00			1.071.883,13
	235				17.000,00			1.054.883,13
	236				17.000,00			1.037.883,13
	237				17.000,00			1.020.883,13
	238				17.000,00			1.003.883,13
	239				17.000,00			986.883,13
	240				17.000,00			969.883,13
	241				17.000,00			952.883,13
	242				17.000,00			935.883,13
	243				17.000,00			918.883,13
	244				17.000,00			901.883,13
	245				17.000,00			884.883,13
	246				17.000,00			867.883,13
	247				17.000,00			850.883,13
	248				17.000,00			833.883,13

Cronograma Físico		Cronograma Financeiro - despesas				Cronograma financeiro - receitas		Saldo acumulado: Receitas - despesas
Etapa	Meses	Recursos necessários (Orçamento)	Recursos próprios necessários	Prestações (Retorno do Financ.)	Desp. com Monitoramento Ambiental	Recursos do Financiamento	Arrecadação tarifa de usuário - \$18/ton	
	249				12.000,00			821.883,13
	250				12.000,00			809.883,13
	251				12.000,00			797.883,13
	252				12.000,00			785.883,13
	253				12.000,00			773.883,13
	254				12.000,00			761.883,13
	255				12.000,00			749.883,13
	256				12.000,00			737.883,13
	257				12.000,00			725.883,13
	258				12.000,00			713.883,13
	259				12.000,00			701.883,13
	260				12.000,00			689.883,13
	261				12.000,00			677.883,13
	262				12.000,00			665.883,13
	263				12.000,00			653.883,13
	264				12.000,00			641.883,13
	265				12.000,00			629.883,13
	266				12.000,00			617.883,13
	267				12.000,00			605.883,13
	268				12.000,00			593.883,13
	269				12.000,00			581.883,13
	270				12.000,00			569.883,13
	271				12.000,00			557.883,13
	272				12.000,00			545.883,13
	273				5.000,00			540.883,13
	274				5.000,00			535.883,13
	275				5.000,00			530.883,13
	276				5.000,00			525.883,13
	277				5.000,00			520.883,13
	278				5.000,00			515.883,13
	279				5.000,00			510.883,13
	280				5.000,00			505.883,13
	281				5.000,00			500.883,13
	282				5.000,00			495.883,13
	283				5.000,00			490.883,13
	284				5.000,00			485.883,13
	285				5.000,00			480.883,13
	286				5.000,00			475.883,13
	287				5.000,00			470.883,13
	288				5.000,00			465.883,13
	289				5.000,00			460.883,13
	290				5.000,00			455.883,13
	291				5.000,00			450.883,13
	292				5.000,00			445.883,13
	293				5.000,00			440.883,13
	294				5.000,00			435.883,13
	295				5.000,00			430.883,13
	296				5.000,00			425.883,13
	297				5.000,00			420.883,13
	298				5.000,00			415.883,13
	299				5.000,00			410.883,13
	300				5.000,00			405.883,13
	301				5.000,00			400.883,13
	302				5.000,00			395.883,13
	303				5.000,00			390.883,13
	304				5.000,00			385.883,13
	305				5.000,00			380.883,13
	306				5.000,00			375.883,13
	307				5.000,00			370.883,13
	308				5.000,00			365.883,13

Cronograma Físico		Cronograma Financeiro - despesas				Cronograma financeiro - receitas		
Etapa	Meses	Recursos necessários (Orçamento)	Recursos próprios necessários	Prestações (Retorno do Financ.)	Desp. com Monitoramento Ambiental	Recursos do Financiamento	Arrecadação tarifa de usuário - \$18/ton	Saldo acumulado: Receitas - despesas
	309				5.000,00			360.883,13
	310				5.000,00			355.883,13
	311				5.000,00			350.883,13
	312				5.000,00			345.883,13
	313				5.000,00			340.883,13
	314				5.000,00			335.883,13
	315				5.000,00			330.883,13
	316				5.000,00			325.883,13
	317				5.000,00			320.883,13
	318				5.000,00			315.883,13
	319				5.000,00			310.883,13
	320				5.000,00			305.883,13
	321				5.000,00			300.883,13
	322				5.000,00			295.883,13
	323				5.000,00			290.883,13
	324				5.000,00			285.883,13
	325				5.000,00			280.883,13
	326				5.000,00			275.883,13
	327				5.000,00			270.883,13
	328				5.000,00			265.883,13
	329				5.000,00			260.883,13
	330				5.000,00			255.883,13
	331				5.000,00			250.883,13
	332				5.000,00			245.883,13
	333				5.000,00			240.883,13
	334				5.000,00			235.883,13
	335				5.000,00			230.883,13
	336				5.000,00			225.883,13
	337				5.000,00			220.883,13
	338				5.000,00			215.883,13
	339				5.000,00			210.883,13
	340				5.000,00			205.883,13
	341				5.000,00			200.883,13
	342				5.000,00			195.883,13
	343				5.000,00			190.883,13
	344				5.000,00			185.883,13
	345				5.000,00			180.883,13
	346				5.000,00			175.883,13
	347				5.000,00			170.883,13
	348				5.000,00			165.883,13
	349				5.000,00			160.883,13
	350				5.000,00			155.883,13
	351				5.000,00			150.883,13
	352				5.000,00			145.883,13
	353				5.000,00			140.883,13
	354				5.000,00			135.883,13
	355				5.000,00			130.883,13
	356				5.000,00			125.883,13
	357				5.000,00			120.883,13
	358				5.000,00			115.883,13
	359				5.000,00			110.883,13
	360				5.000,00			105.883,13
	361				5.000,00			100.883,13
	362				5.000,00			95.883,13
	363				5.000,00			90.883,13
	364				5.000,00			85.883,13
	365				5.000,00			80.883,13
	366				5.000,00			75.883,13
	367				5.000,00			70.883,13
	368				5.000,00			65.883,13