



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA
'JULIO DE MESQUITA FILHO'
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

ANÁLISE DE IMPACTOS AMBIENTAIS E ECONÔMICOS NA ESCOLHA DE LOCAIS PARA DISPOSIÇÃO FINAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Alexandre Shimizu Orsati

Orientadora: Profa. Dra. Luzenira Alves Brasileiro

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (FEIS) da Universidade Estadual Paulista (UNESP) no Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil na área de Recursos Hídricos e Tecnologias Ambientais.

ILHA SOLTEIRA – SP
2006



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: Análise de Impactos Ambientais e Econômicos na Escolha de Locais para Disposição Final de Resíduos Sólidos

AUTOR: ALEXANDRE SHIMIZU ORSATI

ORIENTADORA: Profa. Dra. LUZENIRA ALVES BRASILEIRO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE em ENGENHARIA CIVIL pela Comissão Examinadora:

Profa. Dra. LUZENIRA ALVES BRASILEIRO

Departamento de Engenharia Civil / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Profa. Dra. MARIA DA CONSOLAÇÃO F DE ALBUQUERQUE

Departamento de Engenharia Civil / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Prof. Dr. CARLOS ALBERTO FARIA

Faculdade de Engenharia Civil/SETRA/Universidade Federal de Uberlândia - Uberlândia/MG

Data da realização: 21 de junho de 2006.

Presidente da Comissão Examinadora
Profa. Dra. LUZENIRA ALVES BRASILEIRO

AGRADECIMENTOS

A toda minha família, em especial a minha esposa Elenilze, pelo apoio e paciência.

Ao Pedro, pela extraordinária contribuição para o desenvolvimento do trabalho.

A minha orientadora, Luzenira Alves Brasileiro, pela acolhida e oportunidade de concluir mais uma etapa de minha vida.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	I
LISTA DE QUADROS.....	III
LISTA DE TABELAS.....	IV
RESUMO.....	VI
ABSTRACT.....	VII
1. INTRODUÇÃO.....	01
1.1. Considerações Gerais.....	01
1.2. Definição do Problema.....	02
1.3. Objetivos.....	02
2. RESÍDUOS SÓLIDOS.....	04
2.1. Considerações Gerais.....	04
2.2. Composição.....	05
2.3. Classificação.....	07
2.4. Resíduos Domésticos.....	11
3. GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS.....	13
3.1. Considerações Gerais.....	13
3.2. Geração.....	13
3.3. Acondicionamento.....	14
3.4. Armazenamento.....	15
3.5. Coleta.....	16
3.6. Transporte.....	18
3.7. Disposição Final.....	23

4. IMPACTOS AMBIENTAIS E ECONÔMICOS.....	26
4.1. Considerações Gerais.....	26
4.2. Impactos Ambientais.....	27
4.3. Impactos Econômicos.....	28
5. MATERIAL E MÉTODO.....	30
5.1. Material.....	30
5.2. Método.....	30
6. PARÂMETRO PROPOSTO PARA AVALIAÇÃO DE ÁREAS PARA DISPOSIÇÃO FINAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS.....	35
6.1. Critérios Funcionais.....	35
6.2. Impactos Ambientais e Econômicos.....	40
7. ESTUDO DE CASO.....	47
7.1. Coleta de Dados.....	47
7.2. Apresentação dos Dados.....	47
7.3. Análise dos Resultados.....	58
7.4. Aplicação do Parâmetro Proposto para Avaliação de Áreas para Disposição Final de Resíduos Sólidos Urbanos.....	63
8. CONCLUSÕES.....	66
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	68
10. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA.....	71
Anexo I.....	73
Anexo II.....	75

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Formulário para entrevistas sobre a opinião da população em relação à escolha do local para disposição final de resíduos sólidos urbanos...	31
Figura 2: Local de disposição final com aspecto feio.....	32
Figura 3: Local de disposição final com aspecto bonito.....	32
Figura 4: Distância do local de disposição final em relação à área urbana.....	48
Figura 5: Alternativas para o local de disposição final – pagar mais imposto para o local ficar longe da área urbana ou pagar menos imposto e o local ficar próximo da área urbana (custos de transporte).....	49
Figura 6: Alternativas para o investimento público – investir mais dinheiro na disposição final de resíduos em detrimento de outros setores ou investir menos dinheiro na disposição final de resíduos e mais dinheiro em outros setores.....	50
Figura 7: Odor permanente proveniente do local de disposição final dos resíduos.....	51
Figura 8: Odor periódico (na direção do vento) proveniente do local de disposição final dos resíduos.....	52
Figura 9: Presença de fumaça, como resultado de queimadas, próximo a residência.....	53
Figura 10: Local de disposição final com aspecto feio.....	54
Figura 11: Local de disposição final com aspecto bonito.....	55

Figura 12: Presença de cães, gatos, urubus e insetos próximo à residência.....	56
Figura 13: Presença de insetos próximo à residência.....	57

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Composição qualitativa dos resíduos sólidos municipais.....	06
Quadro 2: Composição média do lixo domiciliar em alguns municípios brasileiros.....	06
Quadro 3: Quantidade de municípios com serviço de coleta de lixo, em cada região do Brasil.....	17
Quadro 4: Tipos de destino final do lixo em cada região do Brasil.....	25
Quadro 5: Pontuação do custo de aquisição do terreno.....	36
Quadro 6: Pontuação do coeficiente de declividade do terreno, e do coeficiente de permeabilidade do solo.....	37
Quadro 7: Pontuação da distância entre a base do aterro e a cota máxima do aquífero freático, da distância do corpo d'água mais próximo, da distância da zona urbana, da espessura de solo homogêneo, do índice de plasticidade, do limite de liquidez, e da vida útil do terreno.....	38
Quadro 8: Pontuação dos custos de investimento e dos custos de transporte...	42
Quadro 9: Pontuação da distância entre o local de disposição final e a zona urbana.....	43
Quadro 10: Pontuação do odor permanente, do odor na direção do vento, da presença de animais e insetos, da presença de fumaça, da presença de insetos, do visual bonito, e do visual feio.....	43
Quadro 11: Valores das variáveis que constituem os critérios funcionais dos locais analisados	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Distância do local de disposição final em relação à área urbana.....	58
Tabela 2: Alternativas para o local de disposição final – pagar mais imposto para o local ficar longe da área urbana ou pagar menos imposto e o local ficar próximo da área urbana.....	59
Tabela 3: Alternativas para o investimento público: investir mais dinheiro na disposição final de resíduos em detrimento de outros setores; ou investir menos dinheiro na disposição final de resíduos, com mais dinheiro em outros setores.....	59
Tabela 4: Odor permanente proveniente do local de disposição final dos resíduos.....	60
Tabela 5: Odor periódico (na direção do vento) proveniente do local de disposição final dos resíduos sólidos urbanos.....	60
Tabela 6: Presença de fumaça, como resultado de queimadas, próximo à residência.....	61
Tabela 7: Local de disposição final com aspecto feio.....	61
Tabela 8: Local de disposição final com aspecto bonito.....	62
Tabela 9: Presença de cães, gatos, urubus e insetos próximo à residência.....	62
Tabela 10: Presença de insetos próximo à residência.....	63
Tabela 11: Pontuação das variáveis e o valor dos critérios funcionais para cada local de disposição final analisado.....	64

Tabela 12: Pontuação das variáveis e o valor dos impactos ambientais e econômicos.....	65
Tabela 13: Índice de Qualidade de cada local analisado.....	65

RESUMO

ORSATI, S.A. (2006) Análise de Impactos Ambientais e Econômicos na Escolha de Locais para Disposição Final de Resíduos Sólidos. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Universidade Estadual Paulista. Ilha Solteira. 76 p.

A disposição inadequada dos resíduos sólidos urbanos, que leva a contaminação do meio ambiente, é uma problemática comum de diversos municípios brasileiros. A pesquisa tem como objetivos definir critérios funcionais para os locais de disposição final de resíduos sólidos e um parâmetro de avaliação para esses locais, que indique a sua qualidade em termos de funcionalidade e geração de impactos ambientais e econômicos.

O parâmetro proposto é o índice de qualidade, determinado por uma relação entre os critérios funcionais e os impactos ambientais e econômicos. Os valores dos critérios funcionais são calculados em função das características físicas do local e o valor dos impactos ambientais e econômicos são determinados através de entrevistas domiciliares.

Os resultados do estudo de caso mostram que o método desenvolvido neste trabalho é eficiente, pois indica a funcionalidade do local para a disposição final de resíduos sólidos, em contrapartida à intensidade dos impactos gerados pela ocupação do solo.

Palavras – chave: Resíduos sólidos, Disposição final, Impactos ambientais e Impactos econômicos

ABSTRACT

ORSATI, S.A. (2006) Analysis of Environmental and Economical Impacts in the Choice of Places for Final Disposal of Solid Residues. Mastering – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista. 76 p.

Improper disposal of urban solid residues, leading to contamination of environment, is a problem that concerns to several Brazilian countries. The research intends to define functional criteria to the places for final disposal of solid residues and an appraisal parameter for these sites, indicating their quality towards to functionality and environmental and economic impacting.

The proposed parameter is the quality index, defined by a relation between functional criteria and environmental and economic impacts. Values of functional criteria are calculated based on the physical characteristics of the place and the value of environmental and economic impacts are determined through home-based interviews.

The study of case results show that the method developed in this work is effective, since it indicates the functionality of the place for final disposal of solid residues, in counterpart to the intensity of impacts generated by soil occupying.

Key words: Solid Residues, Final Disposal, Environmental Impacts and Economic Impacts

1. INTRODUÇÃO

1.1. Considerações Gerais

Com o avanço da industrialização, observou-se em todo o mundo ocidental a intensificação do processo de urbanização, que implicou no agravamento dos problemas sociais, de saúde pública e da situação dos resíduos sólidos, em função do aumento da geração e disposição no meio urbano.

Segundo Figueiredo (1995), a situação dos resíduos nas Comunidades Européias é caracterizada por uma forte preocupação com relação ao aproveitamento energético. A reciclagem e a incineração são à base de todo o processamento dos resíduos europeus. Preocupação justificada diante dos problemas de geração e de disponibilidade energética nesta região.

A partir do final da Segunda Guerra Mundial, o padrão social americano centrado na associação de qualidade de vida ao consumo, passou a alimentar o consumismo e iniciou-se a era dos produtos descartáveis. Até o final da década de 80, 95% dos resíduos gerados nos EUA, tiveram como destino final os aterros. O aumento dos custos, relacionado ao aumento da produção de resíduos per capita e aumento populacional, levou ao declínio as técnicas de aterragem que foram substituídas predominantemente pela incineração (FIGUEIREDO, 1995).

O reflexo do consumo de bens materiais, agregado ao processo de urbanização, está nos volumes cada vez maiores de resíduos gerados, agravando ainda mais os problemas relacionados à disposição final de resíduos sólidos.

Com o desenvolvimento dos estudos sobre a importância do saneamento básico (abastecimento de água; coleta, tratamento e disposição dos esgotos; tratamento e destino final do lixo) para prevenção de doenças e a manutenção da saúde pública, algumas sociedades começaram a coletar o lixo e levá-lo para locais mais afastados.

A disposição de resíduos sem tratamento, somado a falta de critérios na escolha de locais adequados provocam a contaminação do meio ambiente.

Em função dos problemas relacionados à disposição final de resíduos sólidos urbanos, propõe-se neste trabalho a definição de critérios para seleção de áreas que sejam compatíveis com a legislação vigente e possibilitem um potencial menor na geração de impactos ambientais e econômicos.

O local proposto para o estudo de caso é a cidade de Ilha Solteira, localizada no noroeste do Estado de São Paulo, com uma população de aproximadamente 24.000 habitantes.

1.2. Definição do Problema

Dentro das etapas do gerenciamento de resíduos sólidos, a coleta e o transporte estão razoavelmente resolvidos nas zonas urbanas das grandes cidades (apesar de, na maioria das vezes, a roteirização de veículos apresentar distância e tempos excessivos de viagem, onerando o serviço de transporte). No entanto, na disposição final, observam-se problemas relativos à falta de critérios técnicos de projeto, operação e monitoramento para seleção de áreas e implantação desses sistemas (ANDREOLI, 2001).

Apesar da existência de métodos para escolha de áreas para disposição de resíduos, o critério financeiro tem se mostrado imperativo na definição do local a ser escolhido. Assim, a prática tem mostrado que os métodos são falhos, pois não consideram os impactos ambientais e econômicos gerados pelo local de disposição final.

1.3. Objetivos

Os objetivos da pesquisa são:

- Definir critérios funcionais do local para disposição final de resíduos sólidos; e

- Definir um parâmetro de avaliação de locais para disposição final de resíduos sólidos, que indique a qualidade da área, em termos de funcionalidade e geração de impactos ambientais e econômicos.

2. RESÍDUOS SÓLIDOS

2.1. Considerações Gerais

A ABNT (1989), através da NBR-10004, define resíduos sólidos como os resíduos nos estados sólido e semi-sólido que resultam de atividades da comunidade de origem industrial, doméstica, de serviços de saúde, comercial, agrícola, de serviços e de varrição, além de lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, lodos gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição e determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpo d'água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível.

Segundo Figueiredo (1995), resíduo, sob uma ótica mais ampla, é um descontrole entre fluxos de certos elementos em um dado sistema ecológico, implicando na instabilidade do próprio sistema.

A palavra lixo origina-se do latim *lix*, que significa cinzas ou lixívia. Desde meados da década de 60, os sanitaristas passaram a utilizar a designação técnica resíduos sólidos (SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE, 1993).

Cunha e Guerra (2002) definem lixo, como todos os resíduos sólidos imprestáveis, tais como o domiciliar (restos de alimentos, plásticos, papel e papelão, vidros, latas, madeiras, entre outros) e o hospitalar (composto não só por resíduos hospitalares, mas, também, pelos resíduos de farmácias, de biotérios e de laboratórios de pesquisas).

Ferreira (2004) define lixo como aquilo que se varre da casa, do jardim, da rua, e se joga fora.

2.2. Composição

Os fatores que influenciam a origem e a formação do lixo no meio urbano são diversos e podem-se citar os seguintes:

- Número de habitantes do local;
- Área relativa de produção;
- Variações sazonais;
- Condições climáticas;
- Hábitos e costumes da população;
- Nível educacional
- Poder aquisitivo;
- Tempo de coleta;
- Eficiência da coleta;
- Tipo de equipamento de coleta;
- Disciplina e controle dos pontos produtores; e
- Leis e regulamentações específicas.

As variações na economia têm reflexos nos locais de disposição e tratamento do lixo. Com o desaquecimento da economia, as fábricas e o comércio reduzem suas atividades, produzindo menores quantidades de lixo. O inverso também é verdadeiro; porém a tendência, depois de determinado tempo, é de estabilização.

Também, pode-se citar as migrações periódicas nas férias de verão e inverno. Nestes períodos, com a paralisação das atividades escolares, ocorrem consideráveis mudanças na rotina dos estabelecimentos comerciais e industriais, principalmente em cidades turísticas, ocasionando um maior volume de lixo gerado.

A composição dos resíduos sólidos, tanto do ponto de vista qualitativo como quantitativo, é um dos dados básicos para o devido equacionamento da coleta, transporte, tratamento e destinação final dos resíduos.

a) Composição Qualitativa

O lixo urbano apresenta, em termos de composição qualitativa, componentes putrescíveis, recicláveis e combustíveis. O Quadro 1 ilustra os componentes e sua classificação.

Quadro 1: Composição qualitativa dos resíduos sólidos municipais

Componentes	Putrescível	Reciclável	Combustível
Borracha		x	x
Couro	x		x
Madeira	x	x	x
Matéria orgânica	x	x	
Metais ferrosos		x	
Metais não-ferrosos		x	
Papel	x	x	x
Papelão	x	x	x
Plástico duro		x	x
Plástico filme		x	x
Trapos		x	x
Vidro		x	

Fonte: IPT/CEMPRE (2000)

b) Composição Quantitativa

A composição quantitativa dos resíduos sólidos urbanos varia de uma região para outra, inclusive entre os bairros de um mesmo município. O Quadro 2 ilustra a composição quantitativa de alguns municípios brasileiros.

