



XI SILUBESA

Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental

28/03 a 02/04/2004 - Natal - Rio Grande do Norte - Brasil

III-080 - AUTOMATIZAÇÃO DA ESTIMATIVA DE CUSTOS DE ATERROS SANITÁRIOS EM TRINCHEIRAS PARA MUNICÍPIOS DE PEQUENO PORTE

Iria Sartor Araujo (1)

Engenheira Agrônoma pela UDESC. Mestre em Ciência e Tecnologia Agroindustrial –UFPel- RS. Doutoranda em Engenharia Ambiental – UFSC.

Carlos Eduardo Kroetz

Engenheiro Civil, Mestrando em Engenharia Ambiental formado pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUC-PR).

e-mail carloskz@hotmail.com

Armando Borges de Castilhos Jr.

Engenheiro Sanitarista. Doutor em Gestão e Tratamento de Resíduos pelo Institut National des Sciences Appliquées de Lyon (França). Professor adjunto IV do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental UFSC.

e-mail borges@ens.ufsc.br

Endereço⁽¹⁾: Rua Olegário Pereira, 92 – Bairro Cachoeira do Bom Jesus. CEP88056–435 Florianópolis-SC. Fone: 0XX(48).331.9597-r:210

e-mail araujois@ens.ufsc.br

RESUMO

Este trabalho consiste no desenvolvimento de um sistema de apoio ao dimensionamento de aterros sanitários em trincheiras para municípios de pequeno porte através da geração de um programa computacional (software) que auxilie as prefeituras destes municípios a resolver problemas de disposição de resíduos sólidos em aterros através de um método simples de custeio, que exhibe os principais elementos para o cálculo contábil do valor total da implantação e operação.

PALAVRAS-CHAVE: Aterros Sanitários, Resíduos Sólidos, Trincheiras, Estimativa de Custos.

INTRODUÇÃO

De maneira geral as pequenas comunidades e prefeituras de cidades de pequeno porte têm problemas com relação à disposição de seus resíduos sólidos urbanos, devido à falta de conhecimento e escassez de recursos. Esta situação leva à disposição incorreta dos resíduos, causando problemas graves ao meio ambiente e à saúde da pública. A automatização se apresenta como uma ferramenta que torne fácil o acesso a pessoas que não possuam um conhecimento específico do assunto a poder solucionar problemas.

O objetivo geral do trabalho é a criação de um programa computacionais (software), através de cálculos que serão posteriormente informatizados para auxiliar pequenos comunidades e prefeituras de cidades de pequeno porte para resolver problemas referentes à disposição de resíduos sólidos urbanos de maneira a minimizar os impactos ao meio ambiente e garantir a saúde pública.

O objetivo específico foi a realização da estimativa referente aos elementos de custo para aterros sanitários e contabilidade de custos.

Através do presente trabalho concluiu-se que o programa computacional é de fácil utilização e pode ser operado por especialistas ou técnicos responsáveis por aterros sanitários em trincheiras. O presente trabalho é parte integrante de um *software* que abrange também um sistema de apoio ao dimensionamento do aterro.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A estimativa de custos mediante modelos gerais, formatos e dados não relacionados a um local específico é apropriada para o planejamento geral e para a estimativa do intervalo de magnitudes potenciais de construção e de todos os outros custos associados com o projeto e a operação do aterro sanitário. Este método de análise de custos é útil para tomar decisões iniciais ou conceituais de projeto e comparar diversas opções de disposição final (USEPA, 1997). A falta de uma avaliação compreensiva da estrutura de custos das instalações

de disposição final pode resultar em impedimentos inesperados na tomada de decisão relacionada à implementação de um programa de gerenciamento de resíduos (WENG e CHANG, 2001).

Os elementos de custo para a viabilização de um aterro sanitário foram classificados segundo as fases mais significativas do ciclo de vida destas instalações. A utilização desta classificação justifica-se em virtude da necessidade dos tomadores de decisão conhecerem não somente os gastos totais com a implantação do aterro, mas principalmente, a previsão de desembolso referente a cada etapa ao longo da vida útil do mesmo. Esta abordagem também é referenciada na literatura através dos seguintes trabalhos: USEPA (1997), Jaramillo (1997), Cotrim e Reichert (2000), Reichert e Reis (2000). Os custos referentes à etapa de **PLANEJAMENTO** são:

Estudos para escolhas de áreas. Os levantamentos e estudos para a definição do melhor local para implantação do aterro sanitário representam um investimento inicial na etapa de planejamento do aterro sanitário.

