



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”**

**MARIANA DANTAS LOPES
RENATA PEREIRA DE SOUZA**

**IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS POTENCIAIS PARA
IMPLANTAÇÃO DE ATERRO SANITÁRIO NO DISTRITO
DE FLORESTA DO SUL EM PRESIDENTE PRUDENTE/SP**

PRESIDENTE PRUDENTE / SP

2011

**MARIANA DANTAS LOPES
RENATA PEREIRA DE SOUZA**

**IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS POTENCIAIS PARA
IMPLANTAÇÃO DE ATERRO SANITÁRIO NO DISTRITO
DE FLORESTA DO SUL EM PRESIDENTE PRUDENTE/SP**

Trabalho de Graduação apresentado como um dos requisitos parciais para a obtenção do título de Engenheiro Ambiental da Faculdade de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

Orientador: Prof. Dr. João Osvaldo Rodrigues Nunes
Co-orientador: Prof. Dr. Nilton Nobuhiro Imai

PRESIDENTE PRUDENTE / SP

2011

FICHA CATALOGRÁFICA

L854i Lopes, Mariana Dantas.
Identificação de áreas potenciais para implantação de aterro sanitário no distrito de floresta do sul em Presidente Prudente/SP / Mariana Dantas Lopes, Renata Pereira de Souza. - Presidente Prudente: [s.n], 2011.
101 f. : il.

Orientador: João Osvaldo Rodrigues Nunes.
Coorientador: Nilton Nobuhiro Imai.
Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado - Engenharia Ambiental) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia.
Inclui bibliografia.

1. Sistema de Informação Geográfica. 2. Aterro Sanitário. 3. Escolha de Áreas. I. Souza, Renata Pereira de. II. Nunes, João Osvaldo Rodrigues. III. Imai, Nilton Nobuhiro. IV. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências e Tecnologia. V. Título.

Dedicamos este trabalho a todos os familiares e amigos, intimamente ligados às nossas vidas, que durante o período de desenvolvimento, nos ajudaram com conselhos, broncas, paciência e muita compreensão, demonstrando que a superação nos momentos difíceis vale a pena por estarmos ao lado de quem realmente se importa com o nosso sucesso.

AGRADECIMENTOS

Aos professores João Osvaldo Rodrigues Nunes e Nilton Nobuhiro Imai, que nos receberam de braços abertos, acreditaram no nosso trabalho, e pelas constantes orientações e estímulos transmitidos durante todo o trabalho.

A todos os professores que dedicaram parte de seu tempo para transmitir os conhecimentos e conselhos necessários a turma de 2007 do curso de Engenharia Ambiental.

Aos queridos veteranos Daniel Filipe Silva, Fernanda Watanabe e Luis Henrique Rotta, por todo auxílio com o programa Spring.

E por fim, mas nem um pouco os menos importantes, a todos os colegas de classe e amigos que nos auxiliaram nos momentos de estudo, mas em especial, a Aline Neves, Camila Pires, Carina Macedo, Carla Diniz, Cristiane Jucá, Flavia Sobrinho, Franciane Mendonça, Luiz Diego Braga, Karen Meca, Kiemi Murata, Larissa Prado, Tatiana Dumke.

Esse é o nosso mais sincero “OBRIGADA!” a todas as pessoas que diretamente ou indiretamente nos ajudaram a finalizar mais essa etapa com chave de ouro!

"Se eu soubesse que o mundo acabaria amanhã,
eu ainda plantaria uma árvore hoje..."
(Martín Luther King)

RESUMO

O crescimento das sociedades urbanas tem gerado um aumento significativo na produção dos resíduos sólidos urbanos, tornando o tema de disposição final amplamente discutido nas gestões públicas. Recentemente, a partir da criação da Lei Federal nº 12.305/2010, que institui a Política Nacional dos Resíduos Sólidos, foi estabelecido que a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos deve ser feita exclusivamente em aterros. O presente trabalho teve então como objetivo a avaliação de áreas potenciais para instalação de aterro sanitário no Distrito de Floresta do Sul no município de Presidente Prudente/SP. Para tanto, utilizou-se o SIG, como ferramenta do geoprocessamento, para análise espacial. Inicialmente, construiu-se um banco de dados geográficos da região de estudo com os dados de geomorfologia, hidrologia, declividade, malha urbana e rede viária. Em seguida, foram geradas representações na categoria MNT, onde os valores foram normalizados em intervalos [0,1] através da lógica booleana e fuzzy; e representações na categoria temático, por meio do fatiamento das representações em MNT, apenas para melhor visualização da área de estudo. Posteriormente, os planos de informação contendo as variáveis na categoria MNT com os valores normalizados foram ponderados no método AHP. Para a geração do Mapa do Potencial de Adequação para Instalação de Aterro Sanitário no Distrito de Floresta do Sul, utilizou-se a análise multicriterial combinando operações da lógica booleana, para exclusão de áreas totalmente inadequadas, e da lógica fuzzy para detecção de áreas com potencial de grau contínuo de aptidão. Por fim, verificou-se em campo que as áreas mais dispostas do mapa a receber a instalação de um aterro sanitário condizem com a realidade, validando então a utilização desta técnica para fins de planejamento ambiental.

PALAVRAS-CHAVE: Sistema de Informação Geográfica, Aterro Sanitário, Escolha de áreas.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da área de estudo no município de Presidente Prudente.	16
Figura 2 - Quantidade de RSU gerado por Macrorregião e Brasil.....	26
Figura 3 - Quantidade de RSU gerado por habitante nos anos de 2009 e 2010.	27
Figura 4 - Porcentagem de resíduos sólidos por unidade de destinação final .	29
Figura 5 - Lixão do município de Pirapozinho/SP (2010)	30
Figura 6 - Esquema básico de funcionamento de um aterro sanitário	32
Figura 7 - Esquema ilustrativo do método de trincheira ou vala.....	33
Figura 8 - Esquema ilustrativo do método de rampa ou escavação progressiva	34
Figura 9 - Esquema ilustrativo do método de área.....	34
Figura 10 - Evolução do IQR médio no estado de São Paulo	36
Figura 11 - Lixão de Presidente Prudente / SP	36
Figura 12 - Evolução do IQR no lixão de Presidente Prudente/SP	37
Figura 13 - Estrutura Geral de Sistemas de Informação Geográfica.....	45
Figura 14 - Superfície e grade regular correspondente.....	53
Figura 15 - Superfície e malha triangular correspondente.	53
Figura 16 - Diagrama de Venn mostrando os resultados da aplicação de operadores de lógica booleana para dois ou mais conjuntos.....	55
Figura 17 - Tipos de representações de funções de pertinência.....	57
Figura 18 - Sistema fuzzy.....	58
Figura 19 - Exemplo de estrutura hierárquica de problemas de decisão.	59
Figura 20 - Matriz-exemplo de comparações partiárias.	60
Figura 21 - Síntese dos processos para geração dos mapas temáticos.	64
Figura 22 - Representação gráfica da declividade no entorno do Distrito de Floresta do Sul em Presidente Prudente/SP.....	65

Figura 23 - Representação gráfica das distância dos corpos d'água no entorno do Distrito de Floresta do Sul em Presidente Prudente/SP.....	66
Figura 24 - Representação gráfica das distâncias da malha urbana no entorno do Distrito de Floresta do Sul em Presidente Prudente/SP.....	67
Figura 25 - Representação gráfica das distâncias da rede viária no entorno do Distrito de Floresta do Sul em Presidente Prudente/SP.....	68
Figura 26 - Representação gráfica da geomorfologia no entorno do Distrito de Floresta do Sul em Presidente Prudente/SP.....	69
Figura 27 - Função sigmoidal decrescente para padronização da declividade.	72
Figura 28 - Representação da declividade normalizada no entorno do Distrito de Floresta do Sul em Presidente Prudente/SP.....	72
Figura 29 - Função sigmoidal crescente para padronização das distâncias dos corpos d'água.....	73
Figura 30 - Representação das distâncias dos cursos d'águas normalizadas no entorno do Distrito de Floresta do Sul em Presidente Prudente/SP.....	73
Figura 31 - Função sigmoidal crescente para padronização das distâncias de áreas urbanizadas.....	74
Figura 32 - Representação das distâncias da malha urbana normalizada no entorno do Distrito de Floresta do Sul em Presidente Prudente/SP.....	74
Figura 33 - Função sigmoidal crescente, linear e decrescente para padronização das distâncias de áreas urbanizadas.....	75
Figura 34 - Representação das distâncias das vias normalizadas no entorno do Distrito de Floresta do Sul em Presidente Prudente/SP.....	75
Figura 35 - Representação do potencial para instalação de aterro sanitário no entorno do Distrito de Floresta do Sul no município de Presidente Prudente - SP.....	77
Figura 36 - Mapa de hidrografia no entorno do Distrito de Floresta do Sul em Presidente Prudente/SP.....	79
Figura 37 - Mapa geomorfológico no entorno do Distrito de Floresta do Sul em Presidente Prudente/SP.....	81
Figura 38 - Mapa da malha urbana e das vias no entorno do Distrito de Floresta do Sul em Presidente Prudente/SP.....	83
Figura 40 - Mapa hipsométrico no entorno do Distrito de Floresta do Sul em Presidente Prudente/SP.....	85

Figura 41 - Mapa de declividade no entorno do Distrito de Floresta do Sul em Presidente Prudente/SP.....	86
Figura 42 - Mapa do potencial de adequação para instalação de aterro sanitário no Distrito de Floresta do Sul em Presidente Prudente – SP.....	87
Figura 43 - Delimitação da primeira área estudada.....	88
Figura 44 - Foto mostrando as áreas 1 e 2 na porção sul central.	88
Figura 45 - Delimitação da segunda área estudada.....	89
Figura 46 - Foto mostrando o ponto 4 na área 2.....	89
Figura 47 - Foto mostrando o ponto 3 na área 2.....	89
Figura 48 - Delimitação da terceira área estudada.....	90
Figura 49 - Foto mostrando o ponto 5 na área 3.....	90
Figura 50 - Foto mostrando o ponto 6 na área 3.....	90

LISTA DE QUADROS

Quadro 1-Composição gravimétrica média dos resíduos sólidos gerados no Brasil.....	26
Quadro 2 - Responsabilidade pelo gerenciamento de cada tipo de lixo.....	28
Quadro 3 - Quantidade diária de resíduos sólidos por unidade de destinação final.....	29
Quadro 4 - Vantagens e desvantagens dos aterros sanitário.....	33
Quadro 5 - Enquadramento das Instalações de Destinação Final de Lixo em Função dos valores de IQR.....	35
Quadro 6 - Itens analisados para pontuação do IQR dos locais de disposição de resíduos dos municípios.....	35
Quadro 7 - Elementos e Fatores naturais e sociais determinantes na disposição de resíduos sólidos urbanos em aterro sanitário.....	40
Quadro 8 - Comparação entre representações para mapas temáticos.....	52
Quadro 9 - Vantagens e desvantagens da grade TIN e regular para representação de MNT.....	54
Quadro 10 - Escala de julgamento de importância do método AHP.	60

LIST A DE TABELAS

Tabela 1 - Critérios utilizados para aplicação da inferência booleana.....	71
Tabela 2 - Resumo da aplicação das funções de pertinência fuzzy e seus parâmetros.	71
Tabela 3 - Matriz de comparação pareada das variáveis.....	76
Tabela 4 - Ponderação das classes na matriz AHP.	77

LISTA DE SIGLAS

- ABNT** - Associação Brasileira de Normas Técnicas
- ABRELPE** - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
- AHP** - Analytical Hierarch Process
- CETESB** - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
- GEE** - Gases de Efeito Estufa
- IBGE** - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- IPT** - Instituto de Pesquisas Tecnológicas
- IQR** - Índice de Qualidade de Resíduos
- LEGAL** - Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico
- MNT** - Modelo Numérico do Terreno
- NBR** - Norma Brasileira Regulamentadora
- PNSB** - Plano Nacional de Saneamento Básico
- PRUDENCO** – Companhia Prudentina de Desenvolvimento
- RSU** - Resíduo Sólido Urbano
- SIG** - Sistema de Informação Geográfica
- SPRING** - Sistema para Processamento de Informações Georeferenciadas
- TIN** - Triangular Irregular Network

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. OBJETIVOS.....	18
2.1 Geral.....	18
2.2 Específicos	18
3. RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS	19
3.1 Definição de resíduos sólidos.....	19
3.2 Classificação dos resíduos sólidos.....	22
3.2.1 Classificação quanto aos constituintes e suas características.....	22
3.2.2 Classificação quanto às atividades de origem.....	23
3.3 Características e composição dos resíduos sólidos urbanos	25
3.4 Geração dos resíduos sólidos no Brasil	26
3.5 Gerenciamento Integrado dos Resíduos Sólidos Urbanos	27
3.6 Formas de disposição final	30
3.6.1 Lixão.....	30
3.6.2 Aterro controlado.....	31
3.6.3 Aterro Sanitário	31
3.7 Controle dos resíduos no Estado de São Paulo	34
3.8 Disposição final dos resíduos sólidos em Presidente Prudente ..	36
3.9 Seleção de áreas para instalação de aterro sanitário.....	37
4. GEOPROCESSAMENTO	42
4.1 SIG	43
4.2 Estrutura geral de um SIG	45
4.3. Tipos de dados em geoprocessamento.....	46
4.3.1 Dados temáticos.....	46
4.3.2 Dados cadastrais.....	46
4.3.3 Redes	47
4.3.4 Imagens	47
4.3.5 MNT.....	48
4.4 Modelagem de dados geográficos em geoprocessamento	48
4.4.1 Universo do mundo real.....	49
4.4.2 Universo conceitual.....	50
4.4.3 Universo de representação	51
4.4.4 Universo de implementação	54

4.5 Metodologias de análise espacial	54
4.5.1 Lógica booleana.....	55
4.5.2 Lógica Fuzzy	56
4.5.3 Método AHP – Processo de Análise Hierárquica.....	59
5. MATERIAIS E MÉTODO.....	62
5.1 Descrição dos materiais	62
5.1.1 Materiais cartográficos.....	62
5.1.2 Softwares.....	62
5.2 Modelagem dos dados	63
5.2.1 Definição da área geográfica.....	63
5.2.2 Escala numérica, grau de incerteza e resolução espacial	63
5.3 Elaboração dos mapas temáticos para normalização	64
5.3.1 Elaboração dos mapas temáticos.....	64
5.3.2 Normalização das variáveis	69
5.3.3 Atribuição dos pesos das variáveis pelo método AHP	76
6. RESULTADOS E ANÁLISES	78
6.1 Caracterização da região de interesse	78
6.1.1 Características sócio-econômicas.....	78
6.1.2 Características do meio físico.....	78
6.2 Elaboração do mapa síntese	87
6.2.1 Área 1	88
6.2.2 Área 2	89
6.2.3 Área 3	90
7. Considerações Finais	91
8. Referências	92
ANEXO A.....	98

1. INTRODUÇÃO

A modernização dos sistemas econômicos de produção, associada ao aumento da renda e da expectativa de vida, tem ocasionado o crescimento de sociedades urbanas altamente consumistas, tendo como um dos reflexos o aumento da produção dos resíduos sólidos urbanos.

Os resíduos, quando não tratados e dispostos de maneira correta, acarretam sérios problemas para a sociedade e para o meio ambiente como, por exemplo, a degradação e a poluição deste.

No Brasil, de modo geral, a destinação inadequada dos resíduos sólidos, especialmente os domésticos, em lixões e em aterros controlados, nos últimos anos tem sido uma das questões mais amplamente discutidas, sendo considerado um problema grave, pois afeta a vida das populações. Mesmo sendo uma das problemáticas ambientais mais discutidas, ainda muito se tem a fazer, pois compromete seriamente a qualidade ambiental com a poluição do ar, do solo e dos corpos d'água.

A partir disso, foi criada a Lei Federal nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional dos Resíduos Sólidos, impõe que fica proibido o lançamento *in natura* a céu aberto de resíduos sólidos ou rejeitos, que a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos deve ser feita exclusivamente em aterros de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos. Neste aspecto, os municípios terão até agosto de 2014 para se adequarem à Política.

