



Universidade Estadual Paulista  
"Júlio de Mesquita Filho"  
Programa Interunidades



Mestrado

---

## Engenharia Civil e Ambiental

VICTOR FERNANDEZ NASCIMENTO

PROPOSTA PARA INDICAÇÃO DE ÁREAS PARA A IMPLANTAÇÃO DE  
ATERRO SANITÁRIO NO MUNICÍPIO DE BAURU-SP, UTILIZANDO ANÁLISE  
MULTI CRITÉRIO DE DECISÃO E TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO

Bauru  
2012

VICTOR FERNANDEZ NASCIMENTO

PROPOSTA PARA INDICAÇÃO DE ÁREAS PARA A IMPLANTAÇÃO DE  
ATERRO SANITÁRIO NO MUNICÍPIO DE BAURU-SP, UTILIZANDO ANÁLISE  
MULTI CRITÉRIO DE DECISÃO E TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO

Dissertação apresentada como requisito para a  
obtenção do título de Mestre em Engenharia  
Civil e Ambiental da Universidade Estadual  
Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Área de  
Concentração Geotecnia.

Orientador:

Prof. Dr. Alexandre Marco da Silva



Bauru  
2012

Nascimento, Victor Fernandez.

Proposta para Indicação de Áreas para a Implantação de Aterro Sanitário no Município de Bauru-SP, Utilizando Análise Multi-Critério de Decisão e Técnicas de Geoprocessamento / Victor Fernandez Nascimento, 2012

228 f. : il.

Orientador: Alexandre Marco da Silva

Co-orientador: Anna Silvia Palcheco Peixoto

Dissertação (Mestrado)-Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia, Bauru, 2012

1. Localização de Aterro Sanitário. 2. Geoprocessamento - SIG. 3. Análise Multi Critério de Decisão - AHP. 4. Bauru-SP . I. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia. II. Título.

PROPOSTA PARA INDICAÇÃO DE ÁREAS PARA A IMPLANTAÇÃO DE  
ATERRO SANITÁRIO NO MUNICÍPIO DE BAURU-SP, UTILIZANDO ANÁLISE  
MULTI CRITÉRIO DE DECISÃO E TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO.

VICTOR FERNANDEZ NASCIMENTO

Dissertação submetida ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental  
da Universidade Estadual Paulista, “Julio de Mesquita Filho”, como parte dos requisitos  
necessários para a obtenção do grau de:

MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

Com ênfase em Geotecnia Ambiental.

Aprovado por:

---

Profª Drª. Maria Isabel Sobral Escada

---

Profª Drª. Rosani de Castro

---

Profº. Dr. Heraldo Luiz Giacheti  
(Cordenador)

---

Profº Dr. Alexandre Marco da Silva  
(Orientador)

BAURU, SP – BRASIL  
NOVEMBRO/2012

“Se você acha que a instrução é cara, experimente a ignorância.”

Derek Bok

“Que a inspiração chegue não depende de mim. A única coisa que possa fazer é garantir  
que ela me encontre trabalhando.”

*Pablo Picasso*

## AGRADECIMENTOS

À Deus, sempre, por todas as ricas e infinitas oportunidades de aprendizado e crescimento.

Ao Prof. Dr. Alexandre Marco da Silva, que mesmo com a distância geográfica que nos separou conseguiu me transmitir ensinamentos, incentivos e me orientou, com atenção e paciência durante esses 2 anos.

Ao Prof. Dr. Heraldo Luiz Giacheti, por ter me apresentado ao Programa de Pós-Graduação, e ter me incentivado a realizar um curso de mestrado, sempre me aconselhando no que deveria ser feito e servindo de exemplo como pessoa e profissional, nosso encontro em terras tão longínquas me faz acreditar que as coisas não acontecem por acaso.

Aos professores Drs. Edson Luis Piroli, Jorge Hamada e Anna Silvia Palcheco Peixoto, por participarem da minha banca de qualificação, dando conselhos e sendo críticos me auxiliando a fazer um trabalho científico de qualidade.

As pesquisadoras do INPE, Dr<sup>a</sup> Jussara Oliveira Ortiz, pelas ideias e auxílio com o software SPRING e Dr<sup>a</sup> Maria Isabel Escada Sobral, pelas ideias e por fazer parte da minha banca de defesa.

A prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Rosani de Castro, por aceitar prontamente em fazer parte da minha banca de defesa.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Unesp, e a todos os professores que contribuíram para a minha formação.

Ao Conselho de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Aos funcionários da Seção de Pós-Graduação, Célia, Gustavo e Raphael que sempre estiveram dispostos a me ajudar e resolver os eventuais problemas que surgiram.

A minha família, meus avós Tereza e Juan, que me ensinaram o valor das coisas, a minha mãe Aurora, ao meu pai Silvio (*in memoriam*) e minhas irmãs, Nathália e Luiza, pelo convívio e apoio durante todos estes anos.

A minha companheira Anahi, que já me acompanha de longa data, pela paciência, convívio, ajuda e principalmente por estar sempre ao meu lado. Aos meus sogros, Néia e Samuel pela amizade, apoio e finais de semana muito divertidos.

A minha amiga Helena e sua família, em especial sua mãe Cida, que me acolheu em sua casa quando iniciei esta jornada.

Aos meus amigos de convivência de Bauru, Vinicius, Hugo, Alcio, Vitor, César e Willian, com certeza levo momentos especiais de todos vocês, quero dizer que aprendi muito durante este tempo que passamos juntos.

Aos meus amigos Junior, Gustavo, Sandro, Rafael, Vitor, Cauê e Cainã e as suas famílias. Aos companheiros de mestrado Rubens, Márcia, Thais, Patrícia, Karinne, Pedro e Larissa e todos que não cito aqui.

Enfim, obrigado a todos que estiveram comigo durante esta caminhada e que me enviaram vibrações positivas.

---

NASCIMENTO, V.F. **Proposta para Indicações de Áreas para a Implantação de Aterro Sanitário no Município de Bauru-SP, Utilizando Análise Multi-Critério de Decisão e Técnicas de Geoprocessamento.** Faculdade de Engenharia de Bauru, Universidade Estadual Paulista. Dissertação de Mestrado. Bauru,-2012.

## RESUMO

O município de Bauru-SP, de acordo com o IBGE, possui área de 668 km<sup>2</sup> e uma população de 346.650 habitantes em 2011. Considerando o aterro sanitário como uma saída prática para a deposição final de resíduos, de acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (2010), e que o atual aterro de Bauru-SP encontra-se prestes a atingir sua capacidade de armazenamento, neste trabalho investigou-se a existência de possíveis áreas para a implantação de um novo aterro sanitário. A pesquisa foi feita através de técnicas de Geoprocessamento e Sistema de Informações Geográficas (SIG), utilizando Análise Multi-Critério de Decisão para as visões Ambientais, Econômicas e Sociais, sendo estes ponderados de diferentes modos e utilizando a Análise Hierárquica de Processos – AHP. Após a etapa de estimativa do tamanho que o novo aterro deverá ter após 15 anos de funcionamento, verificou-se que área mínima necessária para a deposição de resíduos sólidos para o município de Bauru-SP entre os anos de 2013 a 2028 é de 0,53 km<sup>2</sup>. Vários cenários de simulação foram testados, considerando todos os aspectos restritivos. Contudo, verificou-se que em Bauru não há áreas aptas para instalação do novo aterro, principalmente devido à necessidade de se respeitar faixa de segurança dos dois aeroportos: de Bauru de 13 km e de Bauru-Arealva de 20 km. Porém para os demais cenários restritivos, encontraram-se 4 áreas classificadas como de Muito Alta e Alta aptidão para a implantação do aterro sanitário, além de verificar quais as condições destas classes para a área contínua ao atual aterro. Porém, dependendo dos critérios restritivos utilizados, ainda há a possibilidade de encontrar um novo local. Caso a restrição seja de fato total, recomenda-se que seja analisada a possibilidade de consórcios com os municípios vizinhos, ou até mesmo outros métodos de destino e/ou aproveitamento dos resíduos, como a compostagem e a reciclagem, diminuindo desta maneira, o volume total a ser aterrado.

**Palavras-chave:** Localização de aterro sanitário, Geoprocessamento; SIG; Análise Multi-Critério de Decisão; Análise Hierárquica de Processos; Município de Bauru-SP.

---



---

**NASCIMENTO, V.F. Proposal to indicate Suitable Areas for Landfill siting in the city of Bauru, SP, Using Multi-Criteria Decision Analysis and GIS Techniques.**

Faculty of Engineering, Bauru, São Paulo State University. Msc Dissertation. Bauru,- 2012.

**ABSTRACT**

The city of Bauru encompasses an area of 668 km<sup>2</sup> and had 346,650 inhabitants in the year 2011. Considering the landfill as convenient way for final disposal of solid waste and that the current landfill Bauru-SP is almost reaching its storage capacity, in this paper it was investigated the existence of possible areas for the implementation of a new landfill. The research was carried out through techniques of Geoprocessing and Geographic Information System (GIS), using Multi-Criteria Decision Analysis for visions Environmental, Social and Economic, which are weighted in different forms using the Analytic Hierarchy Process - AHP. After the step size, we estimate that the needed area of the new landfill after 15 years of operation. Hence, it was found that the minimum area required for solid waste disposal for the Bauru-SP among the years 2013 to 2028 is 0.53 km<sup>2</sup>. Several simulation scenarios were tested. However, if all restrictive features were effectively considered, in Bauru there is no suitable area for installation of the new landfill. The main reason is existence the buffer area of the two airports: 13 km for Bauru aerodrome and 20 km for Bauru-Arealva airport. On the other hand, for the other restriction scenarios, four places are classified as Very High or High suitable for sitting the new landfill. We conclude that there is an immense difficulty in finding areas for implementation of the landfill in the city of Bauru-SP. However, depending on the restrictive criteria there is still the possibility of finding a new location, if the restriction is actually complete, it is recommended the consideration of consortia with neighboring municipalities, or even other methods of destination and / or recovery of waste, such as composting and recycling, thus reducing the total volume to be landfilled.

**Keywords:** Landfill sitting, Geoprocessing; GIS; Multi-Criteria Decision Analysis; Analytical Hierarchy Process; Bauru-SP.

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                                                     |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 3.1 - Esquema com a Classificação dos Resíduos Sólidos .....                                                                 | 13  |
| Figura 3.2 – Balanço de Massa dos RSU, exemplo de gestão integrada para Bauru-SP.<br>.....                                          | 32  |
| Figura 3.3 – Fotografia aérea do Aterro Bandeirantes em SP.....                                                                     | 40  |
| Figura 3.4 – Esquema de um aterro sanitário e as suas principais fases. ....                                                        | 42  |
| Figura 3.5- Principais atividades envolvidas no Geoprocessamento. ....                                                              | 52  |
| Figura 3.6 - Exemplos de pontos, linhas e polígonos.....                                                                            | 62  |
| Figura 3.7 - Exemplo de estrutura <i>raster</i> e sua representação .....                                                           | 63  |
| Figura 4.1 – Fotografia Panorâmica, vista área da área urbana do município de Bauru-<br>SP.....                                     | 69  |
| Figura 4.2 - Lagoa de captação de água no rio Batalha e Estação de Tratamento de Água<br>do DAE.....                                | 77  |
| Figura 4.3 - Tipos de poluição do aquífero. ....                                                                                    | 79  |
| Figura 4.4 - Foto do Aterro Sanitário de Bauru.....                                                                                 | 83  |
| Figura 5.1 - Fluxograma das atividades desenvolvidas no decorrer deste estudo.....                                                  | 91  |
| Figura 5.2 - Grupos geológicos encontrados no município de Bauru-SP e suas<br>elevações.....                                        | 103 |
| Figura 5.3 - Demonstração da falha causada pela pré-deposição do Grupo Bauru.....                                                   | 104 |
| Figura 5.4 – Métodos operacionais utilizados para a construção de aterro sanitário. ....                                            | 140 |
| Figura 5.5 - Perfil Ilustrativo das camadas do aterro sanitário visão frontal e superior.<br>.....                                  | 141 |
| Figura 5.6 - Esboço da Área do Aterro Sanitário .....                                                                               | 142 |
| Figura 5.7 - Estrutura Hierárquica utilizada para as análises de decisão multicritério para<br>implantação de aterro sanitário..... | 144 |

## LISTA DE MAPAS

|                                                                                                                              |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Mapa 3.1 – Evolução na Gestão de Resíduos Sólidos no Brasil, comparação entre os anos 2000 e 2008. ....                      | 18  |
| Mapa 3.2 – Destino dos Resíduos Sólidos no Brasil, comparação 2000 - 2008 .....                                              | 35  |
| Mapa 3.3 – Distribuição de Aterros Sanitários e Vazadouros a Céu Aberto no Brasil...                                         | 35  |
| Mapa 3.4 - Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos no Estado de São Paulo –IQR – 1997 .....                                | 37  |
| Mapa 3.5 – Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos no Estado de São Paulo – IQR – 2011. ....                               | 37  |
| Mapa 3.6 – Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos no Estado de São Paulo – IQR – Nova Proposta .....                      | 39  |
| Mapa 4.1 - Localização do Município de Bauru-SP .....                                                                        | 68  |
| Mapa 4.2 - Localização dos poços da DAE de captação de água subterrânea no município de Bauru-SP.....                        | 78  |
| Mapa 4.3 - Hidrografia da área urbana separadas segundo o lançamento ou não de esgotos. ....                                 | 80  |
| Mapa 4.4 - Localização do aterro na imagem do Google Earth. ....                                                             | 83  |
| Mapa 5.1 – Mapa de Isoietas Médias para o Estado de São Paulo. ....                                                          | 96  |
| Mapa 5.2 – Direções dos Ventos para o Município de Bauru-SP .....                                                            | 98  |
| Mapa 5.3 - Mapa Geológico de Bauru-SP.....                                                                                   | 101 |
| Mapa 5.4 - Mapa de declividade para o município de Bauru-SP.....                                                             | 105 |
| Mapa 5.5 - Mapa pedológico para o município de Bauru-SP .....                                                                | 108 |
| Mapa 5.6 - Mapa da hidrografia de Bauru com as UGRHI.....                                                                    | 111 |
| Mapa 5.7 - Mapa de Áreas de Restrição pela proximidade dos recursos hídricos superficiais para o município de Bauru-SP ..... | 113 |
| Mapa 5.8 – Mapa de Poços com buffer de 200 metros .....                                                                      | 115 |
| Mapa 5.9 - Mapa com as áreas de interesse ambiental do município de Bauru-SP.....                                            | 117 |
| Mapa 5.10 - Mapa de Biomas para o município de Bauru-SP .....                                                                | 121 |

|                                                                                                                                                                                        |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Mapa 5.11 – Mapa de Uso e Cobertura da Terra para o município de Bauru no ano de 2011 .....                                                                                            | 123 |
| Mapa 5.12 - Mapa das Principais Vias de Transporte para o município de Bauru-SP .126                                                                                                   |     |
| Mapa 5.13 - Principais vias do município de Bauru-SP e suas distancias .....                                                                                                           | 127 |
| Mapa 5.14 - Mapa dos Aeroportos de Bauru-SP e seus buffers.....                                                                                                                        | 130 |
| Mapa 5.15 - Mapa dos buffers das áreas urbana de Bauru-SP.....                                                                                                                         | 133 |
| Mapa 5.16 – Mapa de densidade demográfica para o município de Bauru-SP.....                                                                                                            | 135 |
| Mapa 6.1 – Mapa Critérios Ponderáveis, Visão Ambiental (a) e Mapa Classes Alta e Muito Alta maior que 0,53 km <sup>2</sup> (b). ....                                                   | 156 |
| Mapa 6.2 – Mapa Critérios Ponderáveis, Visão Econômica (a) e Mapa Classes Alta e Muito Alta maior que 0,53 km <sup>2</sup> (b). ....                                                   | 158 |
| Mapa 6.3 – Mapa Critérios Ponderáveis, Visão Social (a) e Mapa Classes Alta e Muito Alta maior que 0,53 km <sup>2</sup> (b). ....                                                      | 160 |
| Mapa 6.4 – Mapa Critérios Ponderáveis, Visão Pesos Iguais (a) e Mapa Classes Alta e Muito Alta maior que 0,53 km <sup>2</sup> (b). ....                                                | 162 |
| Mapa 6.5 – Mapa Critérios Ponderáveis, Visão Comparação (a) e Mapa Classes Alta e Muito Alta maior que 0,53 km <sup>2</sup> (b). ....                                                  | 164 |
| Mapa 6.6- Resumo dos Cenários Restritivos. ....                                                                                                                                        | 167 |
| Mapas 6.7 – Resultados para o Cenário Restritivo 1.....                                                                                                                                | 170 |
| Mapas 6.8 – Resultados para o Cenário Restritivo 2.....                                                                                                                                | 173 |
| Mapas 6.9 – Resultados para o Cenário Restritivo 3.....                                                                                                                                | 176 |
| Mapas 6.10 – Resultados para o Cenário Restritivo 4.....                                                                                                                               | 179 |
| Mapa 6.11 – Áreas de Interesse para a implantação de aterro sanitário no município de Bauru-SP.....                                                                                    | 181 |
| Mapas 6.12 – Resultados Área 1 – Contínua ao Atual Aterro, para o Cenário Restritivo 1, 2 e 3, visões: Ambiental (a), Econômica (b), Social (c), Pesos Iguais (d), Comparação (e)..... | 182 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                    |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Mapas 6.13 – Resultados para a Área 2 – Próximas da área urbana a Noroeste para o Cenário Restritivo 1, 2 e 3, visões: Ambiental (a), Econômica (b), Social (c), Pesos Iguais (d), Comparação (e). .....                                                           | 184 |
| Mapas 6.14 – Resultados para a Área 3 – Extremo Leste do Município para o Cenário Restritivo 1 e 2 e visões: Ambiental (a), Econômica (b), Social (c), Pesos Iguais (d), Comparação (e). .....                                                                     | 185 |
| Mapas 6.15 – Resultados para a Área 4 – Próxima da área urbana ao Norte para o Cenário Restritivo 1, 2 e 3 e para as visões: Ambiental (a), Econômica (b), Social (c), Pesos Iguais (d), Comparação (e). .....                                                     | 186 |
| Mapas 6.16 – Resultados para a Área 4 – Próxima do limite municipal de Bauru com Avaí a Noroeste da área urbana de Bauru-SP para o Cenário Restritivo 1, 2 e 3 e para as visões: Ambiental (a), Econômica (b), Social (c), Pesos Iguais (d), Comparação (e). ..... | 188 |

## LISTA DE TABELAS

|                                                                                                                                                                                                                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 3.1 – Responsabilidade pela gestão dos resíduos sólidos segundo o tipo. ....                                                                                                                                                                                      | 21 |
| Tabela 3.2 - Composição qualitativa dos resíduos sólidos municipais. ....                                                                                                                                                                                                | 26 |
| Tabela 3.3 - Distribuição típica para composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos em função do estágio de desenvolvimento do país. ....                                                                                                                         | 30 |
| Tabela 3.4 - Composição média dos resíduos domiciliares em alguns municípios brasileiros .....                                                                                                                                                                           | 31 |
| Tabela 3.5 - Destino final dos resíduos sólidos, por unidades de destino dos resíduos no Brasil entre 1989 e 2008.....                                                                                                                                                   | 34 |
| Tabela 3.6 - Critérios Ambientais e Sanitários para a escolha de áreas para a implantação de aterro sanitário.....                                                                                                                                                       | 44 |
| Tabela 3.7 - Critérios Econômico-Financeiro e/ou Operacionais para a escolha de áreas para a implantação de aterro sanitário .....                                                                                                                                       | 46 |
| Tabela 3.8 - Critérios Sociais para a escolha de áreas para a implantação de aterro sanitário .....                                                                                                                                                                      | 48 |
| Tabela 3.9 - Exemplos de Análise espacial típico de um SIG.....                                                                                                                                                                                                          | 61 |
| Tabela 3.10 - Áreas e usos de técnicas de Sensoriamento Remoto .....                                                                                                                                                                                                     | 66 |
| Tabela 4.1 - Dados de Latitude e Longitude para o município de Bauru-SP .....                                                                                                                                                                                            | 69 |
| Tabela 4.2 - População de Bauru (Urbana, Rural e Total) no período de 1970 a 2011 com projeções para 2015 e 2020. ....                                                                                                                                                   | 71 |
| Tabela 4.3 - Índice de Desenvolvimento Humano Municipal e ranking entre os municípios paulistas para o município de Bauru-SP .....                                                                                                                                       | 76 |
| Tabela 4.4 - Porcentagem dos domicílios que são atendidos pela coleta do lixo e serviços. ....                                                                                                                                                                           | 81 |
| Tabela 5.1 – Direções Geográficas em relação à área urbana do município de Bauru-SP e suas notas para escolha de áreas para a implantação de aterro sanitário, levando em consideração as direções dos ventos como um dos fatores dos critérios ponderáveis sociais..... | 99 |

|                                                                                                                                                        |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabela 5.2 – Áreas das diferentes direções geográficas para o município de Bauru-SP.<br>.....                                                          | 99  |
| Tabela 5.3 - Porcentual dos tipos de rochas encontradas no município de Bauru-SP.<br>.....                                                             | 101 |
| Tabela 5.4 – Notas atribuídas ao fator geologia dos critérios ponderáveis ambientais.<br>.....                                                         | 102 |
| Tabela 5.5 – Notas atribuídas ao fator declividade dos critérios ponderáveis ambientais.....                                                           | 106 |
| Tabela 5.6 – Área de declividades para cada intervalo. ....                                                                                            | 107 |
| Tabela 5.7 - Porcentual das classes de solos encontrados no município de Bauru-SP<br>.....                                                             | 108 |
| Tabela 5.8 – Notas atribuídas ao fator pedologia dos critérios ponderáveis ambientais.<br>.....                                                        | 110 |
| Tabela 5.9 – Áreas relacionadas à proximidade de recursos hídricos .....                                                                               | 113 |
| Tabela 5.10 – Áreas dos Poços para o município de Bauru-SP .....                                                                                       | 116 |
| Tabela 5.11 - Legislação das APAs de Bauru-SP em relação a deposição de Resíduos<br>.....                                                              | 119 |
| Tabela 5.12 - Biomas encontrados no município de Bauru-SP e suas áreas .....                                                                           | 121 |
| Tabela 5.13 - Atribuição de notas de acordo com os biomas para a escolha de áreas para a implantação de aterro sanitário no município de Bauru-SP..... | 122 |
| Tabela 5.14 - Atribuição de notas de acordo com as classes de Uso e Cobertura da Terra para o município de Bauru-SP no ano de 2011.....                | 124 |
| Tabela 5.15 – Classes de uso e cobertura da terra para o município de Bauru-SP no ano de 2011 e suas áreas.....                                        | 124 |
| Tabela 5.16 - Distâncias das vias de acesso e suas notas para escolha de áreas para a implantação de aterros sanitários.....                           | 128 |
| Tabela 5.17 – Distâncias das vias de acesso e suas áreas para o município de Bauru-SP.....                                                             | 128 |
| Tabela 5.18 - Distâncias dos Aeroportos e suas notas para escolha de áreas para a implantação de aterros sanitários.....                               | 131 |

|                                                                                                                                                                          |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabela 5.19 – Distâncias dos Aeroportos e suas áreas para o município de Bauru-SP .....                                                                                  | 131 |
| Tabela 5.20 - Distâncias da área urbana de Bauru-SP e suas notas para escolha de áreas para a implantação de aterros sanitários.....                                     | 134 |
| Tabela 5.21 – Distâncias da Área Urbana e suas áreas para o município de Bauru-SP. ....                                                                                  | 134 |
| Tabela 5.22 – Densidade demográfica pelos setores do IBGE para o município de Bauru-SP e suas notas para escolha de áreas para a implantação de aterros sanitários ..... | 136 |
| Tabela 5.23 – Densidade demográfica pelos setores do IBGE e suas áreas para o município de Bauru-SP.....                                                                 | 136 |
| Tabela 5.24 - Cálculo do volume total de resíduos sólidos domiciliares gerados em 15 anos.....                                                                           | 139 |
| Tabela 5.25 - Relação das Camadas com o tamanho (m <sup>2</sup> ) e volume (m <sup>3</sup> ).....                                                                        | 141 |
| Tabela 5.26 – Notas Critérios Ponderáveis Ambientais.....                                                                                                                | 145 |
| Tabela 5.27 - Notas Critérios Ponderáveis Econômicos. ....                                                                                                               | 146 |
| Tabela 5.28 - Notas Critérios Ponderáveis Sociais. ....                                                                                                                  | 146 |
| Tabela 5.29 – Intensidade dos valores de Importância desenvolvidos por Saaty e Vargas (1991). ....                                                                       | 147 |
| Tabela 5.30 – Atribuição de Valores segundo a escala de comparação de Saaty e Vargas (1991) para o cenário ponderável de Pesos Iguais .....                              | 147 |
| Tabela 5.31 – Atribuição de Valores segundo a escala de comparação de Saaty e Vargas (1991) para o cenário ponderável Ambiental.....                                     | 148 |
| Tabela 5.32 – Atribuição de Valores segundo a escala de comparação de Saaty e Vargas (1991) para o cenário ponderável Econômico.....                                     | 148 |
| Tabela 5.33 – Atribuição de Valores segundo a escala de comparação de Saaty e Vargas (1991) para o cenário ponderável Social.....                                        | 148 |
| Tabela 5.34 - Pesos para as diferentes cenários ponderáveis .....                                                                                                        | 148 |
| Tabela 5.35 – Atribuição de Valores segundo a escala de comparação de Saaty e Vargas (1991) para os critérios Ambientais .....                                           | 149 |



|                                                                                                                                                     |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabela 5.36 – Atribuição de Valores segundo a escala de comparação de Saaty e Vargas (1991) para os critérios Econômicos.....                       | 149 |
| Tabela 5.37 – Atribuição de Valores segundo a escala de comparação de Saaty e Vargas (1991) para os critérios Sociais .....                         | 149 |
| Tabela 5.38 – Pesos atribuídos pela AHP aos Critérios Ponderáveis para os diferentes fatores analisados em seus respectivas cenários.....           | 150 |
| Tabela 5.39 - Fatores Restritivos 1 separados pelas visões Ambiental, Econômica e Social. ....                                                      | 151 |
| Tabela 5.40 – Resumo dos Fatores Restritivos para os diferentes Cenários. ....                                                                      | 153 |
| Tabela 5.41 – Classes de aptidão para implementação de aterros sanitários .....                                                                     | 154 |
| Tabela 6.1 – Porcentagem da Área do município de Bauru-SP para cada Classe de aptidão. ....                                                         | 165 |
| Tabela 6.2 – Porcentuais da área do município de Bauru-SP segundo as classes de aptidões para as diferentes visões para o cenário restritivo 1..... | 171 |
| Tabela 6.3 – Porcentual da área do município de Bauru-SP segundo as classes de aptidões para as diferentes visões para o cenário restritivo 2.....  | 174 |
| Tabela 6.4 – Porcentual da área do município de Bauru-SP segundo as classes de aptidões para as diferentes visões para o cenário restritivo 3.....  | 177 |
| Tabela 6.5 – Porcentual da área do município de Bauru-SP segundo as classes de aptidões para as diferentes visões para o cenário restritivo 4.....  | 180 |

## LISTA DE GRÁFICOS

|                                                                                                                                                                                               |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gráfico 3.1 – Caracterização dos Resíduos Sólidos para o Município de Bauru-SP .....                                                                                                          | 28 |
| Gráfico 3.2 – Comparação entre os Resíduos Sólidos Domésticos do Município de Bauru e São Carlos. ....                                                                                        | 29 |
| Gráfico 4.1 - Pirâmide etária para o município de Bauru-SP.....                                                                                                                               | 72 |
| Gráfico 4.2 - Produto Interno Bruto para o município de Bauru-SP.....                                                                                                                         | 73 |
| Gráfico 4.3 - Produto Interno Bruto per capita para o município de Bauru-SP. ....                                                                                                             | 73 |
| Gráfico 4.4 - Distribuição de acordo com os setores econômicos. Setor primário cor verde, setor secundário cor azul e setor terciário cor marrom.....                                         | 74 |
| Gráfico 4.5 - Quantitativos diários medidos de resíduos domiciliares efetivamente dispostos no aterro sanitário de Bauru. A última leitura média obtida indica 219,15 t/dia de resíduos. .... | 84 |
| Gráfico 5.1 – Média de chuva (barras) acumulada (mm) e Número de Dias Sem Chuva (NDSC) em porcentagem (linha), para a cidade de Bauru de 1981 a 2009.                                         | 94 |
| Gráfico 5.2 – Velocidade média do vento na cidade de Bauru-SP durante os meses do ano. ....                                                                                                   | 97 |
| Gráfico 5.3 - Distribuição de Frequência (%) da Direção dos Ventos na cidade de Bauru-SP.....                                                                                                 | 97 |

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

AHP – Análise Hierárquica de Processos

AmpT – Amplitude Térmica

BR 374 - Rodovia Castelo Branco

CAD – *Computer-Aided Design*

CEMPRE – Compromisso Empresarial para Reciclagem

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do estado de São Paulo

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

CPLA – Coordenadoria de Planejamento Ambiental

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

DAE - Departamento de Água e Esgoto de Bauru

DAE - Divisão de Áreas Especiais

DAEE - Departamento de Água e Energia Elétrica do Estado de São Paulo

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio

DEPRN – Departamento Estadual de Proteção de Recursos Naturais

DPAA – Diretoria de Planejamento Ambiental Aplicado

DPI – Divisão de processamento de Imagens

EMDURB – Empresa Municipal de Desenvolvimento Urbano e Rural de Bauru

ESRI – *Environmental Systems Research Institute*

ETE – Estação de Tratamento de Esgoto

GIS – *Geographic Information System*

GPS – Sistema de Posicionamento Global

IAP - Índice de Qualidade de Água para Fins de Abastecimento Público

IBAM - Instituto Brasileiro de Administração Municipal

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

IBF – Instituto Brasileiro de Florestas

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDH – Índice de Desenvolvimento Humano

IDHM – Índice de Desenvolvimento Humano Municipal

IET - Índice de Estado Trófico da Água  
INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas  
IQR - Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos  
IQR/NP - Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos – Nova Proposta  
IVA - Índice de Qualidade de Proteção da Vida Aquática  
kg/m<sup>3</sup> - Quilograma por metros cúbicos  
km – Quilômetro(s)  
km/h – Quilômetro(s) por Hora  
km<sup>2</sup> - Quilômetro(s) quadrado(s)  
NBR – Norma Brasileira  
NDSC – Número de Dias Sem Chuva  
NIABY - *Not In Anyone Backyard*  
NIMBY – *Not In My Backyard*  
NOPE - *Not On the Planet Earth*  
ONG's - Organizações Não Governamentais  
OMM – Organização Meteorológica Mundial  
PERS - Política Estadual de Resíduos Sólidos  
PGRS - Plano de Gestão de Resíduos Sólidos  
pH – Potencial Hidrogeniônico  
PIB – Produto Interno Bruto  
PMB – Prefeitura Municipal de Bauru-SP  
PMECB – Plano de Manejo da Estação Ecológica de Bauru-SP  
PNRS - Política Nacional de Resíduos Sólidos  
PNSB – Pesquisa Nacional de Saneamento Básico  
PNUD – Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento  
PPA - Planos Plurianuais de Investimentos  
RSU – Resíduos Sólidos Urbanos  
SAGA - Sistema de Análise Geo-Ambiental  
SEADE – Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados (São Paulo)  
SEDU - Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano  
SEMMA - Secretaria Municipal do Meio Ambiente (Bauru-SP)  
SNVS - Sistema Nacional de Vigilância Sanitária  
SIG – Sistema de Informações Geográficas

SISNAMA – Sistema Nacional do Meio Ambiente

SITIM – Sistema de Tratamento de Imagens

SNUC - Sistema Nacional de Unidades de Conservação

SP 225 - Rodovia Eng João Batista Renno

SP 280 - Rodovia Castelo Branco

SP 294 - Rodovia João Ribeiro de Barros

SP 300 - Rodovia Marechal Rondon

SP 321 - Rodovia Cesário José de Carvalho

SPRING - Sistema para Processamento de Informações Geográficas

SR – Sensoriamento Remoto

SRHU – Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano

SUASA - Sistema Único de Atenção à Sanidade Agropecuária

TMin – Temperatura Mínima

TMax – Temperatura Máxima

UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro

UGRHI – Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos

USP – Universidade de São Paulo

YTSEBY - *Yes To Someone Else's Backyard*

## SUMÁRIO

|                                                                       |            |
|-----------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>RESUMO.....</b>                                                    | <b>I</b>   |
| <b>ABSTRACT.....</b>                                                  | <b>II</b>  |
| <b>LISTAS DE FIGURAS.....</b>                                         | <b>III</b> |
| <b>LISTAS DE MAPAS.....</b>                                           | <b>IV</b>  |
| <b>LISTA DE TABELAS.....</b>                                          | <b>VII</b> |
| <b>LISTA DE GRÁFICOS.....</b>                                         | <b>XI</b>  |
| <b>LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....</b>                            | <b>XII</b> |
| <b>SUMÁRIO.....</b>                                                   | <b>XV</b>  |
| <b>1 INTRODUÇÃO .....</b>                                             | <b>1</b>   |
| <b>2 OBJETIVOS .....</b>                                              | <b>7</b>   |
| ___2.1 Objetivos Gerais .....                                         | 7          |
| ___2.2 Objetivos Específicos .....                                    | 7          |
| <b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>                                  | <b>8</b>   |
| ___3.1 Resíduos Sólidos e Lixo .....                                  | 8          |
| ____3.1.1 Conceito de Resíduos Sólidos e Lixo .....                   | 8          |
| ____3.1.2 Classificação de resíduos sólidos .....                     | 9          |
| ____3.1.3 Resíduos sólidos e a legislação brasileira.....             | 13         |
| ____3.1.4 Gerenciamento de Resíduos Sólidos. ....                     | 19         |
| ____3.1.5 Geração Per Capita .....                                    | 23         |
| ____3.1.5.1 Composição Qualitativa .....                              | 25         |
| ____3.1.5.2 Composição Quantitativa .....                             | 29         |
| ___3.2 Dos lixões aos aterros sanitários.....                         | 33         |
| ____3.2.1 Evolução e conceito dos lixões aos aterros sanitários ..... | 33         |
| ____3.2.2 Aterros Sanitários .....                                    | 39         |

|                                                                                                            |           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| _____3.2.3 Condições desfavoráveis para a localização da área para a implantação do aterro sanitário. .... | 43        |
| _____3.2.3.1 Restrições Ambiental e Sanitária.....                                                         | 43        |
| _____3.2.3.2 Restrições Econômica e Operacional .....                                                      | 46        |
| _____3.2.3.3 Restrição Social .....                                                                        | 48        |
| ____3.3 Geoprocessamento.....                                                                              | 49        |
| ____3.4 Sistemas de Informações Geográficas - SIG .....                                                    | 53        |
| _____3.4.1 Introdução e breve histórico do que é o SIG .....                                               | 53        |
| _____3.4.2 Definições de SIG.....                                                                          | 55        |
| _____3.4.3 Aplicações do SIG .....                                                                         | 57        |
| _____3.4.4 Banco de Dados .....                                                                            | 59        |
| _____3.4.4.1 Representação Vetorial.....                                                                   | 62        |
| _____3.4.4.2 Representação Matricial .....                                                                 | 63        |
| ____3.5 Sensoriamento Remoto.....                                                                          | 64        |
| <b>4 ÁREA DE ESTUDO, BAURU-SP .....</b>                                                                    | <b>68</b> |
| ____4.1 Localização.....                                                                                   | 68        |
| ____4.2 Histórico .....                                                                                    | 69        |
| ____4.3 Características sócio-econômicas. ....                                                             | 70        |
| _____4.3.1 População .....                                                                                 | 71        |
| _____4.3.2 Economia.....                                                                                   | 73        |
| _____4.3.3 Índice de Desenvolvimento Humano .....                                                          | 74        |
| ____4.4 Saneamento.....                                                                                    | 76        |
| _____4.4.1 Água e Esgoto.....                                                                              | 76        |
| _____4.4.2 Resíduos Sólidos .....                                                                          | 81        |
| _____4.4.3 O Atual Aterro Sanitário de Bauru .....                                                         | 82        |
| <b>5 MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>                                                                         | <b>90</b> |
| ____5.1 Revisão Bibliográfica .....                                                                        | 92        |

|                                                                                                                                                                                                                                 |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| ___5.2 Levantamento de Informações Existentes .....                                                                                                                                                                             | 92         |
| ___5.3 Digitalização das bases cartográficas (banco de dados espacial) .....                                                                                                                                                    | 93         |
| ___5.4 Organização dos dados cartográficos sobre a área de estudo .....                                                                                                                                                         | 93         |
| _____5.4.1 Clima .....                                                                                                                                                                                                          | 93         |
| _____5.4.2 Geologia .....                                                                                                                                                                                                       | 100        |
| _____5.4.3 Aquíferos .....                                                                                                                                                                                                      | 102        |
| _____5.4.4 Relevo .....                                                                                                                                                                                                         | 104        |
| _____5.4.5 Solos .....                                                                                                                                                                                                          | 107        |
| _____5.4.6 Hidrografia .....                                                                                                                                                                                                    | 110        |
| _____5.4.7 Áreas de Interesse Ambiental .....                                                                                                                                                                                   | 116        |
| _____5.4.8 Biomas .....                                                                                                                                                                                                         | 120        |
| _____5.4.9 Mapa de Uso e Cobertura da Terra .....                                                                                                                                                                               | 122        |
| _____5.4.10 Principais Vias .....                                                                                                                                                                                               | 125        |
| _____5.4.11 Proximidades de Aeroportos .....                                                                                                                                                                                    | 129        |
| _____5.4.12 Proximidade da Área Urbana .....                                                                                                                                                                                    | 132        |
| _____5.4.13 Densidade Demográfica .....                                                                                                                                                                                         | 135        |
| ___5.5 Seleção preliminar do tamanho da área necessária para a construção do aterro sanitário .....                                                                                                                             | 137        |
| ___5.6 Seleção e definição dos critérios restritivos e ponderáveis e aplicação da metodologia proposta para gerar mapas finais com as áreas aptas para a implantação de um novo aterro sanitário no município de Bauru-SP ..... | 143        |
| _____5.6.1 Critérios Ponderáveis .....                                                                                                                                                                                          | 143        |
| _____5.6.2 Critérios Restritivos .....                                                                                                                                                                                          | 151        |
| ___5.7 Análise dos Resultados, discussões e conclusão da dissertação .....                                                                                                                                                      | 154        |
| <b>6 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>                                                                                                                                                                                          | <b>155</b> |
| ___6.1 Resultados Cenários Critérios Ponderáveis .....                                                                                                                                                                          | 155        |
| _____6.1.1 Comparação Resultados Visões dos Critérios Ponderáveis. ....                                                                                                                                                         | 165        |
| ___6.2 Resultados Cenários Critérios Restritivos .....                                                                                                                                                                          | 166        |



|                                                                                    |            |
|------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| ___ 6.3 Comparação entre os Cenários Ponderáveis e Restritivos. ....               | 168        |
| _____ 6.3.1 Resultados Finais para o Cenário Restritivo 1. ....                    | 168        |
| _____ 6.3.2 Resultados Finais Para o Cenário Restritivo 2. ....                    | 172        |
| _____ 6.3.3 Resultados Finais Para o Cenário Restritivo 3. ....                    | 175        |
| _____ 6.3.4 Resultados Finais Para o Cenário Restritivo 4. ....                    | 178        |
| ___ 6.4 Análises de Áreas e Comparação entre os Cenários Ponderáveis e Restritivos | 181        |
| _____ 6.4.1 Área 1 - Contínua ao atual aterro sanitário.....                       | 182        |
| _____ 6.4.2 Área 2 – Próxima da área urbana a Noroeste. ....                       | 183        |
| _____ 6.4.3 Área 3 – Extremo Leste do município.....                               | 184        |
| _____ 6.4.4 Área 4 - Próxima da área urbana ao Norte .....                         | 186        |
| _____ 6.4.5 Área 5 – Próxima do limite municipal a Noroeste. ....                  | 187        |
| <b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>                                                 | <b>189</b> |
| <b>8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>                                          | <b>191</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

Os problemas causados pela relação poluidora do homem com a natureza relacionados aos resíduos sólidos existiram desde os primórdios da humanidade, porém, no princípio, essa poluição não causava grandes impactos, já que a população era pequena, nômade e havia muito espaço. Contudo, no decorrer da evolução humana com o processo de formação de vilas e cidades, os resíduos e dejetos começaram a ocasionar problemas de ordem ambiental, já que os recursos naturais, como o solo e água passaram a servir como esgoto e deposição de resíduos. Isto acabou ocasionando no século XIV, a dizimação da metade da população europeia pela peste Negra, também conhecida como Bubônica, causada pela pulga dos ratos que se proliferavam nos aglomerados populacionais, principalmente devido à ausência de um tratamento adequado final dos resíduos, que naquela época eram depositados pelas ruas e terrenos vazios sem nenhum tipo de controle.

Com o crescimento da população mundial e a Revolução Industrial, ocorreu um significativo desequilíbrio na geração de resíduos, já que maior quantidade de matéria prima era utilizada para produzir cada vez mais bens de consumo. Pode-se dizer que a geração de resíduos começa desde a mineração, para se obter matéria prima bruta, passando pelas diversas etapas do processo até ser transformada em produto final, o qual muitas vezes após a serventia também é considerado resíduo.

A preocupação com o meio ambiente cresceu nas últimas décadas devido à tomada de consciência da sociedade em relação ao impacto negativo e possível degradação que algumas atividades imprimem ao meio, principalmente em centros urbanos (MELPHI, 2004).

Dentre os diversos tipos de degradação que o homem pode causar ao meio ambiente, dar-se-á ênfase neste trabalho, aos resíduos sólidos urbanos, ou seja, o lixo que a cidade produz diariamente independentemente de qualquer situação, seja ela econômica, social, natural ou política.

Segundo Russo (2003) o equacionamento dos resíduos sólidos poderia ser simples, com a diminuição da utilização da matéria prima por um lado e, por outro, o aumento da taxa de recuperação/reciclagem de produtos dos resíduos. No entanto, tais medidas seria dificilmente aplicadas na nossa sociedade de forma imediata. Deste modo, a moderna sociedade tem que procurar novas formas de gerir os resíduos que produz, bem como terá que procurar por locais para dispô-los.

Durante muitos anos, os resíduos sólidos eram depositados em lugares afastados dos centros urbanos. Porém, com o efeito da urbanização desenfreada e com a falta de tratamento e/ou disposição final adequada, este cenário se inverteu. Estes locais de deposição de resíduos foram ficando cada vez mais próximos do ambiente urbano. Devido a esta proximidade começaram a ocorrer maiores problemas relacionados com a população como problemas de saúde e sociais. Por estes motivos é que os resíduos sólidos urbanos (RSU) necessitam de um destino final adequado, para que a sociedade e as questões ambientais como os ecossistemas não sejam penalizados.

Segundo Ensinas (2003) “a disposição de resíduos é um dos graves problemas ambientais enfrentado pelos grandes centros urbanos em todo o mundo e tende a agravar-se com o aumento do consumo de bens descartáveis que passam cada vez mais a compor os grandes volumes de lixo gerados pela população”. Este problema, fruto da urbanização desenfreada da sociedade consumista e do desperdício, vem sendo tema de discussões, tanto na área técnica-científica, como na política-econômica.

Neste trabalho é feita uma revisão sobre os diferentes tipos e técnicas de disposição final de resíduos, sendo elas, lixões, aterros controlados e aterros sanitários, bem como sua caracterização para o cenário brasileiro, que atualmente adota como a forma mais adequada para a disposição de resíduos sólidos o aterro sanitário, já que ele é construído de forma que não prejudique o meio ambiente e a sociedade. Além disso, de acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos, aprovada pela Lei 12.305 em 2010, é estabelecido que até 2014 todos os lixões a céu aberto devam ser fechados e sua disposição destes resíduos deve ocorrer preferencialmente em aterros sanitários.

Em diversos países do mundo a forma mais utilizada para a deposição de resíduos sólidos é o aterro sanitário, que segundo Hamada (2003) constituem uma forma segura de disposição de resíduos, tanto pela especificação de locais apropriados, como pela implementação de sistemas de impermeabilização, drenagem, cobertura diária e final, tratamento de efluentes líquidos e gasosos.

Os desafios dessa disposição final dos resíduos sólidos, diferentemente dos gases e líquidos que se diluem no meio receptor, são que os resíduos sólidos são retidos no mesmo local onde foram depositados, mesmo que venham a sofrer transformações químicas e físicas. Por este motivo existe uma grande dificuldade de se encontrar áreas para a implantação de aterros sanitários, que é considerado neste trabalho como a melhor forma de disposição final de resíduos sólidos. Dentre as principais dificuldades se podem citar:

- Restrições e exigências crescentes da legislação;
- Crescimento populacional e da produção de resíduos, tanto em quantidade quanto *per capita*;
- Dificuldade de encontrar locais afastados de áreas residências;
- Competição na questão de espaço com outro tipo de uso e cobertura da Terra;
- Dificuldades ou inviabilização do reuso da área;

Fica claro que as pessoas, mesmo conscientes da necessidade de um aterro sanitário, não estão motivadas a aceitá-lo em sua vizinhança, já que as questões relacionadas aos odores, barulho de máquinas, partículas em suspensão no ar, aumento do tráfego de caminhões basculantes nas estradas de acesso e possível dispersão de resíduos ao longo do trajeto, entre outras, acabam fazendo com que a população se oponha a localização do aterro sanitário próxima de suas residências.

Aqui fica claro o fenômeno conhecido pela sua abreviação em inglês NIMBY abreviação de “*not in my backyard*”, não no meu quintal, ou seja, as pessoas entendem a necessidade de tratar e depositar os resíduos sólidos de forma adequada, porém não querem que este local seja próximo de onde trabalham ou residem. Neste caso é necessário um cuidado para que o NIMBY não se torne um fenômeno conhecido pela sua abreviação em inglês YTSEBY abreviação de “*yes to someone else’s backyard*”, sim para o quintal de outras pessoas, ou seja, não quero perto de mim, e não me importo caso seja perto de outras pessoas.

Como o caso dos resíduos sólidos não pode ser tratado completamente como um NOPE abreviação em inglês de “*not on the Planet Earth*”, ou seja, o que aqui se produz de resíduos deve-se dar uma forma de disposição adequada a eles, porém, é possível fazer com que ocorra uma maior intensificação no tratamento como a reutilização e a reciclagem, além, é claro, da possível diminuição do volume total de resíduos produzidos, todavia, sempre algo vai ser classificado como rejeito e deve ser disposto adequadamente.

No entanto, o que se pretende neste trabalho é alocar o aterro sanitário utilizando o fenômeno conhecido pela sigla em inglês NIABY “*not in anyone backyard*”, de que não é bom no quintal de ninguém, porém, para o bem da sociedade e do meio ambiente é necessário que se escolha uma área que leve em consideração diferentes pontos de vista.

A partir de algumas décadas atrás, em função das atividades antrópicas de caráter negativo, a humanidade vem sendo obrigada a repensar as questões ambientais de forma diferente, visando certa sustentabilidade para nossa geração e para as que virão, onde se consiga um melhor aproveitamento da utilização dos recursos naturais e uma minimização dos impactos ambientais e sociais. Este processo de conscientização deve ser estimulado desde a infância em escolas e famílias, já que todos os seres humanos são geradores de resíduos durante sua vida, portanto a educação ambiental deve estimular um maior conhecimento para a sociedade sobre a geração, tratamento e destinação final adequados para os resíduos que produzimos direta e indiretamente.

Com relação à escolha da área final para a deposição dos resíduos sólidos objetivo deste trabalho, é de fundamental importância o planejamento ambiental, respeitando a questão social, ambiental e econômica dentro da legislação, visando à minimização dos impactos negativos ao meio ambiente e a sociedade. A adoção de algumas medidas adotadas neste trabalho, além de contribuir na eficiência da escolha de uma área, aumenta a responsabilidade para os implementadores, no caso a empresa ou prefeitura que irão construir e gerenciar o aterro sanitário devendo mantê-lo em condições satisfatórias e adequadas.

A escolha de áreas para implantação de um aterro sanitário depende do entendimento dos fatores de objeções de profissionais de diferentes áreas do conhecimento como: biólogos, engenheiros, geógrafos, sociólogos, ecólogos, dentre outros e suas distintas visões, exigindo argumentos bem embasados e cuja metodologia demonstre claramente a preferências de uma área em detrimento de outra.

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

- Minimização de riscos para a saúde pública;
- Capacidade da área em minimizar os impactos ambientais;
- Maximização do nível de serviço aos operadores do sistema;
- Minimização de custos aos operadores do sistema.

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

- Distância de transporte;
- Restrições de locação;
- Extensão da área;
- Facilidade de acesso;
- Condições do solo e topografia;
- Condições climatológicas;
- Hidrologia de águas superficiais;
- Condições geológicas e hidrogeológicas;
- Distância do meio urbano;
- Potencial de reutilização da área.

Considerando estes aspectos da dificuldade de se encontrar um conjunto de fatores predominantes entre os profissionais de diferentes áreas do conhecimento para a implantação de um aterro sanitário é que se propõe identificar possíveis áreas para a implantação de um novo aterro sanitário no município de Bauru-SP através de Análise Multi Critério de Decisão utilizando Análise Hierárquica de Processos - AHP, levando em considerações três visões, ambiental, econômica e social, utilizando técnicas de Geoprocessamento.

A cidade de Bauru é uma das mais populosas do interior paulista, e sofre com o problema de disposição final de resíduos sólidos. O atual aterro sanitário do município se esgotou em seu projeto original, e algumas adaptações para ampliação foram feitas no ano de 2010 para que o aterro possa receber resíduos sólidos por mais 2 anos. Por este motivo, é importante que num futuro próximo se escolha uma área para a implantação de um novo aterro sanitário.

Algumas das restrições e dificuldades encontradas para o município de Bauru-SP são:

- A área do município é consideravelmente pequena em relação a outros municípios do interior paulista;
- A área urbana é grande em relação à área total do município;
- A população é de aproximadamente 344 mil habitantes (IBGE, 2010);
- As taxas de crescimento populacional são positivas de 0,86% a.a (SEADE, 2012);
- A rede hidrográfica é densa, o que aumenta as áreas consideradas inaptas;
- Existem diversas áreas de interesse ambiental, como as Áreas de Proteção Ambiental, que proíbem a deposição de resíduos;
- Existem dois aeroportos, o que inviabiliza grande parte da área municipal para a disposição de resíduos;
- O atual aterro sanitário da cidade encontra-se esgotado e próximo do final da sua vida útil.

Este trabalho servirá, portanto, para auxiliar o planejamento urbano da prefeitura de Bauru em encontrar um local para a implantação de um novo aterro sanitário, bem como para obtenção de uma proposta técnica-científica que poderá ser utilizada por outras cidades brasileiras que estejam passando pela mesma necessidade.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivos Gerais**

- Aplicar uma metodologia visando apresentar áreas tecnicamente viáveis para a implantação de aterro sanitário no município de Bauru-SP.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Estimar a quantidade de resíduos gerados nos próximos anos, para saber qual o tamanho da área necessária para a implantação do aterro sanitário, para que este possa receber os resíduos sólidos por pelo menos 15 anos;
- Avaliar utilizando a Análise Multi-Critério de Decisão por meio da Análise Hierárquica de Processos – AHP os fatores ponderáveis dentro das visões Ambiental, Econômica e Social que podem influenciar a escolha de áreas para a implantação do aterro sanitário, identificando fatores restritivos em diferentes cenários;
- Evidenciar as áreas maiores que o tamanho estimado para a construção do aterro sanitário para as melhores classes de aptidão, para as distintas visões nos diferentes cenários restritivos;
- Verificar se a área contínua ao aterro é a melhor opção para a implantação de um novo aterro sanitário no município de Bauru-SP;



### **3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

#### **3.1 Resíduos Sólidos e Lixo**

##### **3.1.1 Conceito de Resíduos Sólidos e Lixo**

Os conceitos de resíduo e lixo são muito semelhantes e, muitas vezes, entende-se que ambos sejam sinônimos. Ao consultar o Novo Dicionário Aurélio da Língua Portuguesa (FERREIRA, 2009), encontra-se:

Resíduo: 1. Remanescente; 2. Aquilo que resta de qualquer substância; resto.

Lixo: 1. Aquilo que se varre de casa, do jardim, da rua, e se joga fora; entulho; 2. Tudo o que não presta e se joga fora.

Na linguagem popular, o termo resíduo é considerado sinônimo de lixo; sendo o lixo todo material inútil, que é descartado e colocado em lugar público, cuja existência em um dado meio é tida como nociva (CALDERONI, 2003).

A definição técnica para lixo, quando este se encontra separado e capaz de ser reutilizado, reciclado ou ainda aproveitado economicamente mesmo estando misturado, é resíduo sólido. Denomina-se, geralmente, lixo quando o material está misturado e sem condições de ser reaproveitado. Ambos apresentam ampla diversidade na composição e são originados em diversas atividades humanas e ambientes urbanos (NAIME, 2005).

O lixo passa assim do domínio particular das nossas residências para o domínio público, ruas e calçadas e posteriormente quando recolhidos, para lixões e aterro sanitários, representando, portanto, um problema para toda a sociedade (CALDERONI, 2003).

Segundo a NBR 10.004/2004 (ABNT, 2004), define-se resíduo sólido como: resíduo nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades da comunidade, de origem: industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Além disso, considera-se também resíduos sólidos 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 corpo d'água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em detrimento da melhor tecnologia disponível.

Segundo a Lei nº 12.305 de 2010, que Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, no Título I, Cap. II, artigo 3º, parágrafo XV e XVI, rejeitos e resíduos sólidos, são considerados: “resíduos sólidos, material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semi-sólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível.” Já os rejeitos são: “resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada”

### **3.1.2 Classificação de resíduos sólidos**

Existem vários tipos de classificações possíveis para os resíduos, dentre elas por sua composição química (matéria orgânica e inorgânica), pela sua natureza física (seco e molhado), e pelos riscos potenciais ao meio ambiente. No entanto, a forma mais comum leva em consideração a sua origem. Como por exemplo, resíduos industriais, urbanos, agrícolas, de entulho, de serviço de saúde, radioativos, de portos, aeroportos e terminais rodoviários (TENÓRIO, 2004).

Alguns exemplos quanto à classificação dos resíduos sólidos de acordo com a origem, também podem ser consultados na Lei Estadual nº 12.300 de 2006 que Institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos e na Lei Federal nº 12.305 de 2 de agosto de 2010, no Título III, Capítulo I e Artigo 13º, Parágrafo I, onde os resíduos são classificados da seguinte forma:

I - quanto à origem:

a) resíduos domiciliares: os originários de atividades domésticas em residências urbanas;

b) resíduos de limpeza urbana: os originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana;

c) resíduos sólidos urbanos: os englobados nas alíneas “a” e “b”;

d) resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços: os gerados nessas atividades, excetuados os referidos nas alíneas “b”, “e”, “g”, “h” e “j”;

e) resíduos dos serviços públicos de saneamento básico: os gerados nessas atividades, excetuados os referidos na alínea “c”;

f) resíduos industriais: os gerados nos processos produtivos e instalações industriais;

g) resíduos de serviços de saúde: os gerados nos serviços de saúde, conforme definido em regulamento ou em normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama e do SNVS;

h) resíduos da construção civil: os gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis;

i) resíduos agrossilvopastoris: os gerados nas atividades agropecuárias e silviculturais, incluídos os relacionados a insumos utilizados nessas atividades;

j) resíduos de serviços de transportes: os originários de portos, aeroportos, terminais alfandegários, rodoviários e ferroviários e passagens de fronteira;

k) resíduos de mineração: os gerados na atividade de pesquisa, extração ou beneficiamento de minérios;

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

- Facilmente degradáveis: matéria orgânica.
- Moderadamente degradáveis: papel, papelão e material celulósico.
- Dificilmente degradáveis: pedaços de panos, retalhos, aparas e serragem de couro, borrachas e madeira.
- Não degradáveis: vidros, metais, plásticos, pedras e terras.

Os resíduos sólidos domiciliares são, por natureza, os mais complicados em termos de manejo, pois são constituídos por uma grande diversidade de componentes (plásticos, vidros, metais, restos de alimentação, etc). Via de regra encontram-se totalmente misturados. A composição desses resíduos também varia muito em função da sazonalidade e posição geográfica (de um país para o outro e de uma cidade para outra). Outros resíduos sólidos, tais como comerciais e industriais, tendem a ser mais homogêneos e a apresentar-se em grande quantidade para cada um dos componentes (HAMADA, 2009).

Baseando-se na origem dos mais diversos tipos de resíduos, pode-se afirmar que cada um deles apresenta um determinado risco potencial ao meio ambiente. Segundo a Lei Federal nº 12.305 de 2 de agosto de 2010, no Título III, Capítulo I e Artigo 13º, Parágrafo II os resíduos sólidos tem a seguinte classificação no que diz respeito a periculosidade:

**a)** resíduos perigosos: aqueles que, em razão de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade, carcinogenicidade, teratogenicidade e mutagenicidade, apresentam significativo risco à saúde pública ou à qualidade ambiental, de acordo com lei, regulamento ou norma técnica;

**b)** resíduos não perigosos: aqueles não enquadrados na alínea “a”.

Neste aspecto, a Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, na NBR 10.004 (2004) classifica os resíduos em dois grupos:

- **Classe I (Perigosos):** São aqueles que, em função de suas propriedades físicas, químicas ou infecto-contagiosas, apresentam risco à saúde ou ao meio ambiente, ou apresentam características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade, ou fazem parte da relação constante nos anexos A e B da NBR 10.004/2004.
- **Classe II (Não perigosos)**

Sendo este ultimo subdivido em:

- A. Classe II - A -Não Inertes:** Aqueles que não se enquadram nas classificações de resíduos classe I - Perigosos ou de resíduos classe II B - Inertes, nos termos

desta Norma. Os resíduos classe II A – Não inertes podem ter propriedades, tais como: biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.

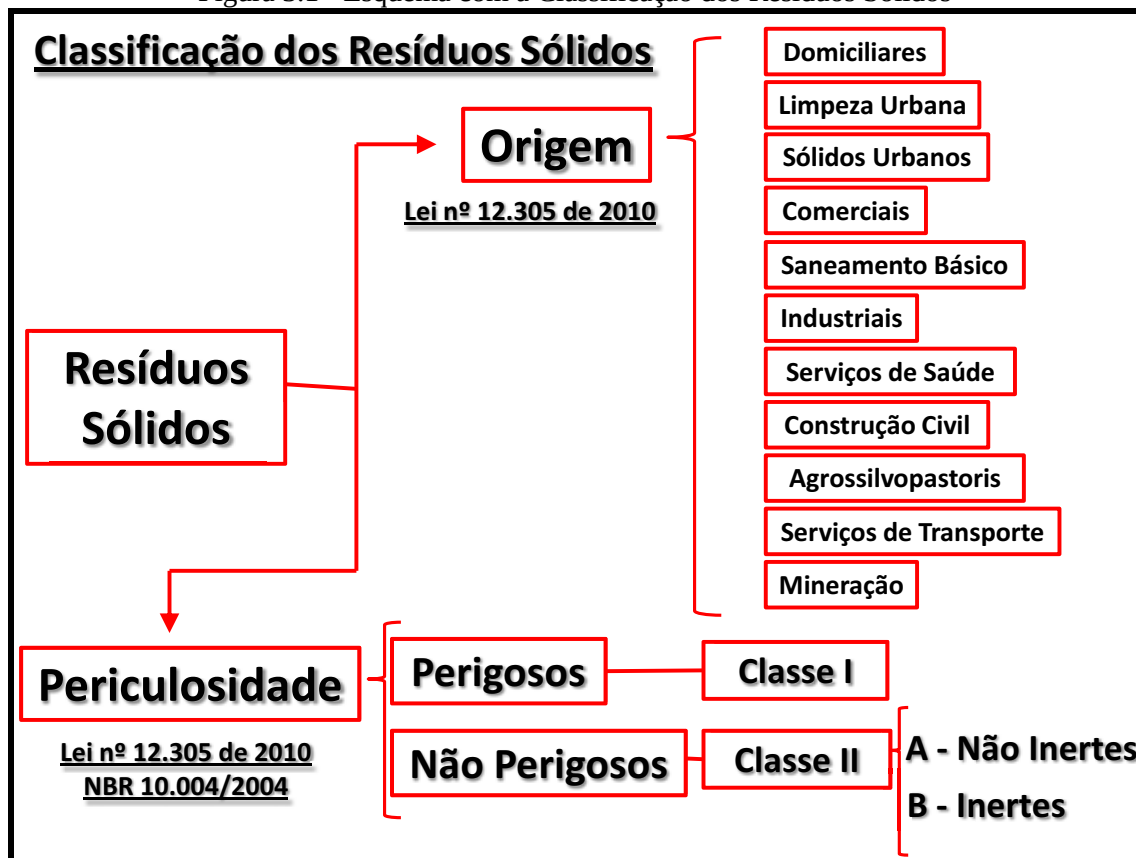
**B. Classe II – B –Inertes:** Quaisquer resíduos que, quando amostrados de uma forma representativa, segundo a ABNT NBR 10.007, e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou desionizada, à temperatura ambiente, conforme ABNT NBR 10.006, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor.

Segundo Naime (2005) a definição de resíduos perigosos deve ser bem compreendida. Acima das questões legais, pode-se afirmar que se encontram as questões éticas e por isso esta definição merece ser trabalhada para o perfeito entendimento do princípio subjacente ao conceito. A definição de resíduos perigosos utilizada pela Agência de Proteção Ambiental Americana é:

“O termo resíduo perigoso caracteriza um resíduo sólido ou combinação de resíduos sólidos os quais, devido à quantidade, concentração ou características físicas, químicas ou infecciosas pode: causar ou contribuir significativamente para o aumento da mortalidade ou para o aumento de doenças sérias irreversíveis ou reversíveis incapacitantes; Significar um perigo presente ou potencial para a saúde humana ou meio ambiente, quando tratado, armazenado, transportado, disposto ou usado de maneira imprópria.”

Como forma de ilustrar as diferentes abordagens relacionadas à classificação dos resíduos sólidos de acordo com as legislações brasileiras mais atuais foi elaborado o esquema (Figura 3.1).

Figura 3.1 - Esquema com a Classificação dos Resíduos Sólidos



Fonte: Lei nº 12.305 de 2010 e NBR 10.004 de 2004

### 3.1.3 Resíduos sólidos e a legislação brasileira.

Posteriormente ao resumo da classificação dos resíduos sólidos tem-se o problema para o governo e para a sociedade que é a questão relacionada à adequada coleta e disposição dos resíduos.

A legislação brasileira estabelece que o resíduo domiciliar seja propriedade da prefeitura, cumprindo-lhe a missão de assegurar sua coleta e disposição final. Enquanto que o transporte e a disposição final do resíduo industrial constituem, encargo da indústria, sujeitos aos regulamentos e à fiscalização do poder público (CALDERONI, 2003).

Nos últimos anos a legislação ambiental brasileira vem sofrendo um considerável avanço. Existe, no território nacional, um aparato normativo significativo sobre a tutela jurídica do meio ambiente. O território nacional está subordinado à Política Nacional do Meio Ambiente, regulamentada, fiscalizada e executada pelo Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA), que integra todas as ações e está

estruturado por um Órgão Superior (Conselho de Governo); por um Órgão Consultivo e Deliberativo (CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente); por um Órgão Central (Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal); por um Órgão Executor (IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis); por Órgãos Seccionais (Secretarias Estaduais de Meio Ambiente, as Fundações, etc.); e os Órgãos Locais (Entidades ou Órgãos Municipais) (VIEIRA, 2000).

Muitas vezes é de competência dos três níveis de governos (Federal, Estadual e Municipal) atuarem de forma complementar, suplementar ou exclusiva na legislação referente às questões ambientais. Por exemplo, as restrições quanto ao uso e ocupação do solo urbano são vistas na Legislação Federal (Lei nº 6.766/79), Estadual (Lei nº 6.063/82) e Municipal de acordo com o Plano Diretor de cada Município. Além dessas leis, ainda existem vários procedimentos definidos pela ABNT, referente ao tratamento, locomoção e disposição final de resíduos sólidos.

Portanto, pode-se dizer que existem muitas limitações normativas e legais que são citadas mais detalhadamente no decorrer deste trabalho sobre resíduos sólidos e sobre o uso e cobertura da terra para áreas de implantação de aterros sanitários.

