UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Nº 050

# ESTUDO DA GERAÇÃO, TRANSPORTE E AVALIAÇÃO GEOTÉCNICA DO SÍTIO DE DISPOSIÇÃO DOS RSU DO MUNICÍPIO DE RIO QUENTE – GO

**VALTER EVANGELISTA PEREIRA**

**UBERLÂNDIA, 14 DE JULHO DE 2008**

FECIV

FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL
Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil
UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

**Valter Evangelista Pereira**

# ESTUDO DA GERAÇÃO, TRANSPORTE E AVALIAÇÃO GEOTÉCNICA DO SÍTIO DE DISPOSIÇÃO DOS RSU DO MUNICÍPIO DE RIO QUENTE – GO

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia, como parte dos requisitos para a obtenção do título de **Mestre em Engenharia Civil.**

Área de concentração: Engenharia Urbana – Planejamento e Infra-estrutura urbana.

**Orientadora: Profª Drª Maria Elisa Borges Rezende**

Co-Orientador: Profº Dr Luiz Nishiyama

Uberlândia, 14 de julho de 2008

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

P436e Pereira, Valter Evangelista.
Estudo da geração, transporte e avaliação geotécnica do sítio de disposição dos RSU do município de Rio Quente - GO / Valter Evangelista Pereira. - 2008.
243 f. : il.

Orientadora: Maria Elisa Borges Rezende.
Co-orientador: Luiz Nishiyama.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Uberlândia
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil.

Inclui bibliografia.

1. Resíduos industriais - Teses. 2. Resíduos industriais - Rio Quente (GO) - Teses. 3. Aterro sanitário – Rio Quente (GO) - Teses. I. Rezende, Maria Elisa Borges. II. Nishiyama, Luiz. III. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. IV. Título.

CDU: 628.54

Elaborada pelo Sistema de Bibliotecas da UFU / Setor de Catalogação e Classificação

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil

# ATA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

**ATA Nº:** 050/2008

**CANDIDAT:** Valter Evangelista Pereira

**ORIENTADORA:** Prof.ª Dr.ª Maria Elisa Borges Rezende

**TÍTULO:** "Estudo da geração, transporte e avaliação geotécnica do sítio de disposição dos RSU do município de Rio Quente - GO"

**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO**: Engenharia Urbana

**LINHA DE PESQUISA**: Planejamento e Infra-estrutura Urbana

**DATA DA DEFESA**: 14 de julho de 2008

**LOCAL**: Sala de Reuniões da FECIV

**HORÁRIO DE INÍCIO E TÉRMINO DA DEFESA:** 14:00 – 16:00

Após avaliação do documento escrito, da exposição oral e das respostas às argüições, os membros da Banca Examinadora decidem que a candidata foi:

(X) APROVADO

( ) REPROVADO

OBS: Fazer as correções sugeridas pelos membros da banca no prazo de trinta dias a contar desta data.

Na forma regulamentar, foi lavrada a presente ata que está assinada pelos membros da Banca:

Professora Orientadora: **Prof.ª Dr.ª Maria Elisa Borges Rezende – FECIV/UFU**

Membro externo: **Prof. Dr. Reinaldo Lorandi - UFSCar**

Membro: **Prof.ª Dr.ª Ana Luiza Ferreira Campos Maragno – FECIV/UFU**

Uberlândia, 14 de Julho de 2008.

A DEUS e NOSSO SENHOR JESUS CRISTO por nossas vidas; à minha esposa Cleo, pela compreensão e apoio; aos meus filhos Thiago, Túlio e Tadeu; minhas noras Andréa, Ludimila e Camila; meus netos Mirella e Cauã pela presença constante nos intervalos de meus estudos.

“Sentimos dentro de nós uma preocupação constante não só pela nossa casa, como também pela nossa cidade.

Embora estejamos voltados para ocupações diferentes, todos nós temos uma opinião própria acerca dos problemas da cidade.

Todo aquele que não participa de questões desta natureza é considerado, entre nós, um mau cidadão, não um cidadão silencioso.

Somos nós que decidimos sobre tais assuntos ou pelo menos refletimos sobre eles profundamente.”

(Péricles, Ano 430 A.C.)

# AGRADECIMENTOS

À minha orientadora, Profa. Dra. Maria Elisa Borges Rezende, pelo seu estímulo, autonomia e confiança que me fez aprender e caminhar com independência; ao Prof. Dr. Luiz Nishiyama, co-orientador, pela grandeza de sua simplicidade e capacidade profissional; ao Profº Dr. David Alfredo Marenesi, Profª. Dra. Ana Luiza F. C. Maragno e Profº Dr Reinaldo Lorandi pela disposição em compor a banca e as importantes observações quando de minha qualificação e defesa; aos Docentes do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, na área de Engenharia Urbana – Pesquisa e Planejamento Ambiental da Universidade Federal de Uberlândia – MG, o meu eterno agradecimento; à Sueli Maria Vidal da Silva – Secretária Administrativa do nosso curso, a qual teve atitude ímpar em disponibilizar-nos os seus relevantes serviços; a equipe técnica de laboratório da UFU, em especial José Antonio Veloso e Valdemiro Paulino de Lima, juntos contribuíram para a consolidação dos ensaios de laboratório e campo; à Faculdade de Engenharia Civil – Universidade Federal de Uberlândia – MG e funcionários que contribuíram para este sonho pessoal; à minha esposa, Profa. Mestranda Cleuzira Custódia Pereira, pela revisão do texto; ao meu filho, Engº Civil Túlio Lemes Pereira pela contribuição na execução dos mapas em Autocad; ao Amarildo Henrique Pereira, Roberto Rodrigues dos Reis e equipe, os quais disponibilizaram horas de seu trabalho para os registros da pesquisa de transporte dos RSU do município de Rio Quente – GO; à Prefeitura Municipal de Rio Quente e Secretaria de Turismo e Meio Ambiente, pelo apoio e disponibilidade de informações contidas neste trabalho; aos técnicos Aldo Pereira Neves, estagiário em engenharia ambiental e Ludymila Araújo de Castro, bióloga, na contribuição do monitoramento durante a caracterização dos RSU do município de Rio Quente – GO; ao Presidente da AERQ, aberto para a discussão sobre o tema; à empresa Companhia Thermas do Rio Quente – Rio Quente – GO, que disponibilizou dados importantes; ao Geraldo Cardoso e José Neto, por disponibilizarem o mapa de Rio Quente geoprocessado; à CPRM – GO, pelo fornecimento de mapas; à Secretaria de Ciência e Tecnologia do Estado de Goiás, que disponibilizou os dados de ventos e pluviosidade da região; à Maira Naina França por contribuir na revisão da estrutura deste trabalho; à minha família de Icém – SP e São José do Rio Preto – SP, pela compreensão de minha ausência parcial durante dois anos e meio, o meu muito obrigado.

PEREIRA, V. E. **Estudo da geração, transporte e avaliação geotécnica do sítio de disposição dos RSU do município de Rio Quente - GO.** 2008. 243 p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2008.

# RESUMO

Este trabalho apresenta um estudo da geração e transporte dos RSU (Resíduos sólidos urbanos) do município de Rio Quente - GO e avaliação geotécnica da adequabilidade da área de disposição, com o objetivo de orientar o poder público na gestão dos RSU e na elaboração de um projeto eficiente para a sua disposição e conseqüente redução dos impactos ambientais. A área estudada localiza-se no município de Rio Quente, Estado de Goiás, região Centro-Oeste do Brasil, abrangendo uma superfície total de 4,84 hectares, onde também se insere o atual lixão do município. Foi feita uma pesquisa durante seis meses quanto ao número de viagens diárias, sete pesagens, com separação dos RSU secos e úmidos direcionados ao lixão e um levantamento dos RSU previamente selecionados pela empresa Companhia Thermas do Rio Quente. O volume gerado de RSU produzido é de 5,632 ton/dia com uma densidade média solta de 112,52 kg/m$^3$. Desse total, realiza-se uma seleção de 37% da massa total de RSU pelo RQR. Assim, 63% dos RSU são dispostos na atual área do lixão. Os RSU do município possuem de 67% a 75% de material úmido em sua composição. São realizadas, em média, 4,06 viagens/dia, percorrendo em média 26,39 km/viagem. A avaliação da adequabilidade da área do atual lixão para disposição de RSU teve como ponto de partida a metodologia do Instituto Brasileiro de Administração Municipal (2001) voltada à seleção de áreas para disposição de RSU. Foram considerados 35 atributos do meio físico relativos ao relevo, geologia, clima, hidrologia, água subterrânea, direção preferencial dos ventos e outros, obtidos por meio de investigações geotécnicas e ensaios de campo e de laboratório. Os critérios de restrições ambientais empregados envolvem todos os exigidos pela Agência Goiâna do Meio Ambiente (2007), além de outros cinco sugeridos pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (1995, 2000) e quinze por Zuquette e Gandolfi (2004). A adequabilidade da área atingiu um nível de 79 % do ideal. Foi proposto um anteprojeto de aterro sanitário e calculada a vida útil da atual área para cinco cenários, variando-se a população fixa e flutuante e as

condições de seletividade. A vida útil pode variar de seis anos e onze meses até dezesseis anos e sete meses. Com base nos resultados dessa pesquisa, foram elaboradas diretrizes para orientar o gerenciamento dos RSU no município de forma a minimizar os impactos ambientais.

**Palavras-chave:** Rio Quente. Resíduos sólidos urbanos. Aterro sanitário. Caracterização de RSU. Avaliação geotécnica.

PEREIRA, V. E. **Study of generation, transport and geotechnical evaluation of the arrangement place of the USR in Rio Quente - GO**. 2008. 243 p. MSc (Mastership Dissertation) - College of Civil Engineering, Federal University of Uberlândia, Uberlândia – MG, 2008.

# ABSTRACT

This dissertation presents a study of the generation and transport of the USR - Urban Solid Residuals (Solid Wastes) in the municipal district of Rio Quente – GO, as well a geotechnical suitability evaluation of the disposition area, with the aim to guide Public Government in solid waste management by means of an efficient project to dispose it and to reduce environmental impacts. The searched area is placed in the municipal district of Rio Quente, Estado de Goiás, in the Center-West Region of Brazil, with 4,84 hectare surface, where is inserted nowadays a landfill. During six month, it was investigated how many daily journeys were done, with seven weighing, by separating moist and dry solid waste driven to the landfill. It was done also a survey of solid waste previously selected by the enterprise Companhia Thermas do Rio Quente (CTRQ). The generated volume is about 5,632 ton/day, with a middle loose density of 112.52 kg/m$^3$. From this amount, RQR selects 37% of the total mass. So, 63% of it is disposed in the current landfill area. The municipal district solid waste has from 67% to 75% of moist material in its composition. An average of 4.06 daily journeys are done, covering an average of 26.39 km/trip. The evaluation of the suitability of the solid waste deposition area took as a starting point the IBAM methodology (2001), concerning to selection of displacement solid waste areas. A number of 35 physical environment attributes were considered, related to relief, geology, climate, hydrology, underground water, main direction of the winds and others that were obtained by means of geotechnical search as well by field and laboratorial tests. Environmental restrictive applied criteria involve all of those specified by Agência Goiâna do Meio Ambiente (2007), as well five others suggested by IPT (1995, 2000) and fifteen proposed by Zuquette and Gandolfi (2004). Place suitability reached a level of 79 % of the ideal one. A sketch of a project to a sanitary landfill was proposed and it was calculated the useful life of the current landfill for five sceneries, by varying fix and variable population as well selectivity conditions. This useful life may range from six years and eleven months to sixteen years and seven months. Based on the results of this search, guidelines to solid

waste management in the municipal district were developed, in order to minimize environmental impacts.

**Keywords:** Rio Quente. Solid urban residuals. Sanitary landfill. Solid Waste Characterization. Geotechnical evaluation.

# LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1 – Corte esquemático "A" da estrutura de uma vala de disposição de RSU..... 45
FIGURA 2.2 – Corte esquemático "B" da estrutura de uma vala de disposição de RSU. As setas indicam o fluxo da lixívia..... 45
FIGURA 2.3 – Destinação adequada e inadequada do lixo no Brasil – 2000..... 47
FIGURA 2.4 – Fluxograma de atividades visando a viabilização de áreas para disposição de resíduos..... 72
FIGURA 2.5 – Aspectos do meio ambiente que interferem em aterros sanitários..... 79
FIGURA 3.1 – Planilha utilizada na pesquisa de opinião dos moradores sobre a situação dos RSU no município de Rio Quente..... 94
FIGURA 3.2 – Planilha utilizada para controle do transporte e quantificação do volume de RSU no município de Rio Quente..... 97
FIGURA 3.3 – Mapa dos bairros do município de Rio Quente (31/10/2007)..... 99
FIGURA 3.4 – Recebimento dos RSU na atual área do lixão (10/2007) ..... 101
FIGURA 3.5 – Pesagem dos RSU na atual área do lixão (10/2007) ..... 101
FIGURA 3.6 – Separação dos RSU na atual área do lixão (10/2007) ..... 102
FIGURA 3.7 – Veículo da coleta e transporte dos RSU no município (24/10/2007) ..... 103
FIGURA 3.8 – Veículo da coleta e transporte dos RSU no município (24/10/2007) ..... 103
FIGURA 3.9 – Mapa planialtimétrico da atual área do lixão (01/11/2007)..... 106
FIGURA 4.1 – Mesorregião do estado de Goiás..... 115
FIGURA 4.2 – Microrregião do estado de Goiás..... 116
FIGURA 4.3 – Evolução da população fixa do município de Rio Quente – GO ..... 121
FIGURA 4.4 – Evolução da população flutuante do município de Rio Quente – GO ... 121
FIGURA 5.1 – Classificação e peso dos RSU do bairro Esplanada, em úmido e seco. Primeira medição em 31/07/07..... 137
FIGURA 5.2 – Classificação e peso dos RSU do bairro Esplanada em úmido, seco e material de banheiro ou sanitário. Segunda medição em 24/10/07..... 137
FIGURA 5.3 – Classificação e peso dos RSU do bairro Pousada do Rio Quente em úmido, seco e material de banheiro ou sanitário. Primeira medição em 31/07/07..... 138
FIGURA 5.4 – Classificação e peso dos RSU do bairro Pousada do Rio Quente em úmido, seco e material de banheiro ou sanitário. Segunda medição em 22/10/07..... 139
FIGURA 5.5 – Classificação e peso dos RSU do bairro Rio Quente Centro em úmido, seco e material de banheiro ou sanitário. Primeira medição em 31/07/07..... 139
FIGURA 5.6 – Classificação e peso dos RSU do bairro Rio Quente Centro em úmido e seco. Segunda medição em 3/10/07..... 140
FIGURA 5.7 – Classificação e peso dos RSU do bairro Fauna II em úmido, seco e material de banheiro ou sanitário. Medição única em 31/07/07..... 141
FIGURA 5.8 – Via de acesso para a atual área de disposição dos RSU do município de Rio Quente (15/10/07)..... 147
FIGURA 5.9 – Via de acesso para a atual área de disposição dos RSU do município de Rio Quente (15/10/07)..... 147
FIGURA 5.10 – Atual área de disposição dos RSU do município de Rio Quente (15/10/07)..... 148

FIGURA 5.11 – Veículo terceirizado (F-4000) e descarga de RSU na atual área do lixão, provenientes dos bairros do município de Rio Quente (15/10/07)..... 148
FIGURA 5.12 – Funcionário terceirizado descarregando os RSU na atual área do lixão, coletados nos bairros do município de Rio Quente.(15/10/07)..... 149
FIGURA 5.13 – Instalação de apoio operacional na atual área do lixão do município de Rio Quente (15/10/07)..... 149
FIGURA 6.1 – Curvas de distribuição granulométrica das unidades geotécnicas estudadas..... 157
FIGURA 6.2 – Curvas de compactação dos solos analisados..... 159
FIGURA 6.3 – Características do solo da atual área do lixão do município de Rio Quente/GO. (a, b, c, d, e ), em 15/10/2007..... 160
FIGURA 6.4 – Aspecto visual do solo da atual área do lixão do município de Rio Quente/GO. (a, b, c, d), em 15/10/2007..... 161
FIGURA 6.5 – Seqüência de fotos mostrando o perfil do solo, na atual área do lixão do município de Rio Quente. (a, b, c, d, f, e, g), em 15/10/07 ..... 162
FIGURA 6.6 – Equipe técnica na atual área do lixão do município de Rio Quente – GO, em 15/10/2007..... 163
FIGURA 6.7 – Ensaio de permeabilidade no poço P1 (a, b, c, d, e) e superfície S2 (f) na atual área do lixão do município de Rio Quente/GO, em 15/10/2007..... 165
FIGURA 6.8 – Mapa de direção preferencial e secundária do vento, considerada no município de Rio Quente..... 170
FIGURA 7.1 – Foto aérea da atual área do lixão do município de Rio Quente..... 179
FIGURA 8.1 – Mapa hidrogeológico do município de Rio Quente..... 199
FIGURA 9.1 – Ante-projeto de locação de valas..... 206

# LISTA DE TABELAS

TABELA 2.1 – Evolução histórica da preocupação com o desenvolvimento sustentável do planeta..... 29
TABELA 2.2 – Responsabilidade pelo gerenciamento dos RSU..... 38
TABELA 2.3 – Código de cores para os diferentes tipos de resíduos..... 40
TABELA 2.4 – Destino do lixo brasileiro..... 48
TABELA 2.5 – Índices de produção *"per capita"* e de resíduos sólidos domiciliares em função da população urbana..... 62
TABELA 2.6 – Variação em % na composição dos RSU em São Paulo..... 63
TABELA 2.7 – Variação em % na composição dos RSU da cidade de Rio de Janeiro..... 63
TABELA 2.8 – Planilha para determinação da composição física do lixo municipal de Rio Quente..... 65
TABELA 2.9 – Componentes putrescíveis, recicláveis e combustíveis do lixo municipal .... 66
TABELA 2.10 – Principais critérios para avaliação preliminar de locais para disposição RSU..... 74
TABELA 2.11 – Critérios para priorização das áreas para instalação de aterro sanitário (fase de pré-seleção de áreas)..... 76
TABELA 2.12 – Dados para avaliação de áreas para instalação de aterros sanitários (fase de pré-seleção de áreas)..... 76
TABELA 2.13 – Atributos para a definição e delimitação de unidades do meio físico visando à seleção de áreas para aterros sanitários..... 79
TABELA 2.14 – Comparativo das restrições ambientais recomendadas e ou favoráveis segundo Agência Goiâna do Meio Ambiente (2007) com Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (1995, 2000) e Zuquette et al. (1993 apud ZUQUETTE; GANDOLFI, 2004) ..... 82
TABELA 2.15 – Comparativo das restrições ambientais recomendadas e ou favoráveis segundo Zuquette et al. (1993 apud ZUQUETTE; GANDOLFI, 2004), que não estão incluídas nas restrições básicas da Agência Goiâna do Meio Ambiente (2007); Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (1995, 2000) ..... 83
TABELA 2.16 – Comparativo das restrições ambientais recomendadas e ou favoráveis, segundo Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (1995, 2000) que não estão incluídas nas restrições básicas da Agência Goiâna do Meio Ambiente (2007) e Zuquette et al. (1993 apud ZUQUETTE; GANDOLFI, 2004) ..... 85
TABELA 2.17 – Avaliação da intensidade do vento pela escala de Beaufort..... 86
TABELA 3.1 – Comparativo das restrições ambientais recomendadas e ou favoráveis segundo a Agência Goiâna do Meio Ambiente (2007), entre as restrições de Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (1995, 2000) e Zuquette et al. (1993 apud ZUQUETTE; GANDOLFI, 2004) ..... 108
TABELA 3.2 – Comparativo das restrições ambientais recomendadas e ou favoráveis, segundo Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (1995, 2000), que não estão incluídas nas restrições da Agência Goiâna do Meio Ambiente (2007) ..... 110
TABELA 3.3 – Comparativo das restrições ambientais recomendadas e ou favoráveis, segundo Zuquette et al. (1993 apud ZUQUETTE; GANDOLFI, 2004) que não estão incluídas nas restrições básicas da Agência Goiâna do Meio Ambiente (2007) ..... 111
TABELA 3.4 – Hierarquização de critérios ..... 113

TABELA 3.5 – Peso dos critérios e do tipo de atendimento para a aprovação da atual área do lixão..... 114
TABELA 4.1 – Localização do município de Rio Quente – GO..... 117
TABELA 4.2 – Distâncias de Rio Quente a outros municípios por rodovias..... 117
TABELA 4.3 – Ocupação populacional anual no sistema turístico de Rio Quente – GO... 120
TABELA 4.4 – Extensão das redes de água tratada – Rio Quente – GO ..... 122
TABELA 4.5 – Demonstrativo de distribuição de água tratada e rede de esgoto em Rio Quente..... 124
TABELA 4.6 – Resumo: demonstrativo de distribuição de água tratada e rede de esgoto – Rio Quente – GO ..... 124
TABELA 5.1 – Resultado da pesquisa de opinião dos moradores, sobre a situação atual da geração e transporte de RSU no município de Rio Quente – GO..... 126
TABELA 5.2 – Pesquisa sobre o número de viagens e a distância média/dia percorrida pelo veículo que transporta RSU dos bairros para o atual lixão de Rio Quente – MAIO 2007..... 129
TABELA 5.3 – Resumo do resultado da pesquisa sobre o número de viagens e a distância média/dia percorrida pelo veículo que transporta RSU dos bairros para o atual lixão de Rio Quente – MAIO 2007..... 130
TABELA 5.4 – Pesquisa sobre o número de viagens e a distância média/dia percorrida pelo veículo que transporta RSU dos bairros para o atual lixão de Rio Quente – JUNHO 2007..... 130
TABELA 5.5 – Resumo do resultado da pesquisa sobre o número de viagens e a distância média/dia percorrida pelo veículo que transporta RSU dos bairros para o atual lixão de Rio Quente – JUNHO 2007..... 131
TABELA 5.6 – Pesquisa sobre o número de viagens e a distância média/dia percorrida pelo veículo que transporta RSU dos bairros para o atual lixão de Rio Quente – JULHO 2007..... 131
TABELA 5.7 – Resumo do resultado da pesquisa sobre o número de viagens e a distância média/dia percorrida pelo veículo que transporta RSU dos bairros para o atual lixão de Rio Quente – JULHO 2007..... 132
TABELA 5.8 – Pesquisa sobre o número de viagens e a distância média/dia percorrida pelo veículo que transporta RSU dos bairros para o atual lixão de Rio Quente – AGOSTO 2007..... 133
TABELA 5.9 – Resumo do resultado da pesquisa sobre o número de viagens e a distância média/dia percorrida pelo veículo que transporta RSU dos bairros para o atual lixão de Rio Quente – AGOSTO 2007..... 133
TABELA 5.10 – Pesquisa sobre o número de viagens e a distância média/dia percorrida pelo veículo que transporta RSU dos bairros para o atual lixão de Rio Quente – SETEMBRO 2007..... 134
TABELA 5.11 – Resumo do resultado da pesquisa sobre o número de viagens e a distância média/dia percorrida pelo veículo que transporta RSU dos bairros para o atual lixão de Rio Quente – SETEMBRO 2007..... 134
TABELA 5.12 – Pesquisa sobre o número de viagens e a distância média/dia percorrida pelo veículo que transporta RSU dos bairros para o atual lixão de Rio Quente – OUTUBRO 2007..... 135
TABELA 5.13 – Resumo do resultado da pesquisa sobre o número de viagens e a distância média/dia percorrida pelo veículo que transporta RSU dos bairros para o atual lixão de Rio Quente – OUTUBRO 2007..... 135

TABELA 5.14 – Resumo geral do resultado da pesquisa do período, sobre o número de viagens de RSU dos bairros para o atual lixão de Rio Quente – MAIO A OUTUBRO 2007..... 136

TABELA 5.15 – Resumo geral do resultado da pesquisa do período, sobre o número de viagens e a distância média/dia percorridas pelo veículo que transporta RSU dos bairros até o lixão de Rio Quente – MAIO A OUTUBRO 2007..... 136
TABELA 5.16 – Classificação e peso dos RSU do bairro Esplanada em úmido e seco. Primeira medição em 31/07/07..... 136
TABELA 5.17 – Classificação e peso dos RSU do bairro Esplanada em úmido, seco e material de banheiro ou sanitário. Segunda medição em 24/10/07..... 137
TABELA 5.18 – Classificação e peso dos RSU do bairro Pousada do Rio Quente em úmido, seco e material de banheiro ou sanitário. Primeira medição em 31/07/07..... 138
TABELA 5.19 – Classificação e peso dos RSU do bairro Pousada do Rio Quente em úmido, seco e material de banheiro ou sanitário. Segunda medição em 22/10/07..... 138
TABELA 5.20 – Classificação e peso dos RSU do bairro Rio Quente Centro em úmido, seco e material de banheiro ou sanitário. Primeira medição realizada em 31/07/07..... 139
TABELA 5.21 – Classificação e peso dos RSU do bairro Rio Quente Centro em úmido e seco. Segunda medição em 23/10/07..... 140
TABELA 5.22 – Classificação e peso dos RSU do bairro Fauna II em úmido e seco. Medição única em 31/07/07..... 140
TABELA 5.23 – Cálculo do peso médio dos RSU por viagem, de TODOS OS BAIRROS, no período de maio a outubro de 2007..... 141
TABELA 5.24- Cálculo do peso médio dos RSU por viagem do bairro ESPLANADA, no período de maio a outubro de 2007..... 142
TABELA 5.25 – Cálculo do peso médio dos RSU por viagem do bairro POUSADA DO RIO QUENTE, no período de maio a outubro de 2007..... 142
TABELA 5.26 – Cálculo do peso médio dos RSU por viagem do bairro RIO QUENTE CENTRO, no período de maio a outubro de 2007..... 142
TABELA 5.27 – Cálculo do peso médio dos RSU por viagem dos bairros POUSADA DO RIO QUENTE e ESPLANADA, no período de maio a outubro de 2007..... 142
TABELA 5.28 – Cálculo do peso médio dos RSU por viagem dos bairros POUSADA DO RIO QUENTE, ESPLANADA e FAUNA II, no período de maio a outubro de 2007.. 142
TABELA 5.29 – Cálculo do peso médio dos RSU por viagem dos bairros POUSADA DO RIO QUENTE e MANSÕES DO RIO QUENTE II, no período de maio a outubro de 2007..... 143
TABELA 5.30 – Cálculo do peso médio dos RSU por viagem dos bairros POUSADA DO RIO QUENTE, ESPLANADA e SOLAR DAS ÁGUAS QUENTES, no período de maio a outubro de 2007..... 143
TABELA 5.31 – Cálculo do peso (ton); volume (m³) e a densidade (Kg/m³) dos RSU soltos do município de Rio Quente, no período da manhã de maio a de maio a outubro de 2007..... 143
TABELA 5.32 – Cálculo do peso (ton); volume (m³) e a densidade (Kg/m³) dos RSU soltos do município de Rio Quente, no período da tarde de maio a outubro de 2007..... 143
TABELA 5.33 – Cálculo do peso (ton); volume (m³) e a densidade (Kg/m³) dos RSU soltos do município de Rio Quente, no período da manhã e da tarde de maio a outubro de 2007..... 144
TABELA 5.34 – RSU gerados e selecionados pela empresa Companhia Thermas do Rio Quente, no primeiro semestre de 2007 ..... 145

TABELA 6.1 – Topografia do relevo do município de Rio Quente..... 155
TABELA 6.2 – Classificação dos solos analisados ..... 156
TABELA 6.3 – Características do solo analisado ..... 158
TABELA 6.4 – Permeabilidade e índices físicos do solo natural e compactado ..... 164
TABELA 6.5 – Estações climáticas na região do Município de Rio Quente ..... 166
TABELA 6.6 – Variação da temperatura na região do município de Rio Quente ..... 166
TABELA 6.7 – Precipitação pluviométrica média entre os anos 2000 a 2003 e 2006 a 2007, no município de Rio Quente. ..... 167
TABELA 6.8 – Velocidades mensais, média e a direção do vento considerada para o município de Rio Quente ..... 168
TABELA 6.9 – Direção preferencial do vento, considerada para o município de Rio Quente..... 169
TABELA 6.10 – Direção secundária do vento, considerada para o município de Rio Quente..... 169
TABELA 7.1 – Situação atual da área de RSU do município de Rio Quente em relação aos atributos restritivos da Agência Goiâna do Meio Ambiente (2007) ..... 175
TABELA 7.2 –Situação atual da área de RSU do município de Rio Quente em relação aos atributos restritivos do Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (1995, 2000) ..... 180
TABELA 7.3 – Situação atual da área de RSU do município de Rio Quente em relação aos atributos restritivos de Zuquette et al. (1993 apud ZUQUETTE; GANDOLFI, 2004). 182
TABELA 7.4 – Vida útil da atual área do lixão apresentada em cinco cenários..... 192
TABELA 7.5 – Pontuação dos critérios para a seleção da atual área do lixão atendendo os critérios da Agência Goiâna do Meio Ambiente (2007); Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (1995, 2000) e Zuquette et al. (1993 apud ZUQUETTE; GANDOLFI, 2004) ..... 192

# SÍMBOLOS, SIGLAS E ABREVIATURAS

**Símbolos**

k – Coeficiente de permeabilidade

δ – Densidade dos grãos

δRSU – Densidade dos resíduos sólidos urbanos

Sr – Grau de saturação

e – Índice de vazios

ρ – Massa específica aparente (natural) (g/cm³)

≠ – Peneira

P – Peso

n – Porosidade

pH – Potencial hidrogênico ou hidrogeniônico

t – Tempo

W ou h – Teor de umidade

Q – Vazão

V – Volume

**Siglas**

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

AERQ – Associação dos Empresários de Rio Quente - GO

AES – Marca da empresa privada brasileira Eletropaulo Metropolitana - Eletricidade de São Paulo

AGMA – Agência Goiana do Meio Ambiente e Recursos Naturais

AMAT – Associação das Empresas Mineradoras das Águas Termais de Goiás

APA – Área de Preservação Ambiental

APM – Área de proteção de mananciais

APP – Área de preservação permanente

ART – Anotação de responsabilidade técnica

ARTA – Anotação de responsabilidade técnica ambiental

AS – Aterro sanitário

AUTOCAD – Software do tipo CAD

C – Carbono

C/N – Relação de Carbono com Nitrogênio

CAD – Computer aided design ou projeto assistido por computador

CEMAN – Conselho Estadual de Meio Ambiente

CEMPRE – Compromisso Empresarial para Reciclagem

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

CBR (ISC) – California Bearing Ratio (Índice de Suporte Califórnia)

CFC – Clorofluorcarboneto, destroem a camada de ozônio

CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – Serviço Geológico do Brasil

CTRQ – Companhia Thermas do Rio Quente

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente

DAR – Documento de arrecadação

DEMAE – Departamento Municipal de Água e Esgoto

DNER – Departamento Nacional de Estradas e Rodagem

DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral

EIA-RIMA – Estudo de Impacto Ambiental – Relatório de Impacto do Meio Ambiente

ETA – Estação de Tratamento de Água

GC – Grau de compactação

GEOCALDAS - Projetos e Assessoria em Geologia Ltda

GO – Goiás

HRB – Highway Reserarch Board

IBAM – Instituto Brasileiro de Administração Municipal

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

IBGE – Instituto Fundação de Geografia e Estatística

IC – Índice de consistência

IG – Índice de grupo

IP – Índice de plasticidade

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas

K - Potássio

LAS – Licença Ambiental Simplificada

LC – Limite de contração

LCA – Lei de crimes ambientais

LF – Licença de funcionamento

LI – Licença de instalação

LL – Limite de liquidez

LO – Licença de operação

LP – Licença prévia

LP – Limite de plasticidade

MCT – Miniatura Compactada Tropical

N – Nitrogênio

NBR – Norma Brasileira Regulamentadora

NA – Nível de água

ONG – Organização não governamental

PBA – Plano Básico Ambiental

PCA – Plano de Controle Ambiental

PESCAN - Parque Estadual da Serra de Caldas Novas

PGA – Plano de Gestão Ambiental

PMRQ – Prefeitura Municipal de Rio Quente

PNUD – Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento Social

PNUMA – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente

RA – Relatório Ambiental

RCD – Resíduo da Construção e Demolição

RSCC – Resíduos Sólidos da Construção Civil

RSI – Resíduos Sólidos Industriais

RQR – Rio Quente Resorts

RSS – Resíduos Sólidos da Saúde

RSU – Resíduos Sólidos Urbanos

SETEC – Secretaria de Ciência e Tecnologia do Estado de Goiás

SECTUR – Secretaria de Turismo e Meio Ambiente do Município de Rio Quente

SISNAMA – Sistema Nacional do Meio Ambiente

SUCS – Sistema Unificado de Classificação dos Solos

TAC – Termo de Ajuste de Conduta

UC – Unidade de Conservação

UN – United Nations

UFU – Universidade Federal de Uberlândia

**Abreviaturas**

D (Km/dia): Distância diária percorrida pelo veículo da coleta dos RSU

Dm (Km/dia): Distância média diária do mês, percorrida pelo veículo da coleta dos RSU, dos bairros até o atual lixão

Dpercorrida mês: Distância percorrida pelo veículo da coleta de RUS, dos bairros até o atual lixão

Dm período (Km/dia): Distância média percorrida pelo veículo da coleta de RSU, no período de maio a outubro de 2007

NVg: número de viagens

NVgtm: número de viagens total da manhã

Pm/Vg: peso médio por viagem

PRQ/ESPL/FII: Pousada do Rio Quente; Esplanada e Fauna II

PRQ/MRQI: Pousada do Rio Quente e Mansões do Rio Quente I

PRQ/ESPL/SAQ: Pousada do Rio Quente, Esplanada e Solar Água Quente

PRQ/ESPL: Pousada do Rio Quente e Esplanada

PRQ: Pousada do Rio Quente

RQ – RIO QUENTE

TODOS: Esplanada, Estância Rio Quente, Fauna I, Fauna II, Floresta dos Sabiás, Mansões do Rio Quente I, Mansões do Rio Quente II, Morada da Serra, Portal do Rio Quente, Pousada do Rio Quente, Residencial Veredas do Rio Quente, Setor Central Rio Quente e Solar Água Quente

%Ptotal: Ptotal parcial do período dividido pelo Ptotal do período

% Δ NVg f(maio):porcentagem de acréscimo de número de viagens em relação ao mês de maio

%Δ Dm f(maio):porcentagem de acréscimo distância média diária percorrida em função mês de maio

# SUMÁRIO


**1 INTRODUÇÃO** ..... 21
**1.1 Objetivos** ..... 25
**1.1.1** ***Objetivo geral*** ..... 25
**1.1.2** ***Objetivos específicos*** ..... 25
**1.2 Justificativa** ..... 26
**1.3 Estrutura do trabalho** ..... 27

**2 REFERENCIAL TEÓRICO** ..... 28
**2.1 Conceito de desenvolvimento sustentável** ..... 28
**2.2 Evolução histórica do desenvolvimento sustentável do planeta** ..... 29
**2.3 RSU** ..... 33
**2.3.1** ***Definição*** ..... 33
**2.3.2** ***Classificação dos RSU*** ..... 35
**2.3.3** ***Características físicas dos RSU*** ..... 38
**2.4 RSU e seu destino** ..... 39
**2.5 Formas de tratamento e disposição final dos RSU** ..... 41
**2.5.1** ***Aterro comum*** ..... 41
**2.5.2** ***Aterro controlado*** ..... 42
**2.5.3** ***Aterro sanitário*** ..... 42
**2.5.4** ***Situação dos municípios brasileiros*** ..... 46
**2.5.5** ***Legislação ambiental*** ..... 48
**2.5.5.1 Organograma do Sistema Nacional do Meio Ambiente – SISNAMA** ..... 49
**2.5.5.2 Instrumentos legais de planejamento** ..... 51
**2.5.5.3 Normas e resoluções e atributos restritivos para a disposição de RSU** ..... 52
**2.6 Diagnóstico da disposição de RSU** ..... 54
**2.6.1** ***Geração dos RSU*** ..... 55
**2.6.2** ***Transporte dos RSU*** ..... 58
**2.6.3** ***Caracterização dos RSU*** ..... 60
**2.6.4** ***Caracterização geológico-geotécnica*** ..... 66
**2.7 Gerenciamento do lixo** ..... 87

**3 MATERIAIS E MÉTODOS** ..... 93
**3.1 Estudo da geração, transporte e caracterização dos RSU** ..... 93
**3.2 Caracterização geológico-geotécnica** ..... 104
**3.3 Avaliação da adequabilidade ambiental da área atual do lixão** ..... 107

**4 MUNICÍPIO DE RIO QUENTE** ..... 115
**4.1 Localização da área em estudo** ..... 115
**4.2 História** ..... 117
**4.3 Evolução da população permanente e flutuante** ..... 120
**4.4 Infra-estrutura básica atual** ..... 122
**4.5 Características da economia** ..... 124

**5 GERAÇÃO, TRANSPORTE E CARACTERIZAÇÃO DOS RSU** ..... 126

**6 CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICA** ..... 150
**6.1 Aspectos hidrológicos** ..... 150
**6.1.1** ***Recursos hídricos superficiais*** ..... 150
**6.1.2** ***Recursos hídricos subterrâneos*** ..... 151
**6.1.3** ***A bacia hidrogeológica termal da Serra de Caldas*** ..... 151
**6.1.4** ***Qualidade das águas*** ..... 152
**6.1.5** ***Lençol freático*** ..... 153
**6.2 Aspectos geológicos, geomorfológicos e geotécnicos** ..... 154
**6.2.1** ***Características dos solos analisados na atual área do lixo*** ..... 155
**6.3 Clima** ..... 165
**6.4 Vegetação** ..... 167
**6.5 Ventos** ..... 168
**6.6 Uso atual do solo** ..... 171

**7 ANÁLISES** ..... 174
**7.1 Avaliação geotécnica da adequabilidade da atual área do lixão** ..... 174
**7.2 Previsão da vida útil da atual área do lixão** ..... 185

**8 CONCLUSÕES** ..... 194
**8.1 Pesquisa de opinião dos moradores do município de Rio Quente** ..... 194
**8.2 Geração dos RSU do município de Rio Quente** ..... 194
**8.3 Transporte de RSU do município de Rio Quente** ..... 196
**8.4 Disposição de RSU na atual área do lixão** ..... 197

**9 RECOMENDAÇÕES** ..... 200
**9.1 Geração de RSU** ..... 201
**9.2 Transporte de RSU** ..... 202
**9.3 Disposição de RSU na atual área do lixão** ..... 203

**REFERÊNCIAS** ..... 209
**ANEXO I – Constituição Federal – Artigo 23** ..... 226
**ANEXO II – Projeto "Ambiente Saudável"** ..... 228

# 1 INTRODUÇÃO

A partir de meados do século XIX, em decorrência de padrões de vida criados pela nova ordem social proveniente da Revolução Industrial, começaram a se destacar problemas de saúde pública e degradação ambiental, em função da disposição inadequada de resíduos sólidos (PHILIPPI JR., 1979).

Em nenhuma fase do desenvolvimento humano se produziu tanto "lixo" como atualmente. A grande quantidade associada à igualmente grande variabilidade da composição destes resíduos – que podem incluir uma grande variedade de substâncias tóxicas e de microorganismos patogênicos – tem trazido sérias conseqüências à saúde das populações humanas e ao próprio ambiente. A redução e o controle destes efeitos exigem um manejo e uma disposição adequados destes resíduos, o que, infelizmente, não é a situação encontrada na maioria dos países ditos 'em desenvolvimento' e naqueles de 'economia periférica'. A situação torna-se ainda mais delicada quando se superpõem a estes fatores os problemas socioeconômicos e a falta de vontade política. A Agenda 21 (SÃO PAULO, 1992), documento oficial que consolida os resultados da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada no Rio de Janeiro em 1992, dedica vários capítulos (6, 20, 21 e 22, por exemplo) à discussão deste e de outros tópicos diretamente relacionados, demonstrando claramente a preocupação dos diversos governos com a seriedade do problema.

As inúmeras variáveis envolvidas nos estudos do impacto sobre a saúde humana de condições ambientais adversas, fazem com que a avaliação das conseqüências da exposição direta ou indireta a estes resíduos não seja uma tarefa simples e exija a participação de profissionais das mais diversas formações básicas, unidos no interesse comum (SISINNO; OLIVEIRA, 2000).

Segundo Brollo (2001), já nos anos 70, as políticas de controle de resíduos sólidos buscavam estabelecer normas referentes à forma mais adequada de coleta e, principalmente de disposição final do material descartado. Nos anos 80, foram enfatizadas as formas de pré-tratamento e a destruição deste material. Atualmente, a tendência nos países industrializados é o estabelecimento de critérios e incentivos que permitem a implantação

de programas de recuperação da matéria-prima componente dos resíduos.

A Constituição da República Federativa do Brasil de 1.988 e a Lei nº 9.605/98 (dos crimes ambientais) prevêem sanções penais contra organizações que cometam crimes contra o meio ambiente e a saúde pública (BRASIL, 1998).

As empresas sustentáveis, organizações que atuam em consonância com os conceitos da sustentabilidade, com excelência e empreendedorismo sócio-ambiental, estão cada vez mais preocupadas em atingir resultados efetivos quanto ao controle e gerenciamento de resíduos sólidos, buscando assim proteger os seus negócios contra riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde publica (TARGET ENGENHARIA E CONSULTORIA, 2006).

São nas Normas Técnicas Brasileiras para RSU que os profissionais envolvidos encontram os requisitos e diretrizes para o seu adequado tratamento e disposição, contribuindo para o aprimoramento de sua gestão e da eliminação de seus impactos ambientais (TARGET ENGENHARIA E CONSULTORIA, 2006).

Uma das principais normas técnicas, que trata de resíduos sólidos é a NBR 10004 (ABNT, 2004a), que classifica os resíduos sólidos quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública, para que possam ser gerenciados adequadamente.

A sociedade precisa desenvolver formas eficazes de lidar com o problema da eliminação cada vez maior de resíduos. Os governos, juntamente com a indústria, as famílias e o público em geral, devem envidar esforço conjunto para reduzir a geração de resíduos e de produtos descartados (SÃO PAULO, 1992 apud NOSSA, 2004).

Os resíduos sólidos, segundo Nossa (2004), compreendem todos os restos domésticos e resíduos não perigosos, tais como os resíduos comerciais e institucionais, o lixo da rua e os entulhos de construção. Em alguns países, o sistema de gestão dos resíduos sólidos também se ocupa dos resíduos humanos, tais como excrementos, cinzas de incineradores, sedimentos de tanques sépticos e de instalações de tratamento de esgoto. Se manifestarem características perigosas, esses resíduos devem ser tratados como resíduos perigosos.

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

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

a) Estudo das possíveis áreas de depósito ambientalmente saudáveis dos resíduos, posteriormente escolha e licenciamento das áreas destinadas a este fim;
b) Minimização da geração dos resíduos;
c) Maximização da reutilização e reciclagem ambientalmente saudáveis dos RSU e
d) Ampliação do alcance dos serviços que se ocupam dos resíduos.

Essas quatro áreas de programas estão correlacionadas e devem estar integradas a fim de constituir uma estrutura ampla e ambientalmente saudável para o manejo dos resíduos sólidos de um município. A combinação de atividades e a importância que se dá a cada uma dessas quatro áreas variam segundo as condições sócio-econômicas e físicas locais, taxas de produção e composição de resíduos. Os setores da sociedade devem participar de todos os programas.

O município de Rio Quente – GO, localizado do Centro–Oeste Brasileiro, tem como vocação principal e fundamental a manutenção e perpetuação do turismo na Região das Águas Quentes – a qual possui a maior rede hoteleira do Estado de Goiás e do interior do Brasil. Influencia diretamente na economia desta região, na atração de turistas de lazer, negócios, esportes, religioso e outros (TRIBUNA IMPRESSA, 2006).

Esta influência no município, e na Região das Águas Quentes está intimamente ligada à beleza das águas cristalinas do Rio Quente, o seu potencial terapêutico, propiciando um estado de relaxamento para quem as utiliza em sua plenitude. Está localizado no município

de Rio Quente e é o maior rio termal do mundo, com uma temperatura média de 37,8ºC. O município é beneficiado ainda com uma fauna e flora ricas e exuberantes, um clima tropical, uma das mais belas serras do Brasil – Parque Estadual da Serra de Caldas Novas - PESCAN, com vegetação característica do cerrado do Brasil Central (RIO QUENTE, 2006b).

Apesar da importância do município, ainda não foi traçado um plano diretor, visto que o edital de tomada de preços 002/2007 para a contratação de serviços técnicos para execução do plano diretor contempla a entrega da proposta para 18/07/2007, com prazo de execução de 6 meses. Considerando prazos legais do processo, a previsão é de que este plano diretor seja concluído até junho de 2008, coincidindo com o prazo de conclusão deste trabalho.

O plano de gerenciamento do lixo é parte integrada do plano diretor e requer critérios ambientais, segundo Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (2000).

A área disponível para depósito dos RSU era de apenas 10.000m$^2$, definida por uma parceria entre a Companhia Thermas do Rio Quente (Rio Quente Resorts) e Prefeitura Municipal de Rio Quente, através de um contrato de comodato firmado em 01 de março de 2001, com prazo indeterminado. Essa área foi ampliada para 48.400m$^2$, por meio de uma doação em 04 de novembro de 2004, conforme consta em escritura pública registrada no cartório de registro de imóveis de Rio Quente – GO.

No entanto, o desenvolvimento regional e a localização da área de depósito dos RSU, determinada sem critérios técnicos, muito próxima dos bairros turísticos do município, que pode comprometer esse potencial turístico devido aos impactos que gera no ambiente, faz com que haja a necessidade de um estudo técnico-científico do processo de geração e transporte do lixo, da localização e características geoambientais da área de deposição que possa nortear o poder público na gestão dos RSU e na elaboração de projetos eficientes para a disposição dos mesmos.

Daí a importância desse trabalho, que consistirá numa pesquisa aprofundada dos aspectos geoambientais e poderá assim contribuir para o plano diretor, fornecendo subsídios técnicos ao município para uma tomada de decisão ambientalmente correta no que se

refere a disposição de RSU, a elaboração de futuros projetos e o gerenciamento integrado dos RSU.

## 1.1 Objetivos

### 1.1.1 *Objetivo geral*

Este trabalho tem por objetivo estudar a geração, o transporte e avaliar geotecnicamente o sítio de disposição dos RSU do município de Rio Quente, no sentido de verificar se as características físicas e ambientais da área são apropriadas e identificar aspectos importantes a serem considerados na elaboração de projetos eficientes para a disposição dos mesmos. Desta forma, apresentar subsídios para orientar o poder público na gestão dos RSU de modo a reduzir os impactos ambientais.

### 1.1.2 *Objetivos específicos*

- Caracterizar a geração e o transporte dos RSU, com vistas a determinar parâmetros concretos do volume gerado e avaliar a vida útil da porção remanescente da atual área do lixão.
- Caracterizar geológico-geotecnicamente uma área definida pelo quadrante dado pelas coordenadas UTM X: 8041000 a 8036000 e Y: 730500 a 738000, na qual o atual lixão está inserido, com base nas informações obtidas sobre o meio físico tais como: relevo, geologia, clima, hidrologia e água subterrânea, direção preferencial dos ventos e ensaios geotécnicos de laboratório e de campo. Esta caracterização visa auxiliar a avaliação da adequabilidade da área de estudo e orientar os projetos, como por exemplo, na definição das áreas de empréstimos.
- Avaliar a adequabilidade da área de estudo tendo como ponto de partida os critérios da Agência Goiânia do Meio Ambiente - AGMA (2007) e outros critérios técnicos.
- Propor diretrizes como subsídio à gestão dos RSU do município, de modo a minimizar os impactos ambientais.

## 1.2 Justificativa

Apesar da importância sócio-econômica do município de Rio Quente, como pólo gerador de turismo, só agora está iniciando a elaboração de um plano diretor. A questão da disposição dos RSU, que pode afetar significativamente o seu potencial turístico, até o momento não foi estudada. Para que esse potencial turístico seja mantido e ampliado, requer um estudo mais profundo dessa questão que oriente as ações de modo a promover a sustentabilidade ambiental.

Esse trabalho trará uma contribuição relevante nesse sentido, uma vez que fornecerá subsídios técnicos para a elaboração de um projeto adequado de aterro sanitário e de diretrizes para a elaboração do plano diretor.

A previsão da vida útil e o dimensionamento de equipamentos e instalações do aterro são essenciais para o planejamento do gerenciamento do lixo e dependem da quantidade e características do RSU, em especial do peso específico do lixo e do volume de RSU gerado e esses dados são muito variáveis em função das peculiaridades do município.

Esta pesquisa trará uma grande contribuição no sentido de fornecer dados concretos para esse planejamento, uma vez que será feito um estudo detalhado da geração de lixo, levando-se em conta a sazonalidade populacional, e a caracterização do RSU, que permitirá avaliar o potencial de redução, reutilização e reciclagem dos RSU do município de Rio Quente.

Esses dados, aliados à avaliação geoambiental realizada, serão de fundamental importância para nortear a gestão municipal no estabelecimento de uma metodologia adequada de educação ambiental e na elaboração de um Plano Integrado de Gerenciamento na cidade de Rio Quente – GO que seja capaz de dar-lhes uma destinação ambientalmente adequada e de acordo com a legislação federal, estadual e municipal vigentes, o qual será inserido no futuro Plano Diretor do município. Dessa maneira poderão ser minimizados os problemas ambientais relativos aos RSU na cidade de Rio Quente.

## 1.3 Estrutura do trabalho

Essa dissertação está estruturada em nove capítulos, organizados da seguinte forma: o Capítulo 1 contempla a apresentação ao tema, os objetivos e a justificativa.

O Capítulo 2 consiste no referencial teórico que reúne informações importantes acerca do cenário atual da problemática do tema proposto neste trabalho. Dessa forma, foi estudada a questão dos RSU, ressaltando os aspectos relacionados à sua gestão, compreendendo os fluxos desde a geração até a disposição final e os impactos causados. Além disso, analisou-se o conjunto da legislação vigente que disciplina a gestão dos RSU.

O Capítulo 3 apresenta a metodologia utilizada para a realização da pesquisa.

O Capítulo 4 apresenta os dados gerais do município de Rio Quente – GO, tais como localização, população, infra-estrutura e característica da economia.

O Capítulo 5 consiste na apresentação dos resultados da pesquisa sobre: geração, transporte e caracterização dos RSU.

No Capítulo 6 consiste na caracterização geoambiental da área do atual sistema de disposição dos RSU, com as características geológicas e geotécnicas.

O Capítulo 7 apresenta o diagnóstico da disposição dos RSU, com uma avaliação da área necessária, com base principalmente nos critérios da Agência Goiâna do Meio Ambiente (2007), da vida útil do atual lixão e avaliação de sua adequabilidade ambiental através do Instituto Brasileiro de Administração Municipal (2001).

Capítulo 8 apresenta as conclusões sobre a geração, transporte e disposição dos RSU na atual área do lixão.

Capítulo 9 apresenta as recomendações em função dos resultados obtidos e das análises efetuadas, ressaltando as diretrizes para a disposição dos RSU do município de Rio Quente.

# 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta revisão são apresentados os aspectos relacionados ao tema RSU: conceitos; princípios e legislação; formas de disposição; locais para a disposição e estudos dos impactos ambientais, visando a identificação de como deve ser tratada a questão da disposição de RSU e, desse modo, fundamentar a estruturação e desenvolvimento metodológico desta dissertação.

## 2.1 Conceito de desenvolvimento sustentável

A preocupação mundial em relação aos problemas ligados aos RSU consta no capítulo 21 do documento final produzido na Conferência da Organização das Nações Unidas - ONU sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento - CNUMAD, a Eco-92. Este documento propõe como um dos principais compromissos da humanidade para as futuras gerações o Desenvolvimento Sustentável, que deverá conciliar justiça social, eficiência econômica e equilíbrio ambiental (UNITED NATIONS - UN, 2000).

> A ONU através da sua Comissão Mundial para o Meio Ambiente e Desenvolvimento, criou o conceito de Desenvolvimento Sustentável.
> Trata-se de um modelo que preconiza satisfazer as necessidades presentes sem comprometer os recursos necessários à satisfação das gerações futuras, buscando atividades que funcionem em harmonia com a natureza e promovendo, acima de tudo, a melhoria da qualidade de vida de toda a sociedade.
> Um grande passo para nortear a prática de ações sob esse conceito foi a elaboração e lançamento da Agenda 21 Global na Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento Humano, conhecida como ECO-92, realizada em 1992, no Rio de Janeiro.
> A Agenda 21 é um programa de ações para o qual contribuíram governos e instituições da sociedade civil de 179 países, que constitui a mais ousada e abrangente tentativa já realizada de promover, em escala planetária, um novo padrão de desenvolvimento, conciliando métodos de proteção ambiental, justiça social e eficiência econômica.
> Na verdade, a Agenda 21, aprovada pelos países tem a função de servir como base para que cada um desses países elabore e implemente sua própria Agenda 21 Nacional, compromisso, aliás, assumido por todos os signatários durante a ECO-92 (AGENDA 21, 2001b).
> A Agenda 21 Brasileira tem como opção a criação de Agendas 21 Locais. A proposta é que cada cidade faça sua Agenda 21 Local com a participação da sociedade civil. Assim como cada país, cada cidade deve adequar sua Agenda à sua realidade e às suas diferentes situações e condições, sempre considerando os seguintes princípios gerais: participação e cidadania; respeito às comunidades e diferenças culturais; integração; melhoria do padrão de vida das comunidades; diminuição das desigualdades sociais; mudança de mentalidades.
> Os compromissos assumidos pelos representantes dos países que aprovaram a Agenda 21 Global são muito claros e objetivos. Preservar as florestas e as nascentes, buscar substitutos para o CFC e outras substâncias que destroem a

> camada de ozônio, proibir a pesca destrutiva, buscar novas fontes de energia renováveis, reduzir o lixo produzido e encontrar combustíveis alternativos são alguns dos compromissos que devem ser traduzidos em ações, quando couber, na formulação de cada Agenda 21 Local (AGENDA 21, 2001a).

## 2.2 Evolução histórica do desenvolvimento sustentável do planeta

A história apresenta uma evolução da preocupação com o desenvolvimento sustentável do planeta a partir de 1972. Uma série de reuniões para tratar da poluição ambiental tem sido realizadas, mantendo ativo o interesse para diminuição progressiva das atividades do homem, nocivas à manutenção da vida no planeta. Os principais eventos foram: Conferência de Estocolmo (1972); Conferência de Tbilisi, Geórgia (1977); Protocolo de Montreal (1987); Rio-92 (1992) e Protocolo de Kyoto (1997). (MANO; PACHECO; BONELLI, 2005).

A Tabela 2.1 mostra a evolução histórica da preocupação com o desenvolvimento sustentável do planeta.

Tabela 2.1 - Evolução histórica da preocupação com o desenvolvimento sustentável do planeta

| Ano | Evento | Local | Objetivo | Observação |
|---|---|---|---|---|
| 1273 | Criação da Legislação sobre o fumo | Londres, Inglaterra | Redução do fumo | |
| 1808 | Criação do Jardim Botânico por D.João VI, rei de Portugal | Rio de Janeiro, Brasil | Melhorar as condições de vida da colônia de Além-Mar | D. João VI vinha de Portugal, fugindo ao perigo da invasão de seu reino por Napoleão Bonaparte, da França |
| 1838 | Propostas de criação de reservas indígenas por George Catlin | EUA | Preservação da vida natural | Catlin era ensaísta e artista |
| 1863 | Publicação do livro ***Homem e Natureza***, de George P. Marsh | Cambridge, EUA | Preservação da natureza | Primeiro livro sobre conservação ambiental |
| 1869 | Proposta da palavra Ecologia pelo zoólogo e biólogo Ernst Haeckel | Alemanha | Conscientização da sociedade sobre a preservação do ambiente natural | |
| 1872 | Criação dos primeiros parques nacionais do mundo | Califórnia, Vale do Yosemite e Wyoming, região do Yellowstone , EUA | Preservação da natureza | Pela primeira vez governo, estadual e nacional, assumiram as funções de preservação, proteção e administração de áreas naturais |

Tabela 2.1 continua.