Quadro 2: Composição média do lixo domiciliar em alguns municípios brasileiros

Cidade	Componente (%)				
	Papel	Plástico	Metal	Vidro	Outros
São Paulo	18,8	22,9	3,0	1,5	53,8
Rio de Janeiro	22,2	16,8	2,8	3,7	54,6
Curitiba	8,6	12,4	3,2	1,3	74,6
Fortaleza	22,6	8,2	7,3	3,3	58,6
Salvador	16,2	17,1	3,7	2,9	60,2
Porto Alegre	22,1	9,0	4,7	9,2	55,0
Belo Horizonte	10,1	11,7	2,6	2,5	73,0
Distrito Federal	26,2	2,4	3,2	2,8	65,4
Vitória	19,1	11,8	3,3	2,7	63,1

Fonte: IPT/CEMPRE (2000)

2.3. Classificação

a) Segundo a Origem

Os resíduos sólidos são classificados, segundo sua origem, da seguinte forma: lixo domiciliar; lixo comercial; lixo público, de varrição e de feiras livres; lixo de serviços de saúde e hospitalares; lixo de portos, aeroportos, terminais ferroviários e rodoviários; lixo industrial; lixo agrícola, lixo atômico, lixo espacial e entulho (IPT e CEMPRE, 2000).

Lixo domiciliar é aquele originado da vida diária das residências, sendo constituídos por restos de alimentos (como cascas de frutas e verduras), produtos deteriorados, jornais, revistas, garrafas, embalagens, papel higiênico, fraldas descartáveis e uma diversidade de outros itens.

Lixo comercial é aquele originado de estabelecimentos comerciais e de serviços, tais como, supermercados, bancos, lojas, bares e restaurantes.

O lixo comercial é composto por papel, papelão, plástico, restos de alimentos, embalagens e resíduos de lavagens.

Lixo público é aquele originado dos serviços de limpeza pública urbana (incluindo todos os resíduos de varrição das vias públicas, limpeza de praias, de galerias, de córregos e de terrenos e restos de podas de árvores) e de limpeza de áreas de feiras livres (constituído por embalagens e restos vegetais).

Lixo de serviços de saúde e hospitalar é o lixo constituído por resíduos sépticos, ou seja, aqueles que contêm ou potencialmente podem conter germes patogênicos. É aquele lixo produzido em hospitais, clínicas, laboratórios, farmácias, clínicas veterinárias e postos de saúde. Os lixos destes serviços contêm elementos do tipo: agulhas, seringas, gases, bandagens, algodões, órgãos e tecidos removidos, meios de culturas e animais usados em testes, sangue coagulado, luvas descartáveis, remédios com prazos de validade vencidos, instrumentos de resina sintética e filmes fotográficos de raios X.

Os resíduos assépticos produzidos nesses locais são constituídos por papéis, restos da preparação de alimentos, resíduos de limpezas gerais (pó e cinzas), e outros materiais que entram em contato direto com pacientes ou com os resíduos sépticos anteriormente descritos. Estes resíduos assépticos são considerados como lixo domiciliar.

Lixo de portos, aeroportos, terminais rodoviários e ferroviários é constituído por resíduos sépticos gerados em portos, aeroportos, terminais rodoviários e ferroviários. Basicamente, estes se originam de materiais de higiene, asseio pessoal e restos de alimentos que podem veicular doenças provenientes de outras cidades, estados ou países.

Os resíduos assépticos desses locais também são considerados como lixo domiciliar.

Lixo industrial é aquele originado pelas atividades dos diversos ramos da indústria, tais como metalúrgica, química, petroquímica, papelaria e alimentícia.

O lixo industrial é composto por cinzas, lodos, óleos, resíduos alcalinos ou ácidos, plásticos, papéis, madeiras, fibras, borrachas, metais, escórias, vidros e cerâmicas. Nesta categoria, inclui-se a grande maioria do lixo tóxico.

Lixo agrícola é o resíduo sólido proveniente das atividades agrícola e pecuária, constituído por embalagens de adubos, defensivos agrícolas, ração, restos de colheita e outros.

Em várias regiões do mundo, este tipo de resíduo é preocupante pela grande quantidade de esterco animal gerado nas fazendas de pecuária intensiva. As embalagens de agroquímicos, que são geralmente tóxicas, têm sido alvo de legislação específica, que define os cuidados na destinação final e, por vezes, torna responsável a própria indústria fabricante destes produtos.

Lixo atômico é o resíduo resultante da queima de combustível nuclear, composto por urânio enriquecido com isótopo atômico 235. A elevada radioatividade do lixo atômico constitui um grande perigo à saúde da população, por isto este tipo de lixo deve ser enterrado em local adequado e inacessível.

Lixo espacial é o resíduo formado por restos provenientes dos objetos lançados pelo homem no espaço, que circulam ao redor da Terra com velocidade de aproximadamente 28 mil quilômetros por hora.

Os tipos mais comuns de lixo espacial são: foguetes, satélites desativados, tanques de combustível, e fragmentos de aparelhos que explodiram por acidentes ou foram destruídos pela ação de armas anti-satélites.

Entulho é constituído por resíduos da construção civil, tais como, demolições, restos de obras e solos de escavações. O entulho é geralmente um material inerte e passível de reaproveitamento.

b) Segundo o Grau de Degradabilidade

De acordo com o grau de degradabilidade, os resíduos sólidos podem ser classificados em: facilmente degradáveis, moderadamente degradáveis, dificilmente degradáveis e não degradáveis (BIDONE e POVINELLI, 1999).

- Facilmente degradáveis

Os resíduos facilmente degradáveis são formados por matéria orgânica.

- Moderadamente degradáveis

Os resíduos moderadamente degradáveis são compostos por papel, papelão e material celulósico.

- Dificilmente degradáveis

Os resíduos dificilmente degradáveis são: pedaços de pano, retalhos, aparas e serragem de couro, borrachas e madeiras.

- Não degradáveis

Os resíduos não degradáveis incluem os vidros, metais, plásticos, pedras e terras.

c) Segundo o Critério de Periculosidade

De acordo com o critério de periculosidade, os resíduos podem ser classificados em: inflamável, corrosivo, reativo, tóxico e patogênico (ABNT apud BIDONE e POVINELLI, 1999).

- **Inflamável**

O resíduo inflamável é aquele que pode ser passível de fogo, acender e se converter em brasas e chamas.

- **Corrosivo**

O resíduo corrosivo é aquele que destrói ou danifica progressivamente. Alguns metais são classificados como resíduos sólidos corrosivos.

- **Reativo**

O resíduo reativo é aquele que exerce uma reação, ou seja, opõe-se a uma ação que lhe é contrária. Algumas substâncias minerais e substâncias químicas, tal como substância radioativa, são classificadas como resíduos sólidos reativos.

- **Tóxico**

O resíduo tóxico é aquele que tem a propriedade de envenenar. Os venenos e inseticidas são classificados como resíduos sólidos tóxicos.

- **Patogênico**

O resíduo patogênico é aquele capaz de produzir doenças.

d) Segundo o Tipo de Classe

Os resíduos sólidos também podem ser classificados por tipos de classe, da seguinte forma: Classe I, Classe II e Classe III (BIDONE e POVINELLI, 1999).

- Classe I

O resíduo Classe I é aquele enquadrado em pelo menos um critério de periculosidade.

- Classe II

Os resíduos Classe II são aqueles que podem apresentar propriedades como combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água. Estão incluídos nesta categoria os resíduos não inertes, tais como papel, papelão e resto vegetal.

- Classe III

Os resíduos Classe III são aqueles que não apresentam nenhum de seus constituintes solubilizados em concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água. Exemplos de resíduos inertes são: rochas, tijolos, vidros e alguns plásticos e borrachas que não são decompostos facilmente.

2.4. Resíduos Domésticos

Segundo Brasileiro (2004), lixo domiciliar é aquele originado da vida diária das populações, sendo constituído por itens dos seguintes tipos: restos de alimentos, tais como casca de fruta e verdura; produto deteriorado; jornal; revista; garrafa; embalagem; papel higiênico e fralda descartável.

A disposição dos resíduos nas áreas urbanas constitui-se um grande desafio para a administração pública e para sociedade. Trata-se de um problema de saúde pública, como demonstram os surtos epidêmicos relacionados à ausência ou carência de saneamento básico.

Segundo Prandini et al. (1995), os sistemas de limpeza urbana são de competência dos municípios, devendo promover a coleta, o tratamento e a destinação ambiental e sanitária adequada. Ainda, para Prandini et al. (1995), a limpeza pública não é tarefa fácil, devido a fatores como:

- Inexistência de uma política de limpeza pública;

- Limitações de ordem financeira como, orçamentos inadequados, fluxos de caixa desequilibrados, tarifas desatualizadas, arrecadação insuficiente e inexistência de linhas de crédito específicas;
- Deficiência na capacitação técnica e profissional – do gari ao engenheiro chefe;
- Descontinuidade político administrativa; e
- Ausência de controle ambiental.

O afastamento de rejeitos nas civilizações urbanas sempre teve como objetivo rapidamente eliminar das proximidades o incômodo gerado por eles. Com isto estabeleceu-se uma relação, cuja base fundamental reside na logística, principalmente, na coleta e no transporte.

O gerenciamento adequado do lixo - um dos serviços de maior visibilidade por seus efeitos imediatos a limpeza da cidade e a proteção ao meio ambiente proporcionam a administração pública boa aceitação por parte da população, assegurando saúde, bem estar e investimento de recursos públicos, além de vir ao encontro de um desejo comum maior, que é a melhoria da qualidade de vida.

3. GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

3.1. Considerações Gerais

O gerenciamento do lixo de forma integrada é o conjunto de ações normativas, operacionais, financeiras e de planejamento que uma administração municipal desenvolve, baseado em critérios sanitários, ambientais e econômicos para coletar, tratar e dispor o lixo da cidade. Portanto, gerenciar significa limpar o município (com um sistema de coleta e transporte adequado) e tratar o lixo utilizando as tecnologias mais compatíveis com a realidade local, dando-lhe um destino final ambientalmente seguro, tanto no presente como no futuro (IPT e CEMPRE, 2000).

O gerenciamento dos resíduos sólidos contempla as atividades de geração, acondicionamento, armazenamento, coleta, transporte e disposição final.

3.2. Geração

O período que vai da Revolução Francesa, final do século XVIII, até os dias atuais, apresenta-se como o mais crítico no que se refere à relação homem-meio ambiente (FIGUEIREDO, 1995).

Com o processo de industrialização, em um curto período de tempo, observou-se em todo mundo ocidental uma maciça migração do homem do campo para os meios urbanos. Este fato implicou em graves problemas sociais e de saúde pública e, também, em um agravamento da questão dos resíduos urbanos, em função das altas concentrações em que passaram a ser gerados e liberados, principalmente nos meios hídricos.

Ao final da Segunda Guerra Mundial, diante de uma Europa devastada, os EUA passaram a representar o modelo ideal de sociedade, e o padrão “*american way of life*” se difundiu em todo mundo (FIGUEIREDO, 1995). Centrados na associação de qualidade de vida com o consumo de bens materiais, este padrão

alimentou o consumismo, incentivou a produção de bens descartáveis e difundiu a utilização dos materiais artificiais.

No Brasil, o inchaço das cidades é seguido de uma sensível degradação da qualidade de vida. Este fato é antagônico ao processo de êxodo rural, que pelas clássicas justificativas oficiais teria como principal motivação à busca de melhores condições de vida oferecidas pelos centros urbanos.

A modernização da agricultura se caracterizou pela adoção de políticas agrícolas e de créditos rurais, que marginalizam o pequeno produtor e provocam seu empobrecimento, culminando na venda da propriedade e migração para os centros urbanos.

A geração de resíduos sólidos urbanos crescente, decorrente do processo de urbanização e, principalmente, do elevado consumo de bens materiais agrava ainda mais os problemas relacionados à disposição final de resíduos sólidos.

3.3. Acondicionamento

Os recipientes primários, que ficam em contato direto com o lixo, podem ser sacos plásticos ou recipientes rígidos. Os sacos são os mais comumente empregados. Enquanto estão recebendo lixo, devem estar contidos e posicionados em recipientes rígidos, de maneira que permitam a retirada do saco ou seu esvaziamento para um recipiente maior.

Esses recipientes de acondicionamento usados no ambiente doméstico são, em geral, plásticos ou metálicos, e recebem pequenos sacos em cada ponto de geração dos resíduos, tais como: cozinha, banheiro e escritório. Estes pequenos sacos são depois colocados em sacos maiores que são próprios para o serviço de coleta.

Para o acondicionamento adequado do lixo, deve-se ter embalagens que apresentem bom desempenho, a fim de atenderem os requisitos de acondicionamento local e permanecem estáticos.

Além dos sacos plásticos, os coletores plásticos basculantes também são indicados como adequados para acondicionar os resíduos (IPT e CEMPRE, 2000).

Os usuários devem acondicionar o lixo adequadamente, apresentando-o em dias, locais e horários pré-estabelecidos.

Para o serviço de coleta domiciliar, a utilização de sacos plásticos no acondicionamento dos resíduos apresenta algumas vantagens, tais como:

- Requer menor esforço dos coletores;
- Reduz o tempo de coleta;
- Impede a absorção de água da chuva; e
- Reduz a poluição sonora.

3.4. Armazenamento

Uma das fases sob responsabilidade do gerador é o armazenamento. Esta fase compreende o confinamento dos resíduos em local e recipiente adequados, evitando:

- Acidentes (lixo infectante);
- Proliferação de insetos (moscas, ratos e baratas);
- Impacto visual;
- Poluição do ar; e
- Heterogeneidade (no caso de haver coleta seletiva).

Um recipiente adequado para armazenamento deve apresentar as seguintes características: ser de fácil higienização, impedir o escoamento de líquidos, possuir tampa ou outro tipo de vedação e ser de fácil manipulação pelo funcionário coletor (IPT e CEMPRE, 2000).

3.5. Coleta

A coleta do lixo é uma tarefa, geralmente, de responsabilidade do serviço público, cujo propósito é impedir o desenvolvimento de vetores transmissores de doenças que encontram alimento e abrigo no lixo. Para que ocorra a satisfação da população e, conseqüentemente, o bom funcionamento do sistema, o serviço deve ser prestado a todo cidadão, e os veículos coletores devem passar regularmente nos mesmos locais, dias e horários.

A ABNT (1987), através da norma NBR 12980, define quatro diferentes tipos de coleta:

- Coleta domiciliar (ou convencional), que consiste na coleta dos resíduos gerados em residências, estabelecimentos comerciais, industriais, públicos e de prestação de serviços; cujos volumes e características dos resíduos sejam compatíveis com a legislação municipal vigente.
- Coleta de resíduos provenientes de varrição de ruas, praças, calçadas e outros elementos públicos.
- Coleta de feiras e praias
- Coleta de resíduos de serviços de saúde, provenientes de hospitais, ambulatórios, postos de saúde, laboratórios, farmácias, clínicas veterinárias e outros serviços de saúde.

A coleta também pode ser classificada em: regular, especial, seletiva e particular.

- Coleta regular, que consiste na coleta de resíduos sólidos, é realizada em intervalos determinados.
- Coleta especial recolhe os resíduos dos seguintes tipos: entulhos, animais mortos e podas de jardim.

- Coleta seletiva tem por objetivo recolher os resíduos segregados no ponto de origem.
- Coleta particular é obrigatoriamente de responsabilidade do gerador, em decorrência do tipo ou da quantidade de resíduos ser superior à quantidade prevista na legislação municipal. Exemplos de geradores que devem realizar a coleta particular são: indústrias, supermercados, shopping centers, construtoras e empreiteiras.

O Quadro 3 ilustra os resultados da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB, 2000), demonstrando a situação das áreas para disposição de resíduos sólidos.

O controle das despesas e o cálculo dos custos da coleta são aspectos importantes que permitem os seguintes procedimentos:

- Gerenciamento adequado dos recursos humanos e materiais;
- Atualização da taxa de limpeza pública;
- Elaboração do orçamento anual municipal;
- Igualdade de condições em negociações com prestadoras de serviço; e
- Cálculo da taxa a ser cobrada do munícipe pela execução do serviço.