Dentre algumas resoluções básicas do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) sobre os resíduos sólidos pode-se destacar:

- **Resolução 404/2008** – Estabelece critérios e diretrizes para o licenciamento ambiental de aterro sanitário de pequeno porte de resíduos sólidos urbanos;
- **Resolução 358/2005** – Dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde;
- **Resolução 316/2002** – Dispõe sobre procedimentos e critérios para o funcionamento de sistemas de tratamento térmico de resíduos;
- **Resolução 313/2002** – Dispõe sobre o inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais;
- **Resolução 307/2002** – Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil;
- **Resolução 037/1994 e 023/1996** – Estabelece normas sobre importações de resíduos;
- **Resolução 005/1993** – Dispõe sobre o gerenciamento de resíduos sólidos gerados nos portos, aeroportos, terminais ferroviários e rodoviários;

O estado de São Paulo foi pioneiro no Brasil em estabelecer uma política que abordasse os aspectos relacionados aos resíduos sólidos. Em 2006, foi instituída pela Lei Estadual nº 12.300, a Política Estadual de Resíduos Sólidos - PERS, e foram definidos os seguintes princípios:

I - a visão sistêmica na gestão dos resíduos sólidos que leve em consideração as variáveis ambientais, sociais, culturais, econômicas, tecnológicas e de saúde pública;

II - a gestão integrada e compartilhada dos resíduos sólidos por meio da articulação entre Poder Público, iniciativa privada e demais segmentos da sociedade civil;

III - a cooperação interinstitucional com os órgãos da União e dos Municípios, bem como entre secretarias, órgãos e agências estaduais;

IV - a promoção de padrões sustentáveis de produção e consumo;

V - a prevenção da poluição mediante práticas que promovam a redução ou eliminação de resíduos na fonte geradora;

VI - a minimização dos resíduos por meio de incentivos às práticas ambientalmente adequadas de reutilização, reciclagem, redução e recuperação;

VII - a garantia da sociedade ao direito à informação, pelo gerador, sobre o potencial de degradação ambiental dos produtos e o impacto na saúde pública;

VIII - o acesso da sociedade à educação ambiental;

IX - a adoção do princípio do poluidor-pagador;

X - a responsabilidade dos produtores ou importadores de matérias-primas, de produtos intermediários ou acabados, transportadores, distribuidores, comerciantes, consumidores, catadores, coletores, administradores e proprietários de área de uso público e coletivo e operadores de resíduos sólidos em qualquer das fases de seu gerenciamento;

XI - a atuação em consonância com as políticas estaduais de recursos hídricos, meio ambiente, saneamento, saúde, educação e desenvolvimento urbano;

XII - o reconhecimento do resíduo sólido reutilizável e reciclável como um bem econômico, gerador de trabalho e renda;

Sendo os principais objetivos desta mesma lei os seguintes:

I - o uso sustentável, racional e eficiente dos recursos naturais;

II - a preservação e a melhoria da qualidade do meio ambiente, da saúde pública e a recuperação das áreas degradadas por resíduos sólidos;



III - reduzir a quantidade e a nocividade dos resíduos sólidos, evitar os problemas ambientais e de saúde pública por eles gerados e erradicar os "lixões", "aterros controlados", "bota-foras" e demais destinações inadequadas;

IV - promover a inclusão social de catadores, nos serviços de coleta seletiva;

V - erradicar o trabalho infantil em resíduos sólidos promovendo a sua integração social e de sua família;

VI - incentivar a cooperação intermunicipal, estimulando a busca de soluções consorciadas e a solução conjunta dos problemas de gestão de resíduos de todas as origens;

VII - fomentar a implantação do sistema de coleta seletiva nos Municípios.

Portanto, pode-se dizer que a PERS de 2006, procurou abranger as questões mais atualizadas sobre a gestão integrada de resíduos sólidos, tendo como base as Políticas Estaduais de Saneamento, Recursos Hídricos e de Meio Ambiente. Uma dos fatos importantes desta política foi a criação do Fundo Estadual de Resíduos Sólidos, que tem a função de financiar projetos de reciclagem, promover uma maior participação da sociedade, implementar novas tecnologias sustentáveis e patrocinar pesquisas.

Posteriormente, no âmbito Nacional em 2010 foi aprovada a Lei Federal nº 12.305 que Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS que no Título I, Capítulo I, Artigo 4º, define que: “a Política Nacional de Resíduos Sólidos reúne o conjunto de princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, metas e ações adotadas pelo Governo Federal, isoladamente ou em regime de cooperação com Estados, Distrito Federal, Municípios ou particulares, com vistas à gestão integrada e ao gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos.” São objetivos da Política Nacional de Resíduos Sólidos:

I - proteção da saúde pública e da qualidade ambiental;

II - não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos;

III - estímulo à adoção de padrões sustentáveis de produção e consumo de bens e serviços;

IV - adoção, desenvolvimento e aprimoramento de tecnologias limpas como forma de minimizar impactos ambientais;

V - redução do volume e da periculosidade dos resíduos perigosos;

VI - incentivo à indústria da reciclagem, tendo em vista fomentar o uso de matérias-primas e insumos derivados de materiais recicláveis e reciclados;

VII - gestão integrada de resíduos sólidos;

VIII - articulação entre as diferentes esferas do poder público, e destas com o setor empresarial, com vistas à cooperação técnica e financeira para a gestão integrada de resíduos sólidos;

IX - capacitação técnica continuada na área de resíduos sólidos;

X - regularidade, continuidade, funcionalidade e universalização da prestação dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, com adoção dos mecanismos gerenciais e econômicos que assegurem a recuperação dos custos dos serviços prestados, como forma de garantir sua sustentabilidade operacional e financeira, observada a Lei nº 11.445, de 2007;

XI - prioridade, nas aquisições e contratações governamentais, para:

a) produtos reciclados e recicláveis;

b) bens, serviços e obras que considerem critérios compatíveis com padrões de consumo social e ambientalmente sustentáveis;

XII - integração dos catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis nas ações que envolvam a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos;

XIII - estímulo à implementação da avaliação do ciclo de vida do produto;

XIV - incentivo ao desenvolvimento de sistemas de gestão ambiental e empresarial voltados para a melhoria dos processos produtivos e ao reaproveitamento dos resíduos sólidos, incluídos a recuperação e o aproveitamento energético;

XV - estímulo à rotulagem ambiental e ao consumo sustentável

Segundo o Plano de Gestão de Resíduos Sólidos – PGRS (2012), a elaboração do Plano Nacional foi o primeiro passo do planejamento da gestão de resíduos sólidos no país, estabelecendo, com horizonte temporal de vinte anos, diretrizes, cenários, metas e programas de ação, prevendo-se revisões a cada quatro anos, compatibilizadas com os Planos Plurianuais de Investimentos (PPA) do Governo Federal. Como seu desdobramento natural, é imprescindível que todos os entes da federação desenvolvam, com participação da sociedade, planos de gestão capazes de equacionar o enfrentamento

da questão dos resíduos sólidos nos seus respectivos territórios, estabelecendo as estratégias gerenciais, técnicas, financeiras, operacionais, urbanas e socioambientais para que todos os lixões do país possam ser eliminados até 2014 e melhorar os indicadores de coleta seletiva, logística reversa, reciclagem e compostagem.

Um dos destaques da Lei nº 12.305/2010 é a responsabilidade dada aos municípios pela gestão dos resíduos produzidos em seu território, cabendo aos Estados promover a integração do planejamento e execução das funções públicas relacionadas à gestão dos resíduos sólidos nas regiões metropolitanas, aglomerações urbanas e microrregiões.

Segundo a Pesquisa Nacional de Saneamento – PNSB 2008, no Brasil, constitucionalmente, é de competência do poder público local o gerenciamento dos resíduos sólidos produzidos em suas cidades, sendo que 61,2% das prestadoras dos serviços de manejo dos resíduos sólidos eram entidades vinculadas à administração direta do poder público; 34,5%, empresas privadas sob o regime de concessão pública ou terceirização; e 4,3%, entidades organizadas sob a forma de autarquias, empresas públicas, sociedades de economia mista e consórcios (Mapa 3.1).

Mapa 3.1 – Evolução na Gestão de Resíduos Sólidos no Brasil, comparação entre os anos 2000 e 2008.



Fonte: Atlas de Saneamento, IBGE (2011)

O município de Bauru é no que diz respeito aos resíduos sólidos, administrado pela Empresa Municipal de Desenvolvimento Urbano e Rural de Bauru – EMDURB, empresa pública, dotada de personalidade jurídica de direito privado, com patrimônio próprio e autonomia administrativa, técnica e financeira.

Segundo a PNRS, deve se estimular o desenvolvimento de consórcios intermunicipais para a gestão dos resíduos sólidos, com o objetivo de elevar a escalas de aproveitamento e redução dos custos envolvidos, favorecendo financeiramente, já que aqueles municípios que optarem por soluções consorciadas intermunicipais para a gestão dos resíduos sólidos terão prioridade no acesso aos recursos da União.

Por este motivo é que a Lei nº 12.305/10 exige que estados e municípios apresentem planos de gerenciamento de resíduos sólidos, para que possam formar convênios e contratos com a União para repasse de recursos nos programas voltados para a implementação da política.

Segundo o PGRS (2012) estes planos devem ser realizados por técnicos especializados e supervisionados pelo Departamento de Ambiente Urbano da SRHU e ter como objetivo subsidiar o poder público, profissionais e representantes da sociedade civil para sua elaboração. Além disso, estes planos devem estabelecer os procedimentos necessários para o manejo e destinação ambientalmente adequada de resíduos e rejeitos, admitida pelos órgãos competentes do Sistema Nacional de Meio Ambiente (Sisnama), do Sistema Nacional de Vigilância Sanitária (SNVS) e do Sistema Único de Atenção à Sanidade Agropecuária (Suasa), e ainda estabelecer normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública, à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos.

### **3.1.4 Gerenciamento de Resíduos Sólidos.**

No passado, o problema dos resíduos era considerado como uma questão de menor importância, não só pela pequena produção basicamente orgânica, cujos desperdícios eram reciclados localmente, ao nível doméstico. A situação atual em que vivemos de uma sociedade capitalista e consumista é caracterizada pela crescente produção de resíduos sólidos, salientando-se a grande diminuição do seu peso específico, originando um evidente aumento do volume a tratar. Na última década houve uma duplicação da produção de resíduos por habitante, em termos de peso, e

quase o quádruplo em termos de volume. A crescente urbanização e industrialização das sociedades modernas têm originado uma produção exponencial de resíduos sólidos, problema que urge encarar com frontalidade no sentido de se encontrarem as melhores soluções técnicas para minimizar o problema (RUSSO, 2003).

É corrente o emprego dos 3Rs no gerenciamento de resíduos sólidos. Assim, trabalha-se com a Redução das quantidades geradas de resíduos, depois procura-se o Reaproveitamento desses materiais e finalmente busca-se a Reciclagem. Processos que utilizam essa forma de gerenciamento podem ser enquadrados em sistemas de tratamento de resíduos. Para todo o material sem possibilidade de tratamento, os ditos rejeitos, é necessária a disposição final dos mesmos no meio ambiente (GOMES et al, 2001).

O afastamento de rejeitos nas áreas urbanas sempre teve como objetivo eliminar rapidamente das proximidades o incômodo gerado por eles. Com isto estabeleceu-se uma relação, cuja base fundamental reside na logística, principalmente, na coleta e no transporte. O gerenciamento adequado do lixo é um dos serviços de maior visibilidade por seus efeitos imediatos na limpeza da cidade e proteção ao meio ambiente. Proporcionam à administração pública boa aceitação por parte da população, assegurando saúde, bem estar e investimento de recursos públicos, além de vir ao encontro de um desejo comum maior, que é a melhoria da qualidade de vida (ORSATI, 2006).

A gestão de resíduos sólidos pode ser definida como uma disciplina associada ao controle, produção, armazenamento, recolha, transferência e transporte, processamento, tratamento e destino final dos resíduos sólidos, de acordo com os melhores princípios de preservação da saúde pública, economia, engenharia, conservação dos recursos, estética e outros princípios ambientais. Deste modo, a gestão de resíduos envolve uma inter-relação entre aspectos administrativos, financeiros, legais, de planejamento e de engenharia, cujas soluções são interdisciplinares, envolvendo ciências e tecnologias provenientes de várias áreas (RUSSO, 2003).

O gerenciamento integrado dos resíduos sólidos urbanos é o conjunto de leis e normas que visam um melhor planejamento, seja ele operacional, financeiro ou ambiental que deve ser executado pela municipalidade desde a coleta até a disposição final adequada dos resíduos, passando pela segregação e ou tratamento do mesmo.

De acordo com Brito (1999), dependendo do tipo de resíduo, existem um gestor ou responsável diferente, assim como um órgão fiscalizador (Tabela 3.1).

Tabela 3.1 – Responsabilidade pela gestão dos resíduos sólidos segundo o tipo.

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

Fonte: Brito (1999).

Modernamente entende-se que a gestão dos resíduos sólidos passa por diversos pilares estruturantes que constituem uma política integrada, na qual se destacam: adoção de sistemas integrados baseada na redução na fonte, na reutilização de resíduos, na reciclagem, na transformação dos resíduos (que inclui a incineração energética e compostagem) e a deposição em aterros (energéticos e de rejeitos) (RUSSO, 2003).

A Lei nº 12.305 de 2010, que Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, dispõe no cenário brasileiro sobre os princípios, objetivos, instrumentos, bem como as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos. No capítulo II, artigo 3º, parágrafo X estabeleceu que o “gerenciamento de resíduos sólidos é o conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos

resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, de acordo com plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou com plano de gerenciamento de resíduos sólidos, exigidos na forma desta lei.” Já o capítulo II, artigo 3º, parágrafo XI, define a gestão integrada de resíduos sólidos como o “conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos sólidos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável.”

Pode-se dizer que a gestão e o gerenciamento de resíduos sólidos no Brasil após a criação da Lei nº 12.305 de 2010, começa a ser encarado como um fator de preservação ambiental que deve nortear as preocupações políticas dos responsáveis, neste caso os municípios ou consórcios destes.

De acordo com Agenda 21, documento aprovado pela Conferência das Nações Unidas em 1992, em seu capítulo 21, “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. Em consequência, 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) Redução ao mínimo dos resíduos;
- (b) Aumento ao máximo da reutilização e reciclagem ambientalmente saudáveis dos resíduos;
- (c) Promoção do depósito e tratamento ambientalmente saudáveis dos resíduos;
- (d) Ampliação do alcance dos serviços que se ocupam dos resíduos.

Ainda é importante enfatizar que, de acordo com o IPT/CEMPRE 2000, deve-se ter consciência de que todas estas ações e operações envolvidas no gerenciamento estão interligadas, influenciando uma às outras. Portanto, uma coleta mal planejada encarece o transporte; um transporte mal dimensionado gera prejuízos e reclamações e prejudica o tratamento e a disposição final do lixo; tratamentos mal dimensionados não atingem os objetivos propostos, e disposições inadequadas causam sérios impactos ambientais.

Estes serviços de manejo dos resíduos sólidos exercem um forte impacto no orçamento das administrações municipais, podendo atingir 20% dos gastos da municipalidade (PNSB, 2008).

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

### **3.1.5 Geração Per Capita**

A geração per capita leva em consideração os resíduos produzidos diariamente pelo município, estado ou país, levando em consideração o número de habitantes, sendo que seu resultado sempre será um número aproximado de quilograma de resíduos produzidos diariamente para cada habitante.

Dentre os diversos fatores que podem influenciar a origem e a formação dos resíduos em um município são, entre outros:

- Número de habitantes do município e a sua densidade demográfica;
- Grau de urbanização;
- Nível educacional;
- Nível econômico;
- Padrão de consumo;
- Leis e regulamentações (Federais, Estaduais e Municipais);
- Fluxo de pessoas que visitam, ou que residem temporariamente no município;
- Hábitos e costumes da população;

A quantidade exata de resíduos gerados é muito difícil de determinar, já que podem ocorrer algumas interferências na reutilização, reciclagem e/ou armazenamento realizados pela população, além também do descarte final em locais clandestinos.



Todos estes processos citados acabam desviando uma porcentagem dos resíduos que teriam que ser somados ao total para posteriormente serem divididos pelo número de habitantes atendidos. Outro ponto que deve ser levado em conta é a porcentagem da população que é atendida com a coleta de resíduos em seus domicílios. Devido a estas interferências ao se estudar a geração de resíduos per capita, em geral, trabalha-se a partir da quantidade de resíduos coletados e não dos efetivamente produzidos.

Outra questão importante é diferenciar a geração per capita, da massa per capita, já que este último corresponde aos resíduos gerados diretamente pelas atividades domésticas e a outros tipos de resíduos, como os da construção civil, varrições de vias públicas, derivados de atividades comerciais, etc.

Em relação a Bauru, o município possui o setor terciário bem desenvolvido (IBGE, 2010). Isso significa que se há economia aquecida, o número de pessoas que vão às compras de produtos e serviços são maiores, assim como o volume produzido de resíduos neste setor e, conseqüentemente, em outros setores como indústria (setor secundário) e agricultura (setor primário). Assim, quando temos um período de crise e de economia mais restrita, a produção de resíduos também é afetada, causando uma diminuição na produção. Porém, pode-se dizer que essa relação de economia e geração de resíduos com a tendência do tempo tende a estabilização em um crescimento uniforme.

Segundo a EMDURB (2010), no histórico do Aterro Sanitário de Bauru são produzidas aproximadamente 220 a 250 toneladas de resíduos domiciliares por dia. Considerando-se que a população atual de Bauru, é de 343.937 habitantes (IBGE, 2010), adotando-se uma taxa de geração de resíduos de 600 gramas por habitantes por dia, comprova-se que este valor, esta dentro da faixa recomendada para as cidades brasileiras.

O conhecimento sobre a composição dos resíduos sólidos do município de Bauru, como de qualquer outro município, é essencial para um melhor gerenciamento destes resíduos. Fatores como a qualidade e a quantidade são importantes para melhor equacionar a coleta, o transporte, o tratamento e a destinação final.

### 3.1.5.1 Composição Qualitativa

Quando nos referimos à composição qualitativa dos resíduos, estamos nos referindo a quais tipos de características físicas, químicas e biológicas eles apresentam.

A composição física dos resíduos sólidos se refere às porcentagens (em geral peso *in natura*) dos vários materiais que os constituem. Esta determinação é fundamental para a definição dos projetos para gerenciamento dos resíduos, desde a coleta até a destinação final, de forma econômica e sanitária adequadas (NAIME, 2004).

As propriedades físicas mais importantes dos resíduos sólidos urbanos são, de acordo com (HAMADA 2009) e (RUSSO, 2003):

- Massa específica: definido como a massa do material pela unidade de volume, normalmente em Kg/m<sup>3</sup>. Importante para saber se os resíduos se encontram no volume natural ou compactado;
- Teor de Umidade: Obtido através da diferença de pesagem da amostra do resíduo intacto e da mesma amostra desidratada;
- Tamanho da partícula e sua distribuição: importante do ponto de vista da recuperação de materiais, especialmente para a separação mecânica. Os Resíduos Sólidos Urbanos - RSU em média apresentam dimensões que variam entre 15 e 25 cm, podendo, no entanto, também apresentar materiais classificados como “monstros”, cujas dimensões não permitem a recolha convencional. Para cada caso deverá ser feita uma medição dos componentes.
- Capacidade de campo (*Field capacity*): é a capacidade da massa de resíduos reterem água absorvida, sem deixar que a mesma seja descarregada por gravidade para o solo. Excedendo esta capacidade, a água que percolar os resíduos constituirá o lixiviado. Uma capacidade de retenção de 30% em volume é referida na literatura como normal. Porém, depende das características dos resíduos.
- Porosidade e Permeabilidade dos resíduos compactados: referem-se a condutividade hidráulica dos resíduos compactados é um parâmetro físico importante, pois é a lei que governa o movimento de fluidos no aterro (permeabilidade dos líquidos e gases na massa de resíduos no aterro).

Além da composição física, é necessário saber qual a composição química dos resíduos principalmente dos componentes orgânicos, mas engloba também todos os componentes químicos, com ênfase nas relações Carbono/Nitrogênio, no pH e nas concentrações de sólidos totais, sólidos fixos e voláteis (NAIME, 2005).

As informações sobre a composição química dos resíduos sólidos são importantes na avaliação de processos alternativos e opções de reciclagem. A prática de incineração, por exemplo, torna-se viável, dependendo da composição química dos resíduos. O conteúdo energético pode ser determinado em laboratório, empregando-se calorímetros ou sendo estimado por cálculos baseados na composição elementar de componentes conhecidos dos resíduos domésticos. Quando há interesse na conversão biológica dos resíduos domésticos, tais como compostos (próprios para compostagem), metano e etanol, as informações dos nutrientes essenciais são de grande importância na manutenção do equilíbrio e da eficiência na conversão (HAMADA, 2009).

Ainda em relação à qualidade química, os resíduos urbanos são classificados segundo o IPT/CEMPRE 2000, em três categorias, são elas: Putrescível, Reciclável e Combustível (Tabela 3.2).

Tabela 3.2 - Composição qualitativa dos resíduos sólidos municipais.

| <b>Componentes</b>  | <b>Putrescível</b> | <b>Reciclável</b> | <b>Combustível</b> |
|---------------------|--------------------|-------------------|--------------------|
| Borracha            |                    | X                 | X                  |
| Couro               | X                  |                   | X                  |
| Madeira             | X                  | X                 | X                  |
| Matéria Orgânica    | X                  | X                 |                    |
| Metais Ferrosos     |                    | X                 |                    |
| Metais não Ferrosos |                    | X                 |                    |
| Papel               | X                  | X                 | X                  |
| Papelão             | X                  | X                 | X                  |
| Plástico Duro       |                    | X                 | X                  |
| Plástico Filme      |                    | X                 | X                  |
| Trapos              |                    | X                 | X                  |
| Vidro               |                    | X                 |                    |

Fonte: IPT/CEMPRE (2000)

De acordo com a Tabela 3.1, a classificação de um determinado resíduo em alguma das três categorias referentes à sua qualidade não impede que este tenha mais de uma das características, como por exemplo, o papel que possui as três qualidades simultaneamente.

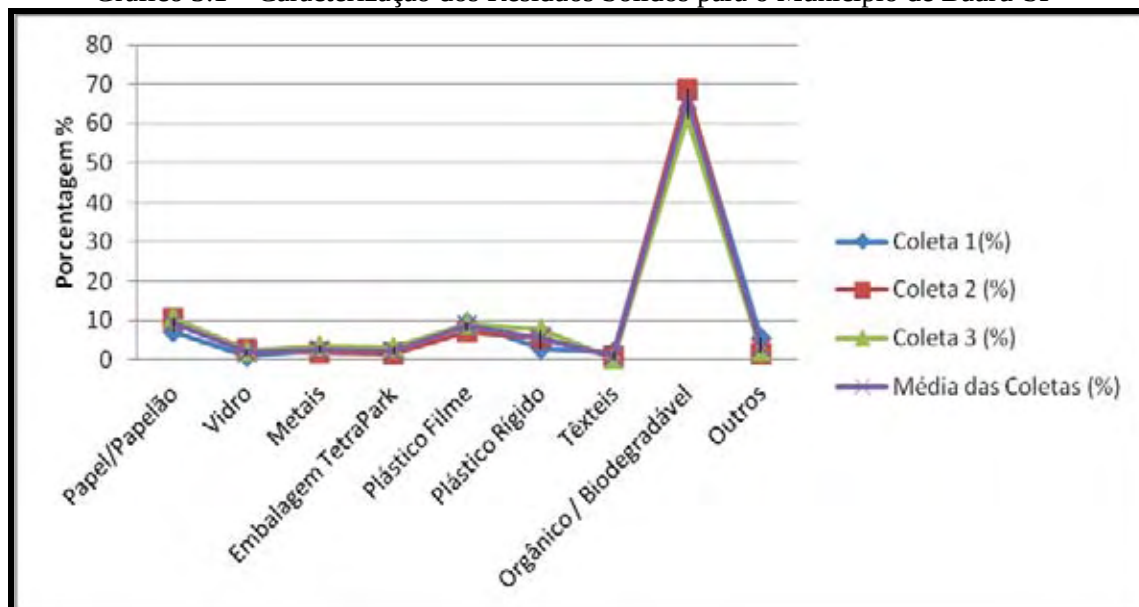
Além das características físicas e químicas dos resíduos têm-se as propriedades biológicas que, segundo Hamada (2009), citando Tchobanoglous (1993), exclui plásticos, borrachas, e couro. Os demais componentes orgânicos presentes nos resíduos sólidos domésticos podem ser classificados como:

- Componentes solúveis em água (açúcares, amidos, aminoácidos, e vários ácidos orgânicos);
- Hemicelulose (produto de condensação de determinados açúcares);
- Celulose (produto de condensação da glicose);
- Gordura, óleos e ceras (ésteres de álcool e longas cadeias de ácidos graxos);
- Lignina (matéria polimérica contendo cadeias aromáticas com grupo  $-OCH^3$ );
- Ligninocelulose (combinação de lignina e celulose);
- Proteínas;

Materiais com maior quantidade de lignina tais como revistas e jornais, apresentam menor biodegradabilidade que outros resíduos orgânicos encontrados no lixo doméstico. A taxa com que ocorre a degradação dos principais componentes orgânicos do lixo doméstico varia consideravelmente e, do ponto de vista prático, podem ser classificados em rapidamente e lentamente degradáveis (HAMADA, 2009).

Segundo a EMDURB (2010), Bauru, como a grande maioria das cidades brasileiras não possui a caracterização qualitativa detalhada de seus resíduos sólidos domiciliares. Porém, para o ano de 2003, foi feita por Kajino (2005), uma caracterização dos resíduos sólidos para a cidade de Bauru baseada na coleta em três datas distintas, o que demonstrou que predominantemente os resíduos de Bauru são formados em média pela parte orgânica/biodegradável 65,88%, seguidos de papel/papelão com 9,46%, plástico filme 8,64%, plástico rígido 5,31%, outros 3,01%, metais 2,59%, embalagem TetraPark 2,25%, vidro 1,82%, e têxteis com 1,01% (Gráfico 3.1).

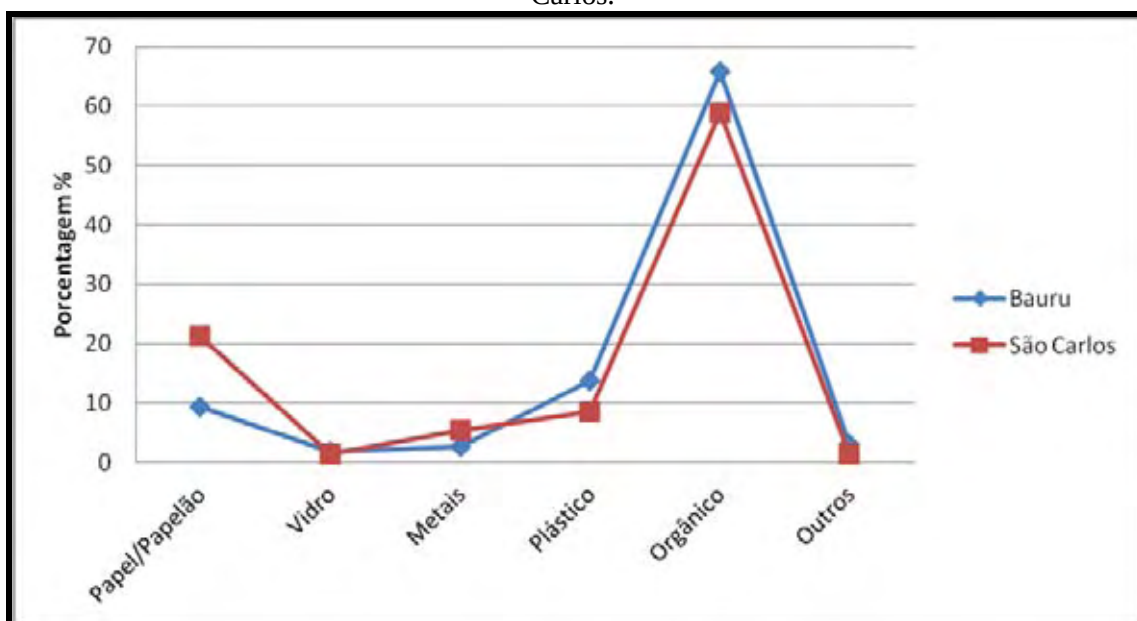
Gráfico 3.1 – Caracterização dos Resíduos Sólidos para o Município de Bauru-SP



Fonte: Kajino (2005)

Comparando estes resultados de Bauru com a caracterização dos resíduos realizada para o município de São Carlos-SP (Gráfico 3.2), observa-se que a parte de orgânico/biodegradável se apresentou bem maior para Bauru, com uma diferença de 6,8%. Os plásticos também apresentaram maior representação em Bauru com uma diferença de 5,3%, assim como o vidro, com uma diferença de 0,4%. Porém, o município de São Carlos possui maior representação nos tipos papel/papelão com diferença de 11,9% e metal com diferença superior de 2,8%.

Gráfico 3.2 – Comparação entre os Resíduos Sólidos Domésticos do Município de Bauru e São Carlos.



Fonte: GOMES, apud Pinto et al. 2000 apud EMDURB 2010 e Kajino (2005)

Como os resíduos podem variar de cidade para cidade, ou até mesmo de bairro para bairro, é necessário que seja realizada uma classificação dos resíduos sólidos para o município de Bauru ao longo do ano, já que as coletas realizadas por Kajino (2005) foram concentradas num período próximo, ou seja, podem não ser representativas para o município de Bauru quando consideramos diferentes datas, meses, estações e eventos, o que podem alterar muito a composição dos resíduos.

Segundo a EMDURB (2010), esta caracterização dos resíduos sólidos para o município de Bauru-SP deveria ser feita conforme a norma da ABNT NBR 10.007/04 (para amostragem dos resíduos) e ABNT NBR 10.004/04 (para classificação de resíduos), entretanto, até o momento, ainda não foi realizado.

### 3.1.5.2 Composição Quantitativa

A quantificação da geração de resíduos urbanos é baseada em índices relacionados ao número de habitantes atendidos pelo sistema de coleta e ao volume de resíduos gerados (NAIME, 2004).

A composição gravimétrica pode variar para cada região e de acordo com o desenvolvimento econômico e social. Segundo Hamada (2009), tal variação é nítida

quando se efetua uma comparação entre diferentes países e respectivas rendas per capita (Tabela 3.3).

Tabela 3.3 - Distribuição típica para composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos em função do estágio de desenvolvimento do país.

| <b>Componente</b>                         | <b>Países de Baixa<br/>Renda <i>per capita</i></b> | <b>Países de Média<br/>Renda <i>per capita</i></b> | <b>Países de Elevada<br/>Renda <i>per capita</i></b> |
|-------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| <b>Orgânico</b>                           |                                                    |                                                    |                                                      |
| Restos de alimento                        | 40-85                                              | 20-65                                              | 6-30                                                 |
| Papel <sup>a</sup> e Papelão <sup>b</sup> | 1-10 (a + b)                                       | 8-30 (a + b)                                       | 20-45 e 5-15                                         |
| Plásticos                                 | 1-5                                                | 2-6                                                | 2-8                                                  |
| Têxteis                                   | 1-5                                                | 2-10                                               | 2-6                                                  |
| Borracha e Couro                          | 1-5                                                | 2-10                                               | 0-2                                                  |
| Podas <sup>c</sup> e Madeira <sup>d</sup> | 1-5(c+d)                                           | 1-10(c+d)                                          | 10-20 e 1-4                                          |
| <b>Inorgânico</b>                         |                                                    |                                                    |                                                      |
| Vidro                                     | 1-10                                               | 1-10                                               | 4-12                                                 |
| Metais em Geral                           | 1-5                                                | 1-5                                                | 3-12                                                 |
| Terra, Pó e Cinzas                        | 1-40                                               | 1-30                                               | 0-10                                                 |

Fonte: Tchobanoglous et al 1993 *apud* Hamada 2009.

A composição quantitativa pode variar de uma cidade para outra e também de um bairro para outro segundo diversos aspectos, dentre eles, o número de habitantes, a densidade demográfica, e outros vistos anteriormente neste capítulo. Como exemplo da composição média dos resíduos domiciliares em alguns municípios brasileiros, é apresentada a (Tabela 3.4).

Tabela 3.4 - Composição média dos resíduos domiciliares em alguns municípios brasileiros

| Cidade           | Componente (%) |          |       |       |                   |
|------------------|----------------|----------|-------|-------|-------------------|
|                  | Papel          | Plástico | Metal | Vidro | Outros + Orgânico |
| São Paulo        | 18,8           | 22,9     | 3,0   | 1,5   | 53,8              |
| Rio de Janeiro   | 22,2           | 16,8     | 2,8   | 3,7   | 54,6              |
| Curitiba         | 8,6            | 12,4     | 3,2   | 1,3   | 74,6              |
| Fortaleza        | 22,6           | 8,2      | 7,3   | 3,3   | 58,6              |
| Salvador         | 16,2           | 17,1     | 3,7   | 2,9   | 60,2              |
| Porto Alegre     | 22,1           | 9,0      | 4,7   | 9,2   | 55,0              |
| Belo Horizonte   | 10,1           | 11,7     | 2,6   | 2,5   | 73,0              |
| Vitória          | 19,1           | 11,8     | 3,3   | 2,7   | 63,1              |
| Distrito Federal | 26,2           | 2,4      | 3,2   | 2,8   | 65,4              |
| Bauru            | 9,4            | 13,9     | 2,6   | 1,8   | 72,3              |

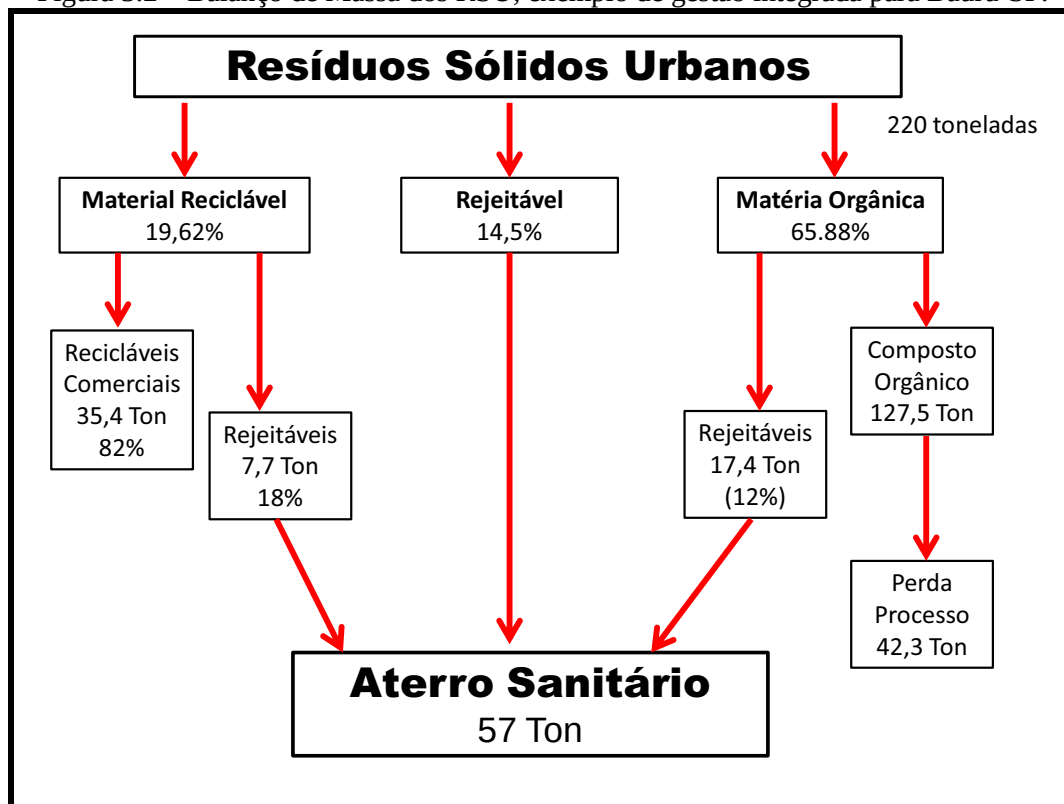
Fonte: IPT/CEMPRE (2000), para o município de Bauru-SP Kajino (2005).

Percebe-se que Bauru apresenta uma porcentagem dos seus resíduos relativamente alta em comparação as demais cidades, principalmente em relação a São Paulo e Rio de Janeiro. Já em relação às classes de vidro, metais e papel o município de Bauru apresenta uma porcentagem relativamente baixa em comparação com os outros municípios.

Pensando no Gerenciamento Integrado dos Resíduos Sólidos Urbanos, foi realizado para o município de Bauru-SP, um Balanço de Massa segundo o modelo de Russo (2003), em que os resíduos passariam por tratamento antes de serem aterrados, o que viria diminuir consideravelmente o volume final disposto no aterro sanitário (Figura 3.2):



Figura 3.2 – Balanço de Massa dos RSU, exemplo de gestão integrada para Bauru-SP.



Neste balanço de massa dos resíduos sólidos urbanos para o município de Bauru, levou-se em consideração a produção anual de 220 toneladas publicadas pela (EMDURB, 2010) a serem tratados pela gestão integrada, onde se verificou que houve uma redução final de resíduos depositados no aterro de 74,1%, o que seria algo mais sustentável ambientalmente e que faria, consequentemente, que a vida útil deste aterro sanitário fosse mais prolongada. Segundo Russo (2003), estes resíduos aterrados teriam custos inferiores, já que a matéria a se depositar não estaria sujeita a fermentação, nem à lixiviação, dispensando os correspondentes tratamentos com os gases e chorume. Além disso, teríamos mais matérias primas sendo recicladas, o que diminui a demanda por mais recursos naturais, além de trazer benefícios financeiros com a reutilização. Matérias orgânicas virariam compostos possíveis de serem reutilizados pela prefeitura ou até serem comercializados.

Já pensando nos resíduos industriais, estes são mais facilmente caracterizados e quantificados, pois é possível sua identificação e segregação na fonte, facilitando assim o processo de reciclagem ou reutilização. Segundo Naime (2005), os resíduos industriais dependem de sua perfeita caracterização para alcançarem projetos que

propiciem a melhor otimização no tratamento e na destinação final dos resíduos dentro de estratégias de gerenciamento adequado.

## **3.2 Dos lixões aos aterros sanitários**

### **3.2.1 Evolução e conceito dos lixões aos aterros sanitários**

Dentre as várias opções de destino dos resíduos sólidos, o lixão e os aterros sanitários ainda são os mais comuns devido, principalmente, ao seu baixo custo e à grande capacidade física de absorção, quando comparada às outras formas de tratamento final dos resíduos, como a incineração, compostagem e a reciclagem. Porém, o grande problema destas duas formas de disposição de resíduos sólidos é, sem dúvida, o risco de contaminação dos recursos naturais. Os lixões, considerados ultrapassados, ainda são numerosos em municípios de todo o Brasil, principalmente por não exigirem nenhum tipo de controle quando da deposição de resíduos.

O “lixão”, conhecido também como vazadouro, é uma forma inadequada de disposição final de resíduos sólidos, que se caracteriza pela simples descarga sobre o solo, sem medidas de proteção ao meio ambiente e à saúde pública. Pode ser entendido como um local em que ocorre a descarga de resíduos a céu aberto (HAMADA, 2009).

Os resíduos assim lançados podem acarretar problemas à saúde pública, como proliferação de vetores de doenças (moscas, mosquitos, baratas, ratos, etc.), geração de odores desagradáveis e, principalmente, a poluição do solo e das águas superficiais e subterrâneas através do chorume. Este líquido apresenta elevado potencial poluidor, e surge pela infiltração e percolação da água e pela decomposição da matéria orgânica contida nos resíduos. Acrescenta-se a esta situação, o total descontrole quanto aos tipos de resíduos recebidos nestes locais, verificando-se, até mesmo, a disposição daqueles originados em serviços de saúde e nos processos das indústrias.

Além disso, as áreas onde se encontram os lixões podem apresentar riscos de incêndios com explosões locais e deslizamento. Pelo lado social, estas áreas apresentam grandes problemas, já que os locais são áreas de atração para uma população desfavorecida que passa a utilizá-lo como meio de sustento e muitas vezes de habitação.

Antigamente, no Brasil, utilizava-se o termo de *aterro sanitário* para identificar o que seria o *aterro controlado*, que nada mais é do que uma evolução dos lixões, que por intervenção da legislação e dos órgãos de proteção do meio ambiente promovem um tratamento mais adequado dos resíduos sólidos urbanos, porém, ainda não o mais eficiente.

O *aterro controlado* consiste na técnica de disposição de resíduos sólidos domésticos no solo, que procura reduzir os danos ou riscos à saúde pública e sua segurança e nos impactos ambientais. Esse método, normalmente não confiável, inclui a cobertura dos resíduos por uma camada de material inerte na conclusão de cada jornada de trabalho. Esta forma de disposição produz, em geral, um comprometimento maior, pois, similarmente ao *aterro sanitário*, a extensão da área de disposição é limitada. Mas, como não dispõem de uma impermeabilização de base, nem sistemas de tratamento de chorume ou de gases gerados, podem comprometer a qualidade das águas subterrâneas e a atmosfera das áreas vizinhas (HAMADA, 2009).

Por sua vez, os *aterros sanitários* já possuem estas características anteriormente citadas e tem como objetivo controlar e monitorar os impactos que podem ser causados pela deposição dos resíduos no local, a fim de minimizar os riscos ambientais e de saúde pública. Porém, de acordo com a Pesquisa Nacional em Saneamento Básico realizada em 2008 (IBGE, 2010), a porcentagem de municípios que possuem aterros sanitários no Brasil ainda é muito baixa (Tabela 3.5).

Tabela 3.5 - Destino final dos resíduos sólidos, por unidades de destino dos resíduos no Brasil entre 1989 e 2008.

| Ano  | Destino final dos resíduos sólidos, por unidades de destino dos resíduos (%) |                   |                  |
|------|------------------------------------------------------------------------------|-------------------|------------------|
|      | Vazadouro a céu aberto                                                       | Aterro controlado | Aterro sanitário |
| 1989 | 88,2                                                                         | 9,6               | 1,1              |
| 2000 | 72,3                                                                         | 22,3              | 17,3             |
| 2008 | 50,8                                                                         | 22,5              | 27,7             |

Fonte IBGE (2010).

Observando-se a Tabela 3.6, verifica-se que ocorreu significativa evolução quando da implantação de aterros sanitários. Entretanto, a necessidade de aterros para a disposição final de resíduos sólidos, pré-tratados ou não, continuará a ser uma realidade por muitos anos, embora ocorram evoluções tecnológicas e imposições legais para a

redução da geração de resíduos e diminuição da disposição de matéria orgânica (RUSSO, 2005).

Segundo o Atlas de Saneamento publicado pelo IBGE (2011), em relação a evolução na disposição final dos resíduos sólidos os municípios brasileiros encontram-se classificados de acordo com o Mapa 3.2 e Mapa 3.3 respectivamente.

Mapa 3.2 – Destino dos Resíduos Sólidos no Brasil, comparação 2000 - 2008



Fonte: Atlas de Saneamento, IBGE (2011).

Mapa 3.3 – Distribuição de Aterros Sanitários e Vazadouros a Céu Aberto no Brasil.



Fonte: Atlas de Saneamento, IBGE (2011).

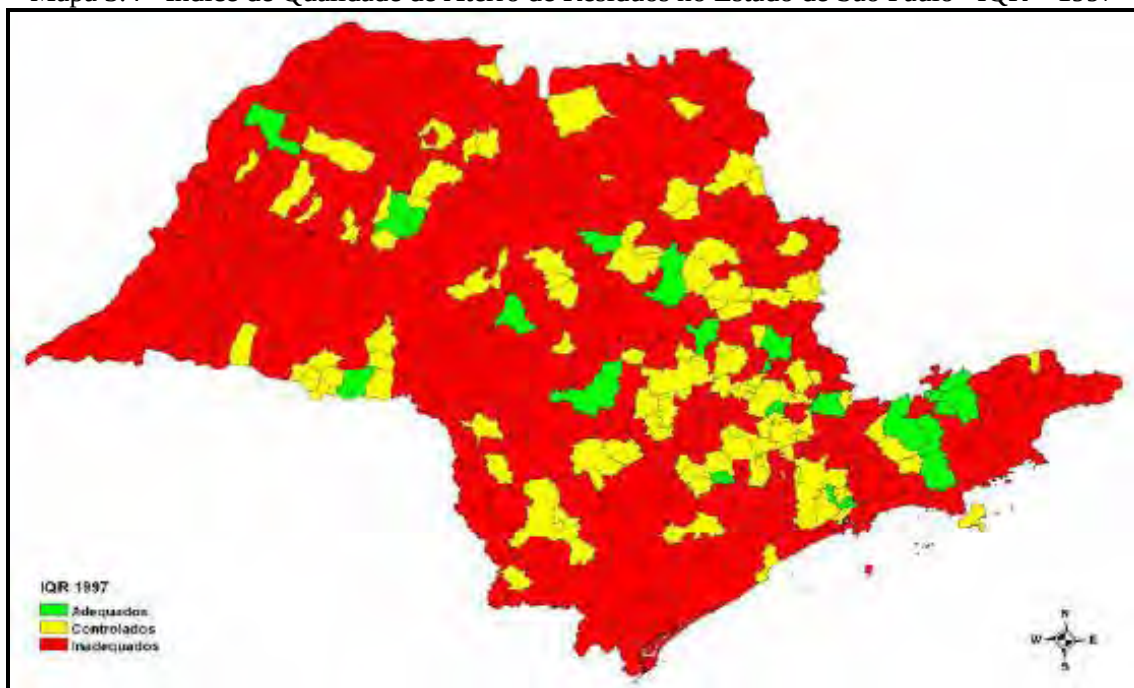
Além de poucos municípios possuírem aterros sanitários, pode-se observar que eles se localizam principalmente na região Sul e Sudeste do Brasil e em alguns pontos localizados próximo ao litoral e de grandes centros populacionais.

Para o Estado de São Paulo, a Companhia Estadual de Tecnologia Ambiental (CETESB), a partir de 1997, passou a organizar e sistematizar as informações e dados sobre a geração e disposição dos resíduos sólidos domiciliares, de modo a compor o Inventário de Resíduos Sólidos Domiciliares. Publicados desde então anualmente, neste inventário os aterros são classificados em “Adequados” quando recebem um Índice que classifica a qualidade de Aterro de Resíduos no Estado de São Paulo, denominado - IQR maior que 8,1, Controlados quando recebem um IQR entre 6,1 e 8,0 e “Inadequados”, quando recebem um IQR menor que 6,0.

Segundo a CETESB (2011), em 1997, somente 27 municípios, correspondente a 4,2% do total dos 645 municípios do Estado de São Paulo, contavam com instalações de disposição final e tratamento de resíduos sólidos enquadradas na condição adequada e 502 municípios, correspondente a 77,8% do Estado contavam com instalações inadequadas (Mapa 3.4). Em 2011, 422 municípios correspondente a 65,4% do Estado, contam com instalações de disposição final e tratamento de resíduos domiciliares enquadradas na condição Adequada e somente 23 municípios (3,6% dos municípios do Estado) encontram-se em condições Inadequadas havendo, entretanto, solução delineada e prazo definido para equacionar seus problemas ambientais (Mapa 3.5).

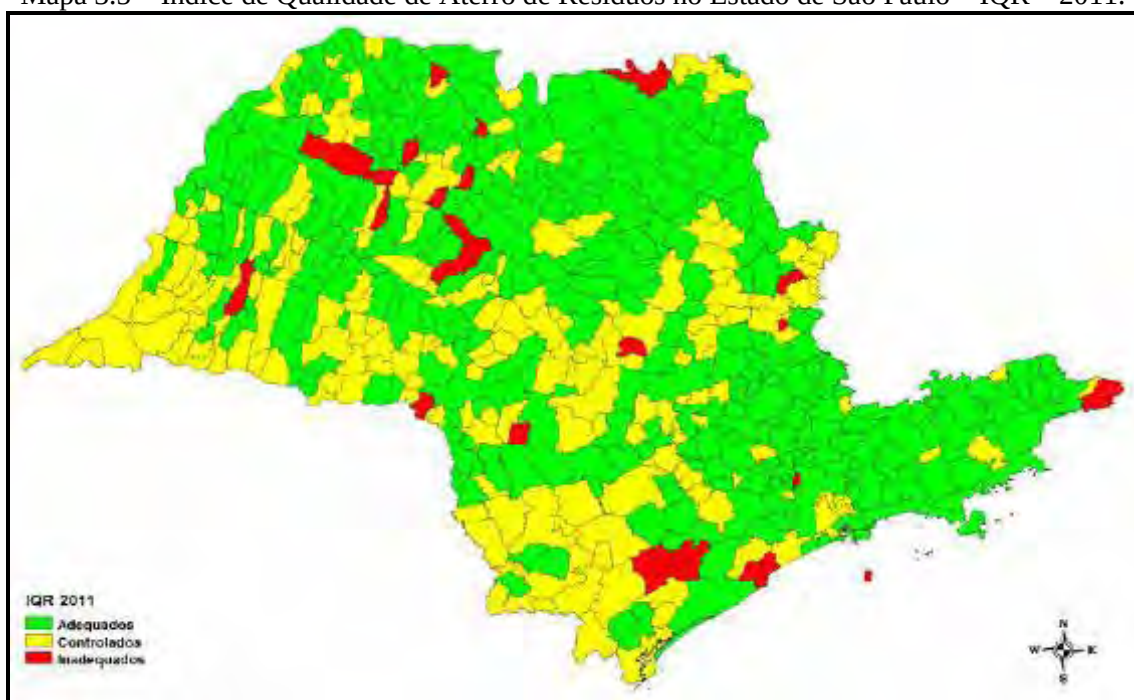


Mapa 3.4 - Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos no Estado de São Paulo –IQR – 1997



Fonte: CETESB (2011).

Mapa 3.5 – Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos no Estado de São Paulo – IQR – 2011.



Fonte: CETESB (2011).

Avaliando estes resultados, é possível perceber que o número dos municípios do Estado de São Paulo que foram classificados como adequados em 2011 é cerca de 15 vezes maior do que em 1997. O Índice utilizado pela CETESB para avaliar os aterros sanitários chama-se Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos – IQR. Avaliar a média

deste ao longo do tempo constitui uma boa maneira de se demonstrar a qualidade dos aterros ao longo do tempo. Segundo a CETESB (2011), o IQR médio de 1997 era de 4,0 e passou em 2011 para 8,3. Já para os 30 municípios com população entre 200 mil e 500 mil habitantes, responsáveis pela geração de 20% da quantidade diária de resíduos do Estado, que é onde Bauru-SP se enquadra, este IQR médio é de 8,8 para o ano de 2011.

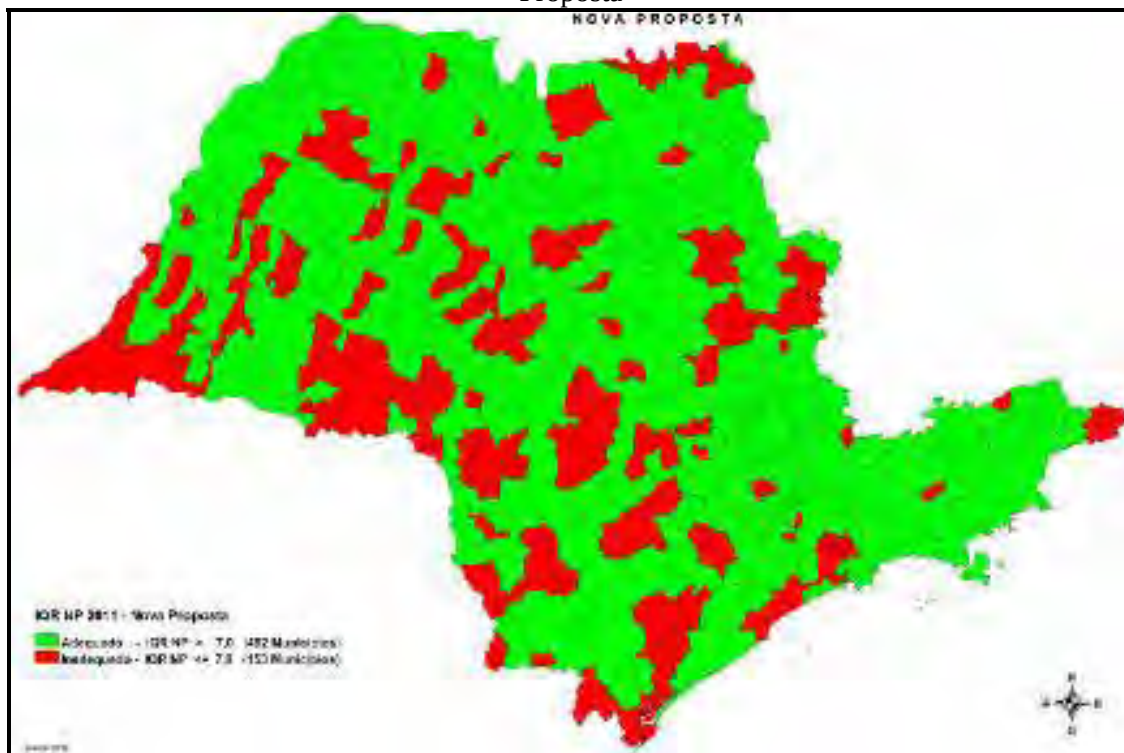
Mais alto do que a média nacional, porém nem todos os municípios tiveram uma melhora em seu IQR e um caso específico em que isto não aconteceu foi o município de Bauru-SP. Para o ano de 1997 era considerado adequado (8,7) e para o ano de 2011 controlado (8,0), sendo que em 2010 recebeu a sua nota mais baixa de 7,0, isto se deve porque em 2010 o aterro chegava ao final da sua vida útil de acordo com o projeto original, e em 2011 ocorreu uma ampliação da área para receber por mais tempo os resíduos sólidos. Isto demonstra o porquê houve uma melhora do ano de 2010 para 2011, porém na série histórica desde 1997, pode-se notar que ocorreu uma diminuição nas notas atribuídas ao aterro pela CETESB, isso pode ser entendido de duas formas, como uma perda na qualidade da disposição final dos resíduos sólidos, ou com uma maior rigidez pelos técnicos da CETESB na avaliação do aterro, considerando a evolução dos conceitos de aterros sanitários no cenário nacional.

Se considerarmos a Nova Proposta de Classificação utilizada pela CETESB (2011), que deve entrar em vigor em 2012, deixa de existir a classe Controlados, e os aterros passam a ser classificados em Adequados quando o Novo Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos no Estado de São Paulo IQR-NP é maior que 7,0 e Inadequados quando o IQR-NP é inferior ou igual a 7,0. Neste cenário, o novo IQR-NP médio para o Estado no ano de 2011 é de 8,0, cerca de 0,3 inferior ao IQR antigo, ou seja, pode-se dizer que os critérios de avaliação se tornaram mais exigentes, introduzindo ao índice questões relacionadas a adequabilidade do monitoramento geotécnico, ocorrência de episódio de queima de resíduo a céu aberto, análise da vida útil do aterro, e a ocorrência de restrições legais ao uso do solo.

Segundo a CETESB (2011), para o ano de 2011, um número de 153 municípios, 23,7 % do total dos 645 municípios do Estado de São Paulo, estão classificados como Inadequados em relação à deposição final de resíduos sólidos domiciliares. Já a grande parte, 492 municípios (76,3%) é classificada como “Adequados”. Comparando este resultado com o da metodologia anterior, pode-se dizer que houve um aumento maior na classe considerada Inadequada de 20,1%, sendo que a classe Adequada aumentou cerca de 10,9%. Para os 30 municípios do porte de Bauru, que estão entre 200 mil a 500 mil

habitantes, o IQR-NP médio foi de 8,5 para o ano de 2011, sendo que o município de Bauru-SP apresenta uma nota bem inferior de 5,9 e fica, portanto, considerado como Inadequado (Mapa 3.6).

Mapa 3.6 – Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos no Estado de São Paulo – IQR – Nova Proposta



Fonte: CETESB (2011).

Vale salientar, que ainda há o problema adicional relacionado com a vida útil dos aterros, estando esta prestes a expirar, já expiradas, ou com sua capacidade esgotada. Entram nestes casos, de acordo com as notícias encontradas na mídia, os aterros dos municípios de Santo André, Sorocaba, Rio de Janeiro, Bauru, dentre vários outros, cada um com suas próprias características.

### 3.2.2 Aterros Sanitários

A definição de aterro sanitário de resíduos sólidos, segundo a ABNT, NBR 8419 / 1992 é a técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos à saúde pública e à sua segurança, minimizando os impactos ambientais, método este que utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos à menor área possível e reduzi-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. Um exemplo dos maiores aterro sanitários no Brasil, é o Aterro Bandeirantes do município de São Paulo, que já esgotou sua capacidade de deposição de resíduos e que hoje funciona como usina termoeletrica, pela combustão dos gases gerados, como o gás carbônico e o metano (Figura 3.3).

Figura 3.3 – Fotografia aérea do Aterro Bandeirantes em SP.



Fonte: LOGA, empresa responsável pela manutenção, monitoramento e destinação do chorume gerado no Aterro Bandeirantes. <http://www.loga.com.br>, acessado em agosto de 2012.

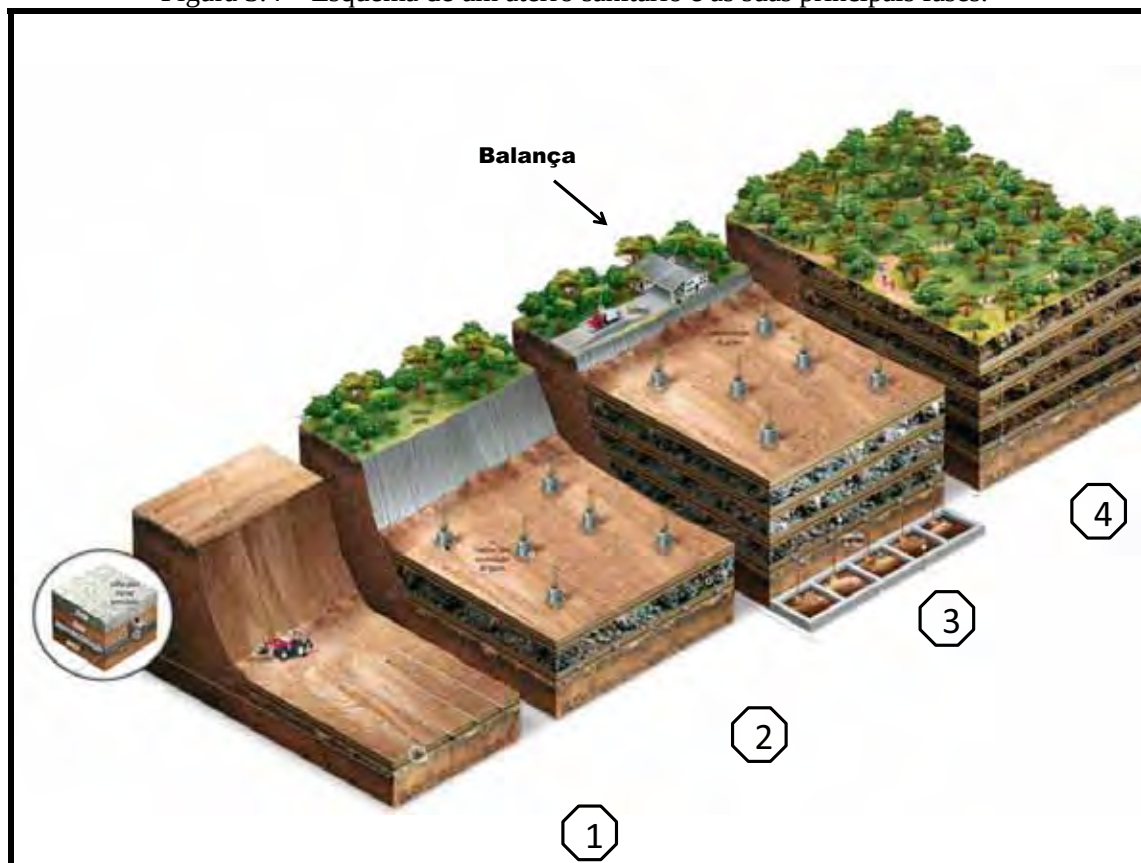
O conceito de *aterros sanitários* é baseado em uma variedade de princípios científicos de engenharia e econômicos, sobre os quais se apóiam todo processo de planejamento, projeção e operação. Deve ser lembrado que conceito e definição de aterro sanitário, muitas vezes não são compatíveis, uma vez que esta classificação, por vezes é estabelecida por órgãos ambientais em vista dos aspectos visuais e operacionais. Com base nestes conceitos adotados, o aterro sanitário pode ser considerado como o método mais econômico e ambientalmente aceitável para a disposição de resíduos sólidos urbanos na maioria dos países do mundo. Mesmo com a implementação de tecnologia de redução dos resíduos, reciclagem e transformação, a disposição de resíduos sólidos urbanos nos aterros sanitários permanece como um componente importante na estratégia de manejo dos resíduos sólidos (HAMADA,2009).

Na Figura 3.4 é possível observar um esquema da construção, operação e monitoramento de um aterro sanitário. Antes do início da construção do aterro sanitário

devem ser realizados os ensaios ambientais e geotécnicos na área de estudo. No passo 1 da figura, pode-se observar que ocorre a escavação da área que servirá para a deposição de resíduos, assim como a construção da base do aterro, onde são utilizados britas e materiais geossintéticos para a devida impermeabilização do fundo, que servirá de base para os canais da drenagem do chorume, vale lembrar que toda esta área que servirá para a deposição de resíduos deve ser cercada e de preferência deve existir um cinturão verde, como visto no passo 2, onde já ocorre o processo de deposição, e devem ser novamente elaboradas células de deposição e drenagem tanto para os líquidos como para o escoamento dos gases.

No passo 3 da Figura 3.4, o aterro já se encontra próximo do final da sua vida útil, é possível observar na imagem uma balança que serve para quantificar as toneladas de resíduos que foram aterradas. Já no passo 4, existe um projeto de encerramento do aterro sanitário, que deve ser feito antes que este comece a ser operado, neste caso o aterro virou um parque municipal. Vale aqui salientar que o uso após o encerramento do aterro fica restrito para a construção de áreas residenciais, sendo que os monitoramentos ambientais devem ser contínuos, desde antes do início da deposição de resíduos até alguns anos após o final de seu encerramento.

Figura 3.4 – Esquema de um aterro sanitário e as suas principais fases.



Fonte: <http://www.autossustentavel.com>, acessado em agosto de 2012.

Segundo Thurgood (1999), no mínimo quatro requisitos básicos são necessários para qualquer lugar que virá a servir para a construção de um aterro sanitário, são eles:

- Isolamento total ou parcial hidrogeológico, caso a área não possa ser localizada em um local onde ocorra naturalmente esta impermeabilização, outros materiais devem ser utilizados para auxiliar o revestimento da base para que não ocorra percolação de chorume para o lençol freático, evitando assim a contaminação do solo e consequentemente das águas subterrâneas. Vale ainda salientar que o chorume deve ser recolhido e posteriormente tratado.
- Devem ser desenvolvidos projeto de investigações geológicas e hidrogeológicas, antes da construção do aterro. Além disso, um plano de gerenciamento de resíduos e um projeto de encerramento do aterro devem ser desenvolvidos.
- Deve ocorrer um controle permanente, exercido por pessoal capacitado durante a operação e, posteriormente, a finalização da deposição de resíduos.
- Os resíduos devem ser depositados em camadas e devidamente compactados, sendo recobertos diariamente por uma camada de solo para evitar que ocorram problemas relacionados a alguns parasitas.

Já segundo Russo (2003), as principais vantagens dos aterros sanitários são as seguintes:

- Grande flexibilidade para receber uma gama muito grande de resíduos;
- Fácil operacionalidade;
- Relativo baixo custo, comparativamente a outras soluções como a incineração;
- Disponibilidade de conhecimento;
- Não conflitante com formas avançadas de valorização dos resíduos;
- Devolução a utilização do espaço imobilizado durante a fase de exploração;

Como visto anteriormente neste capítulo, os aterros sanitários constituem uma forma segura de deposição de resíduos sólidos, devido aos sistemas de impermeabilização, cobertura diária e final, drenagem do chorume, escoamento dos gases, e o posterior tratamento destes. Para isso a área a ser escolhida deve ser a mais apta possível para receber adequadamente este empreendimento.

### **3.2.3 Condições desfavoráveis para a localização da área para a implantação do aterro sanitário.**

No que diz respeito às condições desfavoráveis para a localização de um aterro sanitário, tem-se fatores relacionados às restrições de ordem ambiental e sanitária; econômica e operacional e também social.

#### **3.2.3.1 Restrições Ambiental e Sanitária**

As restrições de ordem ambiental levam em consideração fatores como geologia, pedologia, geomorfologia, clima, hidrografia, e uso e cobertura da terra (Tabela 3.6).