Tabela 2.1 continuação

| Ano | Evento | Local | Objetivo | Observação |
|---|---|---|---|---|
| 1937 | Criação do Parque Nacional de Itatiaia | Rio de Janeiro, Brasil | Preservação da natureza | Mercúrio proveniente de uma indústria química contamina as águas e os peixes, e também a população local |
| 1950 | Contaminação da Baia de Minamata | Minamata, Japão | | |
| 1962 | Publicação do livro ***Primavera silenciosa*** | Boston, EUA | Alerta sobre riscos dos pesticidas sobre o meio ambiente | |
| 1968 | Fundação do Clube de Roma | Roma, Itália | Atuação como catalizador de mudanças globais, livre de qualquer interesses políticos, econômicos e ideológicos | O clube é uma organização internacional formada por líderes mundiais |
| 1972 | Publicação do relatório ***Limits to Growth,*** elaborado por um grupo interdisciplinar de ***Massachusetts Institute of Technology*** (MIT) para o Clube de Roma | Cambridge, EUA | Diagnóstico dos recursos terrestres | O relatório concluiu que a de gradação ambiental é o principal resultado do crescimento populacional descontrolado e de suas exigências sobre os recursos da Terra |
| 1972 | Realização da Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente | Estocolmo, Suécia | Início da estruturação dos órgãos ambientais pelas nações | A conferência conceituou o ecodesenvolvimento: poluir passa a ser crime em diversos países |
| 1973 | Criação da Secretaria Especial do Meio Ambiente – Sema | Brasília, Brasil | Preservação da natureza | Subordinada ao Ministério do Interior marcou a necessidade de fontes energéticas renováveis: o preço do barril subiu de U$18 para U$23 |
| 1973 | Primeira crise energética com o aumento do preço do petróleo árabe | Golfo Pérsico | | |
| 1975 | Realização do encontro de Belgrado | Belgrado, Iugoslávia | Estabelecimento de metas para a educação ambiental | Produziu a Carta de Belgrado |
| 1977 | Conferência de Tbilisi | Tbilisi, Geórgia | Formulação de princípios e orientação para a educação ambiental | Produziu a Declaração sobre Educação Ambiental |
| 1981 | Publicação da Lei no. 6938 de 31 de agosto | Brasília, Brasil | Estabelecimento da Política Nacional de Meio Ambiente | Conceito de Meio Ambiente |

Tabela 2.1 continua.

Tabela 2.1 continuação

| Ano | Evento | Local | Objetivo | Observação |
|---|---|---|---|---|
| 1983 | Criação da Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, conhecida como Comissão Brundtland, pela ONU | Nova York, EUA | Reexame e reformulação de questões críticas relativas ao meio ambiente e proposta de novas formas de cooperação internacional | Presidida por Gro Arlem Brundtland |
| 1983 | Convênio de Viena | Viena, Áustria | Instrumento destinado a gerações para a preservação do ozônio | |
| 1986 | Elaboração da primeira resolução Do *Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama)* | Brasília, Brasil | Estabelecimento de padrões para os estudos de impacto ambiental | |
| 1987 | Divulgação do relatório final da Comissão Brundtland *Nosso Futuro Comum* | Nova York, EUA | Proposta do desenvolvimento econômico integrado à questão ambiental | Diagnóstico dos problemas ambientais globais |
| 1987 | Criação do Protocolo de Montreal | Montreal, Canadá | Banir fabricação e uso de CFC e estabelecer prazos para sua substituição | |
| 1989 | Realização da Convenção da Basiléia | Basiléia, Suíça | Estabelecimento de regras para os deslocamentos trans-fronteiriços de resíduos | A convenção dispõe sobre o controle de importações e exportações e proíbe o envio de resíduos para países sem capacidade técnica, legal e administrativa para recebê-los |
| 1989 | Criação do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente (IBAMA) | Brasília, Brasil | Preservação ambiental | O Ibama resultou da fusão do Sema, Sudepe, Sudhevea e IBDF |
| 1992 | Entrada em vigor das normas BS7750 | Londres, Inglaterra | Criação de padrões que serviriam de base para a elaboração das normas ISO 14 000 | |
| 1992 | Realização da Conferência sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (Rio-92 ou Cúpula da Terra) | Rio de Janeiro, Brasil | Discussão da questão ambiental | A Rio-92 resultou na criação da Agenda 21 e do Tratado de Educação Ambiental para Sociedade Sustentáveis. Reuniu mais de 120 chefes de Estado e representantes de mais de 170 países |

Tabela 2.1 continua.

Tabela 2.1 continuação

| Ano | Evento | Local | Objetivo | Observação |
|---|---|---|---|---|
| 1995 | Realização da Conferência para o Desenvolvimento Social | Copenhague, Dinamarca | Criação de um ambiente econômico, político, social, cultural e jurídico que permitisse o desenvolvimento social | |
| 1995 | Realização da Conferência Mundial do Clima | Berlim, Alemanha | | |
| 1997 | Terceira Conferência das Partes da Convenção sobre Mudanças Climáticas | Kyoto, Japão | Elaboração do texto denominado Protocolo de Kyoto | Submetido à ratificação pelos países do mundo |
| 1998 | Publicação da Lei 9605 (Lei de Crimes Ambientais) | Brasília, Brasil | | A lei dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas lesivas ao meio ambiente |

Fonte: Mano, Pacheco e Bonelli (2005).

O Ministério das Cidades, segundo BRASIL (2001a), cria movimento nacional para construir cidades includentes, democráticas e sustentáveis: a Cidade de Todos, por meio da reforma urbana.

Até outubro de 2006, 1.700 municípios brasileiros com população acima de 20 mil habitantes ou integrantes de regiões metropolitanas e aglomerações urbanas deveriam elaborar ou rever o Plano Diretor. De acordo com o Estatuto da Cidade – Lei Federal nº 10.257, de 10 de julho de 2001, os prefeitos que não providenciassem o Plano Diretor iriam incorrer em improbidade administrativa (BRASIL, 2001a).

Para o Ministério das Cidades, é importante transformar esta obrigatoriedade em oportunidade para se repensar o processo de desenvolvimento das cidades em todo o país. Transformar a elaboração do plano num processo em que a população pensa e discute a cidade onde mora, trabalha, sonha e faz propostas para corrigir as distorções existentes no desenvolvimento do município. O Plano Diretor vai, portanto, definir qual é a melhor função social de cada espaço da cidade, considerando as necessidades e especificidades econômicas, culturais, ambientais e sociais. O Plano deve ser um verdadeiro pacto sócio-territorial que de fato transforme a realidade das nossas cidades.

## 2.3 RSU

### 2.3.1 *Definição*

Existem vários conceitos de RSU. De acordo com a norma brasileira NBR 10004 (ABNT, 2004a) podem ser definidos como:

> Resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades da comunidade de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível.

Outro conceito, encontrado no art. 138- I, no cap. I do título IV da lei complementar nº 17, de Uberlândia (1991) é o seguinte: "resíduos em qualquer estado de matéria, não utilizados para fins econômicos, e que possam provocar, se dispostos no solo, contaminação de natureza física, química ou biológica do solo ou das águas superficiais e subterrâneas" ou seja, todo e qualquer tipo de resíduo produzido pela atividade humana doméstica, social e industrial, indesejável ou descartável.

Em termos conceituais, os RSU podem ainda ser definidos como sendo constituídos de materiais das mais diferentes origens e processos, que são descartados após serem utilizados pelo homem nos diversos processos de consumo. Os rejeitos, por outro lado, são materiais em estado natural, ou transformados, que não tem valor para o homem, sendo descartados antes de sua utilização (KATAOKA, 2000).

> Lixo é basicamente todo e qualquer resíduo sólido proveniente das atividades humanas ou, gerado pela natureza em aglomeração urbanas. No entanto, o conceito mais atual é o de que lixo é aquilo que ninguém quer ou que não tem valor comercial. Neste caso, pouca coisa jogada fora pode ser chamada de lixo. É importante lembrar que o lixo gerado por nós é apenas uma pequena parte da "montanha" gerada todos os dias, composta também por resíduos industriais, de construção civil, de mineração, de agricultura e outros (COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM - CEMPRE, 1998).
> Lixo é resto de atividade humana considerado pelo gerador como inútil, indesejável ou descartável. Normalmente se apresenta sob o estado sólido ou pastoso (com conteúdo de líquido para que possa fluir livremente). O lixo também recebe a denominação de resíduos sólidos (NISHIYAMA, 2002).

Os RSU podem gerar contaminação e poluição. Contaminação é definida por Zuquette

(1993), como qualquer alteração causada nos componentes do meio por atividades antrópicas, que pode provocar problemas indiretos ou diretos aos seres vivos no decorrer de longos períodos de tempo. O contaminante é qualquer substância de natureza radioativa, física, química ou biológica incorporada à água, ao solo, rocha ou ao ar, de maneira não natural, em concentrações acima dos índices normalmente encontrados na natureza. E poluição seria o conjunto de alterações que provocam mudanças ao meio e que o tornam impróprio para o desenvolvimento das atividades normais ou antrópicas correntes.

A poluição é definida pela Norma Brasileira - NBR 10703 (ABNT, 1989b) como:

> degradação da qualidade ambiental, resultante de atividades humanas que direta ou indiretamente prejudiquem a saúde, a segurança e o bem estar da população, criando condições adversas às atividades sociais e econômicas; ou afetem desfavoravelmente a biota, as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e lancem materiais e energias em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos.
> E a contaminação como: "é um caso particular de poluição provocada pela introdução no meio ambiente (ar, água ou solo), ou em alimentos, de organismos patogênicos, substâncias tóxicas ou radioativas, em concentrações nocivas ao ser humano, ou outros elementos que possam afetar a sua saúde."

Segundo a norma brasileira NBR 10004 (ABNT, 2004a), a periculosidade de um resíduo é definida como a característica apresentada por um resíduo que, em função de suas propriedades físicas, químicas ou infecto-contagiosas, pode apresentar:

a) risco à saúde pública, provocando ou acentuando, de forma significativa, um aumento de mortalidade ou incidência de doenças e/ou:
b) riscos ao ambiente, quando o resíduo é manuseado ou destinado de forma inadequada.

Segundo Odum (1977), ambiente pode ser definido como o conjunto de elementos e fatores indispensáveis à vida. No dicionário Webster's, encontramos uma definição mais detalhada, segundo a qual: ambiente é o conjunto das condições, influências ou forças que envolvem, influem ou modificam o complexo de fatores climáticos, edáficos e bióticos que atuam sobre um organismo vivo ou uma comunidade ecológica e acaba por determinar sua forma e sua sobrevivência (WEBSTER'S..., 1976, p. 786).

Não há dúvida de que os resíduos sólidos apresentam riscos para a saúde e o ambiente. Saber a dimensão destes riscos e seus impactos depende de um maior conhecimento sobre

os resíduos sólidos urbanos, dos seus componentes, das estimativas de produção, da sua trajetória da geração ao destino final e das formas de manuseio e tratamento ao longo da trajetória. Depende, também, de conhecer o processo de trabalho a que estão submetidos os trabalhadores de alguma forma envolvidos com estes resíduos e o destino final dado a tais resíduos (FERREIRA, 1997).

Segundo a NBR 10004 (ABNT, 2004a), pelos riscos potenciais que podem causar ao meio ambiente, os resíduos sólidos são classificados em diferentes classes.

### 2.3.2 *Classificação dos RSU*

a) **Resíduos Classe I – Perigosos:** são aqueles que apresentam riscos à saúde pública e ao meio ambiente, exigindo tratamento e disposição especiais em função de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade.

b) **Resíduos Classe II – Não perigosos:**

- **Resíduos Classe II A – não-inertes:** são os resíduos que não apresentam periculosidade, porém não são inertes; podem ter propriedades tais como: combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água. São basicamente os resíduos com as características do lixo doméstico.
- **Resíduos Classe II B – inertes:** são aqueles que, ao serem submetidos aos testes de solubilização não têm nenhum de seus constituintes solubilizados em concentrações superiores aos padrões de potabilidade da água. Isto significa que a água permanecerá potável quando em contato com o resíduo. Muitos destes resíduos são recicláveis. Estes resíduos não se degradam ou não se decompõem quando dispostos no solo (se degradam muito lentamente). Estão nesta classificação, por exemplo, os entulhos de demolição, pedras e areias retirados de escavações.

De acordo com Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (2000, p. 29), os resíduos sólidos podem ser classificados de várias formas possíveis. Por exemplo:

**a) Por sua natureza física:**

- **Seco**: papéis, plásticos, metais, couros tratados, tecidos, vidros, madeiras,

guardanapos e tolhas de papel, pontas de cigarro, isopor, lâmpadas, parafina, cerâmicas, porcelana, espumas, cortiças.

- **Molhado**: restos de comida, cascas e bagaços de frutas e verduras, ovos, legumes, alimentos estragados etc.

**b) Por sua composição química:**

- **Matéria orgânico**: é composto por pó de café e chá, cabelos, restos de alimentos, cascas e bagaços de frutas e verduras, ovos, legumes, alimentos estragados, ossos, aparas e podas de jardim.
- **Matéria inorgânico**: composto por produtos manufaturados como plásticos, vidros, borrachas, tecidos, metais (alumínio, ferro etc.), tecidos, isopor, lâmpadas, velas, parafina, cerâmicas, porcelana, espumas, cortiças etc.

Ainda, segundo Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (2000) outra importante forma de classificação do lixo é quanto à origem, ou seja:

- **Domiciliar ou lixo doméstico**: originado da vida diária das residências, constituído por restos de alimentos (tais como cascas de frutas, verduras etc.), produtos deteriorados, jornais, revistas, garrafas, embalagens em geral, papel higiênico, fraldas descartáveis e uma grande diversidade de outros itens. Pode conter alguns resíduos tóxicos.
- **Comercial**: originado dos diversos estabelecimentos comerciais e de serviços, tais como supermercados, estabelecimentos bancários, lojas, bares, restaurantes etc.
- **Serviços públicos**: originados dos serviços de limpeza urbana, incluindo todos os resíduos de varrição das vias públicas, limpeza de praias, galerias, córregos, restos de podas de plantas, limpeza de feiras livres, etc, constituído por restos de vegetais diversos, embalagens etc.
- **Lixo de fontes especiais**: é aquele que, em função de determinadas características peculiares que apresenta, passa a merecer cuidados especiais em seu acondicionamento, manipulação e disposição final, como é o caso do lixo hospitalar, radioativo e de alguns resíduos industriais.
- **Hospitalar**: descartados por hospitais, farmácias e clínicas veterinárias (algodão, seringas, agulhas, restos de remédios, luvas, curativos, sangue coagulado, órgãos e tecidos removidos, meios de cultura e animais utilizados em

testes, resina sintética, filmes fotográficos de raios X). Em função de suas características, merece um cuidado especial em seu acondicionamento, manipulação e disposição final. Deve ser incinerado e os resíduos levados para aterro sanitário.

- **Radioativo**: resíduos provenientes da atividade nuclear (resíduos de atividades com urânio, césio, tório, radônio, cobalto), que devem ser manuseados apenas com equipamentos e técnicos adequados.
- **Industrial**: originado nas atividades dos diversos ramos da indústria, tais como: o metalúrgico, o químico, o petroquímico, o de papelaria, da indústria alimentícia etc. O lixo industrial é bastante variado, podendo ser representado por cinzas, lodos, óleos, resíduos alcalinos ou ácidos, plásticos, papel, madeira, fibras, borracha, metal, escórias, vidros, cerâmicas. Nesta categoria, inclui-se grande quantidade de lixo tóxico. Esse tipo de lixo necessita de tratamento especial pelo seu potencial de envenenamento.
- **Portos, aeroportos, terminais rodoviários e ferroviários**: resíduos sépticos, ou seja, que contém ou potencialmente podem conter germes patogênicos. Basicamente originam-se de material de higiene pessoal e restos de alimentos, que podem hospedar doenças provenientes de outras cidades, estados e países.
- **Agrícola**: resíduos sólidos das atividades agrícola e pecuária, como embalagens de adubos, defensivos agrícolas, ração, restos de colheita etc. O lixo proveniente de pesticidas é considerado tóxico e necessita de tratamento especial.
- **Entulho**: resíduos da construção civil composto por materiais de demolições, restos de obras, solos de escavações diversas etc. O entulho é geralmente um material inerte, passível de reaproveitamento, porém geralmente contém uma vasta gama de materiais que podem lhe conferir toxicidade, com destaque para os restos de tintas e de solventes, peças de amianto e metais diversos, cujos componentes podem ser remobilizados caso o material não seja disposto adequadamente.

Na Tabela 2.2, segundo Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (2000, p.30), é indicada a responsabilidade pelo gerenciamento dos RSU descritos anteriormente.

Tabela 2.2 – Responsabilidade pelo gerenciamento dos RSU

| Origem | Possíveis Classes | Responsável |
|---|---|---|
| Domiciliar | II A e II B | Prefeitura |
| Comercial | II A e II B | Prefeitura* |
| Industrial | I, II A e II B | Gerador do resíduo |
| Público | II A e II B | Prefeitura |
| Serviços de saúde | I, II A e II B | Gerador do resíduo |
| Portos, aeroportos e terminais ferroviários | I, II A e II B | Gerador do resíduo |
| Agrícola | I, II A e II B | Gerador do resíduo |
| Entulho | II B | Gerador do resíduo |

(*) A prefeitura é responsável por quantidades pequenas (geralmente inferiores a 50 kg) de acordo com a legislação municipal específica. Quantidades superiores são de responsabilidade do gerador.
Fonte: Ambiente Brasil (2007).

### 2.3.3 *Características físicas dos RSU*

As características físicas dos resíduos sólidos, segundo Ambiente Brasil (2007) são:

a) **Composição gravimétrica**: traduz o percentual em peso de cada componente em relação ao peso total dos resíduos sólidos.
b) **Peso específico**: é o peso dos resíduos, em função do volume por eles ocupado, expresso em kg/m³. Sua determinação é fundamental para o dimensionamento de equipamentos e instalações.
c) **Teor de umidade**: esta característica tem influência decisiva, principalmente nos processos de tratamento e destinação dos resíduos sólidos. Varia muito em função das estações do ano e da incidência de chuvas.
d) **Compressividade**: também conhecida como grau de compactação, indica a redução de volume que uma massa de lixo pode sofrer, quando submetida a uma pressão determinada. A compressividade do lixo situa-se entre 1:3 e 1:4 para uma pressão equivalente a 4 kg/cm$^2$. Tais valores são utilizados para dimensionamento de equipamentos compactadores.
e) **Chorume**: substância líquida decorrente da decomposição de material orgânico.

## 2.4 RSU e seu destino

No Brasil, de cada 100 habitantes, 75 se concentram em aglomerados urbanos. Apenas por esta ótica, já se pode entender a gravidade dos problemas decorrentes do lixo. Esta população produz, diariamente, cerca de 250 mil toneladas de lixo, das quais 90 mil toneladas são provenientes das residências. Cada pessoa produz em média 0,70 kg/dia de lixo (NISHIYAMA, 2002, p. 2-3).

Nem todo o lixo deve ser destinado ao aterro sanitário. A seguir são descritos os possíveis destinos de alguns resíduos, segundo Ambiente Brasil (2007):

- **Carcaças de computadores e ar condicionados:** podem ser comprados para desmonte. Em cidades como Curitiba-PR e São Paulo-SP existem empresas que recebem esses materiais para o reaproveitamento ou reciclagem.
- **Carcaças de veículos:** podem ser encaminhadas aos ferros-velhos ou sucateiros.
- **Móveis:** podem ser levados para aterros sanitários ou doados a entidades sociais.
- **Canos de cobre, ferro e alumínio:** podem ser vendidos a sucateiros.
- **Peças mecânicas e baterias de veículos:** peças de metal devem ser encaminhadas aos ferros-velhos ou sucateiros e as baterias de veículos descarregadas enviadas ao revendedor. As Resoluções CONAMA nº 257/99 e 263/99 tratam do tema baterias (BRASIL, 1999b, 1999c)
- **Cartuchos de tinta:** a destruição e o descarte devem ser feitos pelo serviço de limpeza urbana local. Outra opção é a recarga para reutilização (BRASIL, 1999a).
- **Medicamentos com datas vencidas e resíduos hospitalares:** podem ser encaminhados aos serviços de saúde. A Resolução n° 005/93 CONAMA que trata do assunto está em fase de revisão para posterior aprovação (BRASIL, 1993).
- **Produtos químicos em geral:** podem ser levados para aterros industriais ou destruídos por meio de incineração.
- **Alimentos estragados:** devem ser levados para os aterros sanitários pelo serviço de limpeza urbana local.
- **Entulhos de construção civil e canos de PVC:** a destinação para o descarte

desses materiais está em fase de estruturação pelo CONAMA.

- **Divisórias e cortinas:** quando verificada a impossibilidade de reaproveitamento, devem ser encaminhadas aos aterros sanitários.
- **Pilhas e baterias:** as pilhas que respeitam o limite de componentes tóxicos estabelecidos pela Resolução do CONAMA nº 257/99, podem ser descartadas no lixo comum. Já as que não respeitam esse limite, devem ser jogadas nos aterros industriais para materiais perigosos. (AMBIENTE BRASIL, 2007; BRASIL, 1999b, 2001b).

Para facilitar o gerenciamento dos resíduos, foi estabelecido o padrão das cores descrito na Tabela 2.3.

Tabela 2.3 – Código de cores para os diferentes tipos de resíduos

| **Padrão de Cores** | | |
|---|---|---|
| | AZUL | Papel/papelão |
| | VERMELHO | Plástico |
| | VERDE | Vidro |
| | AMARELO | Metal |
| | PRETO | Madeira |
| | LARANJA | Resíduos perigosos |
| | BRANCO | Resíduos ambulatoriais e de serviços de saúde |
| | ROXO | Resíduos radioativos |
| | MARROM | Resíduos orgânicos |
| | CINZA | resíduo geral não reciclável ou misturado, ou contaminado não passível de separação |

Fonte: Ambiental Brasil (2007); Brasil (2001c).

## 2.5 Formas de tratamento e disposição final dos RSU

Este item apresenta as formas usuais para a disposição dos RSU, com ênfase na técnica de aterro sanitário.

Os métodos mais comuns de tratamento e disposição de resíduos sólidos podem ser divididos em três categorias (HASAN, 1995 apud KATAOKA, 2000):

- métodos térmicos;
- disposição no oceano;
- disposição no meio físico

A disposição no meio físico é a prática mais difundida no mundo, especialmente nos países ou regiões de maior densidade populacional e de baixa renda.

Esta prática pode ser feita em subsuperfície ou em superfície, na forma de aterros. Os aterros podem ser classificados, segundo a forma de disposição final, em aterros comuns, aterros controlados e aterros sanitários (ELIS, 1998; GEOCITIES, 2000; LUZ, 1981).

### 2.5.1 *Aterro comum*

O aterro comum, de acordo com Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (2000, p. 251), é uma forma inadequada de disposição final de resíduos sólidos municipais, que se caracteriza pela simples descarga sobre o solo, sem medidas de proteção ao meio ambiente ou à saúde pública. O mesmo que descarga de resíduos a céu aberto, lixões ou vazadouros.

Os resíduos assim lançados acarretam problemas à saúde pública, como proliferação de vetores de doenças (moscas, mosquitos, baratas, ratos etc.), geração de maus odores e, principalmente, poluição do solo e das águas subterrâneas e superficial, pela infiltração do chorume (líquido de cor preta, mau cheiroso e de elevado potencial poluidor, produzido pela decomposição da matéria orgânica contida no lixo) (ABNT, 1984).

Ainda segundo Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (2000), acrescenta-se a esta situação o total descontrole dos tipos de resíduos recebidos nestes locais, verificando-

se até mesmo a disposição de dejetos originados de serviços de saúde e de indústrias. Comumente, ainda, associam-se aos lixões a criação de animais e a presença de pessoas (catadores), os quais, algumas vezes, residem no próprio local.

### 2.5.2 *Aterro controlado*

Apesar de Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (2000) afirmar que é uma técnica de disposição de RSU no solo, sem causar danos ou riscos à saúde pública e a sua segurança, minimizando os impactos ambientais, os próprios autores reconhecem que o aterro controlado produz poluição localizada, devido ao lixo confinado e ocupação de área menor que a do lixão e é uma técnica que utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos cobrindo o lixo com uma camada de material inerte ao final de cada jornada de trabalho.

Esta cobertura, entretanto, é realizada de forma aleatória, não resolvendo satisfatoriamente os problemas de poluição gerados pelo lixo, uma vez que não dispõe de impermeabilização de base (comprometendo a qualidade das águas subterrâneas), nem de sistema de tratamento do percolado (termo empregado para caracterizar a mistura entre o chorume, produzido pela decomposição do lixo, e a água de chuva que percola o aterro) ou do biogás gerado.

Este método é preferível ao lixão, mas, devido aos problemas ambientais que causa e aos seus custos de operação, a qualidade é inferior ao aterro sanitário.

### 2.5.3 *Aterro sanitário*

Técnica de disposição de RSU no solo, sem causar danos à saúde pública e à sua segurança, minimizando os impactos ambientais, método este que utiliza princípios de engenharia para confinar os RSU à menor área possível e reduzí-los ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho, ou a intervalos menores, se necessário (ABNT, 1992a).

Segundo Benvenuto (1995), o aterro sanitário é a forma ideal para disposição dos RSU no

meio ambiente, em função da segurança sanitária e ambiental ser garantida diariamente, e durante toda a vida útil do empreendimento, mesmo após sua desativação.

O aterro sanitário propriamente dito assemelha-se com a prática anterior, sendo que é uma forma de disposição final dos resíduos sólidos, que utiliza princípios de engenharia e normas operacionais específicas para confinar de maneira segura os resíduos, na menor área e reduzir ao menor volume possível, cobrindo-os com uma camada de solo de 15 a 30 cm de espessura, ao final de cada dia de trabalho. Minimizando-se assim impactos ambientais e evitando danos à saúde e à segurança pública (ABNT, 1984e; BIDONE; POVINELLI, 1999; DANIEL, 1993; INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL - INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL, 1978; LIMA, 1985, 1988; TCHOBANOGLOUS; THEISEN; VIGIL, 1993).

Alguns autores consideram aterros sanitários como sendo locais de "purificação do lixo", ou seja, locais em que o lixo deve ser tratado de forma que, ao ser disposto no meio ambiente, sejam minimizados os riscos de contaminação e seu volume seja reduzido, otimizando, desta maneira a utilização do aterro sanitário (BENVENUTO, 1995; INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DE SÃO PAULO, 1995; NUNES, 1994).

Para Lemes (2002) é um aterro para lixo residencial urbano com pré-requisitos de ordem sanitária e ambiental. Deve ser construído, de acordo com técnicas definidas, critérios de engenharia e normas operacionais específicas: impermeabilização do solo para que o chorume não atinja os lençóis freáticos, contaminando as águas; sistema de drenagem para chorume, que deve ser retirado do aterro sanitário e depositado em lagoa próxima, que tenha essa finalidade específica vedada ao público; sistema de drenagem de tubos para os gases, principalmente o gás carbônico, o gás metano e o gás sulfídrico, pois, se isto não for feito, o terreno fica sujeito a explosões e deslizamentos. Deve existir, também, um monitoramento do impacto ambiental durante a operação e após o seu encerramento

No entanto, alguns dos fatores limitantes desta forma de disposição são: a escassez de áreas adequadas, próximas aos centros urbanos; a disponibilidade de material de cobertura diária e condições climáticas de operação durante todo o ano (LIMA, 1985).

Para superar essa limitação, a Agência Goiâna do Meio Ambiente (2007) órgão máximo da gestão ambiental no estado de Goiás, estabelece critérios para a seleção da área, que são descritos no item 2.5.6.3.

Segundo a NBR 8419 (ABNT, 1984e), o aterro sanitário não deve ser construído em áreas sujeitas à inundação. Entre a superfície inferior do aterro e o mais alto nível do lençol freático deve haver uma camada de espessura mínima de 1,5 m de solo insaturado. O nível do solo deve ser medido durante a época de maior precipitação pluviométrica da região. O solo deve ser de baixa permeabilidade (argiloso).

O aterro sanitário deve ser localizado a uma distância mínima de 200 metros de qualquer curso d´água. Deve ser de fácil acesso. A arborização deve ser adequada nas redondezas para evitar erosões, espalhamento da poeira e retenção dos odores.

Devem ser construídos poços de monitoramento para avaliar se estão ocorrendo vazamentos e contaminação do lençol freático: no mínimo quatro poços, sendo um a montante e três a jusante, no sentido do fluxo da água do lençol freático. O efluente da lagoa deve ser monitorado pelo menos quatro vezes ao ano.

O projeto de implantação do aterro sanitário deve também prever o uso futuro da área devidamente integrada no meio ambiente do entorno quando da sua desativação.

Os cortes esquemáticos “A” e “B” das Figura 2.1 e 2.2 respectivamente, ilustram os elementos de uma vala para disposição de RSU em um aterro sanitário (AS).

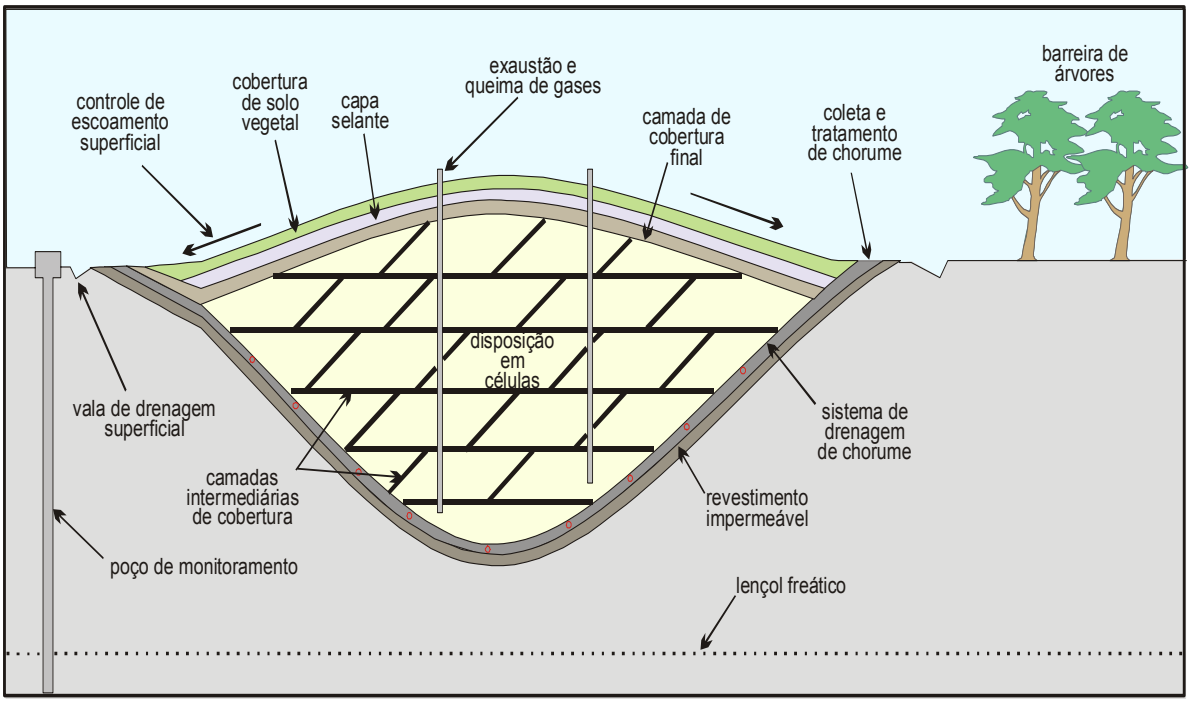


Figura 2.1 – Corte esquemático "A" da estrutura de uma vala de disposição de RSU.
Fonte: Barros e Moller (1995).

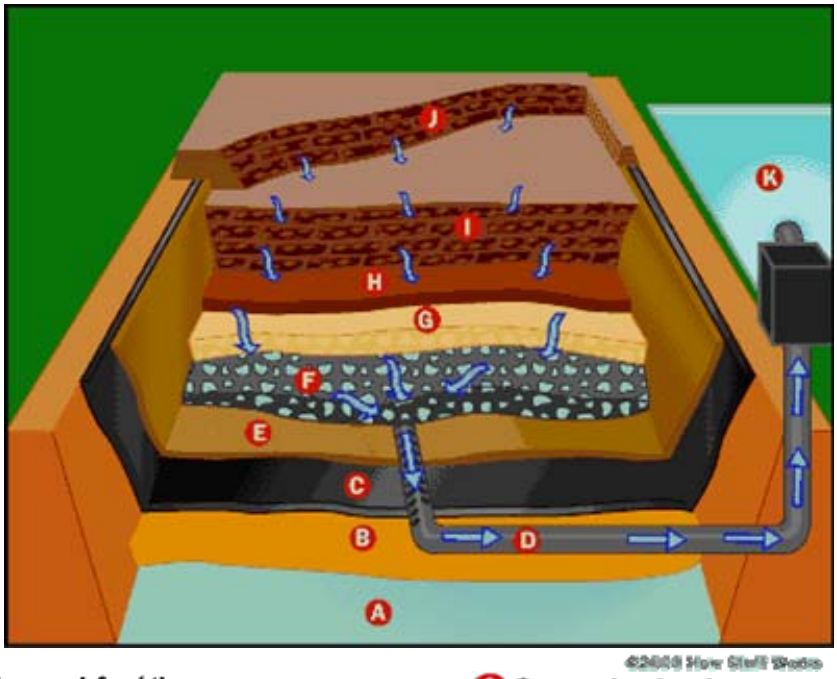


Figura 2.2 – Corte esquemático "B"da estrutura de uma vala de disposição de RSU. As setas indicam o fluxo da lixívia.

Fonte: Freudenrich (2000).

As partes básicas de um Aterro Sanitário (AS), conforme mostrado na Figura 2.2, são:

- **sistema de revestimento**: separa o lixo e a lixívia subseqüente do lençol freático;
- **células (velhas e novas)**: onde o lixo é armazenado dentro do aterro;
- **sistema de drenagem da água da chuva**: coleta a água da chuva que cai no aterro;
- **sistema coletor de lixívia**: coleta a água infiltrada através do próprio aterro e contém substâncias contaminantes (**lixiviação**);
- **sistema coletor de metano**: coleta o gás metano que é formado durante a decomposição do lixo e
- **cobertura ou tampa**: lacra o topo do aterro.

Cada uma dessas partes é projetada para tratar problemas específicos e de suas características locais, encontrados em um aterro sanitário. Resumindo, o aterro sanitário é uma obra de engenharia, projetada, desenhada e gerida de maneira a atingir os seguintes objetivos (MARTINHO; GONÇALVES, 2000, p. 191):

- redução a níveis mínimos, dos incômodos e dos riscos para a saúde pública (trabalhadores e população residente na zona envolvente), provocados por cheiros, fogos, tráfego, ruído, vetores de doença, estética, entre outros fatores;
- minimização dos problemas de poluição da água, do ar, do solo e da paisagem;
- utilização completa do terreno disponível, através de uma boa compactação e cobertura;
- gestão do empreendimento orientada para a futura utilização do local;
- redução dos níveis de percepção de risco.

### 2.5.4 *Situação dos municípios brasileiros*

No Brasil, a destinação adequada dos RSU foi analisada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2002b) e está apresentada na Figura 2.3. Os RSU dos municípios brasileiros apresentam as seguintes disposições finais (EMPRAPA,1994 apud INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DE SÃO PAULO, 2000, p. 6).

- 76% em lixões a céu aberto;
- 13% em aterros controlados;
- 10% em aterros sanitários e
- 1% passa por tratamento (0,9% usina de compostagem e 0,1% incineração).

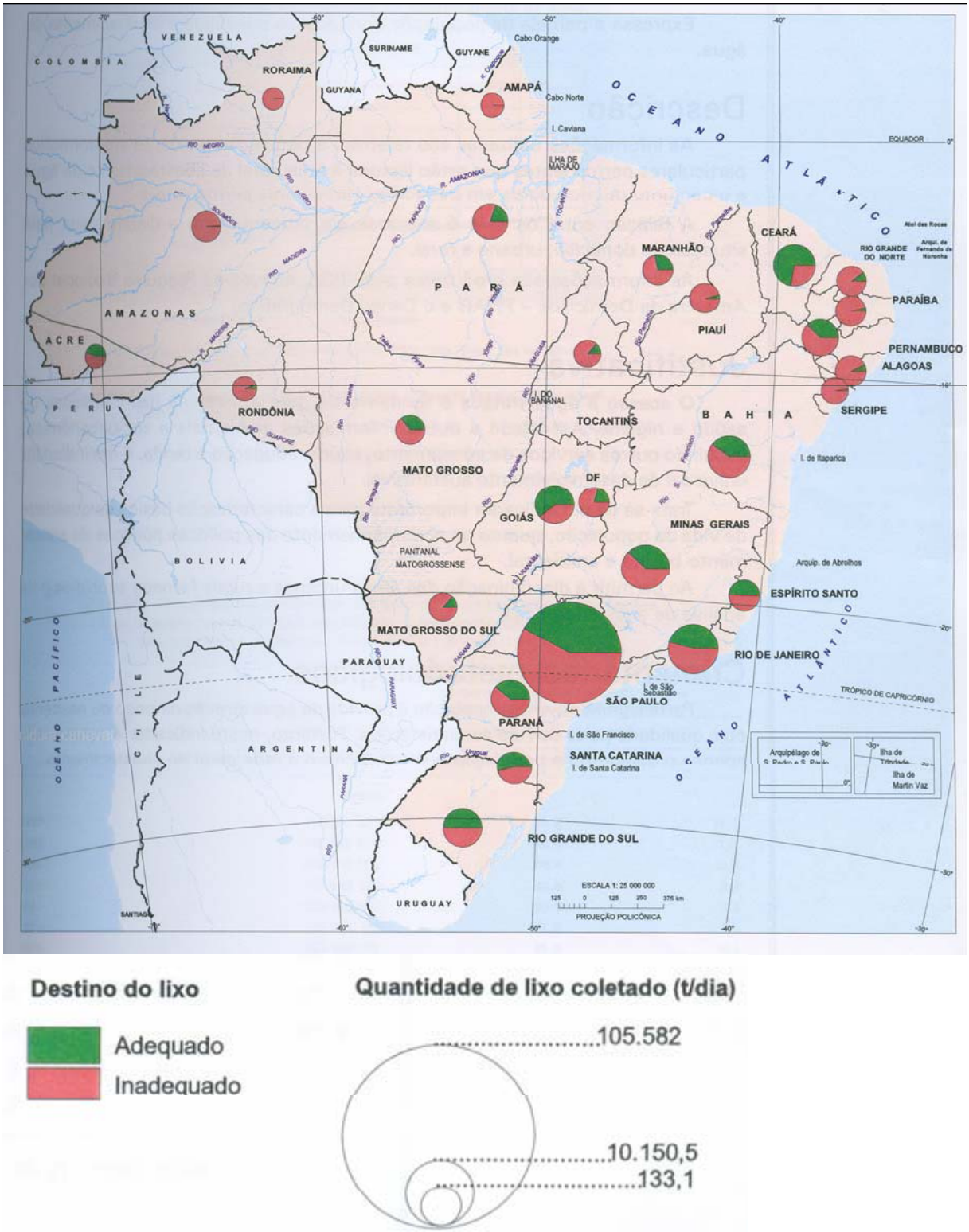


Figura 2.3 – Destinação adequada e inadequada do lixo no Brasil – 2000

Fonte: IBGE (2002b).

Segundo Mano, Pacheco e Bonelli (2005), já o destino de lixo no Brasil em 2002 apresentava com cerca de 230 mil toneladas/dia de lixo urbano descartados, sendo 94% em lixões, aterros controlados e aterros sanitários. A Tabela 2.4 ilustra a distribuição detalhada desse material.

Tabela 2.4 – Destino do lixo brasileiro

| Item | Destino | Quantidade (t/dia) | Porcentagem (%) |
|---|---|---|---|
| 1 | Lixão | 48.322 | 21,0 |
| 2 | Aterro controlado | 84.576 | 37,0 |
| 3 | Aterro sanitário | 82.640 | 36,0 |
| 4 | Estação de compostagem | 6.550 | 3,0 |
| 5 | Estação de triagem | 2.265 | 1,0 |
| 6 | Locais não fixos | 1.230 | 0,6 |
| 7 | Incineração | 1.032 | 0,5 |
| 8 | Depósitos em áreas alagadas | 233 | 0,1 |
| 9 | Outros | 1.566 | 0,8 |
| **Total** | | **228.414** | **100** |

Fonte: IBGE (2002b).

Os esforços de redução, reutilização, reciclagem e incineração podem reduzir as quantidades de resíduos, mas permanecem sempre materiais residuais destes processos que necessitam de um destino final adequado (MARTINHO; GONÇALVES, 2000, p. 189).

### 2.5.5 *Legislação ambiental*

De acordo com o Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (2000, p. 317), a legislação ambiental brasileira sofreu considerável avanço nos últimos anos. Hoje, existe, no cenário nacional, um amplo aparato normativo que demonstra a tutela jurídica do meio ambiente em nosso País.

O aspecto institucional circunscreve-se, de certa forma, à atuação integrada do Sistema Nacional do Meio Ambiente – SISNAMA, criado com a Lei n. 6.938/81, que representa um conjunto articulado de órgãos, entidades, regras e práticas da União, do Distrito

Federal, dos estados e dos municípios, responsáveis pela proteção da qualidade ambiental (BRASIL, 1981).

A questão central é posicionar os municípios em relação à legislação ambiental vigente e quanto à sua participação no SISNAMA. A grande maioria dos prefeitos e vereadores brasileiros ignora o fato de todo município ser um integrante do SISNAMA. Desconhece, também, as atribuições e possibilidades que resultam dessa participação formal.

A Constituição Federal (BRASIL, 2006), em seu artigo 23, incisos III, IV, VI e VII, confere aos municípios e competência para a proteção ambiental, em comum com a União e os estados (ANEXO A).

Segundo Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (2000), apesar da competência outorgada, os municípios têm permanecido mais no âmbito da execução da legislação em vigor e não no de criar leis sobre o assunto, conforme facultado pelo artigo 30, inciso II da Constituição, que reconhece aos municípios a competência para suplementar a legislação federal e a estadual em matéria ambiental.

Os municípios têm competência para organizar e prestar os serviços públicos de interesse local, ai inserindo-se as tarefas de limpeza pública: coleta, transporte, tratamento e disposição de lixo municipal.

#### 2.5.5.1 Organograma do Sistema Nacional do Meio Ambiente – SISNAMA

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente, o Sistema Nacional do Meio Ambiente - SISNAMA, foi instituído pela Lei 6.938, de 31 de agosto de 1981 (BRASIL, 1981), regulamentada pelo Decreto 99.274, de 06 de junho de 1990 (BRASIL, 1990), sendo constituído pelos órgãos e entidades da União, dos Estados, do Distrito Federal, dos Municípios e pelas Fundações instituídas pelo Poder Público, responsáveis pela proteção e melhoria da qualidade ambiental, e tem a seguinte estrutura:

- **Órgão Superior:** O Conselho de Governo – a sua função é auxiliar o Presidente da República na formulação da política nacional do meio ambiente.
- **Órgão Consultivo e Deliberativo:** o Conselho Nacional do Meio Ambiente –

a sua finalidade é estudar e propor diretrizes e políticas governamentais para o meio ambiente e deliberar, no âmbito de sua competência, sobre normas, padrões e critérios de controle ambiental. O CONAMA assim procede por intermédio de suas resoluções. **Órgão Central:** O Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal – encarregado de planejar, coordenar e supervisionar as ações relativas à política nacional do meio ambiente. Como órgão federal, implementa os acordos internacionais na área ambiental.

- **Órgão Executor:** Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA – entidade autárquica, dotada de personalidade jurídica de direito público e autonomia administrativa. É a encarregada da execução da política nacional para o meio ambiente e sua fiscalização.
- **Órgãos Seccionais:** são as entidades estaduais responsáveis pela execução de programas e projetos de controle e fiscalização das atividades potencialmente poluidoras. No caso específico do Estado de Goiás são: Secretaria Estadual de Meio Ambiente e entidade supervisionada, como a Agência Goiâna do Meio Ambiente – AGMA/GO.
- **Órgãos Locais:** os órgãos ou entidades municipais voltados para o meio ambiente responsáveis por avaliar e estabelecer normas, critérios e padrões relativos ao controle e à manutenção da qualidade do meio ambiente com vistas ao uso racional de seus recursos, supletivamente ao Estado e à União.

A atuação do SISNAMA se dará mediante articulação coordenada dos Órgãos e entidades que o constituem, observado o acesso da opinião pública às informações relativas às agressões ao meio ambiente e às ações de proteção ambiental, na forma estabelecida pelo CONAMA.

Cabe aos Estados, ao Distrito Federal e aos Municípios a regionalização das medidas emanadas do SISNAMA, elaborando normas e padrões supletivos e complementares.

Os Órgãos Seccionais prestarão informações sobre os seus planos de ação e programas em execução, consubstanciadas em relatórios anuais, que serão consolidados pelo Ministério do Meio Ambiente, em um relatório anual sobre a situação do meio ambiente no País, a ser

publicado e submetido à consideração do CONAMA, em sua segunda reunião do ano subseqüente.

#### 2.5.5.2 Instrumentos legais de planejamento

De acordo com a Constituição Federal (BRASIL, 1988), os instrumentos legais de planejamento exigem a edição de quatro leis que, articuladas, compõem a base do sistema de planejamento municipal: Plano Diretor; Plano Plurianual; Diretrizes orçamentárias e Orçamentos anuais: legais, os de gerenciamento e os executivos.

Serão discutidos, a seguir, os instrumentos normativos que podem condicionar a implantação do sistema de gestão municipal de RSU, de forma a fomentar a inserção deste projeto no conjunto das ações de planejamento municipal.

a) **Plano diretor:** instrumento legal básico da política de desenvolvimento;
b) **Lei de uso e ocupação do solo:** é o instrumento legal específico de cada município e obrigatório para o controle do uso, da densidade populacional, da localização, da finalidade, da dimensão e do volume das construções, com o fim de atender à função social da propriedade e da cidade. É conhecida também como lei de zoneamento;
c) **Lei de parcelamento do solo urbano:** é um instrumento legal capaz de ordenar a divisão do solo para fins urbanos, definindo tamanho do lote e percentual de áreas públicas;
d) **Lei orçamentária:** é o instrumento legal que estima a receita e fixa as despesas anuais do município;
e) **Código tributário:** é o instrumento legal por meio do qual pode-se prever incentivos tributários (isenção e remissão) para o contribuinte que preserva, protege e conserva o meio ambiente.
f) **Código de obras:** é o instrumento de limitação administrativa que disciplina as edificações, com o fim de preservar suas condições de higiene, saúde e segurança.
g) **Código de posturas:** é o instrumento legal que visa regular a utilização de espaços públicos ou de uso coletivos.

### 2.5.5.3 Normas, resoluções e atributos restritivos para a disposição de RSU

A implantação de projeto de tratamento e disposição de RSU em municípios, no Estado de Goiás, deve atender as exigências dos órgãos: Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Agência Goiâna do Meio Ambiente.

Segundo a Agência Goiâna do Meio Ambiente (2007) as resoluções a serem seguidas pelos Projetos são as seguintes:

- para municípios com população urbana superior a 30.000 habitantes, apresentar Projetos Básicos, Executivos e EIA/RIMA elaborado em conformidade com a Resolução CONAMA nº 001/86, Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 1986a);
- para municípios com população urbana até 30.000 habitantes, apresentar os Projetos Básicos, Executivos e Relatório Ambiental, nos termos da Resolução CONAMA nº 308, de 21 de março de 2002, Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 2001).

Na elaboração do EIA/RIMA, RA e dos Projetos Básicos e Executivos, devem ser também observadas as diretrizes constantes nas Normas Brasileiras Registradas - "NBRs" e demais legislações e normas pertinentes.

Visará sempre ao atendimento das diretrizes e os padrões estabelecidos segundo regulamentação da Lei nº 8.544, de 17 de outubro de 1978, Resolução CONAMA nº 005, de 15 de junho de 1989, Resolução CONAMA nº 308, de 21 de março de 2002, Resolução CONAMA nº 237, de 19 de dezembro de 1997, em seu Anexo "I" e Resolução CONAMA nº 001/86 Art. 2º, inciso "X" e da Lei n° 14.248, de 29 de julho de 2002, que dispõe sobre a Política Estadual de Resíduos Sólidos e dá outras providências. Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 1986a, 1989, 1997, 2002; GOIÁS, 1978, 2002).

No **ANEXO F, do Manual de Instruções para Licenciamento Ambiental da Agência Goiâna do Meio Ambiente, 2003,** estabelece os quinze critérios para a seleção da área de RSU:

1. distância de até cinco quilômetros, medido a partir do perímetro urbano, podendo ter distância superior avaliando-se os custos operacionais, desde que não ultrapasse os 20 km;
2. facilidade de acesso;
3. profundidade do lençol freático superior a dez metros;
4. verificar disponibilidade para ampliações futuras da área;
5. tendências de expansão urbana para a região (crescimento da cidade);
6. ventos dominantes na região (com direção oposta ao aglomerado urbano);

7. resistência do solo e que não seja susceptível a erosões (tipo de solo);
8. topografia do terreno, declividade inferior a 10%;
9. distância de coleções hídricas, nascentes e veredas, superior a quatrocentos metros;
10. relação com a vizinhança – distancia superior a mil metros;
11. características hidrogeológicas da área (formador de bacia hidrográfica, tipo de vegetação etc.);
12. observar se existe afloramento de rocha na região, em especial na área;
13. zoneamento urbano (seja compatível com o plano diretor do município);
14. características ambientais, (proximidade com APAS, PARQUES etc.);
15. bacia e sub-bacia hidrográfica, onde está localizada a área, (deve estar fora da bacia de captação de água para abastecimento público).

- **Restrições ambientais**

Lei Municipal - Lei nº 8.544, de 17 de outubro de 1978 - Dispõe sobre o controle da poluição do meio ambiente (GOIÁS, 1978). A Assembléia Legislativa do Estado de Goiás decreta e eu sanciono a seguinte lei:

Art. 1º - Fica instituído o sistema de prevenção e controle da poluição do meio ambiente, na forma prevista nesta lei.

- **Tipos de licença ambiental**

O projeto para ser liberado deve seguir as seguintes etapas de licenciamento:

**a) Licença prévia:**

- requerimento modelo – Licença prévia;
- estudo prévio da área;
- "croquis" de localização da área;
- publicações da resolução CONAMA nº 006/86 (BRASIL, 1986c);
- apresentar comprovante de quitação do DAR. (Valor calculado pelas formulas definidas no capítulo "V" da Lei nº 8.544, de 17 de outubro de 1978) (GOIÁS, 1978);
- realização de audiência pública, nos procedimentos em que sejam obrigatórios EIA/RIMA;
- firmatura do termo de compensação ambiental, prevista no artigo 36 da Lei Federal n° 9.985, de 18 de julho de 2000 e Decreto n° 4.340, de 22 de agosto de 2002, quando o empreendimento exigir a elaboração de EIA/RIMA (BRASIL, 2000a, 2002a).

**b) Licença de instalação:**

- requerimento modelo Licença de instalação;

- cópia da certidão do registro do imóvel da área de implantação do projeto;
- publicações da Resolução CONAMA nº 006/86 (BRASIL, 1986c);
- apresentar comprovante de quitação do DAR. (Valor calculado pelas formulas definidas no capítulo "V" da Lei nº 8.544, de 17 de outubro de 1978) (GOIÁS, 1978);
- apresentar os projetos ambientais básicos e executivos.

**c) Licença de funcionamento:**

- deve estar com todo projeto implantado;
- requerimento modelo – Licença de funcionamento;
- cumprimento das exigências constante da Licença de instalação;
- publicações da Resolução CONAMA nº 006/86 (BRASIL, 1986c);
- apresentar comprovante de quitação do DAR. (Valor calculado pelas formulas definidas no capítulo "V" da Lei nº 8.544, de 17 outubro de 1978) (GOIÁS, 1978).

## 2.6 Diagnóstico da disposição de RSU

De acordo com o Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (2000), para a definição do procedimento mais adequado para a disposição dos RSU, deve-se partir de um diagnóstico dos RSU do município, considerando-se aspectos como tipo, origem e quantidade dos RSU produzido, tratamentos existentes e características dos locais onde esses RSU são dispostos.

Ainda segundo o Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (2000), a avaliação do local de disposição de RSU do município visa conhecer as condições favoráveis e desfavoráveis existentes e priorizar as medidas eventualmente necessárias. Essas deficiências nos aterros de RSU podem ser de ordem sanitária, ambiental e/ ou operacional.

As deficiências de ordem sanitária frequentemente encontradas são: fogo, fumaça, odor, vetores de doença, tanto os macrovetores (cachorros, gatos, ratos, urubus, pombos, e outros) como microvetores (moscas, mosquitos, bactérias, fungos e outros).

Quanto às de ordem ambiental, os aspectos geralmente presentes são: poluição do ar, poluição das águas superficiais e subterrâneas, poluição do solo e prejuízo à estética e paisagem local.

Da mesma forma, quanto às deficiências operacionais, podem ocorrer: vias de acesso intransitáveis durante as épocas de chuvas, falta de controle da área (ausência de cercas e de vigilância, presença de catadores), descontrole dos resíduos recebidos (não-adoção de procedimento para inspeção, pesagem etc.), ausência de critérios para disposição dos RSU no solo (frente de trabalho maior que o recomendável, manejo impróprio dos RSU).

### 2.6.1 *Geração dos RSU*

A compreensão da problemática dos RSU e a busca de sua resolução pressupõem mais do que a adoção de tecnologias. Uma ação na origem do problema exige reflexão não sobre os RSU em si, no aspecto material, mas quanto ao seu significado simbólico, seu papel e sua contextualização cultural, e também sobre as relações históricas estabelecidas pela sociedade com os seus rejeitos.

As mudanças ainda são lentas na diminuição do potencial poluidor, sendo, portanto, necessário investimentos de controle ambiental e custos de despoluição em depósitos irregulares de RSU.

Os custos dos municípios em proteção ambiental, incluindo redução da poluição, gestão de resíduos, monitoramento e conformidade, têm aumentado rapidamente nos últimos 20 anos com crescente e mais exigente regulamentação ambiental (KRAEMER, 2005).

A década de 70 foi a década da água, a de 80 foi a década do ar e a de 90, dos RSU, conforme Cavalcanti (1998). Isso não foi só no Brasil. Nos Estados Unidos também se iniciou a abordagem relativa a RSU somente no limiar da década de 80, quando foi instaurado o *Superfund* que era uma legislação específica que visava recuperar os grandes lixões de RSU que havia e ainda há espalhados nos EUA. E essa abordagem propiciou a Agência de Proteção Ambiental – EPA a fazer toda uma legislação sobre RSU, que constava no *Federal Register* nº 40.

Segundo a empresa AES Eletropaulo, a geração de RSU é inerente à existência do ser humano. A sua destinação é motivo de preocupação desde tempos imemoriais, mas agravou-se com o surgimento dos grandes centros urbanos e da produção dos bens de consumo. Todo o tipo de material desnecessário, não aproveitável ou indesejado, originado no processo produtivo e de consumo de produtos, deve ser disposto de modo ambientalmente adequado, de forma a não causar, com o tempo, poluição do solo, da água e do ar.

No mundo a média mundial de geração de RSU por habitante é de 1 kg por dia. Quanto mais rico é o país, mais RSU é gerado. No Brasil a geração média de RSU por habitante é de 0,5 kg a 1 kg por dia variando conforme a região. Na cidade de São Paulo a média de geração de RSU por habitante é de 1,5 kg por dia.

Segundo a Associação Guardiã da Água (2004), um estudo da consultoria Proema Engenharia e Serviços mostra que a renda tem relação direta com a geração de RSU domiciliar. A constatação foi feita ao estudar os RSU gerados por diversas classes de renda no período de 1996 a 2004 na cidade de São Paulo.

"A geração de RSU é um indicador de renda. Cidades como Nova York e Tóquio geram mais lixo que São Paulo e Buenos Aires, as quais geram mais RSU que Bangladesh", afirma Christopher Wells, gerente de Risco Sócio-Ambiental do Banco Real. O que pode mascarar a relação entre os RSU gerados e o desempenho econômico são:

- a ampliação de coleta regular de RSU em algumas cidades;
- a expansão de programas de reciclagem nos bairros e o volume coletado informalmente pelos catadores.

Embora a coleta seletiva ainda tenha pouca participação no total de RSU coletados pelas cidades, hoje representa no máximo 5%, ela serve para diminuir o volume de RSU coletados regularmente pelas prefeituras.

Ainda segundo a Associação Guardiã da Água (2004), "o fato de uma cidade coletar mais RSU recicláveis não significa necessariamente que a geração de RSU aumentou. Pode ser

que a cidade aprimorou seu sistema de coleta", afirma Luciana Ziglio, consultora da área ambiental.

Curitiba, primeira cidade brasileira a implementar o sistema de coleta seletiva e que tem o maior índice de aproveitamento dos RSU recicláveis no país, é exemplo disso. "As pessoas estão descartando menos porque estão reciclando mais", afirma Gisele Martins dos Anjos, gerente de Limpeza da Prefeitura de Curitiba (informação verbal). Marcelo da Silva Hoffmann, engenheiro e diretor da Divisão de Destino Final do Departamento Municipal de Limpeza Urbana de Porto Alegre (informação verbal), informa que a diminuição na coleta se deve à mudança de hábito do consumidor, ao aumento do recolhimento informal de lixo, a alterações no tipo de embalagens usadas pelas indústrias e aos projetos de educação ambiental, como o de compostagem caseira.