Levantamentos para projeto. Os levantamentos para elaboração de projetos normalmente envolvem a caracterização geológica e geotécnica do local e a caracterização topográfica do local normalmente acompanhado das anotações de responsabilidade técnica (ART) dos profissionais contratados (COSEPRE, 2001).

Projetos. A NBR 8419 (Associação Brasileira De Normas Técnicas, 1984) fixa as condições mínimas exigíveis para a apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos, os quais devem ser de responsabilidade e subscritos por profissionais devidamente habilitados no CREA. Os elementos de projeto compreendem: sistema de drenagem superficial, sistema de drenagem e remoção de percolato, sistema de tratamento do percolato, impermeabilização, sistema de drenagem de gás, operação do aterro sanitário, controle tecnológico e o uso futuro da área do aterro sanitário. Os custos para elaboração de projetos, segundo COPPE/UFRJ (2000), são estimados em 5% do valor global dos custos de investimentos, sendo estes variáveis para cada município.

Eia/Rima. A realização dos estudos de impactos ambiental (EIA/RIMA) dependerá do potencial poluidor do aterro bem como das características físicas, bióticas e antrópicas do local no qual se pretende instalar o aterro e sobretudo das exigências dos órgãos de controle ambiental regionais.

Licenciamento ambiental. O processo de licenciamento ambiental do aterro sanitário nas suas diversas etapas: licença prévia (LP), licença de implantação (LI) e licença de operação (LO). Os custos de licenciamento para aterros sanitários variam em função do potencial poluidor do mesmo.

Aquisição do local. A aquisição do local para implantação do aterro sanitário representa um dos principais custos relacionados à fase de planejamento. Deve-se dar preferência para terrenos de propriedade da prefeitura ou locais com baixo valor econômico. Além disso, os custos de aquisição podem compreender despesas com a desapropriação do local ou o aluguel de um local para a disposição final, neste caso, os custos são contabilizados anualmente e classificados como referentes à operação do aterro.

Os custos referentes à etapa de **CONSTRUÇÃO** são:

Recuperação da área. Os custos relacionados à recuperação da área são considerados quando a área a ser utilizada para implantação do aterro se encontra degradada pela disposição inadequada de resíduos e/ou por outras atividades. Algumas diretrizes são relacionadas por CEMPRE (2000) tendo em vista a adequação de locais para disposição final de resíduos: movimentação e conformação da massa de resíduos, eliminação de fogo e fumaça, delimitação da área de operação, limpeza da área de domínio, drenagem de águas pluviais. Os custos para recuperação de áreas degradadas, considerados no Programa de Investimentos de Minas Gerais, foram avaliados empiricamente em função de lixões visitados, considerando-se a necessidade de 200 horas de serviço para cada um dos seguintes equipamentos: trator de esteiras, retroescavadeira, pá-carregadeira, caminhão basculante. O programa também considerou a necessidade de se acrescentar os custos referentes a construção da drenagem para líquidos percolados e águas pluviais e da recomposição

da vegetação com gramíneas comuns da bacia ou com essências nativas.

Adequação do local. Constituem as atividades necessárias para adequação do local, as quais permitirão a construção das instalações para recebimento dos resíduos. Os custos relacionados às atividades para adequação da área estão relacionados diretamente às características da área escolhida para implantação do aterro. Nesta etapa de implantação do aterro, são identificadas diversas atividades como: limpeza do terreno, rebaixamento do nível do lençol freático, construção de acessos internos e externos, controle da erosão, arborização perimetral, cercamento e sinalização, instalações.

Implantação do aterro. São contabilizados os custos referentes aos serviços de terraplanagem, impermeabilização de fundo (argila e/ou geomembranas), sistemas de drenagem (águas pluviais, percolados, gases), sistemas de tratamento de percolados e monitoramento (piezômetros). O item impermeabilização (base e taludes) por sua vez, foi contabilizado por Reichert e Reis (2000) como sendo a maior parcela dos custos de implantação do aterro sanitário da extrema e a terceira maior parcela no custo total do aterro.