Quadro 3: Quantidade de municípios com serviço de coleta de lixo, em cada região do Brasil

Municípios com serviço de coleta de lixo	Total	Existência de área no município para a disposição final dos resíduos	
		Existe	Não existe
Brasil	5 471	5 224	247
Norte	445	440	5
Nordeste	1 767	1 738	29
Sudeste	1 666	1 587	79
Sul	1 147	1 014	133
Centro-Oeste	446	445	1

Fonte: IBGE (2000)

3.6. Transporte

Os resíduos sólidos precisam ser transportados mecanicamente do ponto de geração até o destino final.

O veículo coletor pode ser de tração animal ou mecânica, com carroceria convencional ou com compactador.

O sistema adotado em localidades de menor porte é a coleta em veículos sem compactador que podem transportar por viagem até 15 m³ ou 3,7 t, com peso específico igual a 250 kg/m³ (IPT e CEMPRE, 2000). O caminhão compactador é o mais indicado para transporte dos resíduos coletados regularmente, pois além de permitir o transporte de uma quantidade maior de resíduos, reduz o mau cheiro exalado pelo resíduo.

Veículos, tais como, tratores agrícolas, motocicletas ou de tração animal são algumas alternativas para o acesso a áreas restritas aos veículos usuais (como ruas não pavimentadas e vielas de favelas).

Segundo Brasileiro (2004), os custos do transporte de resíduos sólidos podem ser classificados em: fixos e variáveis, da seguinte forma:

Custos fixos

Os custos fixos englobam as despesas que, na prática, não variam com a produtividade da empresa ou com a utilização dos equipamentos. Os custos fixos são divididos em: custos relacionados com a frota, custos relacionados com instalações e equipamentos, custo de mão-de-obra e outros custos fixos.

Custos relacionados com a frota

- Depreciação dos veículos, que consiste na perda de valor do veículo, ao longo do tempo;

- Remuneração do capital relacionado com a frota, que visa estabelecer o retorno ou remuneração do capital investido na frota; e
- Outros custos relacionados com a frota: seguro dos veículos, seguro obrigatório, IPVA – Impostos sobre Propriedade de Veículos Automotores, licenciamento de veículos, entre outros.

Custos relacionados com instalações e equipamentos

- Depreciação;
- Remuneração do capital empregado em instalações e equipamentos;
- Impostos; e
- Taxas.

Custos de mão-de-obra

- Mão-de-obra direta, diretamente relacionada com a atividade de coleta; e
- Mão-de-obra indireta, compreendida pelas atividades administrativas, de apoio e de fiscalização.

Outros custos fixos

- Material de escritório;
- Serviços de terceiros;
- Uniformes;
- Água;
- Energia elétrica;
- Telefone; e
- Gás.

Custos variáveis

Os custos variáveis são proporcionais à utilização dos equipamentos. Os custos variáveis podem ser divididos em: custo por quilômetro percorrido e custo por hora de operação dos veículos.

Custo por quilômetro percorrido

Enquadram-se nessa categoria: combustíveis, óleos lubrificantes, graxas, filtros, conjuntos de rodagem e peças de reposição dos caminhões. É obtido da seguinte forma:

- Dividem-se as quantidades dos insumos consumidos por cada veículo, pelo número de quilômetros percorridos;
- Multiplica-se o consumo quilométrico pelo preço de cada insumo; e
- Somam-se os custos quilométricos dos insumos de todos os veículos.

No caso dos pneus, deve-se levar em conta o custo do pneu novo, sua vida útil, as recapagens e respectivas vidas úteis.

No caso das peças de reposição dos caminhões, os valores totais gastos são divididos pelo número total de quilômetros percorridos.

Custo por hora de operação dos veículos

Enquadram-se nessa categoria: lubrificantes, fluido hidráulico consumido pela caçamba e peças que foram substituídas. Esse custo é obtido da seguinte forma:

- Dividem-se as quantidades dos insumos consumidos por cada veículo, pelo número de horas de operação;
- Multiplicam-se o consumo horário pelo preço de cada insumo; e
- Somam-se os custos horários dos insumos de todos os veículos.

No caso das peças de reposição das caçambas, dividem-se os valores totais gastos pelo número total de horas operadas.

Ainda, segundo Brasileiro (2004), a avaliação de desempenho do transporte de resíduos sólidos urbanos é realizada através das seguintes medidas: medidas de custo, medidas de produtividade, indicadores de eficiência operacional, indicadores de qualidade e nível de segurança.

Medidas de custo

- Custo por quilômetro, obtido dividindo-se o custo anual (mensal) total de coleta, incluindo-se os custos fixos, e os variáveis, pela quilometragem total percorrida em um ano (em um mês) pelos veículos;
- Custo por tonelada é obtido dividindo-se o custo total de coleta, de um período, pela quantidade total de lixo coletado, em toneladas; e
- Custo por pessoa atendida é obtido dividindo-se o custo total de coleta, de um período, pelo número de pessoas atendidas.

Medidas de produtividade

- Toneladas coletadas por veículo por turno, indicam quantas toneladas cada veículo, ou grupo de veículos, coleta por turno; e
- Quilometragem percorrida na coleta por veículo por turno, indica quantos quilômetros de coleta cada veículo, ou grupo de veículos, percorre por turno.

Indicadores de eficiência operacional

- Utilização de veículos
 - Velocidade média de coleta: representa a velocidade média do(s) veículo(s) durante o processo de coleta;
 - km coleta/(km de coleta e transporte): indica a razão entre a distância percorrida na coleta e a distância percorrida na coleta e no transporte até a disposição final (ida e volta). Utiliza-se também, a relação tempo de coleta/tempo de coleta e transporte;
 - km coletado/km total: semelhante ao cálculo anterior, considera também o percurso da garagem até o local e coleta (ida e volta). Utiliza-se inclusive, a relação tempo de coleta/tempo total;
 - Tonelagem coletada/capacidade: total coletado pelo(s) veículo(s) e sua(s) capacidade(s) para determinado número de viagens.
- Mão-de-obra
 - Coletores/(população atendida x 1000): têm-se observado valores de 0,2 a 0,4 para a América Latina;

- Tonelagem coletada/(turno x coletor): considerando-se turno de 8 horas, nota-se valores entre 2 e 5 para a América Latina e 5 e 8 para os EUA, onde a coleta possui um grau maior de mecanização;
- Mão-de-obra direta/mão-de-obra indireta: expressa a relação entre o número de funcionários empregados diretamente na coleta e o número de funcionários administrativos e de apoio. Pode-se calcular, também o custo da mão-de-obra direta sobre o custo da mão-de-obra indireta em determinado período.
- Manutenção
 - Quilometragem média entre quebras: medida para um ou mais veículos, está relacionada com a eficiência da manutenção preventiva.
 - Veículos disponíveis/frota: está relacionada com a eficiência geral da manutenção.

Indicadores de qualidade

- Relação entre população atendida e população total, o ideal é atender 100% da população;
- Regularidade: a regularidade pode ser medida como porcentagem das coletas efetuadas no período sobre o total de coletas planejadas; e
- Frequência: no Brasil, adota-se uma frequência mínima de duas vezes por semana para coleta domiciliar, uma vez por dia para coleta dos serviços de saúde, e até mais de uma vez por dia em locais onde são produzidas grandes quantidades de lixo (centros comerciais) ou locais de turismo e lazer.

Nível de segurança

- Quilometragem média entre acidentes com veículos: medida do grau de segurança operacional do(s) veículo(s) pelo(s) motorista(s);
- Tempo médio entre acidentes com pessoal: medida do grau de segurança da atividade de coleta; e
- Roupas com sinalização adequada.

3.7. Disposição Final

A disposição final é a última etapa do sistema de gerenciamento de resíduos sólidos e, também, a mais preocupante porque representa risco ambiental e sanitário.

Existem basicamente três formas de disposição final de resíduos sólidos: lixão, aterro controlado e aterro sanitário.

- Lixão

O lixão é uma forma inadequada de disposição final de resíduos sólidos, que se caracteriza pela simples disposição sobre o solo, sem medidas de proteção ao meio ambiente ou à saúde pública. O lixão também é denominado de descarga a céu aberto ou vazadouro (IPT e CEMPRE, 2000).

Essa forma de disposição acarreta problemas, tais como a proliferação de vetores de doenças (moscas, mosquitos, baratas, ratos, etc.), a geração de maus odores, a poluição do solo e das águas superficiais e subterrâneas.

A poluição das águas é dada em função da infiltração do chorume (líquido de cor preta, mau cheiroso e de elevado potencial poluidor, produzido pela decomposição da matéria orgânica contida no lixo) e do percolado (gerado a partir da passagem das águas das chuvas pelo aterro, incorporando o chorume da decomposição e dissolvendo elementos do próprio lixo).

Agrega-se a isso, o total descontrole dos resíduos recebidos nestes locais, verificando-se a disposição de resíduos sépticos, produzidos em serviços de saúde, e de resíduos industriais. Comumente, associam-se aos lixões a criação de animais e a presença de pessoas (catadores), o que em algumas cidades, residem no próprio local.

- Aterro controlado

O aterro controlado é uma técnica de disposição de resíduos sólidos no solo, sem causar danos ou riscos à saúde pública e à sua segurança, minimizando os impactos ambientais. O método consiste no confinamento dos resíduos sólidos, cobrindo-os com uma camada de material inerte (por exemplo, solo) na conclusão de cada jornada de trabalho.

A limitação do método está no fato de que, geralmente, a base não é dotada de impermeabilização (comprometendo a qualidade das águas subterrâneas), e também, não possui tratamento do chorume ou do biogás gerado.

Segundo IPT e CEMPRE (2000), esse método é preferível ao lixão, mas devido aos problemas ambientais que causa e aos seus custos de operação, é de qualidade bastante inferior ao aterro sanitário.

- Aterro sanitário

O conceito de aterro sanitário deve ser entendido como o local onde o lixo deve ser purificado, minimizando o impacto negativo ao meio ambiente.

O aterro sanitário é um processo utilizado para a disposição de resíduos sólidos no solo, particularmente para lixo domiciliar, que é fundamentado em critérios de engenharia e normas operacionais específicas, permitindo uma confinação segura em termos de controle de poluição ambiental e proteção ao meio ambiente (CETESB apud LIMA, 1991).

Os critérios de engenharia fundamentam-se nos projetos de sistemas de drenagem periférica e superficial para afastamento de águas de chuva, de drenagem de fundo para a coleta do percolado drenado, e de drenagem e queima dos gases gerados, durante o processo de estabilização da matéria orgânica.

O método de disposição final de resíduos em aterro sanitário representa uma solução técnica de fácil execução e economicamente viável. Devido aos

problemas sanitários e ambientais ligados ao local para disposição dos resíduos, a avaliação e identificação de áreas para instalação de aterros sanitários deve ser criteriosa.

Segundo Secretaria do Meio Ambiente (1993), os aterros sanitários apresentam a grande vantagem do baixo custo, pois se constituem em uma tecnologia simples e na mais flexível que existe. O custo de implantação normalmente é função do custo do terreno e de algumas obras civis de impermeabilização.

Na fase de identificação e análise, deve-se ter sempre em vista a importância das características dos meios físico, biótico e sócio-econômico da área para instalação do aterro sanitário. Uma área adequada significa menores riscos ao meio ambiente e à saúde pública, mas fundamentalmente, significa menores gastos com preparo, operação e encerramento do aterro.

O Quadro 4 mostra a situação da disposição final dos resíduos sólidos urbanos no Brasil.

Quadro 4: Tipos de destino final do lixo em cada região do Brasil

Unidades de destinação final do lixo coletado	Total de Municípios	Lixão a céu aberto	Lixão em áreas alagadas	Aterro controlado	Aterro sanitário	Aterro de resíduos especiais	Usina de compostagem	Usina de reciclagem	Incineração
Brasil	8 381	5 993	63	1 868	1 452	810	260	596	325
Norte	512	488	8	44	32	10	1	-	4
Nordeste	2 714	2 538	7	169	134	69	19	28	7
Sudeste	2 846	1 713	36	785	683	483	117	198	210
Sul	1 746	848	11	738	478	219	117	351	101
Centro-Oeste	563	406	1	132	125	29	6	19	3

Fonte: IBGE (2000)

4. IMPACTOS AMBIENTAIS E ECONÔMICOS

4.1. Considerações Gerais

O local de disposição de lixo comumente sofre com deficiências de ordem sanitária e ambiental. Estas deficiências constituem uma séria ameaça à saúde pública e ao meio ambiente.

Deficiências de ordem sanitária

As deficiências de ordem sanitária são: fogo, fumaça, odor, vetores de doença, tanto os macro vetores (cachorros, gatos, ratos, urubus, pombos e outros) quanto os micro vetores (moscas, mosquitos, bactérias, fungos e outros).

A presença de vetores constitui uma ameaça direta, pois são transmissores de doenças que podem contaminar o homem. Pode-se destacar, dentre estes, os ratos (causadores de peste bubônica e da leptospirose), as moscas (que podem abrigar agentes transmissores de febre, cólera, tuberculose, lepra, varíola, hepatite, amebíase e teníase), os mosquitos (transmissores de viroses, dengue, febre amarela e malária), as baratas (suspeitas de veicular o vírus da poliomielite) e as aves (mais precisamente os urubus, que são transmissores de toxoplasmose) (BIDONE e POVINELLI, 1999).

Deficiências de ordem ambiental

As deficiências de ordem ambiental são: poluição do ar, poluição das águas superficiais e subterrâneas, poluição do solo, poluição sonora e prejuízo à estética e paisagem local.

A disposição inadequada de resíduos de serviços de saúde provoca a dispersão de agentes patogênicos no ar ou em partículas suspensas (que podem ser inalados), gera contaminação das águas ou dos alimentos por agentes patogênicos (que podem ser ingeridos) e atrai vetores transmissores de patógenos.

O processo de decomposição de matéria orgânica produz substâncias sulfuradas (H_2S), nitrogenadas (NH_4) e cloradas, tóxicas e de odor desagradável (CH_4) (BIDONE e POVINELLI, 1999).

Os lixões são comumente afetados pela prática comum de queimadas, gerando problemas com a poluição do ar, através da fumaça.

A poluição das águas subterrâneas e superficiais é função da infiltração do chorume e do percolado. Estes líquidos possuem altas concentrações de matéria orgânica e quando lançados diretamente nos corpos d'água causam sérios danos à vida aquática.

A poluição do solo é gerada pela deposição de metais pesados.

A disposição de resíduos em áreas de restrição ambiental, em locais com solos pouco espessos, permeáveis, e sujeitos aos processos da dinâmica superficial (erosão, escorregamentos, colapsos, etc.) representam grandes riscos ambientais. A declividade apropriada reduz os riscos de processos da dinâmica superficial.

Local para disposição final de resíduos sólidos também causa impacto sonoro à vizinhança.

4.2. Impactos Ambientais

Os impactos ambientais gerados pela disposição final de resíduos sólidos urbanos são: odor permanente, odor na direção do vento, presença de animais (macro vetores), presença de fumaça, presença de insetos (micro vetores), visual bonito e visual feio.

Odor permanente

O odor permanente é o impacto causado pelo mau odor proveniente do local de disposição de resíduos.

Odor na direção do vento

Este impacto é ocasionado pelo mau odor proveniente do local de disposição de resíduos, quando esse é levado através do vento, às residências próximas (em dias esporádicos).

Presença de animais

Este impacto é provocado pela presença de vetores como cachorros, gatos, ratos, urubus, pombos e outros próximos ao local de disposição de resíduos.

Presença de fumaça

A presença de fumaça é ocasionada por queimadas comuns em locais de disposição de resíduos.

Presença de insetos

Este impacto é provocado pela presença de vetores como moscas, mosquitos e outros no entorno do local de disposição de resíduos.

Visual bonito

Local de disposição com aspecto bonito (dotado de cercamento e arborização, por exemplo) causa menor impacto visual.

Visual feio

Local de disposição com aspecto feio causa grande impacto visual ao ambiente.

4.3. Impactos Econômicos

O setor responsável em solucionar o problema ambiental tem como meta evitar o esgotamento das fontes naturais de matérias primas, mitigar a geração de resíduos e, assim, responder as necessidades de sustentabilidade do desenvolvimento (CUNHA e GUERRA, 2002).

Os recursos destinados à implantação, operação e manutenção da área devem estar de acordo com a disponibilidade financeira do município.