De acordo com Hungria (2003), o paulistano terá de declarar à Prefeitura o quanto produz de RSU em sua residência. Abaixo algumas sugestões de como fazer essa medição:

- O cidadão deve, durante a semana, avaliar quantos sacos de RSU cheios produz e chegar a uma média diária. A sacola de supermercado, geralmente usada como lixeira, tem capacidade para 5 litros.
- Não esquecer de somar os RSU do banheiro aos da cozinha
- Só se deve excluir os objetos que são recicláveis, como latas e garrafas, se eles forem mesmo encaminhados para o centro de coleta seletiva.
- A Prefeitura promete fazer verificações periódicas por amostragem da produção de RSU declarados.

A estimativa da quantidade de RSU gerados, segundo Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (2000), tem como objetivo prognosticar a quantidade de RSU gerados no município, com os seguintes aspectos a considerar:

- Estimativas:

a) Geração atual: A x B x Co (kg/dia);
b) Geração futura:[A x ((1+D)elevado a n)] x [B x ((1+E)elevado a n)] x [C1] (kg/dia).

Sendo:

A – população atual (habitantes);

B – geração *per capita* de lixo (kg/habitante.dia),obtida de processo de amostragem;

Co – nível de atendimento atual dos serviços de coleta de RSU (%);

D – taxa de crescimento populacional (%);

E – taxa de incremento de geração *per capita* de RSU (%);

C1 – nível de atendimento dos serviços de coleta de lixo após n anos (%);

n – intervalo de tempo considerado (anos).

### 2.6.2 *Transporte dos RSU*

Segundo Mano, Pacheco e Bonelli (2005, p. 100), o problema do acúmulo de RSU surgiu quando o homem se fixou em um determinado local. A preocupação com a eliminação dos RSU produzidos implicou sua destinação para locais afastados das aglomerações humanas.

No Brasil, somente em 1928 organizou-se o primeiro serviço municipal de limpeza pública, na cidade do Rio de Janeiro, que era então a capital do país. Antes, o serviço era feito pelos negros escravos, que transportavam em barricas resíduos domésticos e dejetos para serem lançados na Baia de Guanabara.

Novaes (1994), relata que o planejamento do transporte dos RSU se faz inicialmente rota por rota. É necessário determinar as condições de operação e os custos para a situação, de forma a se ter uma referência básica de comparação ao analisar posteriormente outras alternativas. Comenta, ainda, que é necessário conhecer os seguintes elementos para o planejamento do transporte: fluxos nas diversas ligações da rede; nível de serviço atual; nível de serviço desejado; características ou parâmetros sobre a carga; e tipos de equipamentos disponíveis e suas características (capacidade, fabricante etc.). E no que se refere às características ou parâmetros de carga, os principais elementos a considerar são: peso e volume; densidade média; dimensões da carga; dimensões do veículo; nível de periculosidade; estado físico e compatibilidade das cargas (por exemplo, a coleta do lixo de serviços de saúde deve ser separada dos RSU domiciliares).

Ainda, de acordo com Novaes (1994), para o planejamento do serviço de coleta e transporte, é importante também se definir os custos. Estes podem ser divididos em diretos

e indiretos. Os custos diretos abrangem: depreciação da frota; remuneração do capital; salário e gratificações de motoristas e ajudantes; cobertura de risco; combustível; lubrificação; pneus e licenciamento. Os custos indiretos são as despesas que não se relacionam diretamente com produção/operação, como a contabilidade da empresa, a administração de pessoal e geral. Cerca de 85% do custo operacional do transporte rodoviário de carga correspondem aos custos diretos; os custos indiretos respondem pelos restantes 15%.

As dificuldades de um gerenciamento eficiente deste sistema podem levar a custos elevados. O município de São Paulo, em agosto de 1996, por exemplo, gastou 35,56 milhões de dólares para o gerenciamento deste sistema (CALDERONI, 1998).

Finalmente, as questões ambientais devem ser consideradas para o planejamento do sistema de coleta dos RSU, já que a tendência mundial é procurar estimular programas e procedimentos que visem atender a metas, como desenvolvimento econômico, uso adequado dos recursos, melhoria social e bem-estar das comunidades.

Segundo Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (2000), em geral, os serviços de limpeza absorvem de 7 a 15% dos recursos de um orçamento municipal, dos quais cerca de 50 a 70% são destinados a coleta e ao transporte do lixo.

Um bom gerenciamento desses serviços, que estão entre os de maior visibilidade, apresenta boa aceitação da administração municipal por parte da população. Adicionalmente, a sua otimização leva a uma economia significativa dos recursos públicos.

Os RSU precisam ser transportados mecanicamente, do ponto de vista de geração ao destino final. Caracterizam-se pelo envolvimento dos cidadãos, que devem acondicioná-los adequadamente e apresentá-los em dias, locais e horários pré-estabelecidos.

Para que este envolvimento ocorra de forma satisfatória, o poder público deve garantir:

- a universalidade do serviço prestado, ou seja, todo cidadão deve ser servido pela coleta de lixo domiciliar;
- a regularidade da coleta, isto é, os veículos coletores devem passar

regularmente nos mesmos locais, dia e horários.

### 2.6.3 *Caracterização dos RSU*

Segundo Mano, Pacheco e Bonelli (2005, p. 100), a crise energética mundial, ocorrida em 1973, teve diversas conseqüências para a sociedade; alertou para a necessidade de economia de energia; incentivou o aproveitamento de fontes renováveis; mostrou a importância da reciclagem de resíduos de processamento e sucatas.

O lixo sólido urbano (ou lixo municipal, ou resíduos sólidos urbanos, RSU, ou resíduos pós-consumidos) apresenta uma grande variedade de componentes. O número de habitantes, o nível educacional, o poder aquisitivo, as condições climáticas, os hábitos e os costumes da população são fatores que influenciam diretamente na composição dos RSU municipal. Esses materiais variam em natureza e proporção, conforme o local e a época do descarte, a natureza do refugo, o teor de umidade etc. É importante saber se o material já foi beneficiado por coleta seletiva ou semi-seletiva, que remove dos RSU os produtos de maior importância econômica, como as garrafas de refrigerantes de PET [poli(tereftalato de etileno)].

Segundo Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (2000) ao se considerar a caracterização dos RSU domiciliares de um município, é importante lembrar que as suas características variam ao longo de seu percurso pelas unidades de gerenciamento dos RSU, desde a geração até o destino final, bem como ao longo do tempo.

Na fase inicial da caracterização, deve-se estudar as condições da zona urbana, visando identificar a metodologia adequada a ser aplicada. Além disso, deve ser muito bem definido o objetivo da caracterização, pois para cada necessidade, variam as análises a realizar e, consequentemente, a metodologia de amostragem.

Materiais utilizados para coleta e preparação de amostras:

- Materiais de segurança (capacetes, óculos, luvas, botas, máscaras), para proteção dos trabalhadores;
- Lonas, para confinamento (superior e inferior) dos resíduos, impedindo perdas

de material e contaminação das amostras;

- Enxadas, garfos, gadanhos e facões, empregados para rompimento dos receptáculos, para separar e revolver os materiais, e formar montes;
- Mesas de madeira, servindo de base para o retalhamento e picagem fina dos resíduos;
- Facões, machadinhas, tesouras e espátulas, para retalhar e picar finamente os resíduos;
- Sacos plásticos, para acondicionar e transportar as amostras;
- Balanças, com capacidade de 20 a 200kg;
- Tambores e pás, para coleta de amostras.

A fase de levantamento preliminar de dados é importante para a definição do número total de amostras, onde e como coletá-las. Inicialmente, são pesquisados dados referentes ao sistema de limpeza pública, tais como número de setores de coleta, freqüência de coleta, características dos veículos coletores (tipo, número, capacidade etc.), distância aos locais de tratamento e disposição final e quantidade de resíduos gerada.

Quando torna-se onerosa a amostragem em todos os setores de coleta existentes, o que se faz é agrupá-los, utilizando-se fatores como características das edificações, densidade populacional, poder aquisitivo, costumes da população e tipo de acondicionamento dos resíduos, amparada por verificações *in loco*. Como o universo de amostragem é todo o resíduo gerado no município, (esse procedimento descrito acaba por restringir o espaço amostral original). Esta deficiência deve ser corrigida, com a adoção de controle estatístico, para garantir a representatividade da amostra.

Os aspectos de sazonalidade e climáticos, influências regionais e temporais (como flutuações na economia) também devem ser considerados, pois interferem na composição física dos resíduos e, portanto, na representatividade da amostra. É aconselhável que as análises sejam executadas sistematicamente. A CETESB (2005), em seus diagnósticos, admite que essa geração depende da população do município, conforme tabela 2.5.

Tabela 2.5 – Índices de produção *"per capita"*e de resíduos sólidos domiciliares em função da população urbana.

| **População (habitante)** | **Produção (kg/habitante/dia)** |
|---|---|
| até 100.000 | 0,4 |
| de 100.001 a 200.000 | 0,5 |
| de 200.001 a 500.000 | 0,6 |
| maior que 500.001 | 0,7 |

Fonte: CETESB (2005).

Para os municípios onde são efetuadas pesagens periódicas das quantidades de resíduo gerado, poderão ocorrer índices diferentes dos acima indicados. Estas diferenças podem ser, decorrentes de vários fatores, tais como, tipo de atividade produtiva predominante no município, nível sócio-econômico, sazonalidade, nível de interesse e participação da população relacionado com a existência de programas de coleta seletiva e de ações governamentais que objetivem a conscientização da população, quanto à redução da geração de resíduos. Além disso, os índices utilizados para apurar a quantidade de resíduos gerada consideram, apenas, os resíduos de origem domiciliar, ou seja, aqueles gerados nas residências e no pequeno comércio e em empreendimentos de pequeno porte, destinado à prestação de serviço (CETESB, 2005).

Finalmente, o objetivo da análise é o fator que determina o ponto do processo em que a amostra deverá ser tomada. Assim, por exemplo, caso a amostragem seja para dimensionamento de frota, deverá ser executada como o lixo se apresenta para a coleta, em suas condições naturais. Caso a amostragem vise a obtenção do parâmetro físico "poder calorífico", a amostra poderá ser coletada após a chegada dos caminhões ao aterro sanitário (INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DE SÃO PAULO, 2000).

Levantamento preliminar de dados: essa fase do trabalho é importante para a definição do número total de amostras, onde e como coletá-los.

Inicialmente, são pesquisados dados referentes ao sistema de limpeza pública, tais como número de setores de coleta, freqüência de coleta, características dos veículos coletores (tipo, número, capacidade etc.), distância dos locais de tratamento e disposição final e

quantidade de resíduos gerado.

Quando torna-se onerosa a amostragem em todos os setores de coleta existentes, o que se faz é agrupá-los (utilizando-se fatores como características das edificações, densidade populacional, poder aquisitivo, costumes da população e tipo de acondicionamento dos resíduos), amparada por verificações *in loco.* Como o universo de amostragem é todo o resíduo gerado no município, o procedimento descrito no parágrafo anterior acaba por restringir o espaço amostral original. Esta deficiência deve ser corrigida, com a adoção de controle estatístico, para garantir a representatividade da amostra.

Tabela 2.6 - Variação em % na composição dos RSU em São Paulo.

| **Tipo de material** | **Ano** | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **1927** | **1947** | **1965** | **1969** | **1972** | **1989** | **1990** | **1993** | **1998** |
| Papel e papelão | 13,4 | 16,7 | 16,8 | 29,2 | 25,9 | 17,0 | 29,6 | 14,4 | 18,8 |
| Trapo e couro | 1,5 | 2,7 | 3,1 | 3,8 | 4,3 | - | 3,0 | 4,5 | 3,0 |
| Plástico | - | - | - | 1,9 | 4,3 | 7,5 | 9,0 | 12,1 | 22,9 |
| Vidro | 0,9 | 1,4 | 1,5 | 2,6 | 2,1 | 1,5 | 4,2 | 1,1 | 1,5 |
| Metal e lata | 1,7 | 2,2 | 2,2 | 7,8 | 4,2 | 3,3 | 4,3 | 3,2 | 3,0 |
| Matéria orgânica | 82,5 | 76,0 | 76,0 | 52,2 | 47,6 | 55,0 | 47,4 | 64,4 | 69,5 |

Fonte: São Paulo (1992).

Tabela 2.7 - Variação em % na composição dos RSU da cidade de Rio de Janeiro.

| **Tipo de material** | **Ano** | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **1995** | **1996** | **1997** | **1998** | **1999** | **2000** | **2001** | **2002** | **2003** |
| Papel | 24,0 | 22,0 | 21,0 | 22,0 | 22,0 | 20,0 | 19,0 | 19,0 | 16,0 |
| Plástico | 15,0 | 15,0 | 16,0 | 17,0 | 20,0 | 18,0 | 20,0 | 18,0 | 19,0 |
| Vidro | 3,0 | 4,0 | 3,0 | 4,0 | 3,5 | 3,0 | 4,0 | 3,0 | 3,0 |
| Metal | 3,5 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 2,0 | 3,0 | 2,0 | 2,0 | 2,0 |
| Matéria orgânica | 46,0 | 49,0 | 49,0 | 49,0 | 50,0 | 51,0 | 52,0 | 56,0 | 53,0 |
| Outros* | 8,5 | 7,0 | 8,0 | 5,0 | 2,5 | 5,0 | 3,0 | 2,0 | 7,0 |

*Folha seca, madeira, borracha, trapo, couro, casca de coco etc.

Fonte: Rio de Janeiro (2004a, 2004b).

Essa diferença de composição pode ser observada nas Tabelas 2.6 e 2.7. É aconselhável que as análises sejam executadas sistematicamente.

O objetivo da amostragem é a obtenção de uma amostra representativa, ou seja, a coleta de uma parcela do resíduo a ser estudado que, quando analisada, apresente as mesmas características e propriedade de sua massa total.

A CETESB (1990) recomenda dois procedimentos de amostragem, de acordo com as análises a serem efetuadas. Em tais procedimentos, utiliza-se o quarteamento, que consiste em um processo de mistura pelo qual uma amostra bruta é dividida em quatro partes iguais (os quartis), sendo tomados dois quartis opostos entre si para consistir uma nova amostra, descartando-se os dois restantes. As partes não-descartáveis são novamente misturadas e o processo de quarteamento é repetido até que se obtenha o volume final desejado, tomando-se o cuidado de selecionar quartis em posição oposta aos tomados anteriormente.

**Procedimentos para coleta de amostras para análise da composição física**

a) Descarregar o caminhão ou caminhões no local previamente escolhido (pátio pavimentado ou coberto por lona);
b) Coletar quatro amostras de 100 litros cada (utilizar tambores), três na base e laterais e uma no topo da pilha resultante da descarga. Antes da coleta, procede-se ao rompimento dos receptáculos (sacos plásticos, em geral) e homogeneiza-se o máximo possível os resíduos nas partes a serem amostradas. Ainda, considerar os materiais rolados (latas, vidros etc.). Caso a quantidade inicial de lixo seja pequena (menos que 1,5 ton), recomenda-se que todo o material seja utilizado como amostra;
c) Pesar os resíduos coletados;
d) Dispor os resíduos coletados sobre uma lona. Este material constitui a amostra, a ser utilizada para as análises da composição física dos resíduos.

**Determinações**

Neste item são descritas somente as metodologias de simples aplicação, facilmente

executadas por técnicos das próprias prefeituras interessadas, quando da caracterização do seu lixo. Os demais parâmetros, tais como a determinação do poder calorífico e a determinação de elementos químicos específicos, devem ser analisados em laboratórios especializados e, portanto, não serão aqui discutidos. Tal como também o teor de umidade, de material seco e a densidade aparente.

**Composição física do lixo**

A composição física do lixo pode ser obtida pela análise da amostra, mediante triagem, separando-se os materiais nas classes indicadas na Tabela 2.8.

Tabela 2.8 – Planilha para determinação da composição física do lixo municipal de Rio Quente.

| Componente | Peso (Kg) | Porcentagem (%) |
|---|---|---|
| Borracha | | |
| Couro | | |
| Madeira | | |
| Matéria orgânica | | |
| Metais ferrosos | | |
| Metais não-ferrosos | | |
| Papel | | |
| Papelão | | |
| Plástico duro | | |
| Plástico – filme | | |
| Trapos | | |
| Vidro | | |
| Outros materiais | | |

Fonte: Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (2000).

Após a separação, pesa-se cada classe obtida e calculam-se as porcentagens individuais. Por exemplo:

Papel (%) = peso da fração papel (kg) / peso total da amostra (kg) x 100

Com os dados coletados, pode-se ainda estimar os porcentuais de materiais putrescíveis recicláveis e combustíveis presentes no lixo municipal, bastando para isso somar-se as porcentagens individuais dos vários componentes, de acordo com as informações contidas na Tabela 2.9.

Tabela 2.9 – Componentes putrescíveis, recicláveis e combustíveis do lixo municipal.

| Componente | 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 | |
| Outros materiais | | | |

Fonte: Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (2000).

### 2.6.4 *Caracterização geológico-geotécnica*

Segundo Tressoldi e Consoni (2002), a proteção do meio ambiente, contra as conseqüências adversas da disposição dos RSU, é um importante problema da atualidade e envolve duas questões fundamentais relacionadas à Geologia de Engenharia. A primeira é a análise da migração de contaminantes, a partir dos locais onde os resíduos são dispostos. A segunda é a garantia de estabilidade dos locais usados para disposição de resíduos.

Os requisitos para a proteção do meio ambiente envolvem muitas atividades técnicas e metodológicas da área da Geologia de Engenharia, incluindo dentre elas a identificação e caracterização dos condicionantes geológicos, hidrogeológicos e geomorfológicos e a escolha do local de disposição e execução das investigações geológicas e hidrogeológicas.

Os principais condicionantes geológicos de importância na disposição de RSU estão resumidos a seguir: zonas de alto risco sísmico; zonas de falhamentos regionais; zonas cársticas e de subsidência; estratigrafia, tipos litológicos, heterogeneidades e anisotropias

do maciço rochoso; estruturas geológicas, como planos de acamamento, fraturas, falhas e dobras; características do manto de alteração e dos solos superficiais, como capacidade de troca de cátions, conteúdo de matéria orgânica, composição geoquímica, principalmente a presença de óxidos-hidróxidos, fosfatos e carbonatos, espessura, granulometria e estruturas.

No grupo das rochas sedimentares, os arenitos e conglomerados, desprovidos de matriz argilosa e de cimentação, apresentam elevadas condutividades hidráulicas e, portanto, favorecem a migração de contaminantes, enquanto os siltitos e argilitos apresentam baixas condutividades hidráulicas e elevada capacidade de sorção dos contaminantes nas partículas argilosas, dificultando a sua migração. Nas rochas sedimentares, a percolação e a contaminação ocorrem, predominantemente, ao longo de contatos entre as diferentes camadas e ao longo de planos de acamamento, com comportamento anisotrópico. Podem estar condicionadas também pela presença de descontinuidade como falhas e juntas, sendo que, muitas vezes, estas últimas se formam ao longo das superfícies de contato e acamamento. As rochas calcárias apresentam estruturas de dissolução e vazios altamente favoráveis à percolação das águas subterrâneas e transporte de contaminantes.

Em rochas ígneas e metamórficas, o transporte de contaminantes é governado pela presença de descontinuidades, como falhas, fraturas e aquelas associadas à xistosidade. Estas estruturas são os caminhos preferenciais de percolação anisotrópica, enquanto nenhuma percolação e transporte de contaminante é registrada na rocha. É, portanto, fundamental efetuar investigações detalhadas para delimitar porções desprovidas de estruturas geológicas e para localizar e caracterizar estas estruturas.

Dos condicionantes geomorfológicos, os mais importantes são: áreas sujeitas à inundação; áreas com declividades elevadas; áreas suscetíveis a escorregamentos, erosões e subsidências; áreas de relevos escarpados, com encostas íngremes, áreas sujeitas a deslizamentos, subsidências e erosões e áreas de planícies e terraços fluviais são desfavoráveis à retenção de contaminantes. As encostas suaves apresentam-se como as mais adequadas.

Segundo Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo, (1986) a erosão é o processo de

"desagregação e remoção de partículas do solo ou de fragmentos e partículas de rochas, pela ação combinada da gravidade com a água, vento, gelo e /ou organismos (plantas e animais)".

Em geral, distinguem-se duas formas de abordagem para os processos erosivos; erosão natural ou geológica, que se desenvolve em condições de equilíbrio com a formação do solo, e erosão acelerada ou antrópica, cuja intensidade, sendo superior à da formação do solo, não permite a sua recuperação natural. A erosão acelerada, provocada pela ação da água em conseqüência da ocupação humana, é que será tratada aqui.

O entendimento desses processos erosivos permite destacar dois importantes eventos iniciais, envolvendo, por um lado, o impacto das gotas de chuva na superfície do solo, promovendo a desagregação e liberação das suas partículas; e, por outro, o escoamento superficial das águas permitindo o transporte das partículas liberadas. Dependendo da forma em que se dá o escoamento superficial ao longo da vertente, podem-se desenvolver dois tipos de erosão: erosão laminar ou em lençol, quando causada por escoamento difuso das águas de chuva, resultando na remoção progressiva e relativamente uniforme dos horizontes superficiais do solo; e erosão linear, quando causada por concentração das linhas de fluxo das águas de escoamento superficial, resultando em pequenas incisões na superfície do terreno, em forma de sulcos, que podem evoluir por aprofundamento a ravinas (SALOMÃO; IAWASA, 1995).

A ocupação humana, iniciada pelo desmatamento e seguida pelo cultivo da terra, construção de estradas, criação e expansão das vilas e cidades, implantação de áreas de resíduos sólidos urbanos, quando efetuada de modo inadequado, constitui o fator decisivo da origem e aceleração dos processos erosivos. Deflagrados pela ocupação do solo, os processos erosivos passam a ser comandados pro diversos fatores naturais relacionados às características da chuva, do relevo, do solo, e da cobertura vegetal, ainda segundo Salomão e Iawasa (1995).

A cobertura vegetal é a defesa natural de um terreno contra a erosão. Entre os principais efeitos da cobertura vegetal, Bertoni e Lombardi Neto (1985) destacam os seguintes:

a) proteção contra o impacto direto das gotas de chuva;

b) dispersão e quebra da energia das águas de escoamento superficial;
c) aumento da infiltração pela produção de poros no solo por ação das raízes;
d) aumento da capacidade de retenção de água pela estruturação do solo por efeito da produção e incorporação de matéria orgânica.

A influência da topografia do terreno na intensidade erosiva verifica-se principalmente pela declividade e comprimento de rampa (comprimento da encosta). Estes fatores interferem diretamente na velocidade das enxurradas.

As perdas de solo por erosão laminar sob influência da declividade e comprimento de rampa foram determinadas por Bertoni (1959), a partir de experimentos realizados para os principais solos do Estado de São Paulo. Este autor determinou uma equação que permite calcular as perdas médias de solo para os vários graus de declive e comprimento de rampa:

$LS = 0{,}00984L^{0{,}63}\ S^{1{,}18}$, onde:

LS= fator topográfico;

L= comprimento de rampa em metros;

S= grau de declive, em porcentagem.

Os principais condicionantes hidrogeológicos de importância na disposição de RSU estão resumidos a seguir, segundo Assis e Oliveira (2001):

- Presença de aqüíferos regionais;
- Zonas de recarga de aqüíferos regionais;
- Cargas e gradientes hidráulicos, condutividades hidráulicas e transmissividades, porosidades totais e efetivas, armazenamentos específicos e coeficientes de armazenamento, velocidades e direções de fluxo regional e local das águas subterrâneas, coeficientes de dispersão e retardamento;
- Características da zona não-saturada, como as propriedades hidráulicas e geoquímicas;
- A posição do nível d'água e suas variações em relação à base da disposição;
- Qualidade e utilização das águas subterrâneas;
- Proximidade, qualidade e utilização das águas superficiais.

As áreas de recarga de aqüíferos confinados e os aqüíferos freáticos são os mais suscetíveis

à contaminação a partir de locais de disposição, pois estão desprovidos do isolamento, por camadas de menor condutividade hidráulica.

Quanto maior a espessura da zona não-saturada, menor a flutuação do nível d'água e menor a condutividade hidráulica, maiores serão, a distância percorrida, o tempo transcorrido e a sorção obtida até o contaminante atingir as águas subterrâneas, o que possibilita a retenção dos contaminantes próximo à fonte.

Os condicionantes geotécnicos são:

- Características granulométricas, porosidade, densidade e umidade;
- Características de resistência, colapsividade e deformabilidade;
- Localização e características de áreas de empréstimos.

A escolha de área para disposição exige que sejam cumpridos vários passos, buscando-se alcançar equilíbrio entre os aspectos sociais envolvidos, os impactos ao meio ambiente e o custo do empreendimento (INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DE SÃO PAULO, 1995).

Segundo Tressoldi e Consoni (1998), deve-se sempre ter em vista que uma área adequada significa menores gastos com preparo, operação e encerramento do empreendimento, mas fundamentalmente, significa menores riscos ao meio ambiente e à saúde pública. A seleção de áreas é um processo seqüencial de etapas que se complementam, conforme ilustrado na Figura 2.4. É importante que o processo seja conduzido desta forma, partindo-se de estudos gerais com a individualização das várias áreas homogêneas, das quais a de melhor potencial será priorizada para a identificação de locais a serem submetidas a estudos de detalhe, cujos custos são mais elevados. Atendendo a estes pressupostos, são discutidas, a seguir, as três etapas básicas dos processo, levantamento de dados gerais, pré-seleção (escala regional) e viabilização de locais (escala local).

Na etapa de levantamentos de dados gerais, coletam-se as informações nos acervos de órgãos de governo, municipais e estaduais, e de empresas, abrangendo os seguintes aspectos:

- dados populacionais: principalmente quanto à população fixa e flutuante e taxa

de crescimento;

- dados sobre o resíduo: determinação das contribuições dos diversos tipos de resíduos. São também coletadas informações sobre o sistema de gerenciamento destes materiais, compreendendo dados da coleta e transporte, dos processos de tratamento recebidos e da disposição final.

Como resultado, deve-se estimar a produção de resíduo gerado diariamente, atual e futura, parâmetro indicador da dimensão do local de disposição e, por conseguinte, determinante das características da área a ser viabilizada.

Na etapa de pré-seleção, dados do meio físico e dados socioeconômicos devem ser analisados em escala regional, para identificar a suscetibilidade à erosão, colapsividade, características de compactação como material de empréstimo;

- relevo: principais características das unidades geomorfológicas e demais processos da dinâmica externa atuantes na região;
- águas subterrâneas e superficiais: informações sobre os principais mananciais (locais e regionais) de interesse para o abastecimento público, qualidade natural, zonas de recarga, e áreas de inundação;
- clima: principalmente regime de chuvas (série histórica), direção predominante e intensidade dos ventos;
- aspectos de legislação específica: informações sobre as leis federais, estaduais e municipais e demais condicionantes da legislação ambiental, tais como: áreas com vegetação e espécies protegidas, APAs, APMs, parques, reservas e áreas tombadas, zoneamento urbano do município;

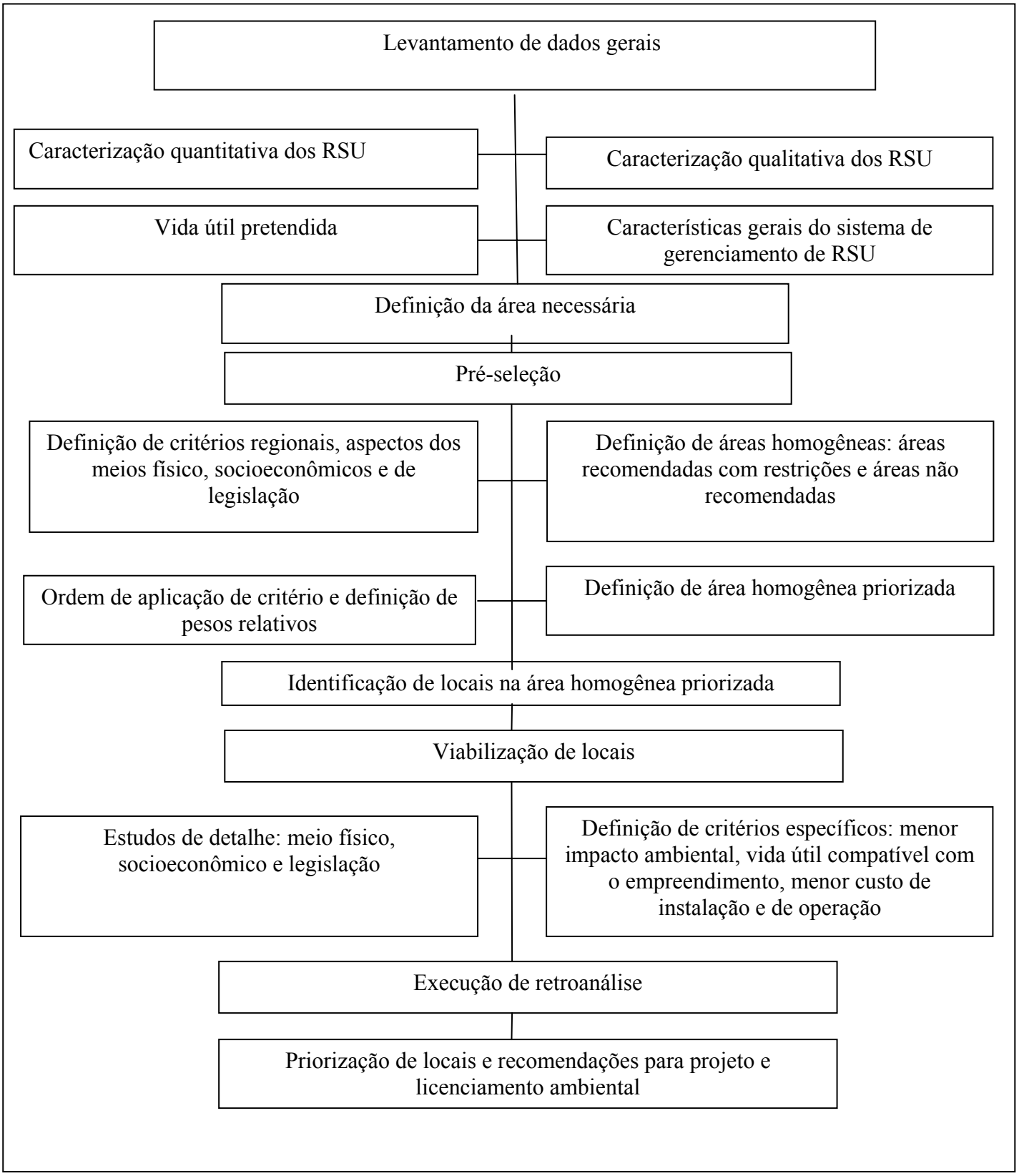


Figura 2.4 - Fluxograma de atividades visando a viabilização de áreas para disposição de resíduos.

Fonte: Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (1995).

- dados socioeconômicos: incluem vários aspectos como valor das terras, distância da área em relação aos centros geradores, infra-estrutura (malha viária, eletricidade etc.), uso e ocupação dos terrenos.

A ponderação dos fatores considerados e a análise espacial integrada permitem a identificação da zona homogênea mais apta, onde serão individualizados os locais-alvo à instalação do empreendimento. Não existe número máximo de locais a ser pré-selecionado, recomendado-se, no mínimo, três locais-alvo. Os critérios aplicados nesta individualização, entre outros, incluem: dimensões mínimas da área, distância mínima e máxima da zona urbana geradora dos resíduos, declividade adequada, espessura adequada dos solos, subsolo pouco permeável e com adequadas condições de fundação, distância mínima de habitações e cursos d'águas, disponibilidade de material de empréstimo, localização externa a áreas de restrição ambiental e situação geográfica adequada em relação à bacia/aqüífero importantes para o abastecimento público regional/local.

Na etapa de viabilização dos locais, os trabalhos têm caráter local, detalhando aqueles da fase anterior, com o objetivo de conhecer as características dos locais pré-selecionados. São fundamentais os trabalhos de campo, com investigações de superfície e de subsuperfície, empregando as técnicas tradicionais da Geologia de Engenharia e outras específicas, em métodos de investigação.

Informações socioeconômicas e de outra natureza também são consubstanciadas. Tais investigações abrangem a identificação, dentre outros, dos seguintes aspectos:

- geologia-geotecnia: investigação de parâmetros, como condutividade hidráulica do solo, capacidade de carga e deformabilidade do terreno de fundação, condições de estabilidade do maciço e adjacências, descontinuidades, fator de retardamento, suscetibilidade à erosão, áreas de empréstimo, compondo o perfil geológico-geotécnico do local.
- Hidrogeologia: investigação dos parâmetros controladores da dinâmica da água subterrânea no local, tais como: fluxo subterrâneo, gradientes hidráulicos, profundidade e oscilação do lençol freático;
- Infra-estrutura: localização e condições de acesso, disponibilidade de energia elétrica;

- Sociais: posicionamento da população e de suas entidades organizadas.

Ainda de acordo com Tressoldi e Consoni (1998), a partir da integração, análise e interpretação dos dados coletados, é possível indicar o local ou locais mais adequados para instalação do empreendimento e elaborar recomendações para o projeto. A Tabela 2.10 apresenta treze critérios utilizados para avaliação preliminar de locais para instalação de empreendimentos para disposição, propostos pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (1995) e a tabela 2.11, dez critérios proposto pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (2000).

Tabela 2.10 – Principais critérios para avaliação preliminar de locais para disposição RSU.

| **Ítens analisados** | **Classificação dos locais** | | |
|---|---|---|---|
| | **Recomendado** | **Recomendado com restrições** | **Não recomendado** |
| Vida útil | > 10 anos | (10 anos, a critério do órgão ambiental) | |
| Distância do gerador | Entre 10 a 20 km | Entre 10 a 20 km | > 20 km |
| Distância de núcleos habitacionais | > 500 m | < 500 m | < 500 m |
| Densidade populacional | Baixa | Média | Alta |
| Zoneamento ambiental | Áreas sem restrições no zoneamento ambiental | | Unidades de conservação ambiental e correlatas |
| Zoneamento urbano | Valor de crescimento mínimo | Valor de crescimento intermediário | Valor de crescimento máximo |
| Uso e ocupação das terras | Áreas devolutas ou pouco utilizadas | | Ocupação intensa |
| Valor da terra | Baixo | Médio | Alto |
| Aceitação popular e de suas entidades | Boa | Razoável | Inaceitável |
| Distância aos cursos d'águas | > 200 m | < 200 m, com aprovação do órgão ambiental responsável | |
| Declividade | 1 > i < 20% | 1% < i > 20% | |
| Profundidade do nível d'água | 3 m | 1,5 m | < 1,5 m |
| Condutividade hidráulica do subsolo | $1.10^{-8}$ m/s desejável | $5.10^{-7}$m/s (mínimo) | > $5.10^{-7}$m/s, medidas de contenção |

Fonte: Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (1995).

Observa-se no período de 1995 a 2000 uma adequação dos critérios proposto pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo.

Segundo Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (2000), para o resultado da etapa de pré-seleção, a ponderação dos diversos dados considerados e a análise destes permitem a identificação das zonas mais propícias a recepcionar o empreendimento, nas quais, por meio de vistorias de campo, serão individualizadas as áreas canditadas à instalação do aterro.

As informações sobre as áreas pré-selecionadas podem ser dispostas em uma tabela, como a Tabela 2.12. Estas informações são então comparadas com aquelas apresentadas na Tabela 2.11, de modo que se possa classificá-las em uma das seguintes categorias:

- Recomendada, quando a área poderá ser utilizada nas condições em que se encontra, atendendo às normas vigentes com baixo investimento;
- Recomendada com restrições, quando a área poderá ser utilizado, mas necessita medidas complementares de projeto de médio investimento;
- Não recomendada. Quando não se recomenda a utilização da área, em função da necessidade de medidas complementares de projeto de alto investimento e/ou devido a restrições ambientais severas.

Caso várias áreas sejam classificadas como recomendada ou recomendada com restrições, sugere-se sua priorização, sendo executada a próxima etapa em apenas três delas, tendo em vista os custos daqueles trabalhos.

Tabela 2.11 - Critérios para priorização das áreas para instalação de aterro sanitário (fase de pré-seleção de áreas).

| **Dados necessários** | **Classificação das áreas** | | |
|---|---|---|---|
| | **Adequada** | **Possível** | **Não recomendada** |
| Vida útil | > 10 anos | < 10 anos * | |
| Distância do centro atendido (D) | 5 km < D < 20 km | | 5 km > D > 20 km |
| Zoneamento ambiental | Áreas sem restrições | | UCA e correlatas** |
| Zoneamento urbano | Vetor crescimento mínimo | Vetor crescimento intermediário | Vetor crescimento principal |
| Densidade populacional | Baixa | Média | Alta |
| Uso e ocupação das terras | Áreas devolutas ou pouco utilizada | | Ocupação intensa |
| Valor da terra | Baixo | Médio | Alto |
| Aceitabilidade da população e de entidades ambientais não governamentais | Boa | Razoável | Posição severa |
| Declividade do terreno i em (%) | $3 \leq i \leq 20$ | $20 \leq i \leq 30$ | $3 > i > 30$ |
| Distância aos cursos d'águas (d) (córregos, nascentes etc.) | d > 200 m | d < 200 m, com aprovação do órgão ambiental | |

* a critério do órgão ambiental

Fonte: Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (2000).

Tabela 2.12 – Dados para avaliação de áreas para instalação de aterros sanitários (fase de pré-seleção de áreas).

| **Dados necessários** | **Áreas disponíveis** | | |
|---|---|---|---|
| | **Área 1** | **Área 2** | **Área N** |
| Vida útil | | | |
| Distância ao centro atendido | | | |
| Zoneamento ambiental | | | |
| Zoneamento urbano | | | |
| densidade populacional | | | |
| Uso e ocupação do terreno | | | |
| Valor da terra | | | |
| Aceitabilidade da população e de entidades ambientais não governamentais | | | |
| Declividade do terreno | | | |
| Distância aos cursos d'águas (córregos, nascentes etc) | | | |

Fonte: Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (2000).

Todo esse trabalho de seleção de áreas para disposição de RSU é realizado através de um mapeamento geotécnico. Segundo Zuquette e Gandolfi (2004) o mapeamento geotécnico pode ser descrito como o processo que busca avaliar e retratar as características dos componentes do meio físico, bom como os possíveis comportamentos frente às diferentes formas de uso do solo, processos naturais e induzidos. Ele considera o meio físico, com objetivo de avaliar limitações e potenciais. Assim, o mapeamento geotécnico caracteriza-se por ser um campo de interfaces das diversas áreas de conhecimento e as informações geotécnicas. A eficiência e adequabilidade dos resultados obtidos a partir do mapeamento geotécnico dependem da metodologia adotada.

O mapeamento geotécnico nunca deverá ser feito para substituir uma investigação específica ou mais detalhada. Ele é parte do processo de investigação geotécnica, sempre respeitando as limitações da escala. Os dados devem ser levantados a partir de trabalhos já realizados, investigações de campo, ensaios laboratoriais e em campo.

Os documentos cartográficos com conteúdo geotécnico para gestão ambiental devem propiciar ao usuário conhecimentos sobre as interferências ambientais, sejam elas positivas ou negativas, decorrentes do uso ou forma de ocupação e as características geotécnicas da área. Devem permitir ao usuário tomadas de decisão quanto ao manejo e verificação dos resultados ambientais esperados com as atividades de uso implantadas.

Ainda segundo Zuquette e Gandolfi (2004), em relação ao planejamento territorial, o mapeamento geotécnico tem sido utilizado nos mais diferentes países como uma ferramenta que ajuda a definir e fiscalizar a ocupação territorial das regiões, de maneira tecnicamente adequada e respeitando as áreas de interesse ambiental. Em todos os trabalhos analisados, respeitando as escalas, bem como as características de cada região, os mapeamentos geotécnicos fornecem informações para o planejamento territorial, tanto no âmbito regional quanto no urbano, destacando características relevantes, entre outras: disposição de rejeitos industriais e domésticos; seleção de áreas para resíduos sólidos; localização de vias de acesso; sistematização de drenagem superficial; controle de enchentes; topografia; controle de erosão; avaliação de poluição; proteção das áreas de recarga dos aqüíferos; construção de aterros; conservação ambiental; reflorestamento etc.

A carta geotécnica para disposição de resíduos permite que sejam avaliadas as limitações ambientais, os condicionantes do meio físico para implantação e problemas construtivos relacionados aos diferentes tipos de aterros sanitários, lagoas, ou qualquer outra forma de disposição de resíduos sólidos, líquidos e com diferentes graus de perigo.

Possibilita a seleção de áreas mais favoráveis considerando os problemas ambientais decorrentes, a seleção do tipo e o processo construtivo. As legendas podem ser muito variadas, pois as cartas podem ser elaboradas para muitos fins.

Zuquette e Gandolfi (2004) destacam que para selecionar os atributos na elaboração de carta de disposição de resíduos é preciso entender todas as relações existentes entre o enfoque principal e o ambiente, como ilustrado na Figura 2.5.

O esquema foi criado para relacionar aspectos que interferem em aterros sanitários e que devem orientar o desenvolvimento de estudos para a elaboração de cartas derivadas para o zoneamento de uma região quanto ao seu comportamento frente à instalação dos aterros sanitários, como é a carta de zoneamento derivada para disposição de resíduos.

Com base nas relações indicadas na Figura 2.5, foi proposta uma lista com seis componentes, compostos de trinta e quatro atributos que devem ser considerados na formulação de análises do ambiente, nos procedimentos de seleção e verificação de locais para implantação de aterros sanitários.

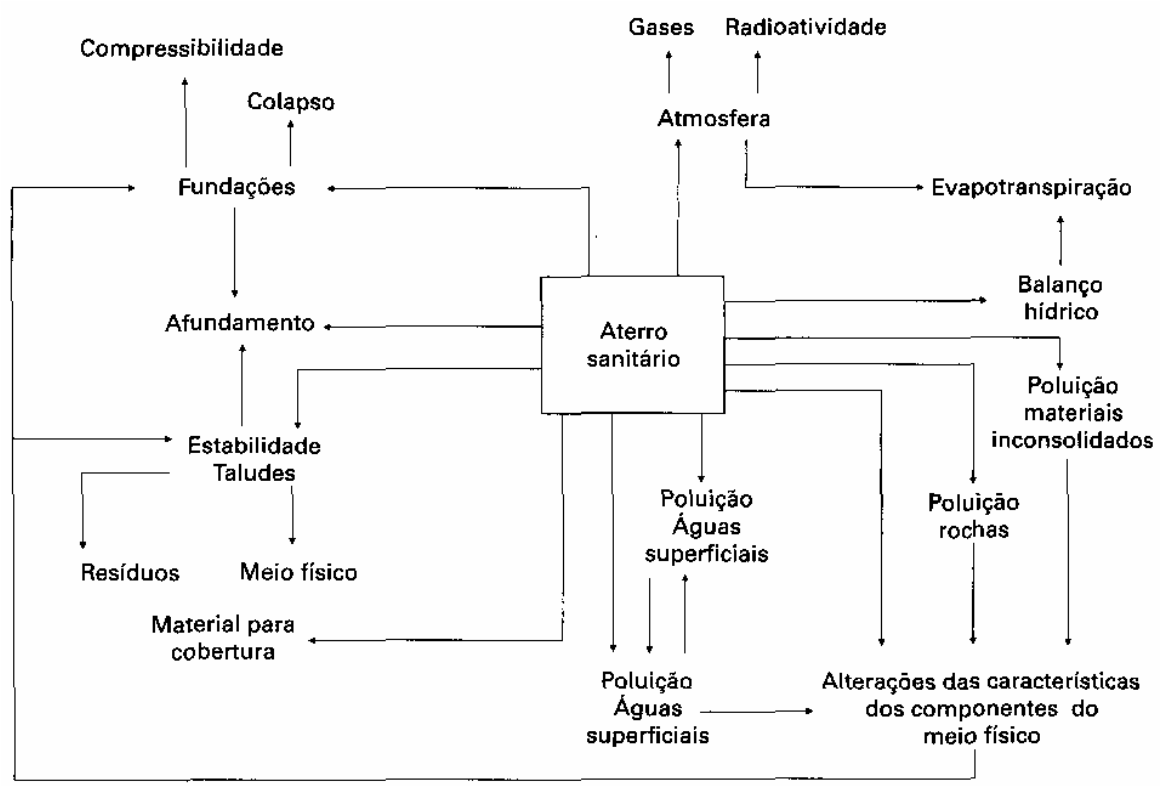


Figura 2.5 – Aspectos do meio ambiente que interferem em aterros sanitários.

Fonte: Zuquette e Gandolfi (2004).

Tais atributos devem estar associados a intervalos que definam classes quanto no grau de restrições do meio físico, como se observa no Tabela 2.13.

Tabela 2.13 – Atributos para a definição e delimitação de unidades do meio físico visando à seleção de áreas para aterros sanitários.

| COMPONENTE | ATRIBUTO | PARÂMETRO | CLASSES | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Favorável | Moderada | Severa | Restritiva |
| Substrato rochoso | (1)Litologia (***) | Resistência mecânica, Mineralogia, Cimento, Arranjo (IAEG. 1981; ISRM, 1981) | Gnaisses, migmatitos, siltitos e argilitos | Granitos | Conglomerados | Arenitos |
| | (2) Profundidade (m) | | > 15 | 5 a 10 | < 5 | < 3 |

Tabela 2.13 continua.

Tabela 2.13 continuação

| COMPONENTE | ATRIBUTO | PARÂMETRO | CLASSES | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | **Favorável** | **Moderada** | **Severa** | **Restritiva** |
| Materiais inconsolidados | (3) Descontinuida-de | Jv (Barton et al., 1974) | I/II | III/IV | V | VI |
| | (4) Classificação textural | ASTM (1984) | Areia argilosa | Argila arenosa | Arenosa | Muito arenosa |
| | (5) Variação vertical | | Heterogêneo | Heterogêneo | Homogêneo | Homogêneo |
| | (6) Mineralogia | Minerais de argila, Minerais inertes | Minerais de argila 2 x 1 | Minerais de argila 1 x 1 | Minerais inertes | Minerais inertes |
| | (7) Matacões | Tamanho (maior dimensão) (m), Freqüência, Profundidade | Não | < 1<br>2/1.000 m³<br>> 2 m | 1 a 2<br>2 a 5/1.000 m³<br>< 2 m | > 2<br>> 5/1.000 m³<br>< 0,5 m |
| | (8) pH/ΔpH(*) | | > 4/negativo | > 4/negativo | > 5/negativo | < 4/positivo |
| | (9) Salinidade (mhos/cm) | Condutividade elétrica | < 16 | < 16 | > 16 | Alto |
| | (10) C.T.C(**) | | > 15 | 5 a 15 | < 5 | < 2 |
| | (11) Camada compressível | Espessura Profundidade | Não | Não | Camada superficial | Camada superficial |
| | (12) Material colapsível | Espessura Profundidade | não | Camada superficial (2 m) | Camada superficial (4 m) | Camada superficial (6m) |
| | (13) Índice de erodibilidade | | Baixo | Baixo | Alto | Muito alto |
| | (14) Fator de retardamento<br>(15) Características de compactação | Proctor normal | Alto<br>Adequada | Intermediário<br>Adequada | Baixo<br>Inadequada | Baixo<br>Inadequada |
| Água | (16) Profundidade da zona saturada (m) | metros | > 10 | > 6 | < 4 | < 2 |
| | | Variações anuais | < 1 | < 1 | 1 a 2 | > 1 |
| | (17) Direção do fluxo saturado | Números de direções | 1 | 1 | 2 ou 3 | > 3 |
| | (18) Fluxo superficial | | Laminar | Laminar | Laminar/ concentrado | Concentrado |
| | (19) Condutivida-de hidráulica (cm/s) | | $< 1.10^{-4}$ | $1.10^{-3}$ a $1.10^{-4}$ | $> 1.10^{-3}$ | Muito alta $> 1.10^{-2}$ |
| | (20) Áreas de recarga | | não | Não | não | Ocorre |
| | (21) Distância da nascente (m) | | > 500 | 400 – 500 | 400 – 300 | < 300 |
| | (22) Drenagem | Carta específica | Adequada | Adequada | Inadequada | Inadequada |
| Processos (feições) | (23) Erosão | Freqüência Intensidade | não | Não | Susceptibilidade 1/km² | Alta susceptibilidade > 5/km² |
| | (24) Movimentos de massa gravitacionais | | Não | Não | Susceptibilidade < 3/km² | Ocorre > 3/km² |
| | (25) Subsidências | Freqüência Intensidade | não | Não | não | Ocorre 1 km² |
| | (26) Feições cársticas | Freqüência Intensidade | Não | Não | não | Ocorre 1 km² |
| | (27) Zonas de inundações | Freqüência Intensidade (área afetada) | não | Não | Período de retorno entre 20 e 50 anos | Período de retorno < 20 anos |

Tabela 2.13 continua.

Tabela 2.13 continuação.

| COMPONENTE | ATRIBUTO | PARÂMETRO | CLASSES | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | **Favorável** | **Moderada** | **Severa** | **Restritiva** |
| Relevo | (28) Formas de relevo | | Encostas planas ( i < 15º) | | Encostas íngremes (inclinações 45 a 60º) Zonas marginais de inundação | Escarpas Zonas marginais de inundação |
| | (29) Distância do limite entre bacias Hidrográficas | | > 200 m | Entre 200 e 100 m | < 100 m | Coincidente |
| | (30) Zonas úmidas | | não | Não | não | Ocorre |
| | (31) Declividade (%) | | 2 < i < 5 | 2/5 > i > 5 | > 15 | > 20 |
| Características climáticas | (32) Evapotranspi-ração | Total anual | Alto (> 1.000 mm) | Intermediário (800 - 1.000 mm) | Baixo (800 - 600 mm) | Muito baixo (< 600 mm) |
| | (33) Direção do vento | | | | | Em direção à zona urbana |
| | (34) Pluviosidade (mm) | Total anual | | | > 2.000 mm/ano | > 3.000 mm/ano zona urbana |

Jv - Contador volumétrico de juntas
(*) ΔpH = pH KCl - pH H2O
(**) CTC - Capacidade de troca catiônica
(***) - Litologias da região em estudo

Fonte: Zuquette et al. (1993 apud ZUQUETTE; GANDOLFI, 2004).

A Agência Goiâna do Meio Ambiente (2007) em seus critérios restritivos para a seleção de áreas para disposição de RSU, descritos no item 2.5.5.3, contempla de forma diferente alguns desses atributos, conforme pode ser visto nas tabelas 2.14, 2.15 e 2.16.

As condições climáticas, como indicado por Zuquette et al. (1993 apud ZUQUETTE; GANDOLFI, 2004), na Tabela 2.15 afetam a adequabilidade da área.

No caso dos aterros sanitários, a direção dominante dos ventos, segundo a Agência Goiâna do Meio Ambiente (2007), deve ser oposta ao aglomerado urbano.

Tabela 2.14 - Comparativo das restrições ambientais recomendadas e ou favoráveis segundo Agência Goiâna do Meio Ambiente (2007) com o Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (1995, 2000) e Zuquette et al. (1993 apud ZUQUETTE; GANDOLFI, 2004).

| Item | Descrição | AGMA (2007) | IPT (1995) | IPT (2000) | Zuquette et al. (1993) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | **Distância do gerador** | D ≤ 5 km, a partir do perímetro urbano, podendo ter distância superior avaliando-se os custos operacionais, D < 20 km | 10 < D < 20 km | 5 < D < 20 km | não contempla |
| 2 | **Acesso** | facilidade de acesso | não contempla | não contempla | não contempla |
| 3 | **Profundidade do lençol freático** | p > 10 m | p ≥ 3m e com restrições ≥ 1,50m | não contempla | p > 10 m – favorável<br>p > 6 m – moderada<br>2 < p < 4 m – severa |
| 4 | **Ampliação futura da área** | verificar disponibilidade para ampliações futuras da área | não contempla | não contempla | não contempla |
| 5 | **Expansão urbana** | tendências de expansão urbana contra a região (crescimento da cidade) | não contempla | não contempla | não contempla |
| 6 | **Ventos** | com direção oposta ao aglomerado urbano | não contempla | não contempla | com direção oposta ao aglomerado urbano |
| 7 | **Erosões**<br><br>**Índice de erodibilidade** | resistência do solo e que não seja susceptível a erosões<br>(tipo de solo)<br>não contempla | não contempla<br><br>não contempla | não contempla<br><br>não contempla | sem freqüência<br><br>índice baixo |
| 8 | **Declividade (i%)** | i < 10 | 1 < i < 20 | 3 ≤ i ≤ 20 | 2 < i < 5 |
| 9 | **Distância de coleções hídricas, nascentes e veredas** | > 400 m | > 200 m | > 200 m | > 500 m |
| 10 | **Relação com a vizinhança** | > 1.000 m | > 500 m | não contempla | não contempla |
| 11 | **Características hidrogeológicas da área (formadores de bacia hidrográfica, tipo de vegetação, etc)** | | | | |

Tabela 2.14 continua.

Tabela 2.14 continuação

| Item | Descrição | AGMA (2007) | IPT (1995) | IPT (2000) | Zuquette et al. (1993) |
|---|---|---|---|---|---|
| 12 | **Profundidade do substrato rochoso (m)** | observar se existe afloramento de rocha na região, em especial na área, não contempla medida | não contempla | não contempla | > 15 m – favorável 5 < sr < 15 – moderado sr < 5 – severa |
| 13 | **Zoneamento urbano** | zoneamento urbano (seja compatível com o plano diretor do município) | Vetor de crescimento mínimo | Vetor de crescimento mínimo | não contempla |
| 14 | **Zoneamento ambiental** | distante de APAS, Parques, APP | Áreas sem restrições | Áreas sem restrições | não contempla |
| 15 | **Bacia e sub.bacia hidrográfica** | deve estar for a da bacia de captação de água para abastecimento público | não contempla | não contempla | não contempla distância do limite entre bacias hidrográficas > 200 m |

Fonte: Agência Goiâna do Meio Ambiente (2007); Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (1995, 2000) e Zuquette et al. (1993 apud ZUQUETTE; GANDOLFI, 2004).

Tabela 2.15 - Comparativo das restrições ambientais recomendadas e ou favoráveis, segundo Zuquette et al. (1993 apud ZUQUETTE; GANDOLFI, 2004)., que não estão incluídas nas restrições básicas da Agência Goiâna do Meio Ambiente (2007); Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (1995, 2000).

| Componente | Atributo | Parâmetro | AGMA (2007) | IPT (1995) | IPT (2000) | Zuquette et al. (1993) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Substrato Rochoso | (1) Litologia (***) | Resistência mecânica, cimento, arranjo (IAEG, 1981; ISRM,1981) | não contempla | não contempla | não contempla | Gnaisses, migmatitos, siltitos e argilitos |

Tabela 2.15 continua.

Tabela 2.15 continuação.

| Componente | Atributo | Parâmetro | AGMA (2007) | IPT (1995) | IPT (2000) | Zuquette et al. (1993) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Materiais inconso-lidados | (2) Descontinuidade | Jv (Barton et al, 1974) | não contempla | não contempla | não contempla | I/II |
| | (3) Classificação textural | ASTM (1984) | não contempla | não contempla | não contempla | Areia argilosa |
| | (4) Variação vertical | | não contempla | não contempla | não contempla | Heterogêneo |
| | (5) Mineralogia | Minerais de argila<br>Minerais inertes | não contempla | não contempla | não contempla | Minerais de argila 2 x 1 |
| | (6) Matacões | Tamanho (maior dimensão) (m)<br>Freqüência<br>Profundidade | não contempla | não contempla | não contempla | não |
| | (7) pH/ΔpH(*) | | não contempla | não contempla | não contempla | > 4/negativo |
| | (8) Salinidade (mhos/cm) | Condutividade elétrica | não contempla | não contempla | não contempla | < 16 |
| | (9) C.T.C(**) | | | | | > 15 |
| | (10) Camada compressível | Espessura<br>Profundidade | não contempla | não contempla | não contempla | não |
| | (11) Material | Espessura<br>Profundidade | não contempla | não contempla | não contempla | não |
| | (12) Fator de retardamento | | não contempla | não contempla | não contempla | Alto |
| | (13) Características de compactação | Proctor normal | não contempla | não contempla | não contempla | Adequada |
| Água | (14)Direção do fluxo saturado | Números de direções | não contempla | não contempla | não contempla | 1 |
| | (15) Fluxo superficial | | não contempla | não contempla | não contempla | Laminar |
| | (16) Condutividade hidráulica (cm/s) | | não contempla | $1.10^{-8}$ | não contempla | $< 1.10^{-4}$ |
| | (17) Áreas de recarga | | não contempla | não contempla | não contempla | não |
| | (18)Drenagem | Carta específica | não contempla | não contempla | não contempla | Adequada |
| Processos (feições) | (19) Movimentos de massa gravitacionais | Freqüência<br>Intensidade | não contempla | não contempla | não contempla | não |
| | (20) Subsidências | Freqüência<br>Intensidade | não contempla | não contempla | não contempla | não |
| | (21 )Feições cársticas | Freqüência<br>Intensidade | não contempla | não contempla | não contempla | não |
| | (22) Zonas de inundações | Freqüência<br>Intensidade<br>(área afetada) | não contempla | não contempla | não contempla | não |

Tabela 2.15 continua.