Equipamentos. Segundo a USEPA (1997) a aquisição, operação e manutenção dos equipamentos representam uma fração importante do investimento total e do orçamento anual de operação de um aterro sanitário. A decisão da aquisição e/ou aluguel de equipamentos, depende de critérios técnicos e econômicos, entre os quais destaca-se a capacidade prevista do aterro em receber resíduos (ex: ton/dia). Segundo Jaramillo (1997) uma opção para os municípios com populações inferiores a 40.000 habitantes ou com produções diárias inferiores a 20 ton, consiste na utilização da técnica de operação manual, na qual os equipamentos pesados são solicitados apenas para a adequação do local, construção de vias internas, escavação de trincheiras ou material de cobertura de acordo com o avanço e método do aterro.

A etapa de **OPERAÇÃO** compreende o período entre o aterramento da primeira carga de resíduos até o esgotamento da vida útil do aterro, anos mais tarde. Esta fase é caracterizada pelos trabalhos nas frentes de aterramento e o início da operação das instalações de controle ambiental. Os elementos de custos são: mão-de-obra, equipamentos, despesas gerais, serviços de engenharia, custos imprevistos. A etapa de **FECHAMENTO** compreende ao período entre o fechamento do aterro (esgotamento da vida útil) até o decaimento do nível das emissões do aterro que justifique o não funcionamento das instalações de controle ambiental. Os elementos de custos de fechamento são os seguintes: engenharia para preparação e plano de fechamento, cobertura final, nivelção final, cobertura vegetal, controle de sedimentação e erosão, gerenciamento do biogás, coleta de lixiviados, tratamento de lixiviados.

MATERIAIS E MÉTODOS

A estruturação de conhecimentos compreendeu a criação dos modelos conceituais, criação dos fluxogramas, compatibilização dos parâmetros e realização de testes de conceito.

Criação dos Modelos Conceituais: esta etapa compreende o desenvolvimento de modelos onde são apresentados os objetivos a serem atingidos com o programa computacional e como fazer para se chegar até estes objetivos. Desenvolvem-se esquemas onde são determinados objetivos principais e objetivos secundários, e através dos cumprimentos dos objetivos secundários, pode-se chegar aos objetivos principais. "Instanciar" o modelo conceitual de estimativa de custos consistiu em "preenchê-lo", ou incluir nele conhecimentos necessários para atingir os objetivos da etapa de raciocínio. Assim, a modelagem de um conhecimento foi realizada progressivamente, pela decomposição de "objetivos a atingir".

Criação dos Fluxogramas: é através dos fluxogramas que se desenvolve a lógica do programa. Os fluxogramas fazem a conexão entre os conhecimentos e lógicas desenvolvidas pelo especialista em aterros sanitários, que detém o domínio das operações e cálculos envolvidos, e o programador, que detém o domínio das lógicas de programação e desenvolvimento de sistemas computacionais.

Compatibilização dos parâmetros: nesta etapa foram compatibilizados parâmetros já constantes da base de dados de SADES (sistema de apoio à decisão para escolha de áreas para aterros) com parâmetros utilizados na etapa de dimensionamento.

Realização de Testes de Conceito: através desta etapa de testes de conceito é que se verifica a consistência da lógica do programa. A verificação é realizada através da inserção de valores nas fórmulas e cálculos para garantia de que o programa funcione anteriormente conceitualmente antes que seja realizado o seu desenvolvimento computacional. Os testes são realizados através de criação de municípios e valores hipotéticos.

Programação: Linguagem, Programas e Integração

O desenvolvimento do sistema foi baseado em duas ferramentas principais. Para o desenvolvimento do software propriamente dito, optou-se pela programação em Visual Basic em virtude de sua funcionalidade e tradição no mercado e principalmente pela versão anterior de "SADES" (sistema de apoio à decisão em escolha de áreas para aterros) ter sido desenvolvida também nesta plataforma. O desenvolvimento em Visual Basic permite ampla integração com banco de dados (MS –Access, SQL Server, entre outros), servidores internet (ISS) e com sistema operacional Windows amplamente divulgado atualmente. O fator mais positivo desta ferramenta a ser destacado é a sua característica de desenvolvimento componetizado (Activex), possibilitando a construção de uma estrutura aberta para reutilizações futuras em novos ambientes (WEB, por exemplo) e para o possível crescimento do sistema.