O local de disposição de resíduos, distante da zona urbana, gera maiores gastos com a operação de transportes.

A disposição em local inadequado causa prejuízo ambiental à urbanização e também provoca desvalorização imobiliária das áreas circunvizinhas (GUERRA e CUNHA, 2001).

5. MATERIAL E MÉTODO

5.1. Material

O material utilizado para a realização da pesquisa é um formulário de entrevistas domiciliares, que foi desenvolvido para coletar dados sobre a opinião da população em relação à escolha do local para disposição final de resíduos sólidos urbanos. A Figura 1 apresenta o formulário para entrevistas.

5.2. Método

O método proposto para escolha de áreas para disposição final de resíduos sólidos se baseia no método de Weber e Hasenack (2000), que considera os seguintes critérios: restritivos, físicos e sócio-econômicos.

a) Critérios restritivos

A área a ser selecionada deve encontrar-se dentro dos limites do município. No entanto, em muitos casos, analisar somente áreas pertencentes ao município pode não ser a alternativa mais viável, pois municípios vizinhos podem dispor de áreas mais apropriadas.

Quanto ao zoneamento urbano, o local deve ficar fora da direção de crescimento do município e estar de acordo com a disponibilidade financeira do município.

b) Critérios físicos

Segundo IPT e CEMPRE (2000), com relação às características geológico-geotécnicas, o local onde será implantado o aterro sanitário deverá apresentar solo homogêneo, impermeável e profundidade do lençol freático tal que não cause danos ambientais ao meio. A norma NBR 13896 (ABNT, 1997) estabelece que:

1. Que distância você considera ideal para que o aterro sanitário se localize em relação à área urbana? _____
2. Se a prefeitura tem duas alternativas para depositar o lixo da cidade uma fica próxima da área urbana e a outra bem distante, qual você prefere?
 Pagar mais impostos (porque a prefeitura vai gastar mais dinheiro para levar o lixo a uma distância maior), ou;
 Que o lixo seja depositado na área, mais próxima de sua residência.
3. Na mesma situação anterior, existe um projeto de valor muito alto, e outro de valor bem menor, o que você prefere?
 Que a prefeitura escolha o projeto mais caro e deixe de investir na cidade com a construção de praças, creches, postos de saúde, etc., ou;
 Que seja escolhido o projeto mais barato e o dinheiro que sobrar seja investido em outros setores.
4. Que nota você daria para o odor proveniente do local de disposição final?
 excelente ótimo bom ruim péssimo
5. Se este mesmo local citado na pergunta anterior produzisse maus odores somente poucos dias por mês, que nota você daria para ele?
 excelente ótimo bom ruim péssimo
6. Caso existisse presença de fumaça (resultado de queimadas) próximo de sua residência, que nota você daria para ela?
 excelente ótimo bom ruim péssimo
7. Quanto ao aspecto visual do local de disposição final, que nota você daria para ele fosse como esta fotografia? (Esta fotografia está mostrada na Figura 2)
 excelente ótimo bom ruim péssimo
8. E a nota para a pergunta acima, caso fosse como esta fotografia? (Esta fotografia está mostrada na Figura 3)
 excelente ótimo bom ruim péssimo
9. Se você notasse a presença de cães, gatos, urubus ou insetos (por ex. moscas) próximos de sua residência, devido à proximidade do aterro sanitário que nota você daria para isso?
 excelente ótimo bom ruim péssimo
10. Caso este mesmo aterro, citado na pergunta anterior, somente trouxesse a presença de alguns insetos, que nota você daria para este aterro sanitário?
 excelente ótimo bom ruim péssimo

Figura 1: Formulário para entrevistas sobre a opinião da população em relação à escolha do local para disposição final de resíduos sólidos urbanos



Figura 2: Local de disposição final com aspecto feio



Figura 3: Local de disposição final com aspecto bonito

- Idealmente, o local deverá apresentar manto de solo homogêneo de 3,0 m de espessura com coeficiente de permeabilidade de $k = 10^{-6}$ cm/s;
- Poderá ser considerada aceitável uma distância mínima, entre a base do aterro e a cota máxima do aquífero freático, igual a 1,5 m, para um coeficiente de permeabilidade $k = 5 \times 10^{-5}$ cm/s. Ainda, poderá ser exigida uma impermeabilização suplementar, visando maior proteção ao aquífero freático; e
- Em áreas com predominância de solos com coeficiente de permeabilidade menores ou iguais a $k = 10^{-4}$ cm/s não é recomendada a construção de aterros, mesmo utilizando-se impermeabilizações complementares.

As características desejáveis para o solo a ser utilizado como camada de impermeabilização de base do aterro são: Limite de Liquidez (LL) igual ou superior a 30% e Índice de Plasticidade (IP) igual ou superior a 15% (IPT e CEMPRE, 2000).

CETESB (apud IPT e CEMPRE, 2000) utiliza a distância mínima dos corpos d'água maior do que 200 m como critério de atribuição de peso no cálculo do Índice de Qualidade de Aterros de Resíduos (IQR).

De acordo com IPT e CEMPRE (2000), deve-se também considerar que o local fica fora de áreas de proteção permanente e, encontra-se a uma distância mínima da zona urbana de 5,0 km.

Quanto à declividade do terreno, estabelece-se que:

- $3\% \leq \text{declividade} \leq 20\%$ – adequada;
- $20\% < \text{declividade} \leq 30\%$ – possível; e
- $\text{declividade} < 3\%$ ou $\text{declividade} > 30\%$ – não recomendada.

O local deve dispor de capacidade máxima de armazenamento de lixo (vida útil) de, pelo menos, 10 anos e possibilidade de expansão em área próxima ou vizinha.

c) Critérios sócio-econômicos

Quanto aos critérios sócio-econômicos, as recomendações são as seguintes:

- Uso e ocupação do solo - preferência por áreas devolutas ou pouco utilizadas;
- Odores, fumaça e poeira - fora da direção predominante dos ventos;
- Impacto visual - a fim de evitar impacto negativo, devem-se executar obras de isolamento e proteção (valas, diques de terra, cercas e arborização no entorno da área), impedindo também a entrada de pessoas e animais;
- Proliferação de vetores - constitui uma ameaça direta, pois são transmissores de doenças que podem contaminar o homem;
- Custos de implantação - a área mais adequada é aquela que apresenta menores gastos com a aquisição do terreno, com obras de infra-estrutura e que apresente o projeto menos complexo; e
- Custos de operação - vias de acesso em bom estado de conservação e menor distância possível da zona urbana geradora de resíduos, objetivando redução de custos.

O método proposto por este trabalho para avaliação de áreas para disposição final de resíduos sólidos urbanos considera que:

- Os critérios restritivos sejam respeitados;
- Os valores mínimos e máximos dos critérios físicos sejam atendidos; e
- Os critérios sócio-econômicos sejam analisados.

O método proposto é constituído por um parâmetro de avaliação que indica a qualidade da área, em termos de funcionalidade e geração de impactos ambientais e econômicos.

6. PARÂMETRO PROPOSTO PARA AVALIAÇÃO DE ÁREAS PARA DISPOSIÇÃO FINAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

O parâmetro proposto para avaliação de áreas para disposição final de resíduos sólidos é o Índice de Qualidade (IQ). O índice de Qualidade determina um valor que indica a relação entre a eficiência (produtividade) e a eficácia (qualidade) da área. Esta relação demonstra a funcionalidade da área para a disposição de resíduos sólidos, em contrapartida à intensidade dos impactos ambientais gerados pela ocupação do solo. O índice de Qualidade é proposto através da Equação 1.

$$IQ = \frac{CF}{IAE} \quad (1)$$

Onde:

IQ – Índice de Qualidade

CF – Critérios Funcionais; e

IAE – Impactos Ambientais e Econômicos.

Se $IQ < 1$ → a área gera mais impacto e é menos funcional.

Se $IQ = 1$ → a área gera impacto na mesma intensidade em que é funcional.

Se $IQ > 1$ → a área é mais funcional e gera menos impacto.

6.1. Critérios Funcionais

Os critérios funcionais medem a funcionalidade da área, que é a capacidade para disposição de resíduos sólidos. O somatório dos critérios funcionais indica a eficiência da área para disposição de resíduos. Os critérios funcionais considerados no cálculo da produtividade de uma área são apresentados através da Equação 2.

$$CF = C_{AT} + C_{DT} + C_{PS} + D_{BA} + D_{CA} + D_{ZU} + E_{SH} + IP + LL + V_{UT} \quad (2)$$

Onde:

C_F – Critérios Funcionais;

C_{AT} – Custo de aquisição do terreno (R\$/m²);

C_{DT} – Coeficiente de declividade do terreno (%);

C_{PS} – Coeficiente de permeabilidade do solo (cm/s);

D_{BA} – Distância entre a base do terreno e a cota máxima do aquífero freático (m);

D_{CA} – Distância do corpo d'água mais próximo (m);

D_{ZU} – Distância da zona urbana (km);

E_{SH} – Espessura de solo homogêneo (m);

IP – Índice de plasticidade (%);

LL – Limite de Liquidez (%); e

V_{UT} – Vida útil do terreno.

a) Custo de aquisição do terreno (C_{AT})

O valor do custo de aquisição do terreno deve ser comparado ao valor de mercado do solo urbano. A pontuação desta variável será inserida no cálculo do somatório dos critérios funcionais.

A pontuação desta variável é obtida no Quadro 5, analisando a porcentagem do valor do custo de aquisição do terreno em relação ao valor de mercado do solo urbano.

Quadro 5: Pontuação do custo de aquisição do terreno

VALOR	PONTOS
Igual ao mercado	10
20% maior	9
30% maior	8
40% maior	7
50% maior	6
60% maior	5
70% maior	4
80% maior	3
90% maior	2
100% maior	1

b) Coeficiente de declividade do terreno (C_{DT})

O valor do coeficiente de declividade do terreno deve ser analisado em relação ao intervalo especificado por IPT e CEMPRE (2000) ($3\% \leq \alpha \leq 30\%$). A pontuação desta variável será inserida no cálculo do somatório dos critérios funcionais.

A pontuação desta variável é obtida no Quadro 6, analisando a porcentagem do valor do coeficiente de declividade do terreno em relação ao valor máximo do intervalo (30%) especificado por IPT e CEMPRE (2000).

Quadro 6: Pontuação do coeficiente de declividade do terreno, e do coeficiente de permeabilidade do solo

VALOR	PONTOS
Igual ao máximo	1
20% menor	2
30% menor	3
40% menor	4
50% menor	5
60% menor	6
70% menor	7
80% menor	8
90% menor	9
100% menor	10

c) Coeficiente de permeabilidade do solo (C_{PS})

O valor do coeficiente de permeabilidade do solo deve ser comparado ao valor máximo ($k=10^{-4}$ cm/s) especificado por IPT e CEMPRE (2000). A pontuação desta variável será inserida no cálculo do somatório dos critérios funcionais.

A pontuação desta variável é obtida no Quadro 6, analisando a porcentagem do valor do coeficiente de permeabilidade do solo em relação ao valor máximo especificado por IPT e CEMPRE (2000).

d) Distância entre a base do aterro e a cota máxima do aquífero freático (D_{BA})

O valor da distância entre a base do aterro e a cota máxima do aquífero freático deve ser comparado ao valor mínimo (1,5 m) especificado por IPT e CEMPRE (2000). A pontuação desta variável será inserida no cálculo do somatório dos critérios funcionais.

A pontuação desta variável é obtida no Quadro 7, analisando a porcentagem do valor da distância do corpo d'água mais próximo em relação ao valor mínimo especificado por IPT e CEMPRE (2000).

Quadro 7: Pontuação da distância entre a base do aterro e a cota máxima do aquífero freático, da distância do corpo d'água mais próximo, da distância da zona urbana, da espessura de solo homogêneo, do índice de plasticidade, do limite de liquidez, e da vida útil do terreno

VALOR	PONTOS
Igual ao mínimo	1
20% maior	2
30% maior	3
40% maior	4
50% maior	5
60% maior	6
70% maior	7
80% maior	8
90% maior	9
100% maior	10

e) Distância do corpo d'água mais próximo (D_{CA})

O valor da distância do corpo d'água mais próximo deve ser comparado ao valor mínimo (200 m) especificado por IPT e CEMPRE (2000) A pontuação desta variável será inserida no cálculo do somatório dos critérios funcionais.

A pontuação desta variável é obtida no Quadro 7, analisando a porcentagem do valor da distância do corpo d'água mais próximo em relação ao valor mínimo especificado por IPT e CEMPRE (2000).

f) Distância da zona urbana (D_{ZU})

O valor da distância da zona urbana deve ser comparado ao valor mínimo (5 km) especificado por IPT e CEMPRE (2000). A pontuação desta variável será inserida no cálculo do somatório dos critérios funcionais.

A pontuação desta variável é obtida no Quadro 7, analisando a porcentagem do valor da distância da zona urbana em relação ao valor mínimo especificado por IPT e CEMPRE (2000).

g) Espessura de solo homogêneo (E_{SH})

O valor da espessura de solo homogêneo deve ser comparado ao valor mínimo (3 m) especificado por IPT e CEMPRE (2000). A pontuação desta variável será inserida no cálculo do somatório dos critérios funcionais.

A pontuação desta variável é obtida no Quadro 7, analisando a porcentagem do valor da espessura de solo homogêneo em relação ao valor mínimo especificado por IPT e CEMPRE (2000).

h) Índice de Plasticidade (IP)

O valor do índice de plasticidade deve ser comparado ao valor mínimo (15%) especificado por IPT e CEMPRE (2000). A pontuação desta variável será inserida no cálculo do somatório dos critérios funcionais.

A pontuação desta variável é obtida no Quadro 7, analisando a porcentagem do valor do índice de plasticidade em relação ao valor mínimo especificado por IPT e CEMPRE (2000).

i) Limite de Liquidez (LL)

O valor do limite de liquidez deve ser comparado ao valor mínimo (30%) especificado por IPT e CEMPRE (2000). A pontuação desta variável será inserida no cálculo do somatório dos critérios funcionais.

A pontuação desta variável é obtida no Quadro 7, analisando a porcentagem do valor do limite de liquidez em relação ao valor mínimo especificado por IPT e CEMPRE (2000).

j) Vida útil do terreno (V_{UT})

O valor da vida útil do terreno deve ser comparado ao valor mínimo (10 anos) especificado por IPT e CEMPRE (2000). A pontuação desta variável será inserida no cálculo do somatório dos critérios funcionais.

A pontuação desta variável é obtida no Quadro 7, analisando a porcentagem do valor da vida útil do terreno em relação ao valor mínimo especificado por IPT e CEMPRE (2000).

6.2. Impactos Ambientais e Econômicos

Os impactos ambientais e econômicos medem a intensidade dos impactos gerados pela área, segundo a opinião da população local, que é identificada através de entrevista domiciliar.

O somatório dos impactos ambientais e econômicos indica a eficácia da área, que é a qualidade de realizar o serviço de disposição final dos resíduos sólidos, provocando os menores danos possíveis.

Os impactos ambientais e econômicos considerados no cálculo da qualidade de uma área são apresentados através da Equação 3.

$$IAE = C_I + C_T + D_{ZU} + O_P + O_{DV} + P_{AI} + P_I + V_B + V_F \quad (3)$$

Onde:

IAE – Impactos ambientais e econômicos;

C_I – Custos de Investimento (R\$);

C_T – Custos de transporte (R\$);

D_{ZU} – Distância da zona urbana (km);

O_P – Odor permanente;

O_{DV} – Odor na direção do vento;

P_{AI} – Presença de animais e insetos;

P_F – Presença de fumaça;

P_I – Presença de insetos;

V_B – Visual bonito; e

V_F – Visual feio.

a) Custos de investimento (*C_i*)

A questão sobre os custos de investimento, na entrevista domiciliar, deve apresentar duas alternativas: (1) investimento alto na disposição de resíduos em detrimento de outros setores; e (2) investimento baixo na disposição de resíduos, com maiores investimentos em outros setores.

O impacto causado pelos custos de investimento é referente à alternativa de investimento alto na disposição de resíduos.

A pontuação desta variável é obtida no Quadro 8, em relação à porcentagem média das classes econômicas da população com opinião sobre esse impacto.