Tabela 2.15 continuação.

| Componente | Atributo | Parâmetro | AGMA (2007) | IPT (1995) | IPT (2000) | Zuquette et al. (1993) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Relevo | (23) Formas de relevo | | não contempla | não contempla | não contempla | Encostas planas ( I < 15º) |
| | (24) Zonas úmidas | | não contempla | não contempla | não contempla | não |
| Caracterís-ticas climáticas | (25) Evapotranspiração | Total anual | não contempla | não contempla | não contempla | Alto (> 1.000 mm) |
| | (26) Pluviosidade | Total anual | não contempla | não contempla | não contempla | ≤ 200 mm |

Jv - Contador volumétrico de juntas (Barton et al. 1974)
(*) ΔpH = pH KCl - pH H2O; (**) CTC - Capacidade de troca catiônica; (***) - Litologias da região.
Fonte: Agência Goiâna do Meio Ambiente (2007); Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (1995, 2000); Zuquette et al. (1993 apud ZUQUETTE; GANDOLFI, 2004).

Tabela 2.16 - Comparativo das restrições ambientais recomendadas e ou favoráveis, segundo Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (1995, 2000) que não estão incluídas nas restrições básicas da Agência Goiâna do Meio Ambiente (2007) e Zuquette et al. (1993 apud ZUQUETTE; GANDOLFI, 2004).

| Itens analisados | AGMA (2007) | IPT (1995) | IPT(2000) | Zuquete (1993) |
|---|---|---|---|---|
| Vida útil | não contempla | > 10 anos | < 10 anos | não contempla |
| Densidade populacional | não contempla | Baixa | Baixa | não contempla |
| Uso e ocupação das terras | não contempla | Áreas devolutas ou pouco utilizadas | Áreas devolutas ou pouco utilizadas | não contempla |
| Valor da terra | não contempla | Baixo | Baixo | não contempla |
| Aceitação popular e de suas entidades não-governamentais | não contempla | Boa | Boa | não contempla |

Fonte: Agência Goiâna do Meio Ambiente (2007); Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (1995, 2000) e Zuquette et al. (1993 apud ZUQUETTE; GANDOLFI, 2004).

Segundo Mano, Pacheco e Bonelli (2005), vento é o deslocamento horizontal do ar atmosférico, dentro da troposfera. Correntes de vento são movimentos de ar verticais,

originados na troposfera, em altitudes acima de 12.000 metros. Costumam soprar com mais força no inverno.

A intensidade de vento é registrada em *anemômetros*; é usualmente medida na *escala de Beaufort*, que registra variações de zero a 12 graus e caracteriza os tipos de vento (Tabela 2.17). A velocidade aumenta com a altitude, em razão da perda produzida pelo atrito do ar com o relevo da Terra. O fluxo de ar próximo à superfície não é contínuo, é um movimento em radas, que se sucedem entre pausas em que a intensidade cai. Essas rajadas sucessivas constituem a *turbulência,* que cresce com a velocidade do vento e é em parte causada pelas irregularidades da superfície e pelo atrito. Origina-se às vezes em camadas mais altas da atmosfera, graças ao contato entre ventos de direções e/ou velocidades diferentes, e ao conseqüente atrito.

Ainda segundo Mano, Pacheco e Bonelli (2005), no Brasil não ocorrem furacões porque, embora as águas do Oceano Atlântico no Nordeste sejam tépidas, acima de 27º C, os centros de baixa pressão nunca se desenvolvem com a força de um furacão. Para que isso ocorresse, seria necessário que os ventos no topo das nuvens, entre 12 e 15 km de altura, não fossem muito fortes.

Tabela 2.17 – Avaliação da intensidade do vento pela escala de Beaufort.

| **Grau** | **Tipo de vento** | **Velocidade** | **Efeito** |
|---|---|---|---|
| Zero | Calmaria | 00,0 / 01,0 | Praticamente não se percebe o efeito do vento nas árvores |
| 1 | Brisa | 02,0 / 06,0 | |
| 2 | Vento leve | 07,0 / 12,0 | |
| 3 | Vento fresco | 13,0 / 18,0 | O vento agita e derruba as folhas das árvores |
| 4 | Vento moderado | 19,0 / 26,0 | |
| 5 | Vento regular | 27,0 / 35,0 | |
| 6 | Vento meio forte | 36,0 / 44,0 | |
| 7 | Vento forte | 45,0 / 55,0 | Os galhos das árvores se quebram |

Tabela 2.17 continua.

Tabela 2.17 continuação.

| Grau | Tipo de vento | Velocidade | Efeito |
|---|---|---|---|
| 8 | Vento muito forte | 56,0 / 66,0 | |
| 9 | Ventania | 67,0 / 77,0 | |
| 10 | Vendaval | 78,0 / 90,0 | |
| 11 | Tempestade | 91,0 / 104,0 | |
| 12 | Furacão ou tufão | 105,0 | As árvores são arrancadas, prédios e casas sofrem vários danos |

Fonte: Enciclopédia... (1995, v. 14, p. 7520); O Globo (2004, p. 14).

Mas sobre o Oceano Atlântico, ao sul do Equador, onde está o Brasil, esses ventos são muito fortes e não permitem que as nuvens se formem. Isso impede que os centros de baixa pressão se transformem em furacões.

No caso dos aterros sanitários, a direção dominante dos ventos, segundo a Agência Goiâna do Meio Ambiente (2007), deve ser oposta ao aglomerado urbano.

## 2.7 Gerenciamento do lixo

De acordo com Mano, Pacheco e Bonelli (2005), o gerenciamento da destinação dos resíduos sólidos urbanos é um conjunto de ações normativas, operacionais, financeiras e de planejamento para disposição do lixo de forma ambientalmente segura, utilizando tecnologias compatíveis com a realidade local.

Para atingir o objetivo, é em geral adotada a filosofia comumente condensada sob a denominação 3R, que significa *Reduzir, Reutilizar e Reciclar.*

Antes do consumo, primeiramente é preciso *Reduzir* o volume do material a ser descartado, por redimensionamento das embalagens em relação à quantidade de material utilizado e modificação da forma dos recipientes. Após o descarte, é necessário que o governo estabeleça programas de incentivo à redução do lixo produzido.

Ao planejar a embalagem de artigos de consumo, o fabricante deve levar em consideração a possibilidade de o consumidor *Reutilizar* a embalagem, seja como recipiente, pote, garrafa ou frasco, para alguma utilização caseira. É uma forma de estender a vida útil do artefato.

A última opção para diminuir a grande quantidade de material refugado é *Reciclar*. Na reciclagem, o que se aproveita é o material para ser transformado em uma nova peça ou para recuperar energia, fazendo ao ciclo produtivo parte das matérias-primas ou de energia.

Segundo Mano, Pacheco e Bonelli (2005), para garantir as condições de existência das futuras gerações, sem deixar de atender às necessidades das atuais, deve haver um compromisso entre os setores industriais e a sociedade em relação às práticas de produção e de consumo. Antes do descarte do lixo, deve-se avaliar o seu potencial de redução, reutilização e reciclagem; o meio ambiente se beneficiará caso seja seguida a seqüência citada. O ideal seria reduzir o consumo, por uma mudança de atitude, evitando principalmente desperdício; também é importante a redução das dimensões e do peso dos produtos consumidos. Depois, deve-se reutilizar a embalagem ao máximo e, por último, caso não seja possível executar esses dois princípios iniciais, reciclá-la.

Segundo Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (2000), o gerenciamento integrado do lixo municipal deve começar pelo conhecimento de todas as características deste, pois vários fatores influenciam neste aspecto, tais como:

- número de habitantes do município;
- poder aquisitivo da população;
- condições climáticas;
- hábitos e costumes da população;
- nível educacional.

A influência dos fatores citados é melhor expressa pela quantidade de lixo gerada, pela sua composição física e parâmetros físico-químicos, todos indispensáveis ao correto prognóstico de cenários futuros. Os fatores de geração consistem, basicamente na taxa de geração por habitante e no nível de atendimento dos serviços públicos do município.

A composição física do lixo é obtida pela determinação do percentual de seus componentes mais comuns, tais como vidro, plástico, metais etc.

Parâmetros físicos são expressos por características como umidade, densidade e poder calorífico, enquanto os parâmetros químicos, pelos teores dos elementos químicos (carbono, enxofre, nitrogênio, potássio e fósforo) presentes nos resíduos.

De acordo ainda com Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (2000), as informações necessárias ao planejamento do gerenciamento do lixo municipal são:

a) taxa de geração por habitante (kg/habitante.dia): é a quantidade de lixo gerada por habitante num período de tempo especificado, refere-se aos volumes efetivamente coletados e à população atendida. É fundamental para o planejamento de todo o sistema de gerenciamento do lixo, principalmente no dimensionamento de instalações e equipamentos;
b) composição química: refere-se às porcentagens das várias frações do lixo, tais como papel, papelão, madeira, trapo, couro, plástico duro, plástico mole, matéria orgânica, metal ferroso, metal não-ferroso, vidro, borracha e outros. É o ponto de partida para estudos de aproveitamento das diversas frações e para a compostagem;
c) densidade aparente: é a relação entre a massa e o volume do lixo; é calculado para as diversas fases do gerenciamento do lixo. Determina a capacidade volumétrica dos meios de coleta, transporte, tratamento e disposição final;
d) umidade: é a quantidade de água contida na massa de lixo. Influencia a escolha da tecnologia de tratamento e equipamento de coleta. Tem influência notável sobre o poder calorífico, densidade e velocidade de decomposição biológica da massa de lixo;
e) teor de materiais combustíveis e incombustíveis: é a quantidade de materiais que se prestam à incineração e de materiais inertes. Juntamente com a umidade, informa, de maneira aproximada, sobre as propriedades de combustibilidade dos resíduos;
f) poder calorífico: é a quantidade de calor gerada pela combustão de 1kg de lixo misto (e não somente dos materiais facilmente combustíveis). Avaliação para instalação de incineração;

g) composição química: normalmente são analisados N, P, K, S, C, relação C/N, pH e sólidos voláteis. Definição da forma mais adequada de tratamento (sobretudo compostagem) e disposição final. Vários outros elementos que atuam como inibidores/ catalisadores nos diversos tipos de tratamento também podem ser analisados e

h) teor de matéria orgânica: quantidade de matéria orgânica contida no lixo. Inclui matéria orgânica não-putrescível (papel, papelão etc.) e putrescível (verduras, alimentos etc.). Avaliação de utilização do processo de compostagem. Avaliação do estágio de estabilização do lixo aterrado.

Ainda segundo Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (2000), no Gerenciamento Integrado do Lixo não devem ser esquecidos os compromissos assumidos pelos prefeitos e representantes municipais reunidos no REMAI'91 – I Encontro de Prefeitos de Metrópoles Latino-Americanas, que são:

- implementar programas que estimulem a diminuição da geração de resíduos;
- implementar pesquisas de tecnologias não-agressivas ao meio ambiente e compatíveis com a realidade socioeconômica latino-americana;
- adotar programas que assegurem a recuperação e a descontaminação de áreas degradas;
- desenvolver programas de educação ambiental, com ênfase na questão de produção e tratamento dos resíduos;
- minimizar a disposição de resíduos, estabelecendo programas de pré-seleção, reciclagem e reutilização;
- implantar unidades de destinação final de resíduos, com tecnologia que minimizem os impactos ambientais;
- assegurar controle adequado no transporte e transbordo de resíduos e materiais perigosos;
- apoiar a adoção de programas de cooperação horizontal e vertical entre as esferas de governo, especialmente as iniciativas de articulação entre municípios;
- atualizar a taxa de limpeza urbana visando o custeio integral da coleta e destino final dos resíduos sólidos domiciliares;
- implantar um sistema funcional de fiscalização e controle ambiental, aplicando

sanções aos despejos clandestinos e à disposição inadequada de resíduos;
- elaborar o Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos e
- reconhecer e disciplinar a catação ambulante de materiais recicláveis.

O Plano de Gerenciamento Integrado do Lixo Municipal, também denominado Plano Diretor do Lixo Municipal ou Plano de Gestão do Lixo Municipal, é um documento que compõe o Plano Diretor do município, de acordo com o Estatuto da Cidade e que aponta e descreve as ações relativas ao seu manejo, contemplando os aspectos referentes a geração, segregação, acondicionamento, coleta (convencional ou seletiva), armazenamento, transporte, tratamento e disposição final, bem como proteção à saúde pública (INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DE SÃO PAULO, 2000).

Ele deve ser iniciado com a definição das ações que o município pretende realizar. É muito importante que essas ações sejam vistas como metas a serem alcançadas a curto, médio e longo prazo, já que nem sempre é possível alcançá-las a todas ao mesmo tempo.

Para cada ação a ser realizada existe uma gama variada de alternativas possíveis, tanto com relação a locais (de aterro, estações de transbordo, usinas de tratamento, unidades de educação ambiental), como técnico-operacionais (rotas de coleta, sistema de coleta, sistema de triagem).

Segundo Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (2000, p. 22) é bom lembrar que as ações regionalizadas ampliam os benefícios e reduzem os custos. Assim, parcerias, consórcios ou qualquer outra forma de solução conjunta é sempre bem-vindo.

A seleção das melhores alternativas poderá ser feita utilizando-se quatro critérios:

a) critério econômico-financeiro, para definir razoavelmente custos mínimos, taxa de retorno, viabilidade financeira e tarifária do negócio (ou outro objetivo econômico-financeiro) e custo/benefício.
b) critério ambiental, para se assegurar que em todas as soluções adotadas os recursos naturais (água, ar, solo, flora e fauna) do município e da região estejam sendo preservados e protegidos.
c) critério social, para estabelecer índices sobre efeitos positivos na saúde,

segurança, educação, manutenção e geração de emprego, renda, lazer, ascensão social e outros benefícios, expressos de modo eqüitativo, notadamente na população afetada pela inserção regional da alternativa.

d) critério político-gerencial, para otimizar modelos alternativos de cooperação, parcerias e acordos compensatórios, necessários à inserção regional da alternativa proposta, assegurando a receptividade, apoio e boa convivência com entidades (municipal, estadual, federal e privada) e comunidades presentes na área geográfica influenciada.

Ainda segundo Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (2000), a montagem de diferentes cenários para o município pode parecer sofisticação, mas, a partir das alternativas estudadas (que com certeza serão mais de uma para cada ação), permite uma visão de como será possível gerenciar de forma integrada o lixo municipal.

# 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Nesse trabalho, tendo em vista que o principal objetivo é o estudo da geração, transporte e a avaliação geotécnica no sítio de disposição dos RSU no município de Rio Quente, o qual foi pré-definido, utilizou-se uma adaptação do roteiro proposto pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (1995, 2000) e Zuquette et al. (1993 apud ZUQUETTE; GANDOLFI, 2004), para a viabilização de áreas para disposição de RSU apresentada no organograma da Figura 2.3, levando-se em consideração as exigências da Agência Goiâna do Meio Ambiente (2007), descritas no item 2.5.6.3.

Assim a pesquisa foi desenvolvida em 4 etapas básicas que correspondem: estudo da geração e transporte dos RSU; caracterização geológico-geotécnica; avaliação da adequabilidade ambiental da área do atual lixão e avaliação geral.

## 3.1 Estudo da geração, transporte e caracterização dos RSU

Esta etapa foi realizada com o objetivo de se estimar a produção de RSU gerados diariamente e sua variação com a flutuação populacional, de modo a se obter uma previsão mais realista da área necessária e da vida útil da atual área disponível para RSU.

Inicialmente foram levantados dados referentes ao município de Rio Quente, relativos ao crescimento demográfico, ampliação da infra-estrutura, evolução da população permanente e flutuante, a qual está diretamente relacionada ao crescimento do turismo na região e da geração de RSU.

Para entender melhor o processo de geração e transporte dos RSU do município de Rio Quente, foi realizada uma pesquisa com 30 pessoas, residentes no município e formadoras de opinião, sensibilizadas com o tema da pesquisa, utilizando o formulário apresentado na Figura 3.1. Foram entrevistados secretários e técnicos de algumas secretarias municipais de Turismo e Meio Ambiente – SECTUR, da Saúde e da Educação; alguns funcionários da administração pública municipal; Presidente da Associação dos Empresários de Rio Quente – AERQ; alguns funcionários da Companhia Thermas do Rio Quente e moradores de diferentes bairros do município de Rio Quente – GO. O objetivo desta pesquisa foi

avaliar a peridiocidade da coleta nos bairros, a cultura da seletividade dos RSU, o conhecimento do cidadão sobre o sistema de gestão dos RSU no município de Rio Quente.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

**OBJETIVO:** Pesquisa de opinião dos moradores, sobre a situação atual da geração e transporte de RSU do município de Rio Quente - GO.

**RSU = resíduos sólidos urbanos** (o que o cidadão chama de lixo)

**DIA/MÊS/ANO: _____ /_____ /_____**

□ **SEGUNDA** □ **TERÇA** □ **QUARTA** □ **QUINTA** □ **SEXTA** □ **SÁBADO** □ **DOMINGO**

1) Identificar o Bairro de sua residência ou de sua Empresa, QUE É FEITO A COLETA DOS RSU:

□ Esplanada do Rio Quente □Estância Rio Quente □ Fauna I
□ Fauna II □ Floresta Sabiás □ Mansões RQuente I
□ Mansões Rio Quente II □ Morada da Serra □ Portal Rio Quente
□ Pousada do Rio Quente □ Residencial Veredas Rio Quente □ Setor Central
□ Solar Água Quente

2) Qual a peridiocidade que é feito a coleta dos RSU em seu bairro? diário_____ semanal _____
outros_____

3) A sua residência ou seu estabelecimento faz a separação (seleção) dos RSU em ÚMIDO, SECO E DE SANITÁRIOS para facilitar o possível reaproveitamento dos RSU secos e úmidos? sim_____ não_____.

4) Descrever o **VEÍCULO** que faz a coleta dos RSU em seu bairro:_____

_____

5) O que poderia melhorar em sua residência ou Empresa na geração dos RSU?

_____

_____

6) O que poderia mudar melhorar em seu Bairro em relação à coleta e transporte dos RSU?

_____

_____

Mestrando:Valter Evangelista Pereira
Orientadora: Prof.ª Dr.ª Maria Elisa Borges Rezende
Co-orientador: Profº. Dr. Luiz Nishiyama
2007

Figura 3.1 – Planilha utilizada na pesquisa de opinião dos moradores sobre a situação dos RSU no município de Rio Quente - GO.

Foi realizada uma estimativa da vida útil, com cinco cenários:

1. Com a população e as condições de reciclagem e reaproveitamento dos RSU atuais;
2. Com a população atual e que os RSU orgânicos da empresa Companhia Thermas do Rio Quente, que ora são reaproveitados, serão dispostos no atual lixão;
3. Considerando-se a evolução da população, tendo-se como ponto de partida a população média em um período de dez anos e os dados populacionais fornecidos pela Secretaria Municipal de Turismo e Meio Ambiente de Rio Quente (RIO QUENTE, 2007), e as condições de reciclagem e reaproveitamento dos RSU atuais;
4. Considerando-se a evolução da população, tendo-se como ponto de partida a população média em um período de dez anos e os dados populacionais fornecidos pela Secretaria Municipal de Turismo e Meio Ambiente de Rio Quente (RIO QUENTE, 2007), e que os RSU orgânicos da empresa Companhia Thermas do Rio Quente, que ora são reaproveitados, serão dispostos no atual lixão;
5. Considerando-se a evolução da população, tendo-se como ponto de partida a população média em um período de 10 anos e os dados populacionais fornecidos pela Secretaria Municipal de Turismo e Meio Ambiente de Rio Quente (RIO QUENTE, 2007), e um trabalho de educação ambiental que proporcione uma redução de 37% (redução conseguida pela empresa Rio Quente Resorts) no volume de RSU úmidos do município de Rio Quente.

Para a estimativa da vida útil, foi quantificado o volume gerado e as características gerais do lixo, tais como: tipo, peso e decorrente da seleção e venda de vidros, papelão, alumínio e plástico, que são depositados juntamente com os outros resíduos e separados artesanalmente no local de deposição.

Foi realizada uma pesquisa diretamente com a empresa terceirizada que executa a coleta, transporte e a deposição dos RSU do município de Rio Quente, utilizando o formulário apresentado na Figura 3.2, o qual foi preenchido diariamente, no período de maio a outubro de 2007, por intermédio do funcionário responsável pelo serviço.

Com base nos dados de população fixa e flutuante fornecidos pela Secretaria Municipal de Turismo e Meio Ambiente de Rio Quente (RIO QUENTE, 2007d) pode-se afirmar que esse período selecionado corresponde a um ciclo de geração de RSU, que se repete nos meses de novembro, dezembro, janeiro, fevereiro, março, e abril.

Durante o período da pesquisa, a jornada diária do trabalho de coleta e transporte dos RSU foi dividida em dois turnos: matutino e vespertino. Foram enumerados todos os bairros do município do Rio Quente; a quilometragem inicial e final do veículo destinado a esse serviço e o número de viagens.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

**OBJETIVO:** Identificar e quantificar os RSU diário que são despejados no atual lixão do município de Rio Quente – GO.

**DIA/MÊS/ANO:** _____ / _____/_____

□ **SEGUNDA** □ **TERÇA** □ **QUARTA** □ **QUINTA** □ **SEXTA** □ **SÁBADO** □ **DOMINGO**

**PERÍODO DA MANHÃ –** Km inicial:_____Km final:_____
**Número de viagens realizadas**: _____

**COLETA REALIZADA NOS BAIRROS:**
□ Esplanada do Rio Quente □ Estância Rio Quente □ Fauna I
□ Fauna II □ Floresta Sabiás □ Mansões Rio Quente I
□ Mansões Rio Quente II □ Morada da Serra □ Portal Rio Quente
□ Pousada do Rio Quente □ Residencial Veredas RQ □ Setor Central
□ Solar Água Quente

**PERÍODO DA TARDE –** Km inicial:_____ Km final:_____
**Número de viagens realizadas**:_____

**COLETA REALIZADA NOS BAIRROS**
□ Esplanada do Rio Quente □ Estância Rio Quente □ Fauna I
□ Fauna II □ Floresta dos Sabiás □ Mansões Rio Quente I
□ Mansões do Rio Quente II □ Morada da Serra □ Portal Rio Quente
□ Pousada do Rio Quente □ Residencial Veredas RQ □ Setor Central
□ Solar Água Quente

Mestrando:Valter Evangelista Pereira
Orientadora: Prof.ª Dr.ª Maria Elisa Borges Rezende
Co-orientador: Profº Dr. Luiz Nishiyama
2007

Figura 3.2 – Planilha utilizada para controle do transporte e quantificação do volume de RSU do município de Rio Quente

Neste intervalo de tempo, foi realizado o trabalho de sete pesagens e classificação dos RSU na área do atual lixão, com o apoio da Prefeitura Municipal de Rio Quente, referente a quatro bairros: Pousada do Rio Quente, Esplanada, Rio Quente Centro e Fauna II, escolhidos dentre todos os bairros do município. Os critérios para escolha dos bairros são descritos a seguir.

Especificamente neste trabalho, a Pousada do Rio Quente foi considerada como bairro, pelo fato da sua geração de RSU ser relevante, apesar do Poder Público considerá-la como área rural. Os bairros Setor Central e Centro foram denominados simplesmente bairro Rio Quente Centro. Tomou-se esta decisão para facilitar a caracterização dos RSU tanto da Pousada do Rio Quente, quanto da área central da cidade de Rio Quente (RIO QUENTE, 2007b).

Os bairros Pousada do Rio Quente e Esplanada foram escolhidos por concentrarem a área turística com representatividade regional, estadual e até nacional, tanto a rede hoteleira como a área de lazer e entretenimento, apresentando uma população flutuante significativa e um maior volume de geração de RSU para sua disposição no atual lixão do município.

Os outros dois bairros: Rio Quente Centro e o Fauna II foram escolhidos por apresentarem na seqüência, um maior volume de geração de RSU para sua disposição no atual lixão, em decorrência de uma maior concentração da população fixa do município.

Em síntese, esta escolha dos bairros teve em vista suas características de maior concentração populacional e sua representatividade em relação aos outros bairros.

Inicialmente foram feitas quatro pesagens, uma para cada bairro no dia 31/07/07 e, posteriormente, nos dias 22, 23 e 24/10/07 foram realizadas mais três pesagens referente aos dois bairros da área turística, Pousada do Rio Quente, Esplanada e uma pesagem no bairro Rio Quente Centro, ou seja, esses três bairros foram contemplados com duas pesagens cada.

A Figura 3.3 apresenta o mapa dos bairros do município, a localização da atual área de disposição de RSU e os bairros selecionados para o estudo da caracterização dos RSU, Pousada do Rio Quente, Esplanada, Rio Quente Centro e Fauna II.

Figura 3.3 – Mapa dos bairros do município de Rio Quente, (31/10/2007).

Ao executar as sete pesagens e a classificação dos RSU destes quatro bairros, foram adotados procedimentos básicos na operação, como o recebimento "in loco" e deposição dos RSU em praça limpa revestida de plástico, (Figura 3.4), para não serem misturados com terra e outros RSU da área do lixão, utilizando-se uma balança adequada, marca Filizola, com capacidade de 500kg (Figura 3.5).

Foi pesado inicialmente, o volume total que o veículo transportava e, posteriormente, foram separados e pesados os RSU secos e em seguida os RSU úmidos (Figura 3.6).

Tornou-se impossível, durante a caracterização, a separação dos RSU proveniente dos sanitários ou banheiros das residências e dos empreendimentos turísticos do município, visto que o município não faz a seleção dos RSU na sua origem. Atualmente, somente a empresa Companhia Thermas do Rio Quente, a qual foi certificada pela ISO 14.000, na área de gestão sustentável do meio ambiente, faz essa seletividade. Mesmo assim, os RSU provenientes desta empresa destinados para a atual área do lixão pelo transporte único do município, não são separados adequadamente, dificultando a seletividade artesanal dos RSU como um todo, no local da área do lixão. A pesquisa de opinião (Figura 3.1) mostrou que, além da empresa Companhia Thermas do Rio Quente, alguns moradores já praticam precariamente a seletividade dos RSU, em úmido, seco e de banheiro ou sanitário, facilitando e muito, de certa forma a separação final destes materiais no seu destino final.

Figura 3.4 – Recebimento dos RSU na atual área do lixão (10/2007).

Figura 3.5 – Pesagem dos RSU na atual área do lixão (10/2007).

Figura 3.6 – Separação dos RSU na atual área do lixão (10/2007).

O veículo que coleta, transporta e faz a deposição dos RSU até o seu destino final, no atual lixão do município de Rio Quente é um caminhão marca Chevrolet (Figura 3.7), modelo F-4000, com carroceria de madeira 3/4, cujas laterais são duplicadas em altura, (Figura 3.8). O volume que este veículo transporta de RSU, em cada viagem que faz dos bairros indicados na pesquisa até o seu destino final, foi determinado pelas medidas internas de sua carroceria, "in loco", uma vez que, durante o período de maio a outubro de 2007, todas as cargas eram completas, até o final das laterais da carroceria. Portanto, preenchendo a capacidade máxima de carga da carroceria, mas sem deixar cair material no caminho ao longo do percurso, pelo fato de estar utilizando uma lona plástica preta cobrindo a parte superior aberta da carroceria.

Este veículo não possui sistema de contenção do chorume no fundo da carroceria, proveniente do período de transporte dos RSU até o seu destino final, não impedindo que o mesmo escorra para fora do veículo.

As medidas internas da carroceria da F-4000 utilizadas para calcular o volume solto dos RSU, em cada viagem com origem nos bairros e destino final até a atual área do lixão do município de Rio Quente - GO, durante a pesquisa, no período de maio a outubro de 2007,

foram: largura: 2,12 m; comprimento: 3,94 m; altura: 0,985 m e o volume de RSU transportado por viagem da F-4000 é de: 8,227 m³.

Figura 3.7 – Veículo da coleta e transporte dos RSU no município (24/10/2007).

Figura 3.8 – Veículo da coleta e transporte dos RSU no município (24/10/2007).

## 3.2 Caracterização geológico-geotécnica

Esta etapa visou obter as informações sobre o meio físico para a avaliação da adequabilidade da área, bem como para a definição dos critérios que serão empregados nessa avaliação.

Inicialmente foi realizada uma pesquisa através de consulta a documentos diversos: livros, artigos científicos, publicações periódicas, ferramentas de pesquisa na internet, relatórios, ofícios, regulamentos, normas e boletins; mapas topográfico, geológico, pedológico e outros, através dos contatos com os órgãos municipais, estaduais e federais, tais como: Secretaria Municipal de Turismo e Meio Ambiente de Rio Quente – SECTUR; Agência Goiâna do Meio Ambiente – AGMA/GO; Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM; Centrais Elétricas de Corumbá – FURNAS - Caldas Novas – GO; Consultor de hidrologia de FURNAS – Rio de Janeiro – RJ; Geólogos da Região das Águas Quentes – GO; a empresa Companhia Thermas do Rio Quente – Rio Quente – Go; Cartório de Registro de Imóveis de Rio Quente – Comarca de Caldas Novas - GO.

A partir destas informações, foi elaborada, na escala 1:25.000 uma base cartográfica do município, na qual a área do atual lixão está inserida; foi realizado em campo um levantamento topográfico e uma identificação das áreas de afloramento de rocha da atual área de disposição dos RSU.

Com base no mapa hidrogeológico em papel fornecido pela CPRM-GO, foi digitalizado o mapa hidrogeológico na base cartográfica, escala 1:25.000. A área mapeada está compreendida no quadrante dado pelas coordenadas UTM X: 8041000 a 8036000 e Y: 730500 a 738000.

A partir do mapa planialtimétrico, foi calculado a declividade média dos eixos 1-2; 3-6 e 4-5, transversais às curvas de nível, indicados na Figura 3.9.

Foi analisada uma imagem de satélite, obtida do Ikonos/2002, para identificar possíveis erosões, recursos hídricos superficiais e as APPs; veredas, nascentes e matas ciliares.

As características geotécnicas dos solos superficiais e profundos, bem como a profundidade do lençol freático, foram analisadas através de um trabalho de investigação local de campo e ensaios de laboratório, com a colaboração dos técnicos da Universidade Federal de Uberlândia – UFU, utilizando-se para este fim dois poços (P1 e P2) com 1,20m de diâmetro e profundidades de 3 e 10m, respectivamente, executados de acordo com a NBR 9604/86 (ABNT, 1986b), amostras superficiais nos locais S0, S1 e S2 indicados na Figura 3.9.

No poço P1 foi realizada a caracterização de metro em metro até a profundidade de 3 m e no P2 até a profundidade de 5 m, através de ensaios de granulometria (ABNT, 1984d), limites de liquidez, de plasticidade (ABNT, 1984a, 1984c), massa específica dos grãos (ABNT, 1984b) e, ainda, ensaio de compactação (ABNT, 1984e) sendo que, para as amostras de 1 e 2m de profundidade do poço P1, foi realizado um único ensaio de compactação, tendo em vista que elas praticamente apresentaram características de granulometria e plasticidade semelhantes.

Para verificar a possibilidade do solo ser empregado como barreira hidráulica quando compactado, foram executados ensaios de compactação (ABNT, 1984e) e permeabilidade do solo compactado, pela metodologia MCT, conforme Nogami e Villibor (1995).

Nos dois poços P1 e P2, nas superfícies S1 e S2 foram realizados ensaios de permeabilidade com o emprego do permeâmetro de Guelph.

Figura 3.9 – Mapa planialtimétrico da atual área do lixão (01/11/2007).

Nas análises do vento, considerou-se a escala de velocidade de Beaufort, a direção e a intensidade dos ventos. Os dados referentes à pluviosidade e vento foram fornecidos pela Secretaria de Ciência e Tecnologia do Estado de Goiás, referentes à estação 19 – cidade Caldas Novas - GO, a qual é a mais próxima do município de Rio Quente (GOIÁS, 2007). A pluviosidade total anual considerada é a média do período de 2000 a 2003 e 2006 a 2007.

As informações sobre a vegetação do município de Rio Quente foram obtidas através da Secretaria de Planejamento de Goiás (GOIÁS, 2000).

O uso e ocupação do solo refere-se às informações obtidas através da Secretaria de Turismo e Meio Ambiente do município de Rio Quente (RIO QUENTE, 2007d) e da Agência Goiâna do Meio Ambiente (2007).

### 3.3 Avaliação da adequabilidade ambiental da área atual do lixão

Nesta etapa, com as informações obtidas na etapa de caracterização, foi avaliada a adequabilidade da área de disposição dos RSU, através da análise de cada um dos atributos que englobam todos os aspectos favoráveis e ou restritivos especificados pela Agência Goiâna do Meio Ambiente (2007), Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (1995, 2000) e Zuquette et al. (1993 apud ZUQUETTE; GANDOLFI, 2004).

Realizou-se uma conciliação dos atributos de acordo com o Anexo F da resolução CEMAN 07/90, item 2.5.6.3, onde a Agência Goiâna do Meio Ambiente estabelece os critérios para a seleção da área de RSU, com os atributos ambientais restritivos, recomendados e ou favoráveis indicados nas Tabelas 2.11 – Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (1995), 2.12 – Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (2000) e 2.14 – Zuquette et al. (1993 apud ZUQUETTE; GANDOLFI, 2004), do item 2.6.4. Ao realizar a conciliação, percebeu-se que vários atributos contidos na Tabelas 2.11, 2.12 e 2.14, do Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (1995, 2000) e Zuquette et al. (1993 apud ZUQUETTE; GANDOLFI, 2004) respectivamente, repetiam nos atributos de estabelecimento de critérios para a seleção da área de RSU da Agência Goiâna do Meio Ambiente (2007).

Portanto, na avaliação da adequabilidade para a utilização da atual área do lixão do município de Rio Quente, foram considerados todos os 15 atributos da Agência Goiâna do Meio Ambiente (2007), 5 atributos do Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (1995, 2000) e 15 atributos do Zuquette et al. (1993).

Na Tabela 3.1, fez-se a conciliação dos atributos restritivos e ou favoráveis que contemplam na Agência Goiâna do Meio Ambiente (2007), com possibilidade de contemplar ou não nas restrições do Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (1995, 2000) e Zuquette et al. (1993 apud ZUQUETTE; GANDOLFI, 2004).

Tabela 3.1 - Comparativo das restrições ambientais recomendadas e ou favoráveis segundo a Agência Goiâna do Meio Ambiente (2007), entre as restrições de Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (1995, 2000) e Zuquette et al. (1993 apud ZUQUETTE; GANDOLFI, 2004).

| **Ítem** | **Descrição** | **AGMA (2007)** | **IPT (1995)** | **IPT (2000)** | **Zuquette et al. (1993)** |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Distância do gerador | D ≤ 5 km, a partir do perímetro urbano, podendo ter distância superior avaliando-se os custos operacionais, D < 20 km | 10 < D< 20 km | 5 < D < 20 km | não contempla |
| 2 | Acesso | Facilidade de acesso | não contempla | não contempla | não contempla |
| 3 | Profundidade do lençol freático | p > 10 m | p ≥ 3m e com Restrições ≥ 1,50m | não contempla | P > 10 m – favorável<br>P > 6 m – moderada<br>2 < p < 4 m – severa |
| 4 | Ampliação futura da área | verificar disponibilidade para ampliações futuras da área | não contempla | não contempla | não contempla |
| 5 | Expansão urbana | tendências de expansão urbana contra a região (crescimento da cidade) | não contempla | não contempla | não contempla |
| 6 | Ventos | com direção oposta ao aglomerado urbano | não contempla | não contempla | com direção oposta ao aglomerado urbano |
| 7 | Erosões | resistência do solo e que não seja susceptível a erosões (tipo de solo) | não contempla | não contempla | sem frequência |
| | índice de erodibilidade | não contempla | não contempla | não contempla | Índice baixo |
| 8 | Declividade (i%) | i < 10 | 1 < i < 20 | 3 ≤ i ≤ 20 | 2 < i < 5 |

Tabela 3.1 continua.

Tabela 3.1 continuação.

| Ítem | Descrição | AGMA (2007) | IPT (1995) | IPT (2000) | Zuquette et al. (1993) |
|---|---|---|---|---|---|
| 9 | Distância de coleções hídricas, nascentes e veredas | distância de coleções hídricas, nascentes e veredas > 400 m | > 200 m | > 200 m | > 500 m |
| 10 | Relação com a vizinhança | > 1.000 m | > 500 m | não contempla | não contempla |
| 11 | Características hidrogeológicas da área (formador de bacia hidrográfica, tipo de vegetação etc.) | contempla | | | |
| 12 | Profundidade substrato rochoso (m) | observar se existe afloramento de rocha na região, em especial na área não contempla medida | não contempla | não contempla | > 15 m – favorável 5 < sr < 15 - moderado sr < 5 - severa |
| 13 | Zoneamento Urbano | zoneamento urbano (seja compatível com o plano diretor do município) | Vetor de crescimento mínimo | Vetor de crescimento mínimo | não contempla |
| 14 | Zoneamento ambiental | distante de APAS, Parques, APP | Áreas sem restrições | Areas sem restrições | não contempla |
| 15 | Bacia e sub.bacia hidrográfica | deve estar fora da bacia de captação de água para abastecimento público | não contempla | não contempla | não contempla distância do limite entre bacias hidrográficas > 200 m |

Fonte: Agência Goiâna do Meio Ambiente (2007), Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (1995, 2000) e Zuquette et al. (1993 apud ZUQUETTE; GANDOLFI, 2004).

A Tabela 3.2 apresenta todas as restrições ambientais que contempla no Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (1995, 2000), que não são recomendadas e nem incluídas nas restrições básicas da Agência Goiâna do Meio Ambiente (2007).

Tabela 3.2 - Comparativo das restrições ambientais recomendadas e ou favoráveis, segundo Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (1995, 2000), que não estão incluídas nas restrições básicas da Agência Goiâna do Meio Ambiente (2007).

| **Itens analisados** | **AGMA (2007)** | **IPT (1995)** | **IPT (2000)** | **Zuquete et al. (1993)** |
|---|---|---|---|---|
| Vida útil | não contempla | > 10 anos | > 10 anos | não contempla |
| Densidade populacional | não contempla | Baixa | Baixa | não contempla |
| Uso e ocupação das terras | não contempla | Áreas devolutas ou pouco utilizadas | Areas devolutas ou pouco utilizadas | não contempla |
| Valor da terra | não contempla | Baixo | Baixo | não contempla |
| Aceitação popular e de suas entidades não-governamentais | não contempla | Boa | Boa | não contempla |

Fonte: Agência Goiâna do Meio Ambiente (2007), Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (1995, 2000) e Zuquette et al. (1993 apud ZUQUETTE; GANDOLFI, 2004).

A Tabela 3.3 apresenta todas as restrições ambientais que contempla no Zuquette et al. (1993 apud ZUQUETTE; GANDOLFI, 2004) que não são recomendadas e nem incluídas nas restrições básicas da Agência Goiâna do Meio Ambiente (2007).

Tabela 3.3 - Comparativo das restrições ambientais recomendadas e ou favoráveis, segundo Zuquette et al. (1993 apud ZUQUETTE; GANDOLFI, 2004) que não estão incluídas nas restrições básicas da Agência Goiâna do Meio Ambiente (2007).

| Componente | Atributo | Parâmetro | AGMA (2007) | IPT (1995) | IPT (2000) | Zuquette et al. (1993) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Substrato Rochoso | (1)Litologia (***) | Resistência Mecânica Cimento Arranjo (IAEG.1981; ISRM,1981) | não contempla | não contempla | não contempla | gnaisses, migmatitos, siltitos e argilitos |
| | (2)Descontinuidade | Jv(Barton et al, | não contempla | não contemplado | não contemplado | I/II |
| | (3)Classificação Textural | ASTM (1984) | Nãocontempla | não contempla | não contempla | areia argilosa |
| | (4)Variação Vertical | | não contempla | não contempla | não contempla | Heterogêneo |
| | (5)Mineralogia | Minerais de argila, minerais inertes | não contempla | não contempla | não contempla | minerais de argila 2 x 1 |
| Materiais Inconso-lidados | (6)Matacões | Tamanho (maior dimensão) (m) Frequência Profundidade | não contempla | não contempla | não contempla | Não |
| | (7)pH/ΔpH(*) | | não contempla | não contempla | não contempla | > 4/negativo |
| | (8)Salinidade (mhos/cm) | Condutividade Elétrica | não contemplado | não contempla | não contempla | < 16 |
| | (9)C.T.C(**) | | | | | > 15 |
| | (10)Camada Compressível | Espessura Profundidade | não contempla | não contempla | não contempla | não |
| | (11)Material Colapsível | Espessura Profundidade | não contempla | não contempla | não contempla | não |
| | (12)Fator de retardamento | | não contempla | não contempla | não contempla | Alto |
| | (13)Características de compactação | Proctor normal | não contempla | não contempla | não contempla | Adequada |
| Água | (14)Direção do fluxo saturado | Números de direções | não contempla | não contempla | não contempla | 1 |
| | (15) Fluxo superficial | | não contempla | não contempla | não contempla | laminar |
| | (16) Condutivida-de hidráulica (cm/s) | | não contempla | $1.10^{-8}$ | não contempla | $< 1.10^{-4}$ |
| | (17) Áreas de Recarga | | não contempla | não contempla | não contempla | não |
| | (18)Drenagem | Carta específica | não contempla | não contempla | não contempla | Adequada |

Tabela 3.3 continua.

Tabela 3.3 continuação.

| Componente | Atributo | Parâmetro | AGMA (2007) | IPT (1995) | IPT (2000) | Zuquette et al. (1993) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Processos (feições) | (19)Movimentos de massa gravitacionais | Frequência Intensidade | não contempla | não contempla | não contempla | não |
| | (20)Subsidências | Frequência Intensidade | não contempla | não contempla | não contempla | não |
| | (21)Feições cársticas | Frequência Intensidade | não contempla | não contempla | não contempla | não |
| | (22)Zonas de inundações | Frequência Intensidade (área afetada) | não contempla | não contempla | não contempla | não |
| Relevo | (23) Formas de relevo | | não contempla | não contempla | não contempla | encostas planas (i < 15º) |
| | (24)Zonas úmidas | | não contempla | não contempla | não contempla | não |
| Características Climáticas | (25)Evapotranspiração | Total anual | não contempla | não contempla | não contempla | alto (> 1.000 mm) |
| | (26)Pluviosidade | Total anual | não contempla | não contempla | não contempla | ≤ 2.000 mm |

Jv - Contador volumétrico de juntas (Barton et al. 19740
(*) ΔpH = pH KCl - pH H2O; (**) CTC - Capacidade de troca catiônica; (***) - Litologias da região em estudo

Fonte: Agência Goiâna do Meio Ambiente (2007), Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (1995, 2000) e Zuquette et al. (1993 apud ZUQUETTE; GANDOLFI, 2004).

A atual área do lixão, para ser utilizada como Aterro Sanitário, deve possuir atributos que atendam, no mínimo, aos critérios da Agência Goiâna do Meio Ambiente (2007). Existem outros atributos que podem ser considerados na avaliação da adequabilidade. Como sugestão apresenta-se os critérios do Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (1995, 2000); Zuquette et al. (1993 apud ZUQUETTE; GANDOLFI, 2004). Podem ainda surgir outros atributos requeridos pela legislação federal, estadual e municipal.

Após uma avaliação criteriosa de cada atributo da Agência Goiâna do Meio Ambiente (2007); Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (1995, 2000) e Zuquette et al. (1993 apud ZUQUETTE; GANDOLFI, 2004), fez-se a avaliação da adequabilidade da atual área do lixão através do critério de seleção de áreas sugerido pelo Instituto Brasileiro de Administração Municipal (2001).

Esse critério divide os atributos em três grandes grupos, que atendem critérios técnicos, econômico-financeiros e político-sociais, respectivamente. Um atributo importante, não considerado pela Agência Goiâna do Meio Ambiente (2007), é a vida útil do aterro, uma vez que é grande a dificuldade de se encontrar novos locais, próximos às áreas de coleta,

para receber o volume de lixo urbano gerado no Município, em face da rejeição natural que a população tem de morar perto de um local de disposição de lixo.

A avaliação da adequabilidade da área do atual lixão para implantação do AS foi precedida de uma análise individual de cada atributo apresentado, fornecendo-se a justificativa que permita considerar o critério "favorável", ou "favorável parcialmente através de obras" ou "não favorável".

Quando os atributos naturais do terreno selecionado não são suficientes para atender integralmente a um critério analisado, significa que eles podem ser causa de problemas futuros. Tais deficiências não implicam o descarte da área. Os problemas podem ser sanados através da implementação de soluções da moderna engenharia, de forma que os efeitos gerados por eles sejam minimizados ou eliminados.

Ainda segundo Instituto Brasileiro de Administração Municipal (2001), o procedimento adequado para a avaliação da adequabilidade de uma área para disposição de RSU, deve seguir a hierarquização de critérios estabelecidos na Tabela 3.4, com seus respectivos pesos. A forma como um atributo atende aos condicionantes do critério também recebe um peso, conforme Tabela 3.5.

Para a avaliação da adequabilidade da área do atual do lixão, foi calculado o número total de pontos dessa área e comparado com o número de pontos que se teria, se todos os atributos aqui analisados atendessem aos respectivos condicionantes. A adequabilidade é tanto maior quanto maior for a relação entre essas duas pontuações

Tabela 3.4 – Hierarquização de critérios

| **Hierarquização de critérios** | **Prioridade dos critérios** | **Peso** |
|---|---|---|
| Atendimento ao SLAP* e à legislação ambiental em vigor | 1 | 10 |
| Atendimento aos condicionantes político-sociais | 2 | 6 |
| Atendimento aos principais condicionantes econômicos | 3 | 4 |
| Atendimento aos principais condicionantes técnicos | 4 | 3 |
| Atendimento aos demais condicionantes econômicos | 5 | 2 |
| Atendimento aos demais condicionantes técnicos | 6 | 1 |

*Sistema de licenciamento de atividades poluidoras.

Fonte: Instituto Brasileiro de Administração Municipal (2001).

Tabela 3.5 – Peso dos critérios e do tipo de atendimento para a aprovação da atual área do lixão.

| **Tipo de atendimento** | **Peso** |
|---|---|
| Total | 100% |
| Parcial ou com obras | 50% |
| Não atendido | 0% |

Fonte: Instituto Brasileiro de Administração Municipal (2001).

Em função do resultado das análises anteriores, foi feita uma avaliação geral visando propor diretrizes para orientar as ações que o poder público poderá realizar para melhorar as condições ambientais da deposição dos RSU do município de Rio Quente.

# 4 MUNICÍPIO DE RIO QUENTE

## 4.1 Localização da área em estudo

Segundo o Anuário Estatístico do Estado de Goiás (1996), o município de Rio Quente está localizado no sul do Estado de Goiás, na Mesorregião do Sul Goiano (Figura 4.1) e na Microrregião do Rio Meia Ponte (Figura 4.2).

ESTADO DE GOIÁS: MESORREGIÕES (1996)

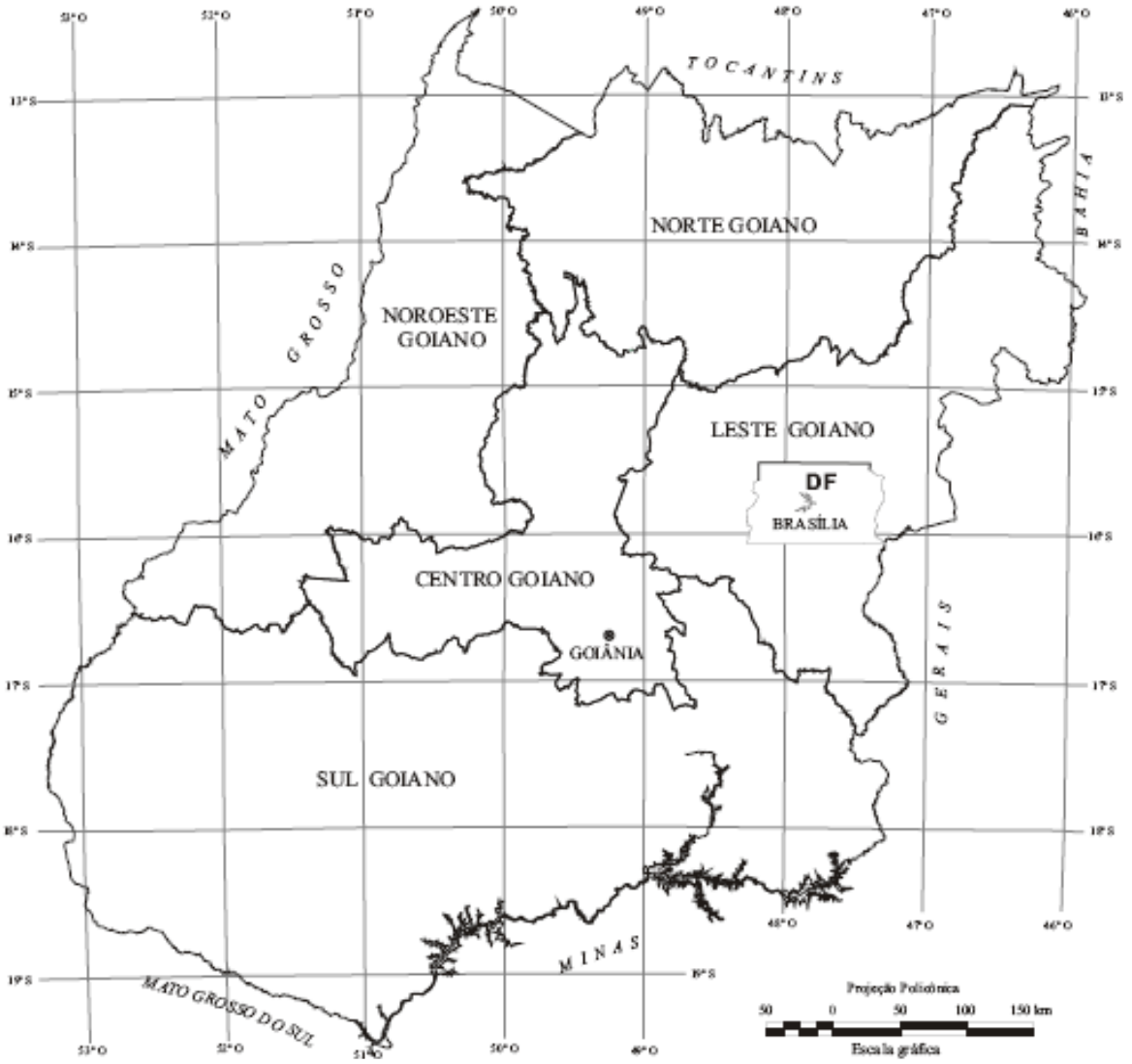


Figura 4.1 – Mesorregião do estado de Goiás.

Fonte: Goiás (1999).

ESTADO DE GOIÁS: MICRORREGIÕES (1996)

Figura 4.2 – Microrregião do estado de Goiás.

Fonte: Goiás (1999).

A localização e altitude do município estão apresentadas na Tabela 4.1. Sua área representa 0,08% do Estado de Goiás.

Tabela 4.1 – Localização do município de Rio Quente - GO.

| **Localização do município de Rio Quente** | |
|---|---|
| Mesorregião do Sul Goiano | nº 005 |
| Microrregião do Meia Ponte | nº 015 |
| Coordenada geográfica: Latitude (s) | -17º 46'27" |
| Coordenada geográfica: Longitude (W.Gr.) | 48º 46'21" |
| Altitude (acima do nível do mar) | 680 m |
| Área total | 257,6 $km^2$ |

Fonte: Anuário... (1996 apud ARAÚJO, 1996).

De acordo com o IBGE (2002b), a área territorial oficial do município de Rio Quente é de 256,739 $Km^2$.

Os municípios limítrofes, segundo a microrregião, são os seguintes: Água Limpa; Caldas Novas; Marzagão e Morrinhos. As distâncias entre o município de Rio Quente e alguns municípios estão apresentadas na Tabela 4.2.

Tabela 4.2 - Distâncias de Rio Quente a outros municípios por rodovias.

| **Trecho rodoviário: Rio Quente até** | **Distância Km** | **Acesso** |
|---|---|---|
| Brasília | 300 | GO 507, GO 213, GO 139, GO 217, BR 153 e BR 060 |
| Goiânia | 180 | GO 507, GO 213, GO 139, GO 217 e BR 153 |
| Uberlândia | 200 | BR 050, MG 413, G0 139, G0 213 e G0 507 |
| **Municípios limítrofes** | | |
| Caldas Novas | 31 | GO 507 e GO 213 |
| Marzagão | 60 | GO 507, GO 213 e GO 139 |
| Água Limpa | 83 | GO 507, GO 213, GO 139 e GO 210 |
| Morrinhos | 54 | GO 507, GO 213 |

Fonte: Goiás (1997).

## 4.2 História

Em 1722, Bartolomeu Bueno da Silva, o filho, descobriu na fralda da serra, em Goiás, um ribeirão de águas quentes, que mais tarde recebeu o nome de Caldas.

Após encontrar ouro, Bueno prosseguiu viagem, deixando praticamente esquecidas as águas termais, que mais tarde não deixaram de ser procuradas por doentes.

Em 1818 o governador de Goiás, Capitão Geral Fernando Delgado de Castilho, fez uso destas águas, curando-se completamente de paralisia e reumatismo, motivando como isso grande difusão das propriedades curativas das águas de Caldas.

Em 1838, o diretor da Faculdade de Medicina do Rio de Janeiro tornou conhecida a existência dessas águas e chamou a atenção do governo. Assim, o governo do Brasil, interessado no assunto, em fins de julho daquele ano pediu informações ao Presidente da Província, José de Assis Mascarenhas, que lhe respondeu a 16 de outubro de 1838 confirmando a existência das fontes. Em obediência ao Imperador, D. José Mascarenhas encarregou o Dr. Vicente Moretti Foggia de examinar as águas e verificar suas virtudes terapêuticas.

Em 1851 foi criado o distrito pelo Conselho de Santa Cruz, a que então pertencia Caldas Novas.

Processando-se em 1880 a nova divisão territorial da Província, o Capitão Cândido Gonzaga de Menezes, filho de Luiz Gonzaga, usando de sua influência, conseguiu que Caldas Novas fosse desagregada de Santa Cruz e anexada ao então município de Vila Bela de Morrinhos, que se achava mais próximo. Ainda pertencendo à Vila Bela de Morrinhos, foi elevada a distrito em 1893.

A Lei Estadual nº 393, de 5 de julho de 1911, criou o município de Caldas Novas, elevando sua sede à categoria de Vila, desmembrando-se do município de Morrinhos. Sua instalação deu-se em 21 de outubro de 1911 (GOIÁS, 1911).

Foi elevada à categoria de cidade pela Lei nº 724, de 21 de junho de 1923 (GOIÁS, 1923).

Em 1933, pela divisão administrativa o Município aparece com dois distritos: de Caldas Novas e Boa Vista do Marzagão. Na divisão territorial de 31 de dezembro de 1936, o município de Caldas Novas é termo judiciário de Morrinhos e figura com os seguintes distritos: Boa Vista do Marzagão e São Sebastião do Sapé, além da sede.

Pela Lei nº 123, de 15 junho de 1937, foi elevado à categoria de Comarca de primeira

instância (GOIÁS, 1937).

Os povoados de Água Quente, Paraíso e Sapé integram o município de Caldas Novas.

A origem do nome Água Quente por estar localizado à beira do ribeirão de águas termais com a temperatura de 38º C.

Os antigos habitantes de Caldas Velhas, que passou a se chamar Patrimônio das Águas Quentes, depois de vários entraves políticos, conseguiram sensibilizar as autoridades superiores para realização de um plebiscito para desmembramento da região do município de Caldas Novas.

Porém por decisão do Tribunal Eleitoral Regional, em sessão extraordinária, ficou deliberada a autorização para a realização do plebiscito, ficando marcado para o dia 01 de maio de 1988, tendo o resultado favorável, pela criação do novo município.

Pela Lei nº 10.506, publicada no Diário Oficial do Estado criou-se o município de Rio Quente, em 11 de maio de 1988, constituído pelos povoados de Boa Esperança, Patrimônio Água Quente e Esplanada (GOIÁS, 1988).

Atualmente, segundo o Departamento de Cadastro e Tributos da Prefeitura Municipal de Rio Quente (RIO QUENTE, 2007d) o município de Rio Quente é formado por 13 bairros.

a) Centro
b) Esplanada do Rio Quente
c) Estância Rio Quente
d) Fauna I
e) Fauna II
f) Floresta dos Sabiás
g) Mansões do Rio Quente I
h) Mansões do Rio Quente II
i) Morada da Serra
j) Portal do Rio Quente
k) Residencial Veredas do Rio Quente

l) Setor Central

m) Solar Água Quente

Os antigos bairros Solom Amaral I e II foram transformados em Fauna I.

### 4.3 Evolução da população permanente e flutuante

A Secretaria Municipal de Turismo e Meio Ambiente (RIO QUENTE, 2006b) definiu a população no município de Rio Quente em população fixa e a população flutuante.