Tabela 3.6 - Critérios Ambientais e Sanitários para a escolha de áreas para a implantação de aterro sanitário

| <b>Critérios</b>                         | <b>Observações</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Características do embasamento geológico | A característica de potencialidade hídrica de uma unidade geológica é inversamente proporcional à potencialidade da área em receber resíduos sólidos para disposição final. É desejável que o embasamento geológico tenha certa impermeabilidade, com o propósito de reduzir as possibilidades de contaminação do aquífero. As rochas mais porosas e permeáveis devem ser evitadas, assim como locais de afloramento de aquíferos e falhas geotectônicas. Os aspectos que se devem levar em consideração são composição, granulação, estruturação, profundidade do lençol freático, porosidade, permeabilidade, transmissividade.                |
| Distância do lençol freático             | As distâncias mínimas recomendadas pelas normas federais e estaduais são as seguintes: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Para aterros com impermeabilização inferior, realizados por meio de manta plástica sintética, a distância do lençol freático à manta não poderá ser inferior a 1,5 metros.</li> <li>• Para aterros com impermeabilização inferior, realizados por meio de camada de argila, a distância do lençol freático à camada impermeabilizante não poderá ser inferior a 2,5 metros e a camada impermeabilizante deverá ter um coeficiente de permeabilidade menor que <math>10^{-6} \text{ cm.s}^{-1}</math>.</li> </ul> |
| Relevo<br>Declividade do Terreno         | Os aspectos que se devem levar em consideração são a morfologia, posição, inclinação/declividade, exposição, movimento de massa e erosão. Segundo a NBR 13.896 (ABNT, 1997), locais para a construção de aterros sanitários não podem ser muito íngremes e também não podem ser muito planos, devem ser priorizados locais entre 1 e 30 % de inclinação, de acordo com a norma técnica.                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Características do Solo                  | É desejável que o solo do terreno selecionado tenha certa impermeabilidade natural, com o propósito de reduzir as possibilidades de contaminação da área. Os aspectos dos solos que se deve levar em consideração são composição, granulação, estruturação, textura e porosidade.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Proximidade de cursos d'água             | As áreas não devem se situar próximas de corpos d'água relevantes, tais como, rios, lagos e lagoas.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Proximidade de poços de água subterrânea | As áreas não devem se situar próximas de poços de extração de água subterrânea.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Ambientais – Unidades de Conservação     | As áreas não podem se situar em áreas de interesse ambiental ou dentro de unidades de conservação que não permitam nenhum tipo de deposição de resíduos sólidos.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

Tabela 3.6 – Continuação.

|                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Uso e Cobertura da Terra      | As áreas têm que se localizar numa região onde o uso da terra seja de preferência rural, já que não se devem instalar aterros sanitários nas áreas urbanas, devendo ser preservado o máximo de áreas com cobertura de vegetação nativa.                                                                                                                                                                                |
| Clima Precipitação            | Alguns elementos que se devem levar em consideração no caso da precipitação são sua distribuição, deve ser dada preferência para áreas que possuem uma precipitação menor, visto que grandes volumes de chuva podem dificultar a disposição dos resíduos e o manuseio das máquinas de compactação, além de produzir maior quantidade de chorume.                                                                       |
| Clima Temperatura             | Alguns elementos que se devem levar em consideração no caso da temperatura são a latitude, altitude, exposição, espessura da cobertura de solo, nebulosidade, umidade atmosférica, poluição atmosférica. Estes elementos estão relacionados principalmente com a velocidade da decomposição da matéria orgânica.                                                                                                       |
| Clima- Ventos                 | Alguns elementos que se devem levar em consideração são a exposição aos ventos, latitude, altitude, relevo, continentalidade, direção, duração e frequência. Deve-se tomar cuidado com o local que se vai instalar o aterro sanitário, porque devido à direção e velocidade dos ventos, pode ser que os odores exalados pelos dejetos em decomposição sejam projetados na área urbana, causando mal estar a população. |
| Extensão da bacia de drenagem | De acordo com a NBR 8419 de 1992, deve ser considerado como fator de critério de seleção de áreas a bacia e sub-bacia hidrográfica onde o aterro sanitário se localizará. A bacia de drenagem das águas pluviais deve ser pequena, de modo a evitar o ingresso de grandes volumes de água de chuva na área do aterro.                                                                                                  |

Fonte: Adaptado de Boin (2000), Monteiro et al (2001), Nunes (2002).

Qualquer área de preservação e interesse ambiental que seja afetada direta ou indiretamente pelo aterro sanitário deverá estar excluída das áreas aptas para a localização do empreendimento. Além, destas restrições ambientais citadas, pode-se citar as restrições de ordem sanitária relacionadas com a saúde humana, como:

- Proximidade da área urbana;
- Comprometimento da segurança do tráfego nas estradas de acesso;
- Dispersão de resíduos ao longo do trajeto;
- Presença de odor, fumaça ou fogo;
- Vetores e transmissores de doenças.

### 3.2.3.2 Restrições Econômica e Operacional

As restrições de ordem econômica e operacional levam em consideração fatores como a distância da área urbana, presença e qualidade das vias de acesso, custo com infraestrutura, custo com a aquisição do terreno, proximidade com estações de tratamento de esgoto, disponibilidade do material de cobertura dos resíduos, distância de aeroportos e a quantidade de resíduos bem como a qualidade destes, e a área total do aterro sanitário (Tabela 3.7).

Tabela 3.7 - Critérios Econômico-Financeiro e/ou Operacionais para a escolha de áreas para a implantação de aterro sanitário

| <b>Critérios</b>                                     | <b>Observações</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Distância da área urbana ao aterro                   | É desejável que o percurso de ida (ou de volta) que os veículos de coleta fazem até o aterro, através das ruas e estradas existentes, seja o menor possível, com vistas a reduzir o seu desgaste e o custo de transporte dos resíduos.                                                                                                                                                     |
| Vias de acesso                                       | Devem ser priorizadas áreas que já possuem vias de acesso, de preferência pavimentadas e se localizem o mais próximo destas. Além disso, as condições destas vias, mesmo em situações críticas, como períodos de fortes chuvas devem ser adequadas.                                                                                                                                        |
| Facilidade de acesso a veículos pesados              | O acesso ao terreno deve ter boa qualidade de tráfego, sem rampas íngremes e sem curvas acentuadas, de forma a minimizar o desgaste dos veículos coletores e permitir seu livre acesso ao local de vazamento mesmo na época de chuvas muito intensas.                                                                                                                                      |
| Custo de aquisição do terreno                        | Deve-se dar preferência a áreas que sejam públicas, já que não seria necessária a aquisição do terreno, porém caso seja necessário comprar uma área, deve-se dar preferência a terrenos de pouco valor comercial.                                                                                                                                                                          |
| Custo de investimento em construção e infraestrutura | É importante que a área escolhida disponha de infra-estruturas, reduzindo os gastos de investimento em abastecimento de água, coleta e tratamento de esgotos, drenagem de águas pluviais, distribuição de energia elétrica e telefonia, porém, como é muito difícil encontrar áreas rurais com todas estas infra-estruturas deve dar prioridades aquelas que possuam o maior número delas. |

Tabela 3.7 – Continuação.

|                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Custos com a manutenção do sistema de drenagem                     | A área escolhida deve ter um relevo não muito acidentado de acordo com a norma técnica NBR 13.896 (ABNT, 1997), de modo a minimizar a erosão do solo e reduzir os gastos com a limpeza e manutenção dos componentes do sistema de drenagem.                                                                                                                                                                              |
| Quantidade e qualidade de resíduos gerados                         | Taxa de geração por habitante, renda <i>per capita</i> diferenciada por classe social, hábitos da população, tipos de recicláveis (orgânicos e inorgânicos), além disso deve ser levado em consideração qual o tipo de classe de resíduos que será aterrado, de acordo com a legislação.                                                                                                                                 |
| Área disponível para a construção da lagoa de Lixiviados (chorume) | Deve ser levada em consideração uma área adjacente ao aterro que deve servir como lagoa para armazenamento do chorume, o qual deve ser classificado segundo sua composição física e química.                                                                                                                                                                                                                             |
| Proximidade com uma Estação de Tratamento de Esgotos               | Geralmente o chorume produzido pelo aterro são armazenados em lagoas adjacentes a área de deposição de resíduos e posteriormente levados em caminhões pipa, para estações de tratamento de esgotos, estas portanto, devem estar o mais próximo possível do aterro, já que os custos com o transporte é um dos fatores a serem calculados, principalmente em época de chuvas na qual a produção do chorume aumenta muito. |
| Área do Aterro<br>Vida útil mínima                                 | É desejável que as novas áreas de aterro sanitário sejam calculadas para receber além dos resíduos sólidos, para um período de no mínimo quinze anos, áreas adjacentes para o bom funcionamento do aterro.                                                                                                                                                                                                               |
| Disponibilidade de material de cobertura                           | Preferencialmente, o terreno deve possuir ou se situar próximo a jazidas de material de cobertura, de modo a assegurar a permanente cobertura do lixo a baixo custo.                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Proximidade a aeroportos                                           | As áreas não podem se situar próximas a aeroportos ou aeródromos, visto que locais de deposição de resíduos sólidos geralmente atraem aves que podem vir a causar acidentes aéreos.                                                                                                                                                                                                                                      |

Fonte: Adaptado de Boin (2000), Monteiro et al (2001), Nunes (2002).

Além das restrições sociais e operacionais citadas, outros diversos fatores em relação à sociedade devem ser levados em consideração na escolha de uma área para a implantação de um aterro sanitário.



### 3.2.3.3 Restrição Social

As restrições de ordem social levam em consideração fatores como a distância de áreas residenciais, distância de núcleos urbanos de baixa renda, acesso à área através de vias com baixa densidade de ocupação, inexistência de problemas com a comunidade local, controle de doenças e maus odores (Tabela 3.8).

Tabela 3.8 - Critérios Sociais para a escolha de áreas para a implantação de aterro sanitário

| <b>Critérios</b>                                              | <b>Observações</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|---------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Proximidade a núcleos residenciais urbanos                    | Em geral, áreas de deposição de resíduos não devem se situar próximas a zonas residenciais.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Distância de núcleos urbanos de baixa renda                   | Locais de deposição de resíduos geralmente atraem pessoas desempregadas, de baixa renda ou sem outra qualificação profissional, que buscam a catação dos resíduos como forma de sobrevivência e que passam a viver desse tipo de trabalho em condições insalubres, gerando, para a prefeitura, uma série de responsabilidades sociais e políticas. Por isso, caso a nova área se localize próxima a núcleos urbanos de baixa renda, deverão ser criados mecanismos alternativos de geração de emprego e/ou renda que minimizem as pressões sobre a administração do aterro em busca da oportunidade de catação. Entre tais mecanismos poderão estar iniciativas de incentivo à formação de cooperativas de catadores, que podem trabalhar em instalações de reciclagem dentro do próprio aterro ou mesmo nas ruas da cidade, de forma organizada, fiscalizada e incentivada pela prefeitura. |
| Acesso à área através de vias com baixa densidade de ocupação | O tráfego de veículos transportando resíduos sólidos é um transtorno para os moradores das ruas por onde estes veículos passam, sendo desejável que o acesso à área do aterro passe por locais de baixa densidade demográfica.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Inexistência de problemas com a comunidade local              | É desejável que, nas proximidades da área selecionada, não tenha havido nenhum tipo de problema da prefeitura com a comunidade local, com organizações não governamentais (ONG's) e com a mídia, pois esta indisposição com o poder público irá gerar reações negativas à instalação do aterro.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Controle de Doenças                                           | Deve-se tomar cuidado com a proliferação de micro e macrovetores transmissores de doenças, como insetos e roedores, para isto é necessário que ocorra primeiramente o cobrimento dos resíduos após cada jornada de trabalho e em seguida um controle ambiental destes insetos ou animais.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Mal odor                                                      | Geralmente no processo de decomposição da matéria orgânica exala-se maus odores, alguns fatores que acabam influenciando isto são a composição física e química dos resíduos, umidade, temperatura, precipitação, evapotranspiração, drenagem de percolados, granulometria e estruturação das rochas, grau de compactação.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

Fonte: Adaptado de Boin (2000), Monteiro et al (2001), Nunes (2002).

### 3.3 Geoprocessamento

As informações geográficas no passado eram escassas, publicadas e distribuídas em mapas e documentos em papel impresso. Com o desenvolvimento da computação na segunda metade do século XX, isto começou a mudar, dados e representações que antes eram impressas passaram para o ambiente digital, o que acabou disseminando a prática do geoprocessamento.

O termo Geoprocessamento pode ser separado em Geo (terra – superfície – espaço) e Processamento (de informações – informática). Desta forma, pode ser definido como ramo da ciência que estuda o processamento de informações georreferenciadas utilizando aplicativos (normalmente SIGs), equipamentos (computadores e periféricos), dados de diversas fontes e profissionais especializados. Este conjunto deve permitir a manipulação, avaliação e geração de produtos (geralmente cartográficos), relacionados principalmente à localização de informações sobre a superfície da terra (PIROLI, 2010).

A coleta de informações sobre a distribuição geográfica de recursos minerais, propriedades, animais e plantas sempre foi uma parte importante das atividades das sociedades organizadas. Até recentemente, no entanto, isto era feito apenas em documentos e mapas em papel; isto impedia uma análise que combinasse diversos mapas e dados. Com o desenvolvimento simultâneo, na segunda metade deste século, da tecnologia de Informática, tornou-se possível armazenar e representar tais informações em ambiente computacional, abrindo espaço para o aparecimento do Geoprocessamento (CÂMARA; DAVIS, 2004).

De acordo com Piroli (2010), os principais componentes do geoprocessamento são:

**1) Informática:** Foi com a evolução da informática que ocorreu o desenvolvimento das geotecnologias e permitiu o trabalho com grandes volumes de dados nos ambientes computacionais, necessários nos projetos desenvolvidos em geoprocessamento. Além disso, a informática está dividida em dois tópicos:

**1.1) Hardware:** que corresponde ao computador e aos periféricos utilizados;

**1.2) Software:** que são os aplicativos que fornecem as rotinas e módulos necessários para adquirir, armazenar, visualizar e plotar as informações geográficas;

**2) Sistemas de Informações Geográficas (SIG):** são sistemas de informações destinados a trabalhar com dados referenciados a coordenadas espaciais. São normalmente constituídos por programas e processos de análise, que têm como característica principal relacionar uma informação de interesse com sua localização espacial. Estes aplicativos permitem a manipulação de dados geograficamente referenciados e seus respectivos atributos e a integração desses dados em diversas operações de análise geográfica.

Os SIGs normalmente têm três aplicações fundamentais na área geográfica:

**2.1)** Podem ser usados como ferramenta para **produção de mapas**, e para geração e visualização de dados espaciais;

**2.2)** Podem ser usados como suporte para **análise espacial de fenômenos** e para a combinação de informações espaciais, e;

**2.3)** Podem ser usados como **bancos de dados** geográficos, que tem funções de armazenamento e integração de informações espaciais.

**3) Sensoriamento Remoto:** De acordo com Jensen (2009), sensoriamento remoto é a arte e a ciência de se obter informação sobre um objeto sem estar diretamente em contato físico com ele, além disso, o SR pode ser usado para medir e monitorar importantes características biofísicas e atividades humanas na Terra.

Pode ser dividido em:

**3.1) Orbital** – quando as informações são coletadas por sensores localizados em órbitas ao redor do planeta, coletando informações da superfície a determinados intervalos de tempo e de espaço. Os exemplos mais comuns são as imagens de satélite.

**3.2) Sub-orbital** – quando é realizado por equipamentos aerotransportados não localizados em órbitas. Entre estes, destacam-se os sensores aerotransportados que utilizam, para seu deslocamento, aviões, balões

ou veículos aéreos não tripulados (principalmente aeromodelos). Os produtos mais comuns do sensoriamento remoto sub-orbital são as fotografias aéreas.

Devido a sua importância para o geoprocessamento, os tópicos 2 e 3 voltarão a ser discutidos no capítulo seguinte desta dissertação.

**4) Sistema de Posicionamento Global (GPS):** O sistema GPS é constituído de uma constelação de pelo menos 24 satélites que orbitam a terra a 20.200 km de altitude, cada um passando sobre o mesmo ponto da superfície terrestre duas vezes por dia. Estes satélites emitem sinais de rádio que são captados pelo aparelho de GPS, que em função da localização dos satélites calcula e informa a coordenada de qualquer ponto da superfície da terra. Os aparelhos GPS permitiram grandes avanços relativos às formas de mapeamento da superfície da terra, uma vez que oferecem a possibilidade de automatização da coleta de informações, o que melhora e acelera os processos de análises de áreas.

**5) Cartografia Digital:** Os mapas e cartas topográficas, quando transformados em imagens, fornecem informações preciosas para o geoprocessamento. Normalmente são usados como fonte de dados para o mesmo e se beneficiam das informações geradas por este. Muitos mapas estão disponíveis no formato analógico (em papel). Mas podem ser convertidos para o formato digital através de *scanners*.

**6) Topografia e Levantamentos em Campo:** Embora a tecnologia esteja bastante evoluída e as fontes de dados hoje disponíveis sejam diversas, a complementação e a confirmação das informações no campo ainda são parte fundamental da maioria dos projetos de geoprocessamento. Além disso, as escalas dos materiais disponibilizados muitas vezes não permitem o detalhamento exigido para determinados fins.

A topografia permite o levantamento de informações com a qualidade requerida, principalmente em pequenas áreas. No caso de áreas urbanas, por exemplo, são os levantamentos topográficos que fornecem as bases de dados para os projetos de mapeamento.

Embora hoje existam imagens de satélite de alta resolução, o custo das mesmas e as dificuldades na sua obtenção muitas vezes fazem com que a utilização das técnicas de topografia seja a solução para levantamentos de informações localmente.

**7) Processamento Digital de Imagens:** Este pode ser definido como sendo as transformações e adaptações realizadas para modificar uma imagem, com a finalidade de ajustá-la à necessidade de um determinado trabalho. Os processamentos mais comuns usados em geoprocessamento são as composições de bandas de imagens de satélite, correções atmosféricas, aplicações de filtros e de contrastes, elaboração de fusões de imagens, transformações e restituições, classificações de imagens, reclassificações, entre outros. Dominar estas técnicas e saber em que casos aplicá-las é um dos fatores mais importantes no trabalho com geoprocessamento.

**8) Profissional Capacitado:** Todo o conjunto de ferramentas e tecnologias apresentado anteriormente de nada adiantam se não houver o profissional especializado, com capacidade para aplicar os recursos tecnológicos disponíveis, integrar o uso das diferentes metodologias e interpretar os resultados do trabalho desenvolvido (Figura 3.5).

Figura 3.5- Principais atividades envolvidas no Geoprocessamento.



Fonte: Elaborado por Nascimento (2011) adaptado de Piroli (2010).

Após esta descrição, pode-se afirmar que o objetivo do Geoprocessamento é utilizar o conjunto ou parte dos segmentos apresentados, fornecendo ferramentas para que os diferentes usuários determinem as características e a evolução espacial e temporal de um fenômeno geográfico. Adicionalmente, o geoprocessamento visa permitir a análise das inter-relações entre diferentes fenômenos de interesse (PIROLI, 2010).

Pode-se dizer também, que a ferramenta de maior destaque dentro do geoprocessamento é o SIG (Sistema de Informação Geográfica). Provavelmente por essa razão muitas vezes os termos são utilizados como sinônimos, sendo que, na verdade, o segundo está contido no primeiro. O SIG é protagonista, pois tem a capacidade de armazenar e processar dados provenientes de diferentes fontes e combiná-los para gerar informações relevantes seja por meio de relatórios, gráficos ou cartografia temática. O SIG é essencial para a caracterização e análise dos fenômenos ocorrentes no espaço geográfico.

Particularmente, atividades complexas, como o planejamento e a tomada de decisão, foram favorecidas pela possibilidade de processamento simultâneo de grandes quantidades de dados georreferenciados. A seleção de áreas para disposição final de resíduos sólidos é exemplo de atividade em que, com o emprego do geoprocessamento, se observa contundente melhora na qualidade dos resultados e facilidades em toda a operação (GOMES et al, 2001).

### **3.4 Sistemas de Informações Geográficas - SIG**

#### **3.4.1 Introdução e breve histórico do que é o SIG**

Como já mencionado anteriormente os SIG são softwares destinados a trabalhar com dados referenciados a coordenadas espaciais e sua principal característica é a capacidade de efetuar análise de informações geográficas e representar espacialmente os resultados. Para entender como ocorreu a evolução dos SIGs, é necessário saber um pouco de sua história desde o seu surgimento até os dias de hoje.

As primeiras tentativas de automatizar parte do processamento de dados com características espaciais aconteceram na Inglaterra e nos Estados Unidos, nos anos

1950, com o objetivo principal de reduzir os custos de produção e manutenção de mapas. Dada à precariedade da informática na época e a especificidade das aplicações desenvolvidas (pesquisa em botânica, na Inglaterra, e estudos de volume de tráfego, nos Estados Unidos), estes sistemas ainda não podem ser classificados como “sistemas de informação” (CÂMARA, DAVIS, 2004).

Em 1960 foi criado na Universidade de Washington o primeiro centro de pesquisas e desenvolvimento de SIG. Em 1964 foi desenvolvido com o apoio do GBF/DIME, o primeiro SIG para o inventário das terras do Canadá, o *Canadian GIS*. No ano de 1967 o censo nos EUA foi realizado com o apoio do GBF/DIME. Nesta época era extremamente necessário auxílio governamental, já que os custos e preços para se criar e manter atualizado o programa e as informações eram muito onerosos, além dos computadores serem caros e técnicos altamente especializados eram necessários, o que aumentava os custos (PIROLI, 2010).

Ao longo dos anos de 1970 foram desenvolvidos novos e mais acessíveis recursos de hardware, tornando viável o desenvolvimento de sistemas comerciais. Foi então que a expressão *Geographic Information System* (GIS) foi criada. Foi também nesta época que começaram a surgir os primeiros sistemas comerciais de CAD (*Computer Aided Design*, ou projeto assistido por computador), que melhoraram as condições para a produção de desenhos e plantas para engenharia, e serviram de base para os primeiros sistemas de cartografia automatizada. Também na década de 1970 foram desenvolvidos alguns fundamentos matemáticos voltados para a cartografia, incluindo questões de geometria computacional. No entanto, devido aos custos e ao fato destes proto-sistemas ainda utilizarem exclusivamente computadores de grande porte, apenas grandes organizações tinham acesso à tecnologia (CÂMARA, DAVIS 2004).

Na década de 1980 teve o início da microinformática e dos computadores pessoais, o que culminou no crescimento, popularização e comercialização dos SIGs. Em 1982 a *Environmental Systems Research Institute* – ESRI lança um dos mais difundidos SIG até hoje o Arc/Info, e em 1987 a universidade de Clark, no estado do Massachusetts lançava o Idrisi, outro programa bastante utilizado em SIG, principalmente para processamento digital de imagem.

Desta época para os dias atuais os custos com *hardware* e *software* reduziram bastante, além do aumento e especialização das funções de análises espaciais do SIG o

que proporcionou um grande crescimento da utilização deste por empresas e particulares.

Ainda na década de 1980, houve a introdução do SIG no Brasil pelo professor Jorge Xavier da Silva, que no grupo do Laboratório de Geoprocessamento do Departamento de Geografia da UFRJ, desenvolveu o Sistema de Análise Geo-Ambiental – SAGA. Já no ano de 1984, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – (INPE) estabeleceu um grupo de geoprocessamento e sensoriamento remoto (Divisão de Processamento de Imagens – DPI), o qual criou o Sistema de Tratamento de Imagens – (SITIM) e o Sistema de Informações Geográficas – (SGI), ambos para ambiente DOS. No ano de 1991 criou o Sistema para Processamento de Informações Geográficas – (SPRING) para ambiente Windows.

Atualmente existem diversos SIGs disponíveis para utilização, inclusive alguns de distribuição gratuita como o SPRING do INPE e o gvSIG que teve sua origem em Valencia na Espanha em 2004, financiado pela União Européia. Pode-se dizer que todos os SIGs têm evoluído em relação à qualidade, interface com usuário e produtos gerados. Além disso, pode-se comentar também que existem alguns produtos híbridos que se tornaram muito comuns e são atualmente muito utilizados pelo usuário de internet, que são o *Google Earth* e sua interface no *Google Maps*.

### 3.4.2 Definições de SIG

Existem diversas definições para SIG, muitas delas são claramente forçadas pelos mercados para tornar seus produtos mais interessantes. Além disso, existem várias formas de aplicações para tais sistemas, já que cada grupo de usuário pode ter uma visão diferente. Por este motivo relacionam-se aqui as definições mais interdisciplinares e de épocas diferentes, tentando assim demonstrar as várias faces dos SIG.

- Um caso especial de sistema de informação, em que o banco de dados é formado por características, atividades ou eventos distribuídos espacialmente (DUEKER, 1979);

- Um poderoso conjunto de ferramentas para coleta, armazenagem, recuperação e exibição de dados do mundo real para determinados propósitos (BURROUGH, 1986);



- Um sistema de apoio à decisão que envolve a integração de dados espacialmente referenciados, em um ambiente para resolução de problemas (COWEN, 1988);
- Uma tecnologia de informação que armazena, analisa e exibe dados espaciais ou não, SIG é de fato uma tecnologia e necessariamente não é limitada a um simples e bem definido sistema de computador (PARKER, 1988);
- Qualquer conjunto de procedimentos manuais ou baseados em computador destinados a armazenar e manipular dados referenciados geograficamente (ARONOFF, 1989);
- Uma entidade institucional, refletindo uma estrutura organizacional que integra tecnologia com um banco de dados, expertise e continuado apoio financeiro (CARTER, 1994);
- Um sistema de informações baseado em computador que permite a captura, modelagem, manipulação, recuperação, análise e apresentação de dados georreferenciados (WORBOYS, 1995).

Um sistema de informação geográfica, segundo Teixeira, Moretti e Christofolletti (1992), utiliza uma base de dados computadorizada que contém informação espacial, sobre a qual atuam uma série de operadores espaciais. Estes sistemas são constituídos por uma série de programas e processos de análise, cuja característica principal é focalizar o relacionamento de determinado fenômeno da realidade com sua localização espacial.

O termo Sistemas de Informação Geográfica (SIG) é aplicado para sistemas que realizam o tratamento computacional de dados geográficos e recuperam informações não apenas com base em suas características alfanuméricas, mas também através de sua localização espacial; oferecem ao administrador (urbanista, planejador, engenheiro) uma visão inédita de seu ambiente de trabalho, em que todas as informações disponíveis sobre um determinado assunto estão ao seu alcance, interrelacionadas com base no que lhes é fundamentalmente comum – a localização geográfica. Para que isto seja possível, a geometria e os atributos dos dados num SIG devem estar georreferenciados, isto é, localizados na superfície terrestre e representados numa projeção cartográfica (CÂMARA; MEDEIROS, 2003).

Em geral o SIG é um sistema com capacidade para aquisição, armazenamento, tratamento, integração, processamento, recuperação, transformação, manipulação,

modelagem, atualização, análise e exibição de informações digitais georreferenciadas, topologicamente estruturadas, associadas ou não a um banco de dados alfanumérico (ROCHA, 2000).

Portanto, de forma resumida, SIG é um sistema constituído por um conjunto de programas computacionais, o qual integra dados, equipamentos e pessoas com o objetivo de coletar, armazenar, recuperar, manipular, visualizar e analisar dados espacialmente referenciados a um sistema de coordenadas conhecido (FITZ, 2008).

### **3.4.3 Aplicações do SIG**

Preferencialmente os SIG devem ter capacidade de dar suporte nas seguintes ocasiões (CÂMARA, DAVIS, 2004; FITZ, 2008; ROCHA, 2000):

- Quando a localização espacial de algum dado é necessária, por exemplo: uma árvore em um terreno qualquer, ou um córrego em uma bacia hidrográfica;
- Quando queremos associar atributos a alguma informação espacial, por exemplo: qual a espécie da árvore no terreno, ou quais os nomes e respectivas vazões dos rios e córregos de uma bacia hidrográfica;
- Nos cálculos de distâncias, por exemplo: qual é o comprimento de algum rio ou rodovia;
- Nos cálculo de áreas, por exemplo: qual a área da reserva legal de uma propriedade, ou qual a área de determinada bacia hidrográfica;
- Para determinar trajetos de menor custo, resistência ou distancia, por exemplo: qual o melhor percurso economicamente para o trajeto do(os) caminhões de coleta de lixo dentro de um município ou bairro;
- Nos cruzamentos de dados espaciais, por exemplo: na procura de uma área mais adequada para o plantio de determinada cultura agrícola;
- Quando se quer caracterizar a importância entre as localizações espaciais, por exemplo: qual seria a melhor área para a implantação de um aterro sanitário dentro de um limite municipal;
- Na quantificação de eventos associados a uma localização espacial, por exemplo: os deslizamentos de terra numa serra em determinado período;

- Nas análises estatísticas, como por exemplo: associar a precipitação com o tempo de retorno para determinada região e relacionar isto com a probabilidade de enchentes ou de deslizamento de encostas;
- Na simulação de mudanças entre diferentes períodos em determinadas condições, como por exemplo: quais os animais que estão presentes em determinada região numa determinada época do ano;
- Na identificação de informações posicionadas espacialmente, como por exemplo: espacializar as ocorrências de crimes em determinadas regiões para aumentar o policiamento;
- Para criar ou estabelecer zonas de interesse, como exemplo: do ponto de vista ambiental, procurar áreas dentro de uma região para se criar um corredor ecológico para poder manter a sobrevivência e manutenção de espécies nativas; do ponto de vista econômico, estabelecer uma área para abrir um comércio, por exemplo, “padaria” em um determinado bairro; e do ponto de vista social, realizar estudos para estabelecer onde se deve construir uma escola ou hospital dentro de um município;

Além destas ocasiões citadas, os SIGs, em geral, precisam trabalhar com processamento digital de imagens e como banco de dados. Como foi visto anteriormente com alguns exemplos, os SIGs podem servir para diversas aplicações que envolvam a análise espacial, sejam elas relacionadas às questões ambientais, econômicas ou até mesmo sociais, entre elas destaca-se:

- Elaboração de mapas de vulnerabilidade ou riscos potenciais;
- Cadastro urbano e rural;
- Gerenciamento de serviços de utilidade particular ou pública;
- Modelagem de processos;
- Gestão e ordenamento territorial;
- Elaboração de planos diretores ou de manejo;
- Monitoramento ambiental;

Pode-se dizer, de forma genérica, “Se **onde** é importante para seu negócio, então Geoprocessamento é sua ferramenta de trabalho”. Sempre que o **onde** aparece, dentre as

questões e problemas que precisam ser resolvidos por um sistema informatizado, haverá uma oportunidade para considerar a adoção de um SIG (CÂMARA; DAVIS, 2004, grifo nosso).

Devido a todos estes exemplos citados é que o SIG se torna uma importante ferramenta, pois pode integrar informações e metodologias de diferentes áreas do conhecimento como geologia, geografia, biologia, ecologia, agronomia e engenharia. No caso deste trabalho para implementar uma metodologia para localização de áreas aptas à implantação de aterro sanitário.

### **3.4.4 Banco de Dados**

Para que o SIG cumpra sua funcionalidade é necessário uma ou algumas fontes de banco de dados. A aquisição de dados depende do projeto que vai ser realizado e dos parâmetros, indicadores e variáveis que serão utilizadas.

Para a aquisição destas fontes de dados, devem se levar em conta alguns aspectos dos projetos, tais como:

- Detalhamento (escala);
- Possibilidade de padronização;
- Abrangência espacial (área de estudo);
- Confiabilidade dos dados;
- Custos de aquisição ou atualização;

Primeiramente, sugere-se a busca de dados em órgãos já conhecidos como órgãos governamentais federais e/ou estaduais, Secretarias, Prefeituras, Concessionárias e outros. Caso não se encontre todos os dados necessários, deve-se aplicar um esforço na sua geração, o que demandará custos, prazos e tempo necessário para sua formação.

O levantamento de dados a campo normalmente oferece grande detalhamento e segurança nas informações coletadas, desde que este seja feito seguindo os procedimentos adequados. Exigem deslocamentos e uso de equipamentos apropriados em função do fenômeno pesquisado e do tipo de informação necessária (PIROLI 2010).

Como exemplos de informações normalmente levantadas em trabalhos de campo, podemos citar:

- Coletas de amostras (solo, água, vegetação);
- Coletas de coordenadas para pontos de controle;
- Medidas (distâncias, áreas, perímetros, ângulos);
- Realização de entrevistas (sociais, econômicas);
- Confirmação de padrões previamente identificados em fotos aéreas, imagens de satélites ou entrevistas.

Os dados utilizados em SIG são divididos em dois grandes grupos:

- ✓ Dados geográficos (gráficos) ou espaciais, que descrevem as características geográficas da superfície;
- ✓ Dados alfanuméricos ou descritivos, que descrevem atributos e as características;

Os bancos de dados geográficos se distinguem dos convencionais, principalmente por duas razões. A primeira porque a natureza dos dados armazenados se relaciona com a localização das entidades, além dos dados alfanuméricos; segundo, porque existe uma grande diferença nas operações e análises que podem ser realizadas. Alguns exemplos dos processos de análise espacial típicos de um SIG estão apresentados na (Tabela 3.9).

Tabela 3.9 - Exemplos de Análise espacial típico de um SIG

| <b>Análise</b> | <b>Pergunta Geral</b>   | <b>Exemplo</b>                                        |
|----------------|-------------------------|-------------------------------------------------------|
| Condição       | “O que esta...”         | “Qual a população desta cidade?”                      |
| Localização    | “Onde está....?”        | “Quais as áreas com declividades acima de 20% ?”      |
| Tendência      | “O que mudou....?”      | “Esta terra era produtiva há 5 anos atrás ?”          |
| Roteamento     | “Por onde ir...?”       | “Qual o melhor caminho para o metrô ?”                |
| Padrões        | “Qual o padrão...?”     | “Qual a distribuição da dengue em Fortaleza?”         |
| Modelos        | “O que acontece se...?” | “Qual o impacto no clima se desmatarmos a Amazônia ?” |

Fonte: INPE adaptada de Maguire, 1991

Existem alguns tipos de modelos de dados, que são conjunto de ferramentas conceituais utilizadas para descrever como a realidade geográfica será representada no sistema, ou seja, no computador (CÂMARA, 2003).

Segundo Piroli (2010), estas estruturas de representação de dados espaciais, podem ser divididas em dois grupos:

- Geométricos: quando descrevem atributos de um elemento relativos à posição, vizinhança e conexão com outros elementos;
- Não geométricos: quando descrevem atributos com características não geométricas entre os elementos, como nome, população, e atividade econômica

As duas grandes classes de representação geométricas são os dados vetoriais e matriciais, que serão descrito e comparados a seguir.

### 3.4.4.1 Representação Vetorial

Na representação vetorial os dados são ordenados da forma mais exata possível em relação à questão espacial. Qualquer elemento gráfico pode ser descrito por pontos, linhas ou polígonos e estão situados em sistemas de coordenadas bidimensionais (x,y) ou tridimensionais (x,y,z). Este sistema não é exclusivo dos SIGs, já que outros, como o CAD, também o utilizam. O modelo vetorial, por ser bastante intuitivo, é muito utilizado por arquitetos, engenheiros e projetistas, porém, estes geralmente não utilizam sistemas de coordenadas ajustados à localização na superfície da Terra para realizar seus projetos, pois a localização espacial pode não ser necessária.

Segundo Câmara e Monteiro (2001), o uso de vetores em SIG é bem mais sofisticado do que o uso em CAD, pois, envolve volumes de dados bem maiores, e conta com recursos para tratamento de topologia, associação de atributos alfanuméricos e indexação espacial. Dentre as representações dos três elementos geométricos básicos (pontos, linhas e polígonos), os pontos são estabelecidos por um único par de coordenadas, as linhas são conjunto de pelo menos dois ou mais pontos, e os polígonos são conjuntos de pontos em que sua última coordenada coincide com a primeira, fechando desta forma o polígono (Figura 3.6).

Figura 3.6 - Exemplos de pontos, linhas e polígonos.



Fonte: elaborado por NASCIMENTO, 2012

### 3.4.4.2 Representação Matricial

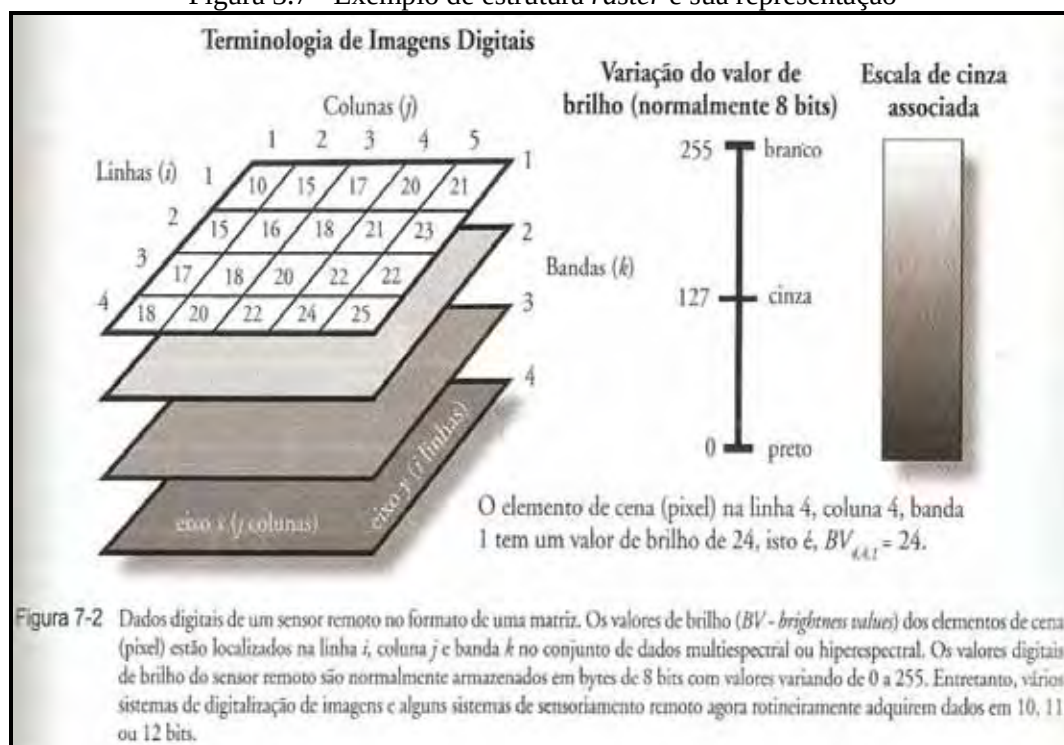
Nesta representação o espaço é representado como uma matriz  $P(m, n)$  composto de  $m$  colunas e  $n$  linhas, onde cada célula possui um número de linha, um número de coluna e um valor correspondente ao atributo estudado, sendo que cada célula é individualmente acessada pelas suas coordenadas (CÂMARA; MONTEIRO, 2001). As células podem ser chamadas de pixels “*picture element*”, ou seja, elemento da imagem.

A representação matricial considera que a superfície da área analisada é plana e a resolução espacial depende da área abrangida no terreno por cada célula individualmente. Logo quanto mais células para representar uma área melhor a sua resolução espacial, porém, será necessário também um espaço de armazenamento maior.

Cada um destes elementos apresenta um valor  $z$ , o qual pode indicar um atributo, normalmente o seu nível de cinza (valor de brilho). Esta é a estrutura comum das imagens de satélite, fotografias aéreas digitais e mapas digitalizados (PIROLI, 2010).

A Figura 3.7 apresenta um exemplo de estrutura *raster* e o capítulo seguinte aborda questões relacionadas ao sensoriamento remoto.

Figura 3.7 - Exemplo de estrutura *raster* e sua representação



Fonte: Jensen, 2009, p. 197.



### 3.5 Sensoriamento Remoto

O sensoriamento remoto (SR) pode ser definido como a técnica de obtenção de dados sobre um objeto sem que haja contato físico direto entre o sensor e o alvo, através de radiação eletromagnética (SABINS, 2000). Refere-se à aquisição de informações sobre uma área ou objeto, através de um sensor, que pode ser uma câmara fotográfica (não orbital) ou um satélite (orbital), posicionado a uma longa distância do local onde se obtém os dados.

O sensoriamento remoto teve início com a invenção da câmara fotográfica, que foi o primeiro instrumento utilizado e que, até os dias atuais, são ainda empregadas para tomada de fotos aéreas. Primeiramente essas câmaras eram carregadas por pombos e balões e posteriormente por aviões, normalmente com o intuito militar de fotografar áreas inimigas e obter informações em épocas de conflitos, apenas posteriormente estes dados começaram a ser utilizados também para uso civil (FIGUEIREDO, 2005).

Há muito tempo os mapeamentos de recursos naturais são realizados utilizando o sensoriamento remoto; fotografias aéreas têm sido usadas para levantamentos e criação de mapas geológicos, pedológicos, topográficos, de uso e cobertura da terra, etc. Porém, pode-se dizer que a grande revolução do SR aconteceu na década de 1970, com o lançamento do satélite Landsat 1; a partir daí as imagens digitais começaram a ser utilizadas para os levantamentos dos recursos naturais terrestres. A diferença entre estes dois produtos, fotografia e imagem de satélite, é que a primeira é gerada pela sensibilização química causada pela luz em um papel fotográfico, enquanto que a segunda é gerada por um sensor que detecta e quantifica a quantidade de energia enviada e refletida pelos objetos.

Os satélites, embora demandem grandes investimentos e muita energia nos seus lançamentos, orbitam em torno da Terra por vários anos. Durante sua operação em órbita o consumo de energia é mínimo, pois são mantidos a grandes altitudes, onde não existe resistência do ar e a pequena força gravitacional terrestre é equilibrada pela força centrífuga do movimento orbital do satélite. Estes aparatos espaciais executam um processo contínuo de tomadas de imagens da superfície terrestre coletadas 24 h/dia, durante toda a vida útil dos satélites, como exemplo, podemos citar o satélite Landsat 5,

lançado em 1984, que continua ativo até o momento, gerando imagens há aproximadamente 28 anos (FIGUEIREDO, 2005).

Durante este período ocorreu uma evolução significativa no SR, devido principalmente a criação e aperfeiçoamento dos sensores, sistema de telemetria e processamento de dados, o que teve origem pelo esforço multidisciplinar que envolve áreas como física, química, biologia, geografia, computação, mecânica, etc.

Nos dias atuais o SR é quase que totalmente alimentado por imagens obtidas por meio da tecnologia dos satélites orbitais. Existem várias séries de satélites de SR em operação, entre eles podemos citar: LANDSAT, SPOT, CBERS, IKONOS, QUICKBIRD e NOAA. Os satélites das cinco primeiras séries são destinados ao monitoramento e levantamento dos recursos naturais terrestres, enquanto que os satélites NOAA fazem parte dos satélites meteorológicos, destinados principalmente aos estudos climáticos e atmosféricos, mas são também utilizados no SR (FIGUEIREDO, 2005).

Segundo Rosa (1993), realizar o levantamento do uso e ocupação do solo é um dos objetivos do programa de sensoriamento remoto orbital. Os sensores orbitais são ferramentas poderosas que permitem a aquisição de dados de forma global, confiável, rápida e repetitiva da área de interesse.

Os dados de SR são extremamente úteis para estudos e levantamentos da superfície do planeta, devido:

- Abrangência: porque é capaz de obter informações de grandes áreas, às vezes em apenas uma imagem;
- Resolução temporal: já que pode coletar informações em diferentes épocas do ano e em anos distintos, podendo assim realizar um estudo temporal de uma determinada região;
- Resolução espectral: que define as informações espectrais do alvo que se quer observar na superfície, acrescentando assim diversas informações sobre as condições dele;
- Resolução espacial, que possibilita observar os dados em diferentes escalas, desde locais e regionais até globais;

Algumas das áreas em que se pode aplicar o sensoriamento remoto são ilustradas na (Tabela 3.10):

Tabela 3.10 - Áreas e usos de técnicas de Sensoriamento Remoto

| Áreas                        | Usos                                                                                    |
|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| Administração Pública        | - Planejamento de vias (ruas, estradas, trânsito, etc);                                 |
|                              | - Monitoramento da cobertura e uso do terra;                                            |
|                              | - Planos Diretores;                                                                     |
|                              | - Projetos de Expansão Urbana;                                                          |
|                              | - Fiscalização ambiental;                                                               |
| Fiscalização Governamental   | - Recadastramento imobiliário (IPTU);                                                   |
|                              | - Controle de fronteiras;                                                               |
|                              | - Combate a plantação de drogas;                                                        |
| Turismo                      | - Controle de zonas costeiras;                                                          |
|                              | - Infraestrutura;                                                                       |
|                              | - Passeios;                                                                             |
| Empreendimentos Imobiliários | - Localização de pontos de interesse;                                                   |
|                              | - Visita Virtual;                                                                       |
|                              | - Cronologia;                                                                           |
| Meio Ambiente                | - Meios de acesso;                                                                      |
|                              | - Monitoramento de matas ciliares, áreas de reserva, recursos hídricos, nascentes,      |
|                              | - Monitoramento de incêndios, assoreamento, erosões;                                    |
| Ensino e Pesquisa            | - Cartografia                                                                           |
|                              | - Geografia                                                                             |
|                              | - Engenharia                                                                            |
|                              | - Geologia                                                                              |
| Comercio e Serviço           | - Localização;                                                                          |
|                              | - Vias de acesso;                                                                       |
|                              | - Tendências de crescimento;                                                            |
| Agricultura                  | - Informações detalhadas sobre: cultivos, pastagem, previsão de safra zoneamentos, etc; |

Fonte: Elaborado pelo autor, adaptado de CUELLAR (2011).

Com todas estas áreas e usos citados acima, se conciliarmos o Sensoriamento Remoto e os Sistemas de Informações Geográficas, com técnicas de geoprocessamento pode-se chegar a um produto final de nível de excelência de maneira rápida e eficiente.

## 4 ÁREA DE ESTUDO, BAURU-SP

### 4.1 Localização

O município de Bauru situa-se no interior do estado de São Paulo, na porção centro-oeste deste estado (Mapa 4.1). Possui uma área de aproximadamente 668 km<sup>2</sup> e uma população de 344 mil habitantes, sendo 95% considerada urbana (Figura 4.1). A taxa de crescimento populacional no período de 2000 a 2007 com média anual de 1,61% (IBGE, 2010).

Mapa 4.1 - Localização do Município de Bauru-SP

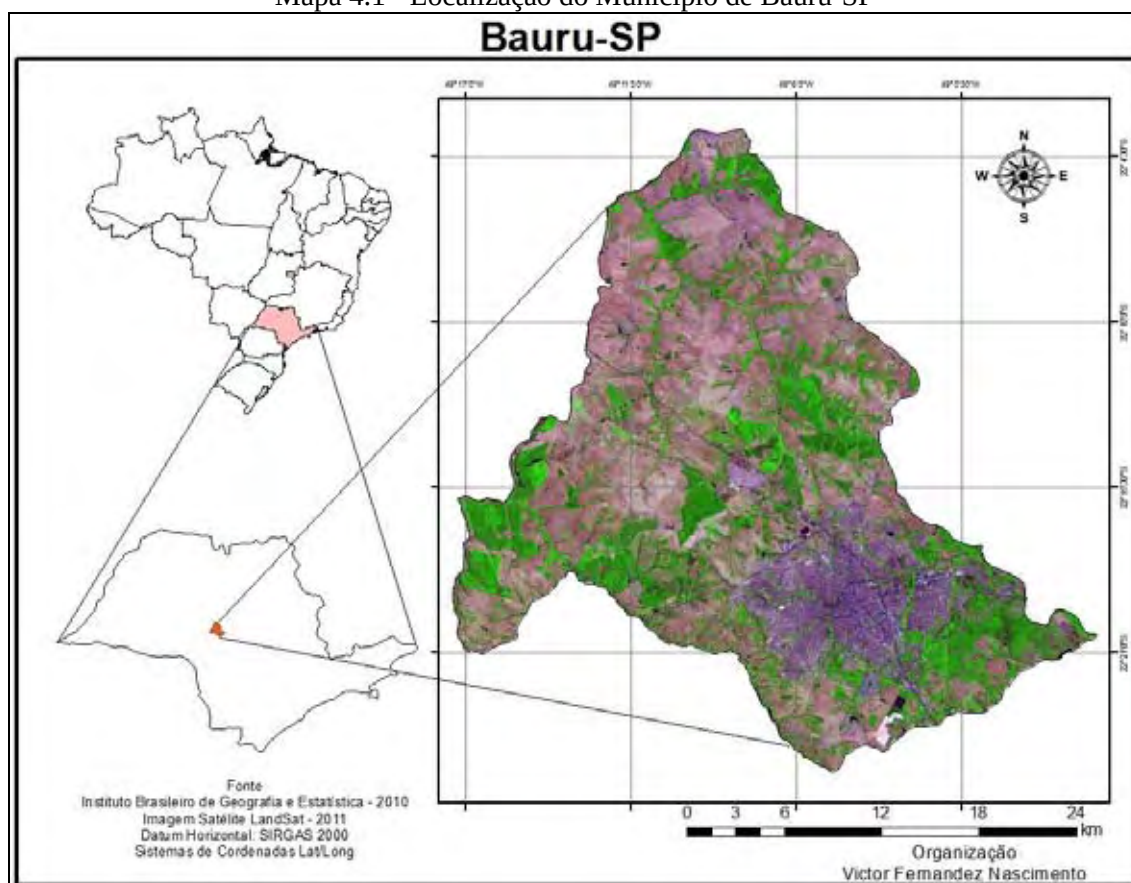


Figura 4.1 – Fotografia Panorâmica, vista área da área urbana do município de Bauru-SP



Fonte: Callil Neto, 2011

Dentre os municípios que fazem limite com Bauru tem-se Reginópolis ao Norte, Piratininga ao Sul, Agudos e Pederneiras a Leste, e Avaí a Oeste. Sua localização pode ser estabelecida de acordo com as latitudes e longitudes da Tabela 4.1.

Tabela 4.1 - Dados de Latitude e Longitude para o município de Bauru-SP

|                   |                 |
|-------------------|-----------------|
| 49° 09' 28" Oeste | 22° 25' 03" Sul |
| 48° 55' 43" Oeste | 22° 15' 02" Sul |

Projeção UTM/Datum Córrego Alegre.

## 4.2 Histórico

A palavra Bauru teve origem na palavra indígena *Ybáurú*, termo tupi que significa “cesto de frutas”. Antigamente há aproximadamente 1 século era assinalado nos mapas da época simplesmente como “sertões desconhecidos – índios *caingang*”.

Essa tribo era conhecida como selvagem e dominava boa parte do oeste paulista, geralmente expulsando com violência os brancos que tentavam invadir seus domínios. Porém, essa hostilidade, não conseguiu diminuir o interesse do colonizador pelas terras férteis da região (IBGE, 2012).

Um dos primeiros a chegar, foi Azarias Ferreira Leite, trazendo consigo sua família em 1889, cabendo-lhe, assim, a honra de fundador de Bauru. Posteriormente à sua chegada e vencida a resistência dos indígenas, começaram a serem plantadas as primeiras mudas de café e o povoado começou a crescer, e em 1893 foi elevado à categoria de Distrito de Paz. Em 1º de agosto de 1896 foi sancionada pelo presidente do Estado Campos Sales, a lei que transferia a sede do Município para a povoação de Patrimônio de Bauru, que passaram a denominar simplesmente Bauru, alguns autores consideram essa Lei a de criação do município de Bauru (IBGE, 2012).

### **4.3 Características sócio-econômicas.**

Em função de sua localização central no Estado de São Paulo, Bauru ocupa uma posição privilegiada para o setor de comércio, comunicação, transporte e serviços em geral. Há um setor terciário forte, que gera um importante número de empregos. Um dos fatores responsáveis por isto é a interligação de Bauru com o resto do estado por diferentes meios de transporte. Em relação à malha rodoviária, tem-se a Rodovia Castello Branco, a Rodovia Marechal Rondon, a SP-333 e a SP-294. Além dessa densa malha rodoviária, têm-se ainda as redes ferroviárias, o aeroporto na cidade de Bauru e a Hidrovia Tietê-Paraná que passa pela região.

Esse crescimento populacional ocasionou e vem ocasionando na cidade uma expansão do espaço urbano, que não é homogênea nem quanto às áreas de crescimento nem quanto aos serviços públicos.

O desenvolvimento urbano na cidade de Bauru se revelou de duas formas, produzindo espaços organizados com melhores condições em relação à iluminação, escolas, transporte público, pavimentação, abastecimento de água e saneamento básico. Por outro lado, produziu lugares insalubres, desorganizados e cheios de dificuldades quanto à sua infraestrutura urbana, ocasionando o desequilíbrio socioambiental (BARBOSA e JUNIOR, 2008).

### 4.3.1 População

De acordo com o censo do IBGE de 2010, Bauru encontrava-se com uma população de 346.650 habitantes no ano de 2011. A Tabela 4.2 mostra a população total, urbana e rural com dados do IBGE e SEADE.

Tabela 4.2 - População de Bauru (Urbana, Rural e Total) no período de 1970 a 2011 com projeções para 2015 e 2020.

|      | <b>Pop. Urbana</b> | <b>Pop. Rural</b> | <b>Pop. Total</b> | <b>Grau de Urbanização (%)</b> |
|------|--------------------|-------------------|-------------------|--------------------------------|
| 1970 | 120.930            | 11.006            | 131.936           | 91,7                           |
| 1980 | 180.761            | 5.903             | 186.664           | 96,8                           |
| 1991 | 254.075            | 5.429             | 259.504           | 97,9                           |
| 2000 | 309.881            | 5.612             | 315.493           | 98,2                           |
| 2007 |                    |                   | 336.085           |                                |
| 2010 | 337.946            | 5.749             | 343.695           | 98,3                           |
| 2011 |                    |                   | 346.650           |                                |

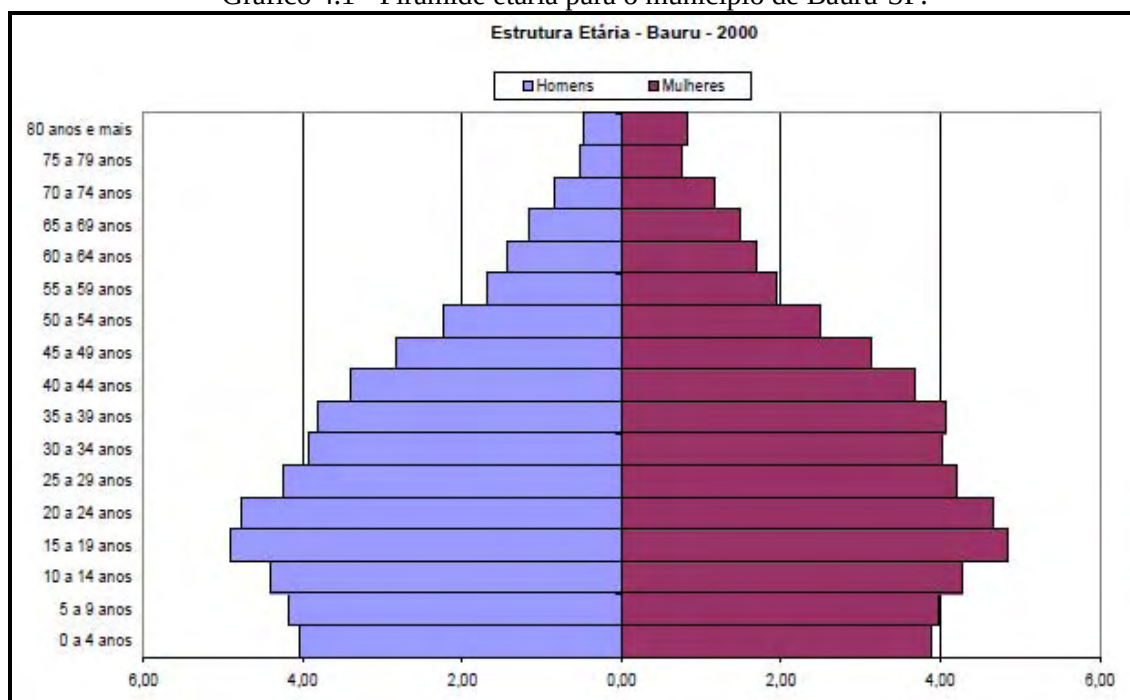
Fonte: Fundação IBGE. Censos Demográficos de 1970 a 2010; Fundação SEADE. Projeção populacional de 2015 e 2020.

Em relação ao grau de urbanização, pode-se dizer que Bauru é uma cidade predominantemente urbanizada, chegando em 2010 a um percentual de 98,3% do total da sua população residindo nas áreas urbanas. Outras cidades do interior paulista apresentaram características parecidas no que se refere ao grau de urbanização, como Presidente Prudente (97,9%), Piracicaba (97,8%) e Ourinhos (97,42%) (SEADE, 2012).

Ao analisarmos a pirâmide etária do município de Bauru (Gráfico 4.1), pode-se perceber que existe similaridade entre o número de mulheres e homens até os 34 anos. Acima desta idade existem mais mulheres do que homens. Outra questão interessante de se observar é que existe um envelhecimento da população, visto que a base de pirâmide já é menor que o seu meio. Isso reflete a diminuição do crescimento da população e ajuda a entender como deve ser previsto o gasto municipal para os próximos anos ou décadas.



Gráfico 4.1 - Pirâmide etária para o município de Bauru-SP.



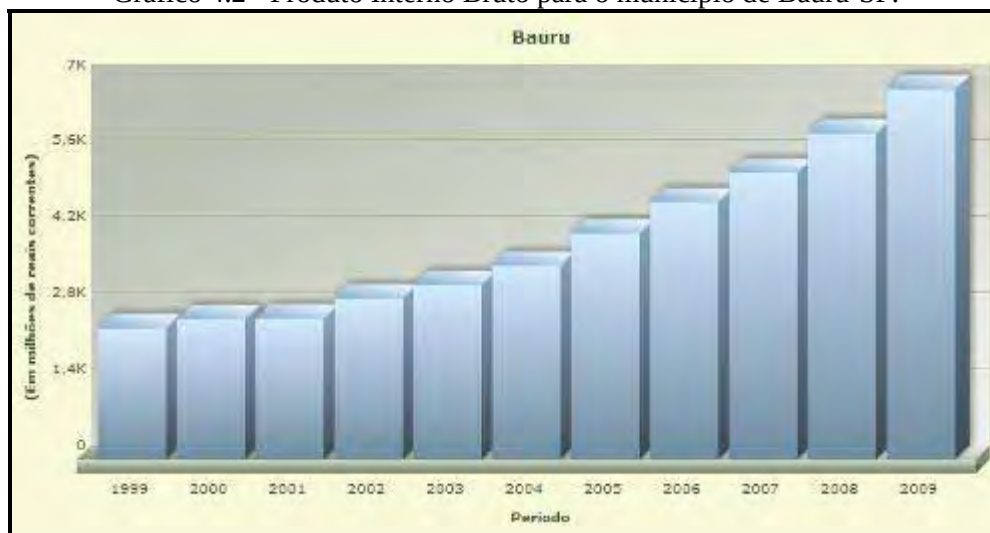
Fonte: IBGE, Censo de 2000, elaborado pelo projeto regiões metropolitanas e pólos econômicos do Estado de São Paulo – Desigualdades e Indicadores para as Políticas Sociais, NEPP/NEPO/UNICAMP-FINEP, 2009.

A taxa geométrica de crescimento anual da população de Bauru no período de 2000 a 2010 é de 0,86% a.a.. Ela é consideravelmente baixa se comparada com outros municípios médios do estado de São Paulo como Ribeirão Preto (1,82), Araraquara (1,35) e Piracicaba (1,03). Houve no município de Bauru uma queda considerável na taxa de crescimento ao decorrer dos anos. Entre os anos de 1980 e 1991 a taxa era de (3,09% a.a.). Já entre o período de 1991 a 2000 a taxa era de (2,19% a.a.) e atualmente no período de 2000 a 2010, como visto anteriormente é de (0,86% a.a.) (SEADE, 2012).

### 4.3.2 Economia

O Produto Interno Bruto municipal aumentou significativamente no período de 1999 a 2009 (Gráfico 4.2), chegando em 2009 ao valor de R\$ 6.795.000,00 (seis milhões setecentos e noventa e cinco mil reais).

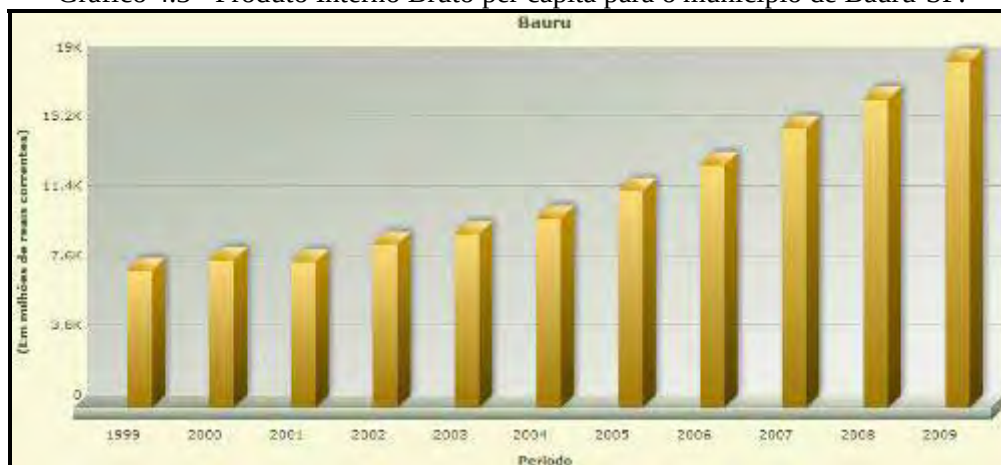
Gráfico 4.2 - Produto Interno Bruto para o município de Bauru-SP.



Fonte: (SEADE, 2012)

O PIB per capita é o total do PIB dividido pelo número de habitantes do município. Em 2009 este valor foi R\$18.906,42 (dezoito mil novecentos e seis reais e quarenta e dois centavos) (Gráfico 4.3). Percebe-se uma evolução significativa no decorrer dos anos.

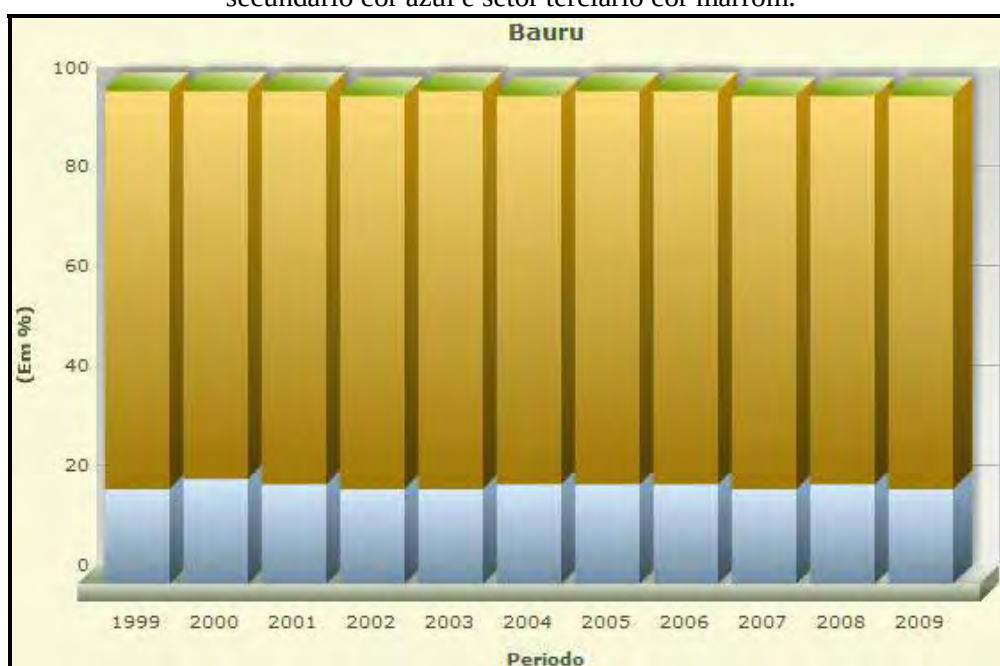
Gráfico 4.3 - Produto Interno Bruto per capita para o município de Bauru-SP.



Fonte: (SEADE, 2012).

A concentração predominante do PIB está no setor terciário, com aproximadamente 79,7%. O setor secundário aparece em seguida, com 20,0%. O setor primário é praticamente inexpressivo com aproximadamente 0,3% (Gráfico 4.4). Isto se deve ao processo histórico de Bauru, onde os solos da região não eram muito férteis, o que não estimulou o crescimento do setor primário. Com a facilidade de transporte que se deu a partir década de 1910, quando teve início a construção das ferrovias e posteriormente rodovias houve, um fortalecimento das indústrias, presente no setor secundário e principalmente dos serviços, presente no setor terciário.

Gráfico 4.4 - Distribuição de acordo com os setores econômicos. Setor primário cor verde, setor secundário cor azul e setor terciário cor marrom.



Fonte: (SEADE, 2012).