Quadro 8: Pontuação dos custos de investimento e dos custos de transporte

IMPACTO (%)	PONTOS
10	1
20	2
30	3
40	4
50	5
60	6
70	7
80	8
90	9
100	10

b) Custos de transporte (C_T)

A questão sobre os custos de transporte, na entrevista domiciliar, deve apresentar duas alternativas: (1) pagar mais imposto para o local de disposição final ficar longe da área urbana, aumentando os custos de transporte; e (2) pagar menos imposto para o local de disposição final ficar próximo da área urbana, diminuindo os custos de transporte.

O impacto causado pelos custos de transporte é referente à alternativa de pagar mais imposto para o local de disposição final ficar longe da área urbana.

A pontuação desta variável é obtida no Quadro 8, em relação à porcentagem média das classes econômicas da população com opinião sobre esse impacto.

c) Distância da zona urbana (D_{ZU})

A questão sobre a distância da zona urbana, na entrevista domiciliar, deve apresentar dez alternativas, com valores de distância entre a zona urbana e local de disposição final variando de 1 a 10 km.

A pontuação desta variável é obtida no Quadro 9, em relação ao valor de distância que apresentar o maior valor médio das classes sociais da população com opinião sobre esse impacto.

Quadro 9: Pontuação da distância entre o local de disposição final e a zona urbana

D_{ZU} (km)	PONTOS
1	1
2	2
3	3
4	4
5	5
6	6
7	7
8	8
9	9
10	10

d) Odor permanente (O_P)

A questão sobre o odor permanente, na entrevista domiciliar, deve apresentar cinco alternativas: excelente, ótimo, bom, ruim e péssimo.

A pontuação desta variável é obtida no Quadro 10, em relação à opinião que apresentar o maior valor médio das classes sociais da população sobre esse impacto.

Quadro 10: Pontuação do odor permanente, do odor na direção do vento, da presença de animais e insetos, da presença de fumaça, da presença de insetos, do visual bonito, e do visual feio

ALTERNATIVAS	PONTOS
Excelente	1 – 2
Ótimo	3 – 4
Bom	5 – 6
Ruim	7 – 8
Péssimo	9 – 10

e) Odor na direção do vento (D_{DV})

A questão sobre o odor na direção do vento, na entrevista domiciliar, deve apresentar cinco alternativas: excelente, ótimo, bom, ruim e péssimo.

A pontuação desta variável é obtida no Quadro 10, em relação à opinião que apresentar o maior valor médio das classes sociais da população sobre esse impacto.

f) Presença de animais e insetos (P_{AI})

A questão sobre a presença de animais e insetos, na entrevista domiciliar, deve apresentar cinco alternativas: excelente, ótimo, bom, ruim e péssimo.

A pontuação desta variável é obtida no Quadro 10, em relação à opinião que apresentar o maior valor médio das classes sociais da população sobre esse impacto.

g) Presença de fumaça (P_F)

A questão sobre a presença de fumaça, na entrevista domiciliar, deve apresentar cinco alternativas: excelente, ótimo, bom, ruim e péssimo.

A pontuação desta variável é obtida no Quadro 10, em relação à opinião que apresentar o maior valor médio das classes sociais da população sobre esse impacto.

h) Presença de insetos (P_I)

A questão sobre a presença de insetos, na entrevista domiciliar, deve apresentar cinco alternativas: excelente, ótimo, bom, ruim e péssimo.

A pontuação desta variável é obtida no Quadro 10, em relação à opinião que apresentar o maior valor médio das classes sociais da população sobre esse impacto.

i) Visual bonito (V_B)

A questão sobre o visual bonito, na entrevista domiciliar, deve apresentar cinco alternativas: excelente, ótimo, bom, ruim e péssimo.

A pontuação desta variável é obtida no Quadro 10, em relação à opinião que apresentar o maior valor médio das classes sociais da população sobre esse impacto.

j) Visual feio (V_F)

A questão sobre o visual feio, na entrevista domiciliar, deve apresentar cinco alternativas: excelente, ótimo, bom, ruim e péssimo.

A pontuação desta variável é obtida no Quadro 10, em relação à opinião que apresentar o maior valor médio das classes sociais da população sobre esse impacto.

Os locais analisados para disposição final de resíduos são fictícios. Essa escolha se deu em função da dificuldade encontrada junto a Prefeitura Municipal de Ilha Solteira/SP, em se obter uma listagem dos locais disponíveis para aterro sanitário e também em função do local para disposição final de resíduos sólidos já estar definido.

Outra dificuldade encontrada seria a grande quantidade de ensaios laboratoriais envolvidos no desenvolvimento do método, cujo prazo já se encontrava restrito, em função do tempo despendido para a execução as entrevistas domiciliares.

Uma planilha eletrônica (MS Excel) foi desenvolvida para calcular o valor do Índice de Qualidade (IQ) dos locais analisados para disposição final dos resíduos sólidos urbanos.

A planilha é alimentada pelos dados de cada variável dos critérios funcionais e de cada variável dos impactos ambientais e econômicos, em relação aos locais de disposição final analisados.

A planilha calcula o valor dos Critérios Funcionais (CF), dos Impactos Ambientais e Econômicos (IAE), e do Índice de Qualidade (IQ) para cada local analisado.

O anexo I apresenta a planilha eletrônica alimentada pelos dados de todas as variáveis e com os valores calculados para cada local analisado.

7. ESTUDO DE CASO

7.1. Coleta de Dados

O estudo de caso foi realizado para a cidade de Ilha Solteira/SP, que apresenta aproximadamente 24.000 habitantes e se localiza no noroeste do Estado de São Paulo.

A cidade foi subdividida em cinco zonas conforme o critério da ABEP – Associação Brasileira de Empresas de Pesquisa (2003), representando as classes econômicas (A, B, C, D e E). A subdivisão em classes econômicas está representada através de um esquema de cores definindo cada uma das zonas no mapa de Ilha Solteira/SP, apresentado no anexo II.

A coleta de dados foi feita através de entrevistas domiciliares, utilizando o formulário mostrado na Figura 1.

O período da coleta de dados compreendeu de julho a outubro de 2005.

7.2. Apresentação dos Dados

Os dados são apresentados através de figuras que ilustram a opinião da população em relação à escolha do local para disposição final de resíduos sólidos urbanos.

As figuras são constituídas por gráficos, que apresentam os dados referentes às classes sociais, mostrando a opinião da população sobre cada questão da entrevista.

A Figura 4 apresenta os dados sobre a distância do local de disposição final em relação à área urbana. A Figura 5 apresenta os dados sobre as alternativas para o local de disposição final. A Figura 6 apresenta os dados sobre as alternativas para o investimento público. A Figura 7 apresenta os dados sobre o odor permanente proveniente do local de disposição final. A Figura 8 apresenta os

dados sobre o odor periódico proveniente do local de disposição final. A Figura 9 apresenta os dados sobre a presença de fumaça próxima à residência. A Figura 10 apresenta os dados sobre o local de disposição final com aspecto feio. A Figura 11 apresenta os dados sobre o local de disposição final com aspecto bonito. A Figura 12 apresenta os dados sobre a presença de animais próximo à residência. A Figura 13 apresenta os dados sobre a presença de insetos próximos à residência.

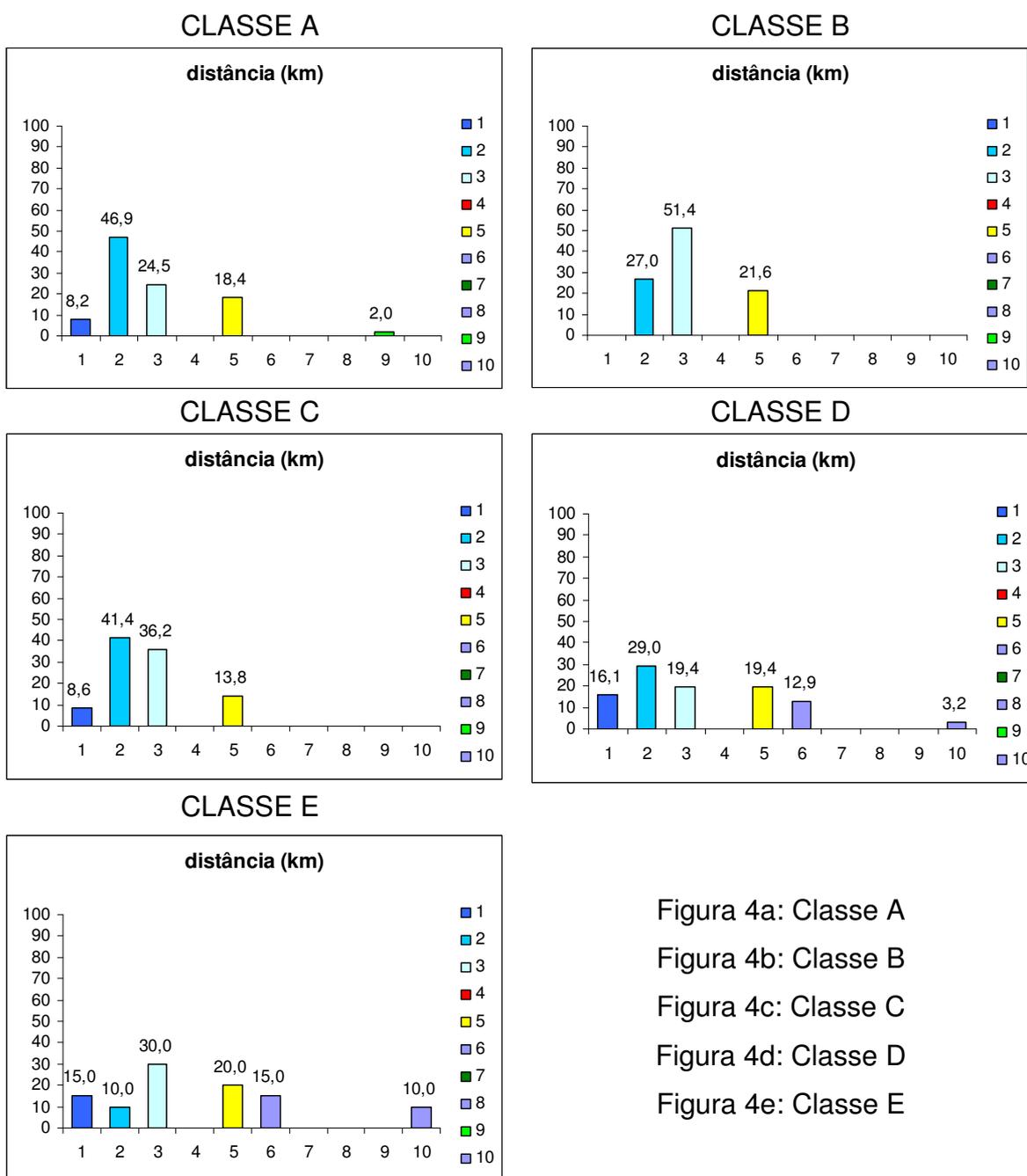


Figura 4a: Classe A
 Figura 4b: Classe B
 Figura 4c: Classe C
 Figura 4d: Classe D
 Figura 4e: Classe E

Figura 4: Distância do local de disposição final em relação à área urbana



Figura 5a: Classe A

Figura 5b: Classe B

Figura 5c: Classe C

Figura 5d: Classe D

Figura 5e: Classe E

Figura 5: Alternativas para o local de disposição final – pagar mais imposto para o local ficar longe da área urbana ou pagar menos imposto e o local ficar próximo da área urbana (custos de transporte)

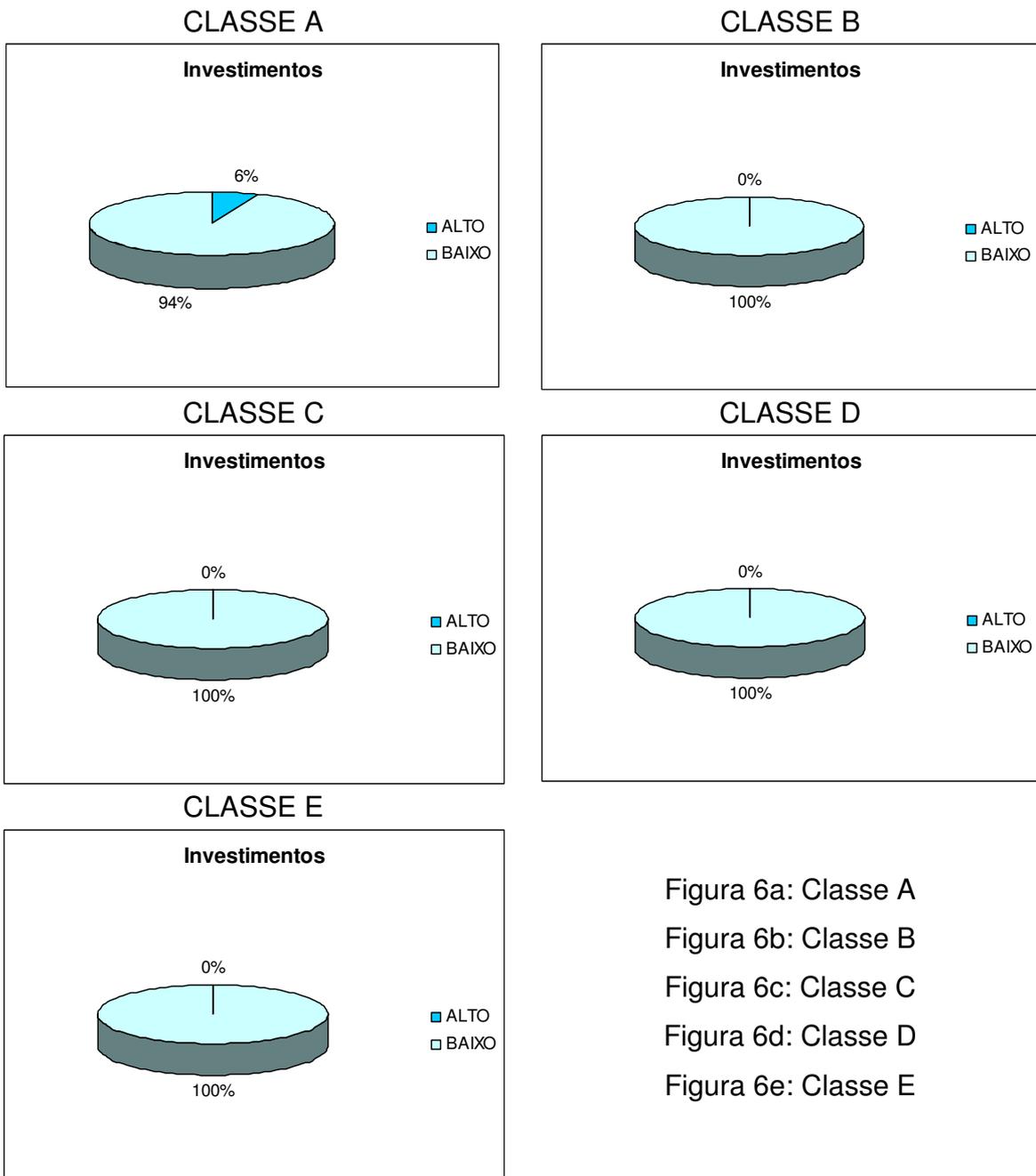


Figura 6a: Classe A

Figura 6b: Classe B

Figura 6c: Classe C

Figura 6d: Classe D

Figura 6e: Classe E

Figura 6: Alternativas para o investimento público – investir mais dinheiro na disposição final de resíduos em detrimento de outros setores ou investir menos dinheiro na disposição final de resíduos e mais dinheiro em outros setores