Assim, o presente trabalho tem como objetivo propor áreas para instalação de aterros sanitários, auxiliando o poder público na escolha preliminar das melhores áreas para estudos mais específicos. Nessa perspectiva, as inúmeras ferramentas do geoprocessamento vêm como um auxílio para a tomada de decisões, ou seja, utilizando as análises espaciais voltadas ao planejamento ambiental.

As técnicas utilizadas neste trabalho empregaram o método de análise espacial com o uso de cinco variáveis (geomorfologia, hidrografia, declividade, rede viária e malha urbana), por meio da lógica booleana e da lógica fuzzy, que posteriormente foram escalonados pelo método analítico ponderado (AHP).

A área de estudo está localizada na parte central do município de Presidente Prudente, no Distrito de Floresta, conforme Figura 1.

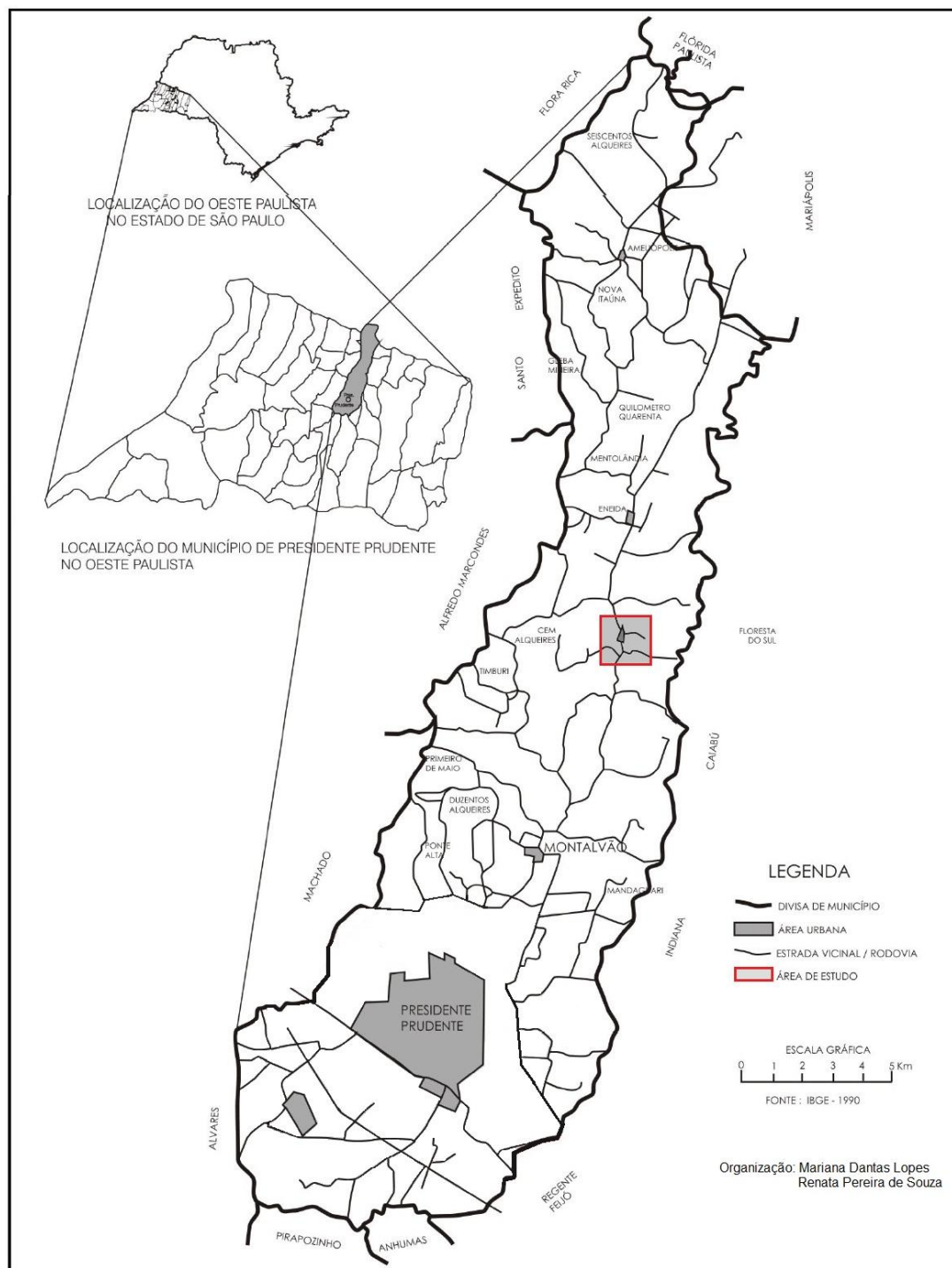


Figura 1 - Localização da área de estudo no município de Presidente Prudente.

Fonte: Adaptado de SAMIZAVA (2006)

No tópico dois são apresentados os objetivos gerais e específicos do trabalho. No tópico três é discutida a problemática dos resíduos sólidos

urbanos, a sua relação com o meio ambiente, é apresentado os principais conceitos do termo resíduo sólido, como ele é classificado, suas características, a geração de resíduos no Brasil, os métodos de disposição final e seus respectivos impactos ambientais, e os critérios para escolhas de áreas para instalação de aterros.

No tópico quatro é apresentada a teoria sobre o geoprocessamento, sendo descritos os modelos de dados e como eles podem ser representados, os métodos de análise espacial, os levantamentos de alguns trabalhos, e o controle de qualidade do resultado final.

No tópico cinco são apresentados os materiais e os métodos utilizados para a elaboração do mapa preliminar. No tópico seis, referente aos resultados e discussões, é feita uma descrição detalhada das características do meio físico e socioeconômico da área de estudo, bem como é apresentado o mapa final indicando o potencial de adequação para instalação de aterro no Distrito de Floresta do Sul, no município de Presidente Prudente. É discutido também algumas áreas, com maior e menor potencial, de modo a verificar se a resposta fornecida pelo mapa final condiz com a realidade do problema.

Por fim, no tópico sete, são apresentadas as considerações finais e as recomendações para melhoria do trabalho e apontamentos para futuras pesquisas, e no tópico oito são apresentadas as referências bibliográficas utilizadas ao longo do trabalho.

2. OBJETIVOS

2.1 Geral

Utilizar o Sistema de Informação Geográfica (SIG), através dos métodos de análise espacial, para estimar o nível de aptidão de áreas ao entorno do Distrito Urbano de Floresta do Sul do município de Presidente Prudente/SP para a instalação de aterro sanitário.

2.2 Específicos

Caracterizar os aspectos socioambientais da área do Distrito de Floresta do Sul;

- Criar e modelar um banco de dados geográfico na região próxima à malha urbana do Distrito de Floresta do Sul;
- Gerar superfícies nas categorias MNT e temático para as variáveis de declividade, distância de corpo d'água, distância de malha urbana, distância de vias e geomorfologia.
- Atribuir pesos às variáveis dentro do método AHP;
- Gerar um mapa com o potencial de adequação para instalação de aterro sanitário

3. RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

As ruínas de algumas das mais antigas cidades sugerem que os residentes, a princípio, tiveram uma atitude de *laissez faire* em relação à disposição dos resíduos sólidos domésticos, ou seja, simplesmente elevavam os telhados de suas casas à medida que o lixo amontoado aumentava o nível da rua. Na Boston do século XVII, quando a rejeição (de resíduos) ameaçava impedir o progresso industrial, foram construídas as primeiras vias "pavimentadas" da cidade, que nada mais eram do que pranchas de madeira colocadas sobre o lixo (BROWN, 1999, citado por CAMPOS, 2001).

No Brasil, o serviço sistemático de limpeza urbana foi iniciado oficialmente em 25 de novembro de 1880, na cidade de São Sebastião do Rio de Janeiro, então capital do Império. Nesse dia, o imperador D. Pedro II assinou o Decreto nº 3024, aprovando o contrato de "limpeza e irrigação" da cidade, que foi executado por Aleixo Gary e, mais tarde, por Luciano Francisco Gary, de cujo sobrenome origina-se a palavra gari, que hoje se denominam os trabalhadores da limpeza urbana em muitas cidades brasileiras. (MONTEIRO, 2001).

Tradicionalmente, o que ocorre no Brasil é a competência do Município sobre a gestão dos resíduos sólidos urbanos produzidos em seu território (MONTEIRO, 2001). No entanto, de acordo com Samizava (2006), a prática adotada em inúmeras cidades com relação aos resíduos sólidos é a de simplesmente "varrer o lixo para debaixo do tapete".

O descaso frente à geração de resíduos, tanto por parte da população quanto por parte das autoridades públicas, não é um fato novo, nem pouco discutido e tem consequências severas.

Os impactos do manejo inadequado de resíduos sólidos urbanos são negativos e atingem o dia-a-dia da população em relação à saúde pública, à qualidade do meio ambiente, à estética e ao turismo em algumas cidades.

3.1 Definição de resíduos sólidos

Por muito tempo, o termo "resíduo sólido" foi utilizado como um sinônimo para representar a palavra "lixo". É possível perceber que a própria Associação

Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), no final da década de 80, conceituou os dois termos de uma forma bem parecida:

Lixo é o resto das atividades humanas, considerados pelos geradores como inúteis, indesejáveis ou descartáveis. Normalmente, apresentam-se sob estado sólido, semisólido ou semilíquido (com conteúdo líquido insuficiente para que este possa fluir livremente) (NBR 10004, ABNT, 1987).

Resíduos Sólidos são resíduos nos estados sólido ou semi-sólido, que resultam das atividades da comunidade de origem: industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de estações de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades torne inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos d'água, ou exijam, para isso, soluções técnica e economicamente inviáveis em face a melhor tecnologia disponível (NBR 10004, ABNT, 1987).

De forma resumida, nota-se que o termo lixo e o termo resíduo sólido apresentam similaridade em seus significados, sendo considerados como “o resto”, aquilo que sobra ou “o que se resulta das atividades humanas”. Percebe-se também que em ambos os conceitos não é explícito, em momento algum a possibilidade de haver ou não alguma forma de reaproveitamento para tais materiais.

Em 2004, a Norma Brasileira Regulamentadora (NBR) 10.004:1987 foi revisada e sofreu algumas atualizações, tornando-se então a NBR 10.004:2004. Entretanto, apesar da revisão, a definição de “resíduo sólido” se manteve praticamente a mesma em relação à edição anterior, chegando a mudar e/ou inserir pouquíssimas palavras em seu contexto.

A título de comparação entre as inúmeras definições do termo “resíduo sólido”, assim como a NBR citada acima, a Lei Federal nº 12.305 de 02 de agosto de 2010 e que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, também define o termo “resíduos sólidos” de forma bastante parecida:

“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 semissólido, 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". (Lei federal nº 12.305, 2010)

Além dos diferentes instrumentos, diversos autores também definem e comparam os termos "resíduos sólidos" e "lixo". Para LEÃO (1997, citado por SAMIZAVA, 2006), ao contrário das definições citadas anteriormente, existe a possibilidade de se reaproveitar o resíduo sólido; uma vez que resíduo é algo que faz parte de um processo produtivo ou não, e que eventualmente não está sendo aproveitado, mas que apresenta ainda uma utilização em potencial. Para o autor, o lixo seria algo inservível, que necessitaria apenas ser disposto de uma maneira atóxica e não poluente, que se possível, não seja notado pela atual e futuras gerações. Lixo seria mais rejeito que resíduo.

No entanto, apesar disso, a definição de resíduos sólidos oficialmente mais aceita e amplamente utilizada ainda é a fornecida pela ABNT, a NBR 10.004/04, onde considera os resíduos sólidos como sendo:

"Resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível (ABNT NBR 10004, 2004, p. 1-2)."

Hoje em dia, embora a existência de todos os conceitos na literatura, o entendimento dos dois termos ainda não mudou. Para muitos setores da sociedade, ainda considera-se lixo como sendo todo e qualquer material descartado pelo homem, independentemente se ele pode ser reaproveitado ou não. Contudo, a expressão "resíduos sólidos", termo técnico utilizado mais na área ambiental, teve uma evolução em seu significado e diferencia-se principalmente por sugerir que os materiais descartados podem ser reinseridos em outros processos produtivos e não serem tratados como um simples rejeito inútil ou indesejável como se pode observar na conotação da palavra "lixo".

3.2 Classificação dos resíduos sólidos

Os resíduos sólidos podem ser classificados de diversas formas, mas as formas mais comuns são dividi-los quanto aos seus constituintes e características e quanto às atividades que lhes deram origem.

3.2.1 Classificação quanto aos constituintes e suas características

A NBR 10.004/04 classifica os resíduos em Resíduos Classe I e Resíduos Classe II.

Os Resíduos Classe I são chamados de resíduos perigosos devido ao fato de que um de seus constituintes apresentar algum grau de periculosidade. Isso quer dizer que esses resíduos podem apresentar algum risco à saúde pública, como por exemplo, o surgimento de doenças e mortes e risco ao meio ambiente quando gerenciado inadequadamente. Estão incluídos todos os resíduos listados no Anexo C desta mesma Norma e apresentam características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e/ou patogenicidade.

Os Resíduos Classe II, ao contrário dos Resíduos Classe I, são chamados de resíduos não perigosos e são subdivididos em dois grupos, classe II A e classe II B. Os Resíduos Classe II A, são chamados de resíduos não inertes e são todos e quaisquer resíduos que não se enquadram nas classificações de Resíduos Classe I (Perigosos) ou de Resíduos classe II B (Inertes). Resumidamente, são aqueles que apresentam propriedades como biodegradabilidade, combustibilidade e/ou solubilidade em água. Os Resíduos Classe II B, também chamados de resíduos inertes, são todos e quaisquer resíduos que quando amostrado de forma representativa segundo a NBR 10.007/04, e que quando submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente, conforme a NBR 10.006/04, não apresentam nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor, conforme Anexo G da NBR 10.004/04.

3.2.2 Classificação quanto às atividades de origem

Outra maneira bastante comum de se classificar os resíduos sólidos é quando a sua origem. Para Jardim (1995), os resíduos sólidos podem ser agrupados em oito classes:

- **Domiciliar:** Originado da vida diária das residências e constituído por restos de alimentos (tais como cascas de frutas, verduras, etc), produtos deteriorados, jornais e revistas, garrafas, embalagens diversas, papel higiênico, fraldas descartáveis e uma grande diversidade de outros itens. Contêm ainda, alguns resíduos que podem ser tóxicos.

- **Comercial:** Aquele originário dos diversos estabelecimentos comerciais e de serviços, tais como, supermercados, estabelecimentos bancários, lojas, bares, restaurantes etc. O lixo destes estabelecimentos e serviços tem um forte componente de papel, plásticos, embalagens diversos e resíduos de asseio dos funcionários, tais como papéis toalha, papel higiênico, etc.

- **Público:** São aqueles originados dos serviços: a) de limpeza pública urbana, incluindo todos os resíduos de varrição das vias públicas, limpeza de praias, de galerias, de córregos e de terrenos, restos de podas de árvores, etc. b) de limpeza de áreas de feiras livres constituídos por restos vegetais diversos, embalagens, etc.

- **Serviços de Saúde e hospitalar:** Constituem os resíduos sépticos, ou seja, que contêm ou potencialmente podem conter germes patogênicos. São produzidos em serviços de saúde, tais como: hospitais, clínicas, laboratórios, farmácias, clínicas veterinárias, postos de saúde, etc. São agulhas, seringas, gazes, bandagens, algodões, órgãos e tecidos removidos, meios de culturas e animais usados em testes, sangue coagulado, luvas descartáveis, remédios com prazo de validade vencidos, instrumentos de resina sintética, filmes fotográficos de raios X, etc. Os resíduos assépticos destes locais, constituídos por papéis, restos da

preparação de alimentos, resíduos de limpezas gerais (pós, cinzas, etc), e outros materiais que não entram em contato direto com pacientes ou com os resíduos sépticos anteriormente descritos, são considerados domiciliares.

• **Portos, aeroportos, terminais rodoviários e ferroviários:** Constituem-se de resíduos sépticos, ou seja, aqueles contêm ou potencialmente podem conter germes patogênicos, trazidos aos portos, terminais rodoviários e aeroportos. Basicamente, originam-se de material de higiene, asseio pessoal e restos de alimentação que podem veicular doenças provenientes de outras cidades, estado e países. Também neste caso, os resíduos assépticos destes locais são considerados como domiciliares.