Para o armazenamento de dados, optou-se pela estrutura segura e leve propiciada pelo Microsoft Access. O banco de dados em Access suporta bem o número de operações e usuários proposto pelo sistema. Outra característica positiva desta ferramenta é o suporte a SQL e multi-usuários. A integração deste módulo de dimensionamento com o módulo anterior de escolha de áreas para aterros foi feita pelo especialista em aterros sanitários através de análise de dados necessários ao dimensionamento e detecção de quais destes dados já constavam na base de dados (MS – Access), para evitar conflitos de valores e redundância de informações solicitadas ao usuário.

MÓDULO DE ESTIMATIVA DE CUSTOS

A análise de custos preconizada por Jaramillo (1997) para aterros sanitários, discrimina duas classes principais de custos: os custos de **INVESTIMENTO** e os custos de **OPERAÇÃO**. Para estimativa dos custos de investimento (custo anual do capital), são previstos dois procedimentos de cálculo. O primeiro procedimento consiste em calcular o custo anual (depreciação), a partir dos custos totais de investimento, com base neste dado calcula-se o investimento médio anual que permitirá a recuperação do capital investido:

$$CaI = CT / v.u. \quad \text{Equação (1)}$$

onde:

CaI = Custo anual de investimento (\$/ano)

CT = Custo total (\$)

v.u. = vida útil do aterro (anos)

$$IMA = C_{total} \frac{(n+1)}{2n} \times i \quad \text{Equação (2)}$$

Onde:

IMA = Investimento médio anual (R\$/ano), C_{total} = Custo total do item, n = Vida útil do item em anos, i = juros anual.

O segundo procedimento consiste na utilização das tabelas ou formulas de recuperação de capital:

$$FRC = \frac{i}{1 - \left(\frac{1}{(1+i)^{v.u.}} \right)} \quad \text{Equação (3)}$$

Onde:

FRC = Fator de recuperação do capital.

i = juros anual do empréstimo ou juros bancários municipais (%)

v.u. = vida útil do aterro (anos)

Para efeito de cálculo utilizamos somente o método de Fator de Recuperação de Capital.

$$Cc = CT \times FRC \quad \text{Equação (4)}$$

Onde:

C_c = custo de capital (R\$/ano)

CT = Custo total (R\$)

FRC = Fator de recuperação de capital

$$C_{uniI} = C_c / R \quad \text{Equação (5)}$$

Onde:

C_{uniI} = Custo unitário de investimento (\$/ton)

C_c = Custo de capital (\$/ano)

R = Rendimento (ton/ano)

Os custos de operação por sua vez, correspondem ao somatório dos seguintes elementos de custo: mão-de-obra, equipamentos, despesas gerais, serviços de engenharia, custos imprevistos.

Os custos anuais de mão-de-obra podem ser calculados segundo a expressão:

$$C_{mo} = 12N(Fb \times So) + 12P(Fb \times Ss) + 12Na(Fb \times Sa) \quad \text{Equação (6)}$$

Onde:

C_{mo} = Custo da mão-de-obra (\$/ano)

N = Número de operários

Fb = Fator de benefícios (1,4-2,0)

So = Salário do operário (\$/ano)

P = Proporção da jornada do supervisor (0,2-0,25)

Ss = Salário do supervisor (\$/ano)

Na = Número de trabalhadores administrativos

Sa = Salário dos trabalhadores administrativos (\$/ano)

$$CaO = C_{mo} + C_e + C_{dg} + C_{se} + C_i \quad \text{Equação (7)}$$

Onde:

CaO = Custo anual de operação (\$/ano)

C_{mo} = Custo mão-de-obra (\$/ano)

C_e = Custo de equipamentos (\$/ano)

C_{dg} = Custo de despesas gerais (\$/ano)

C_{se} = Custo de serviços de engenharia (\$/ano)

C_i = Custos imprevistos (\$/ano)

$$C_{uniO} = CaO / R \quad \text{Equação (8)}$$

Onde:

C_{uniO} = Custo unitário de operação (\$/ton)

CaO = Custo anual de operação(\$/ano)

R = Rendimento (ton/ano)

$$CuniAterro = CuniI + CuniO$$

Equação (9)

Onde:

CuniAterro = Custo unitário do aterro (\$/ton)

CuniI = Custo unitário de investimento(\$/ton)

CuniO = Custo unitário de operação (\$/ton)

$$CaAterro = CaI + CaO$$

Equação (10)

Onde:

CaAterro = Custo anual do aterro (\$/ano)

CaI = Custo anual de investimento (\$/ano)

CaO = Custo anual de operação (\$/ano)

RESULTADO

As figuras 1, 2 e 3 mostram a apresentação do software relativo a estimativa de custos. A figura 1 apresenta a forma de cálculo dos custos de **investimento**, a figura 2 a forma de cálculo dos custos de **operação** e a figura 3 os resultados gerais dos custos de investimento, operação e total do aterro sanitário para municípios com população de até 30.000 habitantes. A apresentação do programa é clara e de fácil utilização, pois permite que o usuário complete os campos com os dados, isto é, os custos unitários de cada elemento e obtenha automaticamente o resultado desejado. Os resultados são apresentados na página final do programa e o usuário poderá imprimir um relatório, sendo este gerado pelo programa, onde estarão os principais dados e resultados finais, auxiliando assim, a tomada de decisão.

Figura 1 –Tela do módulo de estimativa de custos de INVESTIMENTO.

CÁLCULO DE ORÇAMENTO

Nº Orçamento: Município: Data Cadastro:

Bairro ou Setor do Município do Dimensionamento de Trincheiras: Vida Útil da Trincheira: Produção per capita de Resíduo: m³/ano Densidade do Resíduo: ton/m³

Taxa de Juros: % Ano Dias Úteis ao Ano: Habitantes: Prod. de Resíduo: Rend Anual Médio: ton/ano

CUSTO DE INVESTIMENTO **CUSTO DE OPERAÇÃO** **TOTAL GERAL DOS CUSTOS**

Mão de Obra **Equipamentos** **Despesas Gerais** **Serviço de Engenharia_1** **Serviço de Engenharia_2** **Imprevistos e TOTAIS**

Nº de Operários
Índice p/ Nº de Operários:
Fator de Benefício:
Salário Mensal do Opera.:
Custo Anual Operários:

Jornada do Supervisor
Proporc. Jornada Superv.:
Fator de Benefício:
Salário Mensal do Superv.:
Custo Anual Operários:

Nº de Trab. Admin.
Índice p/ Nº de Administ.:
Fator de Benefício:
Salário Mensal do Admin.:
Custo Anual Administ.:

CUSTO ANUAL DE MÃO DE OBRA (\$ / ano)
2.1

Figura 2 –Tela do módulo de estimativa de custos de OPERAÇÃO.

CÁLCULO DE ORÇAMENTO

Nº Orçamento: Município: Data Cadastro:

Bairro ou Setor do Município do Dimensionamento de Trincheiras: Vida Útil da Trincheira: Produção per capita de Resíduo: m³/ano Densidade do Resíduo: ton/m³

Taxa de Juros: % Ano Dias Úteis ao Ano: Habitantes: Prod. de Resíduo: Rend Anual Médio: ton/ano

CUSTO DE INVESTIMENTO **CUSTO DE OPERAÇÃO** **TOTAL GERAL DOS CUSTOS**

CUSTO ANUAL DE INVESTIMENTO
1.1 + 2.1 + 3.1 + 4.1 + 5.1 + 6.1 + 7.1 + 8.1 + 9.1 + 10.1
A =

CUSTO UNITÁRIO DE INVESTIMENTO (\$ / ton)
1.3 + 2.3 + 3.3 + 4.3 + 5.3 + 6.3 + 7.3 + 8.3 + 9.3 + 10.3
A' =

CUSTO ANUAL DE OPERAÇÃO
2.1 + 2.2 + 2.3 + 2.4.1 + 2.4.2 + 2.4.3 + 2.4.4 + 2.4.5 + 2.4.6 + 2.5
B =

CUSTO UNITÁRIO DE OPERAÇÃO
B / **REND. ANUAL MÉDIO** ==> **B'** =

CUSTO UNITÁRIO TOTAL E CUSTO ANUAL TOTAL
CUSTO UNITÁRIO TOTAL (\$/ton) = A' + B' =
CUSTO ANUAL TOTAL (\$/ton) = A + B =

Figura 3 –Tela do módulo de estimativa de CUSTO TOTAL.