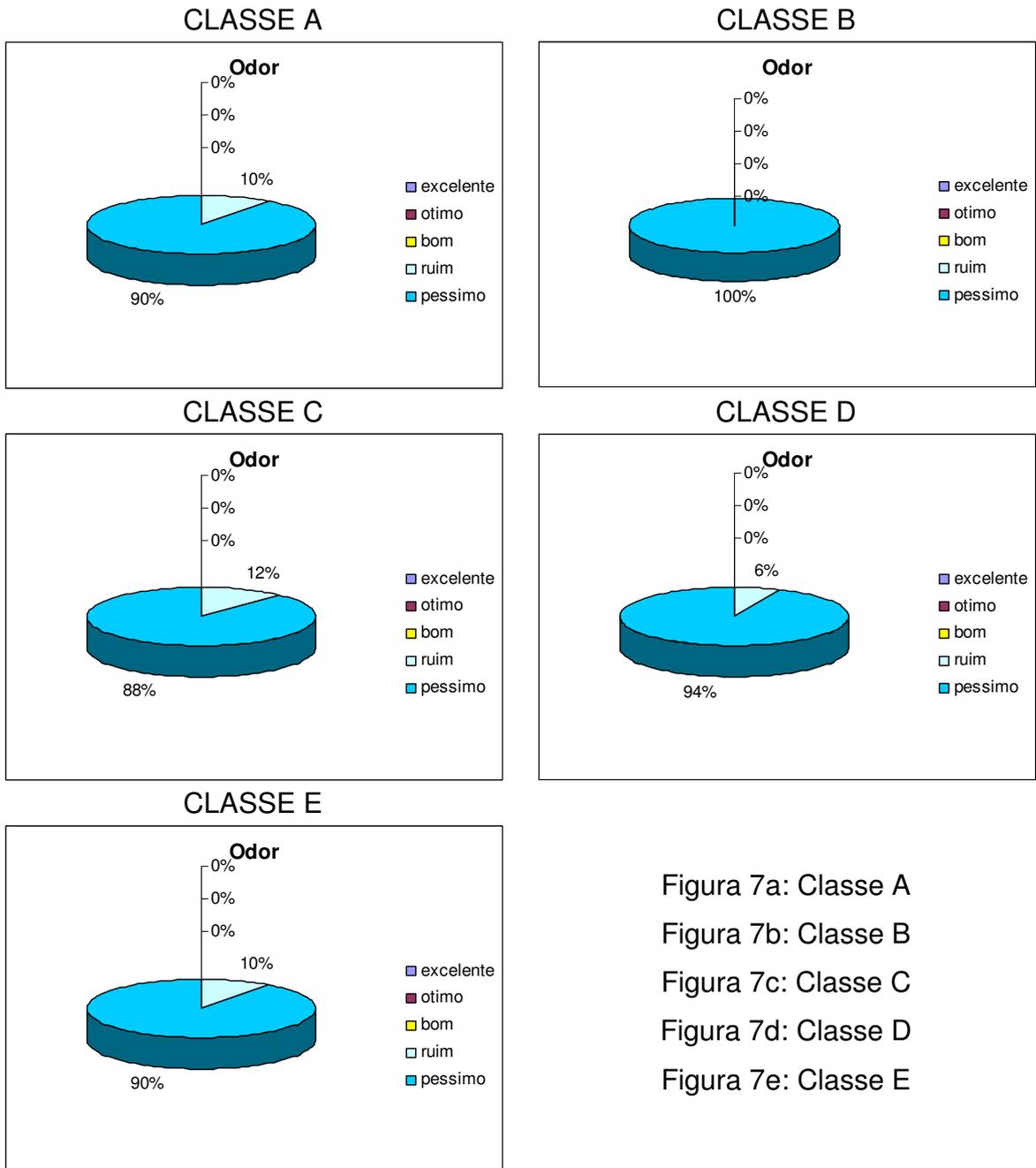


Figura 7a: Classe A

Figura 7b: Classe B

Figura 7c: Classe C

Figura 7d: Classe D

Figura 7e: Classe E

Figura 7: Odor permanente proveniente do local de disposição final dos resíduos

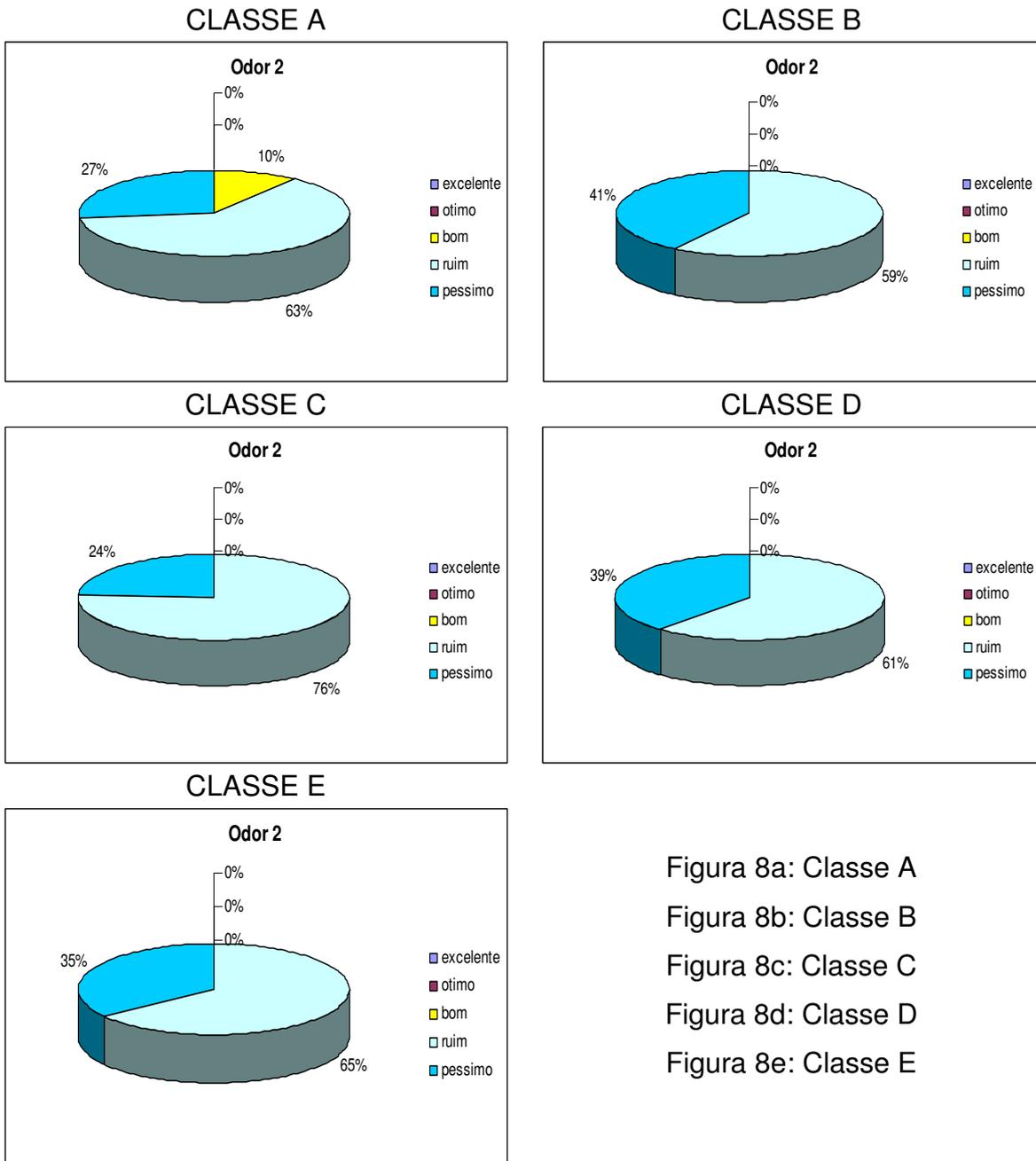


Figura 8a: Classe A

Figura 8b: Classe B

Figura 8c: Classe C

Figura 8d: Classe D

Figura 8e: Classe E

Figura 8: Odor periódico (na direção do vento) proveniente do local de disposição final dos resíduos

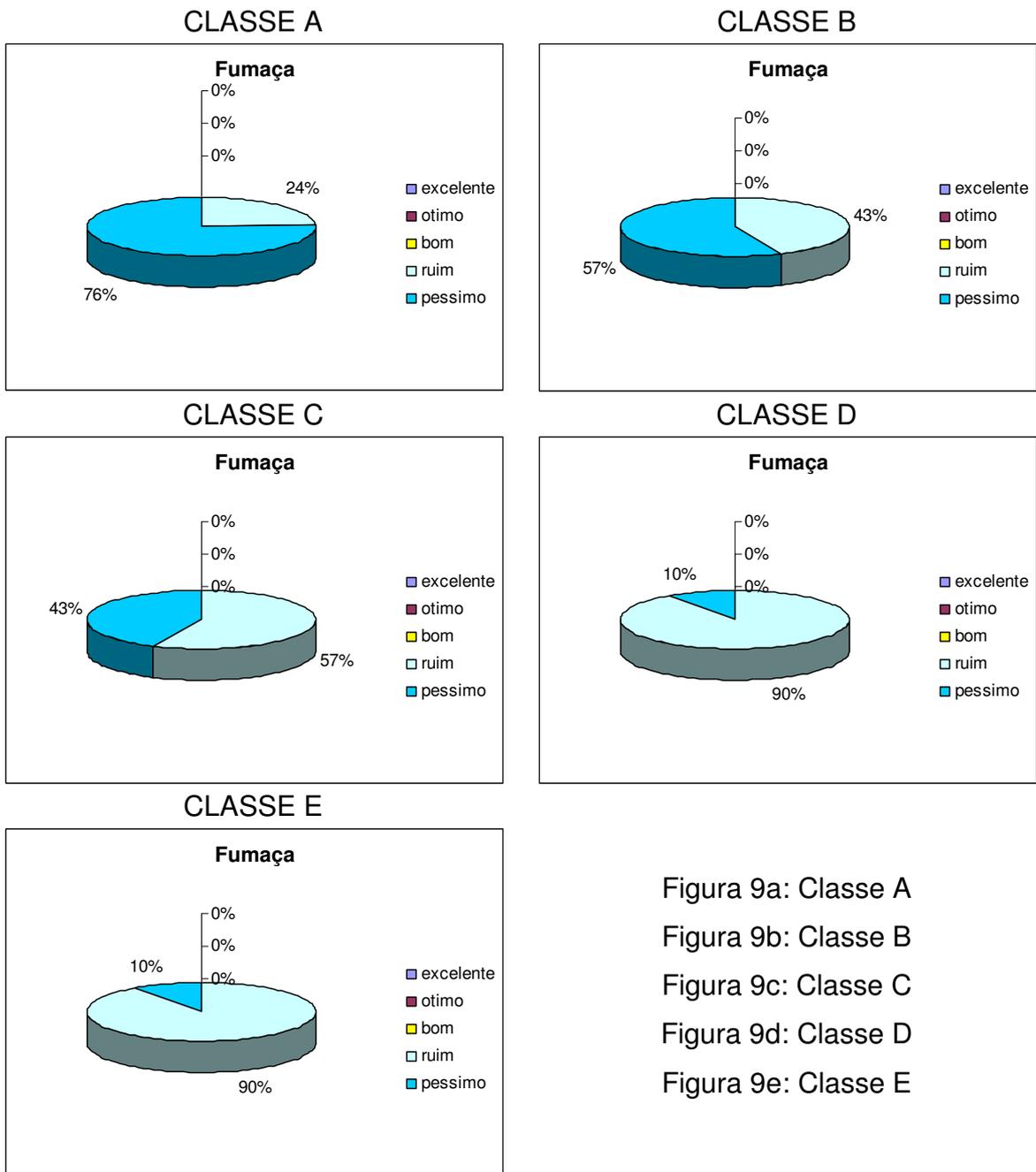


Figura 9a: Classe A

Figura 9b: Classe B

Figura 9c: Classe C

Figura 9d: Classe D

Figura 9e: Classe E

Figura 9: Presença de fumaça, como resultado de queimadas, próximo à residência

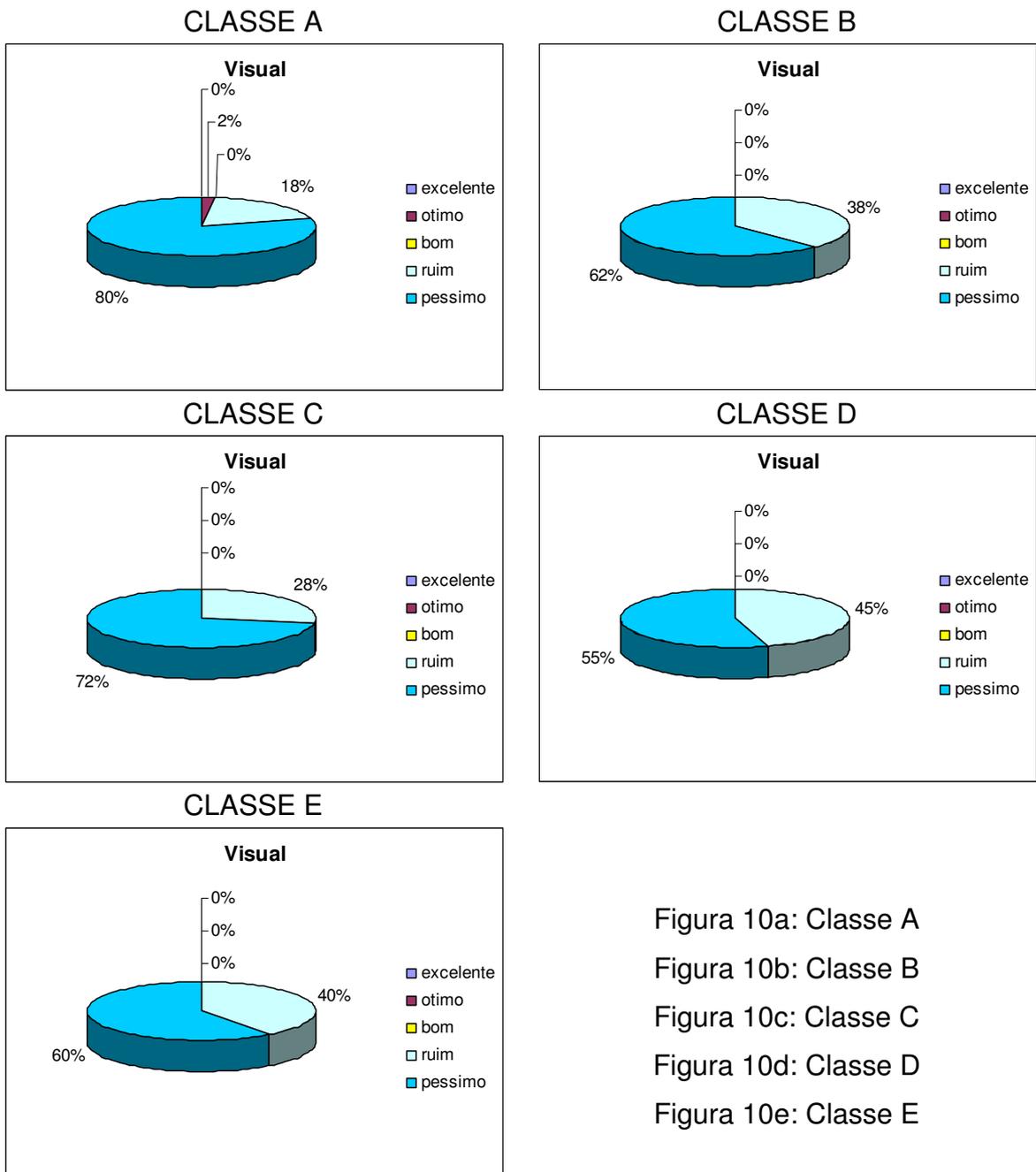


Figura 10a: Classe A
 Figura 10b: Classe B
 Figura 10c: Classe C
 Figura 10d: Classe D
 Figura 10e: Classe E