A população flutuante no município é considerada da seguinte forma: visitantes em trânsito hospedados em hotéis; condo-hotéis (condomínios que funcionam como hotéis); pousadas; hospedarias em casas; segunda residência e de aluguéis; *day user* (uso diário) ou passantes/dia nos parques.

Na Tabela 4.3, a Secretaria Municipal de Turismo e Meio Ambiente de Rio Quente apresenta uma previsão da ocupação anual no sistema turístico de Rio Quente até o ano de 2010 com uma margem de erro de aproximadamente 3%. Do ano 2010 ao ano 2015 a previsão é estimada em função do crescimento dos últimos 19 anos e principalmente dos últimos 10 anos. Com a implantação de novos atrativos, como exemplo *"A Praia do Cerrado", a qual deverá ser a maior piscina de ondas de água termal do mundo, com inauguração prevista para o primeiro semestre de 2008* – Companhia Thermas do Rio Quente (2007), espera-se um expressivo aumento de usuários *day user* ou passante/dia nos parques.

Tabela 4.3 – Ocupação populacional anual no sistema turístico de Rio Quente - GO.

| **Discriminação** | **1996** | **2005** | **2006** | **2008** | **2010** | **2015** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Visitantes (trânsito) | 450.000 | 1.000.000 | 1.000.000 | 1.300.000 | 1.500.000 | 2.000.000 |
| Residentes (fixos) | 1.650 | 4.600 | 5.100 | 5.800 | 7.200 | 9.000 |
| Leitos disponíveis | 1.740 | 5.653 | 10.098 | 15.502 | 18.500 | 23.000 |

Fonte: Rio Quente (2006b).

As Figuras 4.3 e 4.4, apresentam a evolução da população fixa e flutuante, respectivamente, com uma previsão de crescimento significativo até o ano de 2015

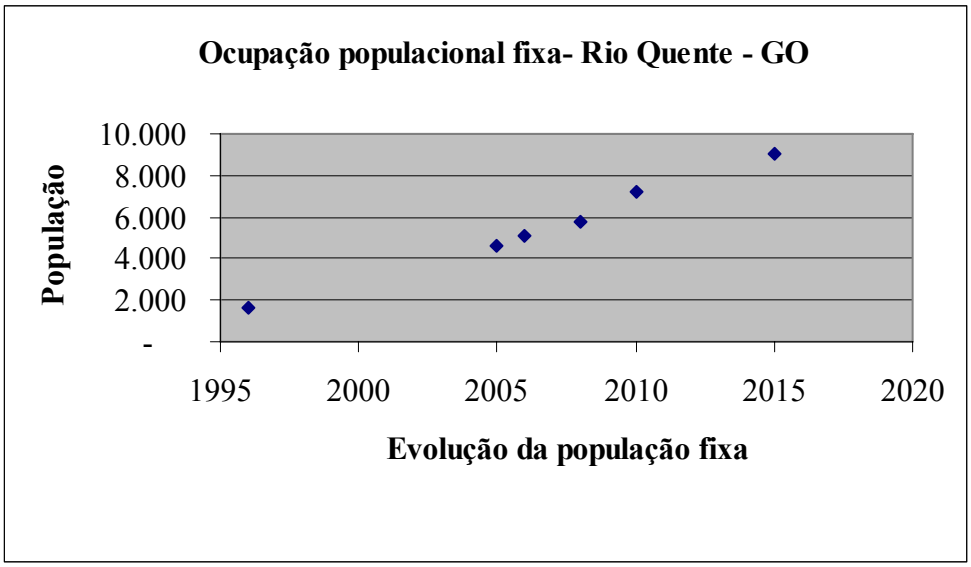


Figura 4.3 – Evolução da população fixa do município de Rio Quente - GO

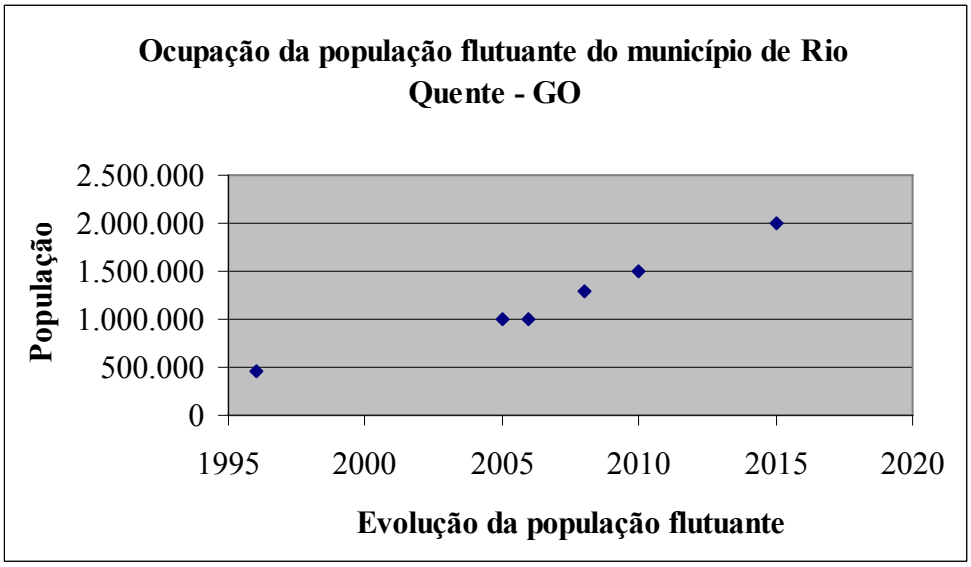


Figura 4.4 - Evolução da população flutuante do município de Rio Quente - GO

Como não há até o momento, um plano diretor do município com diretrizes para a expansão urbana sustentável, há uma tendência de crescimento mais acentuado para os próximos dez anos, em decorrência do desenvolvimento turístico do município, nos seguintes bairros: Pousada do Rio Quente, Esplanada, Mansões do Rio Quente II e Rio Quente Setor Central.

Com relação especificamente ao crescimento da Pousada do Rio Quente (Companhia

Thermas do Rio Quente), este crescimento se dará nas áreas de sua propriedade, voltado exclusivamente para o lazer, entretenimento e setor imobiliário, atendendo a demanda turística deste bairro, cuja extensão total é de propriedade exclusiva da Companhia Thermas do Rio Quente S/A ou Grupo Rio Quente Resorts.

Já nos outros bairros, como Esplanada do Rio Quente, Mansões do Rio Quente II, os quais já estão 100% loteados, a sua projeção de crescimento deverá ser exclusivamente em função da agressividade da expansão dos negócios da Companhia Thermas do Rio Quente ou a entrada de uma ou mais empresas de expressão que interfira no desenvolvimento econômico financeiro do município.

Já o Setor Central, Mansões do Rio Quente I e alguns bairros residenciais do município poderão crescer com menos intensidade que os já citados, em função da geração de empregos face à expansão turística no município.

## 4.4 Infra-estrutura básica atual

A Tabela 4.4 mostra que desde 1997 o município está bem servido quanto á distribuição de água tratada.

Tabela 4.4 - Extensão das redes de água tratada – Rio Quente – GO.

| Ano | População atendida na zona urbana | Ligações residências | Ligações comerciais/outras | Volume produzido ($m^3$) |
|---|---|---|---|---|
| 1997 | 100,00% | 369 | 51 | 25.920 |
| 1998 | 100,00% | 454 | 60 | 25.920 |
| 2007 | 94,43% | 1.118 | - | - |

Fonte: Rio Quente (2007b).

No entanto, segundo o DEMAE – Departamento Municipal de Água e Esgoto de Rio Quente – GO, 2007, somente o Bairro Esplanada, onde se concentra a economia mais forte do Município, que é o negócio de Turismo, é cem por cento servido por uma infra-estrutura de coleta de esgoto com destino para uma Estação de Tratamento de Efluentes – ETE, de capacidade para 12.000 habitantes/dia.

Existem atualmente duas redes paralelas de captação de esgoto no Bairro Esplanada, sendo uma antiga que atendia o Rio Quente Resorts e posteriormente passou a atender o Bairro Esplanada. A partir de 2006 foi implantada a segunda rede de captação dos efluentes deste Bairro, visto que somente a primeira rede de captação não seria suficiente para atender a demanda de efluentes, em decorrência do crescimento explosivo do setor imobiliário. Esta segunda rede de captação dos efluentes foi construída graças à necessidade, vontade e disponibilidade financeira dos Empresários do município, através da Associação dos Empresários de Rio Quente – AERQ (RIO QUENTE, 2006a).

As residências, comércios, pequenas indústrias, edificações do poder público de outros bairros do município destinam seus efluentes para um tanque séptico em cada um dos terrenos que contemplam essas unidades. A retirada dos sólidos excedentes nestes tanques sépticas é realizada através de veículos particulares da cidade de Caldas Novas ou região. Esta retirada é periódica, sendo que a decisão e o custo para realizar esta operação é exclusivamente de cada proprietário de imóveis destes bairros não servidos pela rede de esgoto e de uma estação de tratamento de efluentes.

Os bairros que atualmente não são contemplados por uma estação de tratamento de efluentes são em número de 12: Estância Rio Quente; Fauna I; Fauna II; Floresta dos Sabiás; Mansões do Rio Quente I; Mansões do Rio Quente II; Morada da Serra; Portal do Rio Quente; Residencial Veredas do Rio Quente; Centro; Setor Central e Solar Água Quente (RIO QUENTE, 2006a).

A Tabela 4.5 apresenta um panorama em 2007, no que se refere à água tratada, esgoto, tanque séptico e poço tipo cisterna para atender a comunidade em geral no município de Rio Quente. A Tabela 4.6 apresenta o resumo deste cenário.

Segundo o DEMAE de Rio Quente (2007a), a área urbana do município de Rio Quente – GO recebe cem por cento da energia elétrica fornecida pela concessionária Centrais Elétricas de Goiás - CELG. A área rural também possui redes elétricas, criando condições para que todo proprietário de uma gleba de terra possa levar a energia elétrica até suas instalações de apoio.

Tabela 4.5 – Demonstrativo de distribuição de água tratada e rede de esgoto em Rio Quente

| Setor | Água tratada | Esgoto | Tanque séptico | Poço | Total de residências |
|---|---|---|---|---|---|
| Fauna II | 302 | 0 | 304 | 02 | 304 |
| S. Central/Centro | 88 | 0 | 88 | 0 | 88 |
| Fauna I (S. Amaral I) | 157 | 0 | 157 | 0 | 157 |
| Fauna I (S. Amaral II) | 206 | 0 | 206 | 0 | 206 |
| **Solar Água Quente | 03 | 0 | 14 | 11 | 14 |
| Portal do Rio Quente | 06 | 0 | 06 | 0 | 06 |
| Esplanada | 222 | 199 | 23 | 0 | 222 |
| Mansões I | 29 | 01 | 29 | 01 | 30 |
| Mansões II | 12 | 0 | 13 | 01 | 13 |
| Floresta dos Sabiás | 0 | 0 | 05 | 05 | 05 |
| Veredas Rio Quente | 0 | 0 | 08 | 08 | 08 |
| **Morada da Serra | 0 | 0 | 38 | 38 | 38 |
| **Total** | 1.025 | 200 | 891 | 66 | 1091 |
| Ligações paralisadas | 93 | 14 | 79 | 0 | 93 |
| **Total geral** | 1.118 | 214 | 970 | 66 | 1.184 |

** Sistema de água tratada em implantação.

Fonte: Fonte: Rio Quente (2007a).

Tabela 4.6 - Resumo: demonstrativo de distribuição de água tratada e rede de esgoto em Rio Quente – GO.

| | | |
|---|---|---|
| Número de residências | 1.184 | 100,00% |
| Ligações de água tratada | 1.118 | 94,43% |
| Ligações de esgoto | 214 | 18,07% |
| Número de poços | 66 | 5,57% |
| Número de fossas sépticas | 891 | 81,93% |

Fonte: Rio Quente (2007c).

## 4.5 Características da economia

A economia do município de Rio Quente está alicerçada no turismo, construção civil e nas atividades agropecuárias.

A principal atividade econômica do município é o turismo de lazer e de saúde. Em 1998 possuía cerca de 05 estabelecimentos de hospedagens, sendo 01 de grande porte, localizado fora do perímetro urbano, dispondo de aproximadamente 500 apartamentos e 04 de

pequeno porte.

O maior fluxo de turistas concentra-se no mês de julho; no período de dezembro a fevereiro e nos feriados prolongados, considerados época de alta temporada.

A procedência dos turistas que visitam o município é principalmente de São Paulo, Brasília, Goiás, Minas Gerais, seguidos dos demais estados e do exterior, conforme livro de registro de visitantes do Bureau SEBRAE/GO.

Os visitantes contam com os maiores atrativos turísticos do município: Rio Quente Resorts, Parque Estadual da Serra de Caldas e o Rio Quente – maior rio termal do mundo, com uma vazão média estimada em 5.000 m³/h, segundo as medições periódicas realizada por FURNAS - Centrais Elétricas S/A, através da Usina Hidrelétrica de Corumbá, localizada no município de Caldas Novas – GO (RIO QUENTE, 2007d).

# 5 GERAÇÃO, TRANSPORTE E CARACTERIZAÇÃO DOS RSU

Realizou-se uma pesquisa de opinião com 30 moradores do município de Rio Quente, conforme modelo da Figura 3.1, sendo que todos os 30 moradores são formadores de opinião, sobre a situação atual da geração e transporte de RSU no município de Rio Quente – GO, cujo resultado encontra-se na Tabela 5.1.

Tabela 5.1 – Resultado da pesquisa de opinião dos moradores, sobre a situação atual da geração e transporte de RSU no município de Rio Quente – GO.

| Pesquisa | Peridiocidade da coleta dos RSU | Separa RSU na origem? | Conhece o veículo da coleta? | O que poderia melhorar na residência ou empresa? | Geração e coleta dos RSU bairro | Bairro |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | dias alternados | não | sim | fazer a seleção | coleta diária, não espalhar RSU no chão | Fauna II |
| 2 | dias alternados | não | sim | hábito da coleta seletiva | veículo mais novo, mais cuidado no transporte dos RSU e valorizar os coletores | Fauna I |
| 3 | 2 vezes por semana | não | sim | seleção por cor | veículo apropriado, mais informação responsabilidade | MRQ I |
| 4 | semanal | não | sim | fazer a seleção | lixeiras adequadas para não permitir acesso de animais | Fauna II |
| 5 | 2 vezes por semana | não | sim | nada, não faz diferença | lixeira próprias e adequadas de fácil acesso | MRQ I |
| 6 | 4 vezes por semana | não | sim | lixeiras adequadas | coleta diária, ter responsabilidade | Fauna I |
| 7 | 3 em 3 dias | sim | sim | cronograma de coleta | cronograma de coleta | Fauna II |
| 8 | 2 a 3 vezes p/semana | não | sim | ampliar a coleta e adequar o caminhão p/ a coleta | seleção dos RSU em úmido, seco e de banheiro | Fauna II |
| 9 | dias alternados | sim | sim | fazer a seleção, coleta diária | veículo adequado e recolhimento diário com horário regular | RQ Centro |
| 10 | 4 vezes por semana | não | sim | conscientização da redução dos RSU na origem | coleta diária, horários regulares e lixeiras apropriadas | RQ Centro |
| 11 | Diário | sim | sim | receptores de coleta adequados | veículo especializado para o transporte dos RSU | Esplanada |
| 12 | Não há coleta | não | não | ter coleta na zona rural | coleta diária | Zona Rural |
| 13 | Diária | não | sim | fazer a seleção | veículo próprio para a coleta | Morada Serra |
| 14 | semanal | não | sim | fazer a seleção e ter cestas | ter cestas de lixo e caminhão próprio para recolher o lixo | Morada Serra |
| 15 | 2 vezes por semana | não | sim | lixo separado e mais higiênico favorece a reciclagem | coleta diária, a prefeitura colocar as lixeiras já com a separação | MRQ I |

Tabela 5.1 – Continua.

Tabela 5.1 – Continuação

| Pesquisa | Peridiocidade da coleta dos RSU | Separa RSU na origem? | Conhece o veículo da coleta? | O que poderia melhorar na residência ou empresa? | Geração e coleta dos RSU bairro | Bairro |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 16 | Semanal | Não | sim | conscientização da redução | transporte dos RSU adequado | Fauna I |
| 17 | 3 em 3 dias | Sim | sim | trabalho educativo com a população | coleta diária | Fauna II |
| 18 | Semanal | Não | sim | a prefeitura colocar lixeiras para separar o lixo | conscientização da população, colocar mais lixeiras nas ruas, caminhão mais adequado | MRQ II |
| 19 | 3 vezes por semana | Sim | sim | reduzir as embalagens plásticas, adquirir produtos com embalagens retornáveis otimizar as aquisições | instalar lixeiras na origem | RQR |
| 20 | 3 vezes por semana | Sim | sim | separar o lixo, informar os visitantes desta prática, ter vasilhas para cada tipo de resíduo | conscientização da população para a seleção dos RSU na origem e ter um veículo adequado | MRQ II |
| 21 | Diário | Sim | sim | reduzir a geração de lixo separar o lixo em úmido,seco e sanitário | transporte adequado melhorar o manuseio no recolhimento dos RSU | Pousada RQ |

Observou-se que os bairros do Rio Quente Centro, Esplanada e a Pousada do Rio Quente, de maior volume populacional, tanto fixa quanto flutuante são considerados prioritários na coleta, transporte e disposição dos RSU no atual lixão.

Os RSU de origem do bairro Pousada do Rio Quente são os únicos que passam por um processo de seleção dos RSU e a empresa Companhia Thermas do Rio Quente inserida neste bairro apresenta o certificado da ISO 14000 – Qualidade da Gestão Ambiental (COMPANHIA THERMAS DO RIO QUENTE – CTRQ, 2006).

O resultado da pesquisa de opinião dos moradores do município de Rio Quente – GO, sobre a situação atual da geração e transporte de RSU, Tabela 5.1, mostra:

1 - Peridiocidade da coleta dos RSU seja nos bairros ou na zona rural:
No município de Rio Quente existe uma peridiocidade variável de coleta dos RSU: de 1, 2, 3 a 4 vezes por semana. Não se constatou coleta de RSU na zona rural;

2 - Separação dos RSU na origem
34% dos moradores pesquisados fazem a seleção dos RSU na origem. Ou seja separam os RSU em úmido, seco e de banheiros;

66% dos moradores pesquisados não fazem a seleção dos RSU na origem. Ou seja não separam os RSU em úmido, seco e de banheiros;

3 – Com relação ao veículo que transporte os RSU do município:
95% dos moradores conhecem o veículo que transporta os RSU no município;
5% dos moradores não conhecem o veículo que transporta os RSU no município;

4 – O que poderia melhorar em relação à geração dos RSU nas residências e empresas do município? Os moradores entendem que:
48% devem fazer a seleção dos RSU em úmido, seco e de banheiro;
19% devem ter lixeiras adequadas, sejam de responsabilidade dele ou do Poder Público;
19% devem ter mais conscientização e ao mesmo tempo o Poder Público conscientizar a população sobre a seleção dos RSU;
14% dos moradores entendem que o Poder Público deve ter um cronograma adequado de coleta dos RSU e ampliar a freqüência desta coleta;

5 – O que poderia melhorar em relação à geração e coleta dos RSU nos bairros do município?
47 % entendem que o Poder Público deve adquirir e colocar neste serviço um veículo e lixeiras adequados;
53 % entendem que o Poder Público deve ter um cronograma, lixeiras e coleta adequados e ampliar a freqüência da coleta;

Como não há uma periodicidade de coleta definida, torna-se necessário estabelecer um calendário oficial de coleta de RSU, com informação adequada para a comunidade do município do Rio Quente – GO, de modo a orientar os moradores e evitar a exposição do lixo por longo tempo; sugerem também uma aumento da periodicidade.

O fato de 34% dos entrevistados, que são pessoas mais esclarecidas, já fazerem a separação dos resíduos úmidos e secos na origem, demonstra que já existe uma mentalidade de seleção, que precisa ser disseminada através de projetos de educação ambiental.

A grande maioria considera que o veículo de transporte não é adequado.

O resultado da pesquisa de transporte de RSU no município de Rio Quente, realizada todos os dias no período de maio a outubro de 2007, num total de 184 dias ininterruptos, está apresentado nas Tabelas 5.2 a 5.13 e o resumo geral encontra-se nas Tabelas 5.14 e 5.15. Nestas tabelas a indicação "TODOS" não significa que passou necessariamente em todos os bairros. Mas significa que não passou unicamente nos bairros selecionados para caracterização do RSU, (PRQ, ESPL, FII e RQC).

Tabela 5.2 - Pesquisa sobre o número de viagens e a distância média/dia percorrida pelo veículo que transporta RSU dos bairros para o atual lixão de Rio Quente – MAIO/2007.

| **Dia** | **Manhã** | | **Tarde** | | **Total** | **D** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **NVg** | **Bairros** | **NVg** | **Bairros** | **NVg** | **Km** |
| 1 | 2 | TODOS | 2 | PRQ | 4 | 93 |
| 2 | 2 | TODOS | 2 | PRQ | 4 | 96 |
| 3 | 1 | TODOS | 2 | PRQ | 3 | 91 |
| 4 | 1 | TODOS | 2 | PRQ | 3 | 69 |
| 5 | 1 | TODOS | 2 | PRQ/MRQI | 3 | 57 |
| 6 | 1 | TODOS | 1 | PRQ | 2 | 49 |
| 7 | 1 | PRQ/ESPL | 2 | PRQ | 3 | 70 |
| 8 | 1 | TODOS | 2 | PRQ | 3 | 71 |
| 9 | 1 | TODOS | 2 | PRQ | 3 | 75 |
| 10 | 1 | TODOS | 1 | PRQ | 2 | 52 |
| 11 | 1 | TODOS | 2 | PRQ | 3 | 79 |
| 12 | 1 | TODOS | 2 | PRQ | 3 | 54 |
| 13 | 1 | TODOS | 1 | PRQ | 2 | 51 |
| 14 | 1 | PRQ/ESPL | 2 | PRQ/ESPL | 3 | 67 |
| 15 | 1 | TODOS | 2 | PRQ | 3 | 71 |
| 16 | 1 | TODOS | 2 | PRQ | 3 | 66 |
| 17 | 1 | TODOS | 2 | PRQ | 3 | 73 |
| 18 | 1 | TODOS | 2 | PRQ/ESPL | 3 | 79 |
| 19 | 1 | TODOS | 2 | PRQ | 3 | 55 |
| 20 | 1 | TODOS | 1 | PRQ | 2 | 51 |
| 21 | 1 | PRQ/ESPL | 2 | PRQ | 3 | 68 |
| 22 | 1 | TODOS | 2 | PRQ | 3 | 72 |
| 23 | 1 | TODOS | 2 | PRQ | 3 | 71 |
| 24 | 1 | TODOS | 2 | PRQ/ESPL | 3 | 96 |
| 25 | 1 | TODOS | 2 | PRQ/ESPL | 3 | 81 |
| 26 | 1 | PRQ/ESPL | 2 | TODOS | 3 | 73 |
| 27 | 2 | TODOS | 1 | PRQ/ESPL | 3 | 92 |
| 28 | 1 | PRQ/ESPL/FII | 2 | TODOS | 3 | 89 |
| 29 | 1 | PRQ/ESPL | 2 | TODOS | 3 | 114 |
| 30 | 1 | TODOS | 2 | PRQ | 3 | 86 |
| 31 | 1 | TODOS | 2 | PRQ | 3 | 125 |
| **Total** | **34** | | **57** | | **91** | **2.336** |
| | | | | **Dm mês de maio (km/dia)** | | **75** |

Tabela 5.3 - Resumo geral do resultado da pesquisa sobre o número de viagens e a distância média/dia percorrida pelo veículo que transporta RSU dos bairros para o atual lixão de Rio Quente – MAIO/2007.

| **Manhã** | | **Tarde** | | **Total** |
|---|---|---|---|---|
| **Bairros** | **NVg** | **Bairros** | **NVg** | **NVg** |
| TODOS | 28 | TODOS | 6 | 34 |
| PRQ/ESPL | 5 | PRQ/ESPL | 9 | 14 |
| PRQ/ESPL/FII | 1 | PRQ/ESPL/FII | 0 | 1 |
| PRQ/MRQI | 0 | PRQ/MRQI | 2 | 2 |
| PRQ | 0 | PRQ | 40 | 40 |
| **Total** | **34** | | **57** | **91** |
| | | | **Dm (Km/dia)** | **75** |

Tabela 5.4 - Pesquisa sobre o número de viagens e a distância média/dia percorrida pelo veículo que transporta RSU dos bairros para o atual lixão de Rio Quente – JUNHO/2007.

| **Dia** | **Manhã** | | **Tarde** | | **Total** | **D** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **NVg** | **Bairros** | **NVg** | **Bairros** | **NVg** | **Km** |
| 1 | 2 | TODOS | 2 | PRQ/ESPL/SAQ | 4 | 93 |
| 2 | 2 | TODOS | 2 | PRQ/ESPL | 4 | 95 |
| 3 | 2 | PRQ/ESPL | 2 | PRQ | 4 | 121 |
| 4 | 2 | TODOS | 1 | PRQ | 4 | 92 |
| 5 | 2 | PRQ/ESPL/FII | 1 | PRQ | 3 | 57 |
| 6 | 2 | TODOS | 1 | PRQ | 3 | 74 |
| 7 | 2 | TODOS | 2 | PRQ | 3 | 70 |
| 8 | 2 | TODOS | 2 | PRQ | 4 | 95 |
| 9 | 2 | TODOS | 1 | PRQ | 4 | 100 |
| 10 | 2 | PRQ/ESPL | 1 | PRQ | 3 | 77 |
| 11 | 2 | TODOS | 1 | PRQ | 3 | 79 |
| 12 | 2 | TODOS | 1 | PRQ | 3 | 54 |
| 13 | 2 | TODOS | 1 | PRQ | 3 | 77 |
| 14 | 2 | PRQ/ESPL | 1 | PRQ | 3 | 67 |
| 15 | 2 | TODOS | 2 | PRQ | 3 | 71 |
| 16 | 2 | TODOS | 2 | PRQ | 4 | 88 |
| 17 | 2 | PRQ/ESPL | 1 | PRQ | 4 | 97 |
| 18 | 2 | TODOS | 1 | PRQ | 3 | 79 |
| 19 | 2 | TODOS | 1 | PRQ | 3 | 55 |
| 20 | 2 | TODOS | 1 | PRQ | 3 | 82 |
| 21 | 2 | TODOS | 1 | PRQ | 3 | 68 |
| 22 | 2 | TODOS | 2 | PRQ | 3 | 72 |
| 23 | 2 | TODOS | 2 | PRQ | 4 | 95 |

Tabela 5.4 continua.

Tabela 5.4 continuação.

| Dia | Manhã | | Tarde | | Total | D |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | NVg | Bairros | NVg | Bairros | NVg | Km |
| 24 | 2 | PRQ/ESPL | 1 | PRQ | 4 | 127 |
| 25 | 2 | TODOS | 1 | PRQ | 3 | 81 |
| 26 | 2 | TODOS | 1 | PRQ | 3 | 73 |
| 27 | 2 | PRQ/ESPL/FII | 1 | PRQ | 3 | 92 |
| 28 | 2 | TODOS | 1 | PRQ | 3 | 89 |
| 29 | 2 | TODOS | 2 | PRQ | 3 | 114 |
| 30 | 2 | TODOS | 2 | PRQ | 4 | 114 |
| **Total** | **60** | | **41** | | **101** | **2.548** |
| | | | | **Dm mês de junho (km/dia)** | | **85** |

Tabela 5.5 - Resumo geral do resultado da pesquisa sobre o número de viagens e a distância média/dia percorrida pelo veículo que transporta RSU dos bairros para o atual lixão de Rio Quente – JUNHO/2007.

| Manhã | | Tarde | | Total |
|---|---|---|---|---|
| Bairros | NVg | Bairros | NVg | NVg |
| TODOS | 46 | TODOS | 0 | 46 |
| PRQ | 0 | PRQ | 37 | 37 |
| PRQ/ESPL | 10 | PRQ/ESPL | 2 | 12 |
| PRQ/ESPL/FII | 4 | PRQ/ESPL/FII | 0 | 4 |
| PRQ/ESPL/SAQ | 0 | PRQ/ESPL/SAQ | 2 | 2 |
| **Total** | **60** | | **41** | **101** |
| | | | **Dm (km/dia)** | **85** |

Tabela 5.6 - Pesquisa sobre o número de viagens e a distância média/dia percorrida pelo veículo que transporta RSU dos bairros para o atual lixão de Rio Quente – JULHO/2007.

| Dia | Manhã | | Tarde | | Total | D |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | NVg | Bairros | NVg | Bairros | NVg | Km |
| 1 | 2 | PRQ/ESPL | 1 | PRQ | 3 | 69 |
| 2 | 2 | TODOS | 1 | PRQ | 3 | 71 |
| 3 | 3 | TODOS | 2 | PRQ | 5 | 152 |
| 4 | 3 | TODOS | 3 | PRQ | 6 | 138 |
| 5 | 3 | TODOS | 2 | PRQ | 5 | 94 |

Tabela 5.6 continua.

Tabela 5.6 continuação.

| Dia | Manhã | | Tarde | | Total | D |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | NVg | Bairros | NVg | Bairros | NVg | Km |
| 6 | 3 | TODOS | 2 | PRQ | 5 | 122 |
| 7 | 3 | TODOS | 3 | PRQ | 6 | 139 |
| 8 | 3 | PRQ/ESPL | 2 | PRQ | 5 | 118 |
| 9 | 3 | TODOS | 2 | PRQ | 5 | 125 |
| 10 | 3 | TODOS | 3 | PRQ/ESPL | 6 | 154 |
| 11 | 3 | TODOS | 2 | PRQ/ESPL | 5 | 131 |
| 12 | 3 | TODOS | 2 | PRQ/ESPL | 5 | 90 |
| 13 | 3 | TODOS | 3 | PRQ/ESPL | 6 | 152 |
| 14 | 3 | TODOS | 3 | PRQ/ESPL | 6 | 133 |
| 15 | 3 | PRQ/ESPL | 2 | PRQ/ESPL | 5 | 118 |
| 16 | 3 | TODOS | 2 | PRQ/ESPL | 5 | 109 |
| 17 | 3 | TODOS | 2 | PRQ/ESPL | 5 | 121 |
| 18 | 3 | TODOS | 2 | PRQ/ESPL | 5 | 131 |
| 19 | 3 | TODOS | 2 | PRQ/ESPL | 5 | 92 |
| 20 | 3 | TODOS | 3 | PRQ/ESPL | 6 | 152 |
| 21 | 3 | TODOS | 3 | PRQ/ESPL | 6 | 135 |
| 22 | 3 | PRQ/ESPL | 2 | PRQ/ESPL | 5 | 119 |
| 23 | 3 | TODOS | 3 | PRQ/ESPL | 6 | 141 |
| 24 | 3 | TODOS | 2 | PRQ/ESPL | 5 | 159 |
| 25 | 3 | TODOS | 2 | PRQ/ESPL | 5 | 134 |
| 26 | 3 | TODOS | 2 | PRQ/ESPL | 5 | 122 |
| 27 | 3 | TODOS | 3 | PRQ/ESPL | 6 | 183 |
| 28 | 3 | TODOS | 3 | PRQ/ESPL | 6 | 177 |
| 29 | 3 | PRQ/ESPL | 2 | PRQ/ESPL | 5 | 190 |
| 30 | 3 | TODOS | 2 | PRQ/ESPL | 5 | 143 |
| 31 | 3 | TODOS | 2 | PRQ/ESPL | 5 | 208 |
| **Total** | **91** | | **70** | | **161** | **4.122** |
| | | | | **Dm mês de julho (km/dia)** | | **133** |

Tabela 5.7 - Resumo geral do resultado da pesquisa sobre o número de viagens e a distância média/dia percorrida pelo veículo que transporta RSU dos bairros para o atual lixão de Rio Quente – JULHO/2007.

| Manhã | | Tarde | | Total |
|---|---|---|---|---|
| Bairros | NVg | Bairros | NVg | NVg |
| TODOS | 77 | TODOS | 0 | 77 |
| PRQ/ESPL | 14 | PRQ/ESPL | 52 | 66 |
| PRQ | 0 | PRQ | 18 | 18 |
| **Total** | **91** | | **70** | **161** |
| | | | **Dm (km/dia)** | **133** |

Tabela 5.8 - Pesquisa sobre o número de viagens e a distância média/dia percorrida pelo veículo que transporta RSU dos bairros para o atual lixão de Rio Quente – AGOSTO/2007.

| **Dia** | **Manhã** | | **Tarde** | | **Total** | **D** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **NVg** | **Bairros** | **NVg** | **Bairros** | **NVg** | **Km** |
| 1 | 3 | TODOS | 2 | PRQ/ESPL | 5 | 116 |
| 2 | 3 | TODOS | 2 | PRQ/ESPL | 5 | 119 |
| 3 | 2 | TODOS | 2 | PRQ/ESPL | 4 | 121 |
| 4 | 3 | TODOS | 2 | PRQ/ESPL | 5 | 115 |
| 5 | 2 | PRQ/ESPL | 2 | PRQ/ESPL | 4 | 75 |
| 6 | 3 | TODOS | 2 | PRQ/ESPL | 5 | 122 |
| 7 | 3 | TODOS | 2 | PRQ/ESPL | 5 | 116 |
| 8 | 3 | TODOS | 2 | PRQ/ESPL | 5 | 118 |
| 9 | 3 | TODOS | 2 | PRQ/ESPL | 5 | 125 |
| 10 | 3 | TODOS | 2 | PRQ/ESPL | 5 | 128 |
| 11 | 3 | TODOS | 2 | PRQ/ESPL | 5 | 131 |
| 12 | 2 | PRQ/ESPL | 2 | PRQ/ESPL | 4 | 72 |
| 13 | 3 | TODOS | 2 | PRQ/ESPL | 5 | 127 |
| 14 | 3 | TODOS | 2 | PRQ/ESPL | 5 | 111 |
| 15 | 3 | TODOS | 2 | PRQ/ESPL | 5 | 118 |
| 16 | 3 | TODOS | 2 | PRQ/ESPL | 5 | 109 |
| 17 | 3 | TODOS | 2 | PRQ/ESPL | 5 | 121 |
| 18 | 3 | TODOS | 2 | PRQ/ESPL | 5 | 131 |
| 19 | 2 | PRQ/ESPL | 2 | PRQ/ESPL | 4 | 73 |
| 20 | 3 | TODOS | 2 | PRQ/ESPL | 5 | 126 |
| 21 | 3 | TODOS | 2 | PRQ/ESPL | 5 | 112 |
| 22 | 3 | TODOS | 2 | PRQ/ESPL | 5 | 119 |
| 23 | 3 | TODOS | 2 | PRQ/ESPL | 5 | 117 |
| 24 | 2 | TODOS | 2 | PRQ/ESPL | 4 | 127 |
| 25 | 3 | TODOS | 2 | PRQ/ESPL | 5 | 134 |
| 26 | 2 | PRQ/ESPL | 1 | PRQ | 3 | 73 |
| 27 | 3 | TODOS | 1 | PRQ | 4 | 122 |
| 28 | 3 | TODOS | 1 | PRQ | 4 | 118 |
| 29 | 2 | TODOS | 1 | PRQ/ESPL | 3 | 114 |
| 30 | 3 | TODOS | 1 | PRQ/ESPL | 4 | 114 |
| 31 | 2 | TODOS | 1 | PRQ/ESPL | 3 | 125 |
| **Total** | **85** | | **56** | | **141** | **3.549** |
| | | | | **Dm mês de agosto (km/dia)** | | **115** |

Tabela 5.9 - Resumo geral do resultado da pesquisa sobre o número de viagens e a distância média/dia percorrida pelo veículo que transporta RSU dos bairros para o atual lixão de Rio Quente – AGOSTO/2007.

| **Manhã** | | **Tarde** | | **Total** |
|---|---|---|---|---|
| **Bairros** | **NVg** | **Bairros** | **NVg** | **NVg** |
| TODOS | 77 | TODOS | 0 | 77 |
| PRQ/ESPL | 8 | PRQ/ESPL | 53 | 61 |
| PRQ | 0 | PRQ | 3 | 3 |
| **Total** | **85** | | **56** | **141** |
| | | | **Dm(km/dia)** | **115** |

Tabela 5.10 - Pesquisa sobre o número de viagens e a distância média/dia percorrida pelo veículo que transporta RSU dos bairros para o atual lixão de Rio Quente – SETEMBRO/2007.

| Dia | Manhã | | Tarde | | Total | D |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | NVg | Bairros | NVg | Bairros | NVg | Km |
| 1 | 3 | TODOS | 2 | PRQ | 5 | 129 |
| 2 | 2 | PRQ/ESPL | 1 | PRQ | 3 | 78 |
| 3 | 3 | TODOS | 2 | PRQ/ESPL | 5 | 123 |
| 4 | 3 | TODOS | 1 | PRQ/ESPL | 4 | 122 |
| 5 | 3 | TODOS | 1 | PRQ/ESPL | 4 | 72 |
| 6 | 3 | TODOS | 1 | PRQ/ESPL | 4 | 119 |
| 7 | 3 | TODOS | 1 | PRQ | 4 | 124 |
| 8 | 3 | TODOS | 2 | PRQ | 5 | 128 |
| 9 | 2 | PRQ/ESPL | 1 | PRQ | 3 | 83 |
| 10 | 3 | TODOS | 2 | PRQ/ESPL | 5 | 123 |
| 11 | 3 | TODOS | 1 | PRQ | 4 | 121 |
| 12 | 3 | TODOS | 1 | PRQ | 4 | 121 |
| 13 | 3 | TODOS | 1 | PRQ/ESPL | 4 | 121 |
| 14 | 3 | TODOS | 1 | PRQ/ESPL | 4 | 123 |
| 15 | 3 | TODOS | 2 | PRQ/ESPL | 5 | 132 |
| 16 | 2 | PRQ/ESPL | 1 | PRQ/ESPL | 3 | 81 |
| 17 | 3 | TODOS | 2 | PRQ/ESPL | 5 | 125 |
| 18 | 3 | TODOS | 1 | PRQ/ESPL | 4 | 121 |
| 19 | 3 | TODOS | 1 | PRQ/ESPL | 4 | 111 |
| 20 | 3 | TODOS | 1 | PRQ/ESPL | 4 | 127 |
| 21 | 3 | TODOS | 1 | PRQ/ESPL | 4 | 125 |
| 22 | 3 | TODOS | 2 | PRQ/ESPL | 5 | 134 |
| 23 | 2 | PRQ/ESPL | 1 | PRQ/ESPL | 3 | 77 |
| 24 | 3 | TODOS | 2 | PRQ/ESPL | 5 | 124 |
| 25 | 3 | TODOS | 1 | PRQ/ESPL | 4 | 121 |
| 26 | 3 | TODOS | 1 | PRQ/ESPL | 4 | 123 |
| 27 | 3 | TODOS | 1 | PRQ/ESPL | 4 | 122 |
| 28 | 3 | TODOS | 1 | PRQ/ESPL | 4 | 126 |
| 29 | 3 | TODOS | 2 | PRQ/ESPL | 5 | 135 |
| 30 | 2 | PRQ/ESPL | 1 | PRQ/ESPL | 3 | 79 |
| **Total** | **85** | | **39** | | **124** | **3.450** |
| | | | | **Dm mês de setembro(km/dia)** | | **115** |

Tabela 5.11 - Resumo geral do resultado da pesquisa sobre o número de viagens e a distância média/dia percorrida pelo veículo que transporta RSU dos bairros para o atual lixão de Rio Quente – SETEMBRO/2007.

| Manhã | | Tarde | | Total |
|---|---|---|---|---|
| Bairros | NVg | Bairros | NVg | NVg |
| TODOS | 75 | TODOS | 0 | 75 |
| PRQ/ESPL | 10 | PRQ/ESPL | 30 | 40 |
| PRQ | 0 | PRQ | 9 | 9 |
| **Total** | **85** | | **39** | **124** |
| | | | **Dm (km/dia)** | **115** |

Tabela 5.12 - Pesquisa sobre o número de viagens e a distância média/dia percorrida pelo veículo que transporta RSU dos bairros para o atual lixão de Rio Quente – OUTUBRO/2007.

| **Dia** | **Manhã** | | **Tarde** | | **Total** | **D** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **NVg** | **Bairros** | **NVg** | **Bairros** | **NVg** | **Km** |
| 1 | 3 | TODOS | 2 | PRQ/ESPL | 5 | 123 |
| 2 | 3 | TODOS | 1 | PRQ/ESPL | 4 | 117 |
| 3 | 3 | TODOS | 1 | PRQ/ESPL | 4 | 122 |
| 4 | 3 | TODOS | 1 | PRQ/ESPL | 4 | 119 |
| 5 | 4 | TODOS | 1 | PRQ/ESPL | 5 | 124 |
| 6 | 3 | TODOS | 2 | PRQ/ESPL | 5 | 134 |
| 7 | 2 | PRQ/ESPL | 1 | PRQ/ESPL | 3 | 79 |
| 8 | 3 | TODOS | 2 | PRQ/ESPL | 5 | 127 |
| 9 | 3 | TODOS | 1 | PRQ/ESPL | 4 | 121 |
| 10 | 3 | TODOS | 1 | PRQ/ESPL | 4 | 123 |
| 11 | 3 | TODOS | 1 | PRQ/ESPL | 4 | 118 |
| 12 | 3 | TODOS | 1 | PRQ/ESPL | 4 | 127 |
| 13 | 3 | TODOS | 2 | PRQ/ESPL | 5 | 139 |
| 14 | 2 | PRQ/ESPL | 2 | PRQ/ESPL | 4 | 87 |
| 15 | 3 | TODOS | 1 | PRQ/ESPL | 4 | 121 |
| 16 | 3 | TODOS | 1 | PRQ/ESPL | 4 | 122 |
| 17 | 3 | TODOS | 1 | PRQ/ESPL | 4 | 118 |
| 18 | 3 | TODOS | 1 | PRQ/ESPL | 4 | 117 |
| 19 | 3 | TODOS | 1 | PRQ/ESPL | 4 | 122 |
| 20 | 3 | TODOS | 2 | PRQ/ESPL | 5 | 128 |
| 21 | 2 | PRQ/ESPL | 1 | PRQ/ESPL | 3 | 81 |
| 22 | 3 | TODOS | 1 | PRQ/ESPL | 4 | 121 |
| 23 | 3 | TODOS | 1 | PRQ/ESPL | 4 | 122 |
| 24 | 3 | TODOS | 1 | PRQ/ESPL | 4 | 119 |
| 25 | 3 | TODOS | 1 | PRQ/ESPL | 4 | 119 |
| 26 | 3 | TODOS | 1 | PRQ/ESPL | 4 | 118 |
| 27 | 3 | TODOS | 2 | PRQ/ESPL | 5 | 127 |
| 28 | 2 | PRQ/ESPL | 1 | PRQ/ESPL | 3 | 79 |
| 29 | 3 | TODOS | 1 | PRQ/ESPL | 4 | 117 |
| 30 | 3 | TODOS | 1 | PRQ/ESPL | 4 | 117 |
| 31 | 3 | TODOS | 1 | PRQ/ESPL | 4 | 122 |
| **Total** | **90** | | **38** | | **128** | **3.630** |
| | | | | **Dm mês outubro(km/dia)** | | **117** |

Tabela 5.13 - Resumo geral do resultado da pesquisa sobre o número de viagens e a distância média/dia percorrida pelo veículo que transporta RSU dos bairros para o atual lixão de Rio Quente – OUTUBRO/2007.

| **Manhã** | | **Tarde** | | **Total** |
|---|---|---|---|---|
| **Bairros** | **NVg** | **Bairros** | **NVg** | **NVg** |
| TODOS | 82 | TODOS | 0 | 82 |
| PRQ/ESPL | 8 | PRQ/ESPL | 38 | 46 |
| **Total** | **90** | | **38** | **128** |
| | | | **Dm (km/dia)** | **117** |

Tabela 5.14 - Resumo geral do resultado da pesquisa do período sobre o número de viagens de RSU dos bairros para o atual lixão de Rio Quente - MAIO A OUTUBRO/2007.

| Item | Manhã | | | Tarde | | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | NVg | % | Bairros | NVg | % | Bairros | NVg | % |
| 1 | 385 | 87,00 | TODOS | 6 | 2,00 | **TODOS** | **391** | **52,40** |
| 2 | 55 | 12,00 | PRQ/ESPL | 184 | 61,00 | **PRQ/ESPL** | **239** | **32,00** |
| 3 | 0 | 0,00 | PRQ | 107 | 35,00 | **PRQ** | **107** | **14,30** |
| 4 | 5 | 1,00 | PRQ/ESPL/FII | 0 | 0,00 | PRQ/ESPL/FII | 5 | 0,70 |
| 5 | 0 | 0,00 | PRQ/MRQI | 2 | 1,00 | PRQ/MRQI | 2 | 0,30 |
| 6 | 0 | 0,00 | PRQ/ESPL/SAQ | 2 | 1,00 | PRQ/ESPL/SAQ | 2 | 0,30 |
| **Total** | **445** | **100,00** | | **301** | **100,00** | | **746** | **100,00** |

Tabela 5.15 – Resumo do número de viagens e distâncias percorridas no transporte de RSU dos bairros até o atual lixão do município de Rio Quente – MAIO A OUTUBRO/2007.

| Mês | Dias | Total NVg | % Δ NVg f(maio) | Dpercorrida Mês | Dm (Km/dia) | % Δ Dm f(maio) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Maio** | 31 | 91 | | 2.336 | 75 | |
| **Junho** | 30 | 101 | 11,00 | 2.548 | 85 | 13,00 |
| **Julho** | 31 | 161 | 77,00 | 4.122 | 133 | 77,00 |
| **Agosto** | 31 | 141 | 55,00 | 3.549 | 115 | 53,00 |
| **Setembro** | 30 | 124 | 36,00 | 3.450 | 115 | 53,00 |
| **Outubro** | 31 | 128 | 41,00 | 3.630 | 117 | 56,00 |
| **Total** | **184** | **746** | | **19.635** | **640** | |
| | | | | **Dm período (km/dia)** | | **107** |

Na caracterização dos RSU, a classificação e peso dos RSU dos bairros considerados, estão apresentados nas Tabelas 5.16 a 5.22. As Figuras 5.1 a 5.7 ilustram a composição dos RSU.

Tabela 5.16 – Classificação e peso dos RSU do bairro Esplanada em úmido e seco. Primeira medição realizada em 31/07/7.

| RSU | peso (kg) | % |
|---|---|---|
| Úmido | 883,20 | 78,16 |
| Seco | 246,80 | 21,84 |
| **Total** | **1.130,00** | **100,00** |

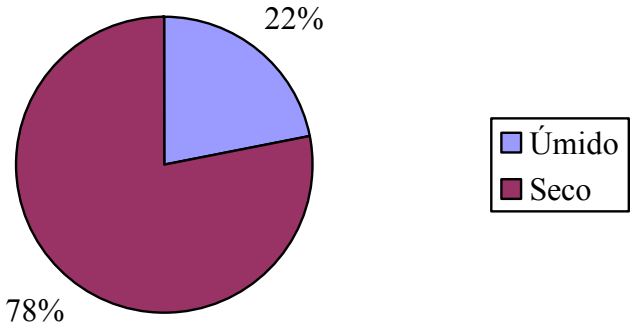


Figura 5.1 – Classificação e peso dos RSU do bairro Esplanada, em úmido e seco. Primeira medição realizada em 31/07/07.

Tabela 5.17 – Classificação e peso dos RSU do bairro Esplanada em úmido, seco e material de banheiro ou sanitário. Segunda medição realizada em 24/10/07.

| RSU | peso (kg) | % |
|---|---|---|
| Úmido | 379,59 | 40,70 |
| Seco | 546,09 | 58,56 |
| Banheiro ou sanitário | 6,89 | 0,74 |
| **Total** | **932,57** | **100,00** |

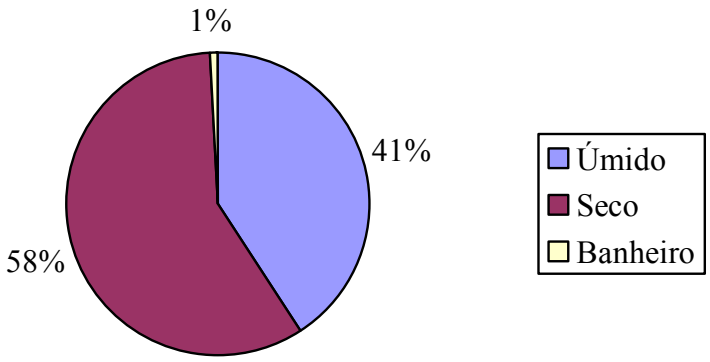


Figura 5.2 – Classificação e peso dos RSU do bairro Esplanada em úmido, seco e material de banheiro ou sanitário. Segunda medição realizada em 24/10/07.

Tabela 5.18 – Classificação e peso dos RSU do bairro Pousada do Rio Quente em úmido, seco e material de banheiro ou sanitário. Primeira medição em 31/07/07.

| RSU | peso (kg) | % |
|---|---|---|
| Úmido | 716,00 | 64,22 |
| Seco | 389,60 | 34,94 |
| material de banheiro ou sanitário | 9,40 | 0,84 |
| **Total** | **1.115,00** | **100,00** |

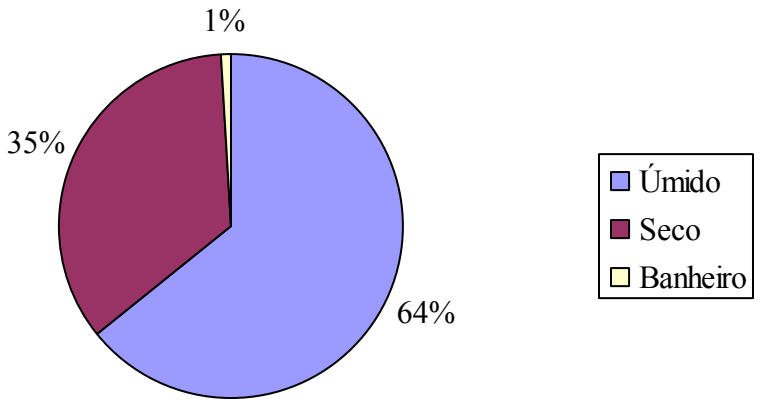


Figura 5.3 – Classificação e peso dos RSU do bairro Pousada do Rio Quente em úmido, seco e material de banheiro ou sanitário. Primeira medição em 31/07/07.

Tabela 5.19 – Classificação e peso dos RSU do bairro Pousada do Rio Quente em úmido, seco e material de banheiro ou sanitário. Segunda medição em 22/10/07.

| RSU | peso (kg) | % |
|---|---|---|
| Úmido | 678,74 | 81,85 |
| Seco | 143,86 | 17,35 |
| Material de banheiro ou sanitário | 6,64 | 0,80 |
| **Total** | **829,24** | **100,00** |

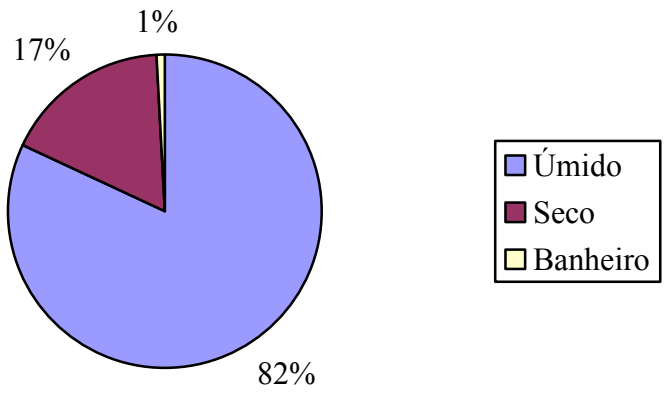


Figura 5.4 – Classificação e peso dos RSU do bairro Pousada do Rio Quente em úmido, seco e material de banheiro ou sanitário. Segunda medição em 22/10/07.

Tabela 5.20 – Classificação e peso dos RSU do bairro Rio Quente Centro em úmido, seco e material de banheiro ou sanitário. Primeira medição em 31/07/07.

| RSU | peso (kg) | % |
|---|---|---|
| Úmido | 504,60 | 67,36 |
| Seco | 237,60 | 31,72 |
| material de banheiro ou sanitário | 6,80 | 0,92 |
| **Total** | **749,00** | **100,00** |

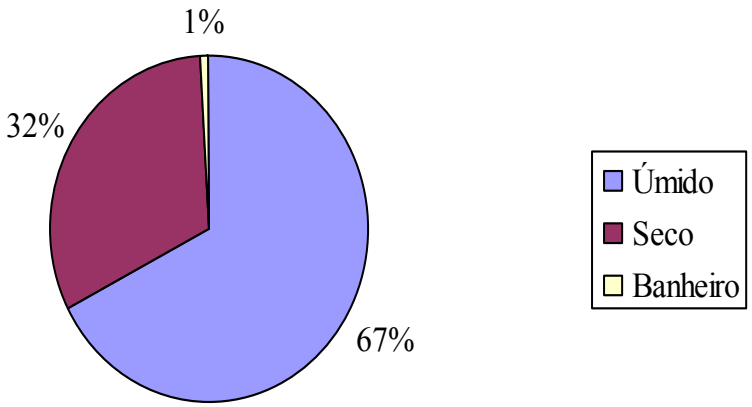


Figura 5.5 – Classificação e peso dos RSU do bairro Rio Quente Centro em úmido, seco e material de banheiro ou sanitário. Primeira medição em 31/07/07.

Tabela 5.21 – Classificação e peso dos RSU do bairro Rio Quente Centro em úmido e seco. Segunda medição em 23/10/07.

| RSU | peso (kg) | % |
|---|---|---|
| Úmido | 667,59 | 87,65 |
| Seco | 94,07 | 12,35 |
| **Total** | **761,66** | **100,00** |

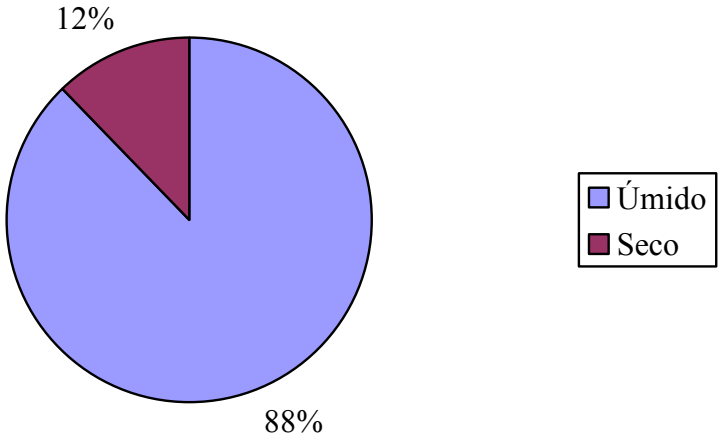


Figura 5.6 – Classificação e peso dos RSU do bairro Rio Quente Centro em úmido e seco. Segunda medição em 23/10/07.

Tabela 5.22 – Classificação e peso dos RSU do bairro Fauna II em úmido e seco. Medição única em 31/07/07.

| RSU | peso (kg) | % |
|---|---|---|
| Úmido | 372,40 | 70,74 |
| Seco | 154,00 | 29,26 |
| **Total** | **526,40** | **100,00** |

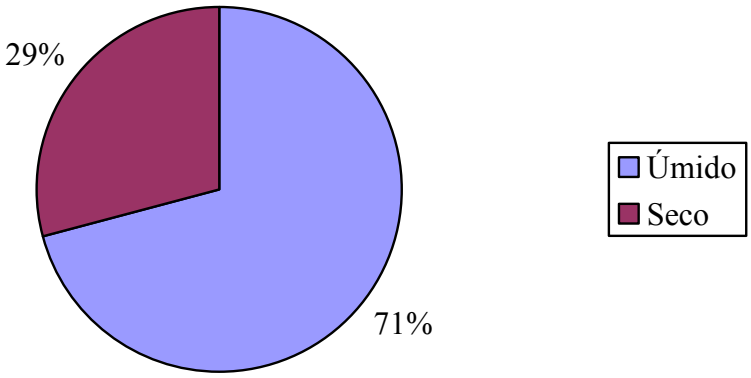


Figura 5.7 – Classificação e peso dos RSU do bairro Fauna II em úmido e seco.Medição única em 31/07/07.

A Tabela 5.23 apresenta o resumo das sete pesagens por viagem dos bairros selecionados para caracterização dos RSU e o valor médio obtido (TODOS).

Como foi possível separar o número de viagens para os bairros ESPL, PRQ, FII, SAQ ou para um grupo deles, para obter um volume mais realista (Tabelas 5.31 a 5.32, foram calculados os pesos médios separadamente (Tabelas 5.24 a 5.30).