• **Industrial:** Aqueles originados nas atividades dos diversos ramos da indústria, tais como, metalúrgica, química, petroquímica, papelaria, alimentícia, etc. O lixo industrial é bastante variado, podendo ser representado por cinzas, lodos, óleos, resíduos alcalinos ou ácidos, plásticos, papel, madeira, fibras, borracha, metal, escórias, vidros e cerâmicas, etc. Nesta categoria, inclui-se a grande maioria do lixo considerado tóxico.

• **Agrícola:** São resíduos sólidos provenientes das atividades agrícolas e da pecuária, como embalagens de adubos, defensivos agrícolas, ração, restos de colheita, etc. Em várias regiões do mundo, estes resíduos já constituem-se uma preocupação crescente, destacando-se as enormes quantidades de esterco animal geradas nas fazendas de pecuária intensiva. Também as embalagens de agroquímicos diversos, em geral altamente tóxicos, têm sido alvo de legislação específica, definindo os cuidados na sua destinação final e, por vezes, co-responsabilizando a própria indústria fabricante destes produtos.

- **Entulho:** São resíduos provenientes da construção civil, como por exemplo, demolições, restos de obras, solos de escavações e etc. Eles são geralmente de material inerte e passíveis de reaproveitamento.

3.3 Características e composição dos resíduos sólidos urbanos

Apesar do termo, de acordo com Carvalho (1999), o resíduo sólido urbano (RSU) é constituído pelas três fases da matéria: a fase sólida, a fase líquida e a fase gasosa.

Inicialmente, tem-se o predomínio da parte sólida, que são os resíduos propriamente ditos. No entanto, após um determinado tempo eles sofrem inúmeros processos de biodegradação e dão origem ao chorume e o gás metano, representando respectivamente a fase líquida e a gasosa.

Segundo, Grisolia e Napoleoni (1996) e Massacci et al. (1993), citados por Carvalho (1999), a fase sólida dos RSU é dividida em três classes: materiais inertes estáveis, materiais altamente deformáveis e materiais orgânicos biodegradáveis. O primeiro grupo representa a classe dos materiais inertes e engloba os vidros, metais, cerâmicas, solos, cinzas, resto de demolição; o segundo grupo representa os plásticos, papéis, papelão, têxteis e borracha; e o terceiro grupo que constituem os resíduos de poda e alimentares.

A composição dos RSU, para Cartier e Baldit (1983, citado por CARVALHO, 1999), é muito heterogênea e pode variar de pequenos materiais orgânicos até grandes materiais inorgânicos. Além disso, existe uma variação significativa na porcentagem dos principais componentes do lixo urbano de uma região para outra, a qual, geralmente, está relacionada com os níveis de desenvolvimento econômico, tecnológico, sanitário e cultural dessas regiões.

No Brasil, a composição média dos resíduos sólidos urbanos gerados, segundo Alcântara (2010), é apresentada no Quadro 1.

Quadro 1-Composição gravimétrica média dos resíduos sólidos gerados no Brasil.

Material/Amostra	%
Matéria Orgânica	64,00
Papelão	5,00
Papel	8,50
Plástico Rígido	2,00
Plástico Maleável	2,70
Metais	1,50
Vidro	1,50
Outros	14,80
Total	100,00

Fonte: ALCÂNTARA (2010)

3.4 Geração dos resíduos sólidos no Brasil

São geradas toneladas de lixo diariamente no Brasil. No Figura 2 é apresentado o resultado obtido pelo Relatório “Panorama dos Resíduos Sólidos” de Castagnari (2010), sobre a quantidade diária de resíduos sólidos urbanos gerados em cada região do Brasil. A partir dele, pode-se observar nitidamente que a região sudeste é a que mais gera resíduo sólido, seguidas pelas regiões nordeste, sul, centro-oeste e norte.

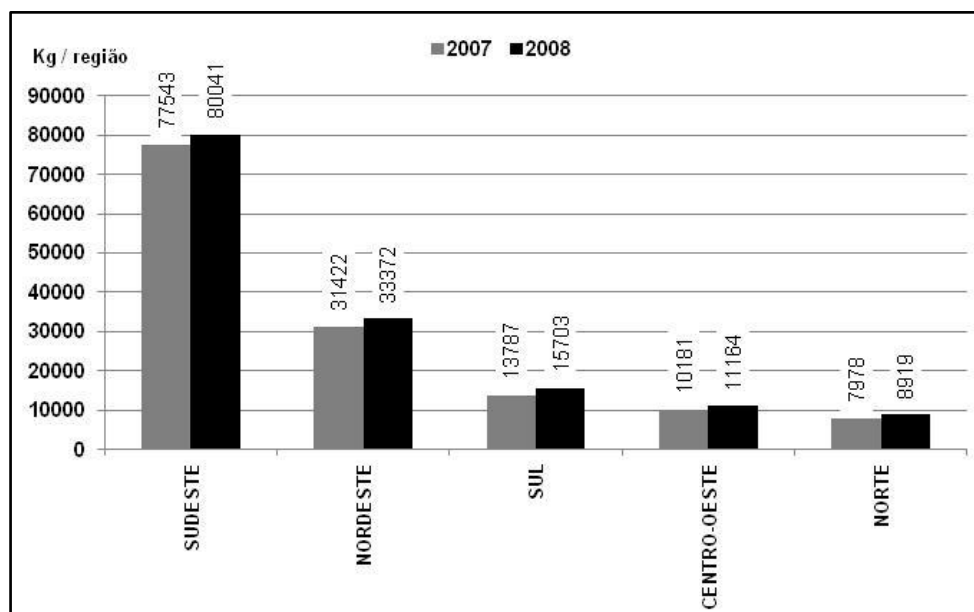


Figura 2 - Quantidade de RSU gerado por Macrorregião e Brasil.

De acordo com Jardim (2000, citado por OLIVEIRA et al.), a produção diária per capita de resíduos sólidos urbanos de uma comunidade pode ser

obtida pela divisão da quantidade total de resíduos coletados pela população atendida. Assim, a quantidade média diária per capita de resíduos por região do Brasil nos anos de 2009 e 2010 é apresentada na Figura 3.

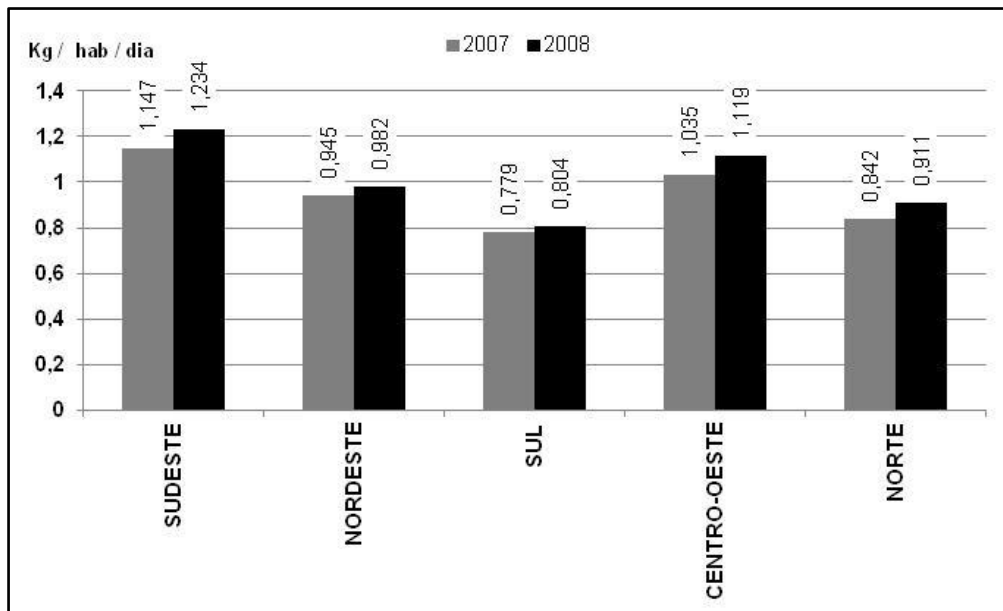


Figura 3 - Quantidade de RSU gerado por habitante nos anos de 2009 e 2010.

3.5 Gerenciamento Integrado dos Resíduos Sólidos Urbanos

O alto crescimento demográfico, a superpopulação dos centros urbanos, o aumento da geração de empregos e a melhoria da situação financeira das famílias têm criado um problema muito sério para o meio ambiente: o aumento na geração de resíduos sólidos urbanos. Como já visto anteriormente, os resíduos sólidos são provenientes de diversas fontes geradoras e apresentam características muito distintas dentre si, havendo assim a necessidade de dispô-los corretamente. Para tanto, os resíduos devem ser gerenciados de forma integrada.

O inciso VI, presente no artigo 23, da Constituição Federal de 1988, declara ser de competência da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios “proteger o meio ambiente e combater a poluição em qualquer uma de suas formas”. Sendo assim, é de responsabilidade é dos mesmos gerenciarem adequadamente seus resíduos, apesar de ser comum ver os municípios sendo unicamente responsáveis por essa gestão.

O gerenciamento de resíduos sólidos, de acordo com a Política Nacional do Meio Ambiente, Lei Federal nº 6938, de 31 de agosto de 1981, representa um 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.

Para Jardim (1995), a responsabilidade do resíduo sólido domiciliar, comercial e público, é de competência da Prefeitura de cada município, enquanto que o gerenciamento dos resíduos provenientes dos serviços de saúde, das indústrias, dos portos, aeroportos, terminais ferroviários e rodoviários, agrícolas e de entulho, são de responsabilidade dos próprios geradores, conforme é possível observar no Quadro 2.

Quadro 2 - Responsabilidade pelo gerenciamento de cada tipo de lixo.

TIPOS DE LIXO	RESPONSÁVEL
Domiciliar	Prefeitura
Comercial	Prefeitura (Co-responsável por pequenas quantidades, em geral menos de 50 Kg)
Público	Prefeitura
Serviços de saúde	Gerador (hospitais, etc)
Industrial	Gerador (indústrias)
Portos, aeroportos e terminais ferroviários e rodoviários	Gerador (portos, etc)
Agrícola	Gerador (agricultor)
Entulho	Gerador

Fonte: JARDIM (1995).

Segundo dados elaborados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) na Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB), a disposição de resíduos em os vazadouros a céu aberto, ou lixões como são mais conhecidos, diminuíram em quantidade de 21,16% em 2000 para 17,61% em 2008 e a disposição em aterros sanitários cresceu, em quantidade, de 36,18% em 2000 para 64,59% em 2008, conforme Quadro 3.

Ainda de acordo com o mesmo quadro é possível observar que apesar de terem se passado apenas oito anos, houve um declínio de 16,75%

utilizando vazadouro a céu aberto e um aumento significativo de 43,98% em relação à disposição de resíduos em aterros sanitários.

Quadro 3 - Quantidade diária de resíduos sólidos por unidade de destinação final.

	2000		2008	
	t/dia	%	t/dia	%
Vazadouro a céu aberto	48321,7	21,16%	45710	17,61%
Vazadouro em áreas alagadas ou alagáveis	232,6	0,10%	46	0,02%
Aterro Controlado	84575,5	37,03%	40695	15,68%
Aterro Sanitário	82640,3	36,18%	167636	64,59%
Compostagem de resíduos orgânicos	6549,7	2,87%	1635	0,63%
Unidade de triagem de resíduos recicláveis	2265	0,99%	3122	1,20%
Unidade de tratamento por incineração	1031,8	0,45%	67	0,03%
Outra	2796,4	1,22%	636	0,25%
TOTAL	228413	100,00%	259547	100,00%

Neste contexto, a Figura 4 tem como objetivo mostrar, na forma de apelo visual, que os métodos que mais recebem resíduos sólidos no Brasil atualmente são respectivamente, o vazadouro a céu aberto, o aterro controlado e o aterro sanitário.

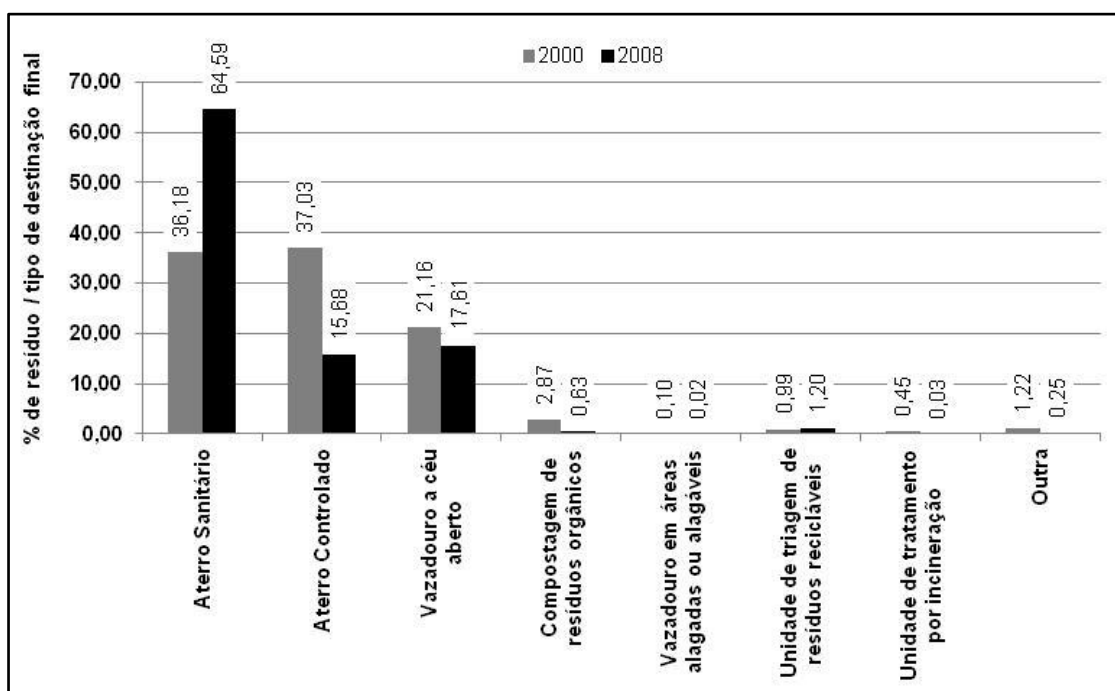


Figura 4 - Porcentagem de resíduos sólidos por unidade de destinação final

É possível inferir também que houve uma melhora significativa na qualidade ambiental do país pela diminuição da destinação de resíduos dos lixões e aterros controlados para aterros sanitários.

3.6 Formas de disposição final

Dentre os métodos mais utilizados citados anteriormente, o lixão e o aterro controlado são considerados inadequados, enquanto que apenas o aterro sanitário é considerado como um local adequado para disposição de resíduos.

3.6.1 Lixão

O lixão (Figura 5), segundo Jardim (1995) e Zanetti (2003), é uma forma inadequada de disposição final de resíduos e se caracteriza pela simples descarga deles sobre o solo sem nenhum critério técnico e sem qualquer tratamento prévio.



Figura 5 - Lixão do município de Pirapozinho/SP (2010)

Fonte: http://licenciamento.cetesb.sp.gov.br/mapa_ugrhis/mapa.php#

Inúmeros são os impactos negativos causados pela disposição incorreta dos resíduos em lixões, mas de acordo com Jardim e Wells (1995) e Henriques (2004), citados por Iost (2010), os maiores impactos ambientais, sanitários e

operacionais relacionados à disposição dos resíduos sólidos urbanos são sobre:

- 1) Solo: devido principalmente à perda de solo por haver a necessidade de ocupação de uma determinada área, à erosão e à contaminação do solo por meio da percolação de chorume;
- 2) Atmosfera: devido ao mau cheiro, a emissão de fumaça e a emissão de gases, como por exemplo, o metano (CH₄) e gás carbônico (CO₂), que são os gases de efeito estufa (GEE) mais representativos relacionados aos RSU.
- 3) Água: devido à geração de efluentes líquidos (lixiviado) que podem levar à contaminação de águas subterrâneas e superficiais, assoreamento de rios e lagos e mortandade da vida aquática.