Figura 10: Local de disposição final com aspecto feio

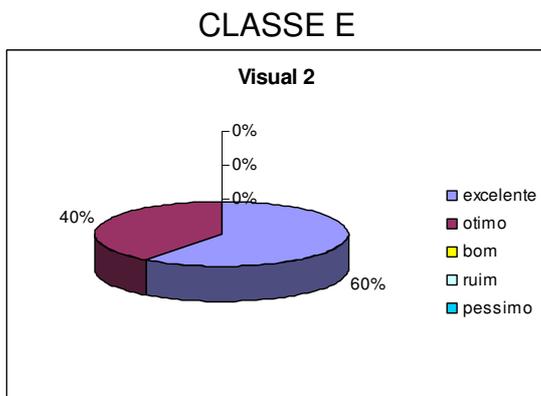
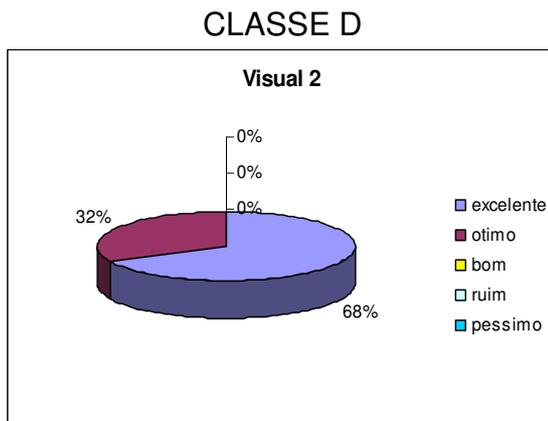
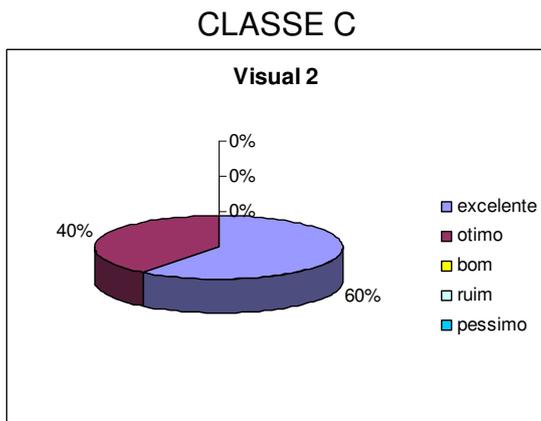
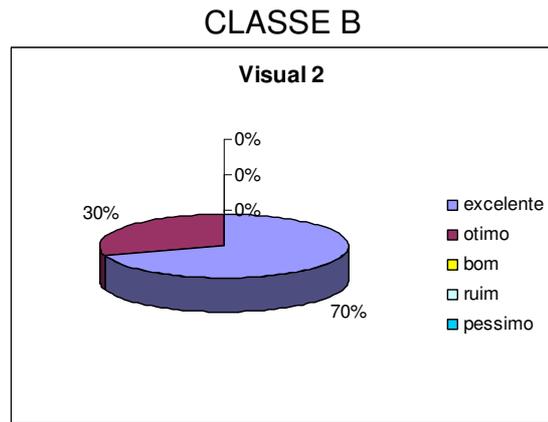
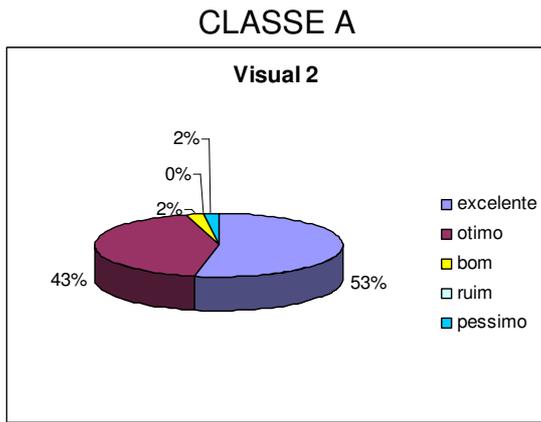


Figura 11a: Classe A

Figura 11b: Classe B

Figura 11c: Classe C

Figura 11d: Classe D

Figura 11e: Classe E

Figura 11: Local de disposição final com aspecto bonito

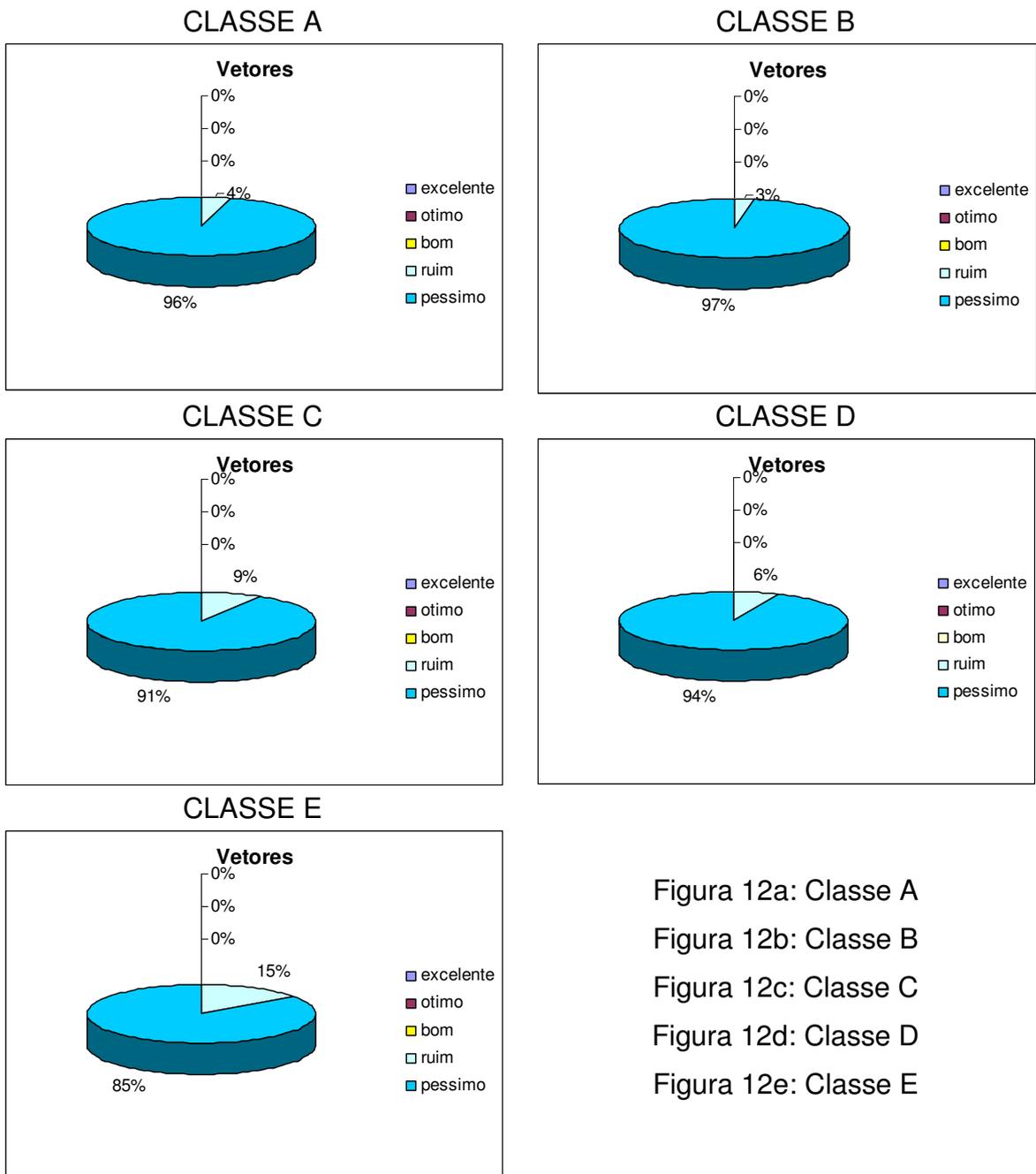


Figura 12a: Classe A
 Figura 12b: Classe B
 Figura 12c: Classe C
 Figura 12d: Classe D
 Figura 12e: Classe E

Figura 12: Presença de cães, gatos, urubus e insetos próximo à residência

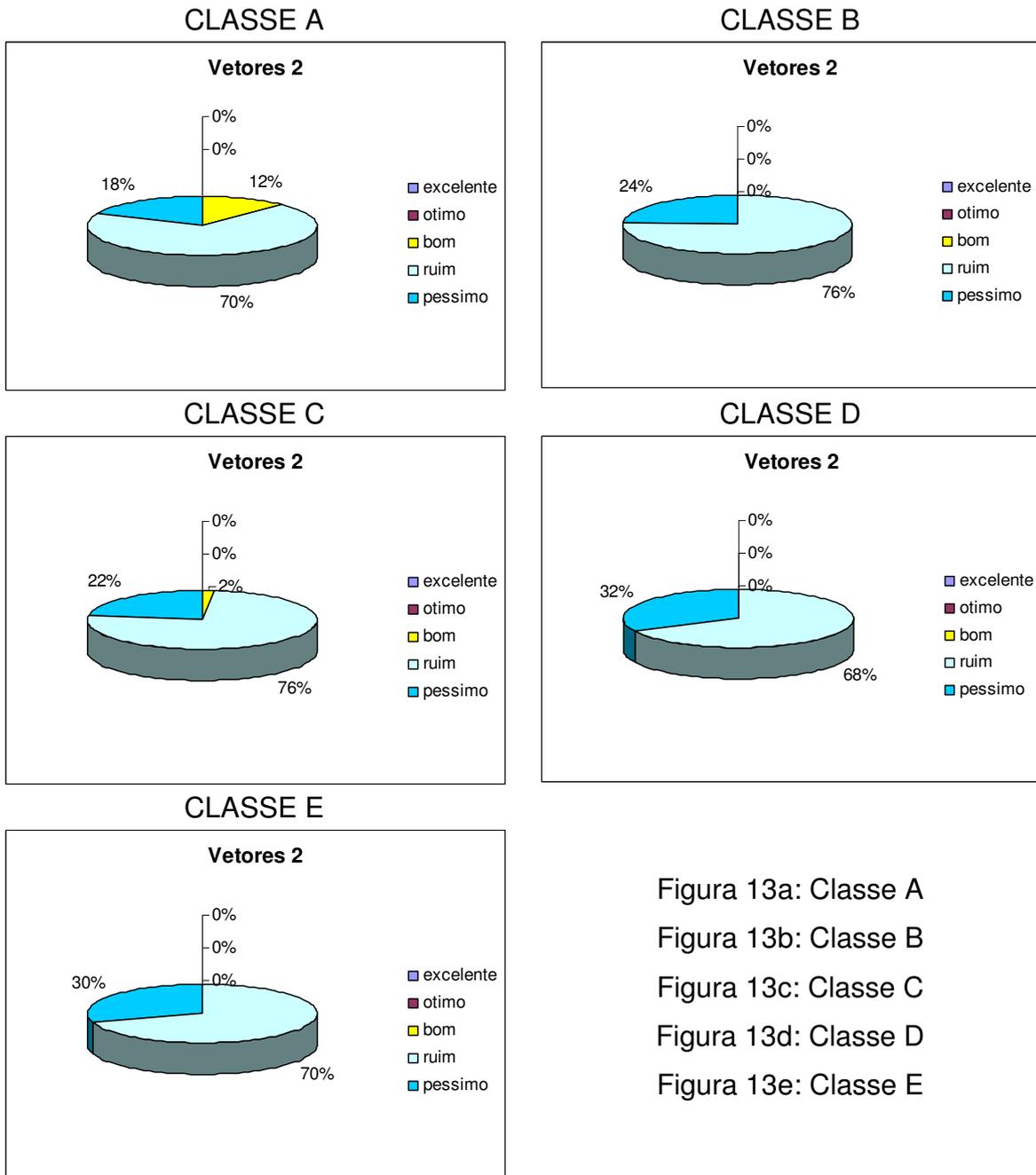


Figura 13a: Classe A
 Figura 13b: Classe B
 Figura 13c: Classe C
 Figura 13d: Classe D
 Figura 13e: Classe E

Figura 13: Presença de insetos próximo à residência

7.3. Análise dos Resultados

Os dados foram coletados e selecionados através de uma amostra. A amostra foi elaborada, segundo orientação do Departamento de Estatística da Universidade de Engenharia de Ilha Solteira da UNESP. Foram realizadas entrevistas domiciliares em no mínimo 35 residências representativas de cada uma das classes econômicas A, B, C, D e E, segundo os critérios da ABEP (2003).

Os dados coletados foram tabulados, com o propósito de se fazer a análise dos resultados.

A Tabela 1 apresenta os resultados sobre a distância do local de disposição final em relação à área urbana. A Tabela 2 apresenta os resultados sobre as alternativas para o local de disposição final. A Tabela 3 apresenta os resultados sobre as alternativas para o investimento público. A Tabela 4 apresenta os resultados sobre o odor permanente proveniente do local de disposição final. A Tabela 5 apresenta os resultados sobre o odor permanente proveniente do local de disposição final. A Tabela 6 apresenta os resultados sobre a presença de fumaça próxima à residência. A Tabela 7 apresenta os resultados sobre o local de disposição final com aspecto feio. A Tabela 8 apresenta os resultados sobre o local de disposição final com aspecto bonito. A Tabela 9 apresenta os resultados sobre a presença de animais próximos à residência. A Tabela 10 apresenta os resultados sobre a presença de insetos próximos à residência.

Tabela 1: Distância do local de disposição final em relação à área urbana

Distância (km)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Classe A	8,2	46,9	24,5		18,4				2	
Classe B		27	51,4		21,6					
Classe C	8,6	41,4	36,2		13,8					
Classe D	16,1	29	19,4		19,4	12,9				3,2
Classe E	15	10	30		20	15				10
Média (%)	9,58	30,9	32,3	0	18,6	5,58	0	0	0,4	2,64

Para 32,3% da população de Ilha Solteira, a distância ideal entre o local de disposição final e a área urbana é de, no mínimo, 3 km.

Tabela 2: Alternativas para o local de disposição final – pagar mais imposto para o local ficar longe da área urbana ou pagar menos imposto e o local ficar próximo da área urbana

Imposto	Mais	Menos
Classe A	96	4
Classe B	100	0
Classe C	91	9
Classe D	100	0
Classe E	100	0
Média (%)	97,4	2,6

A grande maioria da população (97,4%) prefere pagar mais imposto para que o local de disposição final de resíduos fique longe da área urbana e o dinheiro proveniente do aumento de imposto seja aplicado no transporte dos resíduos; uma vez que se o local de disposição final ficar longe da área urbana, o custo de transporte será maior.

A escolha pelo aumento de imposto reflete o desejo do munícipe em manter o lixo o mais distante possível de sua residência, mesmo que isto lhe custe mais caro.

Tabela 3: Alternativas para o investimento público: investir mais dinheiro na disposição final de resíduos em detrimento de outros setores; ou investir menos dinheiro na disposição final de resíduos, com mais dinheiro em outros setores

Investimento	Alto	Baixo
Classe A	6	94
Classe B	0	100
Classe C	0	100
Classe D	0	100
Classe E	0	100
Média (%)	1,2	98,8

A grande maioria da população (98,8%) prefere que a administração municipal invista menos dinheiro na disposição final de resíduos urbanos e mais dinheiro em outros setores.

A escolha por um baixo investimento de implantação demonstra o desejo comum de que o dinheiro público seja investido da maneira mais diversificada possível.

Tabela 4: Odor permanente proveniente do local de disposição final dos resíduos

Odor	excelente	ótimo	bom	ruim	péssimo
Classe A				10	90
Classe B					100
Classe C				12	88
Classe D				6	94
Classe E				10	90
Média (%)	0	0	0	7,6	92,4

A grande maioria da população (92,4%) acha péssimo a incidência do odor permanente, proveniente do local de disposição final dos resíduos sólidos, sobre suas residências.

O resultado demonstra a intolerância do munícipe em relação aos maus odores.

Tabela 5: Odor periódico (na direção do vento) proveniente do local de disposição final dos resíduos sólidos urbanos

Odor	excelente	ótimo	bom	ruim	péssimo
Classe A			10	63	27
Classe B				59	41
Classe C				76	24
Classe D				61	39
Classe E				65	35
Média (%)	0	0	2	64,8	33,2

A maioria da população (64,8%) acha ruim a incidência do odor periódico, proveniente do local de disposição final dos resíduos sólidos, sobre suas residências.

Quando a situação de maus odores é eventual, a população mostra alguma tolerância em relação a este impacto ambiental.

Tabela 6: Presença de fumaça, como resultado de queimadas, próximo à residência

Fumaça	excelente	ótimo	bom	ruim	péssimo
Classe A				24	76
Classe B				43	57
Classe C				57	43
Classe D				90	10
Classe E				90	10
Média (%)	0	0	0	60,8	39,2

A maioria da população (60,8%) acha ruim a presença de fumaça, como resultado de queimadas, próximo de suas residências.