Tabela 5.23 – Cálculo do peso médio dos RSU por viagem, de TODOS OS BAIRROS no período de maio a outubro de 2007.

| **Peso/Vg ESPL (kg)** | **Peso/Vg ESPL (kg)** | **Peso/Vg PRQ (kg)** | **Peso/Vg PRQ (kg)** | **Peso/Vg RQC (kg)** | **Peso/Vg RQC (kg)** | **Peso/Vg FII (kg)** | **Pm/Vg TODOS (kg)** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1.130,00 | 932,57 | 1.115,00 | 829,24 | 749,00 | 761,66 | 526,40 | |
| **1.031,29** | | **972,12** | | **755,33** | | **526,40** | |
| **Pm Espl** | | **Pm PRQ** | | **Pm RQC** | | **Pm FII** | **863,41** |

Tabela 5.24 – Cálculo do peso médio dos RSU por viagem, do bairro ESPLANADA no período de maio a outubro de 2007.

| **Peso/Vg ESPL (kg)** | **Peso/Vg ESPL (kg)** | **PmEspl (kg)** |
|---|---|---|
| 1.130,00 | 932,57 | **1.031,29** |

Tabela 5.25 – Cálculo do peso médio dos RSU por viagem, do bairro POUSADA DO RIO QUENTE no período de maio a outubro de 2007

| **Peso/Vg PRQ (kg)** | **Peso/Vg PRQ (kg)** | **PmPRQ (kg)** |
|---|---|---|
| 1.115,00 | 829,24 | **972,12** |

Tabela 5.26 – Cálculo do peso médio dos RSU por viagem, do bairro RIO QUENTE CENTRO no período de maio a outubro de 2007.

| **Peso/Vg RQC (kg)** | **Peso/Vg RQC (kg)** | **PmRQC (kg)** |
|---|---|---|
| 749,00 | 761,66 | **755,33** |

Tabela 5.27 – Cálculo do peso médio dos RSU por viagem, dos bairros POUSADA DO RIO QUENTE E ESPLANADA no período de maio a outubro de 2007.

| **Pm/Vg ESPL (kg)** | **Pm/Vg PRQ (kg)** | **Peso/Vg médio (kg)** |
|---|---|---|
| 1.031,29 | 972,12 | **1.001,71** |

Tabela 5.28 – Cálculo do peso médio dos RSU por viagem, dos bairros POUSADA DO RIO QUENTE, ESPLANADA E FAUNA II no período de maio a outubro de 2007.

| **Pm/Vg ESPL (kg)** | **Pm/Vg PRQ (kg)** | **Pm/Vg FII (kg)** | **Peso/Vg médio (kg)** |
|---|---|---|---|
| 1.031,29 | 972,12 | 526,40 | **843,27** |

Tabela 5.29 – Cálculo do peso médio dos RSU por viagem, dos bairros POUSADA DO RIO QUENTE E MANSÕES RIO QUENTE I no período de maio a outubro de 2007.

| Pm/Vg PRQ (kg) | Pm/Vg MRQI (kg) | Peso/Vg médio (kg) |
|---|---|---|
| 972,12 | 863,41 | **917,77** |

Tabela 5.30 - Cálculo do peso médio dos RSU por viagem, dos bairros POUSADA DO RIO QUENTE, ESPLANDA E SOLAR DAS ÁGUAS QUENTES no período de maio a outubro de 2007.

| Pm/Vg PRQ (kg) | Pm/Vg ESPL (kg) | Pm/Vg SAQ (kg) | Peso/Vg médio (kg) |
|---|---|---|---|
| 972,12 | 1.031,29 | 863,41 | **955,61** |

Tabela 5.31 – Cálculo do peso (ton); volume (m3) e a densidade (kg/m³) dos RSU soltos do município de Rio Quente – GO, no período da manhã, de maio de a outubro de 2007.

| MANHÃ | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Item** | **NVg** | **Pm/Vg TODOS (kg)** | **Pm/Vg PRQ/ESPL (kg)** | **Pm/Vg PRQ/ESPL/FII (kg)** | **Ptotal período (kg)** | **Ptotal período (ton)** | **Ptotal (%)** | **Volume (m³)** | **δRSU (kg/m³)** |
| 1 | 385 | 863,41 | | | 332.412,85 | 332,41 | 84,86% | 3.167,40 | 104,95 |
| 2 | 55 | | 1.001,71 | | 55.094,05 | 55,10 | 14,06% | 452,49 | 121,7575 |
| 3 | 5 | | | 843,27 | 4.216,35 | 4,22 | 1,08% | 41,14 | 102,49 |
| **Total** | **445** | | | | **391.723,25** | **391,73** | **100,00%** | **3.661,03** | **109,73** |

Tabela 5.32 – Cálculo do peso (ton); volume (m³) e a densidade (kg/m³) dos RSU soltos do município de Rio Quente – GO, no período da tarde, de maio a outubro de 2007.

| TARDE | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **ítem** | **NVg** | **Pm/Vg TODOS (kg)** | **Pm/Vg PRQ/ESPL (kg)** | **Pm/Vg PRQ (kg)** | **Pm/Vg PRQ/ MRQI(kg)** | **Pm/Vg PRQ/ESPL SAQ** | **Ptotal Período (kg)** | **Ptotal período (ton)** | **Ptotal (%)** | **Volume (m³)** | **δRSU (kg/m³)** |
| 1 | 6 | 863,41 | | | | | 5.180,46 | 5,18 | 1,74% | 49,37 | 104,93 |
| 2 | 184 | | 1.001,71 | | | | 184.314,64 | 184,32 | 62,00% | 1.513,77 | 121,76 |
| 3 | 107 | | | 972,12 | | | 104.016,84 | 104,02 | 34,99% | 880,29 | 118,16 |
| 4 | 2 | | | | 917,77 | | 1.835,54 | 1,84 | 0,62% | 16,46 | 111,52 |
| 5 | 2 | | | | | 955,61 | 1.911,22 | 1,92 | 0,64% | 16,46 | 116,11 |
| **Total** | **301** | | | | | | **297.258,70** | **297,28** | **100,00%** | **2.476,35** | **114,50** |

A Tabela 5.33 apresenta o resumo geral, com os dados do período da manhã e da tarde, com o resultado final da densidade média aparente dos RSU do município de Rio Quente de 112,52 kg/m³.

Tabela 5.33 - Cálculo do peso (ton); volume (m³) e a densidade (kg/m³) dos RSU soltos do município de Rio Quente - GO, no período da manhã e tarde de maio a outubro de 2007.

| MANHÃ E TARDE | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **ítem** | **NVg** | **Pm/Vg TODOS (kg)** | **Pm/Vg PRQ/ ESPL (kg)** | **Pm/Vg PRQ (kg)** | **Pm/Vg PRQ/ ESPL/ FII(Kg)** | **Pm/Vg PRQ/ MRQI (Kg)** | **Pm/Vg PRQ/ ESPL/ SAQ (Kg)** | **Ptotal período (kg)** | **Ptotal período (ton)** | **Ptotal (%)** | **Volume (m³)** | **δRSU (kg/m³)** |
| 1 | 391 | 863,41 | | | | | | 337.593,31 | 337,59 | 49,00% | 3..216,76 | 104,95 |
| 2 | 239 | | 1.001,71 | | | | | 239.408,69 | 239,40 | 34,75% | 1.966,25 | 121,76 |
| 3 | 107 | | | 972,1 | | | | 104.016,84 | 104,02 | 15,10% | 880,29 | 118,16 |
| 4 | 5 | | | | 843,27 | | | 4.216,35 | 4,22 | 0,61% | 41,13 | 102,51 |
| 5 | 2 | | | | | 917,77 | | 1.835,54 | 1,84 | 0,27% | 16,45 | 111,58 |
| 6 | 2 | | | | | | 955,61 | 1.911,22 | 1,92 | 0,28% | 16,45 | 116,18 |
| **Total** | **746** | | | | | | | **688.981,95** | **688,99** | **100,00%** | **6.137,33** | **112,52** |

Os RSU do bairro Pousada do Rio Quente são previamente selecionados pela própria empresa, por empresas terceirizadas contratadas tanto pela Companhia Thermas do Rio Quente ou em parceria com a Prefeitura Municipal de Rio Quente e correspondem a aproximadamente 2,032 ton/dia, sendo que 10,36% desta quantidade de RSU selecionada é feita artesanalmente, diretamente na atual área do lixão e o restante dos RSU, que corresponde a 89,64%, a seleção é feita na origem, ou seja, na própria empresa – Companhia Thermas do Rio Quente. O volume de 89,64% de RSU, que corresponde a 1,882 ton/dia, não são depositados na atual área de RSU do município, contribuindo significativamente para a ampliação da vida útil deste local.

Para saber a produção *"per capita"*, é necessário introduzir nos dados das planilhas anteriores o volume de RSU da Pousada do Rio Quente que são previamente selecionados, dentro do Complexo, pelos próprios funcionários com esta responsabilidade ou selecionados por empresas terceirizadas por esta empresa ou por empresa terceirizadas em parceria com a Prefeitura Municipal de Rio Quente.

A Tabela 5.34 identifica os vários tipos de RSU produzidos e recolhidos pela Empresa Companhia Thermas do Rio Quente, através de seus funcionários e ou empresas

terceirizadas, no primeiro semestre de 2007 e identifica o seu destino final.

Os RSU que não estão computados no peso e volume consolidado dos RSU que destinam à atual área do lixão do município de Rio Quente, na Tabela 5.33, estão identificados na Tabela 5.34.

Os bairros bem como a localização da atual área de disposição de RSU do município de Rio Quente, estão identificados nas Figuras 3.3 e 4.3.

TABELA 5.34 – RSU gerados e selecionados pela Empresa Companhia Thermas do Rio Quente, no primeiro semestre de 2007.

| RESÍDUOS | QTD. | UN. | ARMAZENA-MENTO | DESTINAÇÃO / COLETA |
|---|---|---|---|---|
| *Embalagens metálicas | 7,81 | Ton | Em galpão coberto | LM Materiais de Construção e Serviços Ltda. – empresa terceira responsável pela reciclagem do resíduo |
| *Papel | 11,95 | Ton | Recolhido diariamente | LM Materiais de Construção e Serviços Ltda. – empresa terceira responsável pela reciclagem do resíduo |
| *Vidros | 5,75 | Ton | Em galpão coberto | LM Materiais de Construção e Serviços Ltda. – empresa terceira responsável pela reciclagem do resíduo |
| *Plásticos | 9,57 | Ton | Recolhido diariamente | LM Materiais de Construção e Serviços Ltda. – empresa terceira responsável pela reciclagem do resíduo |
| **Lâmpadas | 8.098 | Pç | Área coberta e identificada | No período determinado este resíduo só foi armazenado |
| **Óleo de fritura | 22,89 | Ton | Tambor de plástico armazenado em área coberta e identificada | Indústria de sabão PROEZA – parceiro responsável pela transformação do resíduo em produto de limpeza |
| **Restos de alimentos | 315 | Ton | Tambores plásticos identificados em uma câmara fria especial para este resíduo | José Eduardo de Godoy – parceiro responsável pela destinação como ração animal |
| **Sucatas e metais ferrosos | 850 | Kg | Armazenado em local adequado | Durante o período em questão não houve geração de sucatas e metais ferrosos |

TABELA 5.34 continua.

TABELA 5.34 continuação.

| RESÍDUOS | QTD. | UN. | ARMAZENA-MENTO | DESTINAÇÃO / COLETA |
|---|---|---|---|---|
| **Pilhas e baterias | 20 | Kg | Área coberta e identificada | No período determinado este resíduo só foi armazenado |
| **Cartuchos e Toner HP | 42 | Pç | Área coberta e identificada | Distribuidores autorizados (Xerox, CCM.) - responsáveis pelo remanufaturamento dos cartuchos e toner enquanto estiverem dentro de sua vida útil. Após a vida útil são trocados e os velhos devolvidos à empresa fornecedora |
| **Toner Copiadora Xérox | 06 | Pç | Área coberta e identificada | Word Digital Ltda. – responsável pelo remanufaturamento dos cartuchos e toner enquanto estiverem dentro de sua vida útil. Após a vida útil são trocados e os velhos devolvidos à empresa fornecedora |
| **Embalagens de agrotóxicos | 85 | L | Tambor armazenado em área coberta, identificada e com piso impermeável | ADIAGO (Associação dos Distribuidores de Insumos Agrícolas de Goiás) – responsável pela descontaminação e envio para reciclagem |

*A coleta e seleção destes materiais são realizados no destino, ou seja na atual área do lixão.

**A coleta e seleção destes materiais são realizadas na origem, ou seja na empresa Companhia Thermas do Rio Quente.

Fonte: Companhia Thermas do Rio Quente (set. 2007) (informação via e-mail).

As Figuras 5.8 e 5.9 indicam as condições de acesso e as Figuras 5.10 a 5.13 indicam a forma atual de disposição dos RSU na atual área do lixão do município de Rio Quente - GO.

Figura 5.8 – Via de acesso para a atual área de disposição de RSU do município de Rio Quente – GO – 15/10/2007.

Figura 5.9 – Via de acesso e entrada (única) da atual área para disposição dos RSU do município de Rio Quente – GO – 15/10/2007.

Figura 5.10 – Atual área de disposição dos RSU do município de Rio Quente GO – 15/10/2007.

Figura 5.11 – Veículo terceirizado (F-4000) e descarga de RSU na atual área do lixão, provenientes dos bairros do município de Rio Quente – GO – 15/10/2007.

Figura 5.12 – Funcionário terceirizado descarregando os RSU na atual área do lixão, coletados nos bairros do município de Rio Quente-GO – 15/10/2007.

Figura 5.13 – Instalação de apoio operacional no atual lixão do município de Rio Quente/GO – 15/10/2007.

# 6 CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICA

O atual lixão está posicionado numa área de singulares características naturais do ponto de vista estético e de beleza cênica onde se destacam a Serra de Caldas, transformada em Parque Estadual e o Rio Quente.

## 6.1 Aspectos hidrológicos

### 6.1.1 *Recursos hídricos superficiais*

O sistema hídrico superficial próximo da área onde está implantado o atual lixão é comandado pelo ribeirão Água Quente, de acordo com a designação oficial do IBGE, porém conhecido na região como "Rio Quente", designação empregada neste trabalho. Possui uma extensão de aproximadamente 13,5 km, de água quente (ARCO VERDE CONSULTORIA E PROJETOS, 2001).

O Rio Quente nasce no alto do platô da Serra de Caldas, seguindo com um curso inicialmente intermitente, sendo perenizado ainda nas encostas da serra por uma pequena nascente de água fria, perfazendo um trecho de aproximadamente 2,0 km de água fria com leito predominantemente rochoso com corredeiras e cachoeiras. No sopé da serra, já nos terrenos da Companhia Thermas do Rio Quente, torna-se caudaloso ao receber as águas das surgências termais que minam diretamente de fendas das rochas.

Ainda dentro dos terrenos da Companhia Thermas do Rio Quente o rio é interceptado por uma barragem de concreto que deu lugar à formação de um lago.

As demais superfícies d'água estão situadas dentro do Complexo Pousada, todas de água fria, como o córrego Ponte Funda e o córrego sem designação topomínica entre o Hot Park e o River Park e a lagoa do Hotel Turismo

A atual área do lixão está localizada a jusante e distante 2,5 km da ETA – estação de tratamento de água de abastecimento da comunidade do município de Rio Quente.

### 6.1.2 *Recursos hídricos subterrâneos*

O sítio em estudo encontra-se posicionado em, pelo menos, no contexto de três bacias hidrogeológicas, a saber (ARCO VERDE CONSULTORIA E PROJETOS, 2001):

a) **Bacia do Aqüífero Freático**: de extensão regional, sendo formada por águas frias armazenadas subsuperficialmente nos poros dos solos e sedimentos recentes e sub-recentes;
b) **Bacia do Aqüífero Fraturado Pouco Profundo**: de abrangência regional, estando constituída por águas frias armazenadas em fraturas das rochas em geral situadas a profundidades inferiores a 200m;
c) **Bacia do Aqüífero Termal**: de distribuição conhecida restrita aos arredores da Serra de Caldas, sendo formada por águas quentes armazenadas em fraturas de rochas situadas a mais de 1.000m de profundidade.

### 6.1.3 *A bacia hidrogeológica termal da Serra de Caldas*

Segundo o historiador goiano Zoroastro Artiaga apud Arco Verde Consultoria e Projetos (2001) as águas termais do Rio Quente foram referidas pela primeira vez em 1592 conforme consta nos arquivos da biblioteca pública de Sevilha. Oficialmente foram descobertas em 1722 por Bartolomeu Bueno, filho do primeiro Anhanguera Bartolomeu Bueno da Silva.

São exploradas no município de Rio Quente, na cidade de Caldas Novas e na Lagoa de Pirapitinga, quer através das surgências naturais, quer através de poços de até 500 m de profundidade. São referidas ainda as ocorrências do Ribeirão do Bagre e Poço da Porca. Atualmente as vazões surgentes ou captadas conhecidas estão próximas dos 8.500 m³/h, sendo 6.228 m³/h das nascentes do Rio Quente, cerca de 2.000 m³/h em Caldas Novas e 50 m³/h na Lagoa de Pirapitinga. Na área da Pousada, onde se formam as nascentes do ribeirão Água Quente, a temperatura das águas varia entre 37°C e 37,8°C.

> A vazão do rio de água quente, denominado de Rio Quente, no município de Rio Quente – GO, é de aproximadamente 5.000 m³/h, cuja vazão é a considerada atualmente pela empresa Rio Quente Resorts. A vazão de 6.228 m³/h foi considerada até a década de 90, quando a empresa implantou o sistema de controle de vazão através da construção do projeto

> Calha Parshall, a qual tem como principal finalidade medir a vazão do Rio Quente. A Calha tem uma configuração especial que lhe dá a propriedade de executar a função de medir a vazão. Fabricada em fibra de vidro, em uma única peça, e normalmente montada em canal aberto e por gravidade. No caso específico de sua construção na área da empresa Rio Quente Resorts, a Calha Parshall foi construída em concreto armado próximo das nascentes do Rio Quente, e seu projeto foi fornecido pela empresa FURNAS Centrais Elétricas S/A, através de sua unidade Usina Hidrelétrica de Corumbá, na cidade de Caldas Novas - GO. (COMPANHIA THERMAS DO RIO QUENTE, 2008)

Além das características das águas que brotam na superfície, pouco ainda se conhece sobre a bacia hidrotermal, como, por exemplo, seus limites, suas profundidades, suas unidades aqüíferas, suas áreas de recarga, volumes d'água armazenados e demanda surgente natural.

Os estudos mais recentes indicam que as águas termais estão relacionadas a riachos-fenda que correm através de fraturas de dimensões regionais profundas, as quais, na região da Serra de Caldas, foram interceptadas pelo também profundo sistema de fraturamento subvertical que limita as escarpas da serra, possibilitando sua ascensão até a superfície. O platô da serra também deve ter uma contribuição significativa na recarga do aqüífero devido a sua condição plana e, alçada topograficamente e grandes falhamentos verticais que o cortam.

Entretanto, a região ainda carece de um maior aporte de estudos hidrogeológicos para que se possa definir com segurança as características hidráulicas daquela bacia hidrotermal subterrânea, principalmente a extensão da área de recarga, que fica na Serra de Caldas, localizada entre o município de Caldas Novas e Rio Quente.

As águas são aquecidas pelo grau geotérmico que corresponde, em média, ao aumento de 10°C em relação às águas e rochas superficiais para cada 33 m que se adentra no interior da terra (ARCO VERDE CONSULTORIA E PROJETOS, 2001).

### 6.1.4 *Qualidade das águas*

As águas do Rio Quente, em suas nascentes, enquadram-se nos padrões de potabilidade do Ministério da Saúde, Portaria nº 1.469, de 29 de dezembro de 2000 e revisada no dia 19 de janeiro de 2001 e de balneabilidade do CONAMA, Resolução CONAMA nº 274 de

novembro de 2000 (BRASIL, 2001c), conforme análises regulares efetuadas pela Companhia Thermas do Rio Quente nas surgências. A jusante das nascentes, devido à influência dos agentes contaminantes trazidos pelos banhistas (urina, suores, óleos bronzeadores, resíduos alimentares, etc), bem como outras atividades do Complexo, os padrões originais podem ser alterados, não havendo estudos para inferir a carga que pode ser neutralizada pelo poder de autodepuração do rio. Obviamente que quanto maior a freqüência de banhistas maior a poluição e maiores os riscos de contaminação acima da capacidade de autodepuração.

Também, as demais superfícies d'agua, como o córrego Ponte Funda, estão sujeitas a contaminação devido às atividades do balneário (ARCO VERDE CONSULTORIA E PROJETOS, 2002).

Por serem utilizadas para balneabilidade e contato primário, as águas do Rio Quente devem ter seus parâmetros físico-químicos e microbiológicos enquadrados dentro dos Valores Máximos Permitidos - VMP's para águas de "Classe 2" da Resolução CONAMA nº 020/86. O mesmo acontece com as demais superfícies d'água, visto que a legislação estabelece que quando não há enquadramento oficial, devem-se manter os padrões das águas de "Classe 2" (BRASIL, 1986b).

Nos locais de captação para abastecimento dos hotéis e demais instalações da rede de distribuição de água, entretanto devem obedecer os padrões definidos para "Águas Especiais" daquela Resolução, ou seja, águas que podem ser utilizadas para abastecimento doméstico através da simples desinfecção.

### 6.1.5 *Lençol freático*

Para identificar o nível d'água freática no local, foram realizadas duas escavações tipo poço profundo, na área do atual lixão, sendo que o primeiro poço P1 foi escavado na primeira quinzena de outubro de 2007**,** com diâmetro de 1,20m e profundidade de três metros. O segundo poço P2 foi escavado na primeira quinzena de janeiro de 2008, com diâmetro de 1,20m e profundidade de dez metros**,** sendo que nestes dois poços profundos não foram encontrados sinais de água. O poço P1 foi escavado no início do período

chuvoso e o poço P2 foi escavado na estação chuvosa.

Pode-se concluir que o lençol freático na área do atual lixão encontra-se abaixo de 10 metros de profundidade.

## 6.2 Aspectos geológicos, geomorfológicos e geotécnicos

Do ponto de vista geológico a Serra de Caldas e suas fraldas, são constituídas por um conjunto de rochas metamórficas de idade pré-Cambriana superior reunidas sob a designação de Grupo Bambuí. São representadas por quartzitos e metassiltitos, nos quais intercalam-se subordinadamente mármores silicificados, dispostos subhorizontalmente.

No topo da serra são recobertos por sedimentos mais recentes argilosos e latossolos, e nos fundos de vale por areias e cascalhos aluvionares (ARCO VERDE CONSULTORIA E PROJETOS, 2002).

Na Serra de Caldas e seu entorno são encontrados dois conjuntos pedológicos bem característicos, quais sejam, os solos do topo aplainado e os solos das encostas com declividades acentuadas. Os solos do platô da serra são predominantemente latossólicos (Latossolo Vermelho-Amarelo distróficos), tendo como característica principal a presença de um horizonte B latossólico subjacente à um horizonte A do tipo moderado.

As encostas exibem Cambissolos, correspondentes a solos pouco desenvolvidos caracterizados pela ocorrência de um horizonte B câmbico, subjacente a um horizonte A do tipo moderado. São encontrados cambissolos cascalhentos com fase pedregosa, via de regra com profundidade mediana não excedendo a 1m e baixa aptidão para revegetação.

Os solos litólicos são freqüentes, tanto nas encostas íngremes da serra como nas margens do Rio Quente (ARCO VERDE CONSULTORIA E PROJETOS, 2002)

A Serra de Caldas constitui a principal feição geomorfológica da região, disposta em forma de meseta elipsoidal medindo cerca de 15 km na direção aproximadamente norte-sul e 9km na direção aproximadamente leste-oeste.

Com cotas em torno de 1000 metros, trata-se de um relevo residual fruto da erosão diferencial que se eleva com quase 200 metros de altura em relação aos terrenos adjacentes cujas cotas situam-se por volta de 800 metros.

A região da Serra de Caldas apresenta-se subdividida em três compartimentos de características bastante distintas em termos de declividade. O primeiro corresponde ao topo do platô, cuja principal característica é a uniformidade topográfica de planalto. Esse relevo dá lugar a um compartimento de alta declividade com paredões subverticais nas encostas até atingir o sopé da serra, quando o relevo passa a suavemente ondulado, permanecendo desta forma até onde está o atual lixão.

Cinqüenta e cinco por cento da região caracteriza-se por um relevo levemente ondulado e o restante montanhoso, conforme Tabela 6.1.

Tabela 6.1 – Topografia do relevo do município de Rio Quente.

| **Topografia** | |
|---|---|
| **Características** | **% Município** |
| Planas | 15 |
| Onduladas | 40 |
| Montanhosas | 45 |

Fonte: Rio Quente (2007d).

Apesar da presença de rochas carbonáticas, na região não são conhecidas cavernas ou áreas propensas a dolinamentos. Os locais de maior fragilidade geotécnica são as encostas íngremes da serra, entretanto o tipo de rocha e a sua disposição estrutural subhorizontal não favorecem a ocorrência de matacões e maciços sujeitos a deslizamentos (ARCO VERDE CONSULTORIA E PROJETOS, 2002).

### 6.2.1 Características dos solos analisados na atual área do lixão

A Figura 6.1 apresenta as curvas de distribuição granulométrica dos solos analisados, a Tabela 6.2 sua classificação e a Tabela 6.3 resume suas características granulométricas, de plasticidade e compactação. Pode-se observar que, de acordo com a escala granulométrica

utilizada para classificação apresentada por Pinto (2000) e normalmente empregada no meio rodoviário, todos os solos são areia fina, com uma porcentagem total de areia variando de 43% a 63,1%, e de areia fina variando de 25,2% a 55,8% (Tabela 6.3). Pelas características observadas *in-loco* e pelos resultados dos ensaios, os solos que apresentam a fração fina argilosa são aqueles que estão na superfície (S1), em geral até 3 m de profundidade ( poço P2), em toda a área disponível estimada ( Figura 3.9).

No poço P1, de 1 a 3 m de profundidade, e no poço P2, de 4 a 5m, a areia fina é siltosa. Cabe salientar que no poço P1, já havia sido removida uma parte superficial onde predominava a fração fina argilosa.

No entanto, essa fração argilosa é pouco plástica tanto que, pela classificação SUCS (Tabela 6.2), os grupos em que se enquadram esses solos são ML (silte de baixa compressibilidade) , SM (areia siltosa) ou SM-SC (areia silto-argilosa). Pela classificação HRB, quase todos se enquadram na classe A-4, de solos siltosos, exceto o solo P3, que apresentou um pouco mais de plasticidade, e o solo S1, que se enquadra no A-6, mas com IP = 11 e IG = 9, ou seja, bem próximo do grupo A-4.

Tabela 6.2 - Classificação dos solos analisados segundo SUCS e HRB

| **Amostra** | **Classificação** | | |
|---|---|---|---|
| | **Granulométrica** | **SUCS** | **HRB** |
| P1 - 1m | Areia fina siltosa | ML | A-4 |
| P1 - 2m | Areia fina siltosa | ML | A-4 |
| P1 - 3m | Areia fina siltosa | SM | A-4 |
| P2 - 1m | Areia fina argilosa | ML | A-4 |
| P2 - 2m | Areia fina argilosa | SC-SM | A-4 |
| P2 - 3m | Areia fina argilosa | ML | A-7-5 |
| P2 - 4m | Areia fina siltosa | ML | A-4 |
| P2 - 5m | Areia fina siltosa | ML | A-4 |
| S0 | Areia fina siltosa | ML | A-4 |
| S1 | Areia fina argilosa | ML | A-6 |

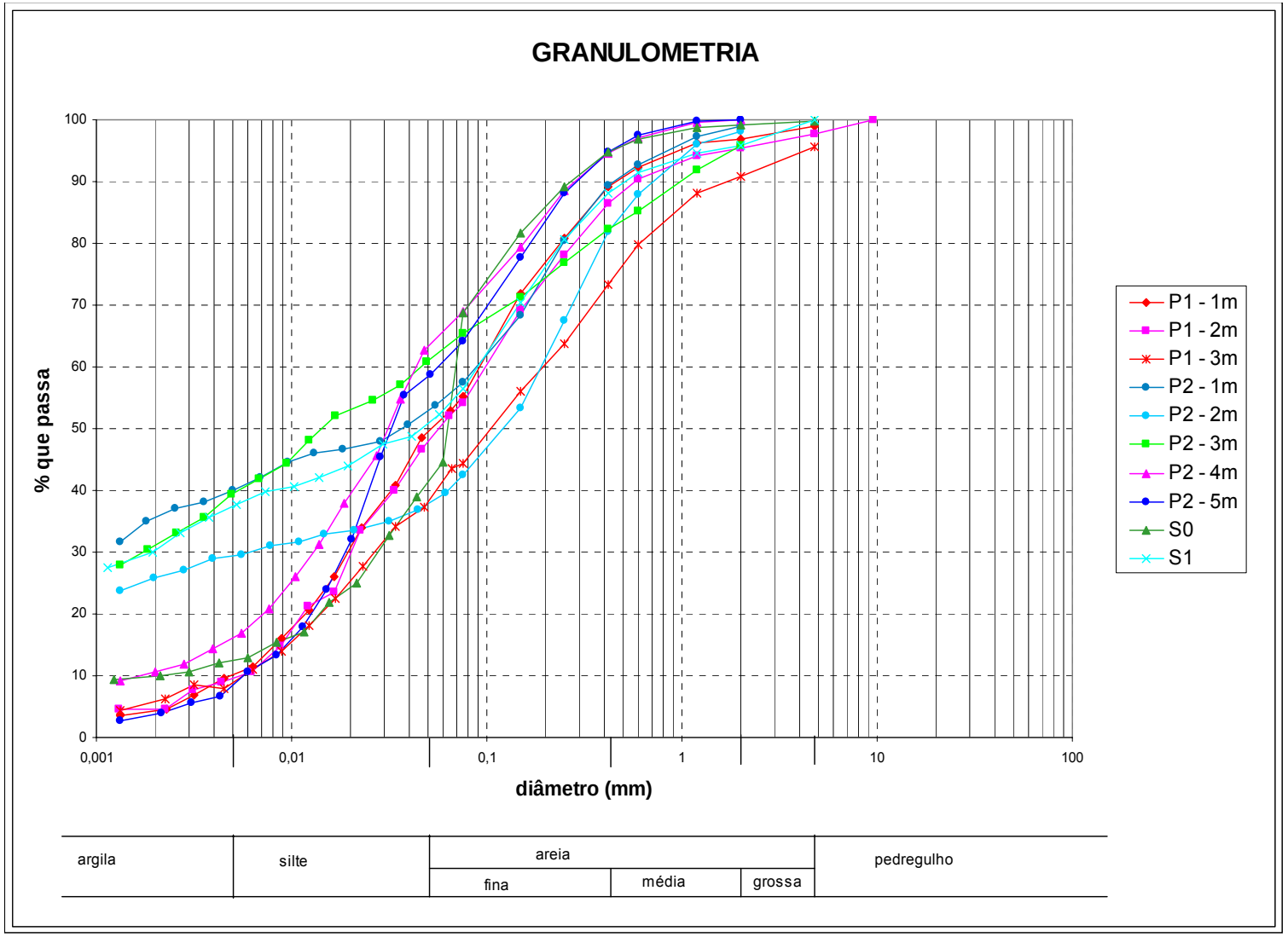


Figura 6.1 – Curvas de distribuição granulométrica das unidades geotécnicas estudadas.

Tabela 6.3 - Características do solo analisado

| Granulometria (%) | | | | | | | | | | | | Limites de Atterberg | | | IG | Proctor Normal | | δ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Amostra | % que passa | | | | Argila % | Silte % | Areia | | | | Pedreg. (%) | LL (%) | LP (%) | IP (%) | | $\rho_{dmáx}$ (g/cm³) | Wot. (%) | |
| | ≠4 | ≠10 | ≠40 | ≠200 | | | Fina (%) | Média (%) | Grossa (%) | Total (%) | | | | | | | | |
| P1 - 1m | 98,9 | 96,8 | 89,2 | 55,2 | 9,6 | 38,9 | 40,7 | 7,6 | 2,1 | 50,3 | 1,1 | NP | NP | NP | 0 | 1,660 | 12,2 | 2,750 |
| P1 - 2m | 100,0 | 95,8 | 88,2 | 56,5 | 10,0 | 36,7 | 39,8 | 8,8 | 2,4 | 51,0 | 2,3 | NP | NP | NP | 0 | 1,660 | 12,2 | 2,766 |
| P1 - 3m | 95,7 | 90,8 | 73,3 | 44,5 | 8,0 | 29,3 | 36 | 17,6 | 4,8 | 58,4 | 4,3 | NP | NP | NP | 0 | 1,792 | 13,5 | 2,726 |
| P2 - 1m | 100,0 | 99,0 | 89,3 | 57,5 | 40,1 | 10,5 | 38,8 | 9,6 | 1,0 | 49,4 | 0 | 35 | 25 | 10 | 5 | 1,745 | 16,5 | 2,781 |
| P2 - 2m | 100,0 | 98,2 | 81,8 | 42,4 | 29,6 | 7,3 | 44,9 | 16,4 | 1,8 | 63,1 | 0 | 26 | 19 | 7 | 1 | 1,840 | 13,5 | 2,689 |
| P2 - 3m | 100,0 | 95,7 | 82,2 | 65,3 | 39,3 | 17,8 | 25,1 | 13,5 | 4,3 | 43,0 | 0 | 50 | 36 | 14 | 9 | 1,576 | 23,8 | 2,827 |
| P2 - 4m | 100,0 | 99,9 | 94,5 | 69,0 | 17,0 | 37,8 | 39,7 | 5,4 | 0,1 | 45,2 | 0 | NP | NP | NP | 0 | 1,276 | 21,3 | 2,975 |
| P2 - 5m | 100,0 | 99,9 | 94,9 | 58,7 | 8,7 | 46,7 | 39,5 | 5,0 | 0,1 | 44,6 | 0 | NP | NP | NP | 0 | 1,270 | 21,4 | 2,820 |
| S0 | 99,8 | 99,2 | 94,8 | 68,8 | 12,5 | 26,5 | 55,8 | 4,4 | 0,6 | 60,8 | 0,2 | NP | NP | NP | 0 | 1,695 | 10,5 | 2,855 |
| S1 | 100 | 95,8 | 88,2 | 56,5 | 37,7 | 11,1 | 39,4 | 7,6 | 4,2 | 51,2 | 0 | 33 | 24 | 11 | 0 | 1,887 | 16,2 | 2,756 |

Dessa forma, segundo Galvão (2008), são os mais susceptíveis à erosões, o qual afirma:

> No caso da susceptibilidade à erosão, as propriedades geotécnicas básicas que são importantes são: análise granulométrica, índice de vazios, estrutura do solo, parâmetros de plasticidade (limite de liquidez, limite de plasticidade) e outros testes específicos (Inderbitzen, Pinhole, desagregação, etc.). Na realidade, não existe um índice que mede a erodibilidade de solo, de maneira simples, padronizada e universal. O sistema de classificação americano "Unified Soil Classification System" sugere a seguinte hierarquia para medida da erodibilidade (sentido mais erodível para menos erodível), obtida através da análise granulométrica e em medidas de plasticidade em amostras de solos deformadas (GRAY; SOTIR, 1996): ML (silte de baixa plasticidade)> SM (areia siltosa) > SC (areia argilosa) > MH (silte de alta plasticidade) > OL (solo orgânico de plasticidade baixa) >> CL (argila de baixa plasticidade) > CH (argila de alta plasticidade) > GM (pedregulhoso siltoso) > SW (areia bem graduada) > GP (pedregulho pobremente graduado) > GW (pedregulho bem graduado).

As curvas de compactação dos solos analisados estão apresentadas na Figura 6.2. Observa-se um comportamento bem diferenciado dos solos do poço P2 a partir dos 3m de profundidade. No caso dos solos até 3m de profundidade, no P2, é justificável pela presença de material fino mais plástico, já para os solos de 4 e 5m de profundidade uma possível justificativa para esse comportamento é a grande presença de mica observada.

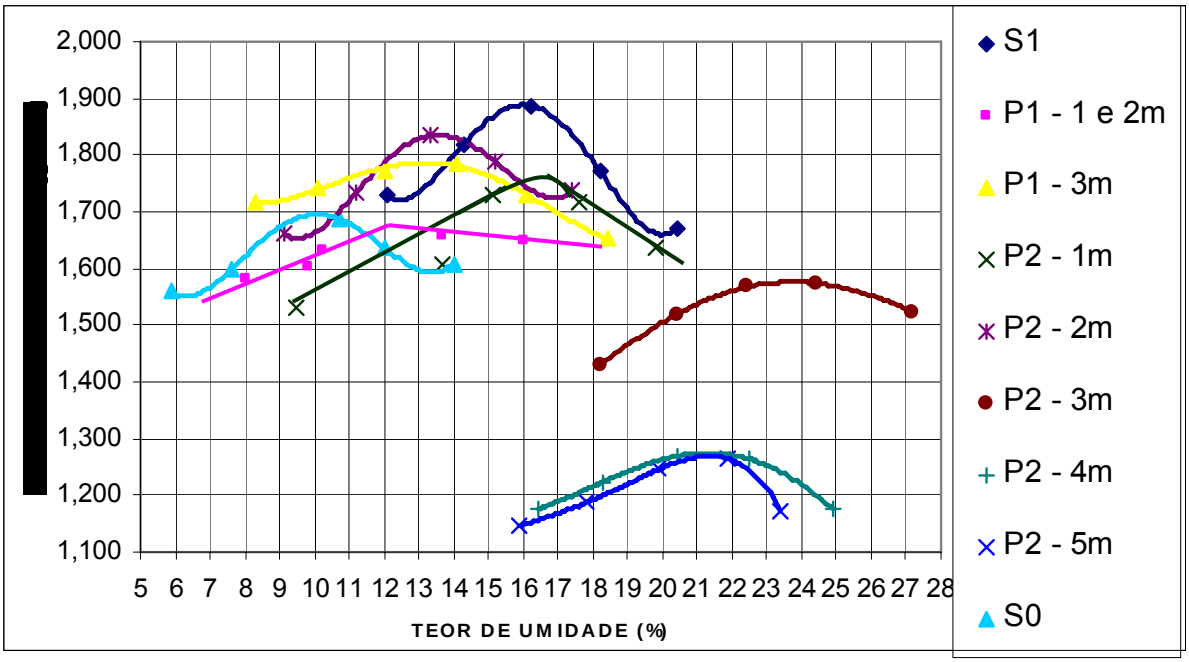


Figura 6.2 – Curvas de compactação dos solos analisados.

As características visuais do solo estão apresentadas nas Figuras 6.3 (a, b, c, d, e); 6.4 (a, b, c, d) e 6.5. Nestas figuras as partes claras são ricas em caulinita, resultante da decomposição de

feldspatos das intrusões graníticas/pegmatíticas. A parte de coloração castanho corresponde ao material proveniente da decomposição dos micaxistos.

Com relação à Figura 6.5, atentar para a presença de blocos angulosos de rocha possivelmente transportados e, na base do corte, a ocorrência de solo residual do mica-xisto, em 15/10/2007.

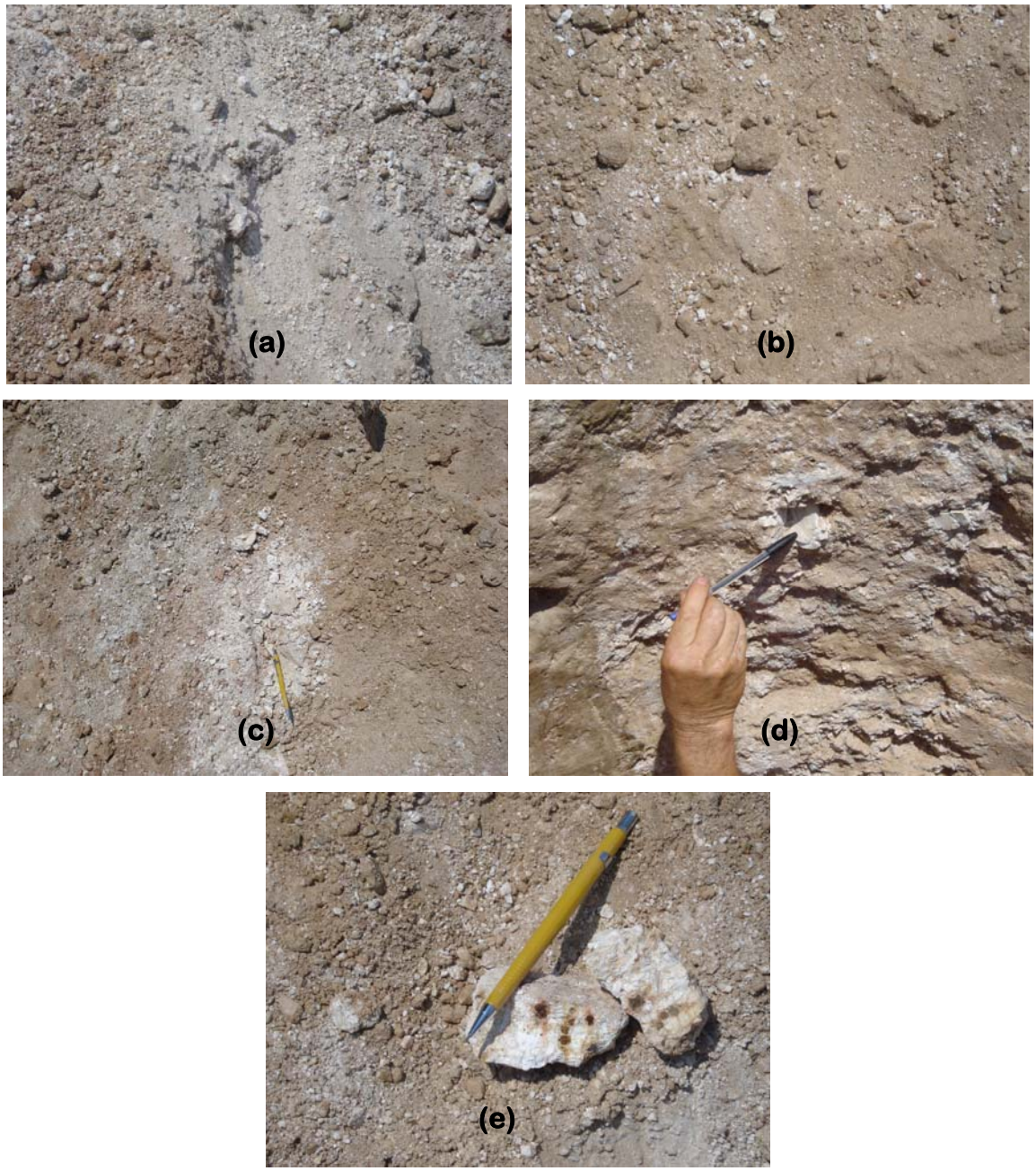


Figura 6.3 – Características do solo da atual área do lixão do município de Rio Quente/GO (a, b, c, d, e), em 15/10/2007.

Figura 6.4 – Aspecto visual do solo da atual área do lixão do município de Rio Quente – GO. (a, b, c , d), em 15/10/2007.

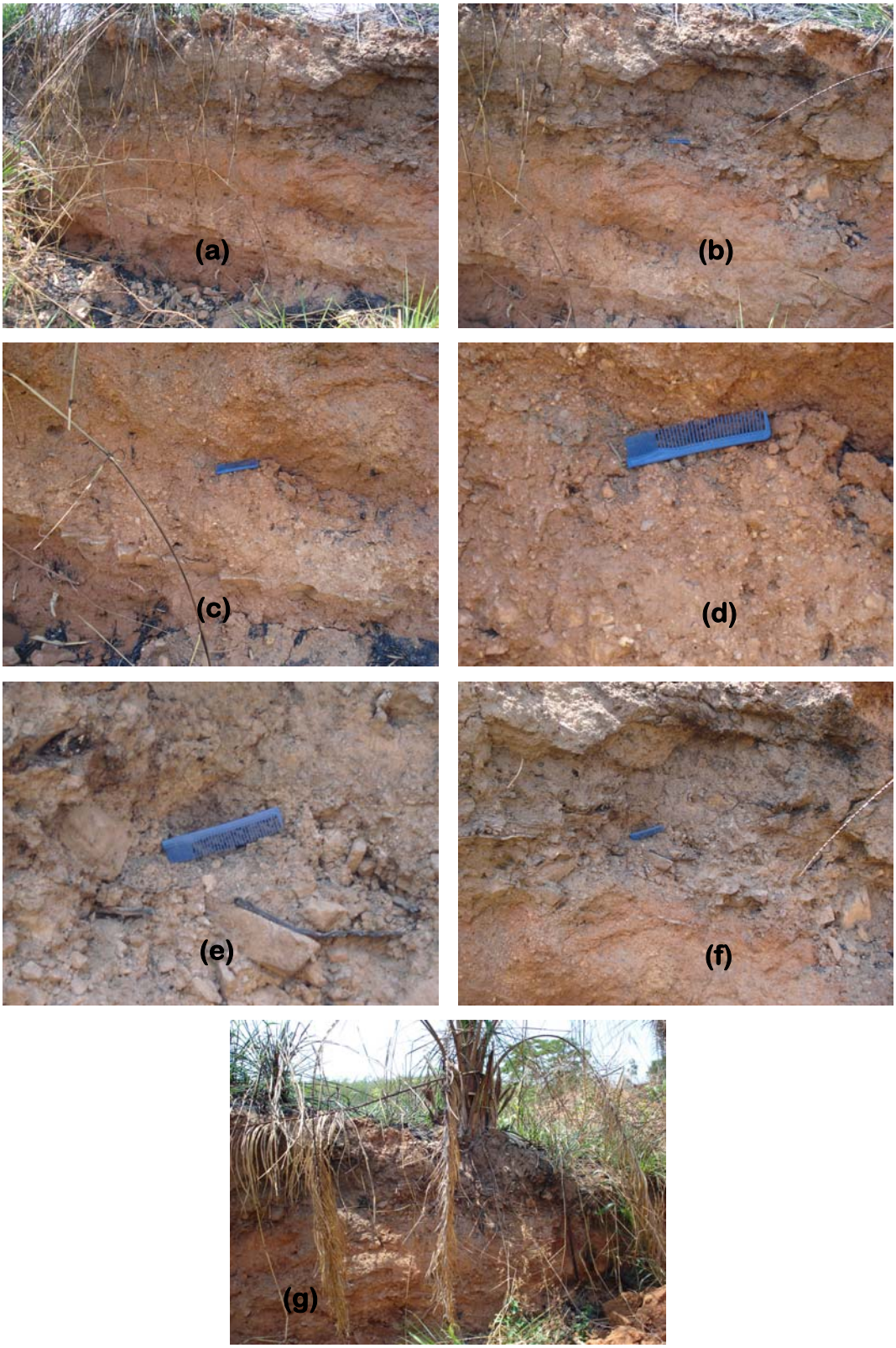


Figura 6.5 – Seqüência de fotos mostrando o perfil do solo da atual área do lixão do município de Rio Quente/GO. (a, b, c, d, e, f , g).

A permeabilidade do solo natural, determinada em campo pela equipe técnica da UFU (Figura 6.6), utilizando o método de Ghelph (Figura 6.7), bem como a permeabilidade do solo compactado e os índices físicos do solo, estão apresentados na Tabela 6.4.

Figura 6.6 – Equipe técnica na atual área do lixão do município de Rio Quente – GO, em 15/10/2007.

Os solos do poço P2, de 4m e 5m de profundidade apresentam características peculiares, ou seja, na condição natural são extremamente porosos (72 e 70%), permeáveis ($2.10^{-3}$cm/s) e quando compactados continuam porosos (59 e 55%) mas com baixa permeabilidade ($2.10^{-5}$cm/s).

Tabela 6.4 - Permeabilidade e índices físicos do solo natural e compactado.

| **Amostra** | | **GC** | **Δw** | **E** | **N (%)** | **Sr (%)** | **K (cm/s)** | **forma de obtenção** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| S1 | Compactada | 82 | -0,10 | 0,774 | 44 | 57 | $8.10^{-6}$ | CC |
| | Compactada | 91 | -0,10 | 0,606 | 38 | 73 | $6.10^{-6}$ | CV |
| | Compactada | 87 | -0,08 | 0,672 | 40 | 66 | $2.10^{-7}$ | MCT |
| | Compactada | 82 | -0,10 | 0,774 | 44 | 57 | $1.10^{-5}$ | CV |
| **S2** | **Natural** | **84** | **0,50** | **0,731** | **42** | **63** | $\mathbf{7.10^{-4}}$ | **Ghelph** |
| P1-1 e 2 m | Compactada | 98 | -0,10 | 0,686 | 41 | 48 | $1.10^{-6}$ | MCT |
| **P1-3m** | **Natural** | | | | | | $\mathbf{9.10^{-4}}$ | **Ghelph** |
| P1-3m | Compactada | 97 | -0,40 | 0,572 | 36 | 62 | $8.10^{-6}$ | CV |
| P1-3m | Compactada | 89 | -0,40 | 0,719 | 42 | 50 | $2.10^{-6}$ | MCT |
| P2-1m | Compactada | 97 | -0,20 | 0,650 | 39 | 70 | $7.10^{-6}$ | CV |
| P2-1m | Compactada | 87 | -5,00 | 0,825 | 45 | 73 | $5.10^{-8}$ | MCT |
| **P2-1m** | **Natural** | **81** | **-6,30** | **0,957** | **49** | **66** | $\mathbf{1.10^{-5}}$ | **Ghelph** |
| P2-2m | Compactada | 99 | 0,40 | 0,476 | 32 | 79 | $7.10^{-6}$ | CV |
| **P2-2m** | **Natural** | **85** | **1,90** | **0,725** | **42** | **57** | $\mathbf{3.10^{-5}}$ | **Ghelph** |
| P2-3m | Compactada | 99 | -3,30 | 0,787 | 44 | 73 | $6.10^{-6}$ | CV |
| **P2-3m** | **Natural** | **67** | **0,70** | **1,063** | **52** | **65** | $\mathbf{5.10^{-4}}$ | **Ghelph** |
| P2-4m | Compactada | 96 | 0,20 | 1,438 | 59 | 45 | $2.10^{-5}$ | CC |
| P2-4m | Compactada | 96 | 0,20 | 1,438 | 59 | 45 | $2.10^{-5}$ | CV |
| P2-4m | Compactada | 103 | 0,20 | 1,260 | 56 | 51 | $2.10^{-5}$ | MCT |
| **P2-4m** | **Natural** | **80** | **2,20** | **2,606** | **72** | **27** | $\mathbf{2.10^{-3}}$ | **Ghelph** |
| P2-5m | Compactada | 100 | 0,30 | 1,214 | 55 | 45 | $2.10^{-5}$ | CV |
| P2-5m | Compactada | 100 | 0,30 | 1,214 | 55 | 45 | $2.10^{-5}$ | CC |
| P2-5m | Compactada | 97 | 0,27 | 1,284 | 56 | 48 | $4.10^{-6}$ | MCT |
| **P2-5m** | **Natural** | **67** | **8,30** | **2,338** | **70** | **36** | $\mathbf{2.10^{-3}}$ | **Ghelph** |

Figura 6.7 – Ensaio de permeabilidade no poço P1 (a, b, c, d, e) e superfície S2 (f), na atual área do lixão do município de Rio Quente/GO, em 15/10/2007.

## 6.3 Clima

As características climáticas da região enquadram-se na classificação de Köppen (1948), no tipo Aw, que corresponde ao clima tropical, quente e úmido, caracterizado pela ocorrência de duas estações distintas, com verão chuvoso e inverno seco (Tabela 6.5).

A temperatura média da região é da ordem de 24 graus Celsius.

Este clima de alternância de estações secas no inverno e, quentes e úmidas no verão (Tabela 6.5) favorecem a evolução pedogênica dos solos, resultando na formação de solos lateríticos (VARGAS, 1977).

Tabela 6.5 – Estações climáticas na região do Município de Rio Quente

| **Estações** | **Período** |
|---|---|
| Seca | Maio a Setembro |
| Chuvosa | Outubro a Abril |

Fonte: Rio Quente, 2007d

A Tabela 6.6 apresenta a variação da temperatura na região do município de Rio Quente, com temperaturas mínimas de 12 graus Celsius e máximas de 38 graus Celsius.

Tabela 6.6 – Variação da temperatura na região do município de Rio Quente

| **Temperatura anual** | **Graus Celsius (ºC)** |
|---|---|
| Máxima | 38 |
| Mínima | 12 |
| Média | 24 |

Fonte: Rio Quente, 2007d

O valor médio da precipitação na região do município de Rio Quente, entre os anos de 2000 a 2003 e 2006 a 2007 de 1.324,84 mm/ano (Tabela 6.7), é considerado favorável na avaliação de ZUQUETTE e GANFOLFI (2004), sendo que a classe considerada severa é a partir de 2.000 mm/ano e restritiva a partir de 3.000 mm/ ano.

Tabela 6.7 – Precipitação pluviométrica média entre os anos 2000 a 2003 e 2006 a 2007, no município de Rio Quente.

| **Ano** | **Precipitação Pluviométrica** |
|---|---|
| 2000 | 1.484,00 |
| 2001 | 1.444,00 |
| 2002 | 1.428,00 |
| 2003 | 840,00 |
| 2006 | 1.623,00 |
| 2007 | 1.130,00 |
| **Média** | **1.324,84** |

Fonte: Rede meteorológica da Secretaria de Ciência e Tecnologia do Estado de Goiás. Dados do município de Caldas Novas – GO. Estação 19 (2007).

## 6.4 Vegetação

A localização do atual lixão confere uma situação privilegiada no aspecto paisagístico e em especial quanto à vegetação natural que a envolve.

A região onde se encontra inserido o atual lixão é caracterizada, a oeste, pela área de preservação do Parque Estadual da Serra de Caldas com sua vegetação nativa de cerrado, o Bairro Esplanada, Aeroporto do município, Bairro Mansões do Rio Quente I e mais precisamente o Bairro Mansões do Rio Quente II. Encontrando-se um processo acelerado de urbanização com o aumento das construções de casas, pequenos, médios e grandes. Ao leste, norte e sul predominam imóveis rurais.

No entorno do atual lixão a fisionomia é caracterizada por apresentar árvores baixas (±3 a 4 metros), bastante espaçadas umas das outras, retorcidas, com copas irregulares, de cascas grossas corticosas e folhas coriáceas, geralmente pilosas. Uma cobertura de gramíneas, (hemicriptófitas) além de plantas lenhosas raquíticas, com ramagem seca na época da estiagem, propiciam as queimadas naturais ou provocadas, praticamente em todos os anos.

Apesar do fogo costumeiro, esta área pode ser considerada como bastante conservada em suas características vegetacionais primárias, existindo também várias trilhas, intensamente

utilizadas por turistas e aficionados de caminhadas ecológicas.

Considerado como o patrimônio ambiental mais importante, o Rio Quente tem, dentro dos limites da Pousada, uma área florestal de galeria bastante diversificada, destacando o buriti (Mauritia vinifera) entre outras espécies, típicas dessas áreas úmidas, ciliares.

## 6.5 Ventos

Os ventos dominantes e sua direção, velocidades mensais e velocidade média do vento no município de Rio Quente foram identificados e extraídos da pesquisa diária elaborada pelos técnicos da Secretaria de Ciência e Tecnologia do Estado de Goiás (GOIÁS, 2007), que monitoram a região das Águas Quentes, através da estação 19, pertencente à rede metereológica deste estado, localizada no município de Caldas Novas – GO, de acordo com o resumo da Tabela 6.8.

A velocidade média dos ventos de 4,47 m/s (Tabela 6.8) é considerada tipo brisa (2,0 m/s a 6,0 m/s), comparada com a escala Beaufort (Tabela 2.18).

Através da Tabela 6.8, foram elaboradas as Tabelas 6.9 e 6.10. Verificou-se que haviam direções preferenciais e secundárias dos ventos no município do Rio Quente.

Como o município do Rio Quente fica na direção S, pode-se concluir que a direção do vento é oposta à direção da maior concentração de residências no município, mostrando que a localização da atual área do lixão, em relação à direção dos ventos é favorável.

Tabela 6.8 – Velocidades mensais, média e a direção do vento considerada para o município de Rio Quente.

| Item | Mês | Ano | Velocidade (m/s) | Direção do vento |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Jan | 2007 | 4,70 | N/NO/SO |
| 2 | Fev | 2007 | 4,35 | N/SE/L |
| 3 | Mar | 2007 | 4,22 | L/N/S |
| 4 | Abr | 2007 | 3,83 | L/SO/O |
| 5 | Mai | 2007 | 4,24 | SO/L/S |

Tabela 6.8 continua.

Tabela 6.8 continuação.

| Item | Mês | Ano | Velocidade (m/s) | Direção do vento |
|---|---|---|---|---|
| 6 | Jun | 2007 | 3,82 | SO/L/SE |
| 7 | Jul | 2007 | 4,35 | SO/L/SE |
| 8 | Ago | 2007 | 4,94 | L/SO/SE |
| 9 | Set | 2007 | 5,15 | L/SE/SO |
| 10 | Out | 2007 | 4,86 | SO/SE/L |
| 11 | Nov | 2007 | 4,42 | N/S/L |
| 12 | Dez | 2007 | 4,75 | N/S/SE |
| **Velocidade média anual vento** | | | **4,47** | |

Fonte: Rede meteorológica da Secretaria de Ciência e Tecnologia do Estado de Goiás. Dados do município de Caldas Novas – GO. Estação 19 (2007).