### 4.3.3 Índice de Desenvolvimento Humano

Para complementar os dados econômicos, costuma-se utilizar o Índice de Desenvolvimento Humano- IDH. Este índice é divulgado pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD, 2012), já que para se calcular o desenvolvimento de um país, estado e neste caso município não se deve apenas verificar os dados econômicos, mas também se levar em conta dados sociais como a educação e a expectativa de vida. Segundo a equação tirada do SEADE (2012):

$$\text{IDHM} = \frac{\text{Longevidade} + \text{Educação} + \text{Renda}}{3}$$

Segundo o PNUD (2012):

No IDH estão equacionados três sub-índices direcionados às análises educacionais, renda e de longevidade de uma população. O resultado das análises educacionais é medida por uma combinação da taxa de alfabetização de adultos e a taxa combinada nos três níveis de ensino (fundamental, médio e superior). Já o resultado do sub-índice renda é medido pelo poder de compra da população, baseado pelo PIB per capita ajustado ao custo de vida local para torna-lo comparável entre países e regiões, através da metodologia conhecida como paridade do poder de compra (PPC). E por último, o sub-índice longevidade tenta refletir as contribuições da saúde da população medida pela esperança de vida ao nascer. A metodologia de cálculo do IDH envolve a transformação destas três dimensões em índices de longevidade, educação e renda, que variam entre 0 (pior) e 1 (melhor), e a combinação destes índices em um indicador síntese. Quanto mais próximo de 1 o valor deste indicador, maior será o nível de desenvolvimento humano do país ou região.

Além disso, para referência o PNUD (2012) ainda distribui os valores em 3 categorias, são elas:

- Baixo desenvolvimento humano, quando o IDHM for menor que 0,500;
- Médio desenvolvimento humano, para valores entre 0,500 e 0,800;
- Alto desenvolvimento humano, quando o índice for superior a 0,800

A partir daí analisando os dados obtidos no SEADE (2012) (Tabela 4.3), pode-se dizer que o município de Bauru, que estava nos anos de 1980 e 1991 classificado em um nível médio de desenvolvimento passou a partir do ano 2000 ao nível alto de desenvolvimento segunda a classificação do PNUD (2012). Porém se compararmos a classificação no ranking entre os municípios paulista pode-se perceber que ocorreu uma melhora entre os anos de 1980 a 1991 e uma piora entre os anos de 1991 a 2000, isto em relação aos municípios do estado de São Paulo.

Tabela 4.3 - Índice de Desenvolvimento Humano Municipal e ranking entre os municípios paulistas para o município de Bauru-SP

|      | <b>Índice de Desenvolvimento Humano<br/>Municipal - IDHM</b> | <b>Posição entre os municípios<br/>paulistas</b> |
|------|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| 1980 | 0,743                                                        | 29º                                              |
| 1991 | 0,791                                                        | 16º                                              |
| 2000 | 0,825                                                        | 47º                                              |

Fonte: (SEADE, 2011).

Apesar de Bauru estar classificado como nível alto de desenvolvimento, de acordo com o Plano de Manejo da Estação Ecológica de Bauru –PMECB (2010) 77% dos entrevistados consideram a qualidade ambiental ruim ou péssima, apontando como principais problemas as áreas verdes insuficientes, a disposição inadequada de resíduos sólidos e a deficiência na coleta e tratamento de esgoto, seguidos da conservação viária inadequada e da poluição hídrica.

## 4.4 Saneamento

### 4.4.1 Água e Esgoto

Na cidade de Bauru a empresa operadora do sistema de abastecimento de águas é o Departamento de Água e Esgoto de Bauru – DAE, sendo que 40% da população de Bauru é abastecida pelas águas do Rio Batalha (Figura 4.3). Este curso d'água nasce na Serra da Jacutinga, no município de Agudos-SP e deságua no Rio Tietê, no município de Uru.

De acordo com a legislação de controle da poluição do meio ambiente, lei estadual nº 997/76, o Rio Batalha é classificado de acordo com as seguintes características como de classe 2, e suas águas são destinadas ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional, à irrigação de hortaliças ou plantas frutíferas e à recreação de contato primário (natação, esqui-áquático e mergulho) (DAE, 2012).

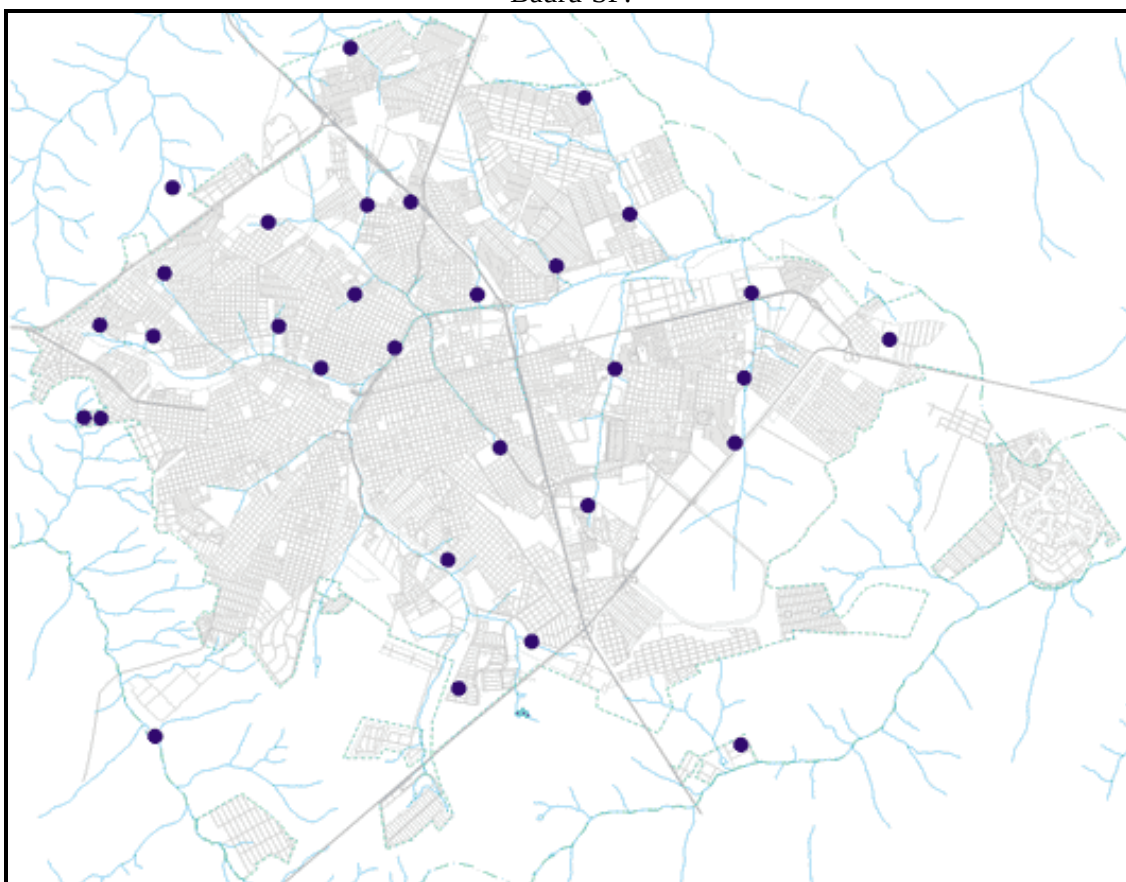
Figura 4.2 - Lagoa de captação de água no rio Batalha e Estação de Tratamento de Água do DAE



Fonte: DAE (2012).

Os restantes 60% da água consumida pela cidade de Bauru são obtidos através de águas subterrâneas, sendo 29 poços profundos que captam água principalmente do Aquífero Guarani e 01 poço que capta água do Aquífero Bauru (Mapa 4.2). Em geral as águas dos poços de Bauru apresentam bons índices de qualidade físico-química, sendo geralmente própria para o consumo humano após tratamento com cloro (bactericida) e flúor, por serem exigências da Portaria do Ministério da Saúde 518/2004 (DAE, 2012).

Mapa 4.2 - Localização dos poços da DAE de captação de água subterrânea no município de Bauru-SP.

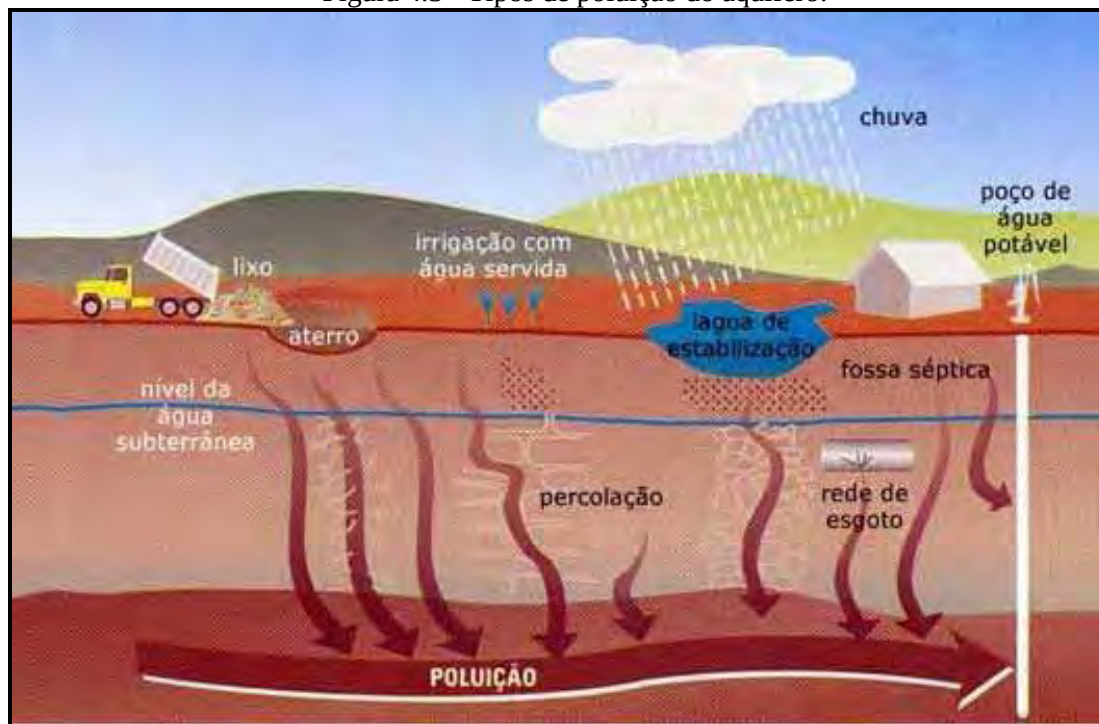


Fonte: DAE (2012)

Além dos poços do DAE para abastecimento público, existem atualmente 326 poços particulares cadastrados, a maioria captando água do aquífero Bauru. No ano de 2000, foi aprovada a Lei Municipal nº 4553, que permite ao DAE fiscalizar poços particulares, exigindo a licença de perfuração, ou outorga, cadastramento do poço, a instalação de hidrômetro para acompanhamento da vazão explorada e análises para o controle da qualidade da água do aquífero. Isto possibilitou que ocorresse um controle maior em relação à contaminação do aquífero, que pode acontecer de diferentes formas (Figura 4.4).



Figura 4.3 - Tipos de poluição do aquífero.



Fonte: DAE (2012)

Os resíduos domésticos e industriais podem se transformar em componentes prejudiciais à saúde e conter organismos transmissores das denominadas enfermidade de origem hídrica, que causam diarreia, tifo, cólera, dentre outras (Silva, 2003 *apud* DAE, 2012). Os aquíferos estão muito ameaçados em lugares onde não há rede de esgoto e estas águas são lançadas em fossas ou latrinas de diversos tipos. Quando existe rede de esgoto, a preocupação é onde lançar os resíduos coletados e se há algum tipo de tratamento. Os aquíferos também podem ser poluídos a partir de lagoas de estabilização, rios, receptores de resíduos e irrigação com águas servidas. Do mesmo modo, os aterros sanitários e principalmente os “lixões”, podem ser fontes de poluição de origem doméstica.

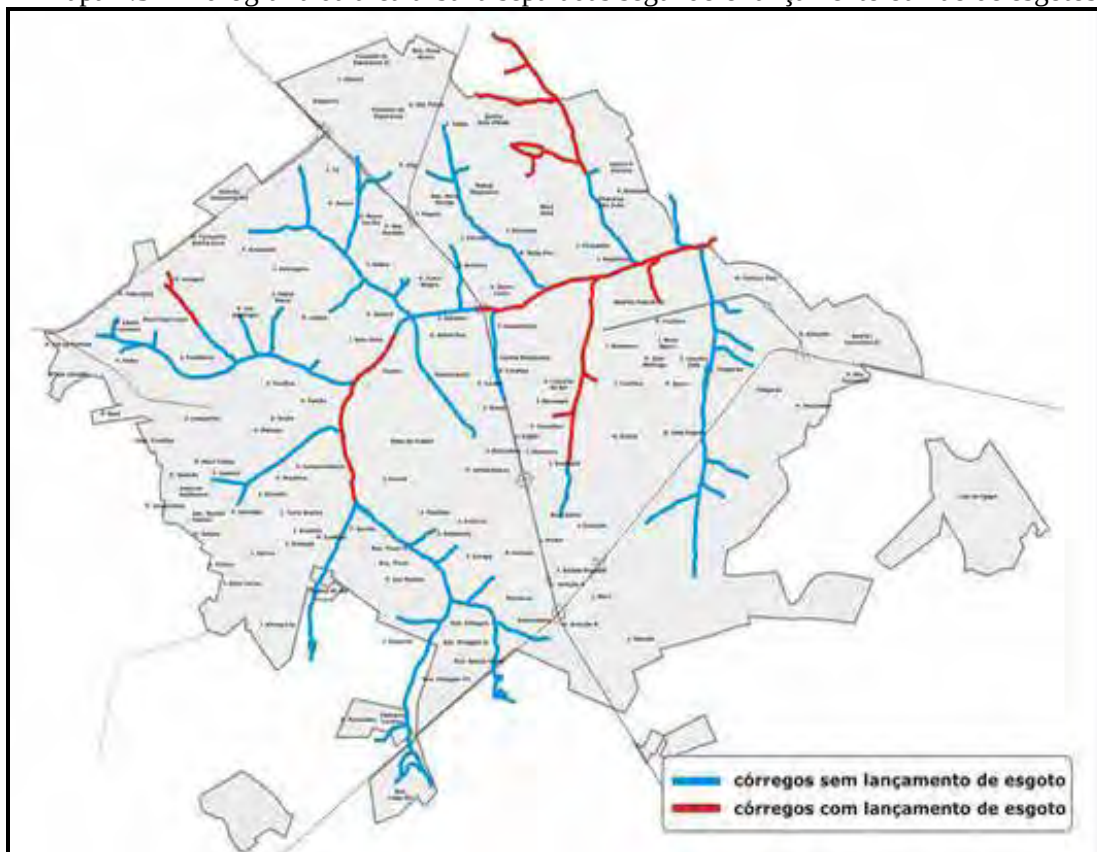
Em relação ao abastecimento de água Bauru alcança quase a totalidade da população, chegando a 98,9%, muito parecido com a porcentagem da população que tem coletado o esgoto sanitário, que é de 96,61%. Ambos os dados se referem ao ano de 2000 (SEADE,2012).

O esgoto coletado é jogado *in natura* no Rio Bauru e nos seus 10 efluentes (Córrego Água da Forquilha, Córrego Água da Ressaca, Córrego da Grama, Córrego Água do Sobrado, Córrego das Flores, Córrego Água do Castelo, Córrego Água Comprida, Córrego Barreirinho, Córrego Vargem Lima e Ribeirão da Vargem Limpa)



(Mapa 4.3), são lançados no total aproximadamente 1000 litros/segundo de esgoto nestes rios, sendo que 85% são considerados residenciais e 15% industriais (DAE, 2012).

Mapa 4.3 - Hidrografia da área urbana separadas segundo o lançamento ou não de esgotos.



Fonte: DAE (2012).

O Rio Bauru, conforme o Decreto nº 8.468/76 da Legislação Estadual, é classificado como Classe 4 em todo o seu curso na área urbana e de Classe 3 nas áreas rurais, sendo mais poluído que o Rio Batalha, o que faz que isto seja um dos motivos para a prefeitura preferir despejar os esgotos no Rio Bauru, ao invés do Rio Batalha, além disso, o rio Batalha ainda serve para abastecimento de água para a cidade de Bauru e outras cidades a jusante.

Segundo o DAE (2012), Bauru possui um projeto que pretende até 2022, tratar cerca de 1.420 litros/segundo de esgoto municipal, a obra prevê quatro fases, sendo a primeira, o afastamento dos esgotos da população e a despoluição dos corpos d'água através do recolhimento deles em tubulações nos fundos de vale (interceptores). A segunda fase é a construção da Estação de Tratamento – ETE Candeia, localizada próximo ao bairro Gasparini que atenderá os esgotos de 30.000 habitantes. A terceira

fase é a construção da ETE Vargem Limpa que tratará os despejos no seu primeiro módulo de 125.000 habitantes, e depois a construção dos demais módulos previstos para atender até 500.000 habitantes. Em relação ao tratamento de esgoto atualmente, sabe-se que o distrito de Tibiriçá possui 100% de tratamento realizado pela ETE Tibiriçá e o município de Bauru trata apenas 10%, pela ETE Candeia, o que atende no máximo 50.000 habitantes.

#### 4.4.2 Resíduos Sólidos

Em relação aos resíduos sólidos “lixo”, segundo o Seade (2012), 100% da área urbana é atendida pela coleta do lixo, representando 98,68% da população total da cidade, no ano de 2000. O Censo do IBGE (2010) nos demonstra que 99,4% dos resíduos são coletados no município (Tabela 4.4).

Tabela 4.4 - Porcentagem dos domicílios que são atendidos pela coleta do lixo e serviços.

| <b>Coleta do Lixo</b>                       |                   |                        |
|---------------------------------------------|-------------------|------------------------|
|                                             | <b>Domicílios</b> | <b>Porcentagem (%)</b> |
| Coletado                                    | 109.220           | 99,4%                  |
| Coletado por serviços de limpeza            | 104.110           | 97,7%                  |
| Coletados em caçamba de serviços de limpeza | 5.110             | 4,5%                   |
| Outro Destino                               | 655               | 0,6%                   |
| Total                                       | 109.874           | 100%                   |

Fonte: IBGE Censo (2010)

Em Bauru a Empresa Municipal de Desenvolvimento Urbano e Rural de Bauru – EMDURB é a responsável pela coleta e deposição dos resíduos sólidos. A Lei Municipal nº2166, de 25 de setembro de 1979, aprovada pela Câmara Municipal de Bauru, autorizou o Poder Executivo a criar a Empresa Municipal de Transportes Urbanos de Bauru - EMTURB, empresa pública, dotada de personalidade jurídica de direito privado, com patrimônio próprio e autonomia administrativa, técnica e financeira. Posteriormente, em 1986, à lei municipal nº 2637, denominou algumas novas atribuições à empresa, e alterou a denominação de EMTURB para EMDURB, como ficou até os dias de hoje (EMDURB, 2012).

Desde o nascimento até hoje a EMDURB tem como prioridade os cuidados com o trânsito e os meios de transporte da cidade, porém desde a reestruturação que ocorreu em 02 de junho de 1993, conseguida pela Lei municipal nº 3570, passou a ser um dos novos objetivos da empresa, dentre outros, promover, supervisionar, e executar a política de limpeza pública, assim como a destinação e tratamento dos resíduos sólidos.

Segundo a EMDURB (2010) a periodicidade da coleta, geralmente é realizada em todos os bairros 3 vezes por semana em dias alternados, sendo que em algumas praças públicas, hospitais e locais de comércio a coleta é diária de segunda a sábado. Para isso são utilizados 13 caminhões prensa com capacidade de carga de 8.500 Kg; 05 caminhões leme com capacidade de carga de 6.500 Kg e 01 caminhão basculante com capacidade de carga de 2.500 Kg. Como dois desses caminhões encontra-se em manutenção a operação de coleta de lixo em Bauru é feita com a utilização de 16 caminhões no total. Geralmente esta coleta ocorre em dois turnos, um das 7:00 às 13:00 hs e o outro no período noturno das 18:00 às 23:40 hs. O volume de resíduos gerados diariamente é de 220 a 250 toneladas, transportados, em média, em quarenta e cinco viagens diárias.

Segundo o Seade (2012) foram gastos no saneamento R\$ 61.922.849,00 no ano de 2009, último ano com esta informação disponível.

#### **4.4.3 O Atual Aterro Sanitário de Bauru**

O aterro sanitário em funcionamento na cidade de Bauru-SP localiza-se ao norte da zona urbana de Bauru na latitude 22°15' Sul e a uma longitude 49°08' Oeste. É acessado pela Rodovia Marechal Rondon km 353,5 e mais 3 quilômetros em estrada secundária que dá acesso tanto ao aterro como a penitenciária, ficando no total a uma distância de 15 Quilômetros do Centro da cidade (Mapa 4.4 e Figura 4.5).

Mapa 4.4 - Localização do aterro na imagem do Google Earth.

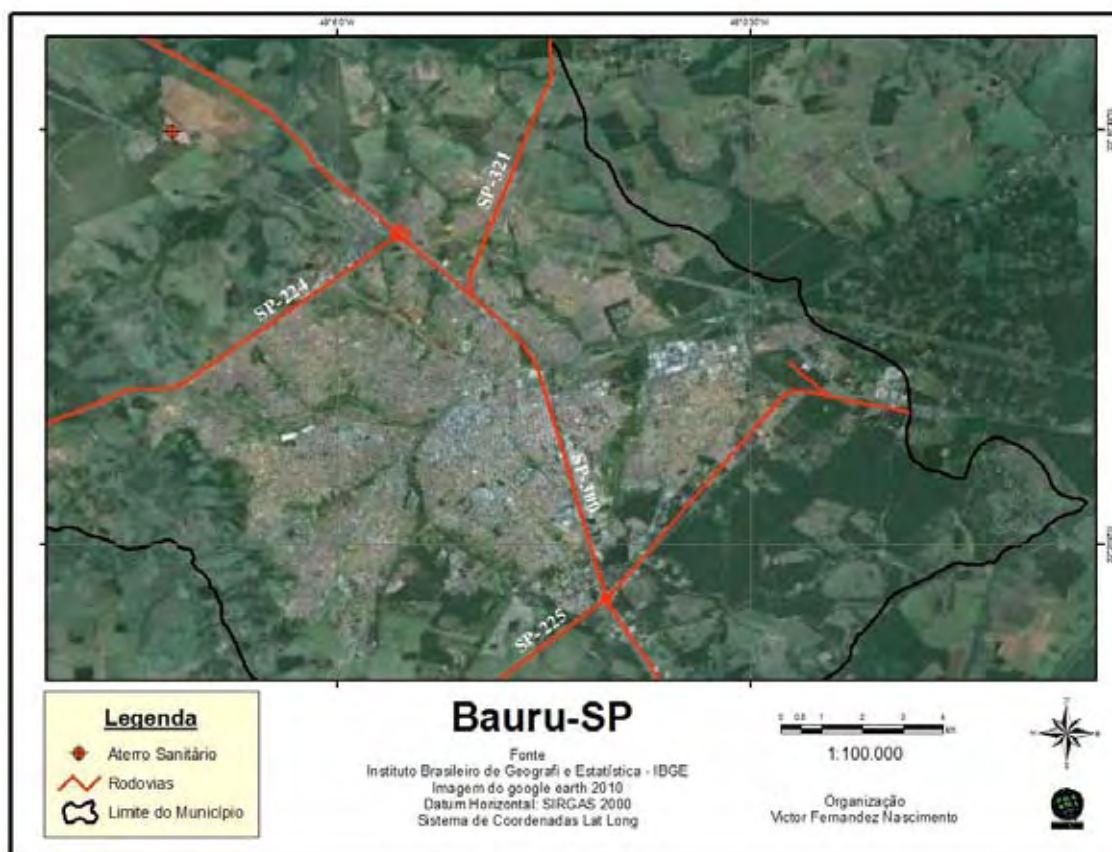


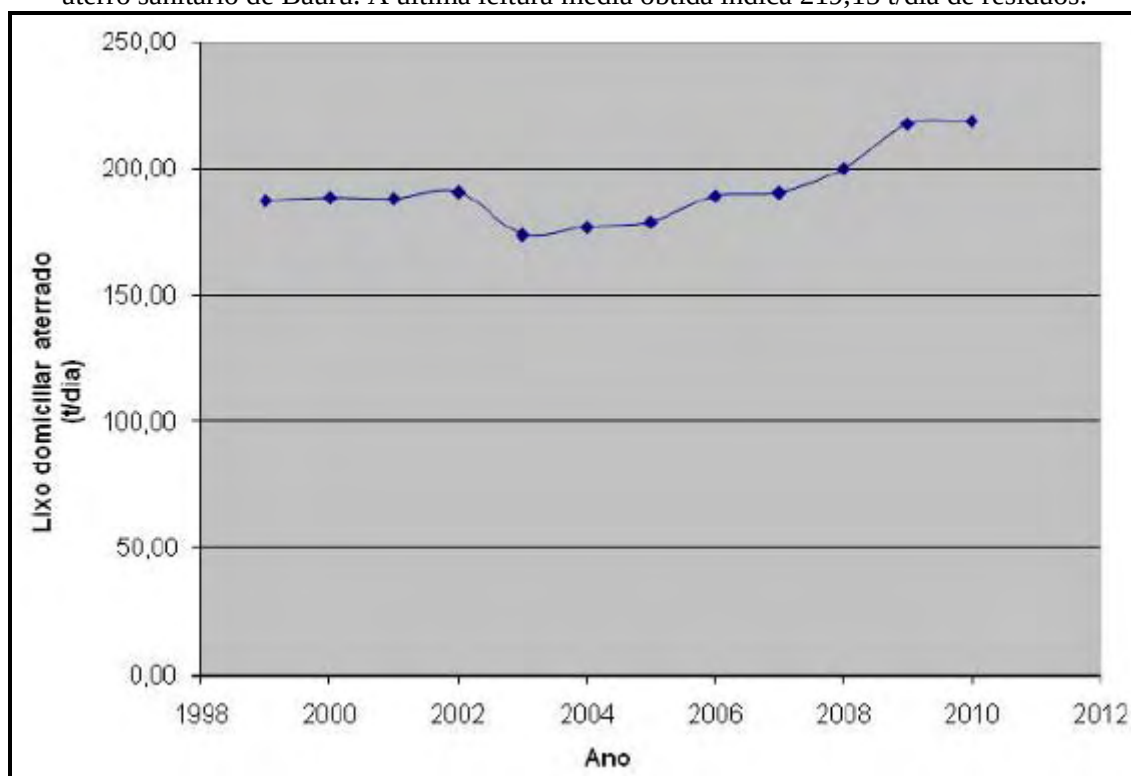
Figura 4.4 - Foto do Aterro Sanitário de Bauru.



Fonte: EMDURB (2012)

Se levarmos em consideração a quantidade diária de resíduos urbanos que são dispostos no aterro sanitário de Bauru, temos um valor aproximado de 220 toneladas/dia, sendo que este valor vem aumentando com o passar dos anos (Gráfico 4.6).

Gráfico 4.5 - Quantitativos diários medidos de resíduos domiciliares efetivamente dispostos no aterro sanitário de Bauru. A última leitura média obtida indica 219,15 t/dia de resíduos.



Fonte: EMDURB (2010).

O Aterro sanitário foi projetado pela Escola de Engenharia de São Carlos - USP em 1992; e iniciou suas atividades em 1993. Obteve a Licença de Instalação (07000310) em 17 de dezembro de 2000 e obteve Licença de Operação (7001694) em 22 de agosto de 2005. Sua área é de aproximadamente 27 hectares, e é cercado de plantação de eucaliptos no seu entorno.

Segundo a EMDURB (2010), na região do aterro sanitário predominam colinas amplas (baixas declividades, amplitudes locais inferiores a 100 m e interflúvios com área superior a 4 km<sup>2</sup>), com topos extensos e aplainados e vertentes com perfis retilíneos a convexos. A drenagem apresenta baixa densidade (menos de 5 cursos d'água perenes numa área de 10 km<sup>2</sup>), padrão subdendrítico, vales abertos e planícies aluviais interiores restritas, o curso d'água mais próximo do Aterro Sanitário é o Córrego Gabiroba, afluente do Ribeirão da Água Parada e do Rio Batalha. Ele está localizado a mais de 1

km de distância do empreendimento, não apresentando problemas de contaminação pelos líquidos percolados gerados. Deve-se ressaltar que o Rio Batalha recebe contribuição do Ribeirão da Água Parada a muitos quilômetros a jusante do ponto de captação de água para a cidade de Bauru.

O substrato geológico predominante é constituído por arenitos carbonáticos pertencentes à formação Marília, com exceção dos fundos das drenagens principais e parte do terço inferior das vertentes, onde se verifica a gradação para a Formação Adamantina, além disso, a região do Aterro Sanitário pertence à província hidrogeológica do Mesozóico, sendo a coluna geológica de interesse para as águas subterrâneas formada por litologia Mesozóica (Grupo São Bento – Formações Pirambóia, Botucatu e Serra Geral – e Grupo Bauru – Formações Adamantina e Marília). Está limitada inferiormente por rochas Paleozóicas (Grupo Dois – Formação Terezina) (EMDURB, 2010)

A cobertura latossólica (Latossolo vermelho Escuro com textura média – arenosa), quando presente, ocupa o topo ligeiramente aplainado da colina, sendo constituída, em linhas gerais, por horizonte superior arenoso lavado com aproximadamente 20 cm de espessura e horizonte areno-argiloso de cor vermelha, pouco diferenciado em profundidade. Pouco a jusante da cobertura latossólica, ou ocupando também o topo da colina, nota-se a presença dominante de cobertura podzólica (Podzólico vermelho-amarelo, abrupto, de textura arenosa), caracterizada por um horizonte A arenoso, relativamente espesso (mais de 1 m). Abaixo, em contato abrupto, tem-se a presença de horizonte argilo-arenoso vermelho amarelado, com espessura de alguns metros, sobreposto, em contato gradual, a um horizonte mais arenoso vermelho escuro. Mais a jusante, próximo à base da vertente, observa-se passagem de cobertura podzólica para solo hidromórfico, normalmente constituído por horizonte superior arenoso, relativamente espesso e com cores variadas, sobreposto a horizonte argiloso gleizado. Nesta passagem, é comum a presença de lençol d'água aflorante, que pode dar origem a drenagens afluentes ao curso d'água situado no fundo do vale (EMDURB, 2010).

Outra questão importante quando falamos de aterro sanitários é a produção de chorume (líquido negro, ácido e malcheiroso), que acontece pelo processo da decomposição de resíduos. Segundo a EMDURB, (2010) para a captação deste chorume deve ser feita uma drenagem horizontal (tipo espinha de peixe), para que o percolado seja recolhido e canalizado a uma caixa de bombeamento. A drenagem horizontal é uma

drenagem subterrânea, constituída por canaletas pré-fabricadas de concretos (meia cana) e preenchida com pedras britadas nº 4, rejuntadas com material betuminoso, para não danificar o meio ambiente, como rios, lagos, e lençóis freáticos. Após os percolados serem canalizados para uma caixa de bombeamento, são bombeados para duas lagoas de 1.000.000 de litros cada, construídas acima da disposição dos resíduos no Aterro Sanitário, onde aguarda para ser retirado e transportado para ETE, onde será tratado. Apesar da recirculação do chorume estar prevista em seu projeto inicial, desde abril de 2010 a recirculação foi proibida internamente para evitar qualquer tipo de contaminação ambiental. Além disso, são realizados monitoramentos das águas superficiais e subterrâneas duas vezes ao ano e caracterização do chorume, com a finalidade de conhecer as características físicas e químicas do percolado para envio ao tratamento e controle da decomposição dos resíduos.

Ainda segundo a EMDURB (2010) o sistema de drenagem de gases ainda não é eficiente uma vez que se detecta pontos de escape na extensão do aterro. Os drenos sempre são acesos para que não seja liberado  $\text{CH}_4$  (metano) na atmosfera. A Prefeitura Municipal de Bauru tem um processo de nº 597/07 (EMDURB) e 6773/05 (PMB) volume II, tramitando para a concessão da exploração do biogás no Aterro Sanitário e transformação em créditos de carbono. Além disso, serviços de paisagismo são realizados no Aterro Sanitário, tanto para evitar danos ao local, como deixá-lo agradável visualmente. Nos taludes são plantadas gramas a fim de evitar erosões. Ao redor da área total do aterro, foram feitas plantações de eucaliptos cheirosos com a finalidade de amenizar o odor dos resíduos e a ação dos ventos dentro da área, que causa excesso de poeira. A grama e o eucalipto são as principais plantas para proteger o Aterro Sanitário contra a degradação.

O Aterro Sanitário de Bauru de acordo com a legislação da CETESB é considerado como inadequado, porque o Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos – Nova Proposta (IQR-NP) foi de 5,9 para o ano de 2011, bem inferior a 7,0 que é o valor mínimo que o classificaria como adequado. Com este resultado o aterro foi considerado inadequado nos quesitos instalações e operação. Normalmente várias são as notícias publicadas na mídia de irregularidades sobre o aterro, com algumas denúncias de contaminação e outras destacando o problema deste já encontrar-se com sua capacidade esgotada em relação ao projeto original. A prefeitura negociou a utilização de uma quinta camada de resíduos deste atual aterro, mas reconhece que a grande e urgentíssima prioridade é investir na escolha de local para um novo aterro, bem como



conseguir a licença ambiental da CETESB para instalação e operação do empreendimento.

Estas necessidades vistas anteriormente caracterizam a necessidade de um projeto como é delineado nesta proposta, para a escolha de áreas para a implantação de um novo aterro sanitário no município de Bauru, visando atender às questões ambientais, a taxa de crescimento populacional nas áreas urbanas, e o grande problema da deposição dos resíduos sólidos.

Segundo a EMDURB (2010) devem-se considerar todos os fatores citados relacionados com o problema de destinação final e tratamento dos resíduos sólidos domiciliares em Bauru. Além disso, há escassez de áreas para iniciar novos aterros sanitários na cidade, de forma que a ampliação do aterro sanitário em área contígua apresentar-se-ia como a melhor alternativa para se atingir as finalidades de prevenção de problemas de saúde pública e proteção do meio ambiente.

De acordo com a EMDURB (2010) das alternativas para a destinação dos resíduos da cidade de Bauru, o encerramento do atual aterro e a ocupação de mais espaço na área vizinha é preferencial devido os seguintes motivos:

- Aproveitamento das instalações já existentes, como balança, lagoas de chorume, prédios administrativos;
- Compatibilização com as distâncias exigidas pela norma técnica da ABNT NBR 13896/97;
- O local é de propriedade do município facilitando o aumento de área para disponibilizar ao aterro sanitário;
- O acesso rodoviário é duplicado, e encontra-se em ótimas condições geométricas e de pavimento;
- O local não apresenta restrições de zoneamento, sendo ocupado apenas por pastagens;
- Segundo ensaios realizados durante implantação do aterro sanitário pelo laboratório de Mecânica de Solos da Escola de Engenharia de São Carlos – USP, o material local apresentava condições adequadas de compactação, contribuindo para a diminuição dos custos de operação, porém para as exigências atuais, é necessário que seja realizada uma compactação mais eficiente;



- Segundo disposições normativas, tem-se uma situação favorável quando o lençol freático localiza-se a uma profundidade superior a 2 m da cota de disposição do resíduo;
- A distância do novo aeroporto de Bauru “Moussa Nakhil Tobias” ao aterro sanitário é de 12,5 km, segundo a resolução CONAMA 04 de 09/10/95, é impedida a instalação de novos aterros em um raio de 20 km do aeroporto;
- A mesma legislação que impede a instalação de novos aterros a 20 km do aeroporto, não se opõe a ampliação dos já existentes, desde que respeitadas uma série de cuidados ambientais para afastar a presença de aves, o que o aterro sanitário de Bauru vem trabalhando ao manter a cobertura dos resíduos em dia. A relação da operação do Aterro Sanitário de Bauru que atua há 17 anos e a operação do novo aeroporto que atua há 3 anos sempre foi de harmonia sem ter havido qualquer incidente.
- O aterro sanitário apresenta-se na maioria das vezes como a solução mais econômica quando comparado a outras alternativas. “Seu custo é no mínimo três vezes menor que o da compostagem e muitas vezes inferior ao da incineração que também encontra problemas no tipo de resíduo brasileiro por ser mais úmido;”
- Há a necessidade de se instalar um aterro sanitário mesmo quando a incineração, a pirólise ou a compostagem com triagem para reciclagem tornam-se necessárias ou viáveis economicamente, uma vez que estes sistemas produzem resíduos que não são aproveitados, podendo ocorrer, ainda imprevistos que paralise as instalações. Nestes casos, os resíduos e a coleta não recebida devem ser encaminhados rapidamente a um aterro sanitário.

A EMDURB (2010) finaliza dizendo que se houver restrições quanto à ampliação do aterro sanitário, só restará enviar os resíduos de Bauru para outra cidade, provavelmente em um aterro sanitário particular, mais distante do atual aterro, aumentando os riscos de acidentes e os custos por tonelada depositada de resíduos.

No projeto para a ampliação do aterro sanitário atual, que já está em prática, propõe-se que seja considerado o *alçamento* até a quinta-camada (parcialmente ocupada) com expansão até os limites dos taludes do terreno da face nordeste do aterro, que percorre paralelamente à linha de eucaliptos nos limites da gleba, nestas condições a vida útil do aterro seria aumentada em 34 meses, e dentre algumas premissas utilizadas para realizar esta projeção é que a quantidade média diária de resíduos para os anos próximos seja de 225 toneladas, que a massa específica destes resíduos compactados seja 0,6 toneladas/m<sup>3</sup> e que a porcentagem volumétrica do solo de cobertura seja de 35% (EMDURB, 2010).

Segundo a EMDURB (2010) o encerramento do aterro se dará com o plantio de toda a vegetação, a qual garantirá a integridade do projeto de recuperação da área. Após sua conclusão, recomenda-se utilizar a área controlada ambientalmente como um distrito industrial ambiental com empresas que desejem trabalhar com reutilização dos resíduos que são recebidos no Aterro Sanitário transformando-os.

Como exemplo pode-se citar usina de triagem, reciclagem, transformação de pneus, dentre outras. Caso venha a haver o interesse pela utilização da área neste sentido de construção de edificações, recomenda-se esperar alguns anos para a execução de obras de acabamento, considerando a capacidade de carga e recalques da fundação. Após encerramento da operação do Aterro Sanitário, devem ser mantidos os cuidados observados durante toda a sua vida útil, principalmente os relacionados à drenagem superficial, à drenagem dos gases, aos recalques e ao controle da erosão de forma que todo o controle e monitoramento ambiental devam ser mantidos por pelo menos mais 10 anos.

Vale enfatizar que a maioria destas informações citadas anteriormente são tiradas da EMDURB (2010).

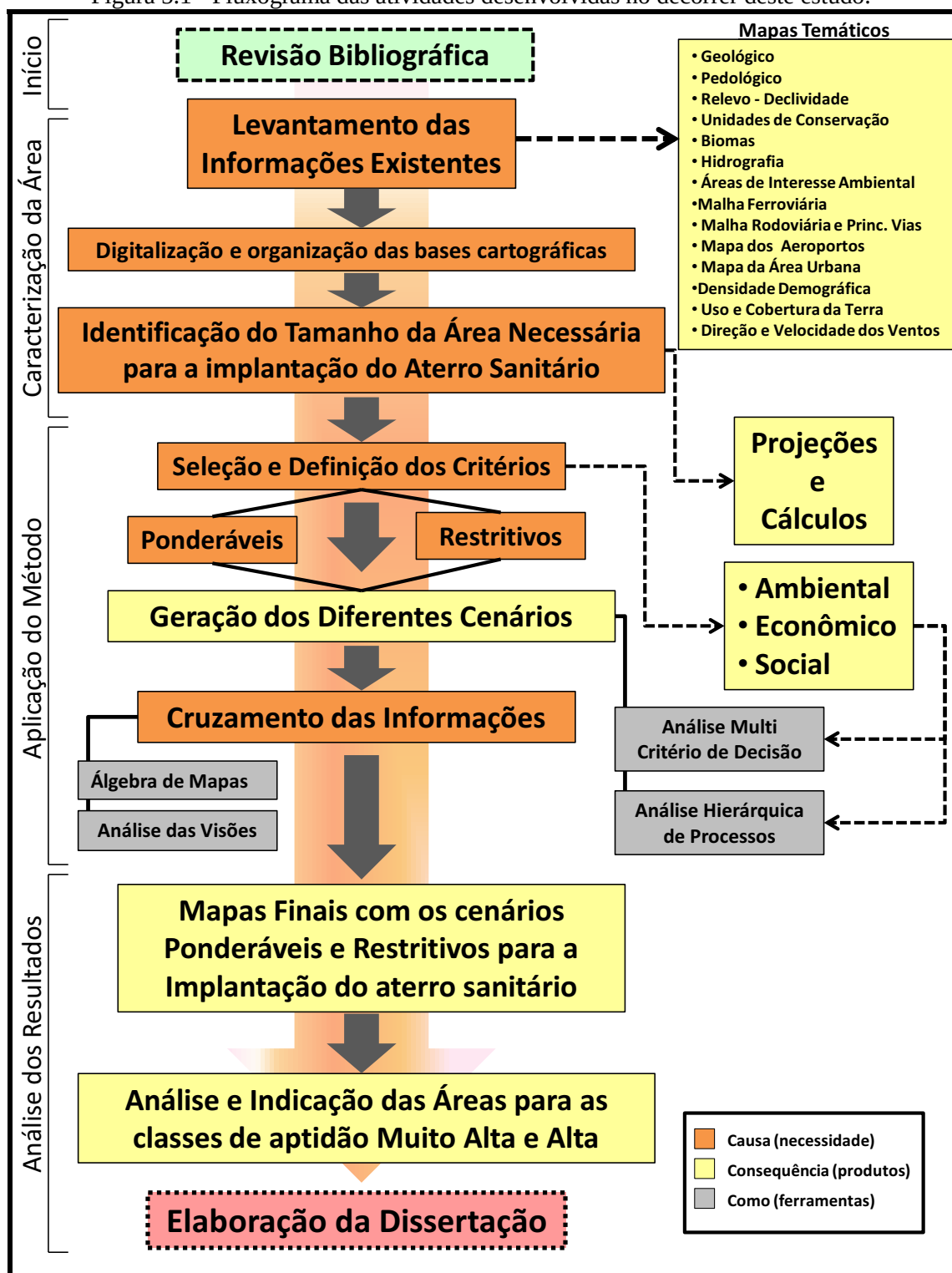
## 5 MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia e os procedimentos para a localização da área para a implantação de um novo aterro sanitário no município de Bauru-SP baseou-se nas seguintes etapas de trabalho:

- Etapa 1 - Revisão Bibliográfica;
- Etapa 2 - Levantamento de Informações Existentes para a Área de Estudo;
- Etapa 3- Digitalização das bases cartográficas (banco de dados espacial);
- Etapa 4 - Organização dos dados cartográficos sobre a área de estudo;
- Etapa 5 - Seleção preliminar do tamanho da área necessária para a construção do aterro sanitário;
- Etapa 6 - Seleção e definição dos critérios restritivos e ponderáveis e aplicação da metodologia proposta para gerar mapas finais com as áreas aptas para a implantação de um novo aterro sanitário no município de Bauru-SP;
- Etapa 7 - Análise dos Resultados, discussões e conclusão da dissertação;

Com a finalidade de organizar e elucidar as etapas desenvolvidas neste trabalho elaborou-se o fluxograma (Figura 5.1).

Figura 5.1 - Fluxograma das atividades desenvolvidas no decorrer deste estudo.



Essencialmente propõe-se neste trabalho trabalhar com três diferentes visões, nas quais os principais fatores Ambientais, Econômicos e Sociais fossem analisados primeiramente separadamente e posteriormente em conjunto. Isto é devido ao fato de que, além dos condicionantes ambientais, questões ligadas à operacionalidade e/ou

critérios socioeconômicos, buscam refinar o processo de indicação de locais aptos para instalação e dar suporte de qualidade para tomada de decisão do empreendimento CALIJURI *ET AL* (2002).

Os principais procedimentos desenvolvidos para a execução de cada uma destas etapas encontram-se descritos nos próximos itens.

## **5.1 Revisão Bibliográfica**

Neste primeiro momento pesquisaram-se sobre os assuntos relacionados aos resíduos sólidos, aterros sanitários, geoprocessamento, sistemas de informações geográfica, sensoriamento remoto e técnicas e metodologias para localização de áreas para a implantação de um aterro sanitário.

## **5.2 Levantamento de Informações Existentes**

Posteriormente, foram levantados dados junto aos órgãos públicos como Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados (SEADE), Departamento de Água e Esgoto de Bauru (DAE), Departamento de Água e Energia Elétrica do Estado de São Paulo (DAEE), Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB), Empresa Municipal de Desenvolvimento Urbano e Rural de Bauru (EMDURB), Secretaria Municipal do Meio Ambiente (Bauru-SP) (SEMMA), Plano de Manejo da Estação Ecológica de Bauru-SP (PMECB), Prefeitura Municipal de Bauru-SP (PMB), Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do estado de São Paulo (CETESB), Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – Serviço Geológico do Brasil (CPRM), Instituto Brasileiro de Florestas (IBF), Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA), Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), dentre outros.

Este levantamento foi realizado para se obter informações a respeito do município de Bauru-SP, sobre a problemática relacionada aos resíduos sólidos e a sua disposição final com o intuito de gerar mapas e tabelas para a área de estudo.

### **5.3 Digitalização das bases cartográficas (banco de dados espacial)**

Após a aquisição dos dados, passou-se para a etapa de digitalização das informações básicas necessárias, neste processo todos os dados que se encontravam no formato analógico foram passados para o formato digital, sendo que os dados *raster* foram vetorizados para a extração das informações como vias de acesso, rios, lagos, florestas, manchas urbanas, solos, tipo de uso e cobertura da terra, dentre outros, utilizando-se o software (ArcGIS).

### **5.4 Organização dos dados cartográficos sobre a área de estudo**

Os dados foram organizados segundo os temas de maneira a facilitar a compreensão e auxiliar tanto na elaboração dos mapas, como no uso de análise hierárquica de processos entre os fatores das três diferentes visões (Ambiental, Econômica e Social) para a localização das áreas para a implantação de um novo aterro sanitário no município de Bauru-SP.

#### **5.4.1 Clima**

Segundo Qasim e Chiang (1994), o fluxo de água que corre por um aterro sanitário leva com ele vários materiais dissolvidos e suspensos, geralmente quanto maior o fluxo de água através dos resíduos sólidos, mais contaminantes são carreados. Por este motivo é necessário saber exatamente a quantidade de chuva precipitada no entorno do aterro para que se possa realizar os cálculos de balanço de água e juntamente com dados de temperatura evaporação, evapotranspiração, escoamento superficial, infiltração, armazenamento de água no solo e percolação, realizar o balanço hídrico dentro do aterro.

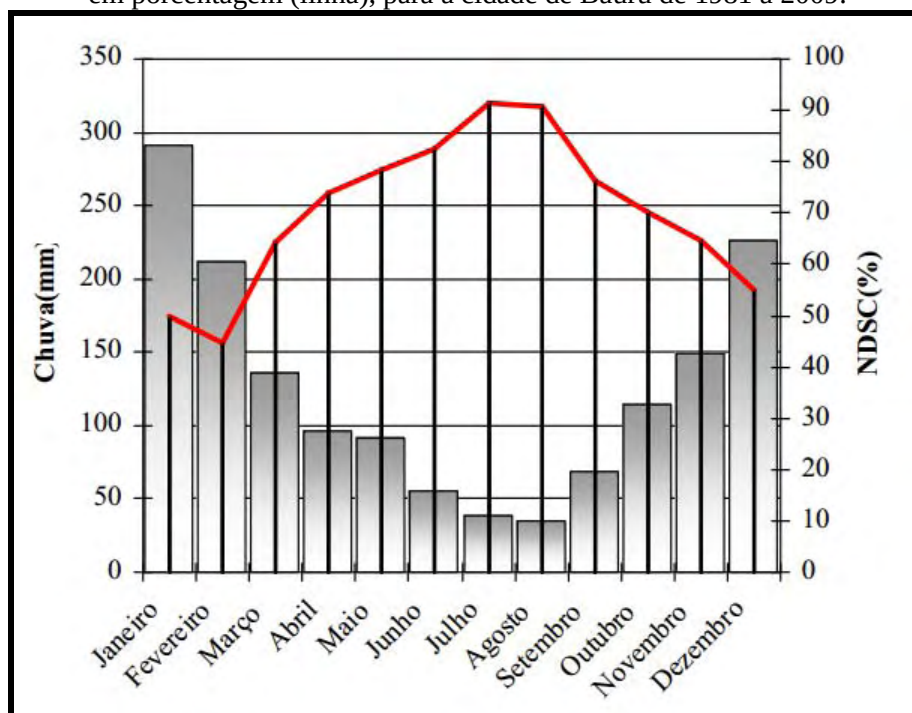
Uma definição utilizada até hoje para definir o clima é a de Sorre (1951), que diz que o clima é a série de estados da atmosfera acima de um lugar em sua sucessão habitual.

Em relação aos aspectos físicos e ambientais, a cidade de Bauru possui clima tropical (Aw) que, segundo a classificação de Koeppen, significa tropical chuvoso com inverno seco e mês mais frio com temperatura média superior a 18°C (CEPAGRI, 2010).

A temperatura média anual para a cidade de Bauru entre o período de 1981 a 2009 é de 22,7° C e a Amplitude Térmica - AmpT (diferença entre TMin e TMax) é de 11,5° C. As maiores AmpT médias se estendem desde o mês de julho a novembro. A temperatura mínima (TMin) média em Bauru varia entre 13,0 e 20,2° C, sendo o Recorde de toda a série de dados de 1,7° C, ocorrido no mês de julho. A temperatura máxima (TMax) média anual é de 28,5° C, variando entre 24,9 e 30,7° C e o recorde (RTMax) é de 39,5° C, ocorrido no mês de Novembro (FIGUEIREDO; PAZ, 2010)

Em relação à precipitação, observa-se que a estação chuvosa da cidade de Bauru está confinada no período de outubro a março, com destaque para o mês de janeiro que se apresenta como o mês mais chuvoso do ano, com média de 291 milímetros, seguidos dos meses de dezembro (226mm) e fevereiro (211) (Gráfico 5.1 - barras). O período seco consiste nos seis meses restantes, sendo julho o mês mais seco, que apresenta 91% dos dias sem ocorrência de chuvas, ao contrário do mês de janeiro, onde em metade dos dias, em média, não ocorre chuva na cidade de Bauru. Ainda no (Gráfico 5.1), a linha representa a porcentagem do NDSC, para o período de 1981-2009, onde observa-se que em cerca de 90% dos dias, dos meses de julho e agosto, não ocorre precipitação em Bauru, e que em cerca da metade dos dias de janeiro e fevereiro, em média, chove na cidade (FIGUEIREDO; PAZ, 2010).

Gráfico 5.1 – Média de chuva (barras) acumulada (mm) e Número de Dias Sem Chuva (NDSC) em porcentagem (linha), para a cidade de Bauru de 1981 a 2009.



Fonte: Figueiredo e Paz (2010).

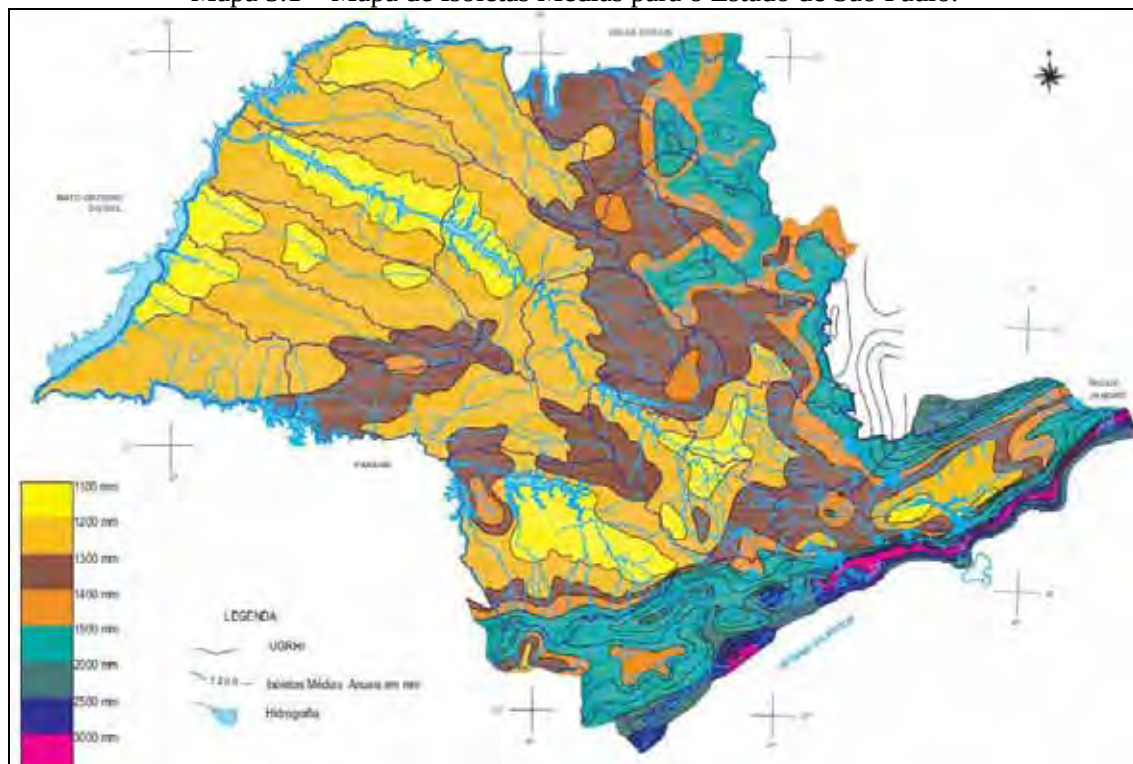
De acordo com Almeida Filho e Coiado (2001), as chuvas no município de Bauru são tipicamente tropicais convectivas, que se caracterizam por temporais violentos “trombas d’água”, com pancadas intensas e de curta duração. Essas chuvas ocorrem geralmente no final da tarde ou no início da noite e são escassas no outono e inverno e se concentram na primavera e verão.

Quanto à relação da localização de áreas para a implantação de aterros, o fator clima, e principalmente a precipitação pode vir a ser um problema, já que maior volume de precipitação geralmente gera maior produção de chorume. O chorume é formado pela digestão de matéria orgânica sólida, por ação de exo-enzimas produzidas por bactérias. A função dessas enzimas é solubilizar a matéria orgânica para que possa ser assimilada pelas células bacterianas. A umidade tem grande influência na formação do chorume já que um alto teor de umidade favorece a decomposição anaeróbia. A produção de chorume depende das condições peculiares de cada caso, principalmente da topografia, geologia, regime e intensidade das chuvas (SEGATO E SILVA, 2002).

Porém, para a área de estudo, observou-se que não existe uma grande diferença de precipitação que poderia favorecer uma área ao invés de outra de acordo com o Mapa de Isoietas médias para o Estado de São Paulo elaborado pelo Departamento de Água e Energia Elétrica - DAEE (Mapa 5.1), e este fator climático, portanto não influenciou neste estudo na escolha de áreas para a implantação de aterro sanitário para o município de Bauru-SP.



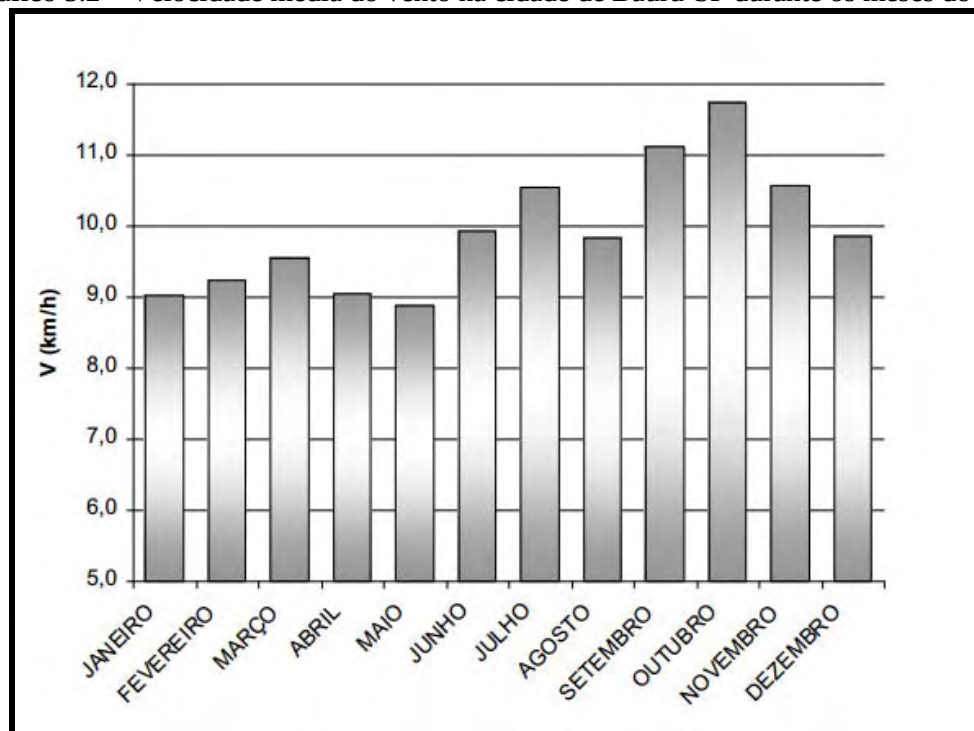
Mapa 5.1 – Mapa de Isoietas Médias para o Estado de São Paulo.



Outro fator relacionado ao clima que deve ser analisado é a direção e a intensidade dos ventos. Aconselha-se que o aterro sanitário não esteja localizado em uma área cujos ventos predominantes soprem na direção da área urbana, visto que, mesmo que o aterro seja bem operado, os odores provenientes da decomposição dos resíduos podem causar desconforto para a população. A lógica do processo é fazer com que o aterro fique localizado numa área onde os ventos passem primeiro pela área urbanizada e depois pelo aterro. O contrário constitui um cenário inadequado.

No município de Bauru, a velocidade média do vento é considerada de intensidade fraca, com velocidade média em torno de 9 km/h, de janeiro a maio e com um ligeiro incremento nos meses restantes do ano, variando entre próximas de 10 e 12 km/h (FIGUEIREDO; PAZ, 2010) (Gráfico 5.2).

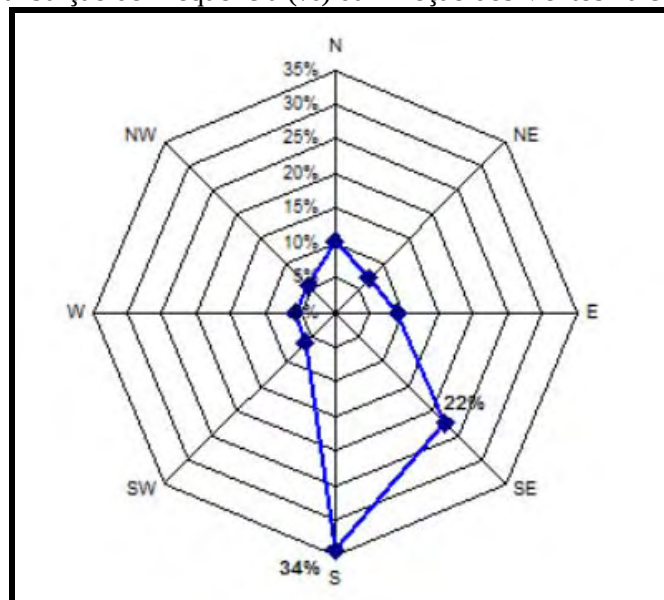
Gráfico 5.2 – Velocidade média do vento na cidade de Bauru-SP durante os meses do ano.



Fonte: Figueiredo e Paz (2010).

Já a predominância da direção do vento é bem definida pelos ventos de sul (34%), seguido do vento de sudeste (22%) (FIGUEIREDO; PAZ, 2010) (Gráfico 5.3).

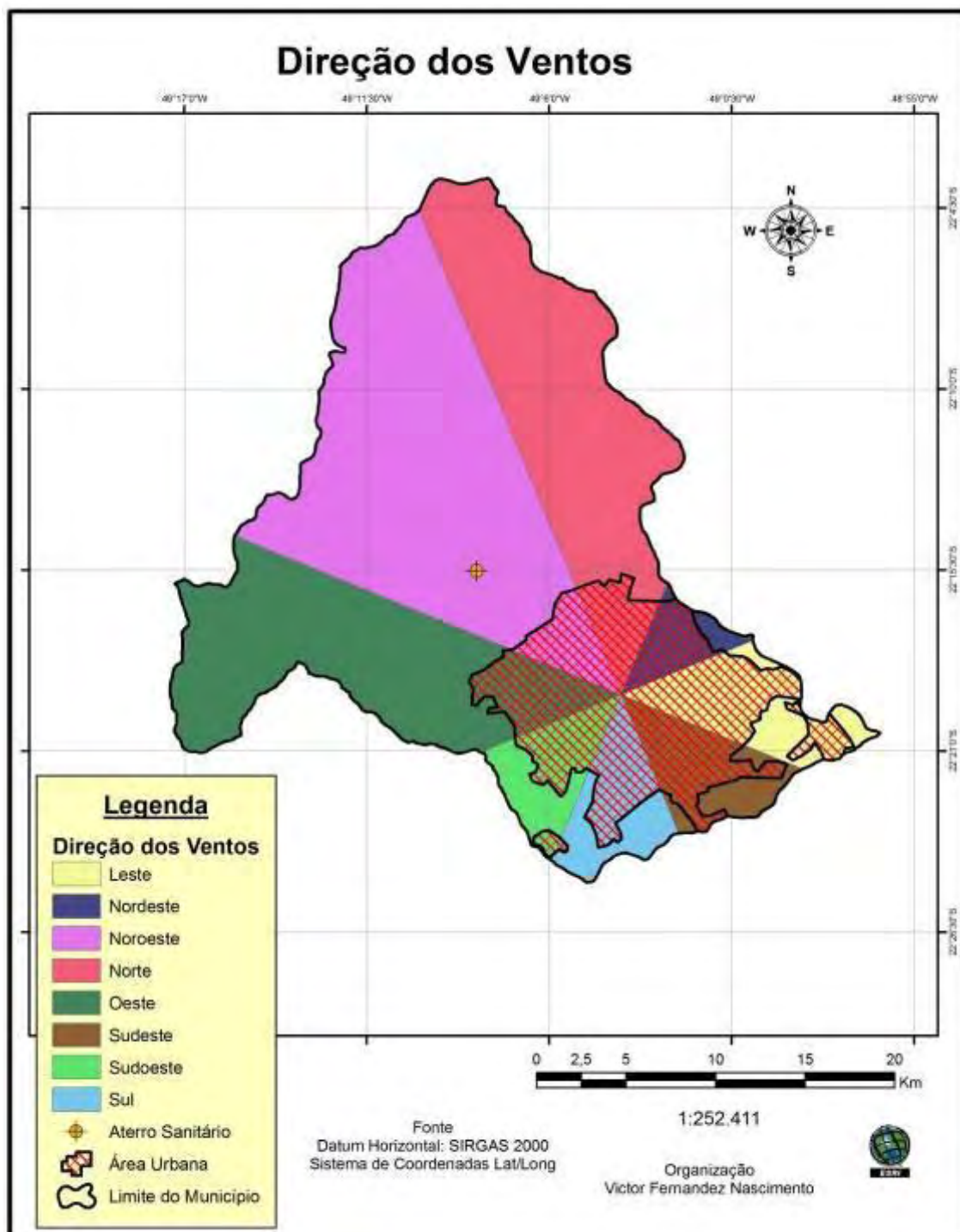
Gráfico 5.3 - Distribuição de Frequência (%) da Direção dos Ventos na cidade de Bauru-SP



Fonte: Figueiredo e Paz (2010).

Posteriormente, criou-se um Mapa de direções a partir da área central Urbana de Bauru-SP, com as classes Norte, Noroeste, Nordeste, Oeste, Leste, Sul, Sudoeste e Sudeste (Mapa 5.2).

Mapa 5.2 – Direções dos Ventos para o Município de Bauru-SP



Deste modo, considerou-se neste trabalho as direções dos ventos com um dos fatores dos critérios ponderáveis sociais. E para cada direção geográfica de acordo com

o (Mapa 5.2) foram atribuídas notas de tal forma que as áreas localizadas a sul e a sudeste da área urbana do município de Bauru recebessem notas inferiores às outras áreas segundo as direções geográficas (Tabela 5.1).

Tabela 5.1 – Direções Geográficas em relação à área urbana do município de Bauru-SP e suas notas para escolha de áreas para a implantação de aterro sanitário, levando em consideração as direções dos ventos como um dos fatores dos critérios ponderáveis sociais.

| <b>Direções Geográficas</b> | <b>Notas</b> | <b>Características</b> |
|-----------------------------|--------------|------------------------|
| Norte                       | 7            | Adequada               |
| Noroeste                    | 10           | Adequada               |
| Nordeste                    | 10           | Adequada               |
| Oeste                       | 10           | Adequada               |
| Leste                       | 8            | Adequada               |
| Sul                         | 3            | Inadequada             |
| Sudoeste                    | 9            | Adequada               |
| Sudeste                     | 4            | Inadequada             |

Pode-se perceber que as áreas Noroeste, Nordeste, Oeste, Sudoeste, Leste e Norte dentro do município de Bauru-SP são as que receberam melhor qualificação para a localização de um novo aterro sanitário, sendo que o atual aterro encontra-se na região Noroeste. Porém, calculando as áreas de cada direção geográfica a partir de um ponto central da área urbana temos as seguintes áreas em porcentagem (Tabela 5.2).