Como na situação anterior, a pesquisa mostra alguma tolerância por parte da população em relação à presença de fumaça.

Tabela 7: Local de disposição final com aspecto feio

Aspecto	excelente	ótimo	bom	ruim	péssimo
Classe A		2		18	80
Classe B				38	62
Classe C				28	72
Classe D				45	55
Classe E				40	60
Média (%)	0	0,4	0	33,8	65,8

A maioria da população (65,8%) acha péssimo um local de disposição final com aspecto feio.

Como pode-se notar pelos resultados apresentados na Tabela 7, o aspecto visual feio é considerado péssimo mas esta opinião não é unânime para a população, pois existe tolerância em relação ao impacto visual.

Tabela 8: Local de disposição final com aspecto bonito

Aspecto	excelente	ótimo	bom	ruim	péssimo
Classe A	53	43	2		2
Classe B	70	30			
Classe C	60	40			
Classe D	68	32			
Classe E	60	40			
Média (%)	62,2	37	0,4	0	0,4

A maioria da população (62,2%) acha excelente um local de disposição final com aspecto bonito.

Os problemas relacionados ao aspecto visual apresentam simples solução. Um aterro protegido por cercas e arborização no entorno do local de disposição final se mostram elementos suficientes para a redução do impacto visual.

Tabela 9: Presença de cães, gatos, urubus e insetos próximo à residência

Animais	excelente	ótimo	bom	ruim	péssimo
Classe A				4	96
Classe B				3	97
Classe C				9	91
Classe D				6	94
Classe E				15	85
Média (%)	0	0	0	7,4	92,6

A grande maioria da população (92,6%) acha péssimo a presença de cães, gatos, urubus e insetos próximo de suas residências.

Da mesma forma que a opinião sobre maus odores, o munícipe demonstra total intolerância a presença de vetores transmissores de doenças.

Tabela 10: Presença de insetos próximo à residência

Insetos	excelente	ótimo	bom	ruim	péssimo
Classe A			12	70	18
Classe B				76	24
Classe C			2	76	22
Classe D				68	32
Classe E				70	30
Média (%)	0	0	2,8	72	25,2

A maioria da população (72,0%) acha ruim a presença de insetos próximos de suas residências.

Esse resultado mostra alguma tolerância por parte da população, em relação à presença de insetos próximo a sua residência.

7.4. Aplicação do Parâmetro Proposto para Avaliação de Áreas para Disposição Final de Resíduos Sólidos Urbanos

A aplicação do parâmetro proposto para avaliação de áreas para disposição final de resíduos sólidos foi realizada para quatro locais fictícios (denominados de LOCAL 1, LOCAL 2, LOCAL 3 e LOCAL 4) na cidade de Ilha Solteira/SP. Os valores das variáveis que constituem os critérios funcionais dos locais para disposição final dos resíduos sólidos urbanos na cidade de Ilha Solteira/SP estão apresentados no Quadro 11.

O valor de mercado do solo urbano em Ilha Solteira/SP é R\$ 1,00 / m².

Os valores das variáveis que constituem os critérios funcionais também são fictícios, mas foram atribuídos obedecendo aos requisitos do método proposto, em relação ao método de Weber e Hasenack (2000), que são: respeitar os critérios restritivos, atender os valores mínimos e máximos dos critérios físicos, e analisar os critérios sócio-econômicos.

Quadro 11: Valores das variáveis que constituem os critérios funcionais dos locais analisados

	Local 1	Local 2	Local 3	Local 4
C_{AT}	1,32	1,20	1,40	1,19
C_{DT}	20	25	15	10
C_{PS}	1E-05	1E-06	1E-08	1E-04
D_{BA}	2	12	8	2,8
D_{CA}	500	700	300	200
D_{ZU}	7	12	8	5
E_{SH}	5,5	7	8	5
IP	30	25	35	20
LL	32	41	45	38
V_{UT}	17	16	10	12

A planilha eletrônica calculou a pontuação de cada variável que constitui os critérios funcionais, com base nos valores dos Quadros 5, 6, 7 e 11 e calculou o valor dos Critérios Funcionais (CF), através da Equação 2, para cada local de disposição final analisado.

A Tabela 11 apresenta a pontuação de cada variável e o valor dos Critérios Funcionais (CF) para cada local de disposição final analisado.

Tabela 11: Pontuação das variáveis e o valor dos critérios funcionais para cada local de disposição final analisado

Pontuação	Local 1	Local 2	Local 3	Local 4
C_{AT}	8	9	7	9
C_{DT}	3	2	5	7
C_{PS}	9	10	10	1
D_{BA}	3	10	10	9
D_{CA}	10	10	5	1
D_{ZU}	4	10	6	1
E_{SH}	8	10	10	7
IP	10	7	10	3
LL	1	4	5	3
V_{UT}	7	6	1	2
CF	63	78	69	43

A planilha eletrônica calculou a pontuação de cada variável que constitui os impactos ambientais e econômicos; com base nos valores dos Quadros 8, 9 e 10 e nos resultados da entrevista domiciliar.

O valor dos Impactos Ambientais e Econômicos (IAE) foi calculado, utilizando a Equação 3, através da planilha eletrônica, para o caso da cidade de Ilha Solteira/SP.

A Tabela 12 apresenta a pontuação de cada variável e o valor dos Impactos Funcionais e Econômicos (IAE), calculados pela planilha eletrônica, para a cidade de Ilha Solteira/SP.

Tabela 12: Pontuação das variáveis e o valor dos impactos ambientais e econômicos

	Pontuação
C_I	1
C_T	10
D_{ZU}	3
O_P	10
O_{DV}	7
P_{AI}	10
P_F	7
P_I	7
V_B	1
V_F	9
IAE	65

O valor do Índice de Qualidade (IQ) foi calculado, utilizando a Equação 1, através da planilha eletrônica. A Tabela 13 apresenta os valores do Índice de Qualidade para cada local de disposição final analisado.

Tabela 13: Índice de Qualidade de cada local analisado

Índice de Qualidade	Local 1	Local 2	Local 3	Local 4
IQ	0,97	1,20	1,06	0,66

8. CONCLUSÕES

O método existente para seleção de locais de disposição final considera critérios restritivos, físicos e sócio-econômicos; mas, é falho, pois não considera os impactos ambientais e os impactos econômicos gerados pelo serviço de disposição final dos resíduos sólidos urbanos.

O método proposto, que consiste no parâmetro denominado Índice de Qualidade (IQ), considera os critérios do método existente, define critérios funcionais que medem a capacidade do local para disposição final, e identifica a intensidade de impactos ambientais e econômicos gerados na área urbana.

O Índice de Qualidade (IQ) indica a relação entre a eficiência e a eficácia do local para disposição final de resíduos sólidos urbanos.

O estudo de caso apresentou os seguintes valores de Índice de Qualidade para os quatro locais analisados: $IQ_1 = 0,97$; $IQ_2 = 1,20$; $IQ_3 = 1,06$ e $IQ_4 = 0,66$.

Os valores obtidos do Índice de Qualidade (IQ) para os locais analisados para disposição final indicam que:

- Os Locais 1 e 4 geram mais impacto e são menos funcionais, pois apresentam $IQ < 1$;
- Dentre os Locais 1 e 4, o Local 4 é o pior dele, pois $IQ_4 < IQ_1$;
- Os Locais 2 e 3 são mais funcionais e geram menos impacto, pois apresentam $IQ > 1$; e
- Dentre os Locais 2 e 3, o Local 2 é o melhor deles, pois $IQ_2 > IQ_3$.

Portanto, pode-se concluir que o método desenvolvido neste trabalho para avaliação de locais para disposição final de resíduos sólidos urbanos é eficiente; pois indica a funcionalidade do local para a disposição de resíduos sólidos, em contrapartida à intensidade dos impactos gerados pela ocupação do solo.

Deve-se fazer uma ressalva quanto às limitações do método. Os critérios funcionais são considerados todos de mesma importância, sem dar a cada um

desses critérios pesos diferentes. Também deve-se lembrar que os impactos ambientais e econômicos são calculados em função das entrevistas domiciliares podendo, portanto, variar de uma cidade para outra ou até mesmo dentro de um mesmo município.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABEP – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE PESQUISA: CCEB – Critério de Classificação Econômica Brasil – 2003.

Disponível em:

<http://www.abep.org/codigosguias/ABEP_CCEB.pdf>

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1987). NBR 10004 - Resíduos Sólidos: Classificação. ABNT, Rio de Janeiro.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1987). NBR 12980 – Coleta, Varrição e Acondicionamento de Resíduos Sólidos Urbanos – Terminologia. ABNT, Rio de Janeiro.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1997). NBR 13896 – Aterros de Resíduos Não-perigosos – Critérios para Projetos, Implantação e Operação – Procedimento. ABNT, São Paulo.

ANDREOLI, C.V. (2001) Resíduos Sólidos do Saneamento: Processamento, Reciclagem e Disposição Final. Rio de Janeiro: RiMa, ABES. 1^a. ed. Capítulo 6, p. 143-162.

BIDONE, F.R.A. e POVINELLI, J. (1999) Conceitos Básicos de Resíduos Sólidos. São Carlos. Editora EESC/USP, São Carlos. 109 p.

BRASILEIRO, L.A. (2004) Análise do Roteamento de Veículos na Coleta de Resíduos Domésticos, Comerciais e de Serviços de Saúde. Tese (Livre Docência) UNESP – Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira. 94 p.

CUNHA, S.B. da e GUERRA, A.J.T. (2002) Avaliação e Perícia Ambiental. Rio de Janeiro. Editora Bertrand Brasil. 4^a ed. 294 p.

FERREIRA, A.B.H. (2004) Novo Dicionário Aurélio da língua portuguesa. Curitiba. Editora Positivo. 3^a ed. 2120 p.

FIGUEIREDO, P.J.M. (1995) A Sociedade do Lixo. Piracicaba. Editora Unimep. 2ª ed. 240 p.

GUERRA, A.J.T e CUNHA, S.B. da (2001) Impactos Ambientais Urbanos no Brasil. Rio de Janeiro. Editora Bertrand Brasil. 416 p.

IBGE. Tabela 109 - Distritos com serviços de limpeza urbana e/ou coleta de lixo, por unidades de destinação final do lixo coletado, segundo as Grandes Regiões, Unidades da Federação, Regiões Metropolitanas e Municípios das Capitais – 2000.

Disponível em:

<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/população/condiçãoodevida/pnsb/lixo_col_etado/defaultlixo.shtm>. Acesso em: 5 dez. 2003.

IBGE. Tabela 117 - Municípios com serviço de coleta de lixo, por existência de área no município para a disposição final dos resíduos, segundo as Grandes Regiões, Unidades da Federação, Regiões Metropolitanas e Municípios das Capitais – 2000.

Disponível em:

<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/população/condiçãoodevida/pnsb/lixo_col_etado/defaultlixo.shtm>. Acesso em: 5 dez. 2003.

IPT e CEMPRE (2000). Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado. Editora IPT, São Paulo. 2ª ed. 370 p.

LIMA, L. M.Q. (1991) Tratamento de Lixo. São Paulo. Editora Hemus. 242 p.

PRANDINI, F.L. et al. (1995) O Gerenciamento Integrado do Lixo Municipal. In JARDIM, N.S. et al. Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado. São Paulo, Instituto de Pesquisas Tecnológica – IPT/Compromisso Empresarial para a Reciclagem – CEMPRE. Cap. 1, p. 1-19.

SÃO PAULO (ESTADO). SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE. COORDENADORIA DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL (1993) Resíduos Sólidos e Meio Ambiente no Estado de São Paulo / Secretaria de Estado do Meio Ambiente. 144 p.

WEBER, E. e HASENACK, H. (2000). Avaliação de áreas para instalação de aterro sanitário através de análises em SIG com classificação contínua dos dados. Congresso e Feira para Usuários de Geoprocessamento da América Latina, 6. **Anais...** Salvador/BA.

10. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

AB'SABER, A.N. e MÜLLER-PLANTENBERG, C. (2006) Previsão de Impactos: O Estudo de Impacto Ambiental no Leste, Oeste e Sul. Experiências no Brasil, na Rússia e na Alemanha. São Paulo. Editora da Universidade de São Paulo. 2^a. ed. 573 p.

BARROS, R.T. de V. et al. (1995) Saneamento (Manual de saneamento e proteção ambiental para os municípios, 2). Belo Horizonte. Escola de Engenharia da UFMG. Capítulo 7, p. 181-204.

FELLENBERG, G. (1980) Introdução aos Problemas da Poluição Ambiental; [tradução de Juergen Heinrich Maar; revisão técnica de Cláudio Gilberto Froehlich]. São Paulo. EPU: Springer: Editora da Universidade de São Paulo. Capítulo C, p. 111-124.

HAMADA, J. e CAVAGUTI, N. (2000) Aplicação do Método Matricial na Escolha de Área para Implantação do Aterro Sanitário de Franca-SP In: IX SILUBESA - Simpósio Luso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2000, Porto Seguro.

Anais. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. p.1504 – 1514.

LACERDA, M.G. (2003) Análise de Uso de SIG no Sistema de Coleta de Resíduos Domiciliares em uma Cidade de Pequeno Porte. Dissertação (Mestrado) UNESP – Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira. 147 p.

MOURA, L.A.A. de (2003) Economia Ambiental: Gestão de Custos e Investimentos. São Paulo. Editora Juarez de Oliveira. 2^a. ed. 248 p.

REICHERT, G.A. (1999) Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos, uma Proposta Inovadora. Ciência e Ambiente, nº 18. Editora UFSM.

TAUK-TORNIELO, S.M. et al (1995) Análise Ambiental: Estratégias e Ações. São Paulo. Centro de Estudos Ambientais da Universidade Estadual Paulista – UNESP, Rio Claro-SP. Editora T.A. Queiroz – Fundação Salim Farah Maluf. 381 p.

ANEXO I

Planilha eletrônica para cálculo do valor do Índice de Qualidade (IQ) de locais analisados para disposição final de resíduos sólidos urbanos

Planilha para cálculo do valor do Índice de Qualidade (IQ) de locais para disposição final de resíduos sólidos urbanos

Entrada de dados - Critérios Funcionais				Entrada de dados - Impactos Ambientais e Econômicos										
	Local 1	Local 2	Local 3	Local 4	Op	O _{dv}	P _{AI}	P _F	P _I	V _B	V _F	G _I	(km)	D _{Zu}
C _{AT}	1,32	1,2	1,4	1,19						62,2		1,2	1	9,6
C _{DT}	20	25	15	10						37	0,4	98,8	2	31,2
C _{PS}	1E-05	1E-06	1E-08	1E-04		2			2,8	0,4		C _T	3	32
D _{BA}	2	12	8	2,8	7,6	64,8	7,4	60,8	72		33,8	97,4	4	
D _{CA}	500	700	300	200	92,4	33,2	92,6	39,2	25,2	0,4	65,8	2,60	5	18,6
D _{Zu}	7	12	8	5									6	5,6
E _{SH}	5,5	7	8	5									7	
IP	30	25	35	20									8	
LL	32	41	45	38									9	0,4
V _{UR}	17	16	10	12									10	2,6

Critérios Funcionais					Impactos Ambientais e Econômicos									
Pontuação	A1	A2	A3	A4	G _I	C _T	D _{Zu}	O _P	O _{dv}	P _{AI}	P _F	P _I	V _B	V _F
C _{AT}	8	9	7	9	1									
C _{DT}	3	2	5	7	10									
C _{PS}	9	10	10	1	3									
D _{BA}	3	10	10	9	10									
D _{CA}	10	10	5	1	7									
D _{Zu}	4	10	6	1	10									
E _{SH}	8	10	10	7	7									
IP	10	7	10	3	7									
LL	1	4	5	3	1									
V _{UR}	7	6	1	2	9									
CF	63	78	69	43	65									

Índice de Qualidade

IQ₁ 0,97

IQ₂ 1,20

IQ₃ 1,06

IQ₄ 0,66

ANEXO II

Mapa de Ilha Solteira/SP representando cinco zonas representativas das classes econômicas (A, B, C, D e E) através de um esquema de cores

CLASSES ECONÔMICAS

- CLASSE A
- CLASSE B
- CLASSE C
- CLASSE D
- CLASSE E