CONCLUSÕES

Este trabalho representa o desenvolvimento de uma nova tecnologia que pode ser adotada para facilitar o acesso a técnicas de disposição final de resíduos em aterros sanitários tanto por especialistas como por pessoas com menos conhecimento específico. Espera-se que este trabalho possa vir a servir como exemplo para que surjam novos projetos e para que sejam desenvolvidas novas tecnologias em busca do desenvolvimento sustentável e minimização dos impactos ao meio ambiente pelas atividades do homem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGENCIA DE PROTECCIÓN AMBIENTAL DE LOS ESTADOS UNIDOS. USEPA. Guía para rellenos sanitarios. California: Agencia de protección ambiental de Los Estados Unidos, 1997.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos, NBR-8419. Rio de Janeiro, 1984. 13 p.
3. CEMPRE. Compromisso Empresarial para Reciclagem. www.cempre.org.br
4. CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y CIENCIAS DEL AMBIENTE. COSEPRE: Costos de servicios prestados. Manual del usuario. Versión 1.0 - Windows 98. [s.l.]: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 2001. 32 p. Disquete 3 1/2.
5. CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y CIENCIAS DEL AMBIENTE. COSEPRE: Costos de servicios prestados. Documentación técnica. Versión 1.0 - Windows 98. [s.l.]: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 2001. 32 p. Disquete 3 1/2.
6. COTRIM, S. L. da S.; REICHERT, G. A. Consórcios municipais para aterros sanitários, uma alternativa ambiental e economicamente viável. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE REICHERT, G. A.; REIS, J. C. F. Custos de implantação e de operação de aterro sanitário: estudo de caso: aterro da extrema, Porto Alegre, RS. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE QUALIDADE AMBIENTAL, 2, 1998, Porto alegre. Artigo técnico. Porto Alegre: APECÊ, 2000. 399 p.. P. 232-246.
7. JARAMILLO, Jorge. Residuos Solidos Municipales: Guia para el diseño, construccion y operacion de rellenos sanitarios manuales. Washington: Organizacion Mundial de La Salud, 1997. 214 p. (Serie Técnica, 28).
8. LABORATÓRIO DE HIDROLOGIA - COPPE/UFRJ. Subsídios para a tarifação dos serviços de saneamento básico e resíduos sólidos: Sub-regiões A, B, C. [s. l.]: Governo do estado do Rio de Janeiro, 1998. 31 p (série relatórios técnicos, PS-RE-054-R1).
9. LABORATÓRIO DE HIDROLOGIA - COPPE/UFRJ. Projeto preparatório para o gerenciamento dos recursos hídricos do Paraíba do Sul: Programa de investimentos de Minas Gerais: Subsídios para tarifação dos serviços de saneamento básico e resíduos sólidos. [s. l.]: Laboratório de hidrologia - COPPE/UFRJ, 2000. 21 p. (série relatórios técnicos, PPG-RE-019-R0).
10. LABORATÓRIO DE HIDROLOGIA - COPPE/UFRJ. Projeto preparatório para o gerenciamento dos recursos hídricos do Paraíba do Sul: Programa de investimentos de Minas Gerais: Resíduos sólidos. [s. l.]: Laboratório de hidrologia - COPPE/UFRJ, 2000. 21 p. (série relatórios técnicos, PPG-RE-016-R1).
11. REICHERT, G. A.; REIS, J. C. F. Custos de implantação e de operação de aterro sanitário: estudo de caso: aterro da extrema, Porto Alegre, RS. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE QUALIDADE AMBIENTAL, 2, 1998, Porto Alegre. Artigo técnico. Porto Alegre: APECÊ, 20
12. Y. C. WENG, Ni-Bin CHANG. The development of sanitary landfills in Taiwan: status and cost structure analysis. Resources, Conservation and Recycling, Berkeley, v. 33, p. 181-201, October 2001.