3.6.2 Aterro controlado

O aterro controlado, igualmente ao lixão, também não dispõe de impermeabilização de base e muito menos de sistemas de coleta e tratamento de chorume e gases. No entanto, Cunha (2001, citado por GANDELINI, 2002), afirma que apesar das deficiências citadas, o aterro controlado é menos prejudicial que o lixão, pois os resíduos, depois de dispostos no solo, são cobertos com terra, fazendo com que a poluição local se reduza. Entretanto, esta é uma solução com menor eficácia em relação à dos aterros sanitários.

3.6.3 Aterro Sanitário

O aterro sanitário (Figura 6), ao contrário do lixão e do aterro controlado, é a forma mais segura e indicada para destinação final dos resíduos, pois apresenta diversos sistemas de prevenção à poluição. Tal técnica tem, ao contrário das outras técnicas de disposição, o objetivo de evitar ao máximo a proliferação de vetores e a contaminação direta e indireta dos recursos

naturais, além de permitir o controle da poluição do ar, da água, do solo e da poluição estética.

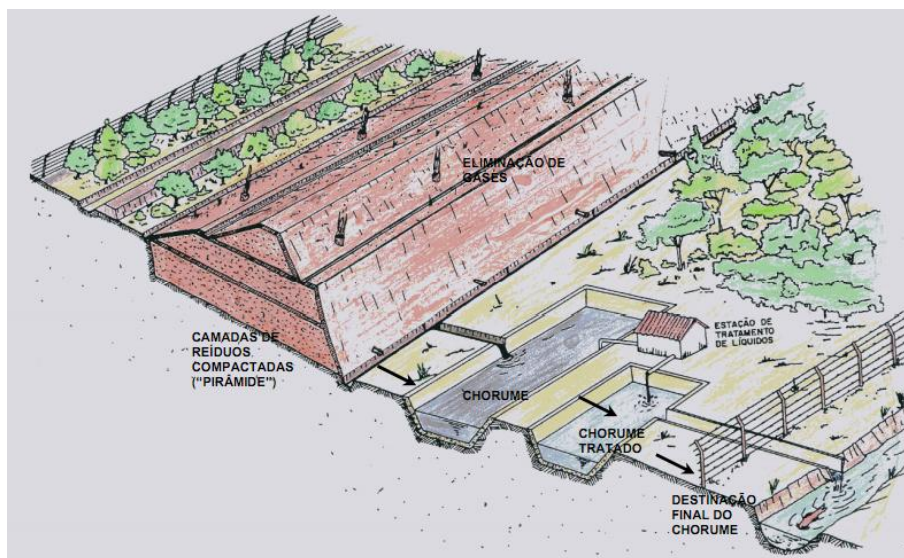


Figura 6 - Esquema básico de funcionamento de um aterro sanitário

Fonte: GANDELINI (2002)

A ABNT, em sua NBR 8419:1992 - Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos - define o aterro sanitário de resíduos sólidos urbanos como sendo:

“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.” (ABNT, NBR 8419, 1992, p. 1)

Além disso, esta norma fixa condições mínimas para análise de projetos de aterro sanitário que devem obrigatoriamente apresentar: o memorial descritivo e técnico, cronograma de execução e estimativa de custos, desenhos e eventuais anexos.

Dentre todas as especificações e exigências da norma, ela exige principalmente a apresentação e descrição de sistemas técnicos, dentre eles: a impermeabilização inferior e/ou superior; o sistema de drenagem superficial devido à possibilidade de escoamento de água para a área do aterro, bem

como o sistema de drenagem da água da chuva que precipita diretamente sobre a área; o sistema de drenagem e remoção de percolado; o sistema de tratamento do percolado e o sistema de drenagem dos gases gerados.

Mas assim como qualquer outro método de destinação final, o aterro sanitário também apresenta vantagens e desvantagens, que para a CETESB (1997, citado por SAMIZAVA, 2006) estão de acordo com o Quadro 4.

Quadro 4 - Vantagens e desvantagens dos aterros sanitário.

VANTAGENS	DESVANTAGENS
Custo de investimento é muito menor que o requerido por outras formas de tratamento de resíduo	Não trata os resíduos, consistindo em uma forma de armazenamento no solo.
Custo de operação muito menor que o requerido pelas instalações de tratamento de resíduos	Requer áreas cada vez maiores.
Apresenta poucos rejeitos ou refugos a serem tratados em outras instalações	A operação sofre ação das condições climáticas.
Simplicidade operacional	Apresenta risco de contaminação do solo e da água subterrânea
Flexibilidade operacional, sendo capaz de operar bem mesmo ocorrendo flutuações nas quantidades de resíduos a serem aterradas	

Fonte: CETESB (1997, citado por SAMIZAVA, 2006)

Segundo Filho (2005, citado por FIGUEIREDO, 2007), o processo de aterramento dos resíduos pode ser executado de três formas:

a) Método da Trincheira ou Vala – consiste na abertura de valas onde o lixo é disposto, compactado e posteriormente coberto com solo (Figura 7). As valas podem ser de grande ou pequena dimensão.

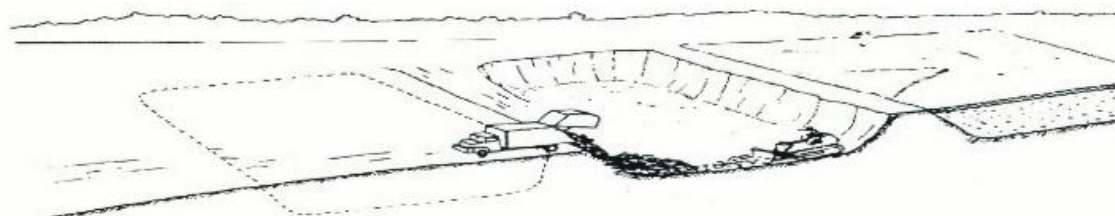


Figura 7 - Esquema ilustrativo do método de trincheira ou vala

Fonte: JARDIM (1995)

b) Método de Rampa ou Escavação Progressiva – consiste na escavação da rampa, onde o lixo é disposto, compactado pelo trator e posteriormente coberto com solo (Figura 8). É empregado, geralmente, em áreas de meia encosta, onde o solo natural ofereça condições para ser escavado e possa ser então utilizado como material de cobertura.

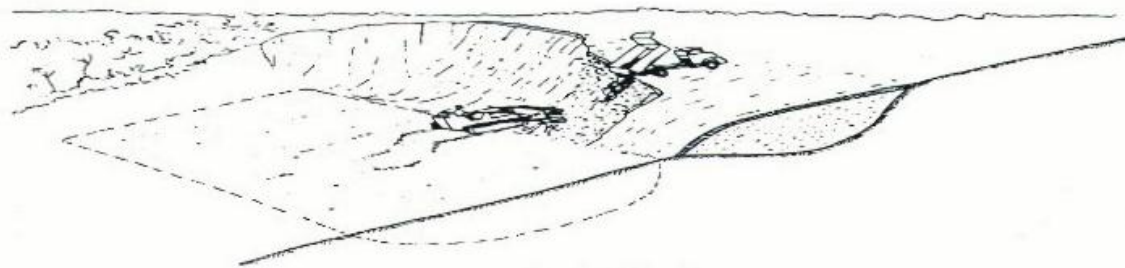


Figura 8 - Esquema ilustrativo do método de rampa ou escavação progressiva

Fonte: JARDIM (1995)

c) Método de Área – empregado na maioria das vezes em locais cuja topografia é plana e o lençol freático é raso (nível bem baixo). A figura 9 a seguir ilustra o método apresentado.

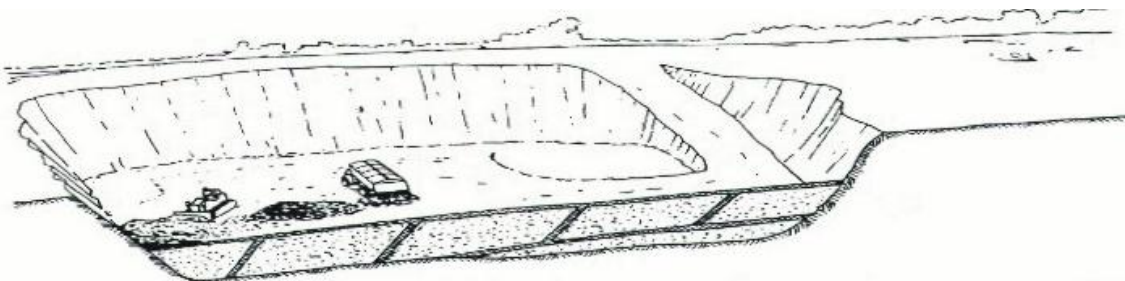


Figura 9 - Esquema ilustrativo do método de área

Fonte: JARDIM (1995)

3.7 Controle dos resíduos no Estado de São Paulo

No Estado de São Paulo, a CETESB realiza, desde 1997, o Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Domiciliares, cujo objetivo é mostrar, através de notas, as condições em que se encontram os locais de disposição de resíduos de cada município através do Índice de Qualidade de Aterro Sanitário (IQR). A pontuação em que cada local recebe pode ser observada no Quadro 5.

Quadro 5 - Enquadramento das Instalações de Destinação Final de Lixo em Função dos valores de IQR

IQR	ENQUADRAMENTO
0 a 6	Condições Inadequadas
6,1 a 8	Condições Controladas
8,1 a 10	Condições Adequadas

Fonte: Adaptado de Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Domiciliares (2010)

O IQR é obtido a partir da inspeção de técnicos da CETESB que pontuam os locais de destinação final por meio da aplicação de um formulário específico. Esse formulário apresenta 41 itens, referentes às principais características do local, como pode ser observado no Quadro 6:

Quadro 6 - Itens analisados para pontuação do IQR dos locais de disposição de resíduos dos municípios.

CARACTERÍSTICAS DO LOCAL	Capacidade de suporte do solo
	Proximidade de núcleos habitacionais
	Proximidade de corpos de água
	Proximidade do lençol freático
	Permeabilidade do solo
	Disponibilidade de material para recobrimento
	Qualidade do material para recobrimento
	Condições do sistema viário, trânsito e acessos
	Isolamento visual da vizinhança
	Legalidade da localização
INFRAESTRUTURA IMPLANTADA	Cercamento da área
	Portaria/guarita
	Impermeabilização da base do aterro
	Drenagem de chorume
	Drenagem de águas pluviais definitiva
	Drenagem de águas pluviais provisória
	Trator de esteiras ou compatível
	Outros equipamentos
	Sistema de tratamento de chorume
	Acesso à frente de trabalho
	Vigilantes
	Sistema de drenagem de gases
	Controle do recebimento de carga
	Monitorização de águas subterrâneas
Atendimento de estipulações de projeto	
CONDIÇÕES OPERACIONAIS	Aspecto geral
	Ocorrência de lixo a descoberto
	Recobrimento do lixo
	Presença de urubus ou gaivotas
	Presença de moscas em grande quantidade
	Presença de catadores
	Criação de animais (porcos, bois)
	Descarga de serviços de serviço de saúde
	Descarga de resíduos industrial
	Funcionamento da drenagem pluvial definitiva
	Funcionamento da drenagem pluvial provisória
	Funcionamento da drenagem de chorume
	Funcionamento do sistema de tratamento de chorume
Funcionamento do sistema de monitorização das águas subterrâneas	
Eficiência da equipe de vigilância	
Manutenção dos acessos internos	

Fonte: CETESB

A evolução do IQR médio dos sistemas de disposição final de resíduos sólidos em operação nos municípios do Estado é considerada bastante satisfatória, pois em apenas 14 anos, passou de uma condição inadequada, com nota 4,0 em 1997, para uma condição adequada, com nota 8,4 em 2010, como mostra o Figura 10.

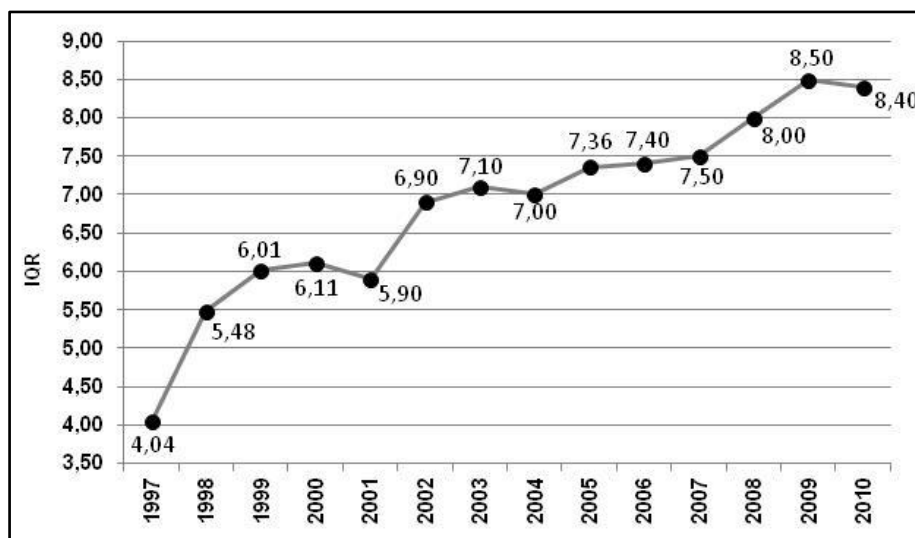


Figura 10 - Evolução do IQR médio no estado de São Paulo

3.8 Disposição final dos resíduos sólidos em Presidente Prudente

A disposição dos resíduos da cidade Presidente Prudente é ainda realizada em lixão, como mostra a Figura 11.



Figura 11 - Lixão de Presidente Prudente / SP

Fonte: http://licenciamento.cetesb.sp.gov.br/mapa_ughis/mapa.php#

Quanto ao IQR, ao contrário da média do Estado, a realidade do município de Presidente Prudente é completamente diferente. Desde 1997, os valores de IQR não chegaram a ultrapassar a nota 4, permanecendo o tempo todo com classificação inadequada, conforme Figura 12:

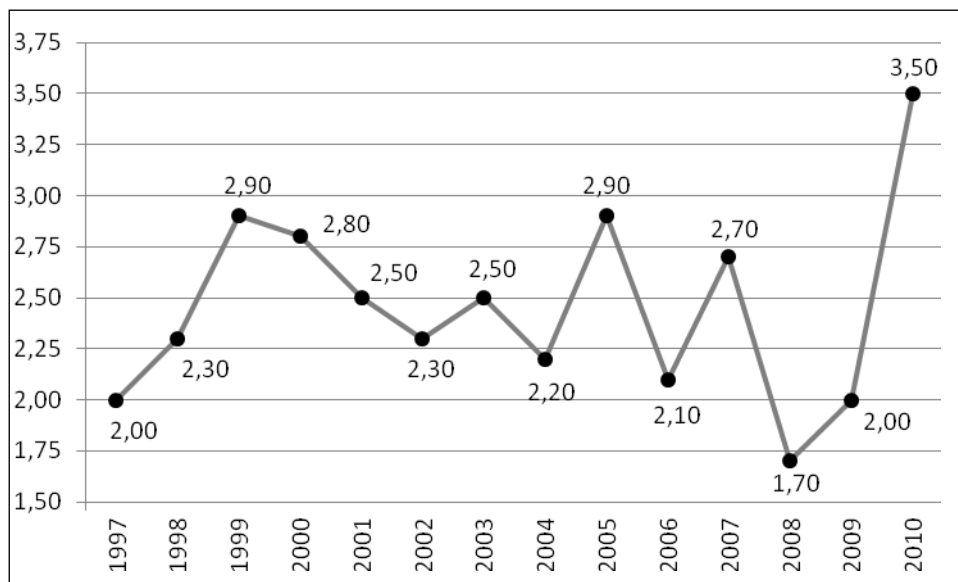


Figura 12 - Evolução do IQR no lixão de Presidente Prudente/SP

Quanto aos aspectos vinculados à coleta e disposição dos resíduos sólidos urbanos, atualmente, a produção em Presidente Prudente gira em torno de 160 toneladas por dia, de acordo com a Companhia Prudentina de Desenvolvimento (PRUDENCO) (SAMIZAVA, 2006).