Tabela 5.2 – Áreas das diferentes direções geográficas para o município de Bauru-SP.

| <b>Direções Geográficas</b> | <b>Área (%)</b> | <b>Área sem Urbano (%)</b> |
|-----------------------------|-----------------|----------------------------|
| Norte                       | 22,45           | 25,94                      |
| Noroeste                    | 33,74           | 40,22                      |
| Nordeste                    | 2,42            | 0,69                       |
| Oeste                       | 20,81           | 22,81                      |
| Leste                       | 6,33            | 2,51                       |
| Sul                         | 4,87            | 3,05                       |
| Sudoeste                    | 4,31            | 2,66                       |
| Sudeste                     | 5,07            | 2,12                       |

As regiões Nordeste, Leste, Sudeste, Sul e Sudoeste, somadas representam cerca de 22,98% da área municipal, porém quando analisamos esta mesma área só que excluindo a área urbana essa representação cai para apenas 11,02%, isso acontece porque a área urbana está muito próxima ao limite municipal nestas regiões. Já as regiões Noroeste, Norte e Oeste, que foram as direções que receberam a melhor pontuação, juntas constituem 77% da área de todo o município de Bauru-SP. Porém, excluindo a área urbana, essa representação aumenta para aproximadamente 89%. Ou seja, grande parte da área urbana do município de Bauru não tem problemas relacionados às questões dos ventos.

### **5.4.2 Geologia**

O município de Bauru situa-se no Planalto Arenítico-Basáltico do Estado de São Paulo (Planalto Centro Ocidental Paulista), inserido na Bacia Sedimentar do Paraná.

Segundo Almeida Filho e Coiado, (2001), os principais tipos de rochas presentes são do Grupo Bauru, da época do Cretáceo Superior, que recobre rochas vulcânicas da formação Serra Geral, sendo o grupo Bauru representados pela formação Marília e Adamantina (Mapa 5.3).

Em relação ao embasamento geológico tem-se segundo o IPT (1981) que o município de Bauru em geral é constituído pelo Grupo Bauru, com predominância da Formação Marília nos interflúvios e da Formação Adamantina nos vales e porções mais baixas do terreno (Tabela 5.3).

De acordo com a classificação para o Grupo Bauru realizada por Fernandes (1998) temos as seguintes Formações: Vale do Rio do Peixe, Araçatuba, São José do Rio Preto, Presidente Prudente, Marília e Uberaba, sendo extinta a Formação Adamantina. Portanto, temos no município de Bauru a formação Vale do Rio do Peixe usualmente chamada de Formação Adamantina.

Mapa 5.3 - Mapa Geológico de Bauru-SP.

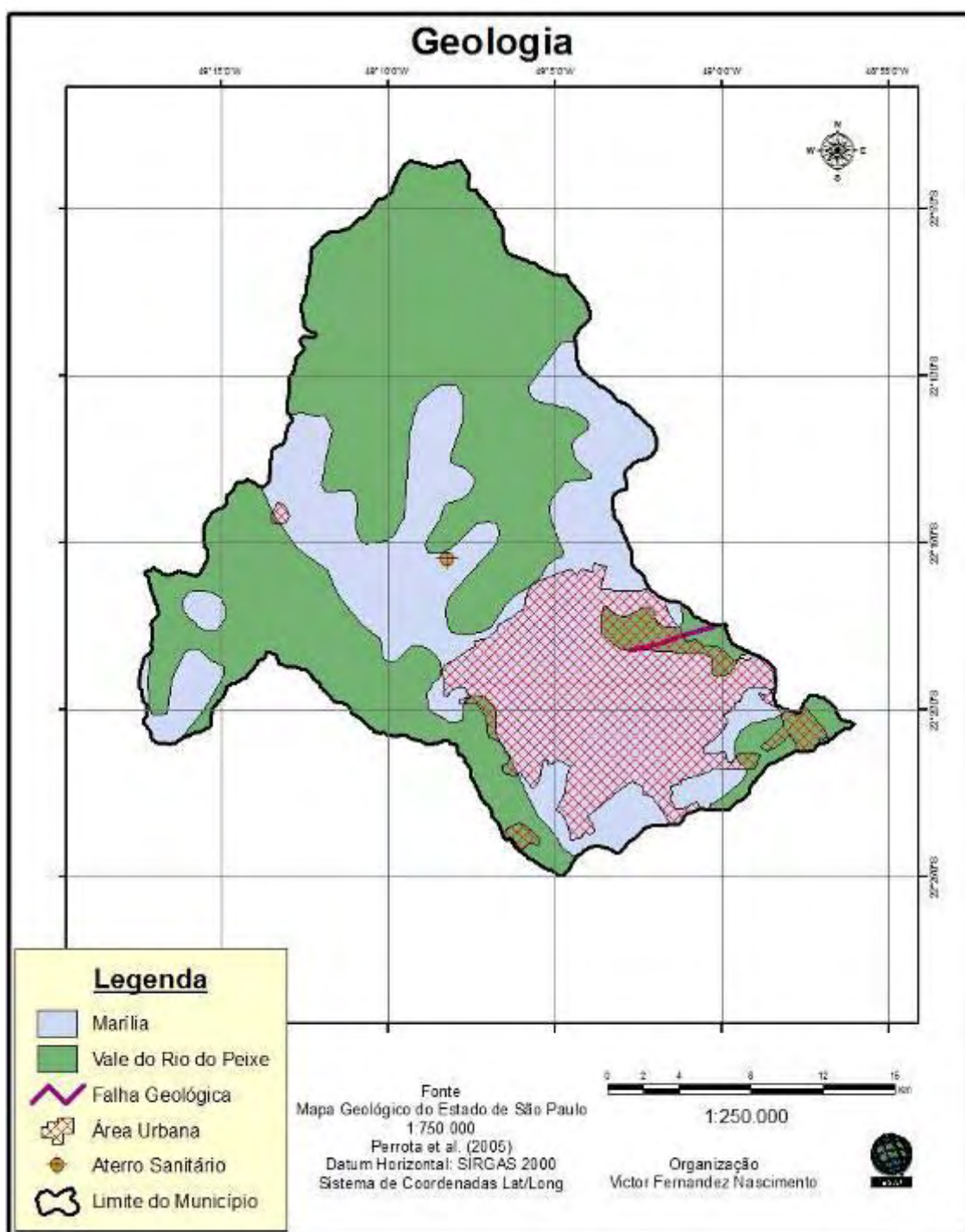


Tabela 5.3 - Porcentual dos tipos de rochas encontradas no município de Bauru-SP.

| <b>Geologia/Grupo Bauru</b> | <b>%</b> |
|-----------------------------|----------|
| Vale do Rio do Peixe        | 56,2     |
| Marília                     | 43,8     |

Comparando a representação espacial no município de Bauru-SP das duas formações geológicas encontradas, a Formação Vale do Rio do Peixe é a que apresenta uma área superior, com 56,2% do território municipal. Já a Formação Marília apresenta a área restante com 43,8%. Deste modo, não há predominância expressiva, de uma única formação geológica na área de estudo.

Em relação às características das duas Formações Geológicas, a Formação Adamantina apresenta maior quantidade de argila na sua descrição litológica, o que é um dos fatores que pode influenciar na diminuição da permeabilidade. Porém, a Formação Marília está sobre a Formação Adamantina e em ambas existe uma tendência de diminuição da argilosidade em direção ao topo do relevo. Ou seja, existe uma prevalência de depósitos mais arenosos, o que por sua vez aumenta a permeabilidade.

Por este motivo e discutindo com geólogos decidiu-se para este estudo que a geologia seria um dos critérios ponderáveis ambientais e que a Formação Marília receberia certa pontuação diferenciada na classificação de notas, de acordo com a (Tabela 5.4). Contudo ambas as formações recebem nota relativamente alta devido as suas características citadas anteriormente, porém antes da construção do aterro sanitário nos ensaios geotécnicos devem-se verificar em campo suas características geológicas particulares.

Tabela 5.4 – Notas atribuídas ao fator geologia dos critérios ponderáveis ambientais.

| <b>Formação Geológica</b>       | <b>Nota</b> |
|---------------------------------|-------------|
| Marília                         | 10          |
| Vale do Rio do Peixe/Adamantina | 7           |

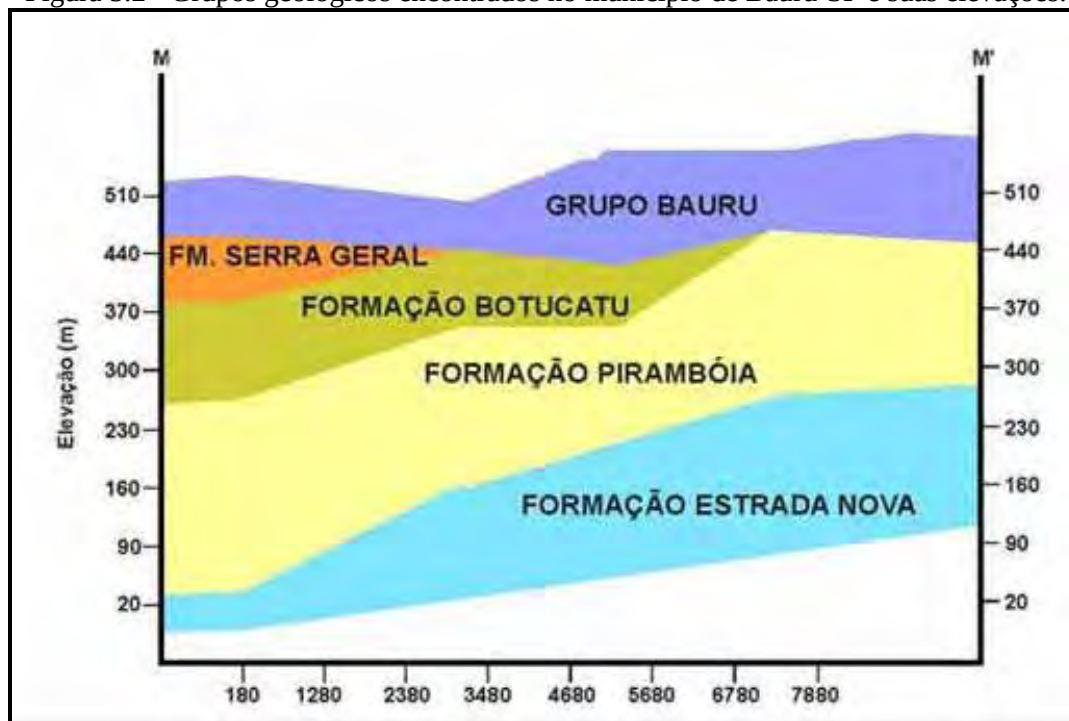
### 5.4.3 Aquíferos

Além disso, estas unidades geológicas são importantes, quando se trata dos aquíferos, já que a água subterrânea explorada na região de Bauru provém dos grupos Bauru e São Bento (formações Serra Geral, Botucatu e Pirambóia). O Grupo Bauru tem espessura média de 120 metros e constitui o aquífero superior, onde são perfurados poços mais rasos (Figura 5.2). Apesar de ser importante fonte de água no contexto local, caracteriza-se por ser um aquífero de baixa qualidade, pois apresenta coeficiente de permeabilidade muito variável, principalmente em função da variação textural (arenitos



finos alternados com banco de lamitos, siltitos e arenitos lamíticos) e também da presença de cimento e nódulos carbonáticos (LAGO et al., 2006).

Figura 5.2 - Grupos geológicos encontrados no município de Bauru-SP e suas elevações.



Fonte: DAE (2012)

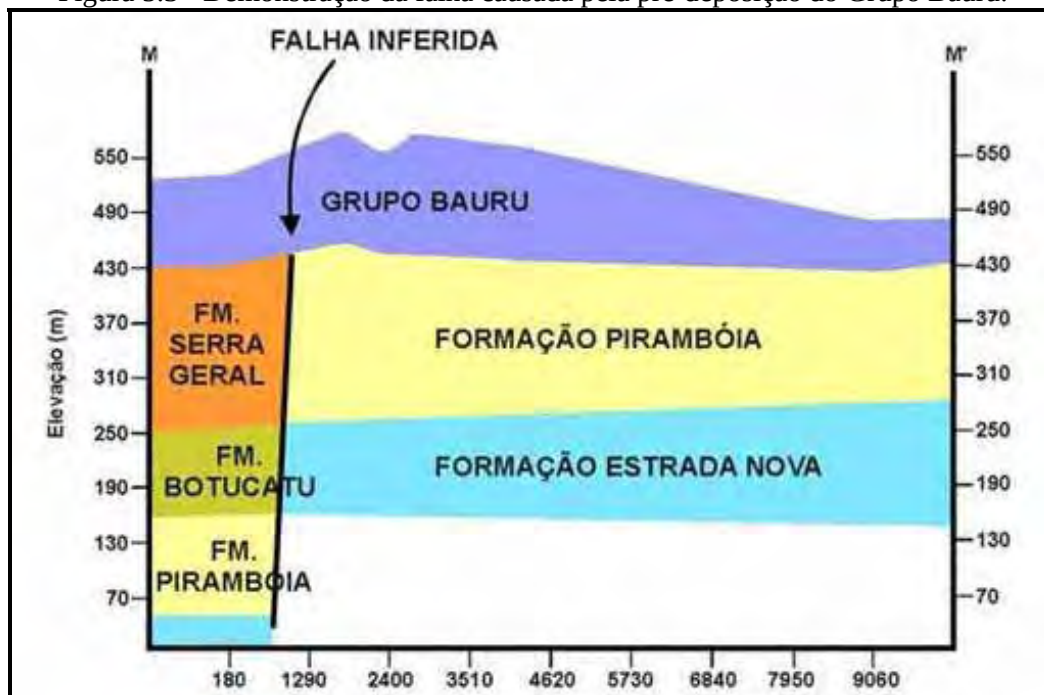
Segundo Boian (1995), o domínio do aquífero Bauru é formado por sedimentos de granulação média a muito fina: arenitos, siltitos e argilitos, com a presença de estruturas lenticular e cimento carbonático. A existência destes sedimentos intercalados formando camadas permeáveis e semi-permeáveis no perfil, confere a este aquífero a característica de baixa permeabilidade.

O Aquífero Guarani (no passado denominado aquífero Botucatu) é constituído pelas Formações Botucatu e Pirambóia, por serem consideradas como um meio hidráulico único (CAVAGUTI, 1994).

A Formação Botucatu, portanto onde se encontra o aquífero Guarani, que é o mais explorado em toda a região de Bauru-SP, localiza-se estratigraficamente abaixo da Formação Serra Geral, apresentando espessuras variáveis, sendo cortada algumas vezes por falhas (Figura 5.3) e outras vezes desaparecendo, devido a processos erosivos ocorridos em períodos de pré-deposição do Grupo Bauru (WATERLOO BRASIL, 2001).



Figura 5.3 - Demonstração da falha causada pela pré-deposição do Grupo Bauru.



Fonte: DAE (2012).

Sabendo desta importância da água subterrânea para o meio ambiente e para o abastecimento da população, criou-se como um dos fatores dos critérios restritivos ambientais para a implantação de aterro sanitário para o município de Bauru-SP a distância de 500 metros de falhas geológicas, já que estas são áreas consideradas como vulneráveis a contaminação dos aquíferos.

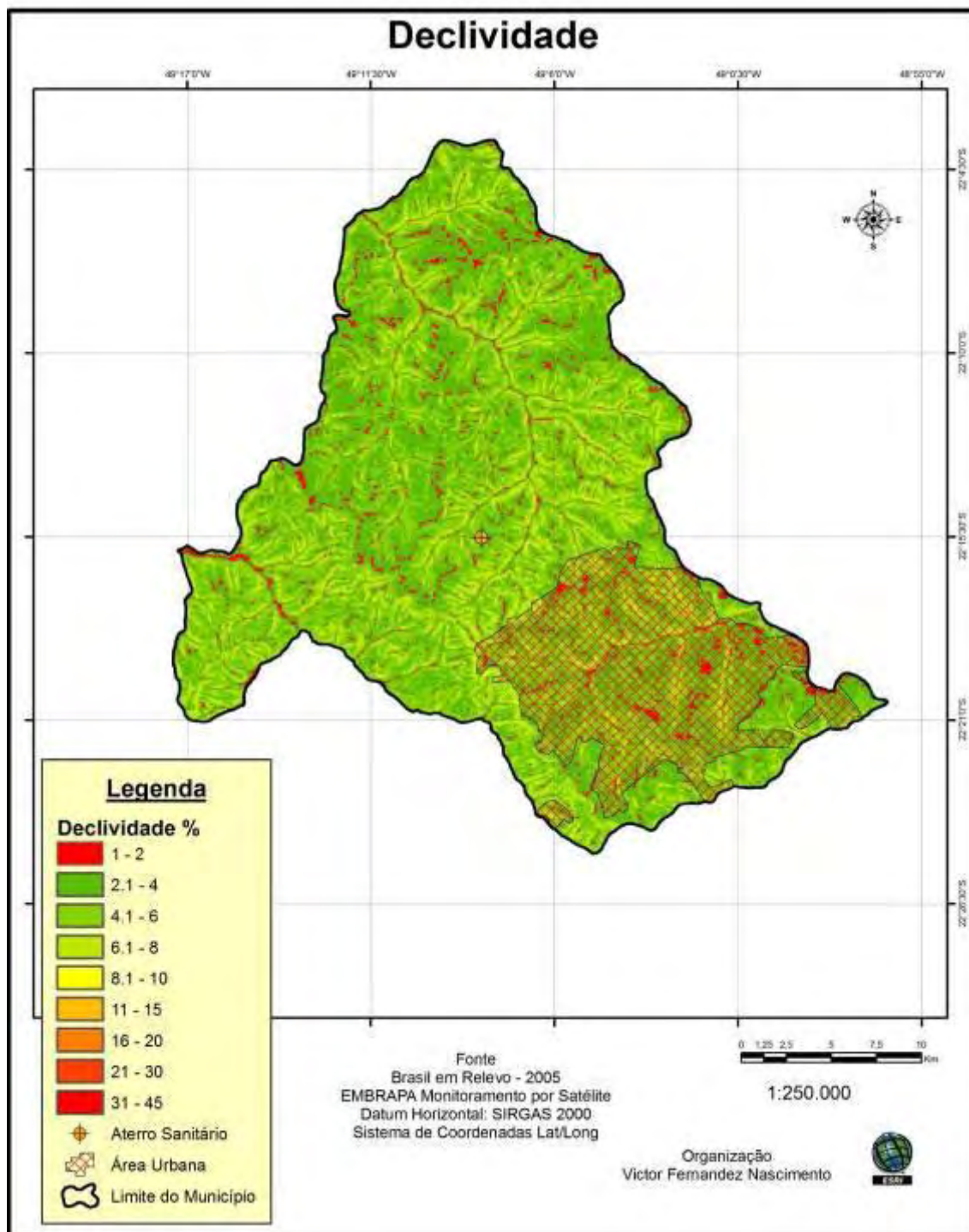
#### 5.4.4 Relevo

O relevo assume importância fundamental no processo de ocupação do espaço, fator que inclui as propriedades de suporte ou recurso, cujas formas ou modalidades de apropriação respondem pelo comportamento da paisagem e suas consequências (CASSETI, 2005).

A compartimentação geomorfológica do Estado de São Paulo compreende cinco províncias, são elas: Depressão Periférica, Cuestas Basálticas, Província Litorânea, Planalto Atlântico e Planalto Ocidental (IPT, 1981). De acordo com o Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo (ROSS & MOROZ, 1997), Bauru encontra-se na Bacia Sedimentar do Paraná, no planalto Centro Ocidental Paulista, cujos modelados dominantes são colinas amplas e baixas com altimetrias de 300 a 600 metros e declividades dominantes de 10 a 20%.

Foi elaborado para o município de Bauru-SP um mapa de declividade (Mapa 5.4), que foi um dos fatores ambientais utilizados como critérios ponderáveis e restritivos.

Mapa 5.4 - Mapa de declividade para o município de Bauru-SP.



As classes de aptidão dos intervalos de declividade para a implantação de aterro sanitários para os fatores ponderáveis e restritivos foram baseadas primeiramente na norma técnica NBR 13.896 (ABNT, 1997), que preconiza que são recomendadas para instalação do aterro sanitário áreas com declividade entre 1 e 30% e posteriormente em critérios operacionais, já que uma área com declividade entre 2 e 4% é considerada mais fácil de ser operada e trabalhar do que uma com declividade entre 25 e 30%. Desta forma adotaram-se como fator ambiental restritivo áreas com declividade menores que 2% e maiores que 30% e dividiram-se as classes para o fator ambiental ponderável segundo a (Tabela 5.5).

Tabela 5.5 – Notas atribuídas ao fator declividade dos critérios ponderáveis ambientais.

| <b>Declividade (%)</b> | <b>Nota</b> |
|------------------------|-------------|
| 0 – 2 %                | 0           |
| 2 – 4 %                | 10          |
| 4 – 6 %                | 9           |
| 6 – 8 %                | 8           |
| 8 – 10 %               | 7           |
| 10 – 15 %              | 6           |
| 15 – 20 %              | 5           |
| 20 – 25 %              | 4           |
| 25 – 30 %              | 3           |
| 30 – 45 %              | 0           |

Posteriormente foi montada uma tabela com as respectivas classes de declividades e porcentagens da área municipal (Tabela 5.6).

Tabela 5.6 – Área de declividades para cada intervalo.

| <b>Declividade (%)</b> | <b>Área (%)</b> |
|------------------------|-----------------|
| 0 ─ 2 %                | 4,6             |
| 2 ─ 4 %                | 16,52           |
| 4 ─ 6 %                | 26,62           |
| 6 ─ 8 %                | 23,37           |
| 8 ─ 10 %               | 15,83           |
| 10 ─ 15 %              | 12,27           |
| 15 ─ 20 %              | 0,76            |
| 20 ─ 25 %              | 0,03            |
| 25 ─ 30 %              | 0               |
| 30 ─ 45 %              | 0               |

Os dados da (Tabela 5.6) nos mostra que para o município de Bauru-SP, cerca de 4,6% de sua área se encontram no intervalo de declividade entre 0 e 2%, ou seja, dentro do fator restritivos ambientais. Para os outros intervalos de classes classificados, temos que 94,61% da área municipal estão dentro do intervalo de 2 a 15% de declividade e receberam as melhores notas nos critérios ponderáveis ambientais, ou seja, são áreas que não representam nenhum problema relacionado à declividade para a implantação do aterro sanitário.

#### 5.4.5 Solos

No mapa pedológico para o município de Bauru-SP, observa-se a ocorrência de apenas duas classes de solos: Latossolos Indiscriminados (54,2% de ocorrência) e Argissolos Indiscriminados (com 45,8% de ocorrência). Com a informação das classes de solo que ocorrem na área de estudo, foi possível obter informações na literatura sobre características físicas, químicas, biológicas e hidráulicas de cada classe de solo ocorrente (Mapa 5.5 e Tabela 5.7).

Mapa 5.5 - Mapa pedológico para o município de Bauru-SP

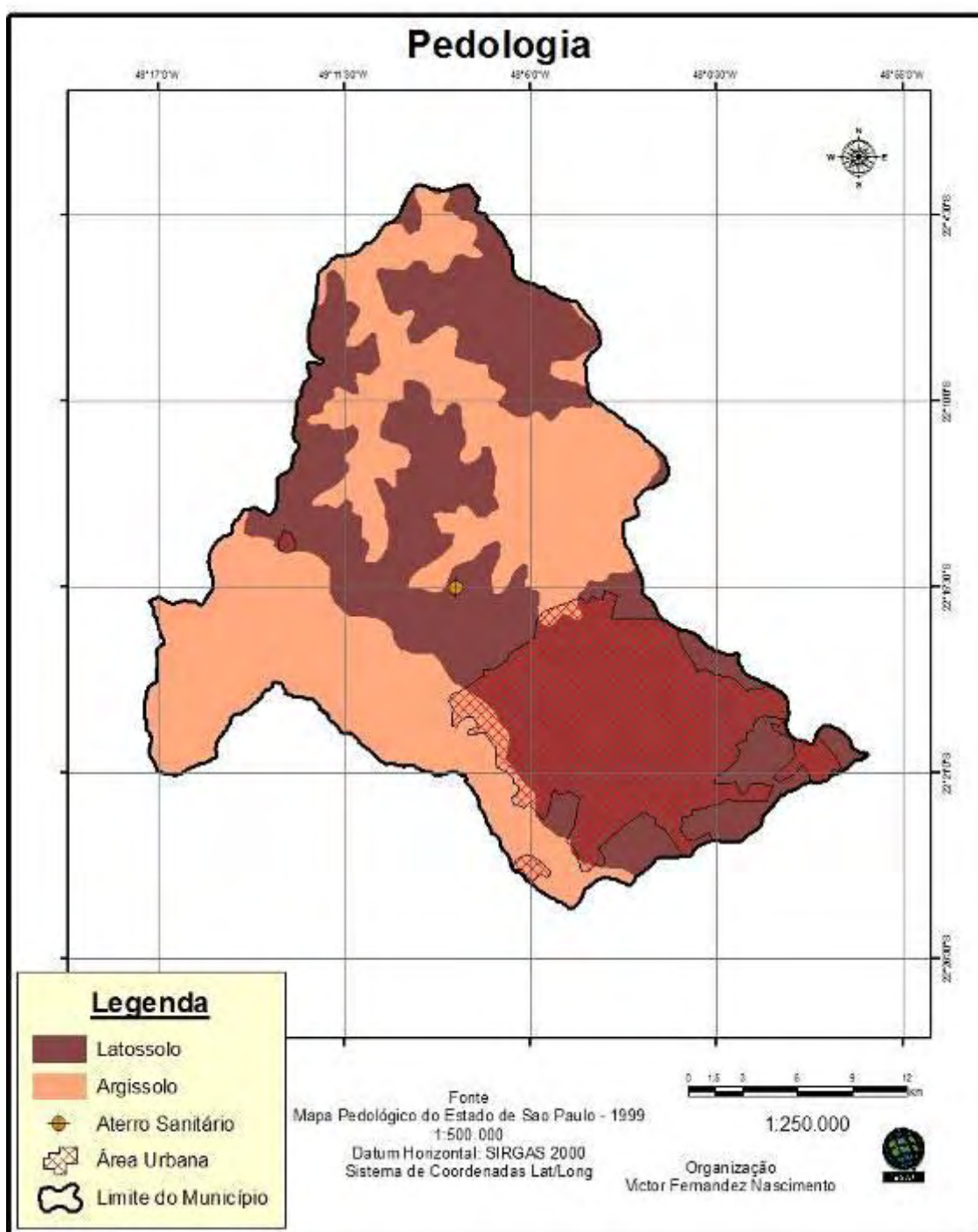


Tabela 5.7 - Porcentual das classes de solos encontrados no município de Bauru-SP

| Classes de Solo | %    |
|-----------------|------|
| Latossolos      | 54,2 |
| Argissolos      | 45,8 |

Em relação às classes de solos encontradas no município de Bauru, os Argissolos podem ser caracterizados, segundo a EMBRAPA, como solos minerais, não-hidromórficos, com horizonte A ou E (horizonte de perda de argila, ferro ou matéria orgânica, de coloração clara) seguido de horizonte B textural, com nítida diferença entre os horizontes, além de apresentarem profundidades variadas e ampla variabilidade de classes texturais. Neste tipo de solo, é normal encontrar erosões, principalmente em relevos acentuados.

Em relação ao outro principal tipo de solo encontrado na área de estudo, os Latossolos são caracterizados segundo a EMBRAPA, como solos minerais, não hidromórficos, profundos (normalmente superiores a 2 metros), com horizontes B muito espesso (maior que 50 centímetros) e sequência de horizontes A, B e C pouco diferenciados, as cores geralmente variam de vermelhas muito escuras a amareladas, em geral possui um aspecto poroso, com estrutura granular muito pequena, o que os torna muito macios quando secos e altamente friáveis quando úmidos.

A textura média dos Latossolos relaciona-se ao material de origem, os arenitos pertencentes à Formação Marília e à Formação Adamantina e estes solos encontram-se em áreas de relevo constituído por colinas amplas ou em topos aplainados das colinas medias. No sistema de relevo de colinas amplas, as observações de campo mostram que a cobertura latossólica ocupa praticamente toda a vertente, desde o seu topo até a sua porção inferior, próxima ao fundo de vale. No sistema de colinas médias, sua ocorrência limita-se ao topo, mas apenas quando é só ligeiramente convexo não muito estreito (SALOMÃO, 1994).

Considerando, estas duas Formações Pedológicas, pode-se dizer que os Argissolos apresentam maior teor de argila especialmente no horizonte subjacente, que é um dos principais fatores que influenciam na diminuição da permeabilidade, porém, sua camada impermeável não é muito espessa e em geral superficial, e acaba sendo removida durante o processo de construção do aterro sanitário. Isso não ocorre com os Latossolos porque este tipo de solo geralmente apresenta uma grande profundidade. Por este motivo e, discutindo com engenheiros civis e pedólogos, decidiu-se que a pedologia seria um dos critérios ponderáveis ambientais para este estudo e que os Latossolos iriam receber certa vantagem em relação aos Argissolos na classificação de notas, de acordo com a (Tabela 5.8), contudo, ambos os tipos receberiam uma nota alta devido às características citadas anteriormente.

Tabela 5.8 – Notas atribuídas ao fator pedologia dos critérios ponderáveis ambientais.

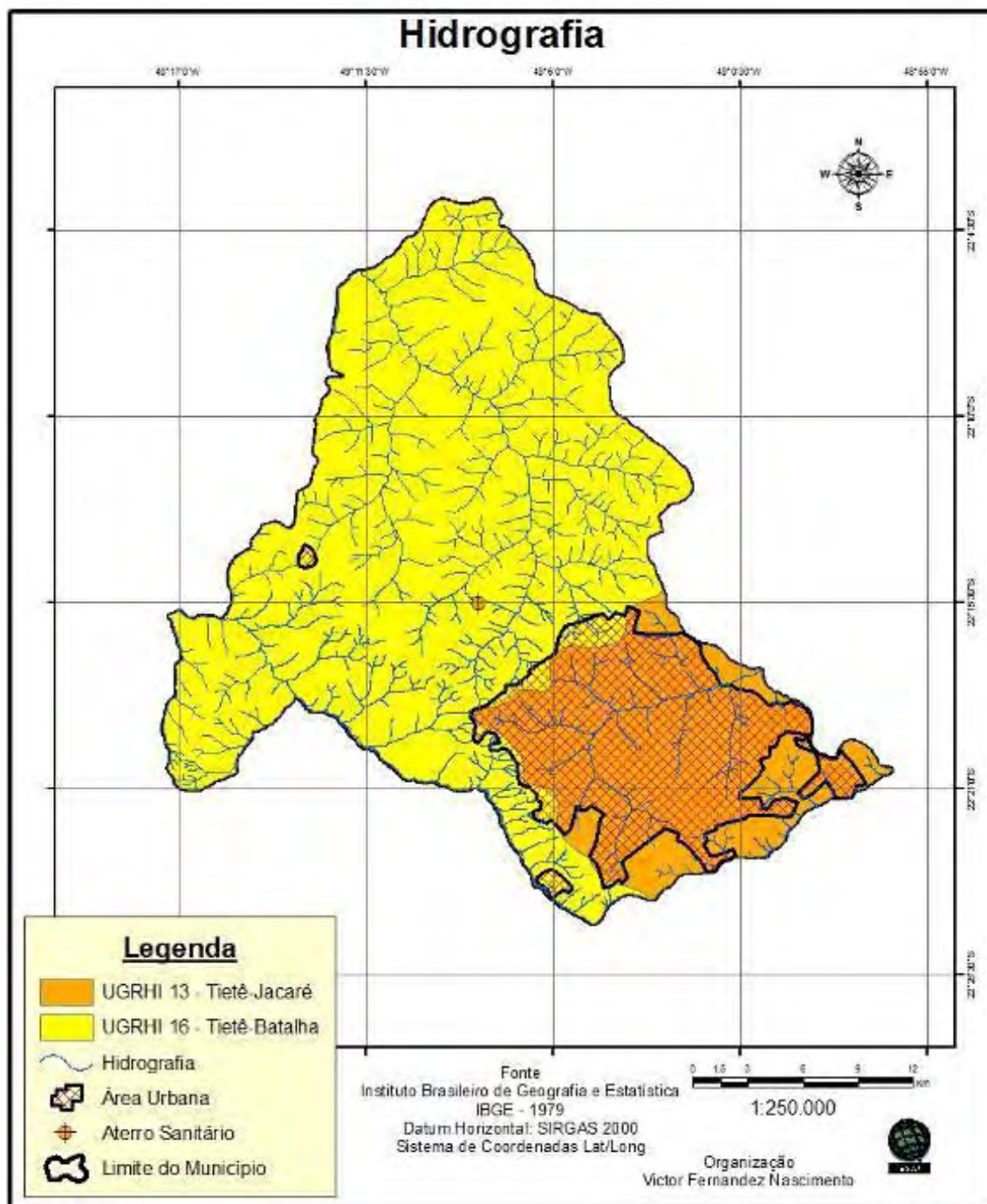
| <b>Formação Pedológica</b> | <b>Nota</b> |
|----------------------------|-------------|
| Latossolos                 | 10          |
| Argissolos                 | 7           |

#### 5.4.6 Hidrografia

Os principais rios da cidade de Bauru são os rios Batalha e Bauru. O município de Bauru drena suas águas para duas Bacias Hidrográficas que dividem o município: a do Rio Batalha, ocupando 500 km<sup>2</sup>, ocorrente em 75% da área municipal, pertencente à Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos - UGRHI Tietê-Batalha e a Bacia Hidrográfica do Rio Bauru e Córrego Campo-Novo, integrantes da UGRHI Tietê-Jacaré, ocupando cerca de 168 km<sup>2</sup> ou cerca de 25%, da área municipal total de 668 km<sup>2</sup> (Mapa 5.6) (DAE, 2012).



Mapa 5.6 - Mapa da hidrografia de Bauru com as UGRHI



A área urbana de Bauru situa-se quase integralmente na Bacia Hidrográfica do Rio Bauru. É dividida em diversas sub-bacias hidrográficas ou áreas de drenagem, que por sua vez pertencem a Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos - UGRHI 13 – Tietê – Jacaré. Segundo o relatório da situação dos recursos hídricos no estado de São Paulo, (2011), esta UGRHI possui uma área de drenagem de 11.779 km<sup>2</sup> e uma



população de 1.462.855 habitantes, sendo o município de Bauru um dos mais populosos e povoados, junto com São Carlos e Araraquara.

Segundo o relatório de qualidade das águas superficiais no estado de São Paulo, elaborado pela CETESB (2011), Bauru retira água para abastecimento da população do rio Batalha, o qual se encontra na UGRHI 16 – Tietê-Batalha. Este curso d'água apresenta o Índice de Qualidade de Água para Fins de Abastecimento Público – IAP e o Índice de Qualidade de Proteção da Vida Aquática – IVA considerados bons. Porém a cidade deposita seus rejeitos de esgoto no Rio Bauru, que se encontra na UGRHI 13 – Tietê-Jacaré. Apesar de cerca de 96% dos esgotos dentro do município serem coletados, apenas 0,3% são tratados, isso pode ser comprovado pelo Índice de Estado Trófico da Água – IET, a qual se encontra no estado oligotrófico para o rio Batalha, e supereutrófico para o rio Bauru.

Destaca-se que até 2009 ainda não havia qualquer sistema de tratamento de efluentes implantado no município de Bauru-SP, que isoladamente foi responsável pelo lançamento de 41% da carga orgânica doméstica na UGRHI - 13, equivalentes a 46.158 kg DBO/dia (Relatório da Situação dos Recursos Hídricos no Estado de São Paulo, 2009).

A fim de preservar os recursos hídricos, considerou-se como áreas restritas para a implantação de aterro sanitário a largura de 200 metros de todos os cursos d'água (Mapa 5.7), para atender o que foi determinado pela Portaria Minter de nº 124, de 20 de agosto de 1980, a qual estabelece normas para a localização de indústrias potencialmente poluidoras junto às coleções hídricas, que no seu capítulo 1 diz o seguinte, “Quaisquer indústrias potencialmente poluidoras, bem como as construções ou estruturas que armazenam substâncias capazes de causar poluição hídrica, devem ficar localizadas a uma distância mínima de 200 (duzentos) metros das coleções hídricas ou cursos d'água mais próximos.” Estas áreas são espacializadas dentro do município de acordo com a (Tabela 5.9).

Mapa 5.7 - Mapa de Áreas de Restrição pela proximidade dos recursos hídricos superficiais para o município de Bauru-SP

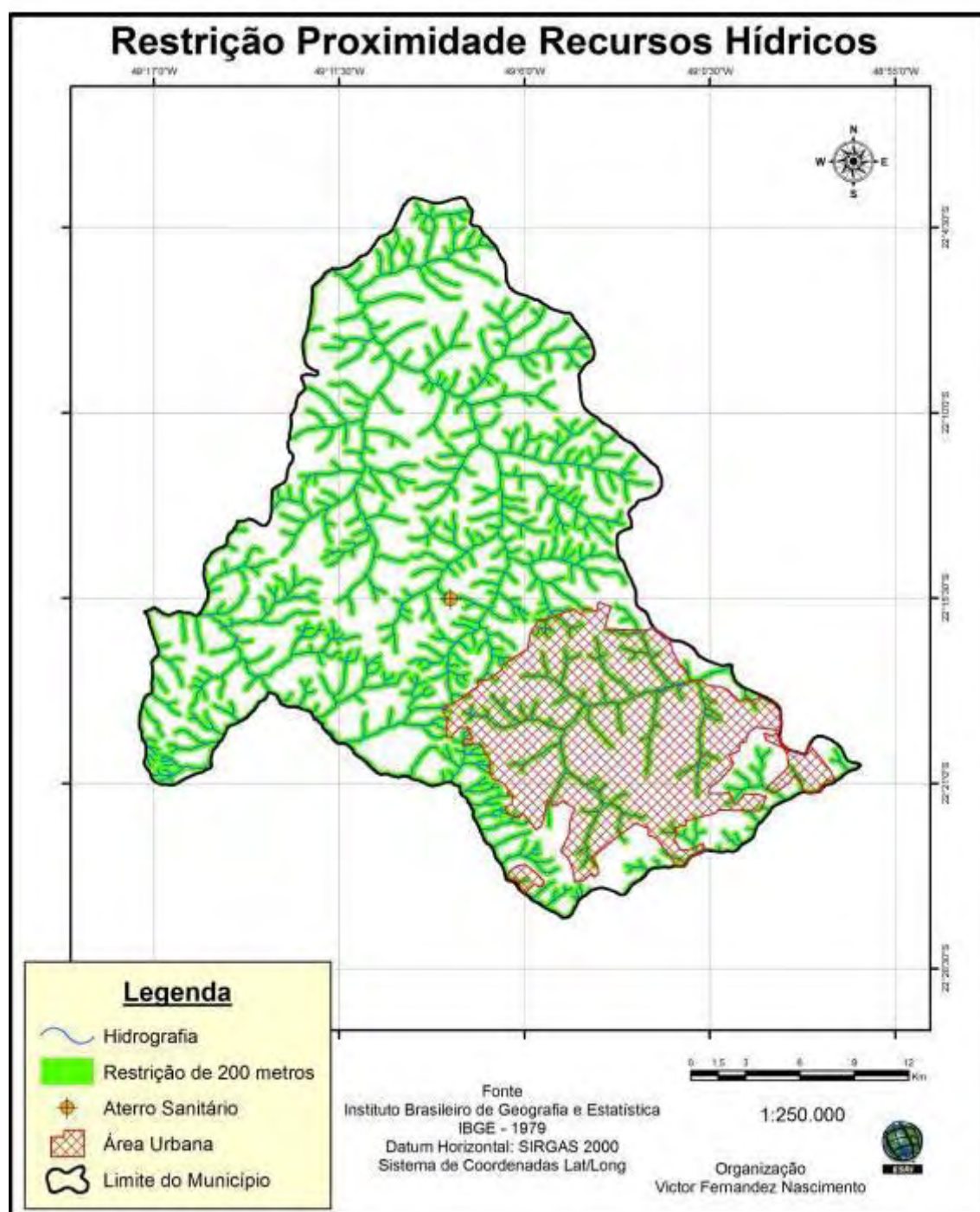


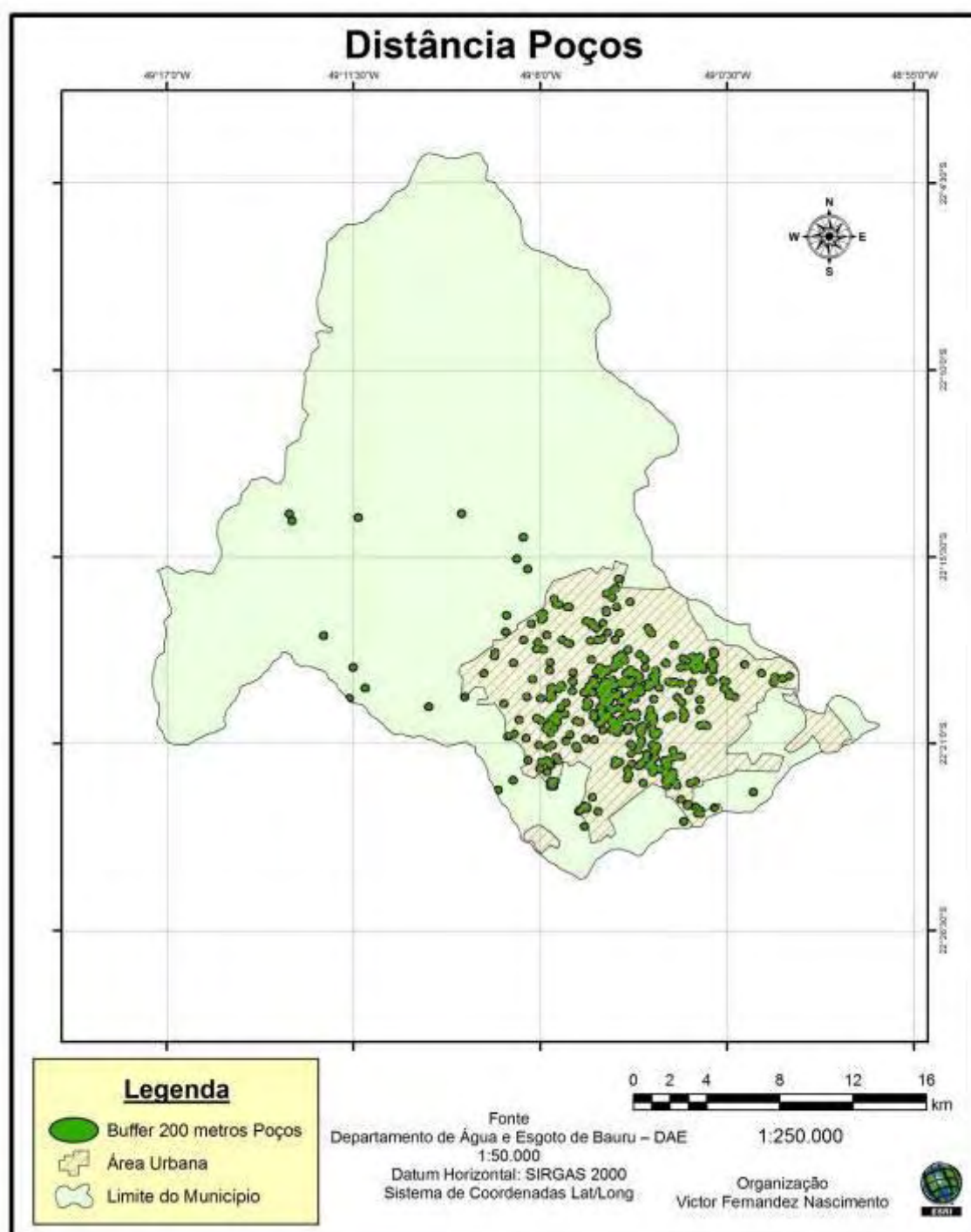
Tabela 5.9 – Áreas relacionadas à proximidade de recursos hídricos

| <b>Critério</b>              | <b>%</b> |
|------------------------------|----------|
| Área < 200 metros (restrita) | 42,2     |
| Área > 200 metros            | 57,8     |

Levando em consideração apenas este fator, teríamos no município de Bauru-SP, cerca de 42,2% de toda a sua extensão territorial, na categoria de área de preservação, onde não poderia ser implantado o novo aterro sanitário.

Além dos recursos hídricos superficiais, deve-se tomar cuidado com a poluição dos recursos hídricos subterrâneos, já que segundo a SEMMA e o DAE (2012) um valor próximo de 60% da água consumida por dia na cidade de Bauru-SP são extraídas de poços. Por este motivo considerou-se como um dos fatores dos critérios restritivos ambientais as distâncias de 200 metros destes poços (Mapa 5.8).

Mapa 5.8 – Mapa de Poços com buffer de 200 metros



Analisando apenas este critério restritivo estima-se que 5,22% de toda a área municipal não poderiam servir para a implantação do aterro sanitário. Porém, como a maioria dos poços se encontram na área urbana, que já é um dos fatores restritivos sociais, foram analisadas as áreas dos poços que se encontram na área rural, e elas

apresentam cerca de 2,77 km<sup>2</sup> o que significa aproximadamente 0,4 % de toda a área municipal (Tabela 5.10).

Tabela 5.10 – Áreas dos Poços para o município de Bauru-SP

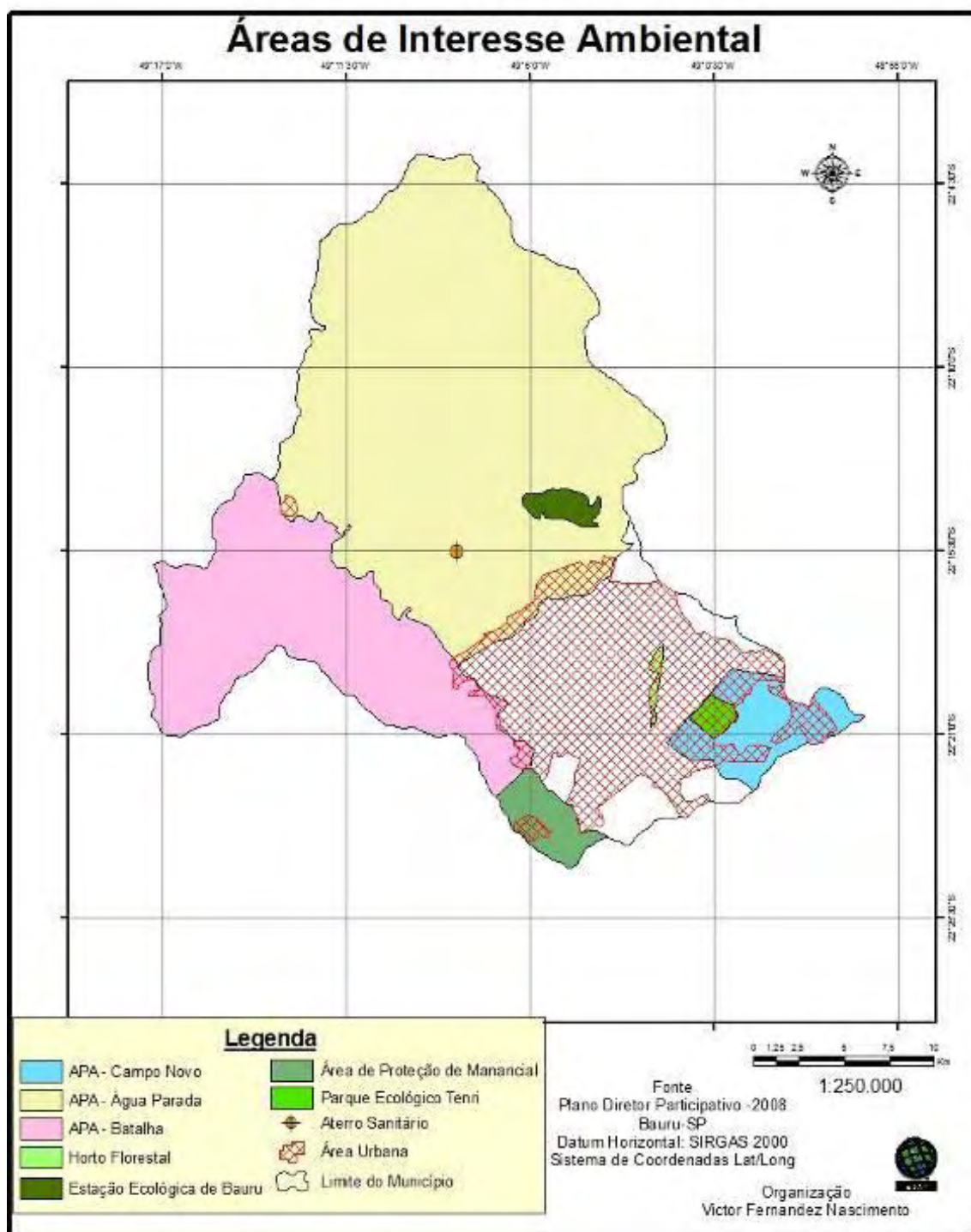
| <b>Poços</b> | <b>Área em km<sup>2</sup></b> | <b>Áreas dos poços relacionados à área municipal</b> |
|--------------|-------------------------------|------------------------------------------------------|
| Urbanos      | 32,57                         | 4,81%                                                |
| Rurais       | 2,77                          | 0,4 %                                                |
| Total        | 35,34                         | 5,22 %                                               |

Vale ainda ressaltar que existe um número grande de poços profundos, ou mesmo caseiros, por toda a cidade de Bauru e que não são cadastrados, nem possuem a devida outorga do DAEE – Departamento de Água e Energia Elétrica do Estado de São Paulo. Um dos grandes problemas do município é a retirada excessiva de água subterrânea e a contaminação causada pelos resíduos, esgoto, produtos químicos e agrotóxicos.

#### 5.4.7 Áreas de Interesse Ambiental

Além das áreas próximas aos recursos hídricos superficiais e dos poços de extração de águas subterrâneas, outras áreas são consideradas importantes do ponto de vista ambiental. São as Unidades de Conservação. De acordo com a Lei Federal nº 9.985 de 18 de julho de 2000, que instituiu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC, elas se dividem em dois grupos, o primeiro são as unidades de proteção integral como Estações Ecológicas, Reserva Biológica, Parque Nacional, Monumento Natural e Refúgio da Vida Silvestre. Dentre as unidades de conservação de proteção integral se encontram no município de Bauru, a Estação Ecológica de Bauru também conhecida como Estação Ecológica Sebastião Aleixo da Silva, e o Parque Ecológico Tenri. Do grupo das unidades de uso sustentável como as Áreas de Proteção Ambiental, Áreas de Relevante Interesse Ecológico, Floresta Nacional, Reserva Extrativista, Reserva de Fauna, Reserva de Desenvolvimento Sustentável e Reserva Particular de Patrimônio Natural, se encontram no município de Bauru três Áreas de Proteção Ambiental (Campo Novo, Água Parada e Batalha) e duas Áreas de Relevante Interesse Ecológico: o Horto Florestal e uma Área de Proteção de Manancial definida pela prefeitura no Plano Diretor Participativo de 2008 do rio Batalha (Mapa 5.9).

Mapa 5.9 - Mapa com as áreas de interesse ambiental do município de Bauru-SP.



As Áreas de Proteção Ambiental podem ser consideradas unidades de conservação relativamente novas, e foram criadas com base na Lei Federal, nº 6.902 de 27 de abril de 1981, que estabelece no artigo 8º: “que quando houver relevante interesse público, os poderes executivos Federal, Estadual e/ou Municipal poderão declarar

determinadas áreas do Território Nacional como de interesse para a proteção ambiental, a fim de assegurar o bem-estar das populações humanas e conservar ou melhorar as condições ecológicas locais.”.

Segundo a resolução CONAMA nº 10 de dezembro de 1988 no artigo 2º, “visando atender aos seus objetivos, as APA’s terão sempre um Zoneamento Ecológico-Econômico. Parágrafo único: O zoneamento acima referido estabelecerá normas de uso, de acordo com as condições locais bióticas, geológicas, urbanísticas, agro-pastoris, extrativistas, culturais e outras.” Além disso, nos artigos 6º, 7º e 8º são demonstrados os tipos de uso e atividades que podem ser implantados nas APAs, além das exigências que devem ser determinadas pelos órgãos reguladores.

Segundo a Secretária do Meio Ambiente, do governo do Estado de São Paulo (2011), as APAs destacam-se por serem também unidade de gestão integradas que buscam traduzir na prática o desafio do desenvolvimento sustentável, procurando harmonizar a conservação e a recuperação ambiental e as necessidades humanas. Dentro das APAs podem coexistir áreas urbanas e rurais, com suas atividades socioeconômicas e culturas, e não é exigida a desapropriação pelo poder público.

Portanto, levando em consideração todas estas áreas de interesse ambiental do grupo 1, como o Parque Ecológico Tenri, a Estação Ecológica de Bauru e o Horto Florestal (Mapa 5.9), foram consideradas como um dos fatores restritivos ambientais e não poderão de nenhuma maneira servir como área para a implantação do novo aterro sanitário já que são unidades de proteção integral, de acordo com a Lei Federal nº 9.985 de 2000. Caso haja a possibilidade de se instalar o aterro próximo destas áreas, devem-se realizar estudos para determinar qual a zona de amortecimento e tomar cuidados para que não ocorra nenhuma influência negativa do aterro na preservação e proteção ambiental.

Em relação às unidades de uso sustentável, dentre elas as Áreas de Proteção Ambiental – APA (Campo Novo, Água Parada e Batalha), que de acordo com a resolução CONAMA nº10 de 1988, precisa ter definido o Zoneamento Ecológico-Econômico, que determinará os usos e atividades que podem ser implantados. Temos para a questão da deposição de resíduos sólidos, a legislação municipal de Bauru, que impõe algumas condições para as APAs municipais (Tabela 5.11):

Tabela 5.11 - Legislação das APAs de Bauru-SP em relação a deposição de Resíduos

| <b>Área de Preservação Ambiental – APA</b> | <b>Legislação Municipal</b>            | <b>Condições para deposição de resíduos sólidos</b>                                                                                                                                                                                                                            |
|--------------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Batalha                                    | Lei nº 4.296 de 07 de abril de 1998    | No artigo 9º fica explícito que é proibida a deposição de resíduos sólidos urbanos como o lixo doméstico.                                                                                                                                                                      |
| Campo Novo                                 | Lei nº 4.605 de 27 de novembro de 2000 | No artigo 10º fica explícito que é proibida a deposição de resíduos sólidos urbanos como o lixo doméstico.                                                                                                                                                                     |
| Água Parada                                | Lei nº 4.704 de 18 de julho de 2001    | No artigo 9º fica explícito que é proibido a deposição de resíduos sólidos urbanos como lixo doméstico sem a mais perfeita impermeabilização do solo, sendo que o chorume deve ser tratado e recirculado sobre os resíduos, ficando vetado o seu lançamento nos corpos d'água. |

No que se refere ao licenciamento ambiental de empreendimentos em APAs, caso se encontre uma área própria para a implantação de um aterro dentro de alguma das APAs de Bauru, deve-se seguir os procedimentos usuais já estabelecidos pelo Sistema Estadual do Meio Ambiente. Nos casos onde é requerida a Licença Ambiental por parte dos órgãos estaduais, o pedido deve ser iniciado numa das Agências Estaduais da CETESB e/ou DEPRN, dependendo das características do empreendimento ou atividade. No caso da obra a ser licenciada estar situada dentro dos limites de uma APA não regulamentada, o processo é encaminhado para apreciação da Divisão de Áreas Especiais - DAE, que é a área responsável pelas APAs na Diretoria de Planejamento Ambiental Aplicado - DPAA, a qual por sua vez faz parte da Coordenadoria de Planejamento Ambiental - CPLA, da Secretaria de Estado de Meio Ambiente. Já nas APAs regulamentadas, a observância dos dispositivos legais referentes às APAs é feita diretamente para os órgãos licenciadores.

Considerando as unidades de conservação e as legislações sobre as APA de Bauru, observa-se que praticamente o município inteiro apresenta restrições em relação



à deposição de resíduos sólidos, sendo a APA Água Parada a única que permite de alguma forma e com algumas restrições a deposição de resíduos sólidos urbanos. Nesta Lei Municipal de nº 4.704 de 18 de julho de 2001, é exigido a perfeita impermeabilização do solo para a deposição de resíduos sólidos, o que um aterro sanitário deve obrigatoriamente apresentar. Além disso, ela indica que o chorume deve ser recirculado sobre os resíduos, prática que não está sendo mais utilizada ultimamente nos aterros sanitários brasileiros, a preferência é que este chorume seja carregado e tratado em alguma estação de tratamento de esgoto.

Para estas áreas de interesse ambiental do grupo 2 das unidades de uso sustentável foram considerados no primeiro momento como um dos critérios ponderáveis ambientais e, posteriormente, como um dos fatores dos critérios restritivos nos cenários mais severos. Deste modo, pode-se dizer que estas áreas poderão influenciar de maneiras diferentes na escolha da área para a implantação de um aterro sanitário.

#### **5.4.8 Biomas**

Com base no mapa de Biomas Brasileiros (IBGE, 2007), no município de Bauru encontram-se os biomas Cerrado e Mata Atlântica (Mapa 5.10). Considerando a área que ambos representam dentro do limite municipal de Bauru, pode-se dizer que o bioma Mata Atlântica, com aproximadamente 21,15 km<sup>2</sup> representa apenas 3,2% da área municipal, sendo localizada na parte Sudoeste, já os restantes 96,8%, fazem parte do bioma Cerrado (Tabela 5.12).

Mapa 5.10 - Mapa de Biomas para o município de Bauru-SP

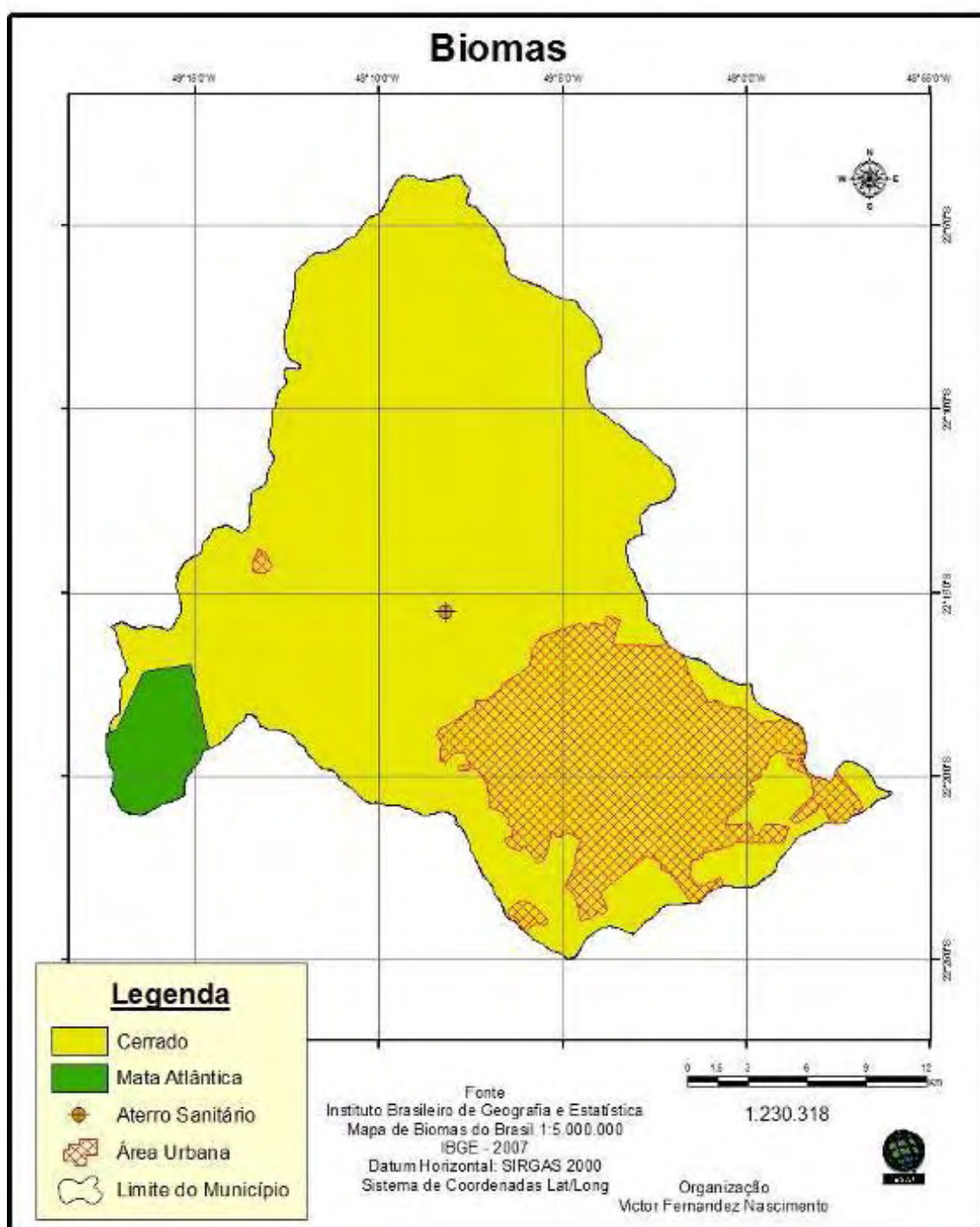


Tabela 5.12 - Biomas encontrados no município de Bauru-SP e suas áreas

| Bioma          | %    |
|----------------|------|
| Mata Atlântica | 3,7  |
| Cerrado        | 96,3 |

Os Biomas existentes foram considerados como critérios ponderáveis ambientais em que foi dada uma nota inferior a Mata Atlântica em comparação ao Cerrado (Tabela 5.13), pois esse bioma apresenta maior degradação, dando preferência para áreas do bioma Cerrado.

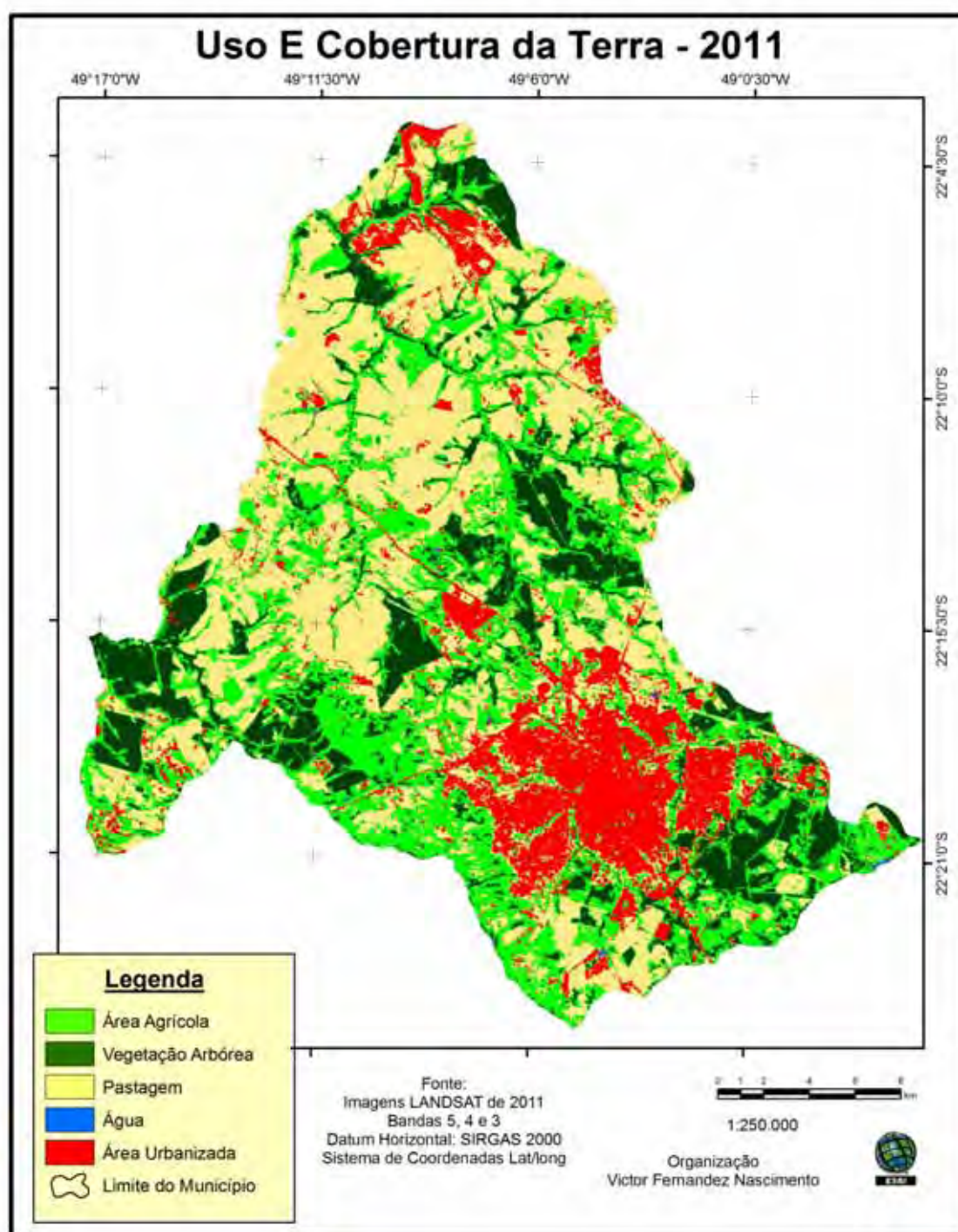
Tabela 5.13 - Atribuição de notas de acordo com os biomas para a escolha de áreas para a implantação de aterro sanitário no município de Bauru-SP

| <b>Biomas</b>  | <b>Notas ( 0 a 10)</b> |
|----------------|------------------------|
| Mata Atlântica | 7                      |
| Cerrado        | 10                     |

#### 5.4.9 Mapa de Uso e Cobertura da Terra

Foi realizado neste trabalho a elaboração de um mapa de uso e cobertura da terra, através de uma classificação supervisionada por pixel, utilizando o classificador de Máxima Verossimilhança, para a imagem do satélite LandSat bandas 5, 4 e 3 do ano 2011. Foram encontradas para o município de Bauru-SP cinco classes de uso e cobertura, são elas a água, área urbanizada, vegetação arbustiva, pastagem e área agrícola (Mapa 5.11).