Tabela 6.9 – Direção preferencial do vento considerada para o município de Rio Quente.

| Mês | direção preferencial do vento |
|---|---|
| Nov/dez/jan/fev | **N** |
| Mar/abr/ago/set | **L** |
| Mai/jun/jul/out | **SO** |

Fonte: Rede meteorológica da Secretaria de Ciência e Tecnologia do Estado de Goiás. Dados do município de Caldas Novas – GO. Estação 19 (2007).

Tabela 6.10 – Direção secundária do vento considerada para o município de Rio Quente.

| Mês | direção secundária do vento |
|---|---|
| Nov/dez | **S** |
| Jan | **NO** |
| Fev/set/out | **SE** |
| Mar | **N** |
| Abr/ago | **SO** |
| Mai/jun/jul | **L** |

Fonte: Rede meteorológica da Secretaria de Ciência e Tecnologia do Estado de Goiás. Dados do município de Caldas Novas – GO. Estação 19 (2007).

O mapa da Figura 6.8 apresenta as possíveis direções primárias e as secundárias na região do município de Rio Quente, o que demonstra que a localização da atual área do lixão não compromete os bairros do município de Rio Quente.

Figura 6.8 – Mapa da direção preferencial e secundária do vento, considerada no município de Rio Quente.

Fonte: Rede Meteorológica da Secretaria de Ciência e Tecnologia do Estado de Goiás. Dados do município de Caldas Novas – GO. Estação 19 (2007).

De acordo com a Resolução CONAMA nº 005/89, que instituiu o Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar - PRONAR, a área onde se situa o atual lixão pertence à Classe I que engloba as "Áreas de preservação, lazer e turismo, tais como Parques Nacionais e Estaduais, Reservas e Estações Ecológicas, Estâncias Hidrominerais e Hidrotermais." (BRASIL, 1989).

Conforme a Resolução, nas áreas de Classe I a qualidade do ar deve ser mantida "em nível o mais próximo possível do verificado sem a intervenção antropogênica".

Devido à ausência de fontes de poluição significativa, a qualidade do ar nesta região atende aos condicionantes da Classe I daquela Resolução, podendo ser considerada como muito boa, apesar de na época de estiagem sofrer influência de queimadas e poeira fugitiva resultante da circulação de veículos em estrada de terra.

A circulação de veículos desregulados pode também levar à queda dos padrões de qualidade do ar por emissão de monóxido de carbono, hidrocarbonetos, óxidos de nitrogênio, fuligem, aldeídos etc. (ARCO VERDE CONSULTORIA E PROJETOS, 2001).

## 6.6 Uso atual do solo

Existe possibilidade de ampliações futuras da área do atual lixão, desde que a Cia. Thermas do Rio Quente ou outros proprietários que confrontem com a Cia. Thermas do Rio Quente cedam mais áreas de suas propriedades no entorno do atual lixão.

Para que aconteça a expansão urbana no entorno da atual área do lixão do município, é necessário que a Cia. Thermas do Rio Quente inclua a sua área rural que faz limite com o bairro Mansões do Rio Quente I e com a atual área do lixão, dentro do plano estragético de crescimento da empresa.

O bairro mais próximo da atual área do lixão é o bairro Mansões do Rio Quente II, cuja distância mínima é de 280 m, apesar de que, este bairro é de baixíssima densidade populacional.

Atualmente não existe plano diretor e nem registros oficiais de futura expansão urbana no

entorno da atual área do lixão.

O município de Rio Quente possui um documento básico de Uso e Ocupação do Solo aprovado através da lei nº 354/2002 em 08/04/2002 (RIO QUENTE, 2007e), a qual trata somente da construção civil em áreas urbanas. Este documento não aborda o uso e ocupação do solo rural e nem o uso da atual área do lixão.

O atual lixão está posicionado próximo à borda ocidental do "Parque Estadual da Serra de Caldas Novas", terminologia mais adequada, conforme proposta do próprio Plano de Manejo do Parque, visto que atualmente está inserida também no município de Rio Quente.

Trata-se de uma Unidade de Conservação – UC do Estado de Goiás, a qual está na responsabilidade da Agência Goiana do Meio Ambiente e Recursos Naturais, com área de 12.315 hectares compreendendo o topo da Serra de Caldas, suas fraldas e encostas, criada pela Lei nº 7.282 de 25 de setembro de 1970, com base na Lei Federal nº 4.771, de 15 de setembro de 1965 (BRASIL, 1965).

A atual área do lixão está localizada aproximadamente a 6 km do pé da serra do Parque Estadual da Serra de Caldas. Esta distância mínima e não média, é medida a partir do perímetro de um dos lados da atual área do lixão voltado para o Parque Estadual da Serra.

Na região em estudo não são conhecidos indícios ou informações da presença de patrimônio cultural, histórico ou pré-histórico.

O único trabalho sistemático existente sobre arqueologia é o Levantamento e Resgate do Patrimônio Arqueológico da Área Diretamente Afetada pela Usina Hidrelétrica Corumbá (MELLO et al., 1996) efetuado pelo Instituto Goiano de Pré-História e Antropologia - IGPA, da Universidade Católica de Goiás - UCG.

O trabalho abrange, entretanto, apenas a área de inundação da hidrelétrica, não atingindo o Parque Estadual da Serra de Caldas nem as imediações do atual lixão. De acordo com informação verbal da arqueóloga Rosiclér Silva, do IGPA, existe um único registro sobre possível ocorrência de indícios arqueológicos nos arredores da Serra de Caldas numa fazenda

nas encostas setentrionais da serra.

Não constam outros levantamentos arqueológicos na região, inclusive no Plano de Manejo do Parque Estadual da Serra de Caldas efetuado em 1997.

# 7 ANÁLISES

## 7.1 Avaliação geotécnica da adequabilidade da atual área do lixão

Com as informações obtidas na etapa de caracterização, foi avaliada a adequabilidade da área de disposição dos RSU, através da análise dos aspectos favoráveis ou restritivos impostos pela Agência Goiâna do Meio Ambiente (2007) para alguns atributos do meio físico visando as Licenças Prévia, de Instalação e de Funcionamento e, ainda, outros aspectos sugeridos pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (1995, 2000) e Zuquette et al. (1993 apud ZUQUETTE; GANDOLFI, 2004).

A Tabela 7.1 apresenta os quinze atributos estabelecidos pela Agência Goiâna do Meio Ambiente (2007), os critérios impostos para adequabilidade da área e um resumo da situação da área do atual lixão, cuja análise mais detalhada é apresentada a seguir:

a) **Distância do gerador:** a distância do gerador é favorável, visto que o bairro mais distante em relação a atual área do lixão não ultrapassa os 20 km. Isso foi confirmado na pesquisa de transporte dos RSU dos bairros do município até a atual área do lixão, pois a distância média de transporte por viagem de RSU / dia, ida e volta, é de 26,4 km, o que resulta em uma distância média de ida ou volta de 13,2 km.
b) **Acesso:** foi considerado favorável, pois, até aproximadamente três quilômetros da chegada ao lixão são trechos asfaltados, sendo que desses três quilômetros, dois são vias de acesso do bairro Mansões em avenida largas, porém mal conservadas, e o quilômetro final é uma estrada vicinal ligeiramente cascalhada (Figuras 5.8 e 5.9). Esse trecho não asfaltado necessita de manutenções programadas, principalmente no período de chuvas mais intensas, o que ocorre nos meses de fevereiro, março e abril. Por isso, o acesso pode ser melhorado se for executado um alargamento da pista no último km, se forem colocadas sinalizações compatíveis com o trânsito e um revestimento melhor, o que irá proporcionar economia ao município, evitando, inclusive, possíveis acidentes.

Tabela 7.1 – Situação atual da área de RSU do município de Rio Quente em relação aos atributos restritivos da Agência Goiâna do Meio Ambiente (2007).

| Item | Descrição do atributo | Restrição do atributo | Situação atual da área de RSU do município de Rio Quente | Favorável/ Desfavorável |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Distância do gerador | D ≤ 5 km, a partir do perímetro urbano, podendo ter distância superior avaliando-se os custos operacionais, D<20Km | **Distância mínima do bairro mais próximo - 0,28 km (Bairro Mansões do Rio Quente I).**<br>**Distância máxima do bairro mais distante – 14km** | **Favorável** |
| 2 | Acesso | facilidade de acesso | **acesso fácil em todo o trajeto de transporte dos RSU** | **Favorável** |
| 3 | Profundidade do lençol freático | p > 10 m | **não foi encontrado o lençol freático até a profundidade de 10m** | **Favorável** |
| 4 | Ampliação futura da área | verificar disponibilidade para ampliações futuras da área | **existe disponibilidade de áreas na vizinhança** | **Favorável** |
| 5 | Expansão urbana | tendências de expansão urbana contra a região (crescimento da cidade) | **pelo histórico do município a expansão urbana segue em outra direção** | **Favorável** |
| 6 | Ventos | com direção oposta ao aglomerado Urbano | **os ventos dirigem para N, L e SO, a posição da cidade de Rio Quente em relação ao atual lixão fica no S** | **Favorável** |
| 7 | Erosões<br>Índice de suscetibilidade | resistência do solo e que não seja suscetível a erosões (tipo de solo) não contempla | **no trabalho de campo não se observa feições erosivas** | **Favorável** |
| 8 | Declividade | i < 10% | **declividade média de 11,19% - praticamente no limite – Figura 5.14** | **Desfavorável** |
| 9 | Distância de coleções hídricas, nascentes e Veredas | distância de coleções hídricas, nascentes e veredas > 400 m | **maior que 600m** | **Favorável** |
| 10 | Relação com a vizinhança | > 1.000 m | **Distância mínima de 280m do bairro mais próximo – Mansões do Rio Quente I** | **Desfavorável** |
| 11 | Características hidrogeológicas da área (formadores de bacia hidrográfica, tipo de vegetação, etc) | | **a atual área do lixão não se caracteriza como área de recarga e a vegetação é típica do cerrado Goiano** | **Favorável** |
| 12 | Profundidade do substrato rochoso | observar se existe afloramento de rocha na região | **a área contempla afloramento de rocha em 9.026,60 m², o que corresponde a 18,65% de toda a área disponível (48.400 m²).** | **Desfavorável no mínimo em 18,65% de toda área disponível** |
| 13 | Zoneamento urbano | seja compatível com o plano diretor do município | **Atualmente não tem plano diretor** | **Desfavorável** |
| 14 | Zoneamento ambiental | distante de APAS, Parques, APP | **distante 6 km do pé da Serra de Caldas** | **Favorável** |
| 15 | Bacia e subbacia hidrográfica | deve estar fora da bacia de captação<br>de água para abastecimento público | **a ETA fica a montante da atual área do lixão, distante 2,50 km** | **Favorável** |

Fonte: Agência Goiâna do Meio Ambiente (2007)

c) **Profundidade do lençol freático:** durante a investigação do poço P2, escavado em período de chuvas intensas (janeiro a abril de 2008), não foram encontrados indícios de água, portanto, o lençol freático está abaixo da profundidade de 10m. Isso garante que a atual área do lixão seja favorável para escavações de valas para disposição de RSU até a profundidade máxima de 5 m.

d) **Ampliação futura da área:** existe possibilidade de ampliar a atual área do lixão, uma vez que a área do entorno é classificada como rural, bastando para isso que o Poder Público e os confrontantes se disponibilizem para uma negociação ou até mesmo uma parceria, como ocorreu com a empresa Companhia Thermas do Rio Quente.

e) **Expansão urbana:** como a atual área do lixão se localiza onde o uso do solo é rural e a maioria das áreas em seu entorno são destinadas para pastagens, pode ocorrer a expansão urbana neste local, principalmente se a empresa Companhia Thermas do Rio Quente, proprietária da maior parte dessas áreas, vir a construir algum empreendimento. Oficialmente não há esta possibilidade pelos próximos 20 anos, visto que ela já realizou e apresentou seu plano estratégico e este não contempla uma expansão neste local, até porque foi ela quem doou a atual área do lixão para o município. Através do acompanhamento visual da expansão urbana no município nos últimos 12 anos, verificou-se que a tendência de expansão é para os bairros Mansões do Rio Quente II e Esplanada e seu entorno. Isso se deve pela aproximação com a área turística, conforme Figura 3.3.

f) **Ventos:** o local é favorável em relação aos ventos da região. A análise dos ventos, realizada nessa pesquisa, mostrou que os ventos de maior intensidade e com mais freqüência dirigem para o Norte, Leste e Sudoeste e o município está localizado no Sul em relação a atual área do lixão, conforme apresentado na Figura 6.8.

g) **Erosões:** as investigações de campo e a análise da imagem de satélite (Figura 7.1), tanto na atual área do lixão, quanto no seu entorno, mostraram que não há feições erosivas, apesar dos solos da área serem considerados, pelas suas características granulométricas e de plasticidade, susceptíveis à erosão. Provavelmente isso se deve ao fato de essa área possuir um relevo suave e ser muito vegetada no seu entorno. Além disso, a morfologia e a extensão da área de contribuição da bacia de drenagem das águas pluviais evitam o ingresso de grandes volumes de água de chuva na atual área do lixão, o que minimiza os riscos de erosão do solo e de obstrução dos componentes do sistema de drenagem.

h) **Declividade:** as declividades na atual área do lixão, determinadas nos eixos 1-2, 3-6 e 4-5 (Figura 3.9), foram 12,39%; 11,65% e 9,54% respectivamente, sendo a média de aproximadamente 11,19%, estando praticamente no limite do favorável de 10%, segundo a Agência Goiâna do Meio Ambiente (2007). Como o Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (2000), Tabela 2.12, recomenda áreas com inclinações de 3 a 20% e Zuquette et al. (1993 apud ZUQUETTE; GANDOLFI, 2004), Tabela 2.14 consideraram restritivas apenas inclinações acima de 15%, pode-se dizer que essa inclinação não é a mais favorável, porém não é restritiva para implantar um aterro sanitário (AS) no local, indicando a necessidade de cuidados especiais com a drenagem superficial na área do lixão.

i) **Distâncias de coleções hídricas, nascentes e veredas:** a atual área do lixão fica 600 m distante do rio de água quente, o "Rio Quente", superior aos 400m exigidos pela Agência Goiâna do Meio Ambiente (2007). Dentro desta área e do seu entorno, (Figura 7.1), as grotas existentes são secas e não há nascentes, sendo portanto considerada favorável.

j) **Relação com a vizinhança:** o inconveniente deste local é estar distante 280m do bairro Mansões do Rio Quente I, (Figura 7.1), porém atualmente de baixíssima densidade, pois em um raio de 2 km da atual área do lixão, existem menos de 30 residências e ou aproximadamente 90 habitantes flutuantes e pouquíssimos habitantes fixos. Apesar disto, atualmente não há registros na Administração Municipal de queixas com relação à existência do lixão nessa área. Um aspecto que pode estar favorecendo é a direção favorável dos ventos e a seleção dos RSU úmidos pela Empresa Rio Quentes Resorts que minimiza os impactos no entorno da área do lixão. O histórico do municio não apresenta um crescimento no entorno da atual área do lixão por um período de no mínimo dez anos. Porém, independente ou não deste crescimento, é necessário que a Gestão Pública contemple no futuro Plano Diretor as ações necessárias para atender a exigência do órgão ambiental regulador do estado. Portanto, não atende a exigência da Agência Goiâna do Meio Ambiente (2007), sendo considerado desfavorável.

k) **Características hidrogeológicas da área (formadores de bacia hidrográfica, tipo de vegetação, etc):** a atual área do lixão não se caracteriza como área de recarga e possui uma vegetação típica do cerrado goiano no entorno, por isso é considerada favorável.

l) **Profundidade do substrato rochoso:** na investigação de campo verificou-se que, no mínimo 18,65%, do total da área do atual lixão possui afloramento de rocha, mesmo assim, não inviabiliza a utilização da área do lixão. Isto porque, na área que ainda resta, estima-se que em 57,37% de toda a área do atual lixão a profundidade do substrato rochoso deve superior a 10m, pois não apareceu indícios de substrato rochoso nos poços P1 (3m) e P2 (10m). No entanto, como precaução, sugere-se que na elaboração de um projeto de aterro sanitário sejam realizadas sondagens a percussão distribuídos na área disponível.

m) **Zoneamento urbano:** atualmente o município não possui um plano diretor que forneça as diretrizes do zoneamento urbano. Considerou-se este atributo desfavorável para a atual área do lixão.

n) **Zoneamento ambiental**: a atual área do lixão encontra-se distante 6 km do pé da Serra de Caldas, uma área de preservação ambiental, com jurisdição do Estado de Goiás. Se o município utilizar a atual área do lixão corretamente, como um Aterro Sanitário para disposição de RSU, pode-se afirmar que os impactos ambientais no entorno do aterro não serão relevantes.

o) **Bacia e sub bacia hidrográfica:** a captação de água para abastecimento da cidade (ETA) é realizada em outra bacia hidrográfica a qual fica a montante e a **2,5 km** da atual área do lixão, numa posição favorável à não contaminação das águas utilizadas para abastecimento da comunidade do município. A Figura 7.1 apresenta a área do atual lixão e seu entorno e identifica-se o Rio Quente e sua mata ciliar; algumas grotas secas; mata do cerrado de Goiás; ausência de erosões e nascentes; a única via de acesso para a área de disposição de RSU, através do bairro Mansões I; mais distante da área do lixão, os bairros do município com o seu aeroporto e a empresa Companhia Thermas do Rio Quente.

Figura 7.1 – Foto aérea da atual área do lixão do município de Rio Quente (2007)

A Tabela 7.2 apresenta a situação atual da área de RSU do município de Rio Quente em relação aos cinco atributos restritivos do Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (1995, 2000) que não são exigidos pela Agência Goiâna do Meio Ambiente (2007).

Tabela 7.2 – Situação atual da área de RSU do município de Rio Quente em relação aos atributos restritivos do Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (1995, 2000).

| Item | Descrição do atributo | Restrição do atributo | Situação atual da área de RSU do município de Rio Quente | Favorável/ desfavorável |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Vida útil | > 10 anos | **vida útil > 10 anos** | **Favorável** |
| 2 | Densidade populacional | Baixa | **existem menos de 30 imóveis residenciais no entorno da atual área do lixão** | **Favorável** |
| 3 | Uso e ocupação das terras | Áreas devolutas ou pouco utiliza-das | **a área atual do lixão não é devoluta e sim doada pela empresa Rio Quente Resorts. A vizinhança utiliza suas área para a pecuária** | **Favorável** |
| 4 | Valor da terra | Baixo | **valor da área atual é inferior às outras áreas dentro de um raio de 15km.** | **Favorável** |
| 5 | Aceitação popular e de suas entidades não-Governamentais | Boa | **não existe nenhuma restrição formal** | **Favorável** |

Fonte: Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (1995, 2000).

Uma análise mais detalhada dos cinco atributos do Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (1995, 2000) da Tabela 7.2 é apresentada a seguir:

a) **Vida útil:** dentre os cinco cenários estudados no item 7.2 para avaliação da vida útil do aterro sanitário, o terceiro cenário apresentado é o mais favorável. Ele considera a evolução estimada da população (RIO QUENTE, 2006b) e as condições atuais de reciclagem e reaproveitamento dos RSU. A vida útil estimada é de 10 anos e 5 meses, no entanto, se houverem alterações positivas no sentido de implementação de programas de educação ambiental com seleção na origem, essas ações tendem a aumentar significativamente a vida útil do aterro sanitário. Essa vida útil estimada é favorável à realização do empreendimento.

b) **Densidade populacional:** a densidade populacional no entorno da atual área do lixão é baixíssima, com menos de 30 imóveis residenciais no entorno da atual área do lixão e as perspectivas de expansão estão voltadas para outra direção, mais próxima das atividades turísticas.

c) **Uso e ocupação das terras:** a atual área do lixão, de 48.400 m², foi doada pela empresa Companhia Thermas do Rio Quente – Rio Quente Resorts, sendo uma área

pouco utilizada antes da doação, porém não foi área devoluta, isto porque esta área tinha proprietário particular de muitos anos atrás. Em razão da pouca utilização da área anterior à doação, esse uso é considerado favorável.

d) **Valor da terra:** a consulta pessoal feita à empresa Verão Imóveis, com sede no município de Rio Quente, avaliou que o valor da terra por metro quadrado da área do lixão em relação às outras áreas, num raio de 15 km, é considerado baixo e, portanto favorável ao empreendimento.

e) **Aceitação popular e de suas entidades não-governamentais:** a área do atual lixão foi doada pela empresa Companhia Thermas do Rio Quente e não há restrições por parte da população e de entidades não-governamentais. Não há registro na Prefeitura Municipal de reclamações de impactos decorrentes da existência do lixão.

A Tabela 7.3 apresenta a situação atual da área de RSU do município de Rio Quente em relação aos quinze atributos restritivos de Zuquette et al. (1993 apud ZUQUETTE; GANDOLFI, 2004), que não são exigidos pela Agência Goiâna do Meio Ambiente (2007), através da pesquisa e indicada nas classes favorável, moderada e severa.

Tabela 7.3 – Situação atual da área de RSU do município de Rio Quente em relação aos atributos restritivos de Zuquette et al. (1993 apud ZUQUETTE; GANDOLFI, 2004).

| COMPONENTE | ATRIBUTO | PARÂMETRO | CLASSES | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | **Favorável** | **Moderada** | **Severa** | **Restritiva** |
| Substrato rochoso | Litologia (***) | Resistência mecânica, Mineralogia, Cimento, Arranjo (IAEG. 1981; ISRM, 1981) | Gnaisses, migmatitos, siltitos e argilitos | **Granitos intercalação de xisto /granito** | Conglomerados | Arenitos |
| Materiais inconsolidados | Classificação textural | ASTM (1984) | Areia argilosa | Argila arenosa | **Arenosa** | Muito arenosa |
| | Variação vertical | | Heterogêneo | Heterogêneo | **Homogêneo** | Homogêneo |
| | Matacões | Tamanho (maior dimensão) (m), Freqüência, Profundidade | **não** | < 1<br>2/1.000 m³<br>> 2m | 1 a 2<br>2 a 5/1.000m³<br>< 2m | > 2<br>> 5/1.000m³<br>< 0,5 m |
| | Camada compressível | Espessura Profundidade | não | não | **Camada superficial porque tem um solo muito poroso abaixo de 3m de profundidade** | Camada superficial |
| | Características de compactação | Proctor normal | **Adequada para cobertura e base Com base nos ensaios de compactação e permeabilidade** | Adequada | Inadequada | Inadequada |
| Água | Fluxo superficial | | **Laminar** | Laminar | Laminar/ Concentrado | concentrado |
| | Condutividade hidráulica (cm/s) | | **< $1.10^{-4}$** | **$1.10^{-3}$ a $1.10^{-4}$** | **> $1.10^{-3}$** | Muito alta > $1.10^{-2}$ |
| Processos (feições) | Movimentos de massa gravitacionais | | **não** | não | Susceptibilidade<br>< 3/km² | Ocorre<br>> 3/km² |
| | Subsidências(abatimento) | Freqüência Intensidade | **não** | não | Não | Ocorre 1/km² |
| | Feições cársticas (rocha calcária) | Freqüência Intensidade | **não** | não | Não | Ocorre 1/km² |
| | Zonas de inundações | Freqüência Intensidade (área afetada) | **não** | não | Período de retorno entre 20 e 50 anos | Período de retorno < 20 anos |

Tabela 7.3 – Continua.

Tabela 7.3 – Continuação

| COMPONENTE | ATRIBUTO | PARÂMETRO | CLASSES | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | **Favorável** | **Moderada** | **Severa** | **Restritiva** |
| Relevo | Formas de relevo | | **Encostas planas ( i < 15º)** | | Encostas íngremes (i 45 a 60º) Zonas marginais de inundação | Escarpas Zonas marginais de inundação |
| | Zonas úmidas | | **não** | não | Não | Ocorre |
| Características climáticas | Pluviosidade | Total anual | | | > 2.000 mm/ano | > 3.000 mm/ano zona urbana |

Jv - Contador volumétrico de juntas
(*) ΔpH = pH KCl - pH H2O
(**) CTC - Capacidade de troca catiônica
(***) - Litologias da região em estudo

Fonte: Zuquette et al. (1993 apud ZUQUETTE; GANDOLFI, 2004).

Uma análise mais detalhada dos atributos restritivos de Zuquette et al. (1993 apud ZUQUETTE; GANDOLFI, 2004), em relação à viabilidade da atual área do lixão é apresentada a seguir:

**Item 1 – Substrato rochoso**

**A litologia da rocha** – encontrada na área do lixão é a mesma em todo o município. Trata-se de biotita quartzo-xistos com intrusões graníticas/pegmatíticas em forma de veios. Esse tipo de litologia é considerado moderadamente favorável.

**Item 2 – Materiais inconsolidados**

**Classificação textural** – feita com base na escala rodoviária (Pinto, 2000), mostrou que os solos analisados são basicamente areia fina siltosa ou argilosa, sendo que a areia argilosa ocorre até 3m de profundidade em grande parte da área disponível para a execução de valas de disposição de RSU. Em decorrência dessas variações texturais, as condições variam de favoráveis a severas.

**Variação vertical** – o solo apresenta textura variável tanto horizontal quanto vertical, mas com predomínio sempre da fração arenosa, o que leva a considerá-lo como da classe severa.

**Matacões** – não há incidência de fragmento de rocha destacada, transportado ou não, de diâmetro superior a 25 cm, comumente arredondado na atual área do lixão, uma vez que o afloramento de rocha identificado em parte da área é bem definido e contínuo. (Figura 3.9)

**Camada compressível –** a análise dos índices físicos do solo (Tabela 6.4) mostra que, de 1 a 3 m, o material é menos poroso (44 a 49%) do que no intervalo de 3 a 5m (69 e 72%), sendo que estes últimos são altamente porosos e consequentemente muito compressíveis. Considerando que haverá escavação de valas até essas profundidades, esse item fica enquadrado na classe severa. Isso implicaria em possíveis deformações do aterro de RSU, porém diante da proposta deste trabalho para a seção transversal das valas, Figura 9.1, o alívio devido ao material escavado seria superior ao carregamento provocado pela disposição dos RSU, portanto isso não constitui um problema.

**Características de compactação –** O solo não oferece dificuldades à compactação, sendo que as amostras do Poço P2, de 3 e 4 m de profundidade, mesmo compactadas, ostentam baixa massa específica, ou seja, relativamente porosas (Tabela 6.4) . No entanto, mesmo assim apresentam baixa permeabilidade, com valores inferiores a $2.10^{-5}$cm/s, aquém do exigido pelos órgãos fiscalizadores. Conclui-se que é favorável.

**Item 3 – Água**

**Fluxo superficial laminar –** Devido às características morfológicas da área o fluxo superficial da atual área do lixão é laminar. A erosão laminar ocorre através do escoamento superficial difuso da água da chuva no solo, ocasionando uma perda progressiva dos horizontes superficiais. O escoamento de água carreia os materiais da superfície do terreno, de forma homogênea, transportando as partículas em suspensão, sem formar canais preferenciais.

**Condutividade hidráulica (cm/s) –** A condutividade hidráulica do solo nas condições naturais varia de $2.10^{-3}$ a $1.10^{-5}$ cm/s conforme Tabela 6.4 sendo considerada de favorável a severa.

**Item 4 – Processos (feições)**

Não há indício de escorregamentos, erosões ou qualquer movimento de massa gravitacional, subsidência, de feições cársticas (rocha calcária) e de zonas de inundações na atual área do lixão, portanto esses atributos foram considerados favoráveis para a implantação de um AS.

**Item 5 – Relevo**

**Formas de relevo –** Caracteriza-se por um relevo com declividades moderadas (declividade < 15%) e encostas relativamente planas. E no seu valor pode exceder em alguns locais ligeiramente estipulado pela Agência Goiâna do Meio Ambiente. Este atributo na área do atual do lixão foi considerado parcialmente atendido.

**Zonas úmidas -** a atual área do lixão está livre de zonas úmidas, pois em um raio de 600m não possui nenhum curso d'água contínuo ou intermitente e nascentes e através da escavação de dois poços P1 e P2, pode-se afirmar que o lençol freático está abaixo de 10m da superfície, sendo, portanto, favorável.

**Ítem 6 – Características climáticas**

**Pluviosidade –** A sazonalidade climática no município de Rio Quente caracteriza-se pela ocorrência de duas situações quanto a pluviosidade: seca, que se estende de maio a setembro e, chuvosa, de outubro a abril, (Tabela 6.5), com uma pluviosidade total anual média de 1.324,84 mm/ano (Tabela 6.7), o que pode ser considerado favorável para a atual área do lixão.

## 7.2 Previsão da vida útil da atual área do lixão

A vida útil da atual área do lixão foi estimada admitindo-se cinco cenários diferentes.

a) **Primeiro cenário:** considerou-se a população fixa e flutuante atual, conforme Tabela 4.3 e a empresa Companhia Thermas do Rio Quente fazendo a seleção interna dos resíduos úmidos, conforme Tabela 5.34;
b) **Segundo cenário:** considerou-se a população fixa e flutuante atual, conforme Tabela

4.3 e a empresa Companhia Thermas do Rio Quente não realizando a seleção interna dos resíduos úmidos, conforme Tabela 5.34;

c) **Terceiro cenário:** considerou-se a evolução da população fixa e flutuante, conforme Tabela 4.3 e a empresa Companhia Thermas do Rio Quente realizando a seleção interna dos resíduos úmidos, conforme Tabela 5.34**,** proporcionalmente à evolução da população;

d) **Quarto cenário:** considerou-se a evolução da população fixa e flutuante, conforme Tabela 4.3 e a empresa Companhia Thermas do Rio Quente não realizando a seleção interna dos resíduos úmidos, conforme Tabela 5.34, proporcionalmente à evolução da população e;

e) **Quinto cenário:** considerou-se a evolução da população fixa e flutuante, conforme Tabela 4.3 e a hipótese do município implantar um processo de seleção dos resíduos úmidos, em que a meta a ser alcançada seja a redução de até 37% dos resíduos úmidos produzidos no município, semelhante à redução alcançada pela PRQ.

Para que a vida útil da área do atual lixão pudesse ser calculada, levando-se em conta estes cinco cenários propostos, foram consideradas as seguintes premissas:

1) A área disponível para o futuro projeto de AS é de 48.400m², a qual está sendo utilizada atualmente como lixão;
2) O ante-projeto de locação de valas apresentado na Figura 9.1, que é uma sugestão para disposição de RSU.
3) Área inutilizável estimada com afloramento de rocha, verificada através do mapa planialtimétrico, Figura 3.9 e investigação no local: 9.027,00m², cuja área representa 18,65% da área total do atual lixão;
4) Área já utilizada estimada a partir das observações visuais que o autor fez durante os últimos 12 anos, uma vez que não há projeto e gerenciamento técnico da área: 11.606,18m², cuja área representa 23,98% da área total do atual lixão, Figura 9.1;
5) Área estimada disponível para a disposição dos RSU na atual área do lixão: 27.776,82m², o que representa 57,37% da área total do atual lixão, Figura 9.1;
6) Dezesseis valas com inclinação 1:1,5(V:H), seguindo a sugestão de Tchobanoglous, Thiesen e Vigil (1993); com base de cinco metros de largura; topo de vinte metros de largura; profundidade média de cinco metros e

comprimento de 50,00m, dispostas na área conforme Figura 9.1. Suas dimensões foram definidas em função do melhor aproveitamento da área estimada disponível (Figura 9.1) e da investigação geotécnica, o qual mostrou que o lençol freático e o afloramento de rocha na área total estimada disponível e aproveitável estão abaixo da profundidade de dez metros;

7) Capacidade volumétrica total de cada vala padrão a ser executada para receber os RSU compactados e as camadas de material impermeável entre as células: 3.125m³;
8) Espessura do material de cobertura: 0,20m entre as células;
9) Número de células por vala e espessura média de cada célula: três células por vala e espessura média de cada célula de RSU compactados de 1,40 m de altura. No cálculo da vida útil, foi considerado uma camada de 0,20 m de solo compactado abaixo do nível da base e a colocação de uma manta de polietileno de alta densidade (PEAD). Posteriormente, sobre esta manta uma outra camada de 0,20 m de solo sem compactação, com a função de proteger a manta do início da deposição dos RSU na vala; mais duas camadas de solo de 0,20 m intermediárias, separando as células de 1,40m de altura e uma camada final de 0,20 m de solo, que ficará acima do nível do topo;
10) Volume ocupado pelas camadas de solo utilizadas na cobertura da base, proteção da manta, nas camadas intermediárias das células e pelas células de RSU em cada vala: 3.125m³;
11) Volume ocupado pelas camadas de solo utilizadas na cobertura da base, proteção da manta e nas camadas intermediárias das células de RSU: 500m³;
12) Capacidade volumétrica de cada vala padrão a ser executada para receber os RSU sem as camadas de proteção da base, de proteção da manta e das camadas intermediárias: 2.625m³ e para as 16 valas um total de 42.000m³;
13) Densidade média aparente dos RSU solta : 112,52 kg/m³;
14) Volume médio diário de RSU solto disposto na atual área lixão: 33,90m³ e
15) Volume médio diário de RSU compactado disposto na atual área lixão, admitindo-se um fator de compactação de 1:4, (INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL, 2001): 8,475m³.

**Primeiro cenário**

Considera:

- A vida útil com base na população atual de 8.600 habitantes, considerando a população fixa de 5.100 habitantes e a população flutuante de 3.150 habitantes, valores médios extraídos das populações fixas e flutuantes dos anos de 2006 e 2008, conforme Tabela 4.3 (RIO QUENTE, 2006b) e considerando também que a empresa Companhia Thermas do Rio Quente execute a seleção dos resíduos úmidos de 1,882 ton/dia na origem (Tabela 5.34);
- Produção diária RSU soltos dispostos no atual lixão: 3,75 ton/dia;
- Produção diária RSU soltos dispostos no atual lixão, 3,75 ton/dia / 0,1125 ton/m³: 33,33 m³/dia;
- Taxa de redução do RSU devido a compactação no Aterro Sanitário: 1:4 (RSU solto: RSU compactado);
- RSU compactado: 33,33 m³/dia / 4 = 8,475 m³;
- Vida útil de cada vala: 2.625 m³ / 8,475 m³ = 309 dias.

Vida útil das 16 valas estimadas, possíveis de serem executadas: 16 valas x 309 dias = 4.944 dias / 365 dias = 13 anos e 06 meses.

**Segundo cenário**

Considera:

- A vida útil com base na população atual de 8.600 habitantes, considerando a população fixa de 5.100 habitantes e a população flutuante de 3.150 habitantes, valores médios extraídos das populações fixas e flutuantes dos anos de 2006 e 2008, conforme Tabela 4.3 (RIO QUENTE, 2006b) e considerando também que a empresa Companhia Thermas do Rio Quente não execute a seleção dos resíduos úmidos de 1,882 ton/dia na origem (Tabela 5.34):
- Produção diária de RSU soltos dispostos no atual lixão, 3,75 ton/dia + 1,882 ton/dia: 5,632 ton/dia;
- Produção diária de RSU soltos dispostos no atual lixão, 5,632 ton/dia / 0,1125 ton/m³: 50,06 m³/dia;
- Taxa de redução do RSU devido a compactação no Aterro Sanitário: 1:4 (RSU solto: RSU compactado);

- RSU compactado:50,06m³/dia / 4 = 12,52 m³;
- Vida útil de cada vala: 2.625 m³/ 12,52 m³ = 209 dias.

Vida útil das 16 valas estimadas, possíveis de serem executadas: 16 valas x 209 dias = 3.344 dias / 365 dias = 9 anos e dois meses.

**Terceiro cenário**

Considera:

- A vida útil com base na população de 11.350 habitantes, sendo a população fixa média de 7.145 habitantes e a população flutuante média de 4.205 habitantes, cujos valores médios foram extraídos da evolução das populações fixas e flutuantes dos anos de 2006 a 2015, conforme Tabela 4.3 (RIO QUENTE, 2006b) e considerando também que a empresa Companhia Thermas do Rio Quente execute a seleção dos resíduos úmidos de 1,882 ton/dia na origem (Tabela 5.34) com uma população flutuante de 3.150 habitantes, o que corresponde a 2,52 ton/dia para uma evolução da população flutuante de 4.205 habitantes;
- Produção diária de RSU soltos dispostos no atual lixão: 3,75 ton/dia com uma população fixa e flutuante de 8.600 habitantes, o que corresponde a 4,95 ton/dia para uma evolução da população total de 11.350 habitantes;
- Produção diária de RSU soltos dispostos no atual lixão, 4,96 ton/dia /0,1125 ton/m³: 44,01 m³/dia;
- Taxa de redução do RSU devido a compactação no Aterro Sanitário: 1:4 (RSU solto: RSU compactado);
- RSU compactado:44,01m³/dia / 4 = 11,00 m³ e
- Vida útil de cada vala: 2.625 m³ / 11,00 m³ = 238 dias.

Vida útil das 16 valas estimadas, possíveis de serem executadas: 16 valas x 238 dias = 3.808 dias / 365 dias = 10 anos e 5 meses.

**Quarto cenário**

Considera:

- A vida útil com base na população de 11.350 habitantes, sendo a população fixa média de 7.145 habitantes e a população flutuante média de 4.205 habitantes, cujos valores

médios foram extraídos das populações fixas e flutuantes dos anos de 2006 a 2015, conforme Tabela 4.3 (RIO QUENTE, 2006b) e considerando também que a empresa Companhia Thermas do Rio Quente não execute a seleção dos resíduos úmidos de 1,882 ton/dia na origem (Tabela 5.34) com uma população flutuante de 3.150 habitantes e o que corresponde a 2,52 ton/dia para uma evolução da população flutuante de 4.205 habitantes;

- Produção diária de RSU dispostos no atual lixão: 3,75 ton/dia com uma população fixa e flutuante de 8.600 habitantes é o que corresponde a 4,95 ton/dia para uma evolução da população total de 11.350 habitantes;
- Produção diária de RSU soltos dispostos no atual lixão, 4,95 ton/dia + 2,52 ton/dia: 7,47 ton/dia;
- Produção diária de RSU soltos dispostos no atual lixão, 7,47 ton/dia / 0,1125 ton/m³: 66,40 m³/dia;
- Taxa de redução do RSU devido a compactação no Aterro Sanitário: 1:4 (RSU solto: RSU compactado);
- RSU compactado:66,40 m³/dia / 4 = 16,60 m³ e
- Vida útil de cada vala: 2.625 m³/ 16,60 m³ = 158 dias.

Vida útil das 16 valas estimadas, possíveis de serem executadas: 16 valas x 158 dias = 2.528 dias / 365 dias = 6 anos e 11 meses.

**Quinto cenário**

Considera:

- A vida útil com base na população de 11.350 habitantes, sendo a população fixa média de 7.145 habitantes e a população flutuante média de 4.205 habitantes, cujos valores médios foram extraídos da evolução das populações fixas e flutuantes dos anos de 2006 a 2015 da Tabela 4.3 (RIO QUENTE, 2006b);
- Que a empresa Companhia Thermas do Rio Quente execute a seleção dos resíduos úmidos de 2,52 ton/dia para uma população flutuante de 4.205 habitantes, o que corresponde a 1,882 ton/dia para uma população flutuante de 3.150 habitantes (Tabela 5.34);
- Produção diária de RSU dispostos no atual lixão, de uma população fixa e flutuante de 8.600 habitantes, de 3,75 ton/dia, corrigida para uma população total de 11.350

habitantes; o que corresponde a 4,96 ton/dia;

- A possibilidade de implantar uma meta de redução de 37% dos RSU, uma vez que a cidade é turística, com vários bares, restaurantes e hotéis, ou seja, com características semelhantes ao RQR que consegue reduzir esses 37% e
- Taxa de redução do RSU devido a compactação no Aterro Sanitário: 1:4 (RSU solto: RSU compactado).

Assim, para uma produção diária total de 7,48 ton/dia (2,52 + 4,96) de RSU e considerando uma seleção estimada de 37% de RSU produzidos no município excetuando-se o do RQR, a redução da produção é de 1,84 ton /dia de RSU, que corresponde a (7,48 – 2,52) x 0,37.

A produção diária de RSU soltos dispostos no atual lixão com seleção é de 3,12 ton/dia (7,48 ton – 2,52 ton – 1,84 ton).
O volume diário com a seleção é de 27,73 m³/dia (3,12 ton /0,1125 ton/ m³).
O volume de RSU compactado é de 6,93 m³ ( 27,73 m³ / 4 ).
Vida útil de cada vala: 2.625 m³/ 6,93 m³ = 378,6 dias.

Vida útil das 16 valas estimadas, possíveis de serem executadas: 16 valas x 378,6 dias = 6.057,7 dias / 365 dias = 16 anos e 7 meses.

A Tabela 7.4 apresenta o resumo dos cinco cenários em relação à vida útil da atual área do lixão, sendo que a vida útil mais crítica é a do quarto cenário, de 6 anos e 11 meses e a vida útil mais longa é a do quinto cenário, de 16 anos e 7 meses.

Tabela 7.4 – Vida útil da atual área do lixão apresentada em cinco cenários.

| Cenários | Fixa | Flutuante | Total | Ano | Geração de RSU do município sem a seleção de RQR* Ton/dia | Geração dos RSU com seleção no RQR* ton/dia | Com seleção de RSU no município ton/dia | Vida útil do Aterro Sanitário no município de Rio Quente |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Primeiro | 5.100 | 3.150 | 8.600 | 2.007 | 3,75 | 1,88 | - | 13 anos e 6 meses |
| Segundo | 5.100 | 3.150 | 8.600 | 2.007 | 5,64 | 0,00 | - | 9 anos e dois meses |
| Terceiro | 7.145 | 4.205 | 11.350 | 2.010 | 4,95 | 2,52 | - | 10 anos e 5 meses |
| Quarto | 7.145 | 4.205 | 11.350 | 2.010 | 7,47 | - | - | 6 anos e 11 meses |
| Quinto | 7.145 | 4.205 | 11.350 | 2.010 | 3,12 | 2,52 | 1,84 | 16 anos e 7 meses |

*RQR- Rio Quente Resorts

A partir das análises anteriores, para avaliação final da adequabilidade da atual área do lixão conforme proposto por Instituto Brasileiro de Administração Municipal (2001), foi montada a Tabela 7.5, onde os atributos foram separados por tipo de critério técnico, político-sociais e econômico-financeiros, (Tabela 3.4) e são apresentados os pesos considerados e a porcentagem referente ao atendimento do critério (Tabela 3.5), de cada atributo.

Tabela 7.5 – Pontuação dos critérios para a seleção da atual área do lixão atendendo os critérios da AGM (2007); Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (1995, 2000) e Zuquette et al. (1993 apud ZUQUETTE; GANDOLFI, 2004).

| Item | Atributos | prioridade de critério | Peso | % | Total De Pontos | total de Pontos Máximo |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **1** | **Distancia do gerador** | **1** | **10** | **100** | **10,0** | **10** |
| **2** | **Acesso** | **1** | **10** | **100** | **10,0** | **10** |
| **3** | **Profundidade do lençol freático** | **1** | **10** | **100** | **10,0** | **10** |
| **4** | **Ampliação futura da área** | **1** | **10** | **100** | **10,0** | **10** |
| **5** | **Expansão urbana** | **1** | **10** | **50** | **5,0** | **10** |
| **6** | **Ventos** | **1** | **10** | **100** | **10,0** | **10** |
| **7** | **Erosões, índice de sustentabilidade** | **1** | **10** | **100** | **10,0** | **10** |
| **8** | **Declividade** | **1** | **10** | **50** | **5,0** | **10** |
| **9** | **Distância de coleções hídricas, nascentes e veredas** | **1** | **10** | **100** | **10,0** | **10** |
| **10** | **Relação com a vizinhança** | **1** | **10** | **0** | **0,0** | **10** |
| **11** | **Características hidrogeológicas da área (formadores de bacia hidrográfica, tipo de vegetação, etc)** | **1** | **10** | **100** | **10,0** | **10** |

Tabela 7.5 continua.

Tabela 7.5 continuação.

| Item | Atributos | prioridade de critério | Peso | % | Total De Pontos | total de Pontos Máximo |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 12 | Profundidade do substrato rochoso | 1 | 10 | 50 | 5,0 | 10 |
| 13 | Zoneamento urbano | 1 | 10 | 0 | 0,0 | 10 |
| 14 | Zoneamento ambiental | 1 | 10 | 100 | 10,0 | 10 |
| 15 | Bacia e subbacia hidrográfica | 1 | 10 | 100 | 10,0 | 10 |
| 16 | Densidade populacional | 2 | 6 | 100 | 6,0 | 6 |
| 17 | Uso e ocupação da terra | 2 | 6 | 100 | 6,0 | 6 |
| 18 | Aceitação popular e de suas entidades não-governamentais | 2 | 6 | 100 | 6,0 | 6 |
| 19 | Vida útil | 3 | 4 | 100 | 4,0 | 4 |
| 20 | Valor da terra | 3 | 4 | 100 | 4,0 | 4 |
| 21 | Condutividade hidráulica (cm/s) | 4 | 3 | 50 | 1,5 | 3 |
| 22 | Características de compactação | 4 | 3 | 50 | 1,5 | 3 |
| 23 | Classificação textural | 4 | 3 | 50 | 1,5 | 3 |
| 24 | Zonas de inundações | 4 | 3 | 100 | 3,0 | 3 |
| 25 | Formas de relevo | 4 | 3 | 50 | 1,50 | 3 |
| 26 | Zonas úmidas | 4 | 3 | 100 | 3,0 | 3 |
| 27 | Pluviosidade | 4 | 3 | 100 | 3,0 | 3 |
| 28 | Litologia | 6 | 1 | 50 | 0,5 | 1 |
| 29 | Variação vertical | 6 | 1 | 0 | 0,0 | 1 |
| 30 | Matacões | 6 | 1 | 100 | 1,0 | 1 |
| 31 | Camada compressível | 6 | 1 | 50 | 0,5 | 1 |
| 32 | Fluxo superficial | 6 | 1 | 100 | 1,0 | 1 |
| 33 | Movimentos de massa gravitacionais | 6 | 1 | 100 | 1,0 | 1 |
| 34 | Subsidências (abatimento) | 6 | 1 | 100 | 1,0 | 1 |
| 35 | Feições cársticas (rocha calcária) | 6 | 1 | 100 | 1,0 | 1 |
| | Total de pontos | | | | 162,0 | 205,0 |

Fonte: Instituto Brasileiro de Administração Municipal (2001)

O total de 162 pontos corresponde a 79,00% do total de pontos passíveis de serem atingidos, podendo ser considerada um elevado nível de adequabilidade para a disposição de RSU em AS, conforme o critério do Instituto Brasileiro de Administração Municipal (2001), de avaliação da adequabilidade de área para disposição de RSU.

# 8 CONCLUSÕES

A realização deste trabalho permitiu alcançar uma maior visão da problemática da Gestão de RSU no município de Rio Quente - GO, desde sua produção, coleta até a disposição final; do desafio colocado à sociedade como um todo no equacionamento dos problemas e sugerir diretrizes para o Poder Público, considerando que a capacitação de agentes municipais responsáveis pelos serviços de limpeza urbana e a existência de um referencial técnico para auxiliá-los na preparação e implementação dos seus programas de RSU constituem fatores essenciais para a aplicação adequada dos recursos e solução dos problemas, podendo servir de referência para os tomadores de decisão nas diferentes esferas do governo municipal, projetistas e agentes financeiros/operadores destes serviços.

## 8.1 Sobre a pesquisa de opinião dos moradores do município de Rio Quente

Não há uma periodicidade de coleta definida, o que torna necessário estabelecer um calendário oficial de coleta de RSU, com informação adequada para a comunidade do município do Rio Quente – GO, de modo a orientar os moradores e evitar a exposição do lixo por longo tempo. Os entrevistados sugerem também uma aumento da periodicidade e a colocação de lixeiras.

O fato de 34% dos entrevistados, já fazerem a separação dos resíduos úmidos e secos na origem, demonstra que já existe uma mentalidade de seleção, que precisa ser disseminada através de projetos de educação ambiental.

A grande maioria (95%) considera que o veículo de transporte não é adequado, o que realmente ocorre.

## 8.2 Sobre a geração dos RSU do município de Rio Quente – GO

Com relação à geração dos RSU do município de Rio Quente – GO, conclui-se que:

1) Os RSU dos bairros Esplanada e Pousada do Rio Quente em conjunto, apresentam em média 67 % de material úmido e 33 % de material seco e os

bairros Rio Quente Centro e os do Fauna II 75 % de material úmido e 25 % de seco, conforme tabelas Tabelas 5.16 até a 5.22. Nota-se que a quantidade de RSU úmido na área turística é 8,4% menor que a quantidade de RSU úmido dos outros bairros não turísticos. Isto provavelmente se deve pela seleção de RSU úmido que a empresa Companhia Thermas do Rio Quente promove na origem. Essas porcentagens de RSU úmido são superiores à média nacional, de 52,5%, e na mesma ordem de grandeza de cidades como Curitiba (74,6%) e Distrito Federal (65,4%), conforme Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (2000);

2) A densidade média dos RSU do período da manhã é de 109,73 kg/m³s e a densidade média dos RSU do período da tarde é de 114,50 kg/m³s, confirmando as observações anteriores, pois os RSU transportados no período da tarde, quase na sua totalidade originam dos bairros Pousada do Rio Quente e Esplanada, e contribui muito no volume transportado no período da manhã, fazendo com que a densidade média neste período suba também. A densidade média dos RSU do município de Rio Quente é de 112,52 kg/m³s;
3) A quantidade de RSU produzida no período de maio a outubro de 2007 e transportada para a atual área do lixão é de 3,75 ton/dia ou 33,30 m³/dia;
4) A geração total de RSU do município de Rio Quente é de 5,632 ton/dia, sendo que desse total, 3,75 ton/dia são dispostas na atual área do lixão e 1,882 ton/dia selecionadas na origem pela empresa Companhia Thermas do Rio Quente. Da quantidade de 1,882 ton/dia, 1,75 ton/dia (92,98%) é resíduo orgânico. Esses RSU são reaproveitados por empresas terceirizadas pela Companhia Thermas do Rio Quente;
5) A quantidade de RSU selecionadas artesanalmente, na atual área do lixão com o seu reaproveitamento por empresas terceirizadas em parceria com a Companhia Thermas do Rio Quente e pela Prefeitura Municipal de Rio Quente, conforme Tabela 5.34, é de 0,195 ton/dia. Como a seleção desses materiais é feito na atual área do lixão, essa quantidade já está incluída na geração e transporte dos RSU do município. Assim, do total de 5,632 ton/dia de RSU gerados, 3,555 ton/dia (63 %) destes RSU são dispostos na atual área do lixão, despejados sobre a superfície da área disponível, sem preparação de valas, sem espalhamento, sem compactação e recobrimento;

6) O município de Rio Quente promove a seleção de 2,077 ton/dia, o que corresponde a 37 % do total de 5,632 ton/dia de RSU gerados. Essa contribuição se dá através da empresa Companhia Thermas do Rio Quente, empresas terceirizadas para executar a seleção dos RSU e a Prefeitura Municipal de Rio Quente.
7) Considerando que em 2007 a população fixa é 5.450 habitantes e a população flutuante é 3.150, valores médios de 2006 e 2008 fornecidos pela Secretaria Municipal de Turismo e Meio Ambiente de Rio Quente (RIO QUENTE, 2006b), os RSU total produzido no município de Rio Quente é de 5,632 ton/dia e a densidade aparente média é de 112,5 kg/m³, a geração *per capita* no município é 0,66 kg/hab/dia. Esse valor é da ordem de grandeza do esperado para cidades com mais de 500.000 habitantes (0,7 kg/habitante/dia, segundo a CETESB (2005), sendo que o esperado para um município desse porte é de 0,40 kg/habitante/dia, segundo Instituto Brasileiro de Administração Municipal (2001).

## 8.3 Sobre o transporte de RSU do município de Rio Quente – GO

Com relação ao transporte de RSU do município de Rio Quente – GO, conclui-se que durante o período da pesquisa de maio a outubro de 2007, o que correspondeu a 184 dias:

O transporte de RSU dos bairros para o atual lixão do município de Rio Quente foi feito ininterruptamente e foram realizadas 746 viagens de RSU, transportados por um único veículo F-4000, disponível para este serviço, sendo que foram realizados no mínimo duas e no máximo seis viagens/dia e uma média de quatro viagens/dia;

1) Do total destas viagens de RSU; 59,65% são realizadas pela manhã e 40,35% são realizadas a tarde;
2) Dos 40,35% de viagens realizadas à tarde, 96% passam exclusivamente pelo bairro Pousada do Rio Quente;
3) Neste período a distância média diária de transporte de RSU dos bairros para o atual lixão é de 107 km;
4) A distância média percorrida por viagem dos bairros até o atual lixão é de 26,39 km.

## 8.4 Sobre a disposição dos RSU na atual área do lixão

É necessário destacar que é muito raro encontrar um terreno que possua todos os atributos adequados para disposição de resíduos sólidos, sejam eles de qualquer natureza (geológicos, geotécnicos, hidrogeológicos, bióticos, locacionais, etc.). A implantação de um aterro sanitário, apesar de ser um mal necessário, sacrifica irremediavelmente a área por ele ocupada. Por isso, a área destinada a um aterro sanitário deve apresentar requisitos mínimos que garantam a segurança do confinamento do lixo naquele local.

O mapa geológico (Figura 8.1) e as observações de campo indicam que os tipos de solos e rocha encontrados na atual área do lixão e seu entorno ocorrem em toda a região do município. Assim, alguns atributos desfavoráveis para a atual área do lixão, tais como erodibilidade, características de compactação, classificação textural, litologia, variação vertical e camadas compressíveis, em que qualquer outra área para disposição de RSU que a gestão pública venha a indicar, também serão desfavoráveis e consequentente será necessário buscar soluções para amenizar seus efeitos.

Felizmente, a necessidade da construção de aterros sanitários em locais geológico-geotécnicamente não muito indicados, fez com que nos últimos anos surgissem inúmeras técnicas de engenharia visando a minimização dos impactos e com isso, viabilizando a implantação desses aterros.

A área apresenta vinte e três atributos do meio físico totalmente favoráveis, nove moderadamente e três desfavoráveis. Admitindo-se que o protótipo ideal de área para disposição dos RSU é aquele que atinge a pontuação máxima, de acordo com Instituto Brasileiro de Administração Municipal (2001), em todos os atributos analisados, a área do atual lixão obteve uma pontuação de 79 % do protótipo ideal (Tabela 7.5), podendo ser considerada um elevado nível de adequabilidade para a disposição de RSU em AS.

É importante frisar o aspecto de vida útil do aterro, uma vez que é grande a dificuldade de se encontrar novos locais, próximos às áreas de coleta, para receber o volume de lixo urbano gerado no Município, em face da rejeição natural que a população tem de morar perto de um

local de disposição de lixo (INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL, 2001).

Dentre os cinco cenários estudados no item 7.2 para avaliação da vida útil do AS, o terceiro cenário apresentado é o mais realista. Ele considera a evolução estimada da população (RIO QUENTE, 2006b) e as condições atuais de geração e seleção dos RSU. A vida útil estimada é de dez anos e cinco meses, no entanto, se houverem alterações positivas no sentido de implementação de programas de educação ambiental com seleção na origem, esse prazo tende a aumentar a vida útil do AS em 59,20 %, passando para dezesseis anos e sete meses. Essa vida útil estimada é favorável à realização do empreendimento.

Figura 8.1 – Mapa hidrogeológico do município de Rio Quente – GO, escala 1:25.000.

# 9 RECOMENDAÇÕES

Como a avaliação da vida útil foi feita com base em apenas um ante-projeto de valas, sugere-se que novos estudos, com outras alternativas de projeto sejam realizados no sentido de buscar maior eficácia no aproveitamento da área disponível.

Considerando-se que, entre as alternativas para tratamento ou redução dos RSU, a reciclagem é aquela que desperta o maior interesse na população, principalmente por seu forte apelo ambiental (INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL, 2001) e que os resultados do trabalho mostraram que apenas uma empresa realizando a seletividade, conseguiu reduzir em 37% o volume do RSU destinados à atual área do lixão. Considerando que o número de leitos dela é cerca de 3.090, o que representa aproximadamente 22% do total de 14.217 leitos da rede hoteleira do município Rio Quente (2007d). Uma política de educação ambiental objetivando a seleção dos RSU, voltada também para a rede hoteleira, poderia implicar em uma redução significativa de RSU para a atual área do lixão no município. Essa sensível redução deve-se principalmente à característica de possuir 65% a 75% de material úmido, geralmente proveniente da produção de alimentos e bebidas, dos bares, hotéis e restaurantes Rio Quente (2007d).