3.9 Seleção de áreas para instalação de aterro sanitário

O processo de análise para identificação de áreas com potencial para instalação de aterro sanitário envolve muitos critérios. Para tanto, se faz necessário ter uma equipe multidisciplinar e envolver diversas áreas do conhecimento.

Inúmeras são as metodologias para seleção de áreas para instalação de aterro sanitário.

Para Jardim (1995), os dados mínimos necessários para a pré-seleção de áreas são: os dados geológicos, geotécnicos, pedológicos, dados sobre o relevo, sobre as águas subterrâneas e superficiais, sobre o clima e sobre a

legislação; e os parâmetros a serem considerados para a seleção de áreas para implantação de aterro sanitário, são:

- 1) Tamanho da área:
 - Área efetiva de disposição - avaliação da vida útil da disposição;
 - Área total disponível (domínio) - restrições de aproveitamento.
- 2) Localização da área:
 - Avaliação das tendências de ocupação da área;
 - Planejamento do uso e ocupação do solo para a área e o entorno;
 - Vizinhanças e distâncias às áreas urbana, industrial e rural.
- 3) Adequação ambiental da área:
 - Critérios legais;
 - Levantamentos de estudos já realizados;
 - EIA/RIMA;
 - Legislação em vigor:
 - Áreas de proteção ambiental – APA's;
 - Áreas de proteção de mananciais – APM's;
 - Áreas especiais.
- 4) Dados básicos (inventário físico):
 - Mapas (geológico, pedológico, etc);
 - Levantamento topográfico cadastral;
 - Clima:
 - Pluviometria;
 - Evapotranspiração da água;
 - Temperatura;
 - Ventos;
 - Biota;
 - Geologia/geotecnia/hidrogeologia;
 - Tipos de resíduos:
 - Origens;
 - Classificações;
 - Volume;
 - Projeção futura de volumes e tipos de resíduos a serem dispostos no local;

- Estrutura da disposição: drenagens, coberturas, células, taludes, formas de operação etc;
- Destino dos efluentes, gases, líquidos e percolados;
- Tratamento de resíduos, líquidos e gases.

5) Condições de acesso:

- Vias externas:
 - Distância aos centros produtores de lixo;
 - Estado de conservação de estradas/ruas;
 - Tráfego local;
- Vias internas:
 - Estado de conservação dos acessos em qualquer tempo;
 - Sistema de circulação.

6) Operação:

- Condições e operações:
 - Manejo do resíduo: despejo, compactação, cobertura;
 - Valas e células especiais;
 - Equipamentos em utilização;
 - Mistura de resíduos (co-disposição).

7) Recursos disponíveis:

- Levantamento de custos de limpeza pública do município:
 - Orçamentos;
 - Arrecadação
 - Outros.
- Recursos humanos:
 - Técnicos;
 - Operacionais;
 - Administrativos.
- Recursos materiais:
 - Equipamentos disponíveis (incluindo equipamentos sem condições de uso): trator de esteira; caminhão basculante; retroescavadeira; caminhão pipa; outros.

8) Classificação da disposição:

- Aterro sanitário;
- Aterro controlado;

- Vazadouro ou lixão;
- local virgem ou área degradada.

Nunes (2002) considera que além da importância de se reconhecer prévia e detalhadamente a área a que se destina a construção de um aterro sanitário, é necessário conhecer a influência dos fatores político-administrativos, econômicos e educacionais sobre a área. No Quadro 7 é possível visualizar, segundo ele, quais são os elementos e fatores naturais e sociais determinantes na disposição de resíduos sólidos urbanos em aterro sanitário.

Quadro 7 - Elementos e Fatores naturais e sociais determinantes na disposição de resíduos sólidos urbanos em aterro sanitário.

Elementos Naturais		Fatores Naturais
Relevo		Morfologia, posição, inclinação/declividade, exposição, movimento de massa, erosão.
Rochas		Composição, granulação, estruturação, profundidade do lençol freático, porosidade, permeabilidade, transmissividade.
Solo		Composição, granulação, estruturação, textura, porosidade.
Oxigênio		Drenagem, permeabilidade do solo.
Água		Precipitação, distribuição, evaporação, solo, profundidade do lençol freático, drenagem (densidade e padrão), direção.
Cobertura vegetal		Composição, estrutura, ausência ou presença.
Radiação solar		Latitude, altitude, exposição, espessura da cobertura de solo, nebulosidade, umidade atmosférica, poluição atmosférica.
Temperatura		Latitude, altitude, exposição e constituição e espessura do solo.
Vento		Exposição, latitude, altitude, relevo, continentalidade, direção, duração e frequência.
Elementos Sociais		Fatores Sociais
Características dos resíduos sólidos urbanos	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)
	Doenças	Proliferação de micro e macrovetores transmissores, como insetos e roedores.
	Cobertura do lixo	Tipo de solo, cobertura de solo, espessura do corpo de lixo.
	Odor	Composição física e química dos resíduos, umidade, temperatura, precipitação, evapotranspiração, drenagem de percolados, granulometria e estruturação das rochas, grau de compactação.
	Lixiviados (chorume)	Composição física e química dos resíduos, umidade, temperatura, precipitação, evapotranspiração, drenagem de percolados, granulometria e estruturação das rochas, Morfologia do relevo, grau de compactação.
Agentes Sociais	Legislação ambiental, Lei Orgânica e Plano Diretor.	Localização, distância e posição.
	Dados socioeconômicos	Valor, uso, aceitabilidade e distância.
	Escolha	Política, técnica, econômica, disponibilidade de áreas.

FONTE: NUNES (2002)

Por fim, a CETESB (1997, citada por SAMIZAVA, 2006) também cita alguns critérios recomendados pelo órgão ambiental do estado de São Paulo quanto à escolha de áreas para implantação de aterros sanitários:

- 1) Topografia: devem ter inclinação máxima em torno de 10%;
- 2) Dimensões: dependente da vida útil que pretende dar a área. Considera-se necessário um volume de 1,7 m³ de escavação por tonelada de resíduos a serem aterrados;
- 3) Solo: deve ter composição predominantemente argilosa, ser o mais impermeável e homogêneo possível, além de não apresentar grande quantidade de pedras, matações e rochas aflorantes;
- 4) Proteção contra enchentes: as áreas não devem estar sujeitas a inundações, nem a flutuações excessivas do lençol freático, como as várzeas de rios, pântanos e mangues;
- 5) Distância de corpos d' água: deve ser mantida uma distancia mínima de 200 metros de qualquer corpo de água;
- 6) Profundidade do lençol freático: a cota máxima do lençol freático deve estar situada o mais distante possível da cota do fundo das valas a serem escavadas. Para solos argilosos recomenda-se uma distância de 3,0 metros e, para solos arenosos, distâncias superiores a esta;
- 7) Distância de residências: deve ser mantida uma distancia mínima de 500 metros de residências isoladas e 2000 metros de áreas urbanizadas;
- 8) Direção dos ventos predominantes: não deve possibilitar o transporte de poeira ou maus odores para núcleos habitacionais ou quaisquer instalações onde possam ser indesejáveis ou danosos;
- 9) Localização: além dos itens já mencionados, deve se observar a legislação de uso do solo e de proteção de recursos naturais, a possibilidade de fácil acesso em qualquer época do ano e a menor distância viável dos centros geradores de resíduos.

4. GEOPROCESSAMENTO

Geoprocessamento pode ser caracterizado como um conjunto de técnicas, metodologias de armazenamento e ferramentas tecnológicas que agrupadas tem por objetivo coletar, gerenciar e tratar informações espaciais georreferenciadas para um objetivo específico.

Uma informação georreferenciada é aquela que possui coordenadas geográficas, ou seja, latitude e longitude.

Até metade do século XX, dados espaciais e geográficos eram manipulados através de mapas e outros documentos impressos ou desenhados em uma base física. Esta prática limitava uma análise combinada de mapas tanto pela diferença em que esses produtos apresentavam em relação a escalas, temas e medidas, quanto pelo trabalhoso processo de reimpressão/redesenho do produto síntese oriundo da combinação de diferentes mapas

Devido à evolução das tecnologias de informática, o armazenamento, a análise e a apresentação de um grande volume de dados sobre o determinado espaço geográfico, em um ambiente virtual tornou-se possível.

Geoprocessamento é uma ferramenta interdisciplinar que permite a convergência de diferentes disciplinas científicas para o estudo de fenômenos e tem por objetivo o processamento de dados referenciados geograficamente, desde a coleta até a geração e a exibição das informações por meio de mapas convencionais, relatórios, arquivos digitais e gráficos, entre outros. Este processamento se dá através da utilização integrada de técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento de informação geográfica (CÂMARA; DAVIS, 2001).

As aplicações e usos do geoprocessamento dependem da existência de um sistema eficiente e lógico que possa transformar e associar elementos cartográficos a um banco de dados (MARBLE, 1984, citado por (FRANCELINO, 2003).

Para que a informação possa ser tratada através do geoprocessamento é preciso transformar os conceitos a serem tratados em representações computacionais. Após esta tradução, é necessário escolher as representações

computacionais mais adequadas para capturar a semântica de seu domínio de aplicação, ou seja, escolher o sistema de informações geográficas, mais adequado.

Segundo Curran (1985, citado por SANTOS, 2009), através da utilização do geoprocessamento o homem se torna capaz de obter, combinar e sintetizar informações sobre os recursos naturais e o meio ambiente, colocando-o frente a uma ferramenta dinâmica, facilitando seus trabalhos de análises e levantamentos em diversas áreas visando caracterizar e entender a organização do espaço como base para o estabelecimento das ações e estudos futuros.

4.1 SIG

As ferramentas computacionais do geoprocessamento são chamadas de SIG's. Eles armazenam a geometria e as características dos dados que estão georreferenciados, isto é, localizados na superfície terrestre e representados numa projeção cartográfica (CÂMARA; DAVIS, 2001).

Os sistemas de informações geográficas, através do geoprocessamento, abrangem métodos gráficos para organizar, mapear e processar a informação sobre o meio ambiente de uma área, e prepará-la para a análise das interações das variáveis (DICCIONARIO DE LA NATURALEZA, 1987, citado por SANTOS, 2009).

Para Burrough (1986, citado por CÂMARA E DAVIS, 2001), um SIG é constituído por um conjunto de “ferramentas” especializadas em adquirir, armazenar, recuperar, transformar e emitir informações espaciais. Esses dados fazem a descrição de objetos do mundo real em termos de posicionamento, com relação a um sistema de coordenadas, seus atributos não aparentes e as relações topológicas existentes. Por isso, um SIG pode ser utilizado em estudos relacionados ao meio ambiente e recursos naturais, na pesquisa da previsão de fenômenos ou no apoio a decisões de planejamento.

Marcondes (2001, citado por SANTOS, 2009), enfatiza que os sistemas de informações geográficas são capazes de sobrepor diferentes mapas como, por exemplo, topográfico, pedológico, hidrográfico, geomorfológico, geológico e outros, denominados de layers, podendo-se obter um mapa síntese do

cruzamento desses layers. Essa sobreposição de mapas temáticos contribui para a avaliação de riscos, pois várias informações ao serem correlacionadas proporcionam a avaliação e a classificação de áreas como sendo de, maior ou menor, susceptibilidade ou fragilidade ambiental, colaborando para a identificação e classificação das áreas de riscos.

De acordo com Lemes (2004, citado por CASTRO, 2006), as tarefas que os sistemas de informações geográficas se propõem a fazer são:

- **Organização de dados:** armazenar dados de modo a substituir a mapoteca física pela digital que possui vantagens óbvias, dentre as quais podem ser citadas a redução do espaço físico, o fim da deterioração de produtos de papel, a pronta recuperação dos dados, a atualização mais facilitada, a possibilidade de se produzirem cópias sem perdas de qualidade;
- **Visualização de dados:** a possibilidade de selecionar apenas os níveis de informação desejados, montando-se mapas temáticos de acordo com o contexto;
- **Produção de mapas:** em geral o SIG possui ferramentas completas para a produção de mapas, tornando bastante simples a inclusão de grades de coordenadas, escalas gráficas e numéricas, legenda, norte e textos diversos;
- **Consulta espacial:** possivelmente é a função mais importante do SIG. A possibilidade de obter respostas para questões como, quais as propriedades de um determinado objeto, ou em quais lugares tais propriedades ocorreriam, torna a interação entre o usuário e os dados extremamente dinâmica e poderosa;
- **Análise espacial:** consiste no uso de um conjunto de técnicas de combinação entre os níveis de informação, de modo a evidenciar padrões dentro dos dados anteriormente ocultos ao analista;

- **Previsão:** um dos propósitos do SIG é o de geração de cenários, modificando-se os parâmetros de maneira a avaliar como os eventos, naturais ou não, ocorreriam se as condições fossem diferentes, visando obter um conhecimento mais geral do objeto ou área em estudo.

4.2 Estrutura geral de um SIG

Câmara e Davis (2001) listam os seguintes itens como sendo itens básicos de um SIG: interface com usuário, entrada e integração de dados, funções de consulta e análise espacial, visualização e plotagem e, por fim armazenamento e recuperação de dados (organizados sob a forma de banco de dados geográficos). A Figura 13 demonstra a relação entre os itens básicos de um SIG.

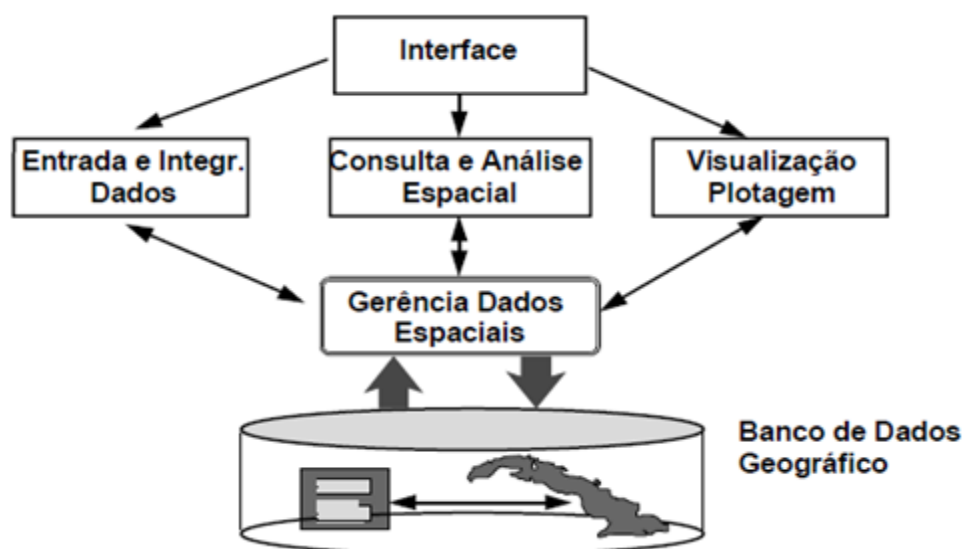


Figura 13 - Estrutura Geral de Sistemas de Informação Geográfica.

Fonte: CÂMARA et al. 2001

Ainda segundo Câmara e Davis (2001), tais componentes têm relação hierárquica. No nível mais próximo ao usuário, a interface homem-máquina, ou seja, comunicação do sistema com o usuário é o nível em que se define como o sistema é operado e controlado. No nível intermediário, um sistema de informação geográfico deve ter mecanismos de processamento de dados espaciais (entrada, edição, análise, visualização e saída). No nível mais interno

do sistema, um sistema de gerência de bancos de dados geográficos oferece armazenamento e recuperação dos dados espaciais e seus atributos.

Com o crescente desenvolvimento da tecnologia de informática e seus periféricos, os bancos de dados vêm se tornando muito mais acessíveis e menos custosos. Os bancos de dados disponíveis nos softwares de SIG's também possuem uma notável capacidade de armazenamento, seja em formatos alfa-numéricos, matricial ou vetorial (SILVA, 1999, citado por SAMIZAVA, 2006)

Tal versatilidade e grau de desenvolvimento fizeram com que nas últimas décadas surgissem inúmeras aplicações para os SIG's com a possibilidade de realizar análises ambientais complexas e interdisciplinares.

Câmara, Monteiro e Medeiros (2001) apontam quatro macro dimensões dos problemas ambientais que podem ser analisados através do uso de SIG:

- Mapeamento temático;
- Diagnóstico ambiental;
- Avaliação de impacto ambiental;
- Ordenamento territorial.