Mapa 5.11 – Mapa de Uso e Cobertura da Terra para o município de Bauru no ano de 2011



O intuito neste trabalho foi verificar as principais classes de uso e cobertura da terra, para que este fosse um dos fatores dos critérios ponderáveis sociais, considerando a classe considerada urbanizada. Além disso, foi possível averiguar também o quanto ainda resta de remanescentes florestais, que se encontram dentro da classe da vegetação arbórea, atribuindo diferentes notas para cada uma destas classes presentes de acordo

com a (Tabela 5.14) em relação à aptidão para a localização de áreas para a implantação de aterro sanitário.

Tabela 5.14 - Atribuição de notas de acordo com as classes de Uso e Cobertura da Terra para o município de Bauru-SP no ano de 2011

| <b>Classes</b>    | <b>Notas ( 0 a 10)</b> |
|-------------------|------------------------|
| Água              | 0                      |
| Área Urbanizada   | 0                      |
| Vegetação Arbórea | 5                      |
| Área Agrícola     | 7                      |
| Pastagem          | 10                     |

Classes como água e área urbanizadas receberam a pior nota (zero). Já a classe de pastagem recebeu a melhor nota (dez), seguida das áreas agrícolas (sete) e das vegetações arbóreas (cinco). Isso significa que se priorizaram locais onde o uso fosse principalmente pastagem e áreas agrícolas dos demais tipos de classes.

Posteriormente foi calculada a área dentro do município para cada tipo de uso e cobertura da terra para verificar sua representatividade (Tabela 5.15).

Tabela 5.15 – Classes de uso e cobertura da terra para o município de Bauru-SP no ano de 2011 e suas áreas

| <b>Classes</b>    | <b>% da área municipal</b> |
|-------------------|----------------------------|
| Água              | 0,1                        |
| Área Urbanizada   | 15,6                       |
| Vegetação Arbórea | 17,1                       |
| Área Agrícola     | 29,8                       |
| Pastagem          | 37,4                       |

Foi possível perceber que as classes que receberam a pior nota, como Água e a Área Urbanizada, somadas cobrem 15,7% do município, sendo que a classe de Água é muito pouco representada (0,1%) para o município de Bauru-SP, porque não existe nenhum rio ou represa de grande porte, já a Área Urbanizada é bem representativa (15,6%) e tende a aumentar com o crescimento populacional no decorrer dos anos, diminuindo, portanto, as áreas disponíveis para a implantação do aterro sanitário.

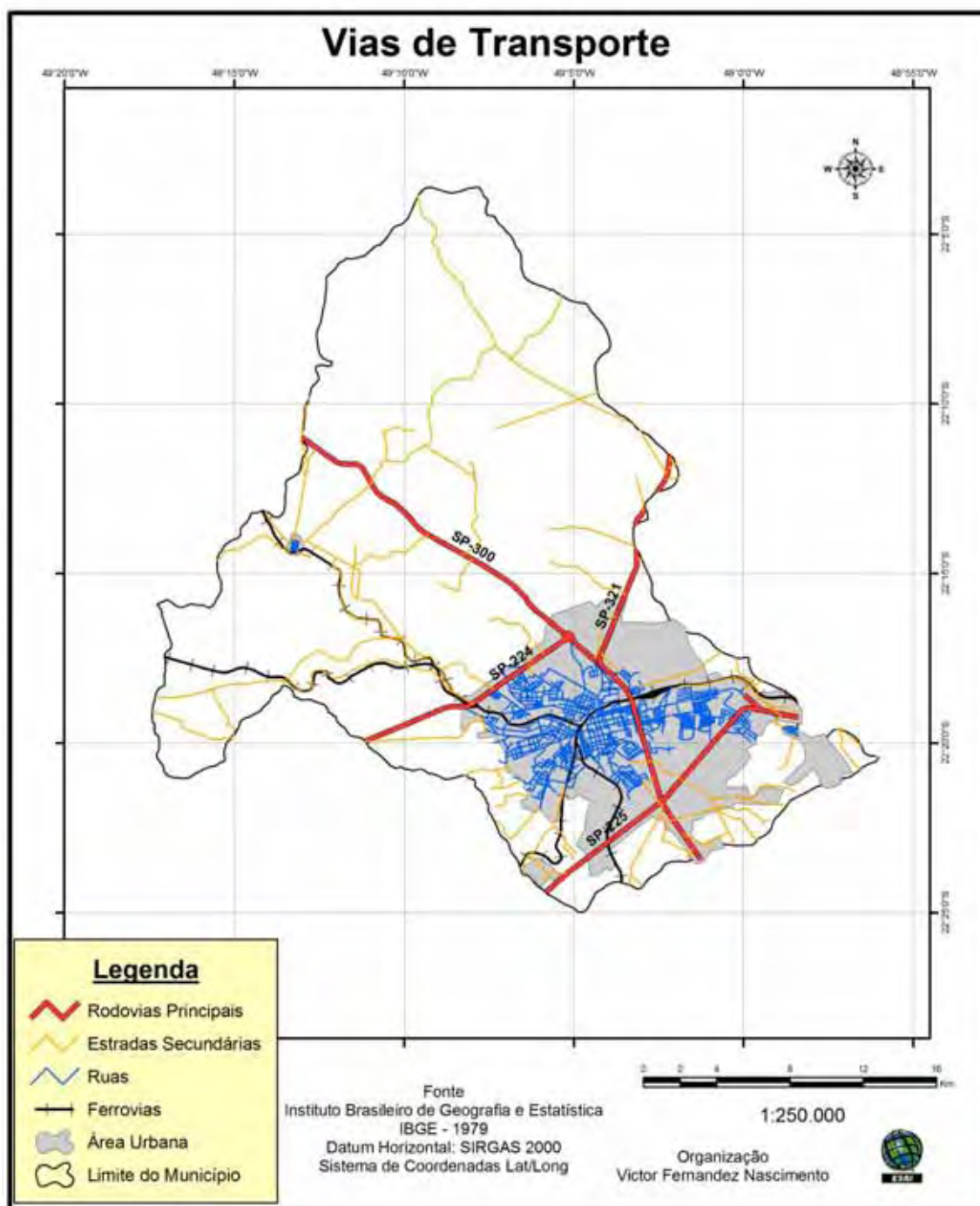
As classes de Pastagem e Áreas Agrícolas que foram as que receberam as maiores notas representam juntas 67,2%, ou seja, grande parte da área municipal, sendo que as Pastagens ainda são superiores espacialmente (37,4%) do que as Áreas Agrícolas (29,8%). Já a classe da Vegetação Arbórea, importante do ponto de vista ambiental, cobre 17,1% da área municipal.

#### **5.4.10 Principais Vias**

Há um entroncamento ferroviário que soma cerca de 70 km de trilhos dentro do limite municipal de Bauru-SP. Vale salientar que atualmente os usos das ferrovias em Bauru são essencialmente para carga, em nenhum trecho é realizado transporte de passageiros.

Além das Ferrovias, Bauru é bem interligado por rodovias, uma das principais delas, que liga a região metropolitana de São Paulo ao Oeste Paulista, é a Rodovia Castelo Branco (SP-280, também denominada BR-374). Além destas, outras rodovias importantes passam pelo município de Bauru (Mapa 5.12), sendo elas a Rodovia João Ribeiro de Barros (SP-294), a Rodovia Marechal Rondon (SP-300) e a Rodovia Cesário José de Carvalho (SP-321).

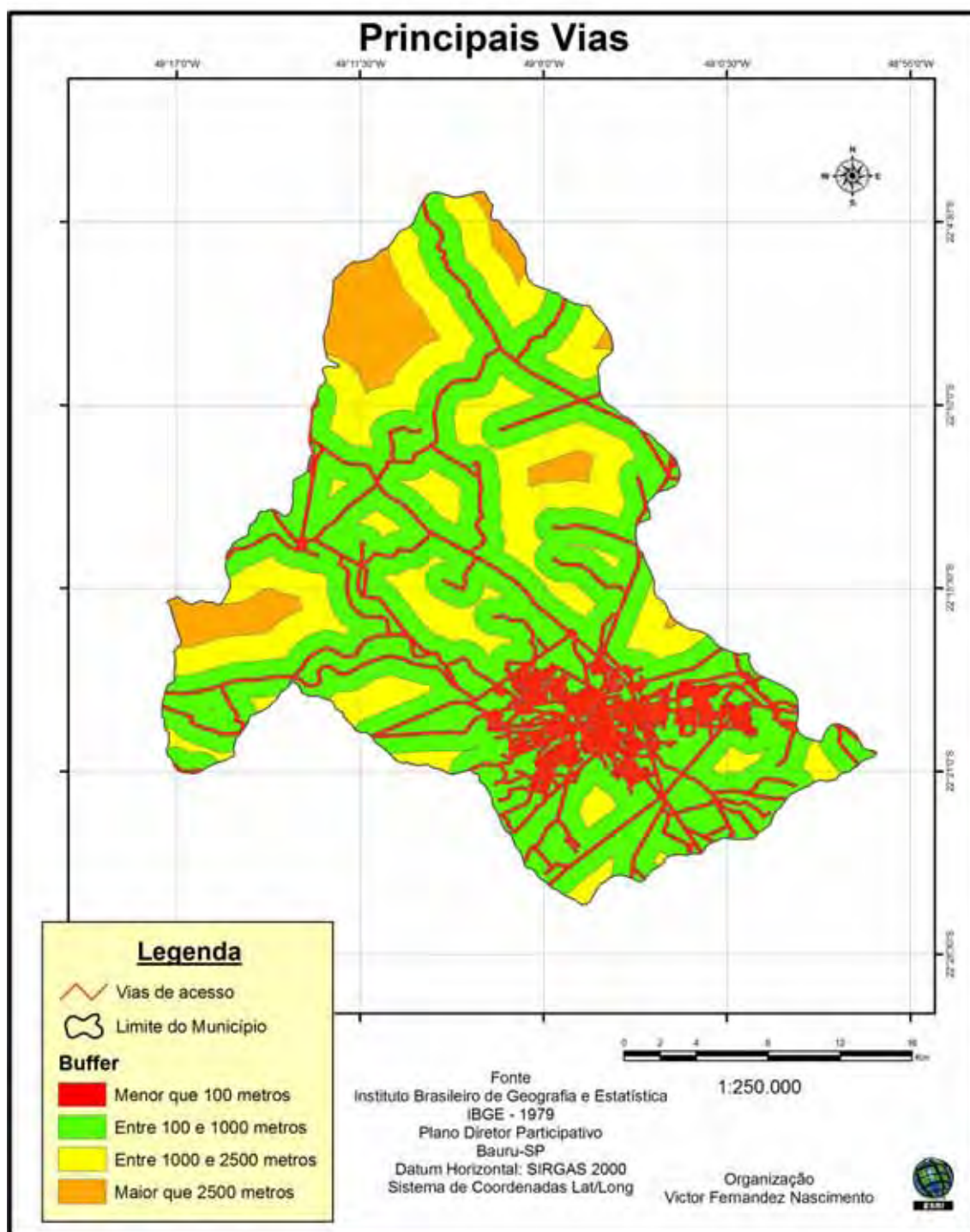
Mapa 5.12 - Mapa das Principais Vias de Transporte para o município de Bauru-SP



Um dos elementos operacionais para a localização de um aterro sanitário é o acesso para chegar até a área. Por este motivo esse foi um dos fatores dos critérios ponderáveis econômicos. No (Mapa 5.13), utilizou-se não apenas as rodovias principais, mas também secundárias e não pavimentadas, utilizando como base as informações obtidas no IBGE e no Plano Diretor Municipal.



Mapa 5.13 - Principais vias do município de Bauru-SP e suas distancias



Posteriormente foram criados buffers de 0 a 100 metros, de 100 a 1000 metros, 1000 a 2500 metros e maior que 2500 metros (parte na qual não existe nenhum buffer para o município de Bauru-SP) das principais vias de acesso, e para cada intervalo foi atribuído uma nota de classificação, segundo a preferência para a escolha da área para a implantação de um novo aterro (Tabela 5.16).



Tabela 5.16 - Distâncias das vias de acesso e suas notas para escolha de áreas para a implantação de aterros sanitários

| <b>Distâncias das vias</b> | <b>Notas</b> |
|----------------------------|--------------|
| 0 a 100 metros             | 6            |
| 100 a 1000 metros          | 10           |
| 1000 a 2500 metros         | 4            |
| Maior que 2500 metros      | 0            |

Analisando as notas atribuídas às estas distâncias tem-se que áreas mais afastadas que 2500 metros receberam a pior pontuação (zero), seguidas das áreas de 1000 a 2500 metros (quatro) devido às distâncias muito grandes entre as vias de acesso e tais locais. Áreas muito próximas das vias de acesso receberam uma nota intermediária (seis) pois estas áreas encontram-se mais expostas aos que circulam na rodovias, o que não é desejável. As melhores áreas seriam aquelas localizadas entre 100 a 1000 metros das vias de acesso e estas receberam a maior nota (dez).

Posteriormente, foi calculada a área em relação as distâncias das principais vias para verificar sua representatividade (Tabela 5.17).

Tabela 5.17 – Distâncias das vias de acesso e suas áreas para o município de Bauru-SP.

| <b>Distâncias das vias</b> | <b>% da Área Municipal</b> |
|----------------------------|----------------------------|
| < 100 metros               | 16,56                      |
| 100 - 1000 metros          | 52,78                      |
| 1000 - 2500 metros         | 23,42                      |
| > 2500 metros              | 7,24                       |

Foi possível perceber que as distâncias que receberam a pior nota foram a “Maior que 2500 metros” e “entre 1000 a 2500 metros”, juntas, cobrem cerca de 30,66% da área do município. A classe Maior que 2500 metros é bem menos representativa para o município de Bauru-SP, enquanto as classes de 0 a 100 metros representa 16,56% e a de 100 a 1000 metros essa representa 52,78% de toda a área municipal. Assim, pode-se dizer que o município de Bauru-SP é bem representado em relação à densidade das vias de acesso, o que precisa ser verificado posteriormente, antes de se escolher a área para a instalação do aterro sanitário é a qualidade destas vias.

### 5.4.11 Proximidades de Aeroportos

Atualmente o município de Bauru, conta com dois aeroportos, o Aeroporto de Bauru, que foi fundado em 1939 e está localizado dentro da área urbana, à aproximadamente 5 km do centro da cidade, sendo seu principal uso como aeroclube para voos particulares. Há, ainda, o Aeroporto Estadual Bauru-Arealva, batizado pelo nome Moussa Nakhl Tobias, fundado no ano de 2006. Esse aeroporto é responsável pelo transporte de passageiros com voos para as principais cidades do estado de São Paulo e se encontra localizado na área rural, entre os limites dos dois municípios.

A relação entre os aeroportos e a localização de uma área para a construção de aterro sanitário é de extrema importância, visto que locais para deposição de resíduos, geralmente costuma atrair aves, que por sua vez podem atrapalhar as atividades de voos, ou até causar algum tipo de acidente (NETZEL; PARAGUASSÚ, 2004).

Considerando a necessidade de criar uma legislação específica que proteja as áreas do entorno dos aeroportos quanto à implantação de atividades que sirvam como foco de atração de aves, deve-se levar em conta a resolução CONAMA 004/95, que define a Área de Segurança Aeroportuária – ASA, que no seu artigo 1º determina as distâncias obrigatórias de acordo com o tipo de operação do aeródromo:

Art. 1º São consideradas "Área de Segurança Aeroportuária - ASA" as áreas abrangidas por um determinado raio a partir do "centro geométrico do aeródromo", de acordo com seu tipo de operação, divididas em 2 (duas) categorias:

I - raio de 20 km para aeroportos que operam de acordo com as regras de voo por instrumento (IFR); e

II - raio de 13 km para os demais aeródromos.

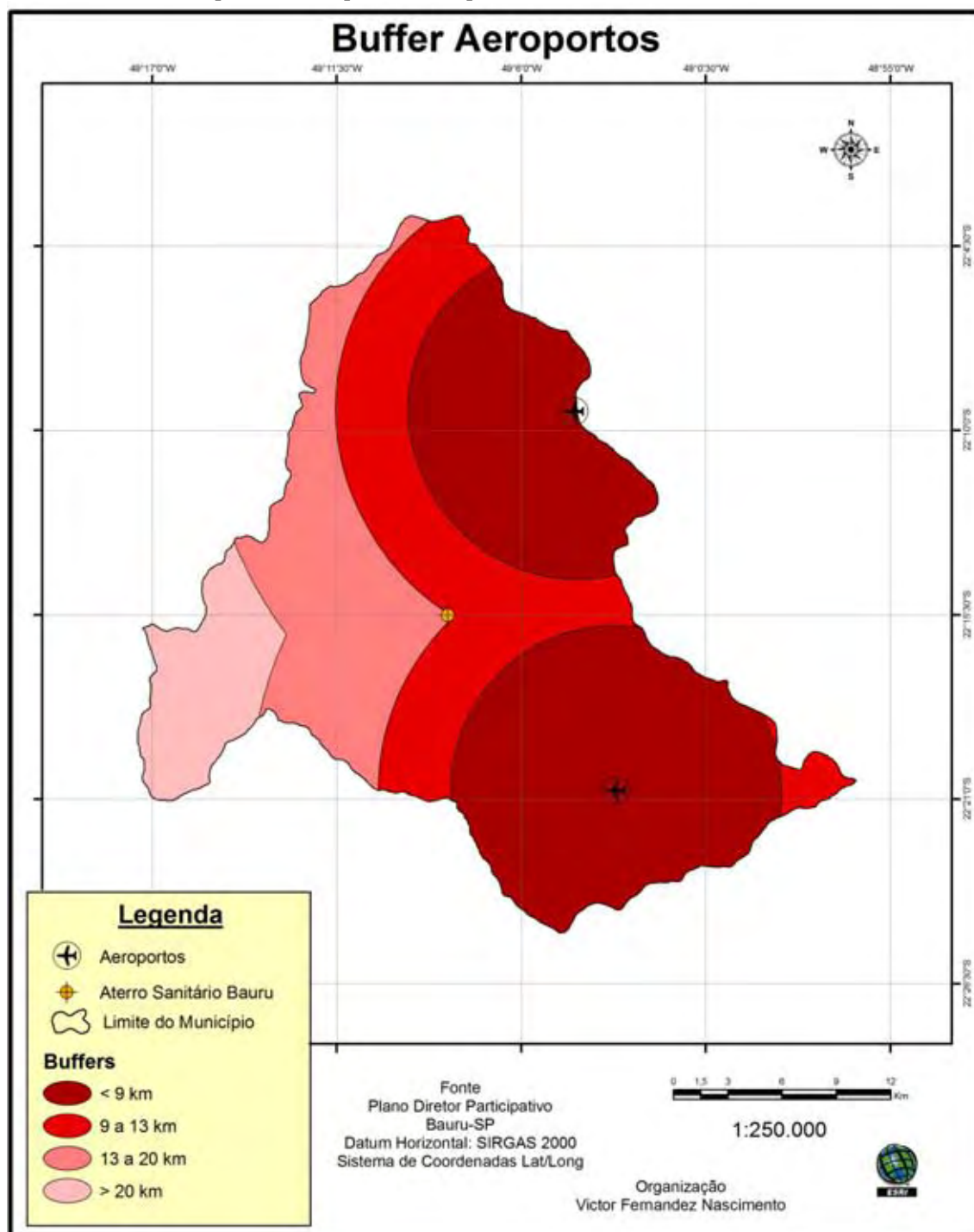
Parágrafo único. No caso de mudança de categoria do aeródromo, o raio da ASA deverá se adequar à nova categoria.

e no artigo 2º os tipos de atividade restringidas:

Art. 2º Dentro da ASA não será permitida implantação de atividades de natureza perigosa, entendidas como "foco de atração de pássaros", como por exemplo, matadouros, cortumes, vazadouros de lixo, culturas agrícolas que atraem pássaros, assim como quaisquer outras atividades que possam proporcionar riscos semelhantes à navegação aérea.

Foi, portanto criado um mapa com os buffers para os dois aeroportos do município de Bauru, com as distâncias de 9 km, de 9 a 13 km, de 13 a 20 km e maior que 20 km até o limite municipal (Mapa 5.14).

Mapa 5.14 - Mapa dos Aeroportos de Bauru-SP e seus buffers



As distâncias dos aeroportos foram consideradas como um dos fatores dos critérios ponderáveis econômicos nas quais atribuíram-se diferentes notas para cada buffer, cujo o critério utilizado foi que quanto mais afastado dos aeroportos melhor (Tabela 5.18).

Tabela 5.18 - Distâncias dos Aeroportos e suas notas para escolha de áreas para a implantação de aterros sanitários

| <b>Distâncias dos Aeroportos</b> | <b>Notas</b> |
|----------------------------------|--------------|
| < 9 km                           | 0            |
| 9  - 13 km                       | 5            |
| 13  - 20 km                      | 8            |
| >20 km                           | 10           |

Foi calculada a proporção da área para todas as distâncias dos aeroportos para verificar sua representatividade dentro do município (Tabela 5.19).

Tabela 5.19 – Distâncias dos Aeroportos e suas áreas para o município de Bauru-SP

| <b>Distâncias dos Aeroportos</b> | <b>% da Área Municipal</b> |
|----------------------------------|----------------------------|
| < 9 km                           | 48,92                      |
| 9  - 13 km                       | 23,66                      |
| 13  - 20 km                      | 18,60                      |
| >20 km                           | 8,82                       |

Foi possível perceber que as distâncias que receberam as piores notas, foram as das classes “< 9 km” e “9 - 13 km”, que juntas cobrem cerca de 72,58 % da área do município. Já as distâncias que receberam as melhores notas, foram as de “13 - 20 km” e “> 20 km”, que somadas representam apenas 27,42 % de toda a área municipal. Isso mostra que a presença de dois aeroportos em um município de tamanho mediano como Bauru, dificulta expressivamente a localização de áreas para a implantação de aterro sanitário.

Devido à relevância da influência dos aeroportos<sup>1</sup> para a localização de áreas para a implantação de aterros sanitários, e que além de ser um dos fatores ponderáveis econômicos, foi considerado nos diferentes cenários restritivos como um dos fatores dos critérios restritivos de maior espacialidade e representação dentro do município de Bauru-SP.

#### 5.4.12 Proximidade da Área Urbana

Sabe-se que a localização do aterro sanitário não pode ser em áreas urbanas, visto que os resíduos sólidos podem atrair vetores de doenças ou exalar odores desagradáveis, por este motivo foi apontado como um dos fatores dos critérios restritivos sociais a área urbana de Bauru e o Distrito de Tibiriçá, o qual foi determinado pelo Plano Diretor Participativo do município de Bauru-SP, instituído pela lei nº 5631 de 22 de agosto de 2008, o qual delimitou as áreas que serviriam como uso rural e urbano.

A questão das distâncias das áreas urbanas também foi considerada como um dos fatores dos critérios ponderáveis econômicos (Mapa 5.15), já que influenciam nos gastos com os transportes dos resíduos desde a geração até a disposição final. Desta forma, foram criados *buffers* de distâncias < 2 km, 2 - 10 km e >10 km até o limite municipal. Em seguida atribui-se notas para todas as distâncias da área urbana partindo do pressuposto de que muito perto ou muito longe são características ruins e uma distância mediana é a mais adequada (Tabela 5.20).

---

<sup>1</sup> De acordo com a Resolução CONAMA 004/95 apenas para os aeroportos que operam de acordo com as regras de voo por instrumento (IFR) é que são exigidos 20 km de distância dos centros geométricos para a deposição de resíduos sólidos, que é o caso do aeroporto de Bauru-Arealva, já o aeroporto que se localiza dentro da área urbana de Bauru é considerado como aeródromo, e o raio de influência é de 13 km.

Mapa 5.15 - Mapa dos buffers das áreas urbana de Bauru-SP.

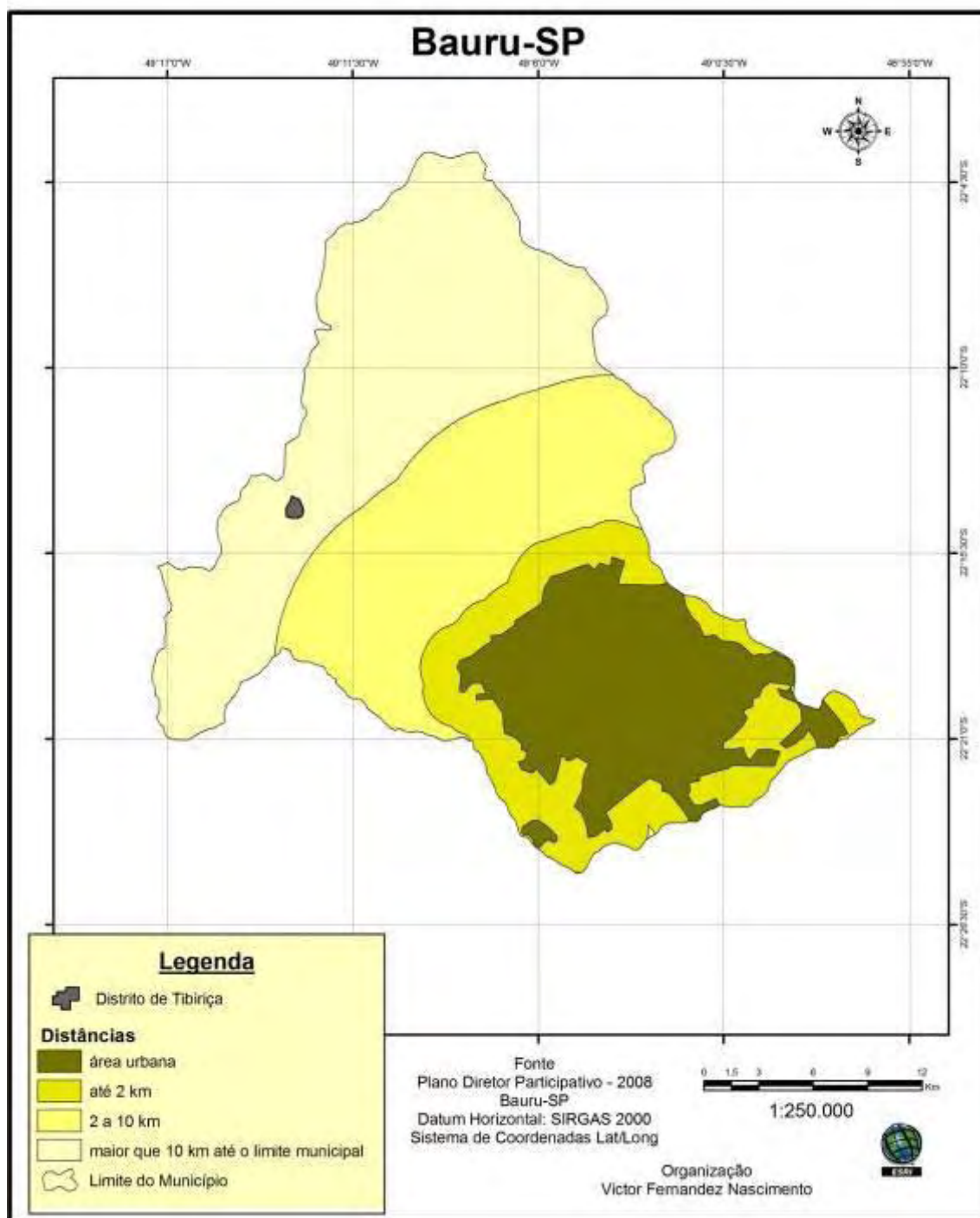


Tabela 5.20 - Distâncias da área urbana de Bauru-SP e suas notas para escolha de áreas para a implantação de aterros sanitários

| <b>Distâncias da Área Urbana</b> | <b>Notas</b> |
|----------------------------------|--------------|
| Área Urbana                      | 0            |
| < 2 km                           | 2            |
| 2  - 10 km                       | 10           |
| >10 km até o limite Bauru        | 7            |

Foi calculada a proporção da área para todas as distâncias da área urbana para verificar sua representatividade dentro do município (Tabela 5.21).

Tabela 5.21 – Distâncias da Área Urbana e suas áreas para o município de Bauru-SP.

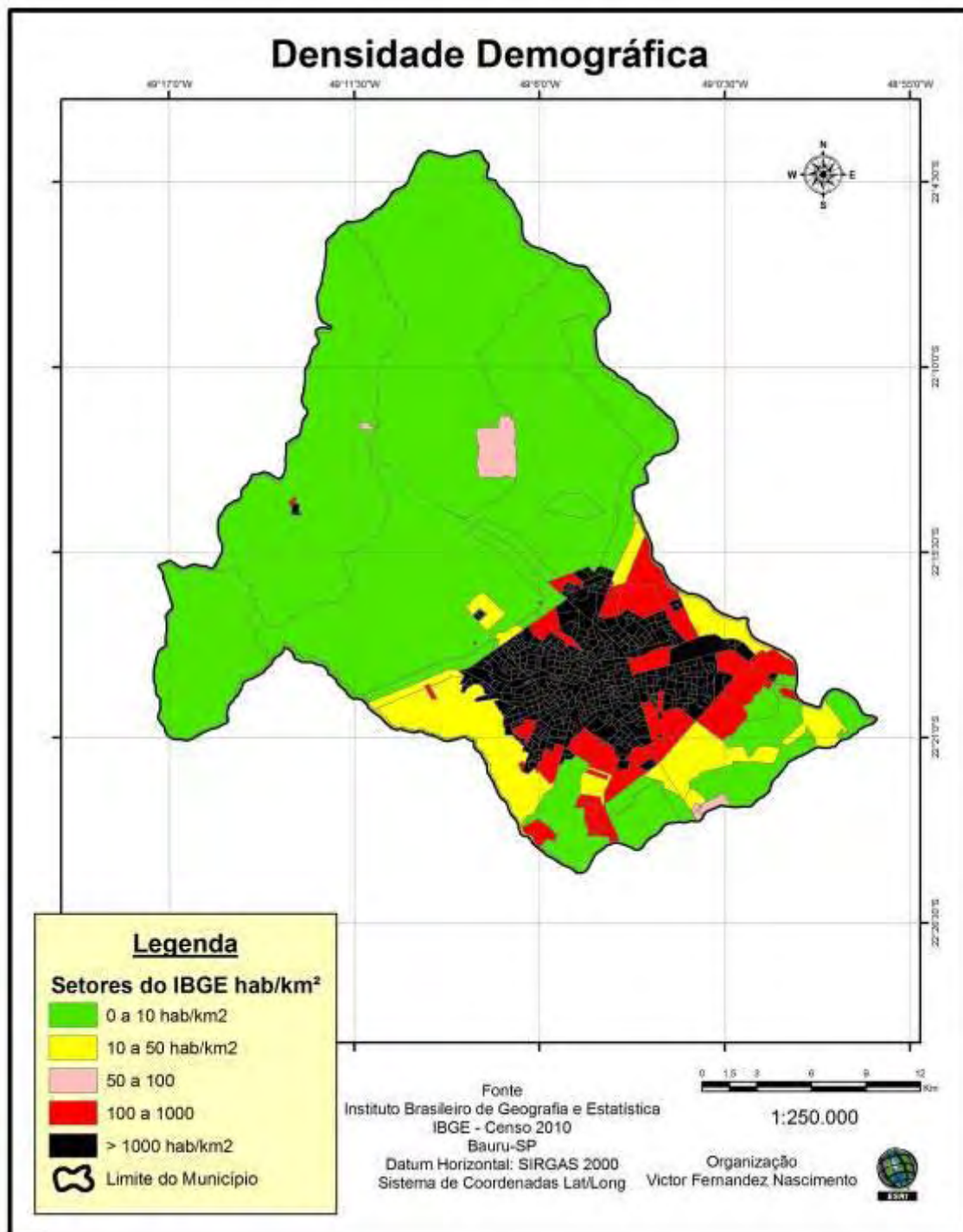
| <b>Distâncias das vias</b> | <b>% da Área Municipal</b> |
|----------------------------|----------------------------|
| Área Urbana                | 21,24                      |
| < 2 km                     | 14,56                      |
| 2  - 10 km                 | 26,29                      |
| >10 km até o limite Bauru  | 37,91                      |

Foi possível perceber que as distâncias que receberam as piores notas, que foram a área urbana e a distância < 2 km da área urbana representam juntas cerca de 35,8 % de toda a área municipal, já a classe com as melhores nota que são a distâncias 2 - 10 km e a distância > 10 km até o limite municipal, representam juntas cerca de 64,2 % de toda a área do município. A distância > 10 km é mais representativa, com 37,91 %. Isto significa que apesar da maior parte do município estar em condições favoráveis em relação à distância da área urbana, a maior parte dela ainda se localiza próximo do limite municipal e mais afastada.

### 5.4.13 Densidade Demográfica

Além, do mapa do plano diretor para identificar as áreas urbanas, foi realizado um mapa de densidade demográfica, utilizando como fonte os dados censitários do IBGE do censo de 2010 (Mapa 5.16).

Mapa 5.16 – Mapa de densidade demográfica para o município de Bauru-SP.





Com este mapa foi possível identificar quais os setores do IBGE possuem maior densidade demográfica. Os setores com densidade  $> 1000$  habitantes por  $\text{km}^2$  foram considerados como restritos dentro dos fatores dos critérios restritivos sociais. Além disso, este mapa serviu como um dos fatores dos critérios ponderáveis sociais, sendo atribuída para cada intervalo de densidade demográfica uma nota de acordo com a (Tabela 5.22), em que quanto maior a densidade pior é a nota da área para a implantação do aterro sanitário.

Tabela 5.22 – Densidade demográfica pelos setores do IBGE para o município de Bauru-SP e suas notas para escolha de áreas para a implantação de aterros sanitários

| <b>Densidade Demográfica (hab/km<sup>2</sup>)</b> | <b>Notas</b> |
|---------------------------------------------------|--------------|
| < 10                                              | 10           |
| 10  - 50                                          | 9            |
| 50  - 100                                         | 7            |
| 100  - 1000                                       | 5            |
| >1000                                             | 0            |

Foi calculada a proporção da área para os setores do IBGE de cada intervalo de densidade demográfica para verificar sua representatividade dentro do município (Tabela 5.23).

Tabela 5.23 – Densidade demográfica pelos setores do IBGE e suas áreas para o município de Bauru-SP

| <b>Densidade Demográfica (hab/km<sup>2</sup>)</b> | <b>% da Área Municipal</b> |
|---------------------------------------------------|----------------------------|
| < 10                                              | 72,91                      |
| 10  - 50                                          | 8,00                       |
| 50  - 100                                         | 1,05                       |
| 100  - 1000                                       | 6,76                       |
| >1000                                             | 11,28                      |

Foi possível perceber, analisando esta tabela, que as densidades mais baixas que receberam as melhores notas,  $< 100$  hab/ $\text{km}^2$  estão espalhadas pela maior parte da área municipal, cerca de 81,96%. Já a classe  $> 100$  hab/ $\text{km}^2$  que foram as que tiveram as piores notas estão distribuídas em 18,04% da área municipal de Bauru-SP.

## 5.5 Seleção preliminar do tamanho da área necessária para a construção do aterro sanitário

Na etapa de escolha de áreas para a implantação de um aterro sanitário é necessário realizar os cálculos da dimensão do espaço requerido para a deposição dos resíduos. Segundo Hamada (2003), a primeira etapa do projeto de um aterro sanitário é constituída de coleta e tratamento de dados relacionados ao crescimento populacional. Os dados de crescimento populacional podem ser obtidos junto ao IBGE, a partir de contagens populacionais ou censos mais completos efetuados ao longo dos anos.

Para os municípios do Estado de São Paulo as buscas podem ser sistematizadas na página da Fundação SEADE. A segunda etapa é encontrar a geração *per capita* dos resíduos, que sempre que possível deve ser obtida a partir de medições sistemáticas efetuadas pelo serviço de limpeza urbana. A terceira etapa é estabelecer qual a vida útil do aterro sanitário, ou seja, por quanto tempo este aterro vai receber os resíduos sólidos produzidos pela população, neste aspecto deve se levar em conta não apenas os resíduos sólidos, mas também as coberturas das camadas.

Posteriormente deve-se definir o modelo ou a função matemática que melhor se ajusta para a expectativa de crescimento populacional, neste trabalho, utilizou-se a fórmula de taxa de crescimento constante, ou crescimento exponencial, de acordo com a lei Malthusiana:

$$N = N_0 (1 + T_x/100)^t$$

- **N** é a população;
- **N<sub>0</sub>** é a população inicial;
- **T<sub>x</sub>** é a porcentagem de crescimento anual;
- **t** é o tempo em anos

Com isso pode-se realizar as extrapolações, computando-se as populações e a geração de resíduos ano a ano, até o limite estabelecido da vida útil do aterro sanitário. Para o cálculo da área para o município de Bauru, utilizou-se como critérios:

- Os dados da população que são de 346.650 habitantes no ano de 2011 (IBGE, 2010);
- Taxa de crescimento anual da população de 0,86% a.a que foi a taxa do período de 2000 a 2010 (SEADE, 2012);
- Um período de deposição de resíduos de 15 anos;
- Início da deposição no ano de 2013;
- Geração per Capita de Resíduos Sólidos para os habitantes de Bauru de 0,6 Kg/hab/dia de acordo com a EMDURB (2010)
- Peso Específico dos Resíduos de 0,5 toneladas por metro cúbico, que segundo Haddad (1999) pode chegar até a 0,7 toneladas por metro cúbico.

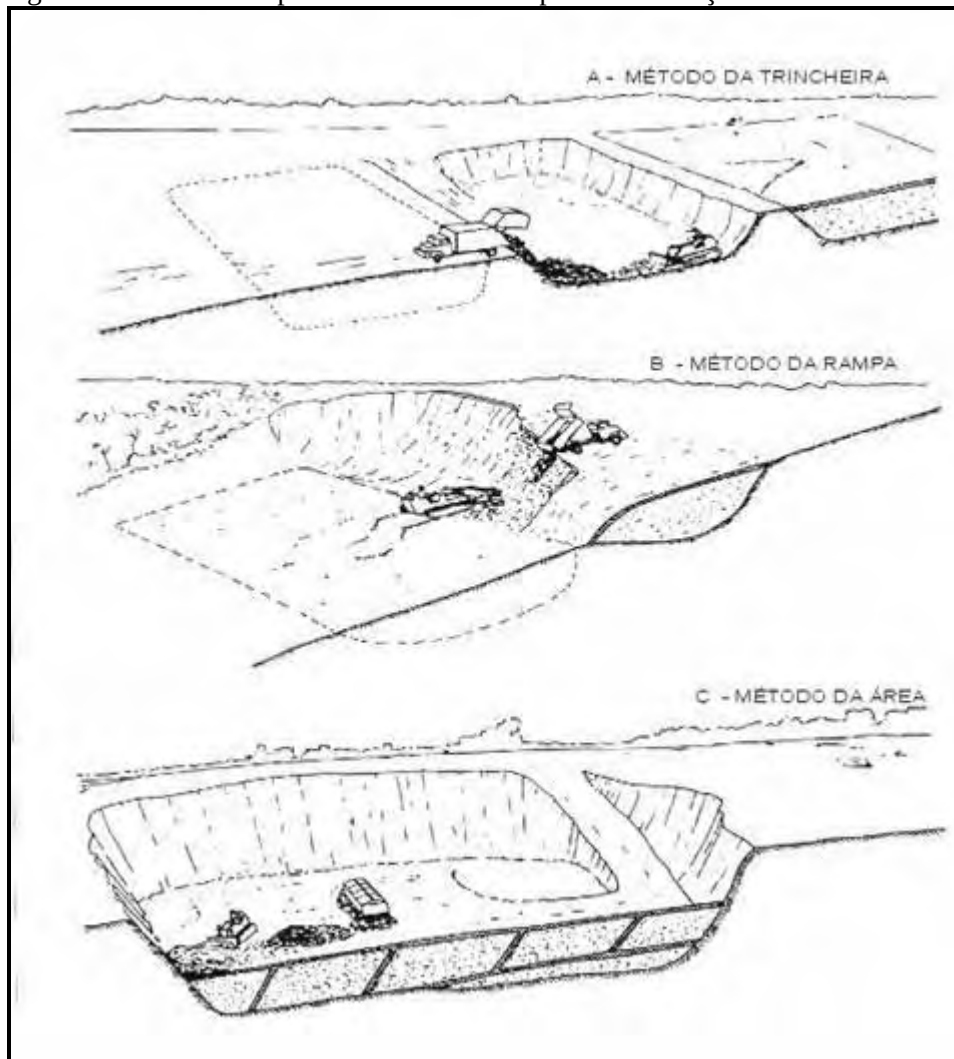
O volume total dos resíduos produzido no município de Bauru para um período de 15 anos do ano de 2013 a 2029 será de aproximadamente 3.855.341,6 toneladas e o volume de todos estes resíduos corresponderá a 7.710.683,2 m<sup>3</sup> (Tabela 5.24), porém deve se acrescentar o volume do material de cobertura (solo) tanto para as camadas como para o encerramento do aterro, que é de aproximadamente de 35% do volume do resíduo gerado (valor considerado pela (EMDURB, 2010), neste caso 2.698.739,13 t/m<sup>3</sup>. Portanto tem-se um volume dos resíduos gerados mais o material de cobertura nestes 15 anos, totalizando cerca de 10.409.422,37 m<sup>3</sup>.

Tabela 5.24 - Cálculo do volume total de resíduos sólidos domiciliares gerados em 15 anos

| <b>População</b> | <b>Cálculo População<br/><math>N = N_0 (1 + T_x/100)_t</math></b> | <b>Quantidade RSD Gerado<br/>em tonelada (anualmente) =<br/>População x 0,6</b> | <b>Volume de RSD<br/>Gerado =<br/>Quantidade x<br/>1/0.5</b> |
|------------------|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| <b>2012</b>      | 349.631                                                           | 209.778,60                                                                      | 419.557,20                                                   |
| <b>2013</b>      | 352.638                                                           | 211.582,70                                                                      | 423.165,39                                                   |
| <b>2014</b>      | 355.671                                                           | 213.402,31                                                                      | 426.804,61                                                   |
| <b>2015</b>      | 358.729                                                           | 215.237,57                                                                      | 430.475,13                                                   |
| <b>2016</b>      | 361.814                                                           | 217.088,61                                                                      | 434.177,22                                                   |
| <b>2017</b>      | 364.926                                                           | 218.955,57                                                                      | 437.911,14                                                   |
| <b>2018</b>      | 368.064                                                           | 220.838,59                                                                      | 441.677,18                                                   |
| <b>2019</b>      | 371.230                                                           | 222.737,80                                                                      | 445.475,60                                                   |
| <b>2020</b>      | 374.422                                                           | 224.653,35                                                                      | 449.306,69                                                   |
| <b>2021</b>      | 377.642                                                           | 226.585,37                                                                      | 453.170,73                                                   |
| <b>2022</b>      | 380.890                                                           | 228.534,00                                                                      | 457.068,00                                                   |
| <b>2023</b>      | 384.166                                                           | 230.499,39                                                                      | 460.998,78                                                   |
| <b>2024</b>      | 387.469                                                           | 232.481,69                                                                      | 464.963,37                                                   |
| <b>2025</b>      | 390.802                                                           | 234.481,03                                                                      | 468.962,06                                                   |
| <b>2026</b>      | 394.163                                                           | 236.497,57                                                                      | 472.995,13                                                   |
| <b>2027</b>      | 397.552                                                           | 238.531,45                                                                      | 477.062,89                                                   |
| <b>2028</b>      | 400.971                                                           | 240.582,82                                                                      | 481.165,63                                                   |
| <b>2029</b>      | 404.420                                                           | 242.651,83                                                                      | 485.303,66                                                   |
| <b>Total</b>     |                                                                   | 3.855.341,62                                                                    | 7.710.683,24 (m³)                                            |

Dependendo da escolha do local do terreno, existem basicamente três métodos operacionais: o método de trincheira que é a técnica mais apropriada para terrenos que sejam planos ou pouco inclinados, e onde o lençol freático esteja situado a uma profundidade maior em relação à superfície; o método de rampa (utilizado em áreas de declividades pouco acentuadas, que apresentam disponibilidade de um tipo de solo adequado para servir de material de cobertura), a permeabilidade do solo e a profundidade do lençol freático confirmarão ou não o uso desta técnica e o método de área que é uma técnica adequada para zonas baixas, onde dificilmente o solo local pode ser utilizado como cobertura, será necessário retirar o material de jazidas que, para economia de transporte, deve estar localizada mais próxima possível do local a ser aterrado. No mais, os procedimentos são idênticos ao método da rampa. (NUNES, 2002; MONTEIRO et al, 2001) (Figura 5.4).

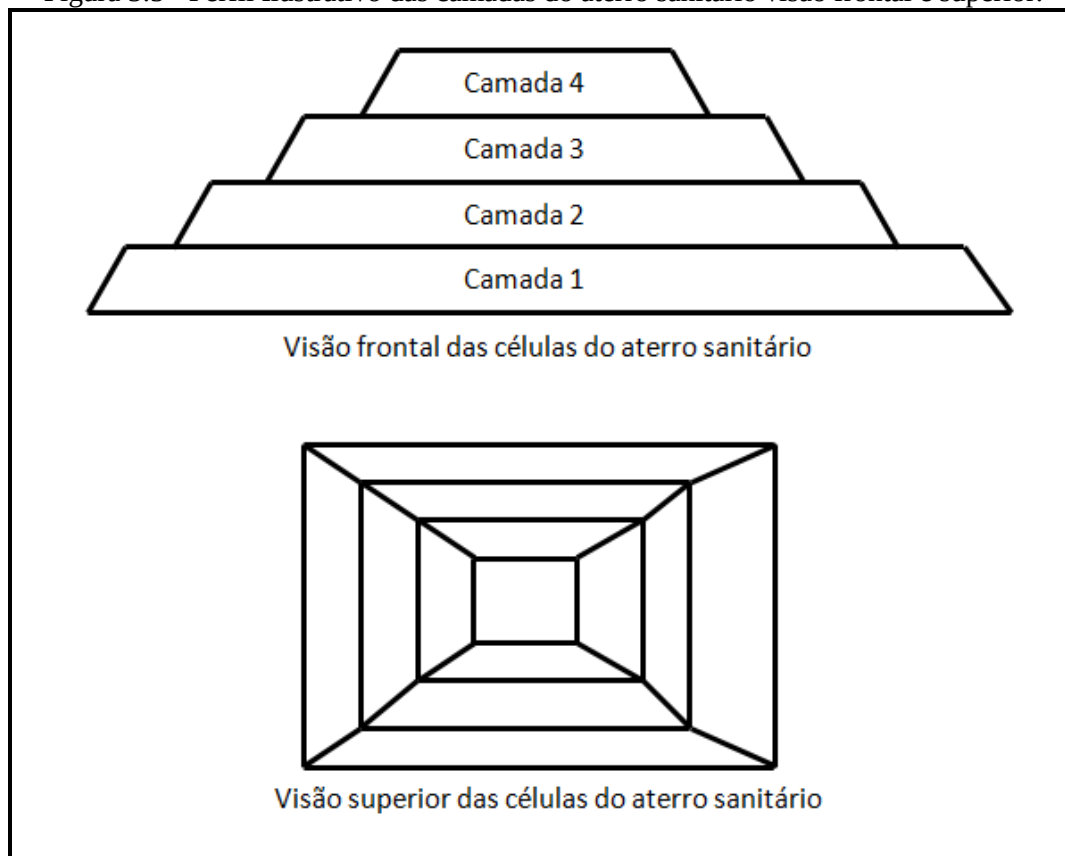
Figura 5.4 – Métodos operacionais utilizados para a construção de aterro sanitário.



Fonte: IPT/CEMPRE, 2000

Para calcular qual a área utilizada para depositar os resíduos, foi adotado o método de área (Figura 5.5), o aterro irá ter a princípio 4 camadas sendo que cada camada possui 10 metros de altura, estipulou-se que a base da camada 1 será de 600 m<sup>2</sup>, e a cada metro de altura teremos um recuo de 1 metro para a próxima camada, ou seja, a camada 2 terá como base 580 m<sup>2</sup>, a camada 3, 560 m<sup>2</sup> e a última camada, 540 m<sup>2</sup>.

Figura 5.5 - Perfil Ilustrativo das camadas do aterro sanitário visão frontal e superior.



Fonte: Elaborado pelo autor (2012).

Após as estimativas do tamanho ( $m^2$ ) e do volume ( $m^3$ ) de cada camada (Tabela 5.25), tivemos um volume total de 12.682.000  $m^3$ , ou seja, bem superior ao cálculo estipulado de produção de resíduos para a população de Bauru por 15 anos no período de 2013 a 2029 que era de 10.409.422,37  $m^3$ . Essa diferença, de 2.272.577,63  $m^3$ , serve como segurança caso a população venha aumentar mais que o esperado, ou a geração per capita ultrapasse os 0,6 Kg/hab/dia, além do mais caso essas bases continuem sem alterações, ter-se-ia, portanto, um aterro sanitário com uma vida útil superior aos 15 anos.

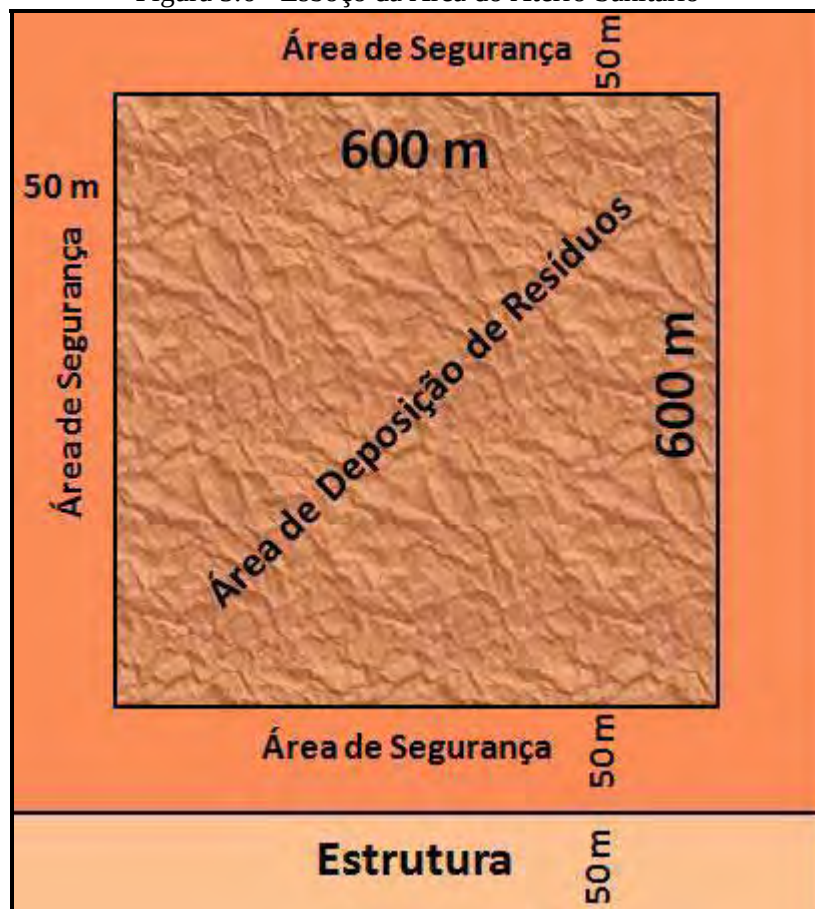
Tabela 5.25 - Relação das Camadas com o tamanho ( $m^2$ ) e volume ( $m^3$ )

| Camadas | Tamanho ( $m^2$ ) | Volume ( $m^3$ ) |
|---------|-------------------|------------------|
| 1       | 5.900             | 3.540.000        |
| 2       | 5.700             | 3.306.000        |
| 3       | 5.500             | 3.080.000        |
| 4       | 5.300             | 2.756.000        |
| Total   | 22.400            | 12.682.000       |

Fonte: Elaborado pelo autor (2012)

Desta forma, a área total do aterro seria a área onde estariam depositados os resíduos sólidos calculada anteriormente somada às áreas de estrutura como as lagoas de chorume, vias de acesso ao local de deposição, sede administrativa, local de coleta ou tratamento de resíduos especiais, além da área de segurança, onde encontram-se os cinturões verdes, portaria, balança, etc. A Figura 5.6 ilustra como seria a proposta básica deste empreendimento.

Figura 5.6 - Esboço da Área do Aterro Sanitário



Fonte: Elaborado pelo autor (2012)

Somando todas as áreas (deposição, segurança e estrutura), ter-se-ia aproximadamente uma área de 0,525 km<sup>2</sup>, representando 0,07% da área total do município.

## **5.6 Seleção e definição dos critérios restritivos e ponderáveis e aplicação da metodologia proposta para gerar mapas finais com as áreas aptas para a implantação de um novo aterro sanitário no município de Bauru-SP**

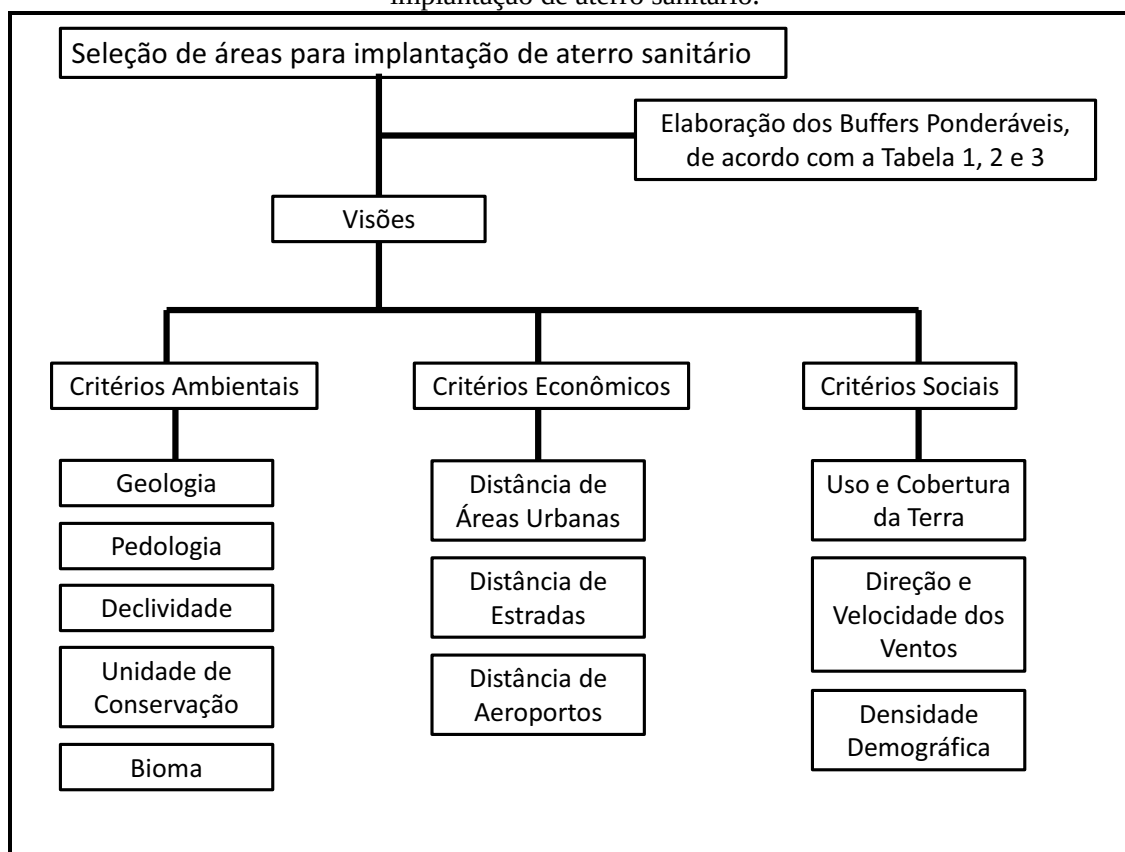
A determinação de locais aptos para a implantação de um aterro sanitário no município de Bauru-SP foi realizada essencialmente utilizando técnicas de geoprocessamento. Empregou-se como metodologia a Análise Multi-Critério de Decisão, na qual foram levadas em consideração três principais visões, Ambiental, Econômica e Social, sendo que para cada uma das visões foram identificados os **critérios restritivos**, que representam as áreas onde não se pode construir aterros sanitários, baseadas principalmente nas legislações (Federais, Estaduais e Municipais) e normas estabelecidas pela ABNT e **critérios ponderáveis**, nos quais foram realizados a ordenação dos pesos ponderados baseado na experiência de profissionais de diferentes áreas, utilizando a ferramenta de Análise Hierárquica de Processos – AHP, desenvolvida por Saaty no final da década de 1970, que é utilizada para calcular os fatores de ponderação necessários com a ajuda de uma matriz, em que todos os critérios relevantes são comparados uns com os outros para reproduzir um fator de preferência associado a um peso.

### **5.6.1 Critérios Ponderáveis**

Para os critérios ponderáveis, foram analisados 11 fatores separados nas três diferentes visões (Ambiental, Econômico e Social) para o município de Bauru-SP (Figura 5.7). Na visão Ambiental estão os fatores de Geologia, Pedologia, Declividade, Bioma e Unidade de Conservação (Tabela 5.26). Para a visão Econômica estão os fatores de Distâncias de áreas urbanas, de estradas e de aeroportos (Tabela 5.27). Já para a visão Social, estão os fatores de Uso e Cobertura da Terra, Direção e Velocidade do Vento e Densidade Demográfica (Tabela 5.28).



Figura 5.7 - Estrutura Hierárquica utilizada para as análises de decisão multicritério para implantação de aterro sanitário.



Estes fatores foram assim distribuídos entre as três visões (Ambiental, Econômico e Social), pensando em sua influência principal para a localização de áreas para a implantação de aterros sanitários e após a discussão com profissionais de diferentes áreas, como engenheiros civis, ambientais, florestais e sanitaristas, geógrafos, biólogos, ecólogos, economistas e sociólogos. Entretanto, vale aqui salientar que alguns fatores poderiam estar presentes nas três visões, como a distância de áreas urbanas, porém, para que este fator não seja redundante, foi agrupado na visão econômica representando os custos econômicos em relação ao transporte dos resíduos sólidos.

Outros fatores que poderiam ser considerados como ambientais e estão classificados como sociais são o Uso e Cobertura da Terra e a Direção e Velocidade dos Ventos, para o primeiro pensou-se na influência que uma área de deposição de resíduos teria para as comunidades que vivem tanto nas áreas urbanas com rurais, no segundo pensou-se no desagrado que os maus odores provenientes do aterro poderiam causar para a sociedade. Estas dentre as outras justificativas estarão mais explicadas dentro dos resultados para cada fator analisadas deste trabalho.

A atribuição de notas para cada visão Ambiental (Tabela 5.26), Econômico (Tabela 5.27) e Social (Tabela 5.28) também foi realizada, após a discussão com os profissionais de diferentes áreas, com o intuito de melhor representar a realidade para o município de Bauru-SP, estas notas receberam os valores de 0 a 10, sendo 0(zero) a pior e 10(dez) a melhor nota para locais para a implantação do aterro sanitário. Vale aqui mencionar que, caso seja realizado um estudo para outros municípios, estas notas devem ser repensadas e possivelmente mudadas para se adequar a realidade local, já que os fatores podem não ser os mesmos e ter o mesmo peso.

Tabela 5.26 – Notas Critérios Ponderáveis Ambientais.

| <b>Mapa Temático</b> | <b>Fator</b>         | <b>Nota</b> |
|----------------------|----------------------|-------------|
| Geologia             | Marília              | 10          |
|                      | Vale do Rio do Peixe | 7           |
| Pedologia            | Latossolos           | 10          |
|                      | Argissolos           | 7           |
| UC - APA             | Água Parada          | 10          |
|                      | Campo Novo           | 7           |
|                      | Batalha              | 6           |
|                      | Proteção Manancial   | 4           |
| Declividade          | 0  – 2 %             | 0           |
|                      | 2  – 4 %             | 10          |
|                      | 4  – 6 %             | 9           |
|                      | 6  – 8 %             | 8           |
|                      | 8  – 10 %            | 7           |
|                      | 10  – 15 %           | 6           |
|                      | 15  – 20 %           | 5           |
|                      | 20  – 25 %           | 4           |
|                      | 25  – 30 %           | 3           |
|                      | 30  – 45 %           | 0           |
| Bioma                | Cerrado              | 10          |
|                      | Mata Atlântica       | 7           |

Tabela 5.27 - Notas Critérios Ponderáveis Econômicos.

| <b>Mapa Temático</b>          | <b>Fator</b>        | <b>Nota</b> |
|-------------------------------|---------------------|-------------|
| Distância de Áreas Urbanas    | Área Urbana         | 0           |
|                               | Buffer < 2 km       | 2           |
|                               | Buffer 2 a 10 km    | 10          |
|                               | Buffer > 10 km      | 7           |
| Distância das Principais Vias | 0  - 100 metros     | 6           |
|                               | 100  - 1000 metros  | 10          |
|                               | 1000  - 2500 metros | 4           |
|                               | > 2500 metros       | 0           |
| Distâncias dos Aeroportos     | < 9 km              | 0           |
|                               | 9 a 13 km           | 5           |
|                               | 13 a 20 km          | 8           |
|                               | > 20 km             | 10          |

Tabela 5.28 - Notas Critérios Ponderáveis Sociais.

| <b>Mapa Temático</b>                       | <b>Fator</b>        | <b>Nota</b> |
|--------------------------------------------|---------------------|-------------|
| Uso e Cobertura da Terra                   | Água                | 0           |
|                                            | Área Urbanizada     | 0           |
|                                            | Vegetação Arbustiva | 5           |
|                                            | Área Agrícola       | 7           |
|                                            | Pastagem            | 10          |
| Direção e Velocidade dos Ventos            | Norte               | 7           |
|                                            | Noroeste            | 10          |
|                                            | Nordeste            | 10          |
|                                            | Oeste               | 10          |
|                                            | Leste               | 8           |
|                                            | Sul                 | 3           |
|                                            | Sudoeste            | 9           |
|                                            | Sudeste             | 4           |
| Densidade da População hab/km <sup>2</sup> | 0  - 10             | 10          |
|                                            | 10  - 50            | 9           |
|                                            | 50  - 100           | 7           |
|                                            | 100  - 1000         | 5           |
|                                            | > 1000              | 0           |

Em seguida, foram atribuídos pesos para cada visão, utilizando como método a Análise Hierárquica de Processos – AHP. Neste processo todas as visões são consideradas relevantes para uma decisão de comparação umas contra as outras, numa matriz de comparação entre pares, que é uma medida para expressar a preferência

relativa entre os elementos. Desta forma, os valores numéricos que precisam ser atribuídos expressam um julgamento de importâncias relativas, ou preferências, de um fator contra o outro. Segundo Saaty (1977) e Saaty e Vargas (1991), estudos psicológicos afirmam que um indivíduo não pode comparar simultaneamente mais de  $7 \pm 2$  elementos. Desta forma os autores sugerem uma escala para comparação consistindo de valores variando de 1 a 9, os quais descrevem a intensidade de importâncias, ou preferência, sendo o valor 1 atribuído a uma igual importância entre os fatores e o valor 9 atribuído a uma extrema importância de um fator em detrimento do outro fator (Tabela 5.29).

Tabela 5.29 – Intensidade dos valores de Importância desenvolvidos por Saaty e Vargas (1991).

| <b>Intensidade de Importância (Preferência)</b> | <b>Descrição Importância</b> |
|-------------------------------------------------|------------------------------|
| 1                                               | Igual                        |
| 3                                               | Moderada                     |
| 5                                               | Forte                        |
| 7                                               | Muito forte                  |
| 9                                               | Extrema                      |
| 2, 4, 6 e 8                                     | Valores intermediários       |

Para que os profissionais de diferentes áreas, não se sentissem prejudicados, e para que as análises finais não influenciassem de maneira mais forte os aspectos ambientais, invés dos sociais e econômicos, ou vice-versa. Atribuiu-se os seguintes valores de intensidade proposto por Saaty, para obter quatro diferentes cenários ponderáveis, um no qual foram atribuídos pesos iguais para as três diferentes visões (Tabela 5.30), e outros três nos quais foram atribuídos maior peso para cada visão Ambiental (Tabela 5.31), Econômica (Tabela 5.32) e Social (Tabela 5.33) respectivamente, resultando em diferentes pesos para cada cenário (Tabela 5.34).