Motivado pelas possibilidades de alcançar essas reduções significativas na geração dos RSU, o autor elaborou diretrizes denominadas “Ambiente Saudável”, e apresentou em 27/09/207 em sessão pública na Câmara Municipal de Rio Quente, utilizando as transparências do Anexo II, norteando a Gestão Pública na implantação via educação, por meio de duas escolas municipal e estadual existentes no município, com o objetivo de criar uma cultura nos alunos, e posteriormente estender ao município, a segregação dos RSU em seco, molhado e de sanitários ou banheiros, de modo que o município teria um processo adequado da geração dos RSU, utilizando os 3Rs, nesta etapa – redução, reutilização e reciclagem dos RSU.

O município de Rio Quente poderá vir a implementar outras ações que possibilitem a recuperação de recicláveis através da escolha de outros modelos adequados às peculiaridades do município, como por exemplo, um projeto voltado à seletividade na rede hoteleira.

A geração per capita obtida neste trabalho de 0,66 kg/hab/dia é da mesma ordem de grandeza

esperada para cidades com mais de 500.000 habitantes, mostrando o alto poder aquisitivo do município em decorrência das atividades turísticas, destacando a importância de se colocar em prática um plano operacional emergencial da geração, transporte e disposição dos RSU no município de Rio Quente – GO, o qual estabeleça condições físico-financeiro do município realizar a transição do funcionamento da área de disposição de RSU de lixão para Aterro Controlado e posteriormente Aterro Sanitário.

Atualmente a área de disposição de RSU, no município de Rio Quente – GO, encontra-se como lixão, e pelas condições atuais do município, sendo um pólo gerador do turismo regional, estadual e nacional, a operação desta área deverá ser planejada para funcionar como Aterro Sanitário, uma vez que apresenta elevada adequabilidade, trazendo importantes benefícios ambientais, sociais, econômicos e na área da saúde ao município

## 9.1 Geração de RSU

Sugere-se para a redução da geração dos RSU do município de Rio Quente – GO que a Gestão Pública:

1) Avalie a possibilidade de implantação do projeto "Ambiente Saudável" nas escolas, fornecendo diretrizes macro aos gestores destas unidades de educação para que elas possam ter condições físicas, financeiras e pedagógicas na condução do mesmo. Este trabalho deverá ser permanente, podendo também rever a grade curricular, introduzindo novos conceitos e critérios sobre sustentabilidade ambiental;
2) Crie um projeto de comunicação visual e oral, reuniões e seminários mensais, com os moradores do município, informando-os do andamento do projeto "Ambiente Saudável" e ao mesmo tempo solicite à comunidade para que eles possam fazer a separação dos RSU em seco, molhado e banheiro ou sanitário. Unindo o projeto "Ambiente Saudável" nas escolas e fornecendo informações e solicitando ajuda ao município através de recursos educacionais, com certeza haverá uma resposta imediata da comunidade em relação às diretrizes do poder público neste sentido;
3) Forneça um projeto de lixeiras simples com tampa, para a comunidade do

município, por exemplo tambores de 200 litros partidos ao meio, que são utilizados inicialmente para transporte de óleo e outros derivados do petróleo, incentivando e ou criando condições para que a comunidade coloque-os na frente de sua residência, para facilitar a coleta dos RSU;

4) Oportunize aos alunos, bem como aos agentes sanitários, que sejam divulgadores junto à comunidade do projeto "Ambiente Saudável", informando seu objetivo principal e o ganho que o município terá de imediato.

## 9.2 Transporte

Com relação ao transporte, sugere-se que:

1) O Poder Público avalie a possibilidade de adquirir um caminhão tipo carroceria toco, o qual poderia transportar maior volume de RSU e com isso reduzir o número de viagens transportadas, com coleta mais rápida dos RSU, uma vez verificado que as condições do veículo de transporte dos RSU do município não são adequadas e que em caso de pane não existe outro para substituí-lo, sugere-se ao Poder Público adquirir um caminhão compactador, o qual seria o ideal, desde que o município já tivesse implantado cem por cento a cultura de seleção dos RSU na origem e em funcionamento, desta forma, este veículo faria a coleta somente dos RSU não recicláveis;
2) A Prefeitura Municipal tenha um veículo de reserva no setor de transportes, para substituir o veículo exclusivo que transporta diariamente os RSU, em caso deste sofrer avarias e ou manutenções periódicas e programadas;
3) Fazer um forro de chapa metálica nas laterais e fundo do veículo que transporta os RSU, para reter o chorume que acumula no veículo, durante o transporte dos RSU, evitando que o chorume caia ao longo da coleta dos RSU;
4) O veículo que transporta os RSU, deverá carregar e utilizar uma lona adequada e resistente sobre os mesmos, evitando que restos de alimentos e outros tipos de RSU possam cair nas avenidas, ruas e estradas ao longo da coleta;
5) Promover cursos com temas: gestos e posturas durante a coleta; manuseio adequado dos RSU durante a carga, transporte e descarga dos RSU; higiene; utilização dos EPIs e a forma correta de utilizá-los; direção defensiva;

comunicação com a comunidade; um mínimo de 4horas por curso e fazer a reciclagem semestral, para os funcionários envolvidos nos vários processos de manipulação dos RSU;

6) Criar condições para que os funcionários trabalhem nesta operação, utilizando os EPIs corretos, como: óculos de proteção; uniformes; camisa de visualização em tráfego de veículos; luvas de cano longo, botina adequada e um chapéu ou boné adequados ao serviço;
7) Informar aos funcionários que estes não podem utilizar acessórios e ou adereços, inclusive aliança, relógios, durante a operação de carga, transporte e descarga dos RSU;
8) Como se trata de um município essencialmente turístico, ver a possibilidade de tematizar o veículo que transporta os RSU, melhorando a imagem do município.

## 9.3 Disposição dos RSU na atual área do lixão

Para uma melhor gestão e aproveitamento da atual área do lixão, sugere-se à Gestão Pública:

1) Contratar um técnico para elaborar um projeto do Aterro Sanitário, podendo seguir as sugestões de forma parcial ou como um todo apresentadas neste trabalho;
2) Fazer um levantamento topográfico de utilização da área, demarcando os possíveis locais já utilizados, em utilização e a utilizar e revisar a cerca existente no local;
3) Como cerca de 18% da área apresenta afloramento de rocha, Figura 5.14, elaborar um projeto arquitetônico de apoio operacional, com comunicação visual adequada e executá-lo nessa área com:
    - Refeitório com lavatórios externos;
    - Sanitários com trocador de roupa, chuveiros, lavatórios, mictórios e vasos sanitários;
    - Ferramentaria; depósito de máquinas e equipamentos;
    - Almoxarifado; administração com comunicação;
    - Água potável; iluminação;

- Balança, portaria e guarita.

4) Adequar a via de acesso da entrada da atual área do lixão para próximo da área de afloramento de rocha;
5) Adquirir uma pá carregadeira de preferência com estoque de um conjunto de correntes para utilizar em suas rodas, em caso de chuvas intensas e o equipamento deverá permanecer na área da disposição dos RSU. Este equipamento não poderá fazer o papel do trator de esteira, com o objetivo de executar valas para acomodar os RSU; A função básica da carregadeira seria espalhar e compactar os RSU; carregar, transportar e espalhar o solo nas camadas inicial, intermediárias e final das valas de disposição dos RSU, cujo solo poderá ser o mesmo ao ser retirado das valas, no ato da escavação das mesmas;
6) Locar, sempre que necessário um trator de esteira compatível com o volume de escavação de cada vala necessária para a disposição dos RSU;
7) Fazer um mapa de utilização das futuras valas, identificando-as topograficamente;
8) Executar valas de aproximadamente 50m de comprimento x 5m de base (fundo) x 20m de topo, talude com inclinação de 1:1,5 (horizontal:vertical); mantendo a vala em utilização distante no mínimo 5 m da próxima vala a ser escavada, conforme ante-projeto apresentado na Figura 9.1. Para profundidades de valas superiores a 5m, deve-se executar sondagens a percussão previamente à elaboração do projeto para verificar a posição do NA e garantir uma distância mínima de 5m sobre o fundo da vala e o nível do lençol freático;
9) Parte do solo escavado e retirado da vala, que seria bota fora, poderia ser depositado ao longo de uma das laterais da vala escavada, em operação, e ser utilizado na camada de impermeabilização da base da vala, posteriormente para fazer as camadas intermediárias e ainda cobrir as células de RSU compactadas pela carregadeira e executar a camada final sobre o topo da vala. O solo excedente resultante das escavações de valas poderia ser utilizado também para regularizar a área disponível ainda não escavada, caso seja necessário.

10) Realizar todas as proteções possíveis das águas pluviais, no perímetro das valas escavadas, através de valetas de proteção, conforme normas do DNER;
11) Em decorrência da susceptibilidade dos solos à erosão recomenda-se adotar as seguintes medidas de prevenção:
    - Evitar a remoção da vegetação nativa e o revolvimento extensivo do solo, principalmente no entorno da área do lixão;
    - Instalar sistema de drenagem para evitar um aumento do escoamento superficial;
    - Manter as velocidades de fluxo de água baixas;
    - Proteger as áreas destituídas de vegetação com cobertura vegetal de crescimento rápido;
    - Reflorestamento do entorno da atual área do lixão, como encostas íngremes e matas ciliares e
    - Plantio de quebra-ventos reduzindo a erosão eólica, a evaporação e o ressecamento do solo nos períodos de estio.
12) Como o solo no local é altamente permeável, haverá necessidade de fazer a proteção com manta de polietileno, para proteger o solo do chorume, em conseqüência da disposição dos RSU em valas. Essa manta deverá ser colocada ao longo da base e nas duas laterais do talude de cada vala escavada, para evitar que o chorume penetre no solo, com possibilidade de atingir com o tempo, o lençol freático;

Figura 9.1 - Ante-projeto de locação de valas

13) Antes da colocação da manta na base de cada vala escavada, deverá ser colocado uma camada de solo compactado com características impermeáveis e compactá-la adequadamente. Utilizar o solo local compactado com uma energia superior a do ensaio de Proctor Normal, visando reduzir a permeabilidade;
14) Seguir rigorosamente um projeto de captação do chorume, de tal modo que o projeto contemple uma área fechada e coberta para este fim, evitando que a água pluvial misture com o chorume e possibilite contaminar toda a área a jusante da atual área do lixão. Para captação do chorume drenado de cada vala, é recomendável que utilize caixas d'água de fibra de vidro e que sejam instaladas abaixo da base de cada vala de disposição dos RSU e sempre a jusante de todas as valas, isto porque o chorume será canalizado para as caixas por gravidade. Desta forma, é recomendável também que o chorume estocado nas caixas, seja recirculado para o interior da massa de lixo, na vala em utilização de disposição dos RSU com a utilização de aspersores ou caminhão-pipa. Nesse processo, o chorume vai perdendo sua toxicidade (basicamente carga orgânica), pelo fato de estar sendo aerado e também pela ação biológica dos microorganismos presentes na massa de lixo. Além disso, parte do chorume recirculado sofre evaporação, sendo importante que os bicos dos aspersores sejam regulados para atuar como vaporizadores, aumentando a taxa de evaporação, visto que a evaporação é um fator importante para a recirculação do chorume. Este processo só é indicado para regiões onde o balanço hídrico seja negativo, isto é, em regiões onde a taxa de evaporação é maior do que a precipitação pluviométrica, como no caso do município de Rio Quente – GO, por ter temperaturas elevadas praticamente o ano todo. Outro ponto importante que deve ser ressaltado são as dimensões das caixas de reunião do chorume, que devem ser suficientes para armazenar uma grande quantidade deste líquido, evitando que a bomba de recirculação entre em funcionamento em intervalos muito curtos. O ideal é que as caixas sejam projetadas para armazenar um dia da geração de chorume na época das chuvas, permitindo que a recirculação seja feita apenas uma vez por dia e, preferencialmente, ao longo das oito horas em que o operador está presente na área do aterro. As desvantagens desse processo estão ligadas ao consumo de

energia elétrica e à sua dependência de um suprimento de energia e de um bom funcionamento do conjunto motobomba, uma vez que, caso haja falta de energia ou uma pane na bomba de recirculação, o chorume bruto seja inevitavelmente lançado em algum corpo d'água, podendo causar danos ao meio ambiente, segundo Instituto Brasileiro de Administração Municipal (2001);

15) Realizar o controle dos gases, através dos poços de captação, desde a base de cada vala e evoluindo sua altura até o topo da mesma, aumentando sua altura paulatinamente com a disposição dos RSU no local. Os poços de captação de gases deverão ser envolvidos com tela tipo alambrado para manter a brita confinada, sem envolver nos RSU dispostos nas células de cada vala;
16) Executar um poço de monitoramento, à montante e jusante da atual área de disposição dos RSU, para realizar periodicamente ensaios da água, verificando se houve contaminação do lençol freático ou se poderá ter a possibilidade do chorume vir a atingir o Rio Quente, que se encontra distante 600 m da atual área de disposição dos RSU;
17) É de fundamental importância que o Gestor Público identifique na região ou mesmo no quadro de funcionários atual, um profissional com capacidade técnica e experiente para responder pelo Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos do município de Rio Quente.

Este trabalho contém informações técnicas sobre a geração, transporte e avaliação geotécnica do sítio de disposição dos RSU do município de Rio Quente - GO, que permitiram elaborar as diretrizes apresentadas e com isso oferecer subsídios para a elaboração de um projeto de Aterro Sanitário, o qual poderá vir a ser inserido no Plano de Gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos do município. Espera-se que essa iniciativa possa contribuir para a melhor organização dos serviços de geração, transporte e disposição dos RSU no município, possibilitando a interação do Poder Público e a comunidade em geral, conseqüentemente poder criar uma cultura sólida de seletividade dos RSU e realmente ter um município com sustentabilidade ambiental e uma boa saúde pública.

# REFERÊNCIAS

AES ELETROPAULO. **Quanto de lixo é gerado?** São Paulo. Disponível em: <http://www.eletropaulo.com.br/download/lixo_gerado.pdf?CFID=2714398&CFTOKEN=95268182>. Acesso em: jul. 2007.

AGÊNCIA GOIÂNA DO MEIO AMBIENTE. **Manual de instrução para licenciamento ambiental**. Goiânia, 2007. Disponível em: <http://www3.agenciaambiental.go.gov.br/site/download/licenciamento/diretrizes_padrao.doc>. Acesso em: 05 jul. 2007.

AGENDA 21. Agenda 21: brasileira. 2001a. Disponível em: <http://www1.uol.com.br/ecokids/agenda21/local.htm>. Acesso em: 06 abr. 2007.

AGENDA 21. Agenda 21: global. 2001b. Disponível em: <http://www1.uol.com.br/ecokids/agenda21/global.htm>. Acesso em: 06 abr. 2007.

ALBUQUERQUE, C. **Caldas Novas ecológica**. Caldas Novas: Kelps, 1998.

ALMEIDA, R. C. O.; SOUZA, L. F. **A maravilhosa região das águas termais de Goiás**. Rio Quente: [s.n.], 2001.

AMBIENTE BRASIL. 2007. Disponível em: <http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=./natural/index.html&conteudo=./natural/geomorfologia.html>. Acesso em: 09 set. 2007.

ANDRADE, R. F. de. **Mapeamento geotécnico preliminar em escola de semi-detalhe (1:25.000) da área de expansão urbana de Uberlândia – MG**. 2005. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia Civil. Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2005.

ANUÁRIO estatístico do estado de Goiás. Goiânia: SEPLAN, 1996.

ARAÚJO, Paulo. **Elaboração e tratamento**. [S.l.]: ARTYMEGA, 1996.

ARCO VERDE CONSULTORIA E PROJETOS. **Projeto básico ambiental**: Rio Quente Resorts. Goiânia, 2001.

ASSIS, Cássia Silveira; OLIVEIRA, Márcio J. Estefano de. Central de resíduos: uma contribuição ao gerenciamento integrado de resíduos sólidos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 21., 2001, João Pessoa. **Anais...** Rio de Janeiro: ABES, 2001. Disponível em: <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/resisoli/brasil/iii-079.pdf>. Acesso em: 30 mar. 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6459/84:** solo: determinação do limite de liquidez: São Paulo, 1984a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6508/84**: grãos de solos que passam na peneira 4,7mm. Determinação da massa específica. São Paulo, 1984b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7180/84:** solo: determinação do limite de plasticidade: São Paulo, 1984c.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7181/84:** solo: análise granulométrica . São Paulo, 1984d.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7182/84:** solo: ensaio de compactação: São Paulo, 1984e.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8419/84**: apresentação de projetos de aterros controlados de resíduos sólidos urbanos. São Paulo, 1984f.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8849/85:** apresentação de projetos de aterros controlados de resíduos sólidos. São Paulo, 1985.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6457/86:** amostras de solo. Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização. São Paulo, 1986a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9604/86:** abertura de poço e trincheira de inspeção em solo, com retirada de amostras deformadas e indeformadas. São Paulo, 1986b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9820/87**: coleta de amostras indeformadas de solo em furos de sondagem. São Paulo, 1987a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10006/87**: solubilização de resíduos. São Paulo, 1987c.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10664/89:** águas-determinação de resíduos sólidos:– método gravimétrico. São Paulo, 1989a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10703/89**: degradação do solo. Rio de Janeiro, 1989b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11174/90:** armazenamento de resíduos classe II – não inertes e III - inertes. São Paulo, 1990a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11175/90:** incineração de resíduos sólidos perigosos – padrão de desempenho. São Paulo, 1990b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8419/92:** apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos. São Paulo, 1992a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12235/92:** armazenamento de resíduos sólidos perigosos. São Paulo, 1992b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12807/93:** resíduos de serviços de saúde. São Paulo, 1993a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12808/93:** resíduos de serviços de saúde. São Paulo, 1993b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12809/93:** manuseio de resíduos de serviços de saúde. São Paulo, 1993c.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12810/93:** coleta de resíduos de saúde. São Paulo, 1993d.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12980/93:** coleta, varrição e acondicionamento de resíduos sólidos urbanos. São Paulo, 1993e.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13463/95:** coleta de resíduos sólidos. São Paulo, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8843/96:** aeroportos: gerenciamento de resíduos sólidos. São Paulo, 1996a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13591/96:** compostagem. São Paulo, 1996b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13894/97:** Tratamento no solo. (landfarming) - procedimento. São Paulo, 1997a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13896/97:** aterros de resíduos não perigosos – critérios para projeto, implantação e operação - procedimento. São Paulo, 1997b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10007/02**: amostragem de resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 2002a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO19011/02:** diretrizes para auditorias do sistema da gestão da qualidade e/ou ambiental. São Paulo, 2002b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004/04:** resíduos sólidos; classificação. São Paulo, 2004a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10005/04:** procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos. São Paulo, 2004b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10006/04:** procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos resíduos sólidos. São Paulo, 2004c.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10007/04:** amostragem de resíduos sólidos. São Paulo, 2004d.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISSO 14001/04:** sistemas de gestão ambiental: requisitos com orientação para uso. São Paulo, 2004e.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15112/04**: resíduos da construção civil e resíduos volumosos: áreas de transbordo e triagem: diretrizes para projeto, implantação e operação. São Paulo, 2004f.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15113/04:** resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes: aterros: diretrizes para projeto, implantação e operação. São Paulo, 2004g.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15114/04:** resíduos sólidos da construção civil: áreas de reciclagem: diretrizes para projeto, implantação e operação. São Paulo, 2004h.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15115/04**: agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil: execução de camadas de pavimentação: procedimentos. São Paulo, 2004i.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15116/04**: agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil: utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural: requisitos. São Paulo, 2004j.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14004/05:** sistemas de gestão ambiental: diretrizes gerais sobre principais sistemas e técnicas de apoio. São Paulo, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13221/07:** transporte terrestre de resíduos sólidos. São Paulo, 2007.

ASSOCIAÇÃO GUARDIÃ DA ÁGUA. Disponível em: <http://www.agua.bio.br>. Acesso em: 31 ago. 2004.

BARROS, R.T.V; MOLLER, L.M. **Saneamento e meio ambiente.** BARROS, R.T.V. et al. Manual de saneamento e proteção ambiental para os municípios. Belo Horizonte. Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, 1995. p 42 – 45.

BELLO, José Luiz de Paiva. **Metodologia científica**. Rio de Janeiro: [s.n.], 2004.

BENVENUTO, C. A concepção e a construção de aterros sanitários. In: SIMPÓSIO SOBRE BARRAGENS DE REJEITOS E DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS – REGEO'95, 3., 1995, Ouro Preto. **Anais**... Ouro Preto: Imprensa Oficial de Minas Gerais, 1995. p. 551-561.

BERTONI, J. **O espaçamento de terraços em culturas anuais determinado em função das perdas da erosão**. São Paulo: [s.n.], 1959.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Livroceres, 1985.

BIDONE, F. R. A.; POVINELLI, J. **Conceitos básicos de resíduos sólidos**. São Carlos: EESC, USP, 1999.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal, 1988.

BRASIL. Constituição (1988). Emenda constitucional nº 53, de 19 de dezembro de 2006. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 20 dez. 2006.

BRASIL. Decreto nº 3.179, de 21 de setembro de 1999. Dispõe sobre a especificação das sanções aplicáveis as condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 22 set. 1999a. Disponível em: <http://www6.senado.gov.br/legislacao/ListaPublicacoes.action?id=227486>. Acesso em: 14 abr. 2007.

BRASIL. Decreto nº 4.340, de 22 de agosto de 2002. Regulamenta artigos da Lei 9.985, de 18 de julho de 2000, que dispõe sobre o Sistema de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 23 ago. 2002a. Disponível em: <http://www6.senado.gov.br/legislacao/ListaPublicacoes.action?id=235203>. Acesso em: 14 abr. 2007.

BRASIL. Decreto nº 99.274, de 06 de junho de 1990. Regulamenta a Lei 6.902, de 27 de abril de 1981, e a Lei 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõe, respectivamente sobre a criação de estações ecológicas e áreas de proteção ambiental e sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 07 jun. 1990.

BRASIL. Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. Institui o novo Código Florestal. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 16 set. 1965. Disponível em: <http://www6.senado.gov.br/legislacao/ListaPublicacoes.action?id=102353>. Acesso em: 14 abr. 2007.

BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a política nacional do meio ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2 set. 1981. Seção 1.

BRASIL. Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 13 fev. 1998. Disponível em: <http://www6.senado.gov.br/legislacao/img/brasao.gif>. Acesso em: 14 abr. 2007.

BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o artigo 225, parágrafo 1, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 19 jul. 2000a. Disponível em: <http://www6.senado.gov.br/legislacao/ ListaPublicacoes.action?id=230140>. Acesso em: 14 abr. 2007.

BRASIL. Ministério das Cidades. Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os artigos 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 11 jul. 2001a. Disponível em: <http://www6.senado.gov.br/legislacao/ListaPublicacoes.action?id=233156>. Acesso em: 14 abr. 2007.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Agenda ambiental na Administração Pública**. Brasília, DF, 2001b. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/sds/a3p/doc/a3p.pdf>. Acesso em: 13 abr. 2007.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Sistema Nacional do Meio** Ambiente. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/estr1.cfm>. Acesso em: 17 jul. 2007.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 001, de 23 de janeiro de 1986. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para o Relatório de Impacto Ambiental - RIMA. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 17 fev. 1986a. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>. Acesso em: 14 abr. 2007.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 005, de 05 de junho de 1988. Dispõe sobre o licenciamento de obras de saneamento básico. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 16 nov. 1988. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res88/res0588.html>. Acesso em: 14 abr. 2007.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 005, de 15 de junho de 1989. Dispõe sobre o Programa Nacional de Controle da Poluição do Ar - PRONAR. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 25 ago. 1989. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res89/res0589.html>. Acesso em: 14 abr. 2007.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 005, de 05 de agosto de 1993. Estabelece definições, classificação e procedimentos mínimos para o gerenciamento de resíduos sólidos oriundos de serviços de saúde, portos e aeroportos, terminais ferroviários e rodoviários. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 31 ago. 1993. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res93/res0593.html >. Acesso em: 14 abr. 2007.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 006, de 05 de junho de 1986. Dispõe sobre a aprovação de modelos para publicação de pedidos de licenciamento. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 17 fev. 1986c. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0686.html>. Acesso em: 14 abr. 2007.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 020, de 18 de junho de 1986. Dispõe sobre a classificação das águas doces, salobras e salinas do Território Nacional. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 30 jul. 1986b. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res2086.html>. Acesso em: 14 abr. 2007.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 237, de 19 de dezembro de 1997. Regulamenta os aspectos de licenciamento ambiental estabelecidos na Política Nacional do Meio Ambiente. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 22 dez. 1997. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res97/res23797.html>. Acesso em: 14 abr. 2007.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 257, de 30 de junho de 1999. Estabelece que pilhas e baterias que contenham em suas composições chumbo, cádmio, mercúrio e seus compostos, tenham os procedimentos de reutilização, reciclagem, tratamento ou disposição final ambientalmente adequados. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 22 jul. 1999b. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res99/res25799.html>. Acesso em: 14 abr. 2007.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 263 de 12 de novembro de 1999. Modifica o Artigo 6º da Resolução nº 257/99 **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 22 dez. 1999c. Disponível em: <htp://www.mma.gov.br/port/conama/res/res99/res26399.html>. Acesso em: 14 abr. 2007.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 264, de 26 de agosto de 1999. Licenciamento de fornos rotativos de produção de clínquer para atividades de co-processamento de resíduos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 20 mar. 2000. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res00/res26400.html>. Acesso em: 14 abr. 2007.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 274, de 29 de novembro de 2000. Define os critérios de balneabilidade em águas brasileira. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 25 jan. 2001c. Disponível em: < http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=272 >. Acesso em: 14 abr. 2007.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 275, de 25 de abril de 2001. Estabelece código de cores para diferentes tipos de resíduos na coleta seletiva. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 19 jun. 2001d. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res01/res27501.html>. Acesso em: 14 abr. 2007.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 307, de 05 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 29 jul. 2002. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30702.html>. Acesso em: 15 set. 2007.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 308, de 21 de março de 2002. Licenciamento Ambiental de sistemas de disposição final dos resíduos sólidos urbanos gerados em municípios de pequeno porte. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 29 jul. 2002. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30802.html>. Acesso em: 14 abr. 2007.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 348, de 16 de agosto de 2004. Resolução CONAMA nº 307, de 5 de julho de 2002, incluindo o amianto na classe de resíduos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 17 ago. 2004. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res04/res34804.xml>. Acesso em: 15 set. 2007.

BRITO FILHO, J. A. Cidades x entulhos. In: SEMINÁRIO: DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 2., 1999, São Paulo. **Anais...** São Paulo: IBRACON, 1999. p. 56-67. (Comitê Técnico CT 206: Meio ambiente).

BROLLO, M. J. **Metodologia automatizada para seleção de áreas para disposição de resíduos sólidos**. Aplicação na região metropolitana de Campinas (S.P.). 2001. Tese (Doutorado) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

CALDERONI, S. **Os bilhões perdidos no lixo**. São Paulo: Humanitas, 1998. 345 p.

CANIL, Kátia; ALMEIDA FILHO, Gerson Salviano de. Erosão: um processo natural ou antropogênico. **Território Geográfico**, ano 1, n. 3, dez. 2006. Artigos. Meio Ambiente. Disponível em: <http://www.territoriogeografico.com.br/site/?modulo=mat&chave=36&mod=Artigos>. Acesso em: 30 mar. 2008.

CAVALCANTI, J. E. A década de 90 é dos resíduos sólidos. **Revista Saneamento Ambiental**, São Paulo, n. 54, p. 16-24, nov./dez. 1998.

CENTRAIS ELÉTRICAS DE FURNAS. **Usina Hidrelétrica de Corumbá**. Caldas Novas, 2006.

COELHO, P. E.; CHAVES, A. P. Reciclagem de entulho: uma opção de negócio potencialmente lucrativa e ambientalmente simpática. **Revista Areia & Brita**, São Paulo, n. 5, p. 31-35, abr.jun. 1998.

COELHO, P. E.; CHAVES, A. P.; DJANIKIAN, J. G. Reciclagem: aproveitamento de entulho em concreto. **Revista Saneamento Ambiental**, São Paulo, n. 54, p. 53-59, nov./dez. 1998.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Inventário Estadual de resíduos sólidos domiciliares. Relatório de 2004**. São Paulo, 2005.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Resíduos sólidos urbanos e limpeza pública**. São Paulo, 1990.

CONSUMO anual de materiais de construção nos Estados Unidos. **Chemical Engineering News**, Boston, p. 20-43, 30 jun. 1994.

COMPANHIA THERMAS DO RIO QUENTE. **Rio Quente Resorts**. Rio Quente, 2006.

COMPANHIA THERMAS DO RIO QUENTE. **Rio Quente Resorts.** Rio Quente, 2007.

COMPANHIA THERMAS DO RIO QUENTE. **Rio Quente Resorts**. Rio Quente, 2008.

COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM. Coleta seletiva nas escolas. 2. ed. São Paulo, 1998. Disponível em: <http://www.cempre.org.br>. Acesso em: jan. 2007.

DANIEL, D. E. Landfills and impoundments. In: _____. **Geotechnical practice for waste disposal**. New York: Chapman & Hall, 1993.

ELIS, V. R. **Avaliação da aplicabilidade de métodos elétricos de prospecção geofísica no estudo de áreas utilizadas para disposição de resíduos sólidos, Rio Claro,** 1998. 264 p. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de São Paulo, São Paulo, 1998.

ENCICLOPÉDIA Mirador Internacional. São Paulo: Encyclopaedia Britannica do Brasil Publicações, 1995. v. 14.

FADINI, P. S.; FADINI, A. A. B. Lixo: desafios e compromissos. **Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola**, Belo Horizonte, maio 2001. Edição especial. Disponível em: <http://sbqensino.foco.fae.ufmg.br/uploads/eF/d1/eFd1IUpY1ouxXYvAUiEQ-w/lixo.pdf>. Acesso em: 06 abr. 2007.

FERREIRA, J. A. Lixo **Hospitalar e domiciliar**: semelhanças e diferenças. Estudo de caso no município do Rio de Janeiro. 1997. Tese (Doutorado) - Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 1997.

FREUDENRICH, Craig. **Como funcionam os aterros**. out. 2000. Disponível em: <htp://ambiente.hsw.uol.com.br/aterros6.htm>. Acesso em: 24 abr. 2008.

GALVÃO, Terezinha C. B. **Geotecnia ambiental aplicada ao controle de áreas degradadas**. Disponível em: <http://www.cemac-ufla.com.br/trabalhospdf/Palestras/palestra%20terezinha.pdf>. Acesso em: 17 maio 2008.

GEOCITIES. **Reciclagem**. 2000. Disponível em: <http://www.geocities.com/reciclagem2007>. Acesso em: jan. 2007.

O GLOBO, Rio de Janeiro, 30 mar. 2004. Seção O País, p. 14.

GOIÂNIA. Departamento Nacional de Produção Mineral. 6º Distrito. **Departamento Nacional de Produção Mineral**. Goiânia, 2006.

GOÍAS. Departamento de Estradas de Rodagem. **Mapa Rodoviário Estadual**. Goiânia, 1999. 1 mapa, p&b. Escala 1:1.000.000, 1999.

GOIÁS. Departamento Estadual de Estradas de Rodagem. **Mapa Rodoviário Estadual**. Goiânia, 1997.

GOIÁS. Lei nº 724, de 21 de junho de 1923. Eleva o município de Caldas Novas à categoria de cidade.

GOIÁS. Lei nº 123, de 15 junho de 1937. Eleva o município de Caldas Novas à categoria de Comarca de primeira instância.

GOIÁS. Lei nº 8.544, de 17 de outubro de 1978. Dispõe sobre a prevenção e controle da poluição do meio ambiente. **Diário Oficial do Estado**, Goiânia, 1978. Disponível em: <http://e-legis.bvs.br/leisref/public/showAct.php?id=314&word=>. Acesso em: 14 abr. 2007.

GOIÁS. Lei nº 10.506, de 11 de maio de 1988. Dispõe sobre a criação do município de Rio Quente e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado**, Goiânia, 11 maio 1988. Disponível em: <http://www.gabinetecivil.goias.gov.br/leis_ordinarias/1988/lei_10506.htm>. Acesso em: 14 abr. 2007.

GOIÁS. Lei nº 14.248, de 29 de julho de 2002. Dispõe sobre a Política Estadual de Resíduos Sólidos e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado**, Goiânia, 05 ago. 2002. Disponível em: <http://e-legis.bvs.br/leisref/public/showAct.php?id=8560&word=>. Acesso em: 14 abr. 2007.

GOIÁS. Lei Estadual nº 393, de 5 de julho de 1911. Dispõe sobre a criação do município de Caldas Novas.

GOIÁS. Secretaria de Ciência e Tecnologia do Estado de Goiás. **Pluviosidade e ventos**. Goiânia, 2007.

GUIMARÃES, E. H.; REZENDE, M. E. B. Aplicação da Metodologia MCT: expedita a solos superficiais de Uberlândia. In: SIMPÓSIO SOBRE SOLOS TROPICAIS E PROCESSOS EROSIVOS NO CENTRO-OESTE, 2., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: [s.n.], 2005.

HUNGRIA, C. Como medir a geração do lixo? **Revista Espaço Aberto**, São Paulo, n. 28, fev. 2003.

INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL. **Manual de tratamento e disposição de lixo**. Rio de Janeiro: RESER, 1978. 112 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL. **Manual de tratamento e disposição de lixo**. Rio de Janeiro: RESER, 2001.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Área territorial oficial. Consulta por município. Resultados. Em vigor segundo o quadro territorial vigente em 01 de janeiro de 2001, constantes da Resolução do Presidência do IBGE de n° 5 (R.PR-5/02) de 10 de outubro de 2002. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 11 out. 2002a. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/areaterritorial/area.php?nome=RIO+QUENTE&codigo=&submit.x=27&submit.y=11>. Acesso em: 09 ago. 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico**: PNSB 2000. Rio de Janeiro, 2002b.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DE SÃO PAULO. Compromisso Empresarial para Reciclagem. **Lixo municipal**: manual de gerenciamento integrado. 2. ed. São Paulo, 2000.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DE SÃO PAULO. O gerenciamento Integrado do Lixo Municipal. In: JARDIM, N. S. (Ed.). **Lixo Municipal**: manual de gerenciamento integrado. São Paulo, 1995. (IPT – Publicações, 2.163).

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DE SÃO PAULO. **Orientações para o combate à erosão no Estado de São Paulo, Bacia do Peixe/Paranapanema**. São Paulo, 1986. 6 v. (IPT. Relatório, 24.739).

KATAOKA, S. M. **Avaliação de áreas para disposição de resíduos**: proposta de planilha para gerenciamento ambiental aplicado a aterro sanitário industrial. 2000. Dissertação (Mestrado em Geotécnica) – Escola de Engenharia, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.

KÖPPEN, W. 1948. **Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra**. Fondo de Cultura Econômica. México.

KRAEMER, M. E. P. **Como quantificar e contabilizar os resíduos industriais**. 2005. Disponível em: <http://br.monografias.com/trabalhos/quantificar-residuos/quantificar-residuos.shtml#como>. Acesso em: 31 jul. 2007.

LEMES, D. C. S. S. **Disposição de resíduos sólidos municipais**. 2002. Monografia (Aprovação na disciplina Investigação Geotécnica em Áreas Urbanas). São Paulo, 2002.

LEVY, S. L. **Reciclagem do entulho de construção civil**. 1997. 147 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

LIMA, L. M. Q. **Estudo da influência da reciclagem de chorume na aceleração da metanogênese em aterro sanitário**. 1988. 242 p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1988.

LIMA, L. M. Q. **Tratamento de lixo**. São Paulo: Hemus, 1985.

LUZ, F. X. R. **Aterro sanitário, características, limitações tecnologia para a implantação e a operação**. São Paulo: CETESB, 1981.

MANO, E. B.; PACHECO, É. B. A. V.; BONELLI, C. M. C. **Meio ambiente, poluição e reciclagem**. São Paulo: E. Blucher, 2005.

MARTINHO, M. da G. M.; GONÇALVES, M. G. P. **Gestão de resíduos**. Lisboa: Universidade Aberta, 2000.

MARTINS, G. de A. **Manual para elaboração de monografias e dissertações**. São Paulo: Atlas, 2000.

MARQUES, R. B. **Resíduos da construção civil em Araguari-MG**: do diagnóstico à proposta de um modelo gerencial proativo. 2007. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2007.

MELLO, P. et al. **Levantamento e resgate do patrimônio arqueológico da área diretamente afetada pela Usina Hidrelétrica Corumbá (GO)**. Goiânia: IGPA, UCG, 1996. Relatório final.

MENEZES, R. A. A.; GERLACH, J. L.; MENEZES, M. A. Associação Brasileira de Limpeza Pública. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS E LIMPEZA PÚBLICA, 7., 2000, Curitiba. **Anais...** Curitiba: [s.n.], 2000.

NAGOMI, J. S.; VILLIBOR, D. F. **Pavimentação de baixo custo com solos lateríticos**. São Paulo: Vilibor, 1995.

NISHIYAMA, L. **Critérios de escolha de áreas para construção de aterro para resíduos sólidos municipais**. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2002. Notas de aula do mini-curso oferecido na Semana de Engenharia Civil – SEECIV – 2002.

NOGUEIRA, A. C. **Pousada do Rio Quente Resorts**: seu melhor destino. Uberlândia: Tipografia Brasil, 2002.

NOGUEIRA, A. C. **Rio Quente**: uma história aquecida pelas suas próprias águas. Rio Quente: Gráfica Brasil, 2000.

NOSSA, T. C. B. **Mapeamento geotécnico aplicado à seleção de áreas para disposição de resíduos sólidos na porção peri-urbana da cidade de Araxá-MG**: uma contribuição ao planejamento do uso e ocupação do meio físico. 2004. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2004.

NOVAES, A. G. N. **Logística aplicada**: suprimento e distribuição física. São Paulo: Pioneira, 1994. 268 p.

NUNES, C. R. **Proposta de metodologia para a elaboração de projetos de aterros sanitários celulares**. 1994. 133 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Campinas, Campinas, 1994.

ODUM, E. P. **Ecologia**. São Paulo: Pioneira, 1977.

PINTO, T. P. Resultados da gestão diferenciada. **Revista Téchne**, São Paulo, n. 31, p. 31-34, nov./dez. 1997.

PHILIPPI JÚNIOR, A. **Sistema de resíduos sólidos**: coleta e transporte no meio urbano. São Paulo (SP). 1979. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Saúde Ambiental, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1979.

PROCESSO [compostagem]. **Revista Gerenciamento Ambiental**, São Paulo, ano 4, n. 19, mar./abr. 2002.

RIO DE JANEIRO. Prefeitura Municipal. Companhia Municipal de Limpeza Urbana. **Caracterização do lixo urbano**. Rio de Janeiro, 2004a.

RIO DE JANEIRO. Prefeitura Municipal. Companhia Municipal de Limpeza Urbana. **[Composição dos RSU]**. Rio de Janeiro, 2004b.

RIO QUENTE. Prefeitura Municipal. Departamento Municipal de Água e Esgoto. **Demonstrativo de distribuição de água tratada em Rio Quente.** Rio Quente, 2007a.

RIO QUENTE. Prefeitura Municipal. Departamento Municipal de Água e Esgoto. **Extensão das redes de água tratada.** Rio Quente, 2007b.

RIO QUENTE. Prefeitura Municipal. Departamento Municipal de Água e Esgoto. **Resumo do demonstrativo de distribuição de água tratada em Rio Quente.** Quente, 2007c.

RIO QUENTE. Prefeitura Municipal. Secretaria Municipal de Turismo e Meio Ambiente. **Características da economia.** Rio Quente, 2007d.

RIO QUENTE. Prefeitura Municipal. Secretaria Municipal de Turismo e Meio Ambiente. **Lei nº 354**, de 08 de abril de 2002. Dispõe sobre o uso e ocupação do solo. Rio Quente, 2007e.

RIO QUENTE. Prefeitura Municipal. Secretaria Municipal de Turismo e Meio Ambiente. **Ocupação anual no sistema turístico de Rio Quente.** Rio Quente, dez. 2006a.

RIO QUENTE. Prefeitura Municipal. Secretaria Municipal de Turismo e Meio Ambiente. **Projeção da população fixa e flutuante no município de Rio Quente-GO**. Rio Quente, dez. 2006b.

SALOMÃO, F. X. T.; IWASA, O. Y. Erosão e ocupação rural e urbana. In: BITAR, O. Y. (Coord.). **Curso de geologia aplicada ao meio ambiente**. São Paulo: ABGE: IPT, 1995. p. 31-57.

SANTOS FILHO, E. et al. Grau de exposição a praguicidas organoclorados em moradores de aterro a céu aberto. **Revista Saúde Pública**, São Paulo, v. 37, n. 4, p. 515-522, 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rsp/v37n4/16788.pdf>. Acesso em: 31 mar. 2007.

SÃO PAULO. Secretaria do Meio Ambiente. **Agenda 21**. Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. São Paulo, 1992.

SÃO PAULO. Sistema de Informações para o Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo. **Resíduos sólidos**. 2004. Disponível em: <http://www.sigrh.sp.gov.br/sigrh/ARQS/RELATORIO/CRH/CBH-ALPA/1121/residuos_solidos.html>. Acesso em: 30 mar. 2008.

SILVEIRA, G. T. R. **Metodologia de caracterização dos resíduos sólidos, como base para uma gestão ambiental**. Estudo de caso: entulhos da construção civil em Campinas. 1993. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Campinas, Campinas, 1993.

SISINNO, Cristina Lucia Silveira; OLIVEIRA, Rosália Maria de Oliveira. **Resíduos sólidos, ambiente e saúde**: uma visão multidisciplinar. Rio de Janeiro: FIOCRUZ, 2000.

TARGET ENGENHARIA E CONSULTORIA LTDA. 2006. Disponível em: <http://www.target.com.br/portal/asp/Materia_dados_1.asp?materia=538>. Acesso em: jul. 2006.

TCHOBANOGLOUS, G.; THIESEN, H.; VIGIL, S. A.. **Integrated solid waste management**: engineering principles and management issues. New York: McGraw-Hill International, 1993.

TRESSOLDI, M.; CONSONI, A. J. Disposição de resíduos. In: OLIVEIRA, A. M. S.; BRITO, S. N. A. (Ed.). **ABGE**: geologia de engenharia. São Paulo: FAPESP, 1998.

TRESSOLDI, M.; CONSONI, A. J. **Geologia de engenharia**. Editado por Manoel dos Santos Oliveira e Sérgio Nertan Alves de Brito. São Paulo: ABGE, 2002.
TRIBUNA IMPRESSA. Araraquara, 2006. Disponível em: <http://www.tribunaimpressa.com.br/pagina.asp?iditem=28829>. Acesso em: 07 set. 2006.

UBERLÂNDIA. Câmara Municipal. **Lei complementar nº 17**, de dezembro de 1991. Regulamenta, entre outras coisas, a definição de resíduos sólidos. Disponível em: <http://jus2.uol.com.br/doutrina/texto.asp?id=5905>. Acesso em: 14 abr. 2007.

UNITED NATIONS. **Environmentally sound management of solid waste and sewage-related issue**. 29 May 2000. Disponível em: <http://www.un.org/esa/ sustdev/agenda21 chapter21.htm>.

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA. Portal da Unb. **Desenvolvimento sustentável**. Rio + 10. 2007. Disponível em: <http://www.unb.br/temas/desenvolvimento_sust/rio_10.php>. Acesso em: 06 abr. 2007.

VARGAS, M. **Introdução à mecânica dos solos**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1977.

WEBSTER'S third new international dictionary. [S.l.]: G&C Merrian, 1976.

ZUQUETE, L. V. **Importância do mapeamento geotécnico no uso e ocupação do meio físico**: fundamentos e guia para elaboração. 1993. 2 v., 368 p. Tese (Livre Docência) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1993.

ZUQUETTE, L. V.; GANDOLFI, N. **Cartografia geotécnica**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

ZUQUETTE, L. V.; PEJON, O. J.; GANDOLFI, N.; SINELLI, O. Carta do potencial de risco à contaminação das águas subterrâneas e do potencial agrícola, região de Ribeirão Preto, SP, Brasil. **Geociências**, São Paulo, v.12, n. 2, p. 531-540, 1993.

## ANEXO I – Constituição Federal – Artigo 23

**Capítulo II – Da União**

Art. 23. É competência comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios:

III - proteger os documentos, as obras e outros bens de valor histórico, artístico e cultural, os monumentos, as paisagens naturais notáveis e os sítios arqueológicos;

IV - impedir a evasão, a destruição e a descaracterização de obras de arte e de outros bens de valor histórico, artístico ou cultural;

VI - proteger o meio ambiente e combater a poluição em qualquer de suas formas;

VII - preservar as florestas, a fauna e a flora;

E em seu artigo 225, parágrafo 1º., incisos I, III, IV, V, VI, VII e parágrafo 3º., refere-se ao meio ambiente sustentável.

**Capítulo VI – Do meio ambiente**

Art. 225. Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

§ 1º - Para assegurar a efetividade desse direito, incumbe ao Poder Público:

I - preservar e restaurar os processos ecológicos essenciais e prover o manejo ecológico das espécies e ecossistemas;

III - definir, em todas as unidades da Federação, espaços territoriais e seus componentes a serem especialmente protegidos, sendo a alteração e a supressão permitidas somente através de lei, vedada qualquer utilização que comprometa a integridade dos atributos que justifiquem sua proteção;

IV - exigir, na forma da lei, para instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente, estudo prévio de impacto ambiental, a que se dará publicidade;

V - controlar a produção, a comercialização e o emprego de técnicas, métodos e substâncias que comportem risco para a vida, a qualidade de vida e o meio ambiente;

VI - promover a educação ambiental em todos os níveis de ensino e a conscientização pública para a preservação do meio ambiente;

VII - proteger a fauna e a flora, vedadas, na forma da lei, as práticas que coloquem em risco sua função ecológica, provoquem a extinção de espécies ou submetam os animais a crueldade.

§ 3º - As condutas e atividades consideradas lesivas ao meio ambiente sujeitarão os infratores, pessoas físicas ou jurídicas, a sanções penais e administrativas, independentemente da obrigação de reparar os danos causados.

## ANEXO II – Projeto "Ambiente saudável"

# AMBIENTE SAUDÁVEL

## PROJETO PILOTO NAS ESCOLAS
## 1ª ETAPA: SEPARAÇÃO DOS RSU

PREFEITURA MUNICIPAL DE RIO QUENTE – GO
GESTÃO 2005/2008 – PREFEITO MUNICIPAL
EXMO. SR. RIVALINO DE OLIVEIRA ALVES

Engº Civil Valter Evangelista Pereira 2709/07

### AMBIENTE SAUDÁVEL - PROJETO PILOTO NAS ESCOLAS
### 1ª ETAPA: SEPARAÇÃO DOS RSU

- Rivalino de Oliveira Alves
  Prefeito Municipal
- Osmar Vieira de Oliveira
  Secretário de Turismo e Meio Ambiente
- Antonio Marcio Machado Alvarenga
  Secretaria Municipal da Educação
- **Apresentação do projeto piloto em 27/09/07 – 14:00h**

# APRESENTAÇÃO

- LIXO
- 3Rs
- MATERIAIS RECICLÁVEIS
- RECICLAGEM DOS RSU
- COLETA SELETIVA
- FORMA DE SEPARAR OS RSU
- PRIMEIRA ETAPA DO PROJETO

# O QUE É LIXO

- "É todo e qualquer resíduo proveniente das atividades humanas ou gerado pela natureza em aglomerações urbanas. Conceito mais atual é aquilo que ninguém quer ou que não tem valor comercial" CEMPRE (1998)

## O QUE É LIXO

- "O lixo é formado por resíduos ou sobras das atividades cotidianas do homem. Constituí-se de materiais indesejados e descartados, resultantes das atividades diárias de uma comunidade, sendo de origem doméstica, hospitalar, comercial, de serviços, da varrição ou industrial." BARBOSA NETO apud JÚNIOR at al (2002)

## O QUE É LIXO

- Lixo domiciliar
- Lixo comercial
- Lixo industrial
- Lixo hospitalar
- Lixo público
- Lixo especial

# 3 Rs

- **REDUZIR** – racionalizar o uso de materiais no nosso cotidiano
- **REUTILIZAR** – usar para a mesma função original ou criar novas formas de utilização
- **RECICLAR** – retornar ao ciclo de produção, seja industrial, agrícola ou artesanal

## RSU RECICLÁVEIS / NÃO RECICLÁVEIS

| PAPEL / R | PAPEL / NR |
|---|---|
| jornais e revistas | etiqueta adesiva |
| folhas de caderno | papel carbono |
| formulários de computador | fita crepe |
| caixas em geral | papéis sanitários |
| aparas de papel | papéis metalizados / siliconizados |
| fotocópias | papéis parafinados (fax) |
| envelopes | papéis plastificados |
| provas | papéis sujos |
| rascunhos | guardanapos |
| cartazes velhos | tocos de cigarro |
| papel de fax | fotografias |

## RSU RECICLÁVEIS / NÃO RECICLÁVEIS

| METAL / R | METAL / NR |
|---|---|
| lata folha de flandres | grampos c/ papel |
| clips Qp* | esponjas de aço |
| lata óleo, salsicha, leite pó | canos |
| outras sucatas de reformas | |

## RSU RECICLÁVEIS / NÃO RECICLÁVEIS

| VIDRO / R | VIDRO / NR |
|---|---|
| recipientes em geral | espelhos |
| garrafas de vários formato | lâmpadas |
| copos | cerâmica |
| vidros planos | porcelana |
| | tubos de TV |

## RSU RECICLÁVEIS / NÃO RECICLÁVEIS

| PLÁSTICO / R | PLÁSTICO / NR |
|---|---|
| embalagem refrigerante | cabo de panela |
| embalagem material limpeza | tomadas |
| copinho café | embalagem de biscoito |
| embalagem margarina | mistura papel/plástico e metal |
| canos e tubos | |
| sacos plásticos em geral | |

## RECICLAGEM DOS RSU

- **COM COLETA SELETIVA NA FONTE GERADORA**
- A coleta seletiva do lixo na fonte geradora é a maior aliada da reciclagem
- Após a separação, os materiais são encaminhados para o beneficiamento

# RECICLAGEM DOS RSU

- **SEM A COLETA SELETIVA NA FONTE GERADORA**
- Materiais separados manual ou mecanicamente na usina, após a coleta tradicional
- Este procedimento reduz o potencial de aproveitamento
- Estão sujeitos a contaminação **por diversas formas**

# COLETA SELETIVA NA FONTE GERADORA

- **COLETA PORTA-A-PORTA:** RSU são retirados dos domicílios e escolas pelo poder público, sucateiros ou empresa responsável pelo serviço
- **POSTOS DE COLETA (OU ENTREGA VOLUNTÁRIA):** a população se dirige a locais previamente definidos e devidamente preparados para receber o lixo reciclável, geralmente em caçambas apropriadas

## FORMAS DE SEPARAR OS RSU

- **ÚMIDOS -** orgânicos
- **SECOS** – papel, vidro, metal, plástico
- **MATERIAL DESCARTÁVEL DE WC** – fraldas, papel higiênico, fio dental, plástico em geral e outros

## FORMAS DE SEPARAR OS RSU

- **ÚMIDOS -** orgânicos
- **SECOS** – papel, vidro, metal, plástico
- **MATERIAL DESCARTÁVEL DE WC** – fraldas, papel higiênico, fio dental, plástico em geral e outros

## COMO IMPLANTAR COLETA SELETIVA NAS ESCOLAS?

- Antes de implantar olhar em volta....
- Atentar para as condições de higiene e limpeza das dependências das escolas
- Fazer um estudo do meio ambiente escolar
- Escola limpa x ensinar aos alunos que joguem o lixo na cesta certa

## COMO IMPLANTAR COLETA SELETIVA NAS ESCOLAS?

- Ensinar o aluno "a olhar em volta" – perceber problemas ambientais
- Adotar atitudes práticas que contribuam para resolvê-los

## ESTRATÉGIA DE IMPLANTAÇÃO

- Sensibilizar a escola
- Ter apoio da diretora
- Conseguir o entusiasmo dos professores
- Obter a adesão do pessoal da limpeza
- Ter a participação dos alunos
- Verificar mercado para os recicláveis

## ESTRATÉGIA DE IMPLANTAÇÃO

- Reunir o maior número de informações sobre o tema – livros/vídeos/entidades ambientais
- Conversar com profissionais de limpeza urbana e de meio ambiente
- Fazer levantamento da situação atual de acondicionamento e coleta do lixo da escola
- Promover reuniões com professores, direção e demais funcionários da escola, para discutir a organização da coleta seletiva

## ESTRATÉGIA DE IMPLANTAÇÃO

- Discutir com os alunos em sala de aula, integrando o assunto às diversas disciplinas
- Contactar uma entidade que fará a retirada dos recicláveis. Esta retirada pode ser feita pela prefeitura, por uma associação de catadores ou por um sucateiro – Fazer contrato

## PLANEJANDO A COLETA NAS ESCOLAS

- **Coordenação:** permanentemente responsável, articulada com a diretoria da escola e que tenha bom relacionamento com professores e funcionários
- O que fazer com o material separado? Trocar, vender, reutilizar/reaproveitar ou doar para instituições carentes

## PLANEJANDO A COLETA NAS ESCOLAS

- Que tipos de coletores poderão ser utilizados? A criatividade e a disponibilidade é o que mais conta
- Tambores de 200 litros cortados ao meio
- Baldes, bombonas, caixas de papelão, cestas de palha
- Para lixo úmido o coletor tem que ser vedado ou protegido por plástico
- Nunca reaproveite coletores que foram utilizados por produtos químicos tóxicos ou radioativos

## PLANEJANDO A COLETA NAS ESCOLAS

- Quantidade de recipientes coletores?
- Quando e onde armazenar até a data da coleta?
- Como controlar a coleta? boletim de acompanhamento: pesagem, porcentagem dos diferentes materiais, quem retirou, quando, forma de transporte, vendas

## PLANEJANDO A COLETA NAS ESCOLAS

- Qual a frequência da coleta?
- Que tipo de retorno a escola poderá receber? Mudança de valores e atitudes
- Como se dá a participação das famílias? Crianças não podem transportar vidros e outros materiais de risco

## IMPLANTADO A COLETA SELETIVA

- Elaborar um cronograma de datas e responsabilidades
- Cumprir o planejamento
- Marcar o dia de início da coleta e programar algum evento para chamar a atenção de toda a escola

# SUGESTÕES

- Mobilizar toda a comunidade escolar
- Concurso de cartazes; slogans
- Debate sobre o tratamento do lixo
- Formação de biblioteca sobre o tema
- Gincanas de reciclagem
- Artes cênicas (teatro, dança, mímica)
- Feira de troca
- Reuniões de avaliações, palestras e seminários
- Redações ou pesquisas
- Passeios comparativos (área conservadora x área degradadas)
- Divulgação da coleta seletiva e suas vantagens na comunidade

# OBJETIVO DA 1ª ETAPA

- Separar os RSU em três partes:
  - orgânico ou úmido
  - seco
  - banheiro ou sanitário
- Conscientizar os alunos da importância da separação dos RSU
- Criar uma sinergia entre os familiares dos alunos
- Fortalecer a cultura de um ambiente saudável no município de Rio Quente

## ORGANIZAÇÃO E APOIO

- ASSOCIAÇÃO DE BAIRROS DO MUNICÍPIO
- CÂMARA MUNICIPAL
- AERQ e RIO QUENTE RESORTS
- SECRETARIAS MUNICIPAIS DA EDUCAÇÃO, TURISMO E MEIO AMBIENTE, SAÚDE, FINANÇAS e OBRAS PÚBLICAS

## AMBIENTE SAUDÁVEL PROJETO PILOTO NAS ESCOLAS 1ª ETAPA: SEPARAÇÃO RSU

- **EQUIPE MULTIDISCIPLINAR**
- 01 Coordenador:
- Secretários da Educação, Saúde, Turismo e Meio Ambiente
- Diretor (as) das Escolas Municipal e Estadual
- 01 técnico em meio ambiente e 01biólogo(a)
- Engenheiro Civil da Secretaria de Obras
- Dois representantes da Associação de Bairros
- Um representantes da Câmara, AERQ e Rio Quente Resorts

## ETAPAS SEGUINTES

- **2ª ETAPA** – projeto piloto em um bairro do município - agrupar as experiências da 1ª e 2ª etapa, para promover a 3ª etapa
- **3ª ETAPA** – Implantar o projeto em todo o município

## REFERÊNCIAS


- AGMA – Agência Goiana do Meio Ambiente. Governo do Estado de Goiás. **Meio ambiente. Para ler, aprender e colorir**. Goiânia – GO, 2007.
- AGMA – Agência Goiana do Meio Ambiente. Governo do Estado de Goiás. **Meio Ambiente e Cidadania. Goiânia** – GO,2007.
- CEMPRE. **Cadernos de reciclagem. Coleta seletiva nas escolas.** Compromisso Empresarial para reciclagem, segunda edição – 1998.
- IPT/CEMPRE, 2002
- NETO, Barbosa. Brasília - DF, 2002.