4.3. Tipos de dados em geoprocessamento

4.3.1 Dados temáticos

Dados temáticos descrevem a distribuição espacial de uma grandeza geográfica, ou seja, regiões geográficas definidas por um ou mais polígonos, como, por exemplo, mapas de uso do solo e a aptidão agrícola de uma região. No presente trabalho mapa geomorfológico, malha urbana e sistema viário são exemplos de dados temáticos utilizados nesta monografia.

4.3.2 Dados cadastrais

Um dado cadastral distingue-se de um temático, pois cada um de seus elementos é um objeto geográfico, que possui atributos e pode estar associado a várias representações gráficas. Por exemplo, os lotes de uma cidade são elementos do espaço geográfico que possuem atributos (dono, localização,

valor venal, etc.) e que podem ter representações gráficas diferentes em mapas de escalas distintas. A parte gráfica dos mapas cadastrais é armazenada em forma de coordenadas vetoriais, com a topologia associada. Não é usual representar estes dados na forma matricial.

4.3.3 Redes

Redes são compostas por informações associadas a serviços de utilidade pública, como água, luz e telefone, redes de drenagem (bacias hidrográficas) ou malha viária.

Cada objeto geográfico (por exemplo, um cabo telefônico, transformador de rede elétrica ou cano de água) possui uma localização geográfica exata e está associado a atributos descritivos, presentes no banco de dados.

As informações gráficas de redes são armazenadas em coordenadas vetoriais, com topologia arco-nó: arcos têm um sentido de fluxo e os nós têm um sentido de atributos (podem ser fontes ou sorvedouros). A topologia de redes constitui um conjunto de pontos, armazenando informações sobre recursos que fluem entre localizações geográficas distintas. Uma rede é um sistema de endereçamento.

As redes são o resultado direto da intervenção humana sobre o meio-ambiente. Cada aplicação de rede tem características próprias e com alta dependência cultural.

A ligação com banco de dados é fundamental. Como os dados espaciais têm formatos relativamente simples, a maior parte do trabalho consiste em realizar consultas ao banco de dados e apresentar os resultados de forma adequada os sistemas de rede devem ser versáteis e maleáveis

4.3.4 Imagens

Representam formas de captura indireta de informação espacial. Obtidas por satélites, fotografias aéreas ou "scanners" aerotransportados, as imagens representam formas de captura indireta de informação espacial. Armazenadas como matrizes, cada elemento de imagem (denominado "pixel") tem um valor

proporcional à energia eletromagnética refletida ou emitida pela área imageada da superfície terrestre correspondente.

Pela natureza do processo de aquisição de imagens, os objetos geográficos estão contidos na imagem e, para individualizá-los, é necessário recorrer a técnicas de foto-interpretação e de classificação.

Características importantes de imagens de satélite são: o número de bandas do espectro eletromagnético imageadas (resolução espectral), a menor área da superfície terrestre observada instantaneamente por cada sensor (resolução espacial) e o intervalo entre duas passagens do satélite pelo mesmo ponto (resolução temporal).

4.3.5 MNT

O termo modelo numérico de terreno (ou MNT) é utilizado para denotar uma representação quantitativa de uma grandeza que varia continuamente no espaço. Ele é comumente associado à altimetria, também podem ser utilizados para modelar unidades geológicas. (CÂMARA; MONTEIRO, 2001).

4.4 Modelagem de dados geográficos em geoprocessamento

O processo de modelagem é a forma que se dispõe para traduzir o mundo real em outros domínios. Uma das abordagens mais úteis para este problema é o chamado “paradigma dos quatro universos” (CÂMARA; MONTEIRO, 2001), que distingue:

- O universo do mundo real, que engloba as entidades da realidade a serem modeladas no sistema e encontram-se os fenômenos a serem representados (tipos de solo, cadastro urbano e rural, dados geofísicos e topográficos);
- O universo matemático (conceitual), que inclui uma definição matemática (formal) das entidades a serem incluídas no modelo e pode-se distinguir entre as grandes classes formais de dados geográficos (dados contínuos e objetos individualizáveis) e especializar estas classes nos tipos de dados geográficos

utilizados comumente (dados temáticos e cadastrais, modelos numéricos de terreno, dados de sensoriamento remoto);

- O universo de representação, onde as diversas entidades formais são mapeadas para representações geométricas e as entidades formais definidas no universo conceitual são associadas a diferentes representações geométricas, que podem variar conforme a escala e a projeção cartográfica escolhida e a época de aquisição do dado. Aqui se distingue entre as representações matriciais e vetoriais, que podem ainda ser especializadas;
- O universo de implementação, onde as estruturas de dados e algoritmos são escolhidas, baseados em considerações como desempenho, capacidade do equipamento e tamanho da massa de dados. É neste nível que acontece a codificação e onde ocorre a realização do modelo de dados através de linguagens de programação para programar as geometrias do universo de representação.

Esta análise também indica que a interface do usuário de um SIG deve, tanto quanto possível, refletir o universo conceitual e esconder detalhes dos universos de representação e implementação. No nível conceitual, o usuário lida com conceitos mais próximos de sua realidade e minimiza a complexidade envolvida nos diferentes tipos de representação geométrica.

4.4.1 Universo do mundo real

Uma das ferramentas prioritárias da tecnologia o geoprocessamento é a característica lógico-matemática dos SIG's. Para uma feição real ser representada em ambiente computacional, é necessário associar a cada tipo de informação geográfica uma escala de medida e de referência, que será utilizada pelo SIG para caracterizá-lo. Assim, a representação de um objeto geográfico num SIG dependerá da escala que utilizarmos e a regra usada no processo de medição determinarão o seu nível de detalhamento (CÂMARA; MONTEIRO, 2001).

4.4.2 Universo conceitual

O espaço geográfico é modelado segundo duas visões: os modelos de campos e os modelos de objetos (WORBOYS, 1995, citado por CÂMARA, 2001). O modelo de campos enxerga o espaço geográfico como uma superfície contínua, sobre a qual variam os fenômenos a serem observados. Por exemplo, um mapa de vegetação descreve uma distribuição que associa a cada ponto do mapa um tipo específico de cobertura vegetal, enquanto um mapa geoquímico associa o teor de um mineral a cada ponto.

O modelo de objetos representa o espaço geográfico como uma coleção de entidades distintas e identificáveis. Por exemplo, um cadastro espacial dos lotes de um município identifica cada lote como um dado individual, com atributos que o distinguem dos demais. Igualmente, poder-se-ia pensar como geo-objetos os rios de uma bacia hidrográfica ou os aeroportos de um estado.

4.4.2.1 Classes do universo conceitual

4.4.2.1.1 Geo-campo

O geo-campo representa a distribuição espacial de uma variável que possui valores em todos os pontos pertencentes a uma mesma região geográfica, num dado período de tempo. (CÂMARA; MONTEIRO, 2001).

Ele pode ser dividido em partes e ainda assim manter sua propriedade essencial (que é sua função de atributo).

Ainda segundo Câmara e Monteiro (2001), os geo-campos podem ser especializados como:

- **Temático:** Associa uma específica região geográfica a um tema no mapa, como por exemplo, características da geomorfologia classificando a região como, topo, vertente ou fundo de vale.
- **Numérico:** Dada uma região geográfica, um geo-campo numérico associa, a cada ponto no espaço, um valor real. Um exemplo pode ser um mapa de altimetria que foi gerado no presente trabalho para a análise da geomorfologia da área de estudo.

4.4.2.1.2 Geo-objeto

Um geo-objeto é definido como um elemento único que possui atributos não-espaciais e, está associado a múltiplas localizações geográficas, diferentes escalas e múltiplas resoluções temporais. A localização pretende ser exata e o objeto é distinguível de seu entorno.

O geo-objeto é uma entidade geográfica singular e indivisível, caracterizada por sua identidade, suas fronteiras, e seus atributos. Representa o espaço geográfico como uma coleção de entidades distintas e identificáveis, onde cada entidade é definida por uma fronteira fechada. Por exemplo, um cadastro urbano identifica cada lote como um dado individual, com atributos que o distinguem dos demais.

4.4.3 Universo de representação

Em Câmara e Medeiros (2001), temos definido as possíveis representações geométricas que apresentam associação às classes do universo conceitual. Primeiramente, devem-se considerar as duas grandes classes de representações geométricas: representação vetorial e representação matricial.

A representação vetorial de um elemento ou objeto é uma tentativa de reproduzi-lo o mais verossímil possível. A representação de qualquer entidade ou elemento gráfico de um mapa é retratado a partir de sua redução a três formas básicas: ponto, linha e polígono.

A representação matricial consiste no uso de uma malha quadriculada regular sobre a qual se constrói, célula a célula, o elemento que está sendo representado. A cada célula, atribui-se um código referente ao atributo estudado, de tal forma que o computador saiba a que elemento ou objeto pertence à determinada célula.

É adequado enfatizar que as representações estão associadas aos tipos de dados anteriormente citados:

- **Dados temáticos:** admitem tanto representação matricial quanto vetorial;

- **Dados cadastrais:** sua parte gráfica é armazenada em forma de coordenadas vetoriais e seus atributos não gráficos são guardados em um banco de dados;
- **Redes:** sua parte gráfica é armazenada em forma de coordenadas vetoriais, com a topologia *arco-nó* e seus atributos não gráficos são guardados em um banco de dados;
- **Imagens de sensoriamento remoto:** armazenadas em representação matricial.

O Quadro 8 apresenta uma comparação entre as vantagens e desvantagens de armazenamento matricial e vetorial para mapas temáticos.

Quadro 8 - Comparação entre representações para mapas temáticos.

Aspecto	Representação Vetorial	Representação Matricial
Relações espaciais entre objetos	Relacionamentos topológicos entre objetos disponíveis	Relacionamentos espaciais devem ser inferidos
Ligação com banco de dados	Facilita associar atributos a elementos gráficos	Associa atributos apenas a classes do mapa
Análise, simulação e modelagem	- Representação indireta de fenômenos contínuos - Álgebra de mapas é limitada	- Representa melhor fenômenos com variação contínua no espaço - Simulação e modelagem mais fáceis
Escalas de Trabalho	Adequado tanto a grandes quanto a pequenas escalas	Mais adequado para pequenas escalas (1:25.000 e menores)
Algoritmos	Problemas com erros geométricos	Processamento mais rápido e eficiente
Armazenamento	Por coordenadas (mais eficiente)	Por matrizes

Fonte: CÂMARA et al, 2001

4.4.3.1 Representações de modelos numéricos de terreno

Tais representações são utilizadas para ilustrar a representação quantitativa de uma grandeza que varia continuamente no espaço. Representações de modelos numéricos de terreno estão associadas a dados de altimetria. Na monografia tais representações estão associadas a mapas de distâncias e de declividade.

4.4.3.1.1 Grade regular

A grade regular (Figura 14) é uma representação no formato de matriz em que cada elemento (m,n) está associado a um valor numérico. Para a

geração da grade torna-se necessário estimar, através de interpoladores matemáticos, os valores para as células que não possuem medidas de elevação, considerando-se a vizinhança de medidas de elevação conhecidas.

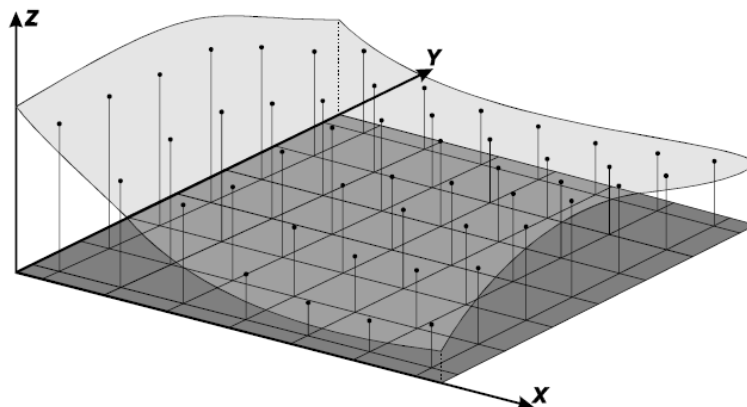


Figura 14 - Superfície e grade regular correspondente.

FONTE: NAMIKAWA, 1995, citado por CÂMARA et al.,2001.

4.4.3.1.2 Grade Triangular

A malha triangular (Figura 15) ou TIN (triangular irregular network) é uma estrutura do tipo vetorial que representa uma superfície através de um conjunto multifacetado de formas triangulares interligadas. Para cada um dos três vértices da face do triângulo são armazenadas as coordenadas de localização (x, y) e o atributo z , com o valor de elevação ou altitude.

Quanto mais equiláteros forem as faces triangulares, maior o grau de exatidão com que a superfície será descrita.

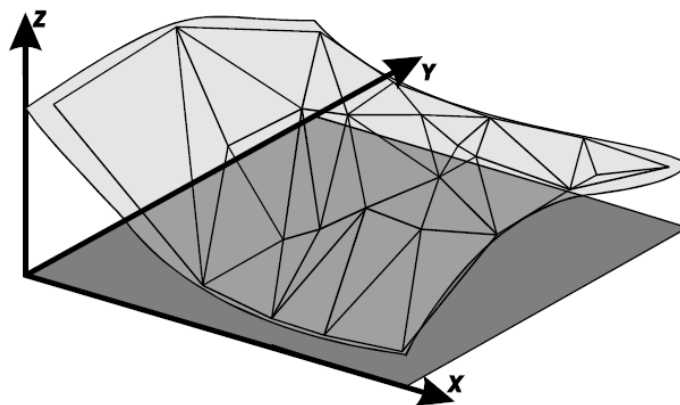


Figura 15 - Superfície e malha triangular correspondente.

FONTE: NAMIKAWA, 1995, citado por CÂMARA et al.,2001.

4.4.3.1.3 Comparação entre a grade retangular e a grade TIN

De acordo com Câmara e Monteiro (2001), a utilização da grade tin permite com que informações morfológicas importantes, como por exemplo, as descontinuidades representadas por feições lineares de relevo (cristas) e drenagens (vales), sejam consideradas durante a geração da grade tin, permitindo então a modelagem da superfície do terreno preservando as feições da superfície.

No Quadro 9 é possível comparar o uso da grade triangular com o uso da grade retangular.

Quadro 9 - Vantagens e desvantagens da grade TIN e regular para representação de MNT.

Grade retangular	Grade triangular
Apresenta regularidade na distribuição espacial dos vértices das células do modelo	Não apresenta regularidade na distribuição espacial dos vértices das células do modelo
Os vértices dos retângulos são estimados a partir das amostras	Os vértices dos triângulos pertencem ao conjunto amostral
Apresenta problemas para representar superfícies com variações locais acentuadas	Representa melhor superfícies não homogêneas com variações locais acentuadas
Estrutura de dados mais simples	Estrutura de dados mais complexa
Relações topológicas entre os retângulos são explícitas	É necessário identificar e armazenar as relações topológicas entre os triângulos
Mais utilizado em aplicações qualitativas e para análises multiníveis no formato "raster"	Mais utilizado em aplicações quantitativas

Fonte: CÂMARA et al. (2001).

4.4.4 Universo de implementação

É onde de fato a implementação do banco de dados, através estrutura de dados, algoritmos de pesquisa e recuperação realmente ocorre. Tais processos são determinantes no desempenho do sistema.

4.5 Metodologias de análise espacial

Nesta parte da revisão apresenta-se uma visão geral de algumas técnicas de análise espacial, no contexto de produção de novos mapas a partir de dados já existentes, os métodos de inferência espaciais posteriormente descritos serão o método Booleano e Fuzzy. Será descrito também o método de tomada de decisão AHP.

4.5.1 Lógica booleana

A modelagem booleana envolve combinação lógica de mapas binários através de operadores condicionais. Cada mapa utilizado como uma condição pode ser entendido como um plano de informação, ou seja, uma evidência. Os vários planos de informação são combinados para dar suporte a uma hipótese ou preposição. Cada localização então é testada, para determinar se as evidências nesse ponto satisfazem ou não as regras definidas pela hipótese (MOREIRA, 2001).