Tabela 5.30 – Atribuição de Valores segundo a escala de comparação de Saaty e Vargas (1991) para o cenário ponderável de Pesos Iguais

| <b>Visões/Visões</b> | <b>Ambiental</b> | <b>Econômico</b> | <b>Social</b> |
|----------------------|------------------|------------------|---------------|
| <b>Ambiental</b>     | 1                | 1                | 1             |
| <b>Econômico</b>     | 1                | 1                | 1             |
| <b>Social</b>        | 1                | 1                | 1             |

Tabela 5.31 – Atribuição de Valores segundo a escala de comparação de Saaty e Vargas (1991) para o cenário ponderável Ambiental

| Visões/Visões    | Ambiental | Econômico | Social |
|------------------|-----------|-----------|--------|
| <b>Ambiental</b> | 1         | 5         | 5      |
| <b>Econômico</b> | 0,2       | 1         | 1      |
| <b>Social</b>    | 0,2       | 1         | 1      |

Tabela 5.32 – Atribuição de Valores segundo a escala de comparação de Saaty e Vargas (1991) para o cenário ponderável Econômico

| Visões/Visões    | Ambiental | Econômico | Social |
|------------------|-----------|-----------|--------|
| <b>Ambiental</b> | 1         | 0,2       | 1      |
| <b>Econômico</b> | 5         | 1         | 5      |
| <b>Social</b>    | 1         | 0,2       | 1      |

Tabela 5.33 – Atribuição de Valores segundo a escala de comparação de Saaty e Vargas (1991) para o cenário ponderável Social

| Visões/Visões    | Ambiental | Econômico | Social |
|------------------|-----------|-----------|--------|
| <b>Ambiental</b> | 1         | 1         | 0,2    |
| <b>Econômico</b> | 1         | 1         | 0,2    |
| <b>Social</b>    | 5         | 5         | 1      |

Tabela 5.34 - Pesos para as diferentes cenários ponderáveis

| Critérios        | Cenários Ponderáveis |           |           |        | Métodos de Pesos |
|------------------|----------------------|-----------|-----------|--------|------------------|
|                  | Pesos Iguais         | Ambiental | Econômica | Social | AHP              |
| <b>Ambiental</b> | 0,33                 | 0,714     | 0,143     | 0,143  |                  |
| <b>Econômico</b> | 0,33                 | 0,143     | 0,714     | 0,143  |                  |
| <b>Social</b>    | 0,33                 | 0,143     | 0,143     | 0,714  |                  |

Além dos pesos para cada cenário ponderável, seguindo a mesma lógica até então utilizada, discutindo com profissionais de diferentes áreas a importância de cada fator agora dentro da mesma visão, foram atribuídos pesos classificatórios utilizando como método a Análise Hierárquica de Processos - AHP, para determinar a importância de cada fator dentro de cada visão Ambiental (Tabela 5.35), Econômica (Tabela 5.36) e Social, (Tabela 5.37) respectivamente, resultando em diferentes pesos para cada cenário (Tabela 5.38).

Tabela 5.35 – Atribuição de Valores segundo a escala de comparação de Saaty e Vargas (1991) para os critérios Ambientais

| <b>Critérios/Critérios</b>    | <b>Pedologia</b> | <b>Geologia</b> | <b>Declividade</b> | <b>Unidade de Conservação</b> | <b>Biomass</b> |
|-------------------------------|------------------|-----------------|--------------------|-------------------------------|----------------|
| <b>Pedologia</b>              | 1                | 3               | 2                  | 4                             | 5              |
| <b>Geologia</b>               | 0,33             | 1               | 0,5                | 3                             | 4              |
| <b>Declividade</b>            | 5                | 2               | 1                  | 3                             | 4              |
| <b>Unidade de Conservação</b> | 0,25             | 0,33            | 0,33               | 1                             | 2              |
| <b>Biomass</b>                | 0,2              | 0,25            | 0,25               | 0,5                           | 1              |

Tabela 5.36 – Atribuição de Valores segundo a escala de comparação de Saaty e Vargas (1991) para os critérios Econômicos

| <b>Critérios/Critérios</b>        | <b>Distância de Áreas Urbanas</b> | <b>Distância de Aeroportos</b> | <b>Distância de Estradas</b> |
|-----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|------------------------------|
| <b>Distância de Áreas Urbanas</b> | 1                                 | 3                              | 2                            |
| <b>Distância de Aeroportos</b>    | 0,33                              | 1                              | 0,5                          |
| <b>Distância de Estradas</b>      | 0,5                               | 2                              | 1                            |

Tabela 5.37 – Atribuição de Valores segundo a escala de comparação de Saaty e Vargas (1991) para os critérios Sociais

| <b>Critérios/Critérios</b>                       | <b>Uso e Cobertura da Terra</b> | <b>Direção e Velocidade dos Ventos</b> | <b>Densidade da População hab/km<sup>2</sup></b> |
|--------------------------------------------------|---------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------------------|
| <b>Uso e Cobertura da Terra</b>                  | 1                               | 3                                      | 2                                                |
| <b>Direção e Velocidade dos Ventos</b>           | 0,33                            | 1                                      | 0,5                                              |
| <b>Densidade da População hab/km<sup>2</sup></b> | 0,5                             | 2                                      | 1                                                |

Tabela 5.38 – Pesos atribuídos pela AHP aos Critérios Ponderáveis para os diferentes fatores analisados em seus respectivas cenários

| Fatores                          | Cenários     |           |           |        | Métodos de Pesos                     |
|----------------------------------|--------------|-----------|-----------|--------|--------------------------------------|
|                                  | Pesos Iguais | Ambiental | Econômica | Social |                                      |
| Pedologia                        | 0,437        | 0,437     | 0,437     | 0,437  | Ordem de Classificação<br>CR = 0,043 |
| Declividade                      | 0,245        | 0,245     | 0,245     | 0,245  |                                      |
| Geologia                         | 0,159        | 0,159     | 0,159     | 0,159  |                                      |
| Unidade de Conservação – Grupo 2 | 0,092        | 0,092     | 0,092     | 0,092  |                                      |
| Bioma                            | 0,068        | 0,068     | 0,068     | 0,068  |                                      |
| Distância da Área Urbana         | 0,545        | 0,545     | 0,545     | 0,545  | Ordem de Classificação<br>CR = 0,009 |
| Distância de Estradas            | 0,287        | 0,287     | 0,287     | 0,287  |                                      |
| Distância de Aeroportos          | 0,168        | 0,168     | 0,168     | 0,168  |                                      |
| Uso e Cobertura da Terra         | 0,545        | 0,545     | 0,545     | 0,545  | Ordem de Classificação<br>CR = 0,009 |
| Densidade Populacional           | 0,287        | 0,287     | 0,287     | 0,287  |                                      |
| Direção e Velocidade dos Ventos  | 0,168        | 0,168     | 0,168     | 0,168  |                                      |

Posteriormente, foram checados estes pesos atribuídos aos fatores dos três diferentes visões. Para isso foram utilizados os valores de Relação de Consistência – CR elaborados por Saaty (1977), que é um índice numérico para verificar a consistência da comparação entre os fatores na matriz. É definido pela razão entre o Índice de Consistências – CI e a Consistência Média – RI, sendo que os valores mais baixos de CR representam uma melhor consistência nas relações. Baseado no trabalho de Saaty e Vargas (1991) recomenda-se uma revisão na classificação ou preferência dos fatores analisados, caso o valor de CR seja maior que 0,1.

Para a classificação aqui analisada observou-se que o CR para os fatores das visões Econômicas e Sociais, foram iguais, de 0,009, considerados como muito baixos, o que representa uma excelente relação/consistência entre os fatores propostos e para os fatores da visão Ambiental este valor do CR foi um pouco mais alto, de 0,043, mas também representa uma ótima relação/consistência entre os fatores propostos, já que o número de fatores é maior nesta visão.

### 5.6.2 Critérios Restritivos

Após a elaboração dos pesos dos fatores para cada visão e dos diferentes cenários ponderáveis, foram determinados alguns cenários restritivos para o município de Bauru-SP, no qual se restringem as áreas que serviriam para a implantação do aterro sanitário baseado em leis, resoluções e/ou normas, federais, estaduais ou municipais, também levando em consideração alguns aspectos das três diferentes visões, Ambiental, Econômica e Social.

Para este **cenário restritivo 1** na visão Ambiental, foram estabelecidos como restrições para a implantação de aterro sanitário para o município de Bauru-SP: a distância de 200 metros de recursos hídricos e poços como determina a Portaria Minter de nº 124, de 20 de agosto de 1980; as Unidades de Conservação de acordo com a Lei Federal nº 9.985 de 18 de julho de 2000 denominadas de grupo 1 que são as de proteção integral presentes na área de estudo que são a Estação Ecológica de Bauru também conhecida como Estação Ecológica Sebastião Aleixo da Silva, o Parque Ecológico Tenri e o Horto Florestal; as declividades menores que 2% e maiores que 30% de acordo com a NBR 13.896 (ABNT, 1997); e a distância de 500 metros de falhas geológicas. Para a visão Econômica, estipulou-se como restrição a área urbana de Bauru e os setores do IBGE com densidade demográfica maior que 1000 hab/Km². Já para a visão Econômica devido às proporções não muito grandes do município e a relativa densidade de vias de acesso, a única restrição foi o limite municipal de Bauru-SP (Tabela 5.39).

Tabela 5.39 - Fatores Restritivos 1 separados pelas visões Ambiental, Econômica e Social.

| Visões    | Mapa Temático                     | Fatores Restritivos                                                     |
|-----------|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| Ambiental | Poços                             | 200 metros                                                              |
|           | Recursos Hídricos                 | 200 metros                                                              |
|           | Unidades de Conservação – Grupo 1 | Parque Ecológico Tenri<br>Estação Ecológica de Bauru<br>Horto Florestal |
|           | Declividade                       | < 2 % e > 30 %                                                          |
|           | Falha Geológica                   | 500 metros                                                              |
| Econômica | Municipal                         | Limite Municipal                                                        |
| Social    | Municipal                         | Área Urbana de Bauru                                                    |
|           | Densidade População               | > 1000 hab/Km²                                                          |



Posteriormente foi elaborado um **cenário restritivo 2**, no qual foi adicionado um fator econômico além dos fatores restritivos da (Tabela 5.39) do cenário restritivo 1: a distância de 9 km dos dois aeroportos presentes na área de estudo.

Em seguida foi elaborado o **cenário restritivo 3**, no qual foi adicionado além dos fatores restritivos anteriormente estabelecidos na (Tabela 5.39) do cenário restritivo 1 o fator econômico da distâncias de 9 km dos aeroportos do cenário restritivo 2, e o fator ambiental das Unidades de Conservação de acordo com a Lei Federal nº 9.985 de 18 de julho de 2000 denominadas de grupo 2, ou unidades de uso sustentável, como as Áreas de Proteção Ambiental – APA Batalha e Campo Novo e a Área de Proteção de Manancial que de acordo com a legislação municipal proíbem-se qualquer forma de deposição de resíduos sólidos.

Depois, foi elaborado o **cenário restritivo 4**, no qual foram levado em consideração os fatores restritivos da (Tabela 5.39) do cenário restritivo 1, e a distância de aeroportos como determina a resolução CONAMA 004/95 que define a Área de Segurança Aeroportuária – ASA, que são de 13 km para o aeroporto de Bauru que opera sem instrumento de navegação e 20 km para o aeroporto de Bauru-Arealva.

Por último foi elaborado o **cenário restritivo 5**, onde foram levado em consideração todos os fatores restritivos citados anteriormente, são eles os fatores restritivos da (Tabela 5.39) do cenário restritivo 1, as Unidade de Conservação do cenário restritivo 3, e as distâncias dos aeroportos do cenário restritivo 4.

Todos os fatores dos cenários restritivos estão resumidos na (Tabela 5.40).

Tabela 5.40 – Resumo dos Fatores Restritivos para os diferentes Cenários.

| <b>Cenários Restritivos</b> | <b>Fatores restritivos</b>                                       |
|-----------------------------|------------------------------------------------------------------|
| <b>Cenário 1</b>            | 200 metros de recursos hídricos                                  |
|                             | 200 metros de poços                                              |
|                             | Unidades de Conservação – Grupo 1                                |
|                             | Declividades menores que 2% e maiores que 30%                    |
|                             | 500 metros de falhas geológicas                                  |
|                             | Área urbana de Bauru                                             |
|                             | Setores do IBGE com densidade maior que 1000 hab/km <sup>2</sup> |
|                             | Limite Municipal                                                 |
| <b>Cenário 2</b>            | Fatores Cenários 1                                               |
|                             | Faixa <i>buffer</i> de 9 km dos dois aeroportos                  |
| <b>Cenário 3</b>            | Fatores Cenários 1                                               |
|                             | Faixa <i>buffer</i> de 9 km dos dois aeroportos                  |
|                             | Unidades de Conservação – Grupo 2                                |
| <b>Cenário 4</b>            | Fatores Cenários 1                                               |
|                             | 13 km do aeroporto de Bauru                                      |
|                             | 20 km do aeroporto Bauru-Arealva                                 |
| <b>Cenário 5</b>            | Fatores Cenários 1                                               |
|                             | Unidades de Conservação – Grupo 2                                |
|                             | 13 km do aeroporto de Bauru                                      |
|                             | 20 km do aeroporto Bauru-Arealva                                 |

## 5.7 Análise dos Resultados, discussões e conclusão da dissertação

Primeiramente foram analisados os resultados dos critérios ponderáveis para as diferentes visões (Ambiental, Econômico, Social, Pesos Iguais e Comparação<sup>2</sup>), que nos deram cenários finais divididos em classes de aptidão para a implementação de aterro sanitários, padronizadas nos valores de 0 a 1. Em seguida dividiu-se estes resultados em 5 intervalos iguais e classificou-se os intervalos da seguinte maneira: de 0,0 a 0,2 como Muito Baixa Aptidão, de 0,2 a 0,4 como Baixa Aptidão, de 0,4 a 0,6 como Média Aptidão, de 0,6 a 0,8 como Alta Aptidão e de 0,8 a 1,0 como Muito Alta Aptidão (Tabela 5.41).

Tabela 5.41 – Classes de aptidão para implementação de aterros sanitários

| <b>Intervalos</b> | <b>Classes de Aptidão</b> |
|-------------------|---------------------------|
| 0,0 a 0,2         | Muito Baixa               |
| 0,2 a 0,4         | Baixa                     |
| 0,4 a 0,6         | Média                     |
| 0,6 a 0,8         | Alta                      |
| 0,8 a 1,0         | Muito Alta                |

Posteriormente, utilizou-se a máscara elaborada pelos diferentes cenários restritivos para verificar quais as classes de aptidão nas áreas do município onde não há nenhum tipo de restrição, de modo que se possa analisar a viabilidade de cada um dos cenários no contexto da necessidade do município de Bauru-SP em implantar um novo aterro sanitário. Desta forma todos os principais fatores, dos cenários restritivos e dos cenários ponderáveis, seriam levados em consideração, permitindo que se chegue num modelo que se aproxime o máximo da realidade e que auxilie na tomada de decisão.

---

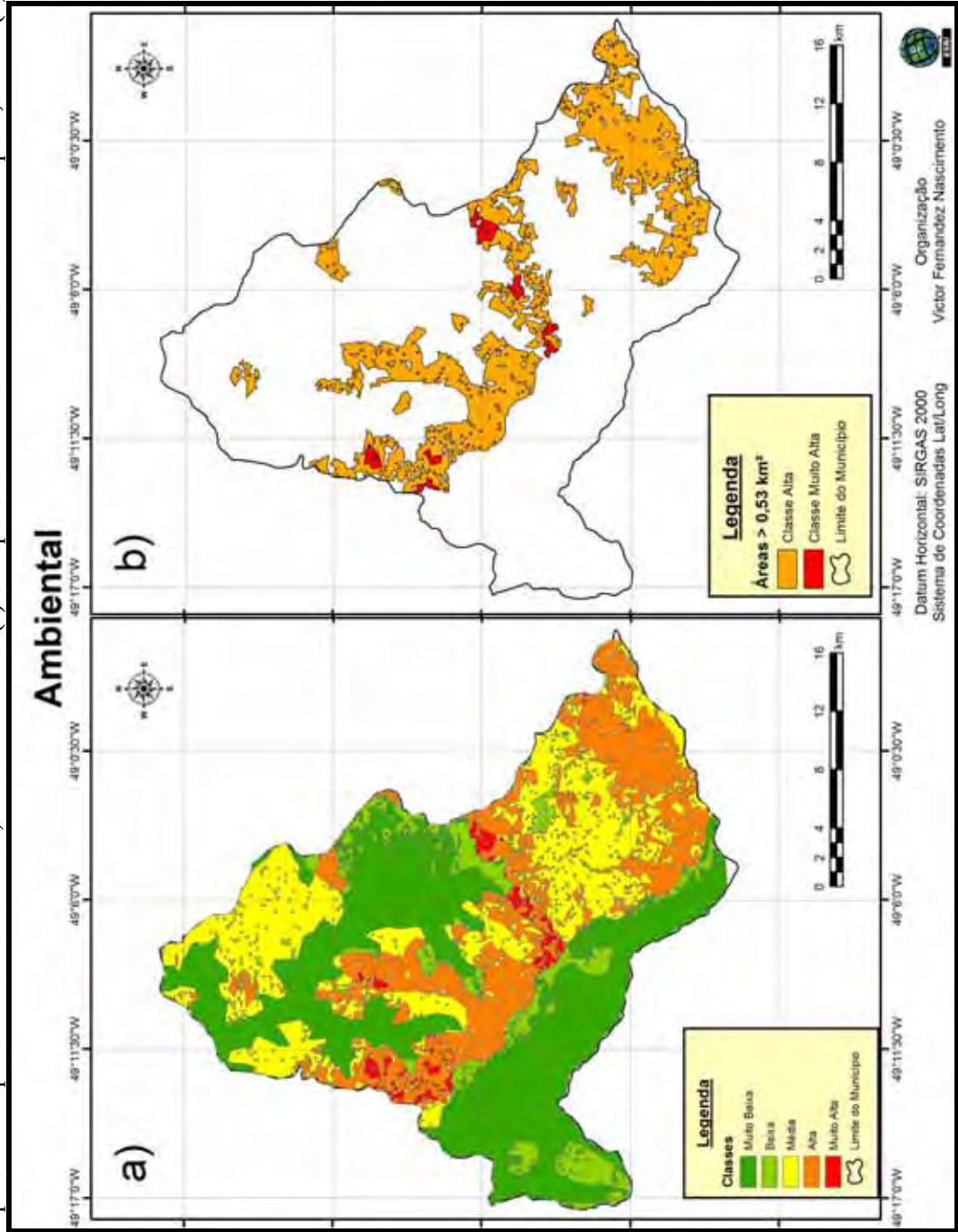
<sup>2</sup> Para a elaboração desta visão de Comparação, foi realizado um processo de álgebra de mapas. As informações das visões Ambientais, Econômicas e Sociais foram cruzadas de tal forma que, caso uma classe estivesse presente em dois destes aspectos ela manteria sua classificação. Por exemplo, a mesma área que recebe a classe de aptidão Muito Alta nas visões sociais e ambientais, permaneceria com essa classificação, mesmo que na visão econômica ela estivesse classificada como de média aptidão.

## **6 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

### **6.1 Resultados Cenários Critérios Ponderáveis.**

Considerando os 11 fatores ponderáveis para as três diferentes visões Ambiental (Geologia, Pedologia, Declividade, Unidade de Conservação e Biomas), Econômica (Distâncias de Áreas Urbanas, Distância de Estradas e Distâncias de Aeroportos) e Social (Direção e Velocidade dos Ventos, Densidade Demográfica e Uso e Cobertura da Terra) utilizados como dados de entrada para a Análise Multicritério de Decisão, de acordo com a metodologia de Análise Hierárquica de Processos - AHP aqui proposta, foram criados cinco mapas finais com os critérios ponderáveis para as visões Ambientais (Mapa 6.1), Econômicas (Mapa 6.2), Sociais (Mapa 6.3), Pesos Iguais (Mapa 6.4) e Comparação (Mapa 6.5).

Mapa 6.1 – Mapa Critérios Ponderáveis, Visão Ambiental (a) e Mapa Classes Alta e Muito Alta maior que 0,53 km² (b).

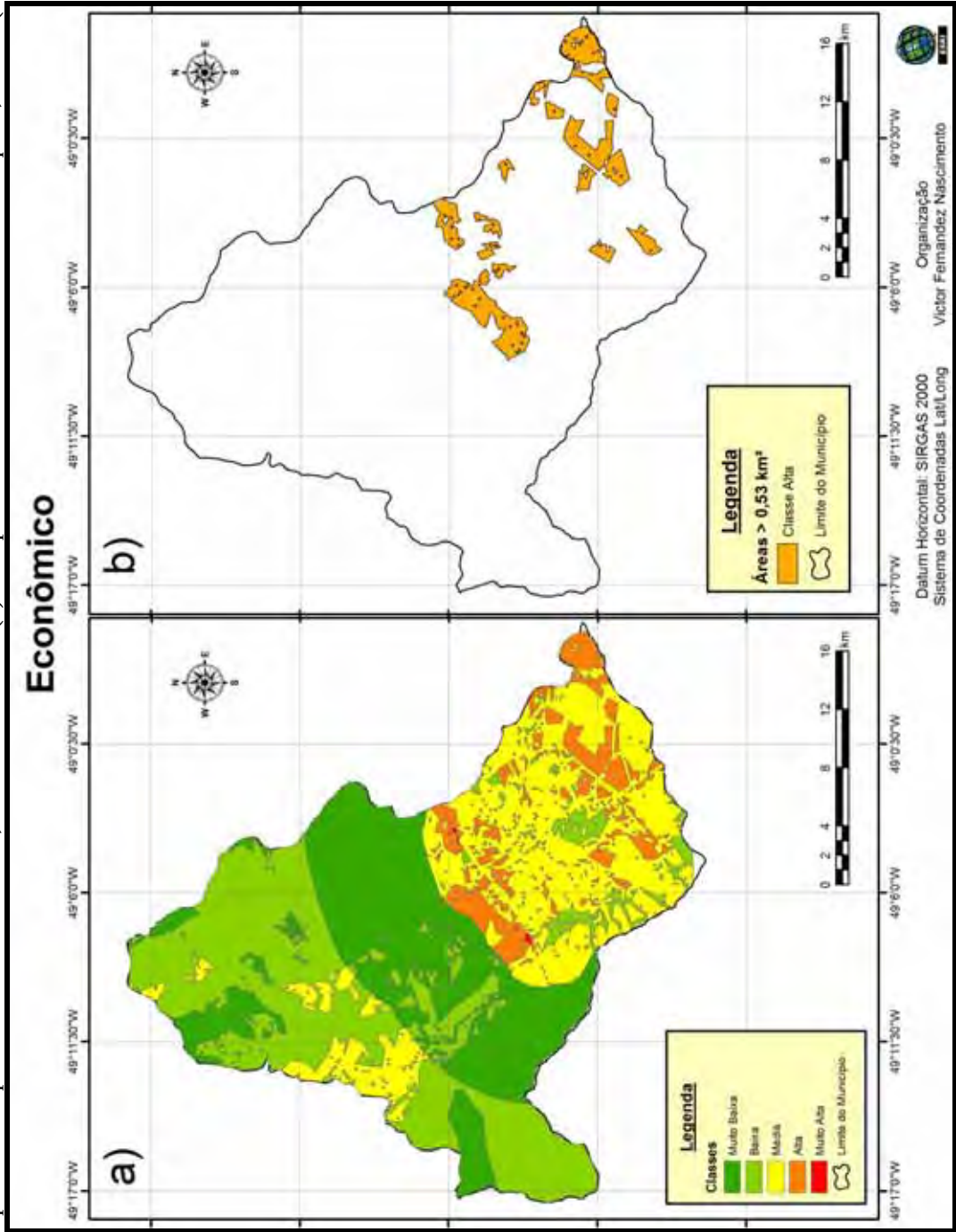


Na visão Ambiental foi constatado que a maior parte da área municipal é classificada com aptidão Muito Baixa 38,5%, em seguida, temos a classe Média com 27,3%, a classe Alta com 23,2%, a classe Baixa com 9,2% e por último a classe Muito Alta com apenas 1,8% (Mapa 6.1- a).

Considerando as classes de aptidão Muito Alta e Alta para a implantação de aterro sanitário no município de Bauru-SP, o resultado para a visão Ambiental foi que para a classe Muito Alta ocorreram sete áreas contínuas maiores que 0,53 km<sup>2</sup>, que foi a área dimensionada anteriormente para receber os resíduos sólidos da população de Bauru no período de 2013 a 2028. Quatro destas áreas se encontram nas regiões Norte e Noroeste, próximas da área urbana e as outras três estão localizadas próximas do limite municipal de Bauru com Avaí, na região Noroeste do município.

Considerado a classe de aptidão Alta, foram encontrados 19 áreas contínuas de tamanhos bem maiores que as dimensões mínimas que 0,53 km<sup>2</sup> para o município de Bauru-SP, localizados concentrados nas direções Noroeste e Sudeste da área urbana (Mapa 6.1 – b).

Mapa 6.2 – Mapa Critérios Ponderáveis, Visão Econômica (a) e Mapa Classes Alta e Muito Alta maior que 0,53 km² (b).

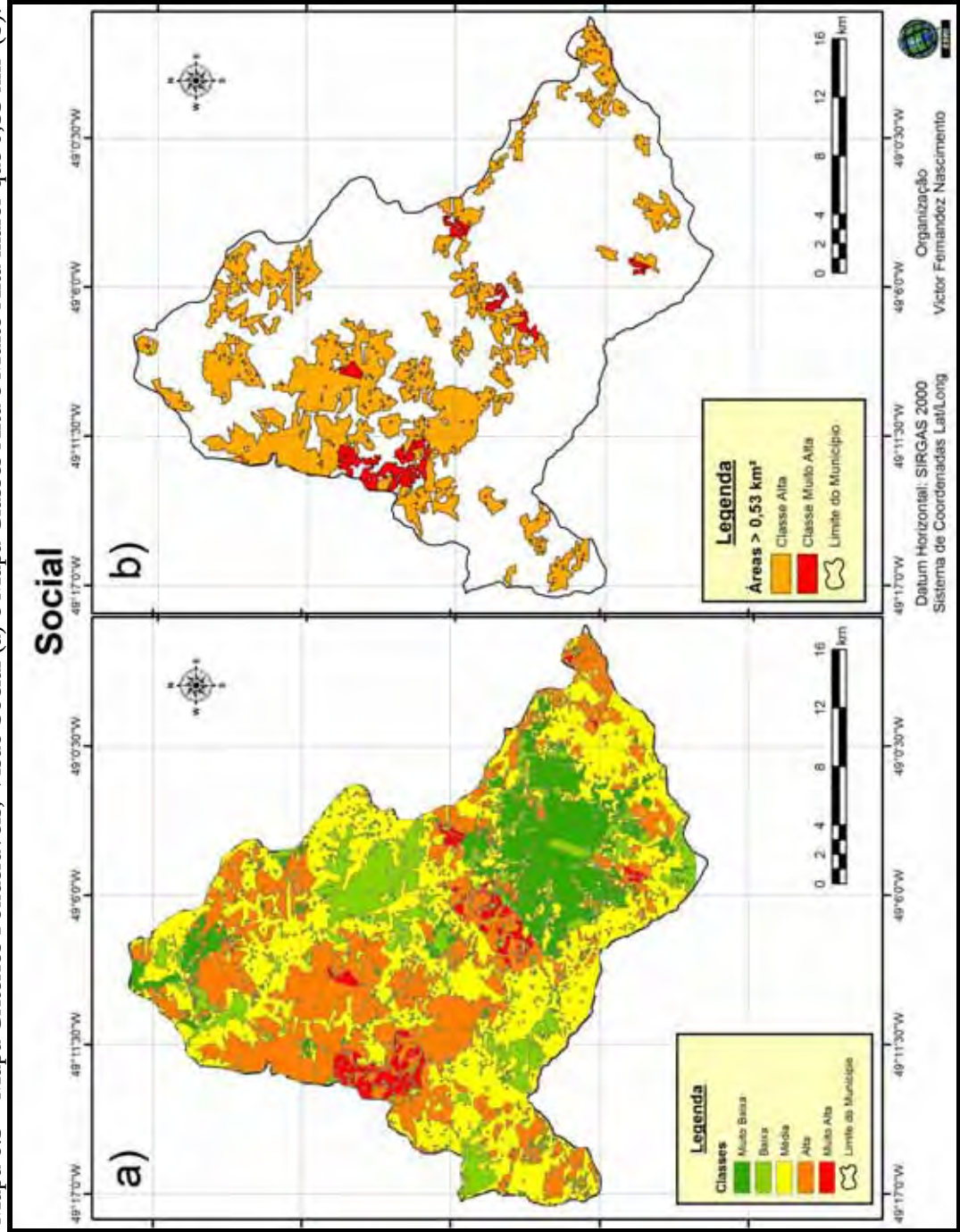


Na visão Econômica foi constatado que a maior parte da área municipal é classificada com aptidão Baixa (33,9%). Em seguida, temos a classe Média, com 29,5%, a classe Muito Baixa com 28,7%, a classe Alta com 7,7% e por último a classe Muito Alta, com apenas 0,06% (Mapa 6.2 – a).

Considerando as classes de aptidão Muito Alta e Alta para a implantação de aterro sanitário no município de Bauru-SP, o resultado para a visão Econômica foi a não ocorrência de locais categorizados como “Muito Alta” com área contínua maior que 0,53 km<sup>2</sup>. Para a classe Alta foram encontradas 16 áreas contínuas, sendo elas localizadas bem próximas da área urbana e predominantemente nas direções Sudeste e Noroeste (Mapa 6.2 – b).



Mapa 6.3 – Mapa Critérios Ponderáveis, Visão Social (a) e Mapa Classes Alta e Muito Alta maior que 0,53 km² (b).

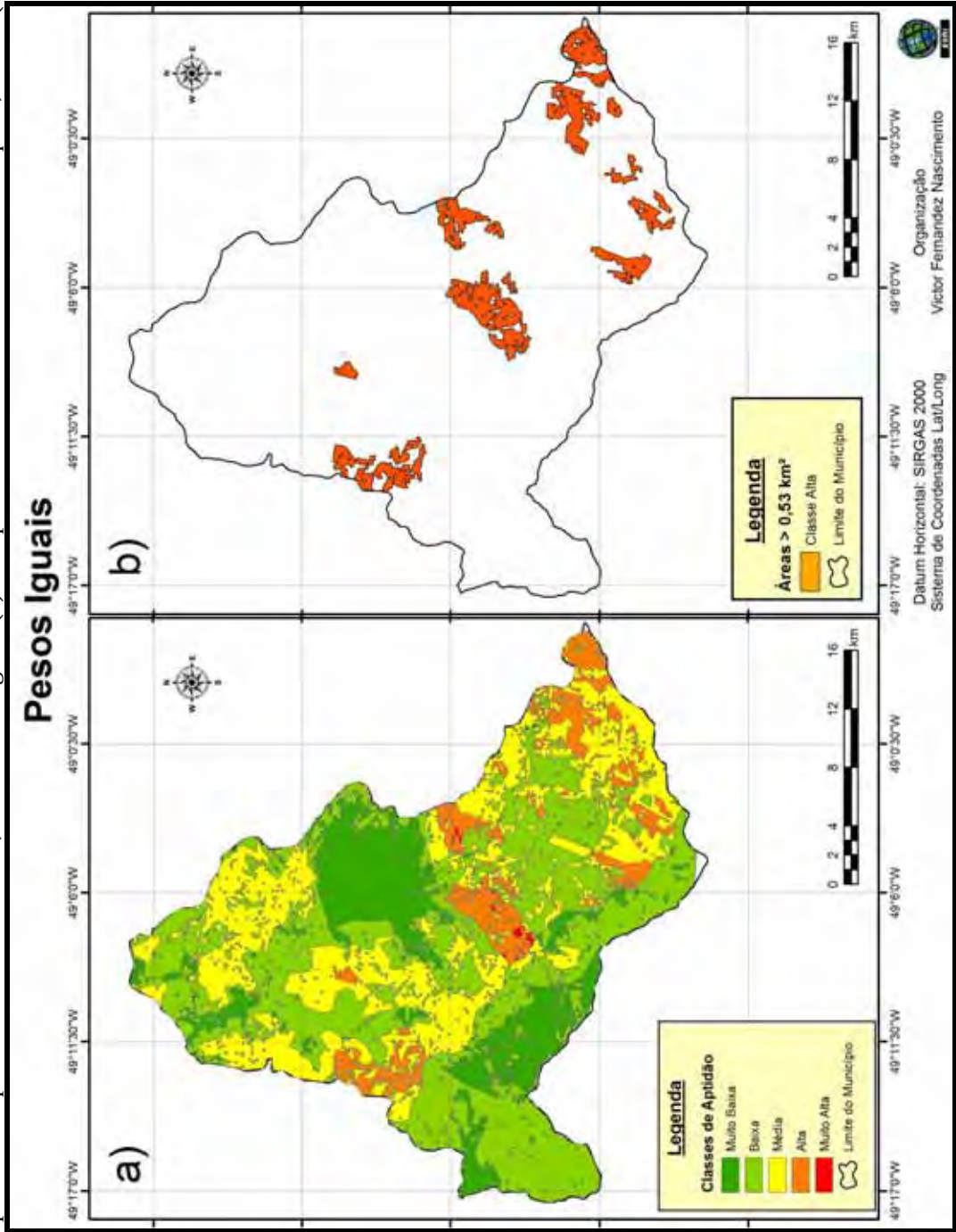


Nesta visão Social foi constatado que a maior parte da área municipal é classificada com aptidão Média 42,6%, em seguida, temos a classe Alta com 28,7%, a classe Muito Baixa, com 13,1%, a classe Baixa com 12,8% e, por último, a classe Muito Alta, com apenas 2,8% (Mapa 6.3 – a).

Considerando as classes de aptidão Muito Alta e Alta para a implantação de aterro sanitário no município de Bauru-SP, tivemos como resultado para a visão Social que para a classe Muito Alta encontrou-se 10 áreas contínuas com dimensões maiores que 0,53 km<sup>2</sup>, localizadas próximas da área urbana na região Norte, Noroeste e Sul, e próximas do limite municipal de Bauru com Avaí na região Noroeste do município.

Considerando a classe de aptidão Alta, foram encontradas 41 áreas contínuas de tamanhos bem maiores que as dimensões mínimas que 0,53 km<sup>2</sup> para o município de Bauru-SP, localizadas bem espalhadas em praticamente todas as regiões, com concentração nas direções Noroeste e Norte mais afastado da área urbana, próximas do limite municipal de Bauru com Avaí (Mapa 6.3 – b).

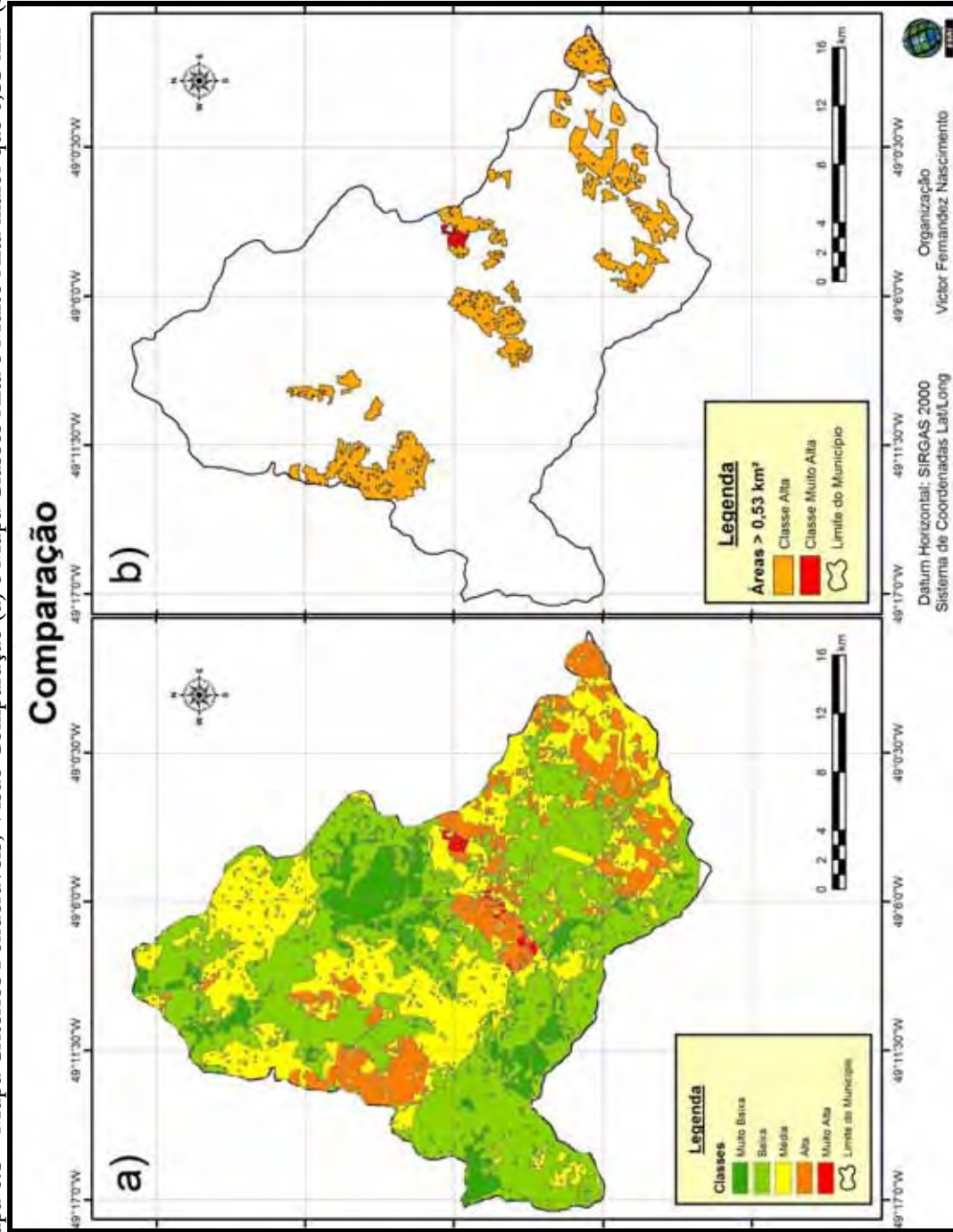
Mapa 6.4 – Mapa Critérios Ponderáveis, Visão Pesos Iguais (a) e Mapa Classes Alta e Muito Alta maior que 0,53 km² (b).



Na visão de Pesos Iguais foi constatado que a maior parte da área municipal é classificada com aptidão Baixa (43,7%). Em seguida, ocorre a classe Média com 30,0%, a classe Muito Baixa com 17,3%, a classe Alta com 8,8% e Muito Alta, com apenas 0,2% (Mapa 6.4 – a).

Considerando as classes de aptidão Muito Alta e Alta para a implantação de aterro sanitário no município de Bauru-SP, tivemos como resultados para a visão Pesos Iguais que para a classe Muito Alta não se encontrou nenhuma área contínua com dimensões maiores que 0,53 km<sup>2</sup> e para a classe Alta foram encontrados 19 áreas contínuas, sendo algumas delas localizadas próximas da área urbana predominantemente nas direções Norte, Noroeste e Sudeste e as outras próximas do limite municipal de Bauru com Avaí na direção Noroeste (Mapa 6.4 – b).

Mapa 6.5 – Mapa Critérios Ponderáveis, Visão Comparação (a) e Mapa Classes Alta e Muito Alta maior que 0,53 km² (b).



Na visão de Comparação foi constatado que a maior parte da área municipal é classificada com aptidão Baixa 46,5%. Em seguida, temos a classe Média, com 31,1%, a classe Alta com 12,8%, a classe Muito Baixa com 9,2% e a classe Muito Alta, com apenas 0,4% (Mapa 6.5-a).

Considerando as classes de aptidão Muito Alta e Alta para a implantação de aterro sanitário no município de Bauru-SP, tivemos como resultado, para a visão Comparação que a classe Muito Alta encontrou-se apenas uma área contínua com dimensões maiores que 0,53 km<sup>2</sup>, localizada ao Norte da área urbana de Bauru, próxima do limite municipal com a cidade de Arealva. Já considerando a classe de aptidão Alta, foram encontradas 27 áreas contínuas de tamanhos bem maiores que as dimensões mínimas que 0,53 km<sup>2</sup> para o município de Bauru-SP, localizadas próximas da área urbana concentradas nas direções Noroeste e Sudeste e próximas do limite municipal de Bauru com Avaí na região Noroeste (Mapa 6.5 – b).

### 6.1.1 Comparação Resultados Visões dos Critérios Ponderáveis.

Comparando a porcentagem da área do município de Bauru-SP de cada visão para cada classe de aptidão, sem considerar os critérios dos cenários restritivos, pode se observar que as classes de aptidão acabam sofrendo consideráveis mudanças espaciais e de representação dependendo dos aspectos que estão sendo considerados (Tabela 6.1).

Tabela 6.1 – Porcentagem da Área do município de Bauru-SP para cada Classe de aptidão.

| Visões       | Classes de Aptidão (%) |       |       |      |            |
|--------------|------------------------|-------|-------|------|------------|
|              | Muito Baixa            | Baixa | Média | Alta | Muito Alta |
| Ambiental    | 38,5                   | 9,2   | 27,3  | 23,2 | 1,8        |
| Econômico    | 28,8                   | 34,0  | 29,5  | 7,7  | 0,0        |
| Social       | 13,1                   | 12,8  | 42,6  | 28,6 | 2,9        |
| Pesos Iguais | 17,2                   | 43,7  | 30,0  | 8,9  | 0,2        |
| Comparação   | 9,2                    | 46,6  | 31,0  | 12,8 | 0,4        |

A visão que apresentou maior representação espacial dentro do município de Bauru-SP na classe Muito Alta foi a Social, seguidas da Ambiental, Comparação, Pesos

Iguais e, por último, a Econômica, com uma porcentagem muito baixa. Para a classe Alta, tivemos que a maior representação espacial ficou com a visão Social, seguidas da Ambiental, Comparação, Pesos Iguais e, por último, a Econômica. Ou seja, nas duas melhores classes de aptidão os resultados foram proporcionais. Se somadas as classes Alta com a Muita Alta, temos para a visão ambiental uma porcentagem de 25,0 %, para a visão Comparação temos 13,2%, para a visão Pesos Iguais temos 9,1%, para a visão Econômica temos 7,7%.

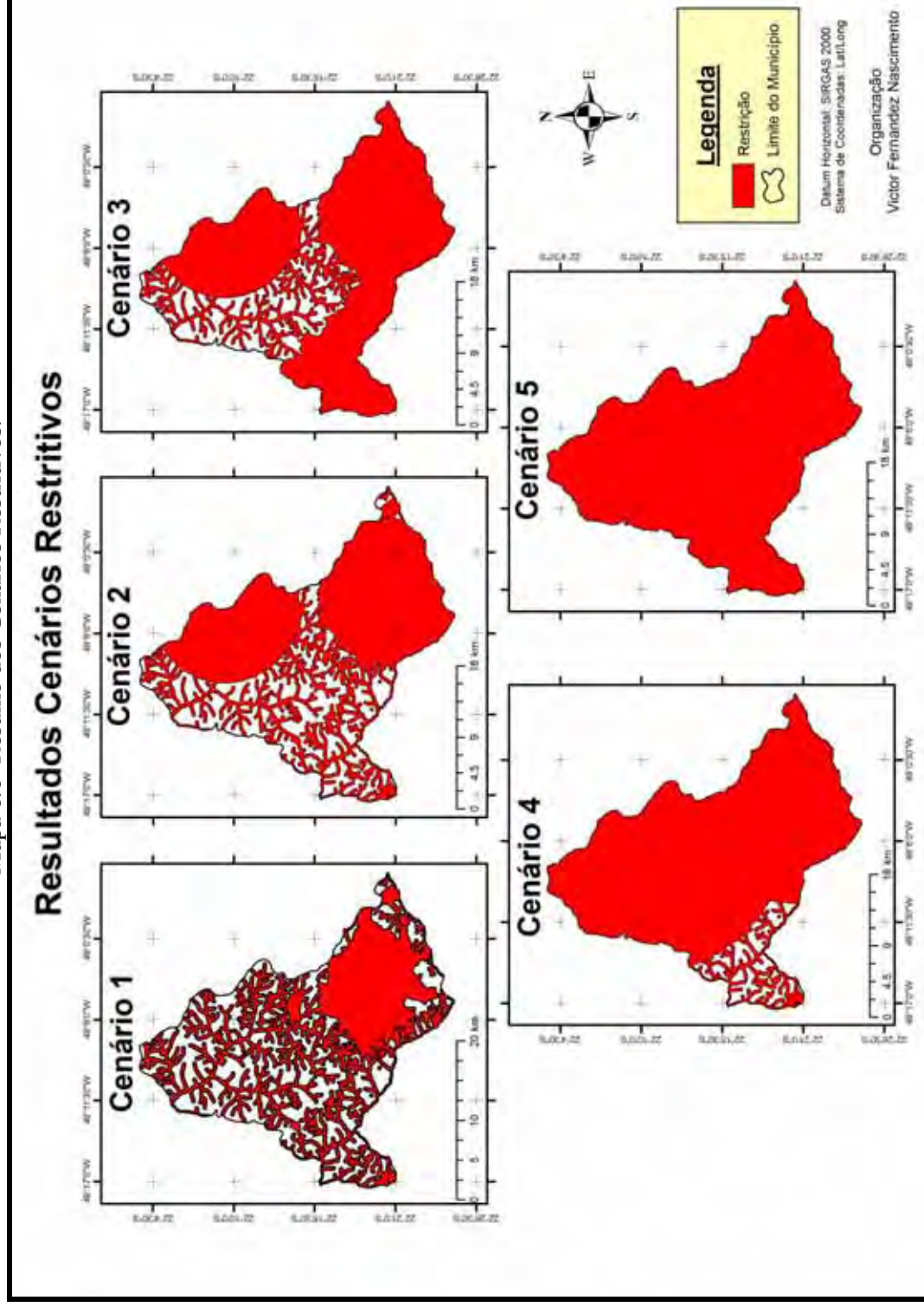
Ainda é relevante analisar que a visão de pesos Iguais se mostrou mais restrita em relação às classes de aptidão do que a visão Comparação. Ambas se mostraram mais restritas se compararmos com a visão ambiental ou social. Porém se mostraram mais favoráveis do que a visão econômica, que foi a considerada a mais problemática até o momento.

## **6.2 Resultados Cenários Critérios Restritivos.**

Como explicado na metodologia, foram analisados 5 cenários restritivos. Considerando os fatores restritivos, elaborou-se para cada cenário uma “máscara”, que servirá posteriormente para analisar os resultados dos critérios ponderáveis. Sendo ela demonstrada para o Cenário Restritivo 1, 2, 3, 4 e 5. Dentre todos estes cenários temos uma ordem de rigor, sendo o cenário 1 o mais brando e o cenário 5 o mais severo (Mapa 6.6).



Mapa 6.6- Resumo dos Cenários Restritivos.





Para o cenário restritivo 1, considerado o mais brando de todos, cerca de 58,0% do total da área municipal é considerada restrita para a implantação de aterro sanitário. Para o cenário restritivo 2, considerado mais severo que o anterior devido a faixa *buffer* de 9 km dos dois aeroportos de Bauru-SP, cerca de 73% do total da área municipal são consideradas restritas para a implantação de aterro sanitário.

O cenário restritivo 3, é considerado mais severo que o anterior. Isto é, porque além das faixas de *buffer* de 9 km dos dois aeroportos de Bauru-SP, ainda tem-se a restrição das APA – Batalha e Campo Novo. O total é 82,9 % da área municipal sendo considerada restrita para a implantação de aterro sanitário.

O cenário restritivo 4 é considerado mais severo que o anterior. Apesar de não ter como restrições as APAs – Batalha e Campo Novo passou a ter a faixas *buffer* de 13 km do aeroporto de Bauru e 20 km do aeroporto de Bauru-Arealva. Cerca de 94,0% do total da área municipal é considerada restrita para a implantação de aterro sanitário. O último cenário restritivo 5 é considerado o mais severo de todos, porque leva em consideração todos os fatores restritivos citados anteriormente. Portanto, se levarmos em consideração este cenário não há áreas disponíveis dentro do município de Bauru-SP para implantação de um aterro sanitário.

### **6.3 Comparação entre os Cenários Ponderáveis e Restritivos.**

Foram elaborados mapas com as visões Ambiental, Econômica, Social, Pesos Iguais e Comparação, para o cenário restritivo 1 (Mapa 6.7), cenário restritivo 2 (Mapa 6.8), cenário restritivo 3 (Mapa 6.9) e cenário restritivo 4 (Mapa 6.10).

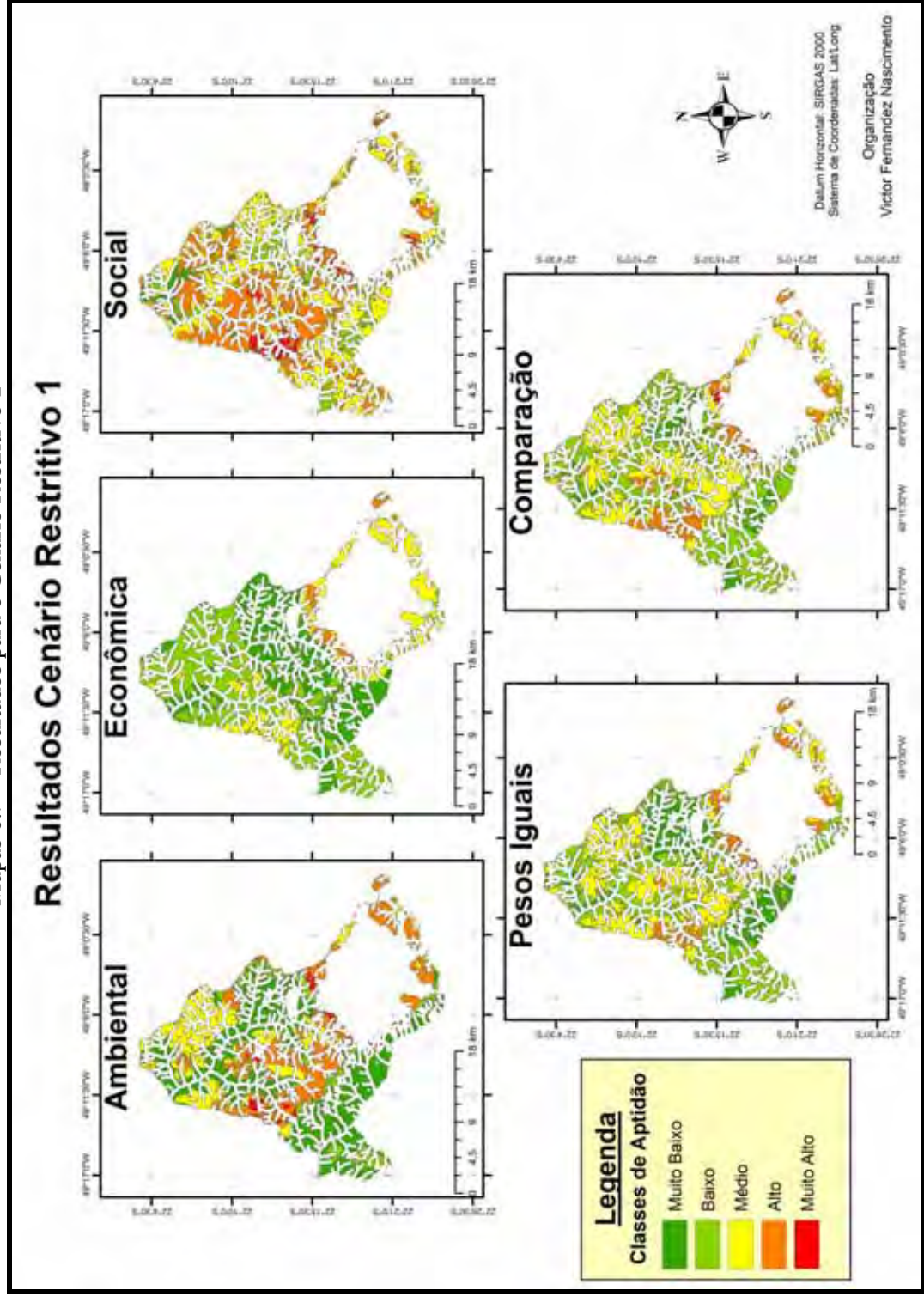
#### **6.3.1 Resultados Finais para o Cenário Restritivo 1.**

Se considerarmos o cenário restritivo 1 temos os resultados apresentados nos Mapas 6.7 e na Tabela 6.2.

Para as classes de aptidão para a implantação de aterro sanitário no município de Bauru-SP, de acordo com o cenário restritivo 1, observou-se que a classe Muito Alta, tem maior representação na visão Social com 3,9 % da área não restrita. Já na visão

Ambiental essa representatividade é de 2,3%. Porém para a classe Alta, este cenário se inverte, sendo que a visão Ambiental tem mais representatividade com 23,6 % do que a visão Social com 10,2%. Já para a visão Econômica sua representação na classe Muito Alta é Nula e na classe Alta é de 3,1 %. Ou seja, dentre as três principais visões analisadas até o momento para este cenário restritivo a visão econômica é a que mais dificulta para a implantação do aterro sanitário.

Mapas 6.7 – Resultados para o Cenário Restritivo 1



Em seguida, temos para as visões paralelas que a de Pesos Iguais sua representação na classe Muito Alta é Nula e na classe Alta é de 8,4 %, enquanto que a visão Comparação apresentou para a classe Muito Alta uma representatividade de 0,5% e na classe Alta de 11,4%, porém somadas as porcentagens destas duas classes Muito Alta e Alta. A diferença entre essas duas visões Pesos Iguais e Comparação é de 3,5% (Tabela 6.2).

Tabela 6.2 – Porcentuais da área do município de Bauru-SP segundo as classes de aptidões para as diferentes visões para o cenário restritivo 1.

| Visões                      | Classes de Aptidão % |       |       |      |            |
|-----------------------------|----------------------|-------|-------|------|------------|
|                             | Muito Baixa          | Baixa | Média | Alta | Muito Alta |
| <b>Ambiental</b>            | 39,9                 | 10,2  | 24,0  | 23,6 | 2,3        |
| <b>Econômico</b>            | 33,6                 | 42,9  | 20,4  | 3,1  | 0,0        |
| <b>Social</b>               | 5,0                  | 41,7  | 39,2  | 10,2 | 3,9        |
| <b>Pesos Iguais</b>         | 17,2                 | 40,8  | 33,6  | 8,4  | 0,00       |
| <b>Comparação A + E + S</b> | 8,5                  | 43,0  | 36,6  | 11,4 | 0,5        |

Para a visão Ambiental, foram encontrados 3 áreas de tamanho superior a 0,53 km<sup>2</sup>, para a classe Muito Alta, localizada ao Norte próxima da área urbana, já para a classe Alta foram encontrados 11 áreas, localizadas principalmente no eixo Noroeste-Sudeste. Para a visão Econômica, para a classe Muito Alta, não foram encontradas áreas maiores que 0,53 km<sup>2</sup>. Entretanto, na classe Alta encontraram-se 3 áreas, localizadas próximas da área urbana nas direções Norte, Noroeste e Leste. Para a visão Social, foram encontrados 6 áreas de tamanho superior a 0,53 km<sup>2</sup> para a classe Muito Alta, localizada ao Norte próxima da área urbana e a Noroeste próximo do limite municipal de Bauru com Avaí, já para a classe Alta foram encontrados 25 áreas bem espacializadas em todo o município.

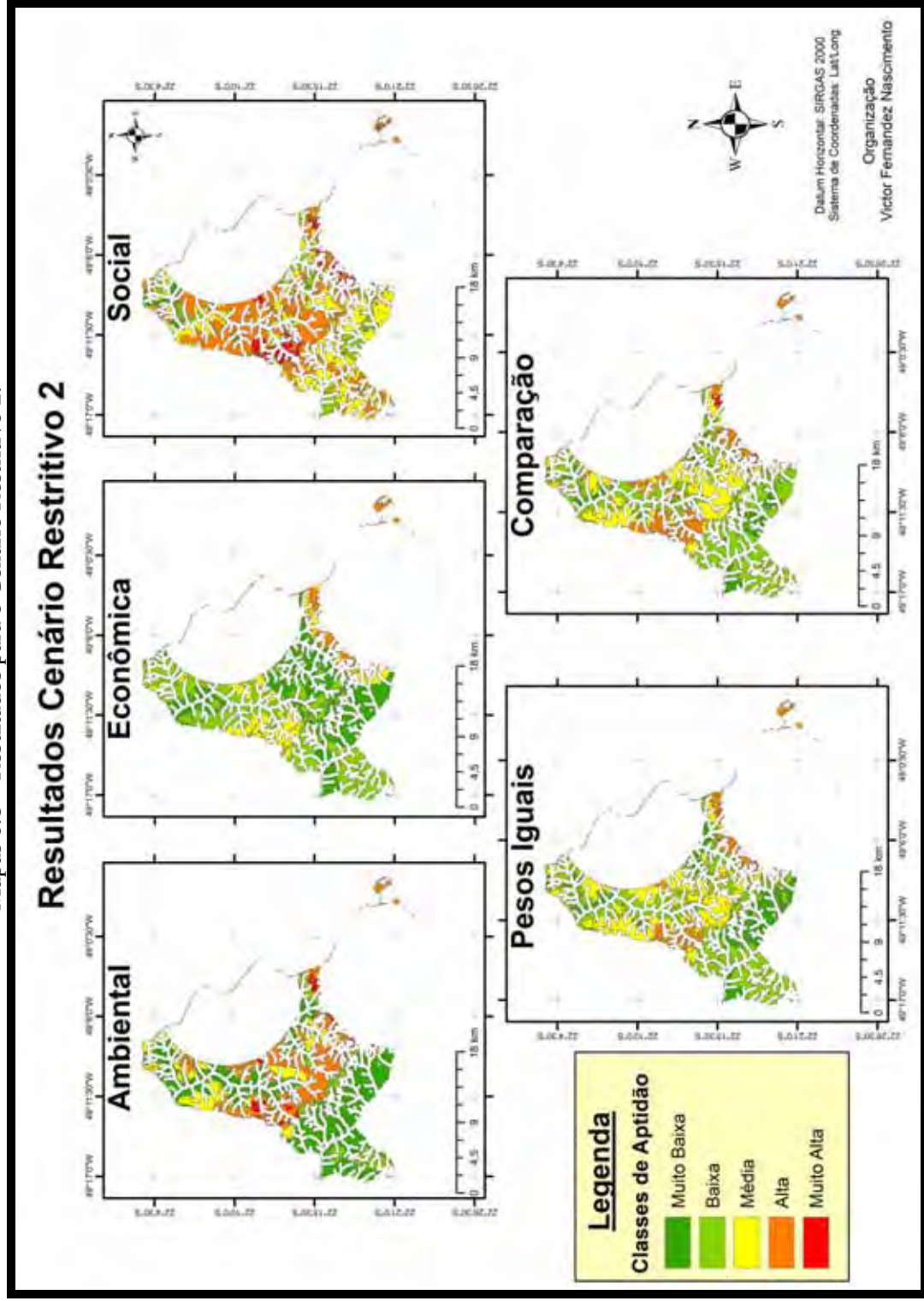
Em seguida, temos para as visões paralelas de Pesos Iguais, não foram encontradas áreas superiores a 0,53 km<sup>2</sup> na classe Muito Alta, já para a classe Alta foram encontradas 11 áreas no total, sendo que algumas estão localizadas próximas da área urbana nas direções Norte, Noroeste, Sul e Leste e as outras próximas do limite municipal de Bauru com Avaí na direção Noroeste. Para a visão Comparação, foi encontrada apenas 1 área de tamanho superior a 0,53 km<sup>2</sup>, para a classe Muito Alta,

localizada ao Norte, próxima da área urbana. Para a classe Alta, foram encontrados 10 áreas, localizadas principalmente no eixo Noroeste-Sudeste, próximo da área urbana e do limite municipal de Bauru com Avaí, sendo que existe a presença de uma área na ponta Leste, próxima do limite municipal de Bauru com Pederneiras e Agudos.

### **6.3.2 Resultados Finais Para o Cenário Restritivo 2.**

Os Mapas 6.8 e a Tabela 6.3 mostram os resultados para as classes de aptidão para a implantação de aterro sanitário no município de Bauru-SP. De acordo com o cenário restritivo 2, observou-se que a classe Muito Alta, tem maior representação na visão Social com 5,5 % da área não restrita. Já na visão Ambiental essa representatividade é de 3,3%, este panorama se mantém para a classe Alta, sendo de 43,0% para a visão Social e de 23,8% para a visão Ambiental. Já para a visão Econômica sua representação na classe Muito Alta é Nula e na classe Alta é de 4,8 %. Ou seja, dentre as três principais visões analisadas até o momento para este cenário restritivo a visão econômica é a que mais dificulta para a implantação do aterro sanitário.

Mapas 6.8 – Resultados para o Cenário Restritivo 2.



Em seguida temos para as visões paralelas que a de Pesos Iguais sua representação na classe Muito Alta é Nula e na classe Alta é de 8,3 %, enquanto que a visão Comparação apresentou para a classe Muito Alta uma representatividade de 0,7% e na classe Alta de 12,9%, porém somadas as porcentagens destas duas classes Muito Alta e Alta, a diferença entre essas duas visões Pesos Iguais e Comparação é de 5,3% (Tabela 6.3).

Tabela 6.3 – Porcentual da área do município de Bauru-SP segundo as classes de aptidões para as diferentes visões para o cenário restritivo 2.

| <b>Crítérios</b>     | <b>Classes de Aptidão %</b> |              |              |             |                   |
|----------------------|-----------------------------|--------------|--------------|-------------|-------------------|
|                      | <b>Muito Baixa</b>          | <b>Baixa</b> | <b>Média</b> | <b>Alta</b> | <b>Muito Alta</b> |
| Ambiental            | 44,4                        | 10,5         | 18,0         | 23,8        | 3,3               |
| Econômico            | 36,5                        | 43,0         | 15,7         | 4,8         | 0,0               |
| Social               | 4,0                         | 10,1         | 37,4         | 43,0        | 5,5               |
| Pesos Iguais         | 16,8                        | 43,9         | 31,0         | 8,3         | 0,0               |
| Comparação A + E + S | 8,5                         | 45,9         | 32,0         | 12,9        | 0,7               |

Para a visão Ambiental, ocorreram 2 áreas de tamanho superior a 0,53 km<sup>2</sup>, para a classe Muito Alta, uma localizada ao Norte próxima da área urbana e a outra a Noroeste próxima do limite municipal de Bauru com Avaí. Já para a classe Alta foram encontrados 8 locais, localizados principalmente a Noroeste da área urbana. Para a visão Econômica, para a classe Muito Alta, não foram encontradas áreas maiores que 0,53 km<sup>2</sup>. Entretanto na classe Alta encontraram-se 3 áreas, localizadas próximas da área urbana nas direções Norte, Noroeste e Leste. Para a visão Social, foram encontrados 6 áreas de tamanho superior a 0,53 km<sup>2</sup> para a classe Muito Alta, localizada ao Norte próxima da área urbana e a Noroeste próximo do limite municipal de Bauru com Avaí, já para a classe Alta foram encontrados 18 áreas bem espacializadas em todo o município, tendo a uma concentração a Noroeste da área urbana.