O resultado é expresso na forma binária “0”, (hipótese não satisfeita) e “1” (hipótese satisfeita), não sendo possível a condição talvez. Embora esse método seja prático, normalmente não é o mais adequado, pois o ideal é que as evidências que apresentam importância relativa diferente recebam pesos de diferentes valores e não sejam tratadas igualmente.

A álgebra booleana (Figura 16) usa os operadores lógicos “E” (interseção), “OU” (união), “NÃO” (negação) e “XOR” (exclusão). As operações booleanas não são comutativas e dependem da prioridade dos operadores; podem requerer acoplamento exato entre atributos e não consideram erros nem incertezas que não sejam especificamente incorporados dentro da definição dos conjuntos (BURROUGH e MCDONNELL, 1998, citado por MUÑOZ, 2005).

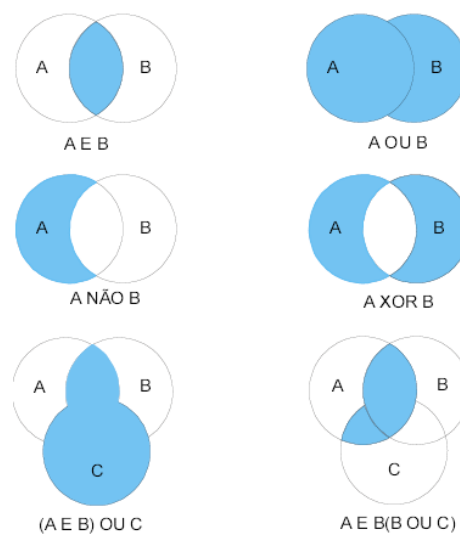


Figura 16 - Diagrama de Venn mostrando os resultados da aplicação de operadores de lógica booleana para dois ou mais conjuntos.

Fonte: BURROUGH e MCDONNELL, 1998, citado por MUÑOZ, 2005.

O apelo da abordagem *Booleana* é sua simplicidade. Em casos onde limiares de corte foram estabelecidos por lei ou por códigos, combinações Booleanas são abordagens práticas e de fácil aplicação. Na prática, entretanto, normalmente não é indicada a atribuição de importâncias iguais para cada critério a ser combinado. Evidências precisam ser ponderadas dependendo da sua importância relativa (BONHAM-CARTER, 1994, citado por SAMIZAVA, 2006).

4.5.2 Lógica Fuzzy

O termo fuzzy pode ser entendido como algo vago, incerto. No entanto a tradução para o português mais utilizada é nebuloso, difuso (BONHAM-CARTER, 1994, citado por COELHO, 2008). A lógica *fuzzy* surge com a finalidade de processar as informações subjetivas, de natureza vaga e incerta, ou seja, trata a incerteza não avaliando se um evento ocorrerá, mas sim o quanto ele ocorre ou ocorrerá. Trata-se

de uma lógica contínua permitindo verdades parciais. (CORNELISSEN et al., 2001, citado por MORAES, 2008).

Moraes (2008), afirma que a Lógica fuzzy busca modelar as incertezas relacionadas a vagueza, imprecisão e subjetividade e, que essa capacidade dos subconjuntos fuzzy de expressar transições graduais desde a pertinência até a não pertinência tem uma extensa utilidade pois a lógica fuzzy é capaz de capturar "tons de cinza", ou seja, graus de verdade.

Na teoria dos conjuntos objetos de uma mesma classe ou com características semelhantes são agrupados em conjuntos e temos na lógica fuzzy, o grau de pertinência de um elemento em relação a um dado conjunto é uma função que pode assumir qualquer valor real no intervalo fechado $[0,1]$. (COELHO, 2008).

4.5.2.1 Representações dos conjuntos fuzzy

Para representação de um conjunto fuzzy, pode-se utilizar o diagrama de Hassu-Euler (H-E). Nesta notação, o conjunto é representado graficamente por uma função real, esboçada em um sistema de eixos cartesianos, onde o

eixo x representa o universo de discurso e o eixo y representa os graus de pertinência, conforme Figura 17.

Na maioria das aplicações práticas, as funções (Figura 17) de pertinência são do tipo gaussiana, triangulares, trapezoidais, crescentes e decrescentes.

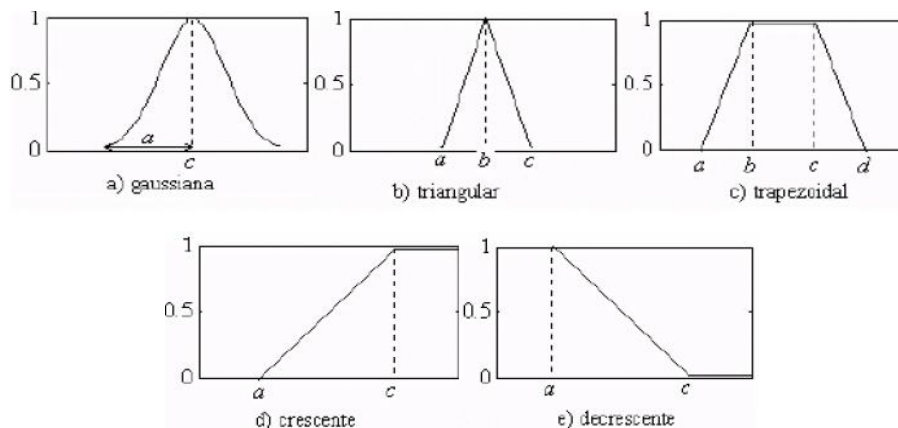


Figura 17 - Tipos de representações de funções de pertinência.

Fonte: NOGUCHI, 2004, citado por COELHO, 2008.

4.5.2.2 Sistema Fuzzy

De acordo com Wang (1997, citado por COELHO, 2008), um sistema fuzzy é composto de quatro componentes: os fuzzyficadores, a base de regras, a máquina de inferência e o defuzzificador, conforme pode ser observado na Figura 18.

- Fuzzyficador: A principal função de um fuzzyficador é converter os intervalos valores reais de entrada (escalar ou vetorial) em grau de pertinência a conjuntos fuzzy para que sejam tratados pela máquina de inferência (Wang, 1997, citado por COELHO, 2008). Ou seja, atribui valores lingüísticos definidos por funções de pertinência às variáveis de entrada.
- Base de regras Fuzzy: O conhecimento humano pode ser representado na forma de regras fuzzy "SE - ENTÃO". É considera o "coração" de um sistema fuzzy, uma vez que todos os outros componentes são usados para implementar as regras de modo eficiente e razoável.

- Máquina de Inferência Fuzzy: Usa os princípios da lógica fuzzy para combinar as regras, existentes na base de regras em um mapeamento de um conjunto fuzzy de entrada em um conjunto fuzzy de saída.
- Desfuzzificação: O resultado das avaliações das regras fuzzy são termos lingüísticos os quais não podem ser interpretados diretamente, é necessário que estes termos sejam decodificados, novamente como valores reais (escalar ou vetorial) geralmente discretos.

Dessa maneira nós temos em um sistema nebuloso primeiramente variáveis de entrada que sofrem um processo de fuzzificação, ou seja, os conjuntos nebulosos das variáveis lingüísticas de entrada são ativados. Terminada esta etapa, efetua-se a inferência das variáveis de saída. Finalmente, as variáveis de saída sofrem um processo de desfuzzificação, ou seja, converter os dados nebulosos para valores numéricos precisos. Dessa forma um sistema nebuloso deve oferecer a um usuário a capacidade de: (i) definir variáveis e conjuntos nebulosos; (ii) definir regras (se – então) e operadores lógicos (e, ou) que manipulem as variáveis nebulosas; (iii) realizar inferências usando regras; (iv) oferecer diferentes métodos de desfuzzificação das variáveis de saída.

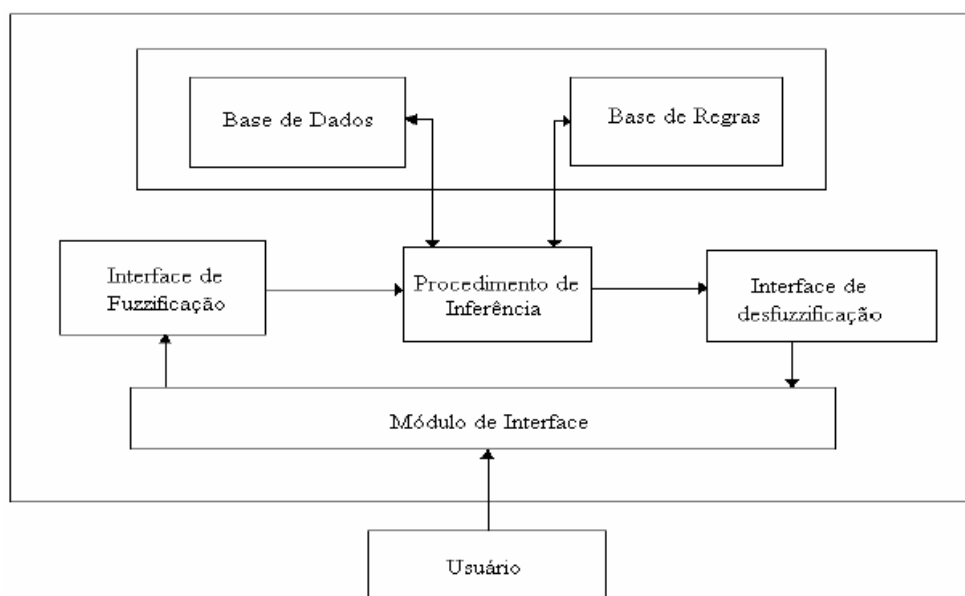


Figura 18 - Sistema fuzzy

Fonte: CORTES, 2004, citado por COELHO, 2008.

4.5.3 Método AHP – Processo de Análise Hierárquica

Métodos de suporte a decisão são úteis para que ajudar a organizar e estabelecer um modelo racional de combinação de dados que seja mais adequada ao propósito do usuário (SAMIZAVA, 2006). O método AHP se destaca como um dos mais promissores no processo de tomada de decisão que consiste na comparação par-a-par de cada variável. (SAATY, 1990, citado por SAMIZAVA, 2006).

O método AHP foi desenvolvido por Saaty em 1991 (WOLFF, 2008). A sigla AHP incorpora suas características, as quais são especialmente direcionadas à superação das limitações cognitivas dos tomadores de decisão. Caracterizada por ser um instrumento de apoio, a tomadas de decisão o método é feito em duas fases: na de construção da hierarquia e na de avaliação dos resultados (VARGAS, 1990, citado por ABREU et al., 2000) em que a primeira fase envolve a estruturação do problema em níveis e o AHP permite, aos decisores, a modelagem de problemas complexos em uma estrutura hierárquica (Figura 19) que mostra as relações entre as metas, os critérios que exprimem os objetivos e sub-objetivos, e as alternativas que envolvem a decisão. A estrutura hierárquica forma uma árvore invertida, cuja estrutura vai descendo da meta da decisão para os critérios, subcritérios e alternativas, em sucessivos níveis (SAATY, 1990, citado por ABREU et al., 2000).

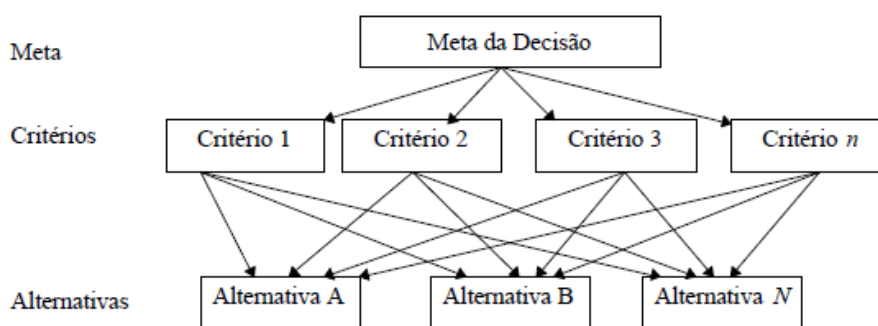


Figura 19 - Exemplo de estrutura hierárquica de problemas de decisão.

Fonte: SAATY, 1990, citado por ABREU et al., 2000.

A escala de valores AHP para comparação pareada é apresentada no Quadro 10.

Quadro 10 - Escala de julgamento de importância do método AHP.

Intensidade de importância	Definição e Explicação
1	Importância igual – os dois fatores contribuem igualmente para o objetivo
3	Importância moderada – um fator é ligeiramente mais importante que o outro
5	Importância essencial – um fator é claramente mais importante que o outro
7	Importância demonstrada – um fator é fortemente favorecido e sua maior relevância foi demonstrada na prática
9	Importância extrema – A evidência que diferencia os fatores é de maior ordem possível
2,4,6,8	Valores intermediários entre julgamentos – possibilidade de compromissos adicionais

Fonte: SAATY, 1990, citado por ABREU et al., 2000.

A partir do estabelecimento de critérios de comparação para cada combinação de fatores, é possível determinar um conjunto ótimo de pesos que podem ser utilizados para a combinação dos diferentes mapas (CÂMARA; DAVIS; D'ALGE, 2001).

Em problemas de maior dimensão pode haver vários níveis de critérios, subcritérios e assim por diante. Nestes casos as comparações são feitas da mesma forma, sempre em relação ao nível acima, até que se chegue à comparação das alternativas, que estão sempre no nível mais baixo.

Cada comparação, com valores atribuídos a todos os pares, gera uma matriz de avaliação $n \times n$ como a matriz da Figura 20.

C	A_1	A_2	A_n
A_1	$\begin{bmatrix} 1 & x & \dots & y \end{bmatrix}$		
A_2	$\begin{bmatrix} 1/x & 1 & \dots & z \end{bmatrix}$		
	$\begin{bmatrix} \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \end{bmatrix}$		
A_n	$\begin{bmatrix} 1/y & 1/z & \dots & 1 \end{bmatrix}$		

Figura 20 - Matriz-exemplo de comparações partiárias.

Fonte: WOLFF (1998).

Para preencher a matriz, o tomador de decisão age por linhas. O que ele sabe de previamente é que a diagonal principal da matriz é preenchida com o valor 1, por se tratar da comparação de um elemento com ele mesmo. Depois de preencher a diagonal principal, na linha 1 ele se pergunta qual é a importância do elemento desta linha em relação a cada elemento de todas as

colunas. Generalizando, a pergunta a ser feita é: "quanto mais importante é a contribuição do elemento i para o objeto ou critério avaliado do que o elemento j ". (WOLFF, 1998).

Cada um dos julgamentos representa a dominância do elemento da linha sobre o elemento da coluna. Se o elemento A_i (da linha) for igualmente importante ao elemento A_j (da coluna), o valor atribuído para este par é 1. Se ele for mais importante que o elemento A_j , algum valor de 2 a 9 é escolhido. E se o elemento A_i for menos importante do que A_j , um número inverso aos valores 2 a 9 é dado, isto é, $1/2$ a $1/9$, dependendo da intensidade avaliada. O preenchimento das matrizes é procedimento a ser feito pelo tomador de decisão (WOLFF, 1998).

5. MATERIAIS E MÉTODO

5.1 Descrição dos materiais

Utilizou-se diversos materiais para a realização deste trabalho. Dentre eles, materiais cartográficos no modo digital e diversos softwares que foram detalhados a seguir.

5.1.1 Materiais cartográficos

A grande maioria dos planos de informações que foram utilizados no trabalho, como por exemplo, as curvas de nível, os cursos d'água, a malha urbana e as vias, foram obtidos na base digital planoaltimétrica, em arquivo AutoCad na escala 1:10.000, cedida pela Prefeitura Municipal de Presidente Prudente-SP. Já no caso do plano de informação geomorfológico, as informações pertinentes à área foram compiladas a partir do trabalho realizado por Nunes e Fushimi (2010), na escala 1:25.000.

5.1.2 Softwares

Inúmeros foram os programas utilizados para elaboração do trabalho, sendo eles:

- **AutoCAD 2006:** é utilizado para facilitar a elaboração de projetos de engenharia e arquitetura. É também utilizado em cartografia para digitalização de bases cartográficas através da vetorização de um documento cartográfico que se encontra no formato de imagem, diretamente na tela, ou em papel utilizando uma mesa digitalizadora;
- **ArcGIS 9.3:** é o nome dado a um grupo de programas e que constitui um Sistema de Informação Geográfica. Ele permite elaborar e manipular informações vetoriais e matriciais para o uso e gerenciamento de bases temáticas, a partir de inúmeras de fácil utilização.

- **Spring 5.1.8:** (Sistema para Processamento de Informações Georeferenciadas) é um banco de dados geográfico de 2º geração, desenvolvido pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) para ambientes UNIX e Windows;
- **Scarta 5.1.8:** é um gerador de cartas que utiliza os dados processados dentro do Spring como dados de entrada. No entanto, como limitação, ele não permite a alteração de dados.

5.2 Modelagem dos dados

5.2.1 Definição da área geográfica

A área geográfica do trabalho está na projeção UTM - Universal Transversa de Mercator - e no Datum Córrego Alegre. As coordenadas da região de estudo estão entre as coordenadas X1: 465.731,0 e Y1: 7.568.723,0 e o X2: 470.731,0 e Y2: 7.573.723,0.

A definição desta área de estudo se deve ao fato de querer tentar encontrar uma região fora do perímetro urbano do município de Presidente Prudente, em que possa ser construído um aterro sanitário. Como Samizava (2006), não foi utilizada a unidade de estudo bacia hidrográfica devido ao fato de que os fenômenos analisados para a implantação do empreendimento, podem ir além dos limites físicos da área de estudo, como por exemplo, os divisores d'água.

5.2.2 Escala numérica, grau de incerteza e resolução espacial

Como a escala numérica do mapa base foi de 1:10.000, manteve-se essa escala no projeto. Além disso, devido ao fato de que, de acordo com Samizava (2006), sempre que são retiradas as feições de um mapa, é inquestionável a geração de erros. O erro pode ser visual, motora e devido a variação de espessura da linha, ocasionando então um deslocamento gráfico das feições retiradas. Admite-se então de que o erro na escala do mapa, ou seja, o grau de incerteza, é de 1 mm. Deste modo, a resolução espacial do terreno, que nada mais é do que a multiplicação da escala numérica e do grau de incerteza, é de 10 metros.

5.3 Elaboração dos mapas temáticos para normalização

5.3.1 Elaboração dos mapas temáticos

Os mapas foram elaborados por meio de operações em três softwares distintos. Inicialmente, para aquelas variáveis que já se encontravam no formato digital *DWG, ou seja, as curvas de nível, a hidrografia, as vias e a malha urbana, foram corrigidas algumas descontinuidades utilizando o AutoCAD. Em segundo lugar, para aquelas variáveis que se encontravam na forma de figura, como foi o caso do mapa de geomorfologia, as feições de interesse foram vetorizadas através do software ArcGIS, georreferenciadas no AutoCad e o arquivo foi salvo em formato *DXF para futura importação no Spring. Por fim, no Spring, foi gerado os mapas de distâncias com posterior fatiamento para a elaboração dos mapas temáticos.

De forma resumida, as operações realizadas para elaboração dos mapas podem ser observadas na Figura 21.

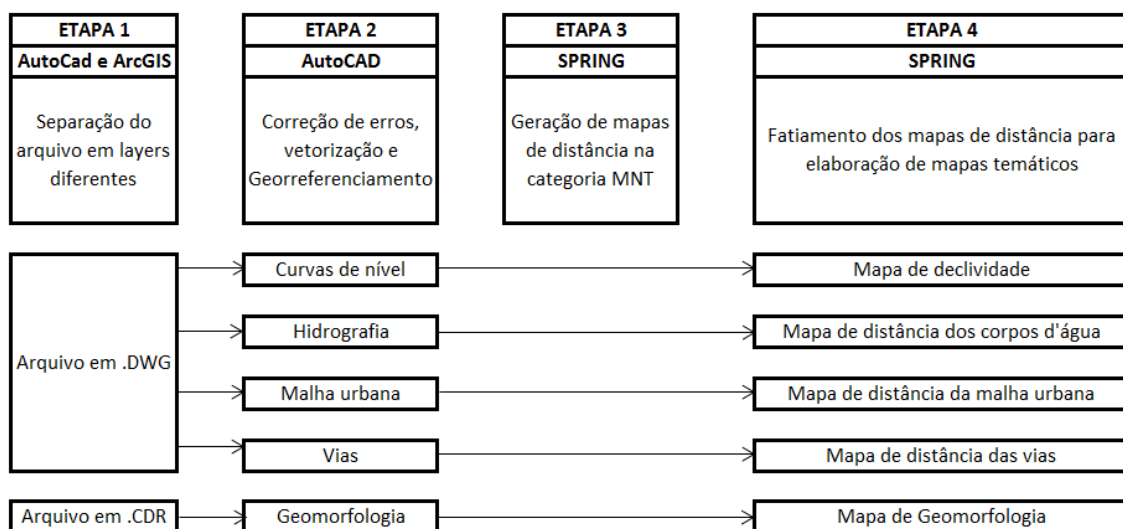


Figura 21 - Síntese dos processos para geração dos mapas temáticos.

5.3.1.1 Elaboração do mapa de declividade

Antes de ser elaborado o mapa de declividade, foi necessário gerar uma grade triangular (TIN) a partir das curvas de nível. O TIN foi obtido a partir do comando “geração de grade triangular” na barra de ferramentas “MNT”, usando a hidrografia como linha de quebra e o interpolador “Delaunay”. No entanto,

como o mapa de declividade (em porcentagem) é gerado na forma numérica (MNT), o mapa é representado em tons de cinza.

Câmara (2001) considera os mapas como dados e não como desenhos. Para ele, tratar mapas como dados significa dar forma numérica ao espaço ao associar, a cada localização, um valor que representa a grandeza em estudo; requer ainda, na maior parte dos casos, o uso do formato matricial ("raster"), mais adequado a uma representação contínua do espaço.

Neste contexto, foi realizado o fatiamento desse plano de informação apenas para uma melhor visualização da situação local. Para o fatiamento, utilizou-se os seguintes intervalos na classificação: 0 - 2%, 2 - 5%, 5 - 10%, 10 - 20% e maiores que 20%, conforme Figura 22.

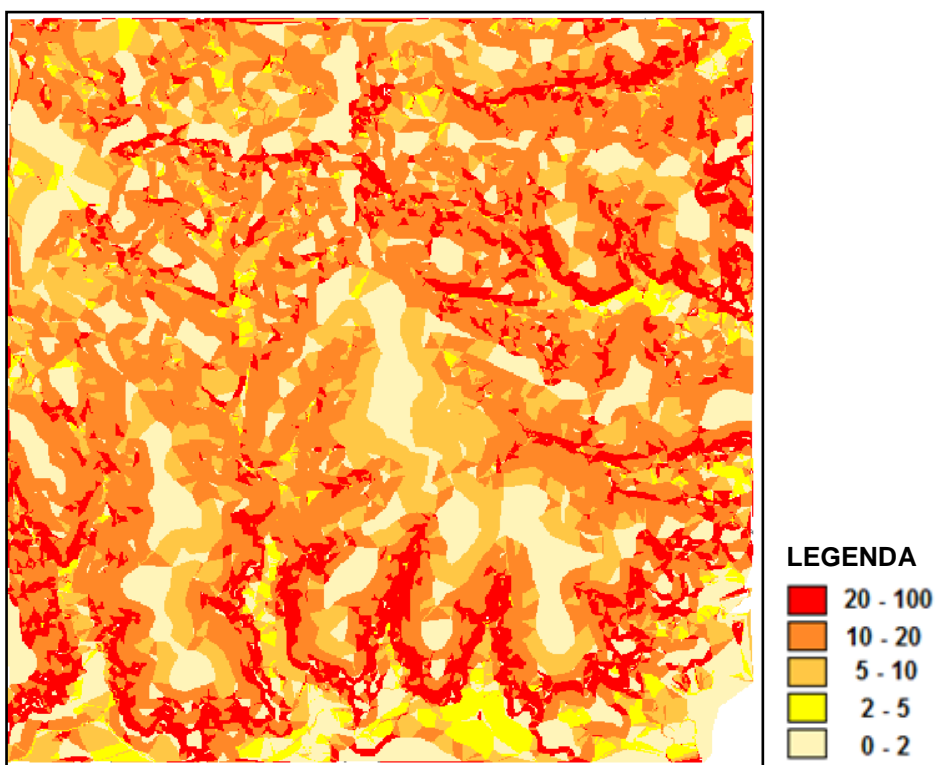


Figura 22 - Representação gráfica da declividade no entorno do Distrito de Floresta do Sul em Presidente Prudente/SP.

5.3.1.2 Elaboração dos mapas de distâncias

Gerar um mapa de distâncias significa, de acordo com Samizava (2006), produzir um plano de informação numérico onde cada célula apresenta um valor de distância a partir da feição em questão.

5.3.1.2.1 Elaboração do mapa de distância de corpos d'água

Considerando a legislação ambiental que impõe uma distância de 30 metros de qualquer curso d'água para qualquer intervenção antrópica e considerando a recomendação da CETESB (1997, citado por SAMIZAVA, 2006) de que a distância mínima deve ser de 200 metros para a implantação de aterro sanitário, foi gerado logo após a geração do mapa de distância de corpo d'água na categoria MNT, um mapa temático com buffers de 30 e 200 metros.

Apesar de não haver necessidade da geração desse mapa, Figura 23, visto que ele não entra na álgebra dos mapas para ponderação pelo método AHP, ele foi gerado para uma melhor visualização da região. Assim, as áreas em vermelho representam as distâncias com até 30 metros, as áreas em amarelo representam as distâncias com de 30 a 200 metros e as áreas em verde representam as distâncias superiores a 200 metros.

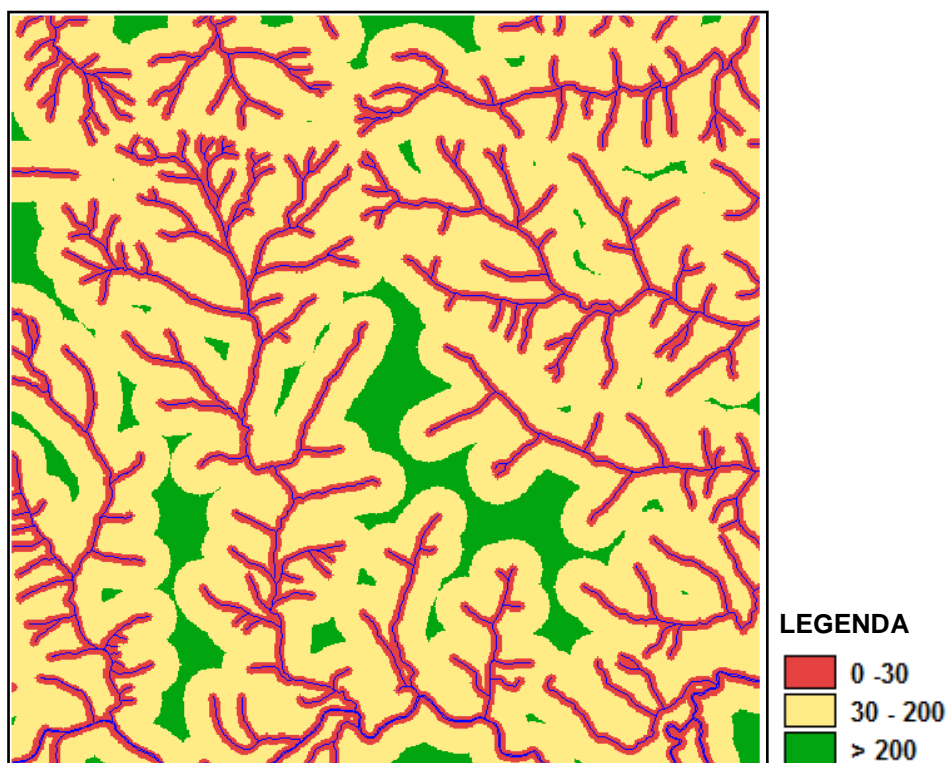


Figura 23 - Representação gráfica das distâncias dos corpos d'água no entorno do Distrito de Floresta do Sul em Presidente Prudente/SP.

5.3.1.2.2 Elaboração do mapa de distância de malha urbana

Não há uma legislação ambiental específica que impõe uma distância mínima ou máxima do aterro sanitário à malha urbana.

No entanto, diversos autores recomendam que sejam estipuladas distâncias de modo a não provocar incômodos aos moradores, tais como odores, fumaça, poeira, barulho e presença de vetores. Monteiro (2001) e Jardim (1995) consideram que as distâncias mínimas devem ser, respectivamente, 1000 e 2000 metros.

Para tanto, da mesma forma que a elaboração do mapa de distância de corpos d'água, logo após a geração do mapa de distância da malha urbana em MNT, foi gerado um mapa temático com buffers de 1000 e 2000 metros. A Figura 24 representa graficamente a região com as distâncias a partir da malha urbana, onde a área em vermelho representa as distâncias com até 1000 metros, a área em amarelo representa as distâncias de 1000 a 2000 metros e a área em verde representa as distâncias superiores a 2000 metros.

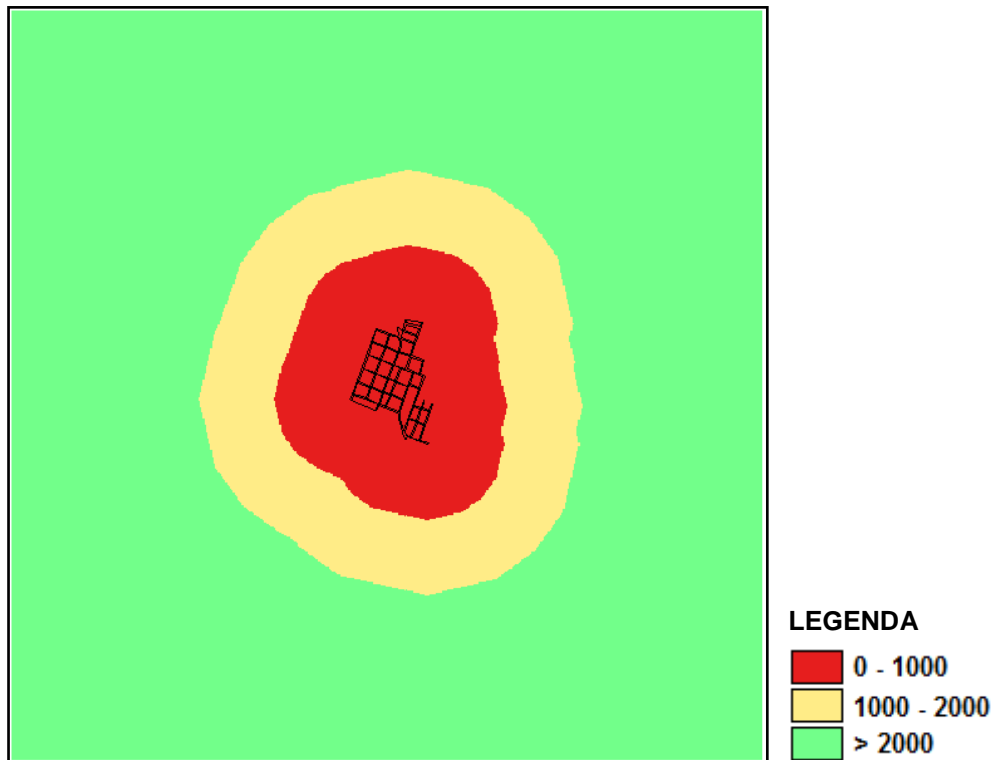


Figura 24 - Representação gráfica das distâncias da malha urbana no entorno do Distrito de Floresta do Sul em Presidente Prudente/SP.

5.3.1.2.3 Elaboração do mapa de distância de vias

Assim como a distância da malha urbana, não há uma legislação ambiental específica para as distâncias das vias de acesso. Entretanto, foi atribuído os mesmos intervalos de Samizava (2006), realizando buffer's de 200, 500 e 1000 metros.

A Figura 25 representa a superfície da região com as distâncias a partir da rede viária, onde as áreas em azul claro representam as distâncias com até 200 metros, as áreas em turquesa representam as distâncias de 200 a 500 metros, as áreas em azul escuro representam as distâncias de 500 a 1000 metros, e as áreas em preto representam as distâncias superiores a 1000 metros.