Em seguida temos para as visões paralelas que para a de Pesos Iguais, não foram encontradas áreas superiores a 0,53 km<sup>2</sup> na classe Muito Alta. Para a classe Alta foram encontradas 8 áreas no total, sendo que algumas estão localizadas próximas da área urbana nas direções Norte, Noroeste e Leste e as outras próximas do limite municipal de Bauru com Avaí na direção Noroeste. Entretanto, para a visão Comparação, foi

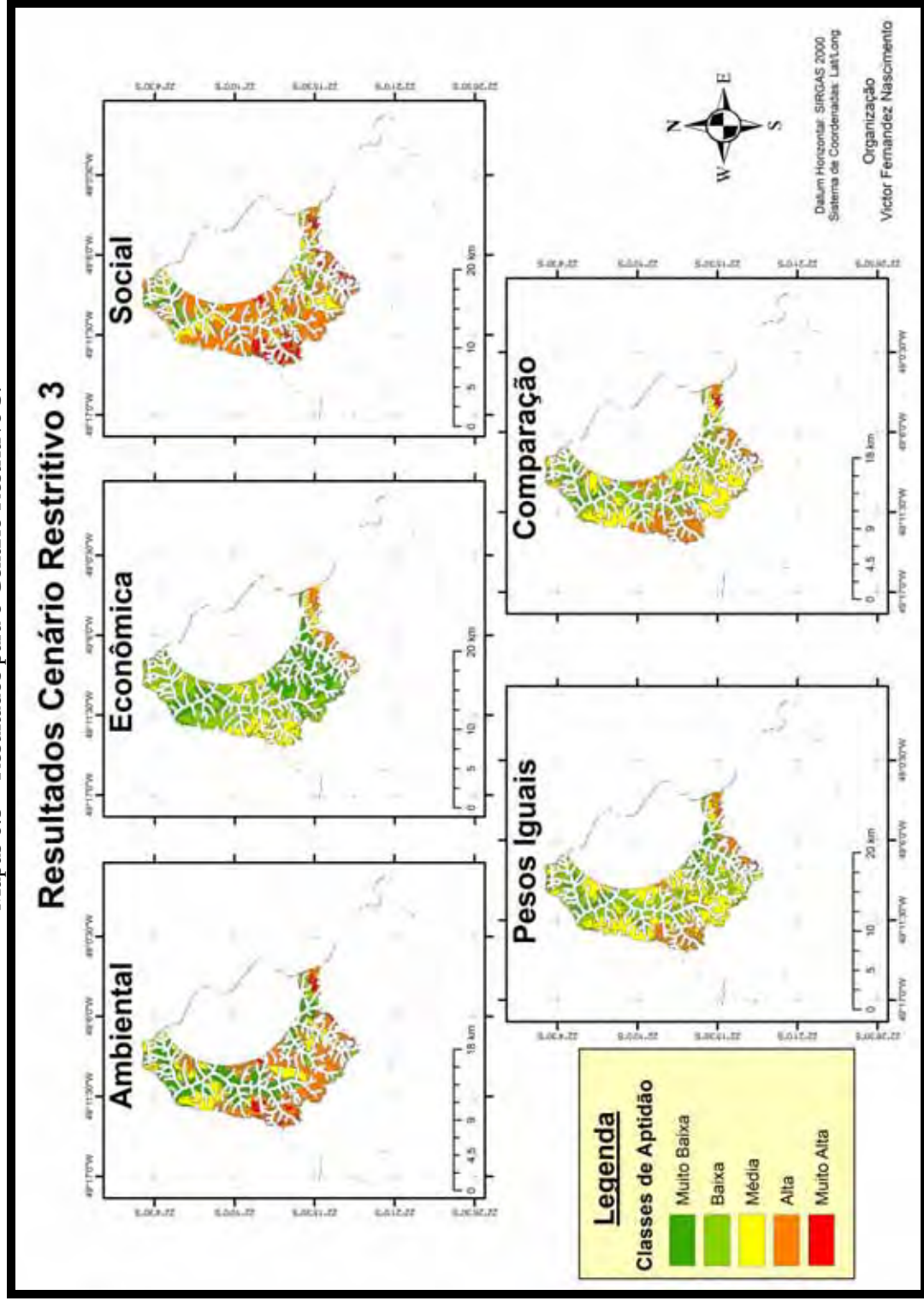
encontrada apenas 1 área de tamanho superior a 0,53 km<sup>2</sup>, para a classe Muito Alta, localizada ao Norte próxima da área urbana. Para a classe Alta foram encontrados 8 sítios, localizados principalmente a Noroeste e próximos a área urbana e ao limite municipal de Bauru com Avaí, sendo que existe a presença de um sítio na ponta Leste, próxima do limite municipal de Bauru com Pederneiras e Agudos.

### **6.3.3 Resultados Finais Para o Cenário Restritivo 3.**

Os Mapas 6.9 e a Tabela 6.4 mostram os resultados para as classes de aptidão para a implantação de aterro sanitário no município de Bauru-SP considerando o cenário restritivo 3. Para as classes de aptidão para a implantação de aterro sanitário no município de Bauru-SP, de acordo com este cenário, observou-se que a classe Muito Alta, tem maior representação na visão Social com 8,2% da área não restrita, já na visão Ambiental essa representatividade é de 5,3%. Este panorama se mantém para a classe Alta, sendo de 53,3% para a visão Social e de 35,0% para a visão Ambiental. Já para a visão Econômica sua representação na classe Muito Alta é Nula e na classe Alta é de 5,9%. Ou seja, dentre as três principais visões analisadas até o momento para este cenário restritivo a visão econômica é a que mais dificulta para a implantação do aterro sanitário.



Mapas 6.9 – Resultados para o Cenário Restritivo 3.



Em seguida temos para as visões paralelas que a de Pesos Iguais sua representação na classe Muito Alta é Nula e na classe Alta é de 11,6%, enquanto que a visão Comparação apresentou para a classe Muito Alta uma representatividade de 1,1% e na classe Alta de 18,7%, porém somadas as porcentagens destas duas classes Muito Alta e Alta, a diferença entre essas duas visões Pesos Iguais e Comparação é de 8,2% (Tabela 6.4).

Tabela 6.4 – Porcentual da área do município de Bauru-SP segundo as classes de aptidões para as diferentes visões para o cenário restritivo 3.

| Critérios            | Classes de Aptidão % |       |       |      |            |
|----------------------|----------------------|-------|-------|------|------------|
|                      | Muito Baixa          | Baixa | Média | Alta | Muito Alta |
| Ambiental            | 25,7                 | 8,0   | 26,0  | 35,0 | 5,3        |
| Econômico            | 29,7                 | 44,0  | 20,4  | 5,9  | 0,0        |
| Social               | 4,9                  | 7,7   | 25,9  | 53,3 | 8,2        |
| Pesos Iguais         | 7,4                  | 35,7  | 45,3  | 11,6 | 0,0        |
| Comparação A + E + S | 5,0                  | 31,7  | 43,5  | 18,7 | 1,1        |

Para a visão Ambiental, foram encontrados 7 áreas de tamanho superior a 0,53 km<sup>2</sup>, para a classe Muito Alta, localizadas ao Norte próxima da área urbana e na direção Noroeste perto da área urbana e próximas do limite municipal de Bauru com Avaí, já para a classe Alta foram encontrados 15 áreas, localizadas principalmente a Noroeste da área urbana. Para a visão Econômica, para a classe Muito Alta, não foram encontradas áreas maiores que 0,53 km<sup>2</sup>, entretanto na classe Alta encontraram-se 5 áreas, localizadas próximas da área urbana nas direções Norte e Noroeste. Para a visão Social, foram encontrados 9 áreas de tamanho superior a 0,53 km<sup>2</sup> para a classe Muito Alta, localizada ao Norte próxima da área urbana e a Noroeste próximo do limite municipal de Bauru com Avaí, já para a classe Alta foram encontrados 26 áreas bem espacializadas em todo a área analisada, tendo a uma concentração a Noroeste da área urbana.

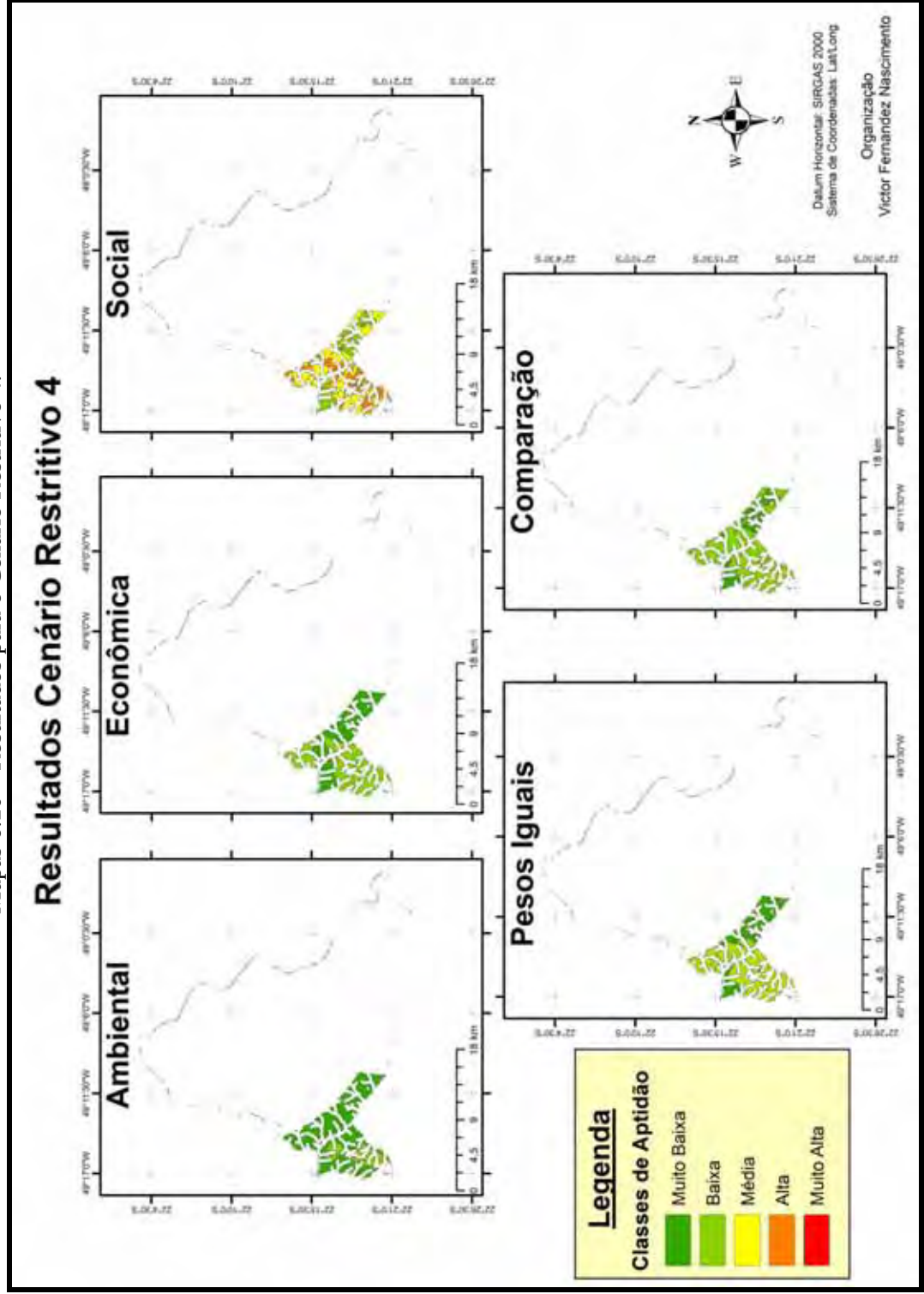
Em seguida temos para as visões paralelas que para a de Pesos Iguais, não foram encontradas áreas superiores a 0,53 km<sup>2</sup> na classe Muito Alta. Para a classe Alta foram encontradas 11 áreas no total, sendo que algumas estão localizadas próximas da área urbana nas direções Norte e Noroeste e as outras próximas do limite municipal de Bauru

com Avaí na direção Noroeste. Entretanto, para a visão Comparação, foi encontrada apenas 1 área de tamanho superior a 0,53 km<sup>2</sup>, para a classe Muito Alta, localizada ao Norte próxima da área urbana, já para a classe Alta foram encontradas 12 áreas, localizadas principalmente a Noroeste próximas da área urbana e do limite municipal de Bauru com Avaí.

#### **6.3.4 Resultados Finais Para o Cenário Restritivo 4.**

Os resultados da simulação sobre o cenário restritivo 4 são apresentados nos Mapas 6.10 e na Tabela 6.5. Para as classes de aptidão para a implantação de aterro sanitário no município de Bauru-SP, observou-se que a classe Muito Alta quase não possui representação espacial para nenhuma das visões. Na classe Alta, a única visão que possui uma significativa participação é a Social, com 21,3%. Ou seja, dentre as três principais visões analisadas até o momento para este cenário restritivo a visão Ambiental e Econômica dificultam para a implantação do aterro sanitário.

Mapas 6.10 – Resultados para o Cenário Restritivo 4.



Em seguida temos para as visões paralelas que a de Pesos Iguais sua representação na classe Muito Alta é nula e na classe Alta é de 0,4 %, enquanto que a visão Comparação apresentou para a classe Muito Alta uma representatividade quase nula de 0,03% e na classe Alta de 0,6 %. Ou seja, mesmo somadas às porcentagens destas duas classes Muito Alta e Alta a representatividade de áreas para a implantação de aterro sanitário tanto para a visão de Pesos Iguais como a Comparação é muito escassa (Tabela 6.5).

Tabela 6.5 – Porcentual da área do município de Bauru-SP segundo as classes de aptidões para as diferentes visões para o cenário restritivo 4.

| <b>Crítérios</b>     | <b>Classes de Aptidão %</b> |              |              |             |                   |
|----------------------|-----------------------------|--------------|--------------|-------------|-------------------|
|                      | <b>Muito Baixa</b>          | <b>Baixa</b> | <b>Média</b> | <b>Alta</b> | <b>Muito Alta</b> |
| Ambiental            | 85,0                        | 15,0         | 0,0          | 0,0         | 0,0               |
| Econômico            | 47,4                        | 0,0          | 52,6         | 0,0         | 0,0               |
| Social               | 2,1                         | 19,6         | 56,9         | 21,3        | 0,1               |
| Pesos Iguais         | 34,1                        | 64,3         | 1,2          | 0,4         | 0,0               |
| Comparação A + E + S | 19,6                        | 74,3         | 5,5          | 0,6         | 0,0               |

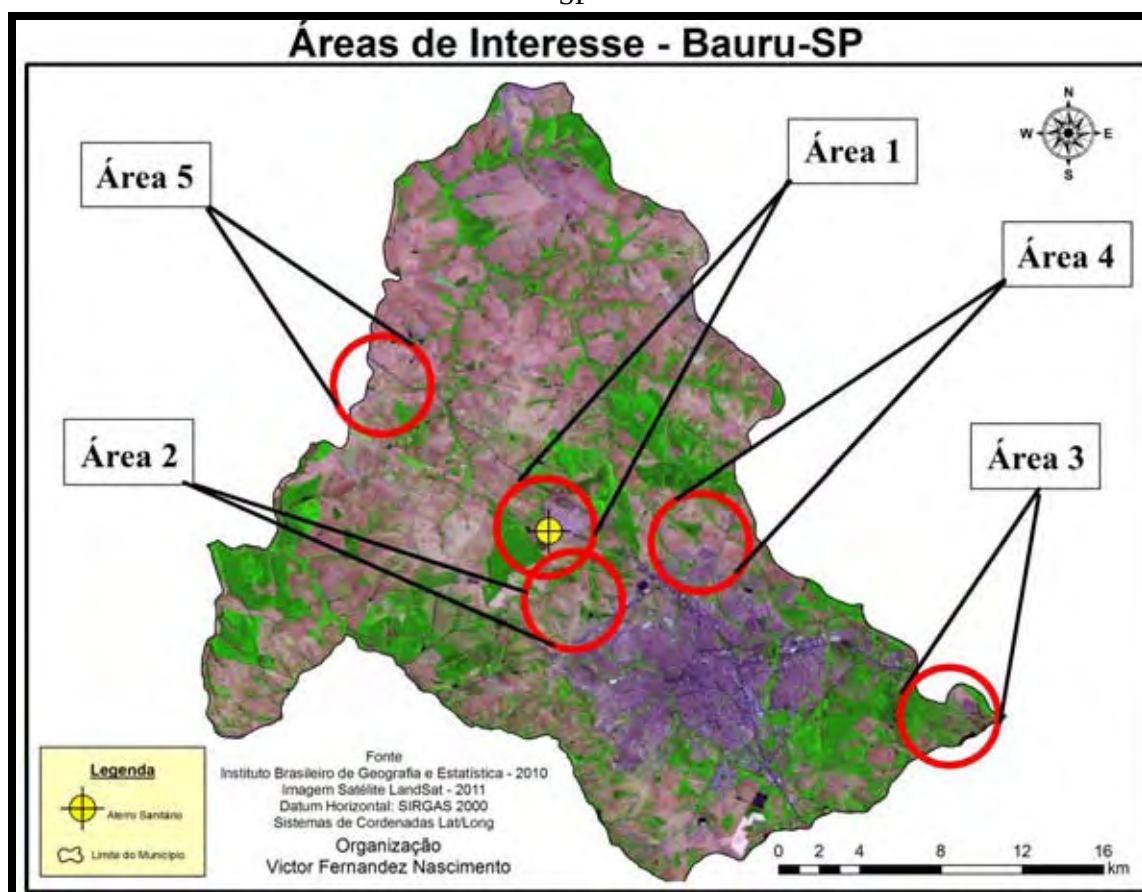
Para as três visões principais Ambiental, Econômica e Social, não foram encontradas áreas de tamanho superior a 0,53 km<sup>2</sup>, para a classe Muito Alta. Já para a classe Alta só se encontraram áreas na visão Social, localizadas próximas do limite municipal de Bauru com Piratininga e Avaí.

Em seguida temos para as visões paralelas que tanto para a de Pesos Iguais, quanto para a Comparação, não foram encontradas áreas superiores a 0,53 km<sup>2</sup> nas classes Muito Alta e Alta.

## 6.4 Análises de Áreas e Comparação entre os Cenários Ponderáveis e Restritivos

Caso considerarmos o cenário restritivo 5, como dito anteriormente nenhuma área dentro do limite municipal de Bauru, poderia servir para a implantação do aterro sanitário, porém para os outros cenários restritivos foram encontradas cinco locais, que obtiveram resultados interessantes com áreas maiores que 0,53 km<sup>2</sup> para classes de aptidão Muito Alta e ou Alta (Mapa 6.11).

Mapa 6.11 – Áreas de Interesse para a implantação de aterro sanitário no município de Bauru-SP



A área 1, constitui uma área ao entorno do atual aterro sanitário, a área 2 está localizada próxima a área urbana de Bauru, na região Noroeste. A área 3 está localizada no extremo Leste do município de Bauru, próxima do limite de Bauru com Arealva e Piratininga. Por sua vez a área 4 se localiza ao Norte da área urbana e por fim a área 5 está localizada a Noroeste da área urbana, próxima do limite municipal de Bauru com Avaí.

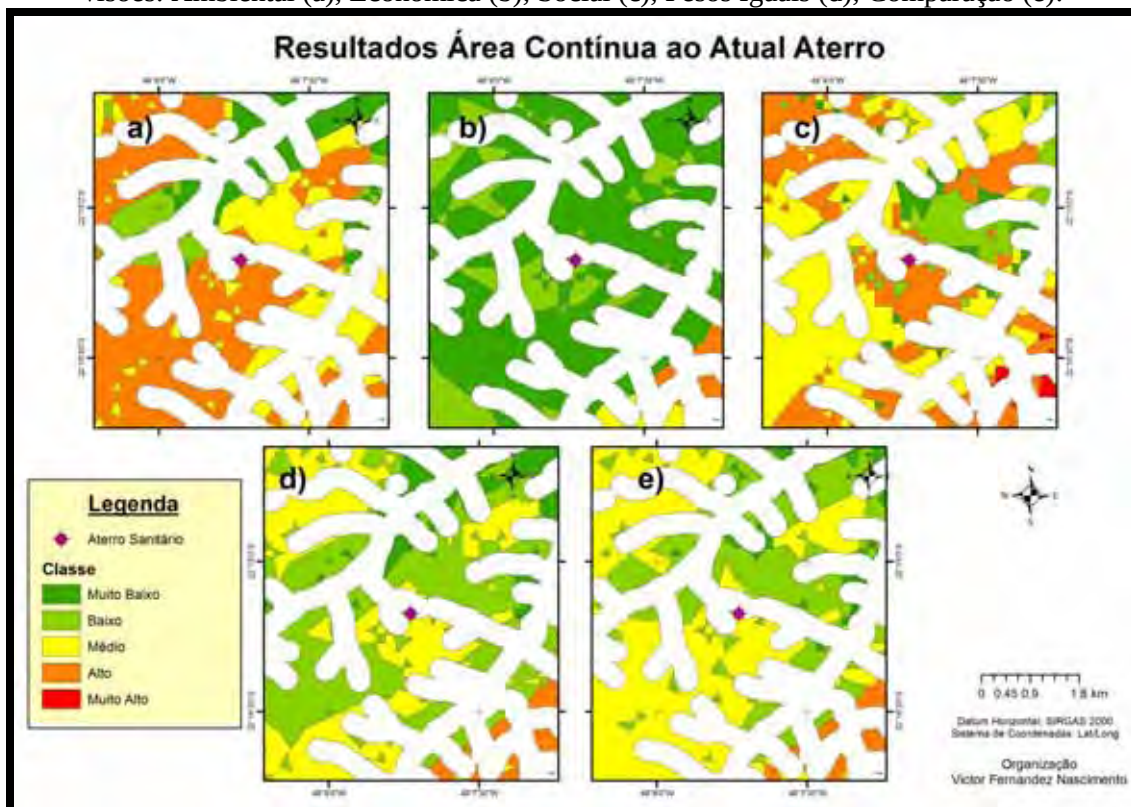


### 6.4.1 Área 1 - Contínua ao atual aterro sanitário.

Uma das áreas de interesse para a análise para a implantação de aterro sanitário no município de Bauru-SP foi no entorno do atual aterro sanitário, visto que já existe certa infraestrutura instalada, além de ter sido afirmado pela EMDURB como a melhor solução para a deposição de resíduos sólidos. Porém, levando em consideração as restrições, parte do atual aterro sanitário de Bauru encontra-se em um dos fatores básicos do cenário restritivo 1 de análise neste processo que foi o de menos de 200 metros de distâncias dos recursos hídricos. Essa área contínua não sofreu alteração de restrição nos cenários restritivos 2 e 3. Porém, nos cenários restritivos 4 e 5, onde se levou em consideração a distância de 13 km do aeroporto de Bauru e 20 km do aeroporto de Bauru-Arealva, toda a região próxima do atual aterro foi considerada restrita por estes fatores.

Os resultados para os cenários ponderáveis com os cenários restritivos 1, 2 e 3, obtiveram as seguintes classes de aptidão para a área contínua ao aterro (Mapas 6.12).

Mapas 6.12 – Resultados Área 1 – Contínua ao Atual Aterro, para o Cenário Restritivo 1, 2 e 3, visões: Ambiental (a), Econômica (b), Social (c), Pesos Iguais (d), Comparação (e).



Observou-se nos mapas que para a visão Ambiental (a), a classe de aptidão ao entorno do aterro é Alta, já para a visão Econômica (b), a classe do entorno é Baixa e Muito Baixa, para a visão Social (c), a classe é na sua maioria Alta, apesar de haver pequenas áreas consideradas de Baixas aptidão. Em seguida, para as visões de Pesos Iguais e Comparação, os resultados foram bem parecidos. A classe Média é preponderante, apesar de aparecer algumas áreas com classes Baixa no entorno.

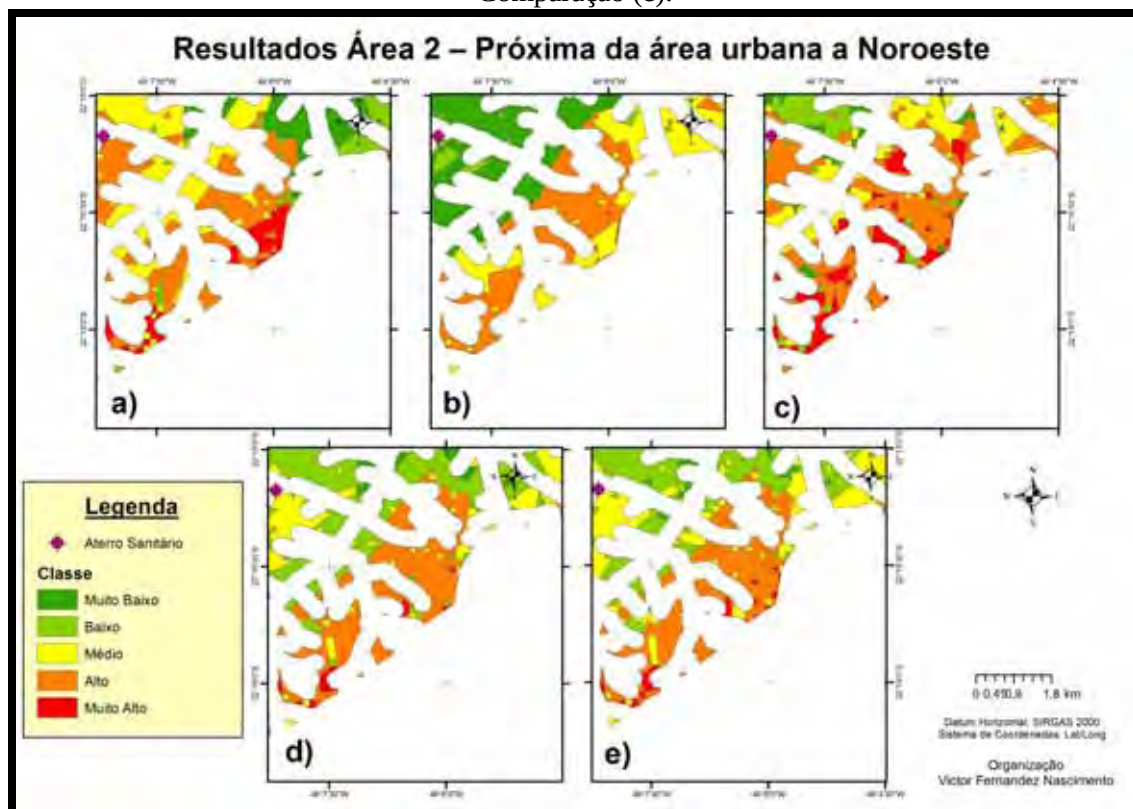
Portanto, a área contínua ao aterro, não foi considerada como uma das melhores áreas para a implantação do aterro sanitário no município de Bauru-SP, como afirmou a EMDURB (2010) já que para a visão de Pesos Iguais e de Comparação a classe de aptidão encontrada na maior parte foi a Média.

#### **6.4.2 Área 2 – Próxima da área urbana a Noroeste.**

Para esta área localizada próxima da área urbana na direção Noroeste, a principal causa da restrição nos cenários restritivos 1, 2 e 3 é a faixa *buffer* de 200 metros dos recursos hídricos, já que a densidade de rios é alta. Já para o cenário restritivo 4 e 5, onde se levou em consideração a distância de 13 km do aeroporto de Bauru e 20 km do aeroporto de Bauru-Arealva, toda a região próxima da área urbana ficou considerada restrita por estes fatores. Já os resultados para os cenários ponderáveis com os cenários restritivos 1, 2 e 3, obtiveram as seguintes classes de aptidão para esta área apresentadas nos (Mapas 6.13).



Mapas 6.13 – Resultados para a Área 2 – Próximas da área urbana a Noroeste para o Cenário Restritivo 1, 2 e 3, visões: Ambiental (a), Econômica (b), Social (c), Pesos Iguais (d), Comparação (e).



Observou-se ao centro nos mapas que para a visão Ambiental (a), a classe de aptidão Muito Alta e Alta, já para a visão Econômica (b), a classe do entorno é Alta e Baixa, para a visão Social (c), a classe é na sua maioria Alta, apesar de haver pequenas áreas consideradas de Muito Altas e Baixas aptidões. Em seguida para as visões de Pesos Iguais e Comparação, os resultados foram bem parecidos, e a classe Alta é preponderante, apesar de aparecer algumas áreas pequenas com classes Muito Alta e Média no entorno.

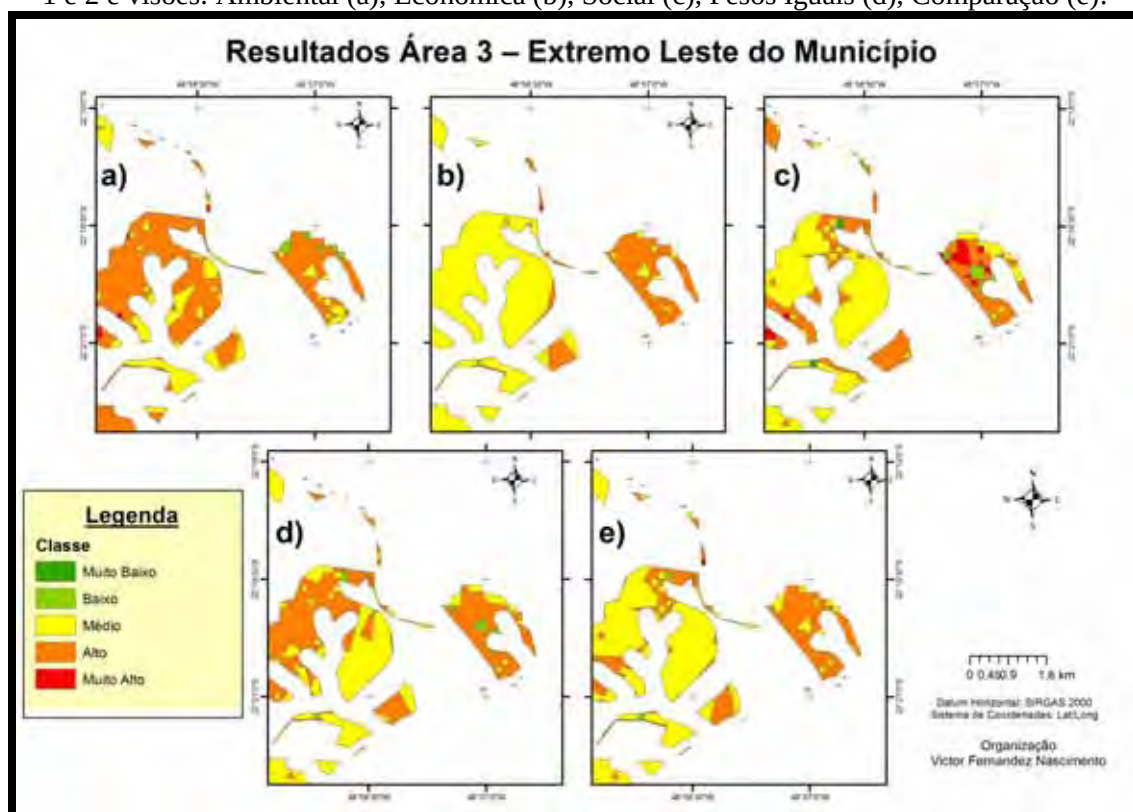
#### 6.4.3 Área 3 – Extremo Leste do município.

Esta área é localizada no extremo Leste do município, é relativamente próxima da área urbana e do limite municipal de Bauru com Arealva e Piratininga. A principal causa da restrição nos cenários restritivos 1, 2 é a faixa *buffer* de 200 metros dos recursos hídricos e a proximidade com a área urbana e o limite municipal. Para os cenários restritivos mais severos como o 3, o 4 e 5, esta área encontra-se restrita devido

à legislação municipal que proíbe a deposição de resíduos sólidos na APA – Campo Novo.

Os resultados para os cenários ponderáveis com os cenários restritivos 1 e 2 obtiveram as classes de aptidão para esta área apresentadas nos (Mapas 6.14).

Mapas 6.14 – Resultados para a Área 3 – Extremo Leste do Município para o Cenário Restritivo 1 e 2 e visões: Ambiental (a), Econômica (b), Social (c), Pesos Iguais (d), Comparação (e).



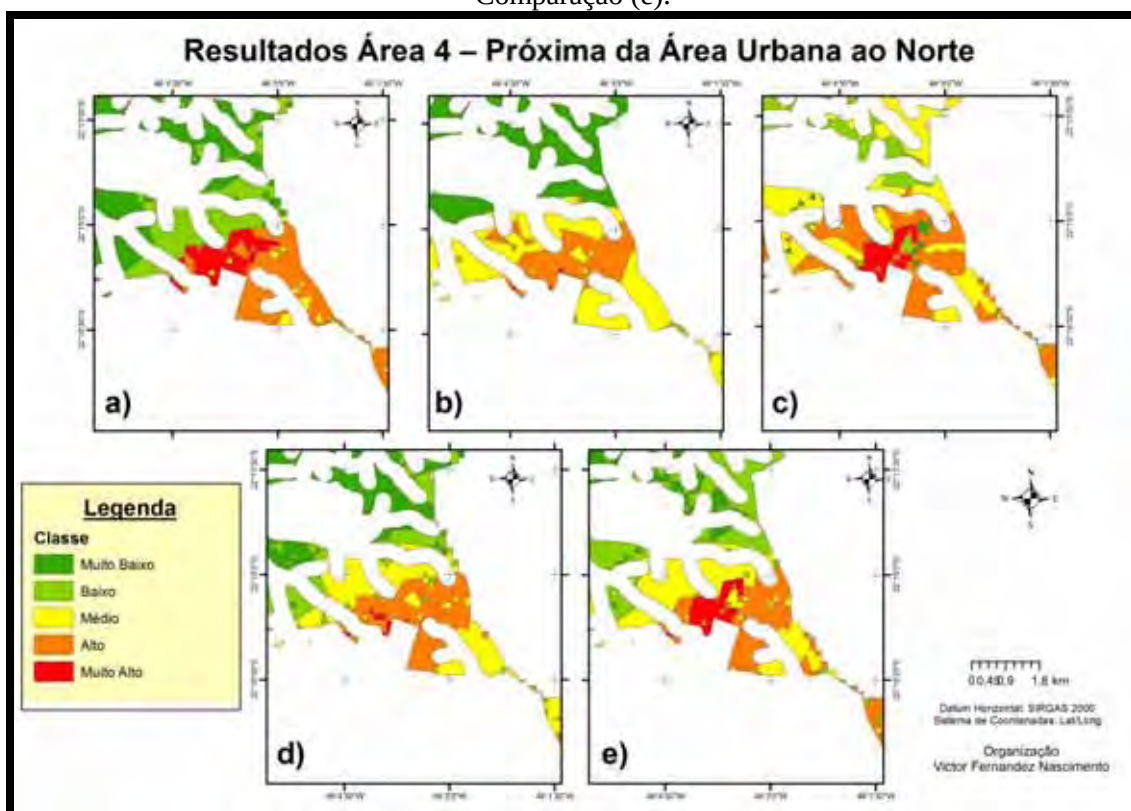
Observou-se nos mapas que para a visão Ambiental (a), a classe de aptidão Alta é predominante. Para a visão Econômica (b) temos uma área a Leste com classe Alta e uma área a Oeste com classe Média. Para a visão Social (c), a classe está bem fragmentada entre as classes Muito Alta e Alta a Leste e Média e Alta a Oeste. Em seguida para as visões de Pesos Iguais e Comparação, os resultados foram bem parecidos, e a classe Alta é predominante a Leste e Oeste, sendo a classe Média predominante na região central.

Esta área em geral é interessante caso ocorra um consórcio municipal para a construção de um aterro sanitário e gerenciamento integrado de resíduos sólidos entre Bauru, Arealva e Piratininga, já que a área se encontra entre os limites municipais de tais cidades.

#### 6.4.4 Área 4 - Próxima da área urbana ao Norte

Esta área é localizada ao Norte da área urbana do município de Bauru-SP, é relativamente próxima do limite municipal com a cidade de Arealva. A principal causa da restrição nos cenários restritivos 1, 2 e 3 é a distância de 200 metros dos recursos hídricos e a proximidade com a área urbana e o limite municipal. Para os cenários restritivos mais severos como o 4 e 5, esta área encontra-se restrita devido a faixa *buffer* de 13 km do aeroporto de Bauru e 20 km do aeroporto de Bauru-Arealva. Os resultados para os cenários ponderáveis com os cenários restritivos 1, 2 e 3 são apresentados nos (Mapas 6.15).

Mapas 6.15 – Resultados para a Área 4 – Próxima da área urbana ao Norte para o Cenário Restritivo 1, 2 e 3 e para as visões: Ambiental (a), Econômica (b), Social (c), Pesos Iguais (d), Comparação (e).



Observou-se nos mapas que para a visão Ambiental (a), existe uma grande área ao centro com a classe de aptidão Muito Alta e ao entorno com a classe Alta. Já para a visão Econômica (b) temos uma área central com a classe Alta e ao entorno

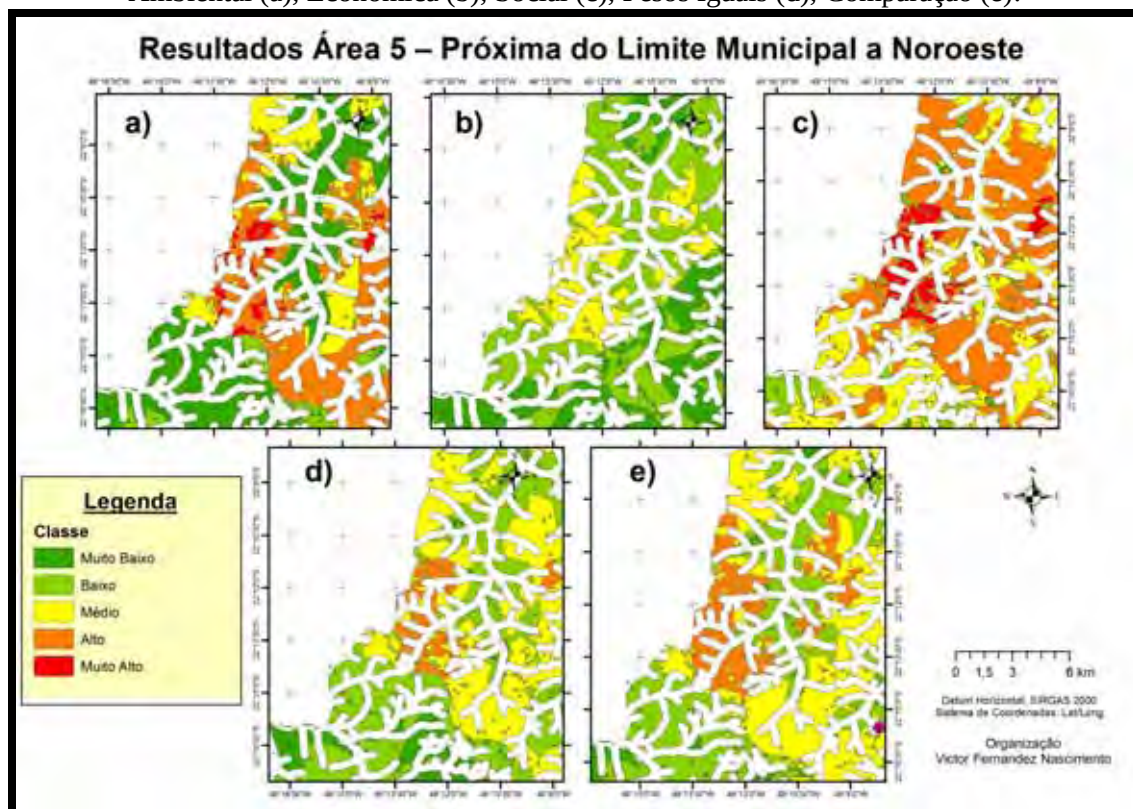
predominantemente a classe Média. Para a visão Social (c), existe uma área ao centro com a classe de aptidão Muito Alta e ao entorno existem diferentes classes de aptidão bem fragmentadas. Em seguida para as visões de Pesos Iguais existe uma predominância de classe Alta e ao entorno Média, enquanto que na visão Comparação, aparece uma área grande com a classe Muito Alta e ao entorno classes de aptidão Alta ao Sudeste e classe Média a Noroeste.

#### **6.4.5 Área 5 – Próxima do limite municipal a Noroeste.**

Esta área é localizada próxima do limite municipal de Bauru com Avaí, a Noroeste da área urbana de Bauru-SP. Verificou-se que não existe nenhuma restrição devido à proximidade da área urbana de Avaí, ou de aeroportos nesta cidade. A principal causa da restrição da região para os cenários restritivos 1, 2 e 3 é a distâncias de 200 metros dos recursos hídricos, a faixa *buffer* da área urbana de Bauru e o limite municipal. Para os cenários restritivos mais severos como o 4 e 5, esta área encontra-se restrita, devido principalmente a distância de 20 km do aeroporto de Bauru-Arealva. Os resultados para os cenários ponderáveis com os cenários restritivos 1, 2 e 3 são apresentados nos (Mapas 6.16).



Mapas 6.16 – Resultados para a Área 4 – Próxima do limite municipal de Bauru com Avaí a Noroeste da área urbana de Bauru-SP para o Cenário Restritivo 1, 2 e 3 e para as visões: Ambiental (a), Econômica (b), Social (c), Pesos Iguais (d), Comparação (e).



Observou-se nos mapas que para a visão Ambiental (a), existe uma grande área ao centro com a classe de aptidão Alta fragmentada por classes de aptidão Muito Alta, já para a visão Econômica (b) temos uma área central com a classe Média e ao entorno predominantemente a classe Baixa, para a visão Social (c), existe uma área ao centro com a classe de aptidão Muito Alta. Ao redor desta temos predominantemente a classes Alta. Em seguida para as visões de Pesos Iguais existe uma predominância de classe Alta ao centro e entorno Média, enquanto que na visão Comparação, aparece uma área grande com a classe Alta ao centro e ao entorno classes de aptidão Média. Esta área apesar de ser uma área mais afastada da área urbana é a que apresenta mais espaço entre as classes Muito Alta e Alta.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise dos fatores ambientais, econômicos e sociais e a possibilidade de resposta aos impactos das atividades antrópicas, são atualmente bem mais numerosas e específicas do que foram no passado, graças ao desenvolvimento técnico-científico sobre suas inter-relações. Uma das técnicas atuais mais importantes para esta interdisciplinaridade é o Geoprocessamento, que envolve o Sensoriamento Remoto e SIG e que foram utilizados neste trabalho para identificar locais para a implantação de aterro sanitário no município de Bauru-SP.

Além das técnicas utilizadas a metodologia aqui proposta de Análise Multi-Critério de Decisão e de atribuição de pesos utilizando a Análise Hierárquica de Processos auxiliaram para que os diferentes pontos de vista e os diferentes fatores, segundo as três visões consideradas mais importantes neste trabalho (Ambiental, Econômica e Social), assim como os profissionais das diferentes áreas desde os das ciências humanas e biológicas até os das ciências exatas fossem abrangidos.

Com esta pesquisa pôde-se avaliar a importância de conhecimentos prévios de alguns fatores Ambientais como o Relevo, a Geologia, a Pedologia, a Hidrografia, Biomas e Áreas de Interesses Ambientais como as Áreas de Preservação Permanente e as Áreas de Proteção Ambiental, bem como outras áreas de interesse Sociais como o Uso e a Cobertura da Terra, Densidade Demográfica, e a Direção e Velocidade dos Ventos, e áreas Econômicas e/ou operacionais como a Distâncias de Áreas Urbanas, Distâncias de Estradas e Distâncias de Aeroportos, podem ajudar para o processo de localização de uma área para deposição de resíduos e implantação de um aterro sanitário, desde a identificação dos fatores restritivos até a atribuição de pesos aos fatores ponderáveis, de forma a minimizar os impactos causados ao meio ambiente e a sociedade como um todo.

Dentre as análises das áreas como um todo, notou-se para o município de Bauru-SP que a visão econômica foi a mais severa de todas. Porém, na situação na qual se encontra o município, em que grande parte do seu território apresenta restrições a deposição de resíduos sólidos pela legislação, esta importância deve ser questionada, já que os custos finais para a implantação e operação do aterro acabariam de qualquer maneira sendo maiores.

Portanto, além de verificar qual a classe de aptidão para a região do entorno do atual aterro sanitário de Bauru-SP, foram sugeridas e analisadas algumas das áreas que obtiveram as melhores classes de aptidão em diferentes regiões dentro do município e apresentaram áreas maiores que 0,53 km<sup>2</sup>, que foi o tamanho da área calculada neste trabalho para a deposição de resíduos sólidos para o município de Bauru dentre os anos de 2013 a 2028. Cabendo à prefeitura e a empresa responsável pelos resíduos sólidos municipais (EMDURB) verificar dentre estas áreas *in locu*, com sondagem e estudos de campo qual é a melhor para a implantação do aterro para o município de Bauru-SP.

Por último, pode-se dizer que as técnicas de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto, juntamente com os Sistemas de Informações Geográficas assim como, a metodologia de Análise Multi Critério de Decisão e Análise Hierárquica de Processos utilizadas neste trabalho são estudos relativamente rápidos e de baixo custo para se localizar áreas propícias à implantação de aterros sanitários e podem vir a ser aplicada em outros municípios ou regiões, estimulando desta maneira uma disposição final adequada dos resíduos sólidos.

## 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13.896 - Aterros de resíduos não perigosos – critérios para projeto, implantação e operação**. Rio de Janeiro – RJ: ABNT, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.004: resíduos sólidos**. Rio de Janeiro – RJ: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8419 -Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos**. Rio de Janeiro, RJ: ABNT, 1992.

ALMEIDA FILHO, G.S.; COIADO, E.M. **Processos erosivos lineares associados a eventos pluviosos na área urbana no município de Bauru, SP**. In: VII SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO., Goiânia-GO, 2001.

ANDREOLI, C.V. (Coordenador). **Resíduos sólidos do saneamento: Processamento, reciclagem e disposição final**. Rio de Janeiro: ABES. Projeto PROSAB 2001. 282p.

ARONOFF S. **Geographic Information Systems: A Management Perspective**. Ottawa: WDL Publications (1989).

BARBOSA, V L.; NASCIMENTO JUNIOR, A F. **O plano diretor e as situações ambiental e urbana em Bauru-SP**, Revista Geografia, Londrina, v.17, n.2, p. 87 – 109. 2008.

BAURU. Secretaria Municipal do Meio Ambiente; Departamento de Água e Esgoto. **Texto básico sobre água em Bauru**. 2007.

BAURU. **Plano Diretor Participativo do município de Bauru**. 2008. f. 86. Instituído pela lei nº 5631 de 22 de agosto de 2008.



BAURU. **Lei nº 4.296, de 07 de abril de 1998. Denomina e regulamenta os usos na Área de Proteção Ambiental, a encosta do Rio Batalha.** Disponível em:

<<http://antigo.bauru.sp.gov.br/prefeitura/conteudo/meioambiente/lei4296.pdf>>. Acesso em 22 ago 2012.

BAURU. **Lei nº 4.605 de 27 de novembro de 2000. Denomina e regulamenta os usos na Área de Proteção Ambiental Municipal Vargem Limpa - Campo Novo.**

Disponível em:

<<http://antigo.bauru.sp.gov.br/prefeitura/conteudo/meioambiente/lei4605.pdf>>. Acesso 22 ago 2012.

BAURU. **Lei nº 4.704 de 18 de julho de 2001. Denomina, amplia e regulamenta os usos na Área de Proteção Ambiental Municipal Água Parada,** regulamentando o art. 19, parágrafo único, inciso III da Lei nº 4.126, de 12 de setembro de 1996. Disponível em: <[www.bauru.sp.gov.br/arquivos/sist\\_juridico/documentos/leis/lei4704.pdf](http://www.bauru.sp.gov.br/arquivos/sist_juridico/documentos/leis/lei4704.pdf)>.

Acesso 22 ago 2012.

BIDONE, F. R. A.; POVINELLI, J. **Conceitos Básicos de Resíduos Sólidos.** São Carlos: EESS/USP, 1999. 120p.

BOIAN, C. **Aplicação geofísica a estudos geoambientais em sedimentos do grupo Bauru: aterro sanitário de São José do Rio Preto(SP).** 1995. 173f. Dissertação (Mestrado em Geociências) Unesp, campus de Rio Claro. 1995.

BOIN, M. N. **Chuvvas e erosões no Oeste Paulista: uma análise climatológica aplicada.** 2000. 264.p. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) - IGCE/UNESP – Rio Claro. 2000.

BRASIL, **Plano de Gestão de Resíduos Sólidos: manual de orientação.** Brasília. (2012). Disponível em

<[http://www.mma.gov.br/estruturas/182/\\_arquivos/manual\\_de\\_residuos\\_solidos3003\\_182.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/182/_arquivos/manual_de_residuos_solidos3003_182.pdf)> Acesso em 28 set 2012

BRASIL, **Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010)**. Brasília: Diário Oficial da União, 2010. Disponível em <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03 / \\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm)>. Acesso em 28.08.12.

BRASIL, **Portaria Minter nº124, de 2º de agosto de 1980**. Estabelece normas para a localização de indústrias potencialmente poluidoras junto à coleções hídricas.

BRASIL, **Resolução 04 do Conselho Nacional de Meio Ambiente –CONAMA de 9 de outubro de 1995. Dispõe sobre Área de Segurança Aeroportuária – ASA**. Diário Oficial(da República Federativa do Brasil), Brasília, DF, p. 20.388, data 11/12/1995.

BRASIL, **Resolução nº 10 do Conselho Nacional de Meio Ambiente –CONAMA de 10 de dezembro de 1988. Dispõe sobre a regulamentação das Áreas de Proteção Ambiental - APAs**. Diário Oficial(da República Federativa do Brasil), Brasília, DF, seção II, p. 13.660, data 11/08/1989.

BRASIL. **Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. Institui o novo código florestal**. Diário Oficial [da República Federativa do Brasil], Brasília, p.9529, 15 set. 1965.

BRASIL. **Lei Federal n 7.803, de 18 de julho de 1989**. Altera a redação da Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e revoga as Leis nºs 6.535, de 15 de junho de 1978, e 7.511, de 7 de julho de 1986. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L7803.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L7803.htm). Acesso em: 20 ago. 2012.

BRASIL. **Lei Federal nº 6.902, de 27 de abril de 1981. Dispõe sobre a criação de Estações Ecológicas, Áreas de Proteção Ambiental e dá outras providências**. Diário Oficial [da República Federativa do Brasil], Brasília, v.160, n.93, 27 abr. 1981.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. **Resolução nº. 307, de 05 de julho de 2002**. Brasília. Diário Oficial da União, de 30 de Agosto de 2002, seção I, p. 17.241.

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

BURROUGH P.A. **Principles of Geographic Information Systems for Land Resources Assessment**, em "Monographs on Soil And Resources Survey", n. 12, Oxford: Clarendon Press (1986).

CALDERONI, S. 2003. **Os Bilhões Perdidos no Lixo**. 4º ed. São Paulo. Ed. Humanitas FFLCH/Universidade de São Paulo. 346 p.

CALIJURI, M. L.; MELO, A. L. O.; LORENTZ, J. F. 2002. **Identificação de áreas para implantação de aterros sanitários com uso de análise estratégica de decisão**. Informática Pública, 4 (2), p. 231 – 250.

CÂMARA, G.; DAVIS, C. Introdução. In: CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M. V.; MEDEIROS, J. S. **Introdução à ciência da geoinformação**, (ed.) São José dos Campos, INPE, 2004. Disponível em:  
<<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/index.html>>. Acesso em: 07 out. 2011.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. **Princípios Básicos em Geoprocessamento**. In: ASSAD, E. D., SANO, E. E. Sistema de informações geográficas: aplicações na agricultura. 2. ed. Brasília, Embrapa-SPI; Embrapa-CPAC, 2003. p. 3-11.

CÂMARA, G. MONTEIRO, A.M.V **Conceitos básicos em ciência da geoinformação** INPE-8563-PRE/4307. São José dos Campos, 2001

CARTER, G.F. **Geographic Information Systems for Geoscientist - Modeling with GIS**. Nova Iorque: Pergamon (1994).

CASSETI, V. **Geomorfologia**. [S.l.]: [2005]. Disponível em:  
<<http://www.funape.org.br/geomorfologia/>>. Acesso em: 04 / fev / 2012

CAVAGUTI, N. 1994. **Erosões lineares e solos urbanos: estudos, caracterização e análise da degradação do meio físico em Bauru, SP**. Bauru. 548p. (Tese de Livre Docência apresentada a Faculdade de Engenharia e Tecnologia- Unesp).

CEPAGRI (UNICAMP). **Clima dos municípios paulistas**. Disponível em:  
<<http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/vlima-dos-municipios-paulistas.html>>  
Acesso em: 11 / mar / 2010.

CETESB (São Paulo) **Qualidade das águas superficiais no estado de São Paulo 2010**  
[recurso eletrônico] / CETESB. - São Paulo : CETESB, 2011. 298 p (Série Relatórios / CETESB, ISSN 0103-4103)

CETESB (São Paulo) **Inventário Estadual de resíduos sólidos domiciliares 2011**  
[recurso eletrônico] / CETESB. - São Paulo: coordenação Maria Heloisa, P.L Assumpção [et all] 2012. 218 p (Série Relatórios / CETESB, ISSN 0103-4103)

COWEN D.J. **SIG versus CAD versus DBMS: what are the differences?** em  
"Introductory readings in Geographic Information Systems". Londres: Taylor and Francis (1988).

CUELLAR, M.Z. 2011. **Sensoriamento Remoto e suas aplicações. Slides de apresentações óbitos no site do INPE**. Disponível em:  
<[http://www.dgi.inpe.br/siteDgi/usr/eusisser-2/miguel/SR\\_aplica/sld001.htm](http://www.dgi.inpe.br/siteDgi/usr/eusisser-2/miguel/SR_aplica/sld001.htm)> Acesso em 03 fev 2012.

DAE – **Departamento de Água e Esgoto de Bauru**. 2012. Disponível em:  
<<http://www.daebauru.sp.gov.br/site2006/index2.php>> Acesso em 15 fev 2012.

DAEE – **Departamento de Água e Energia Elétrica – Regionalização hidrológica do Estado de São Paulo**. São Paulo: DAEE, 1999. 1 CD-ROM.

DEDECCA, C.; MONTALI, L.; BAENINGER, R.; Regiões Metropolitanas e Pólos Econômicos do Estado de São Paulo: desigualdades e indicadores para as Políticas Sociais - **Estudos Regionais Polo Econômico de Bauru**. NEPP/NEPO/UNICAMP-FINEP, 2009.

DUEKER K.J. **Land Resources information systems: a review of fifteen years experience**, em "Geo-processing" no.1. ESRI (2001) Understanding GIS - the ARC/INFO Method"(1979).

EARTH SUMMIT. 1992. **Agenda 21**. UNCED

EMBRAPA (Brasil). **Banco de dados climáticos do Brasil**. Disponível em: <<http://www.bdclima.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 11 mar. 2010.

EMDURB – Empresa Municipal de Desenvolvimento Urbano e Rural de Bauru. (2012). **Aterro sanitário de Bauru**. Acesso, em março de 2010: <<http://www.emdurb.com.br>>.

EMDURB - Empresa Municipal de Desenvolvimento Urbano e Rural de Bauru. (2010) **Projeto Básico e Executivo de Ampliação do Aterro Sanitário de Bauru**. f.98. Disponível em:< [http://www.emdurb.com.br/site2010/ambiental/index\\_ambiental.php](http://www.emdurb.com.br/site2010/ambiental/index_ambiental.php)>. Acesso em: 11 fev. 2012.

ENSINAS, A V. 2003. **Estudo da geração de biogás no aterro sanitário Delta em Campinas SP**. 2003. 129 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica)- Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

FERNANDES, L. A. 1998. **Estratigrafia e evolução geológica da parte oriental da Bacia Bauru (Ks, Brasil)**. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo (USP). São Paulo. 216 p.

FERREIRA, A B de H. 2009. **Novo dicionário Aurélio da língua portuguesa**. 4.ed. Curitiba: Positivo.

FIGUEIREDO, D. 2005. **Conceitos Básicos de Sensoriamento Remoto**. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/conabweb/download/SIGABRASIL/manuais/conceitos\\_sm.pdf](http://www.conab.gov.br/conabweb/download/SIGABRASIL/manuais/conceitos_sm.pdf)>. Acesso em: 03 fev. 2012.

FIGUEIREDO, J.C; PAZ, R.S. 2010. **Nova classificação climática e o aspecto climatológico da cidade de Bauru/São Paulo**. XVI Congresso Brasileiro de Meteorologia. Belém, Pará.

FITZ, P.R. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

GOMES, L.P. et al. 2001. **Critérios de seleção de áreas para disposição final de resíduos sólidos**. In: ANDREOLI, C.V. (Coordenador). **Resíduos sólidos do saneamento: Processamento, reciclagem e disposição final**. Rio de Janeiro: ABES. Projeto PROSAB 2. 282p. 2001.

HADDAD, J. F. **Projeto de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos e especiais. Indicadores operacionais. Análise de projeto para gestão integrada de resíduos sólidos urbanos**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1999. 10 p. (ABES).

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

HAMADA, J. 2009. **Aterros sanitários: concepção e dimensionamento**. Bauru: FEB. No prelo.

IBGE (Brasil). **IBGE cidades**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat>> Acesso em: 05 / mar / 2012.

IBGE (Brasil) 2010. **Censo Demográfico de 2010**. Disponível em: <<http://www.censo2010.ibge.gov.br/>> Acesso em: 15 / fev / 2012.

IBGE (Brasil). 2010. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico em 2008**. IBGE, Rio de Janeiro, 219 p.

IBGE (Brasil) **Mapa de Biomas do Brasil**. Escala 1:5.000.000. Rio de Janeiro. IBGE. 2007.

IBGE(Brasil) 2011. **Atlas de Saneamento**. Rio de Janeiro, 268p.

IPT. INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: IPT. Escala 1:500.000. 1981.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT. **Mapa Geológico do Estado de São Paulo**. Escala 1: 500.000. São Paulo: IPT, 1981a. 2 v. (Monografias, 6; Publicação, 1 184).

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

JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. Tradução da 2 ed. por (pesquisadores do INPE): José Carlos N. Epiphanyo (coordenador); Antonio R. Formaggio; Athos R. Santos; Bernardo F. T. Rudorff; Cláudia M. Almeida; Lênio S. Galvão. São José dos Campos: Parêntese. 2009. 672 p.

KAJINO, L.K. **Estudo de viabilidade de implantação, operação e monitoramento de aterros sanitários: uma abordagem econômica**. Dissertação (mestrado), Faculdade de Engenharia de Bauru. Universidade Estadual Paulista. Bauru, 2005. 142 p.

LAGO, A. L.; ELIS, V. R., GIACHETI, H. L. 2006. **Aplicação integrada de métodos geofísicos em uma área de disposição de resíduos sólidos urbanos em Bauru-SP**. Rev. Bras. Geof. 2006, vol.24, n.3, pp. 357-374. ISSN 0102-261X.

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

MELPHI, A J. 2004. Prefácio. *In*: PHILIPPI, A Jr.; ROMÉRO, M de A.; BRUNA, G C (edits). **Curso de gestão ambiental**. Barueri: Manole.

MONTEIRO, J.H.P. et al. **Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos**. Rio de Janeiro. IBAM, 2001.

NETZEL, C.; PARAGUASSÚ DE SÁ, M.E. **Estudo preliminar sobre a problemática do aeroporto internacional Tom Jobim e o aterro sanitário de Gramacho**. 2004. 63 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Gestão Ambiental) – Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro-RJ.

NUNES, J.O.R. **Uma contribuição metodológica ao estudo da dinâmica da paisagem aplicada à escolha de áreas para construção de aterro sanitário em Presidente Prudente**. 2002. 287f. Tese (Doutorado em Geografia) Unesp – Campus Presidente Prudente.

NAIME, R. **Gestão de resíduos sólidos: uma abordagem prática**. Novo Hamburgo: Feevale, 2005.

OLIVEIRA, J. B.; CAMARGO, M. N.; ROSSI, M.; CALDERANO FILHO, B. 1999, **Mapa Pedológico do Estado de São Paulo**. Legenda Expandida. Campinas: Instituto Agrônômico; Rio de Janeiro: EMBRAPA – Solos, 64 p.

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

PARKER, H.D. The **Unique Qualities of a Geographic Information-System -A Commentary**, em "Photogrammetric Engineering And Remote Sensing" (1988).

PAULA E SILVA, F. et al (2005) **Estratigrafia de Subsuperfície do Grupo Bauru (K) no Estado de São Paulo**. Revista Brasileira de Geociências. v.35 – 1. p. 77-88



PERROTA, M.M.; et al (2005) **Mapa Geológico do Estado de São Paulo**, escala 1:750.000. Programa de Geologia do Brasil – PGB, CPRM, São Paulo.

PIROLI, E.L. **Introdução ao Geoprocessamento**. Ourinhos: Unesp/Campus Experimental de Ourinhos, 2010. p. 46.

PNUD – **Programa das Nações Unidas para Desenvolvimento**. 2012. Disponível em: < <http://www.pnud.org.br/home/>>. Acesso em: 13 fev. 2012

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

ROCHA, C.H.B. **Geoprocessamento: tecnologia transdisciplinar**. Juiz de Fora: Ed. do Autor, 2000.

ROSA, R. **Levantamento do meio físico do município de Araguari - MG**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 7, 1993, São José dos Campos. *Anais*. São José dos Campos: INPE, 1993.p.239-47.

ROSS, J L S.; MOROZ, I C. 1997. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo**. São Paulo. 1 mapa. Escala 1: 500 000.

RUSSO, M.A.T. 2005. **Avaliação dos processos de transformação de resíduos sólidos urbanos em aterro sanitário**. 298 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil)- Escola de Engenharia, Universidade do Minho, Portugal.

RUSSO, M.A.T. 2003. **Tratamento de Resíduos Sólidos**. 196 f. Faculdade de Ciência e Tecnologia, Universidade de Coimbra, Portugal

SAATY, T.L., 1977. **A scaling method for priorities in hierarchical structures**. Journal of Mathematical Psychology, 15, pp. 231-281.

SAATY, T.L., VARGAS, L.G., 1991. **Prediction, Projection and Forecasting**. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 251 pp.

SABINS, F.F. **Remote sensing: principles and interpretations**. 3rd Ed. New York: W.H. Freeman and Company, 2000. 494 p.

SALOMAO F.X. de. T. 1994. **Processos erosivos lineares em Bauru (SP) regionalização cartográfica aplicada ao controle preventivo urbana e rural**. São Paulo. 200p. (Tese de Doutorado apresentada ao Departamento de Geografia FFLCH/ USP).

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Economia e Planejamento. 2007. **Região Administrativa de Bauru**. São Paulo: Secretaria de Economia e Planejamento.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Saneamento e Recursos Hídricos; Coordenadoria de Recursos Hídricos. **Relatório de Situação dos Recursos Hídricos do Estado de São Paulo** - São Paulo : SSRH/CRHi, 2011.

SÃO PAULO. Lei Nº 12.300 de 16 de Março de 2006. **Política Estadual de Resíduos Sólidos**, 2006.

SÃO PAULO (Estado). Secretária do Meio Ambiente. **O que é uma Área de Proteção Ambiental – APA**. Disponível em:

<[http://www.ambiente.sp.gov.br/apas/oque\\_apas.htm](http://www.ambiente.sp.gov.br/apas/oque_apas.htm)>. Acesso em: 11 fev. 2012.

SÃO PAULO (Estado). Secretária de Estado do Meio Ambiente. 2010 **Plano de Manejo da Estação Ecológica de Bauru/Estação Ecológica Sebastião Aleixo da Silva**.

Disponível em:

[http://www.iflorestal.sp.gov.br/Plano\\_de\\_manejo/eec\\_bauru/Plano\\_EEcBauru\\_Volume%20Principal%20e%20Anexos.pdf](http://www.iflorestal.sp.gov.br/Plano_de_manejo/eec_bauru/Plano_EEcBauru_Volume%20Principal%20e%20Anexos.pdf)>. Acesso em: 11 fev. 2012

SÃO PAULO (Estado). **Lei nº 12.300, de 16 de março de 2006. Institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos e define princípios e diretrizes**. Disponível em:

<<http://www.ambiente.sp.gov.br/wp/cpla/files/2011/05/PERS.pdf>>. Acesso em: 28 set. 2012.

SEADE (Estado) **Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados**. 2012. Disponível em: < <http://www.seade.gov.br/>>. Acesso em: 13 fev. 2012.

SEGATO, L.M.; SILVA, C.L.; **Caracterização do Chorume do Aterro Sanitário de Bauru**. Anais do XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2002.

Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza - SNUC: **Lei Federal Nº 9.985, de 18 de julho de 2000; Decreto Federal Nº. 4.340, de 22 de agosto de 2002**. 5ª ed. aum. Brasília, MMA/SBF. 2004. 56 p.

SORRE, M. “**Le climat**”. In: Les fondements de la géographie humaine. Paris: Armand Colin, 1951.

TEIXEIRA, A.L.A.; MORETTI, E.; CHRISTOFOLETTI, A. **Introdução aos Sistemas de Informação Geográfica**, Rio Claro-SP, 1992.

TENÓRIO, J, E. DCR. **Controle ambiental de resíduos**. In: Curso de gestão ambiental. Ed. Manole, Barueru, SP, 2004, 1.045 p.

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

THURGOOD, M. **Solid Waste Landfills: Decision-Makers’ Guide Summary** Joint publication of the World Bank, Swiss Agency for Development and Cooperation (SDC), World Health Organization Regional Office for Europe, and the Swiss Centre for Development Cooperation in Technology and Management (SKAT). Washington, D.C. and Copenhagen, Denmark. 1999(?) Pp. 31

VIEIRA, S J. 2000. **Geoprocessamento utilizado na seleção de áreas para aterro sanitário**. Trabalho apresentado ao 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, João Pessoa.

WATERLOO BRASIL. 2001. **Relatório Elaborado para o Departamento de Água e Esgoto de Bauru, com as características dos recursos hídricos para a região.** P.234.

WORBOYS, M. **FGIS: A Computing Perspective.** Londres: Taylor and Francis. (1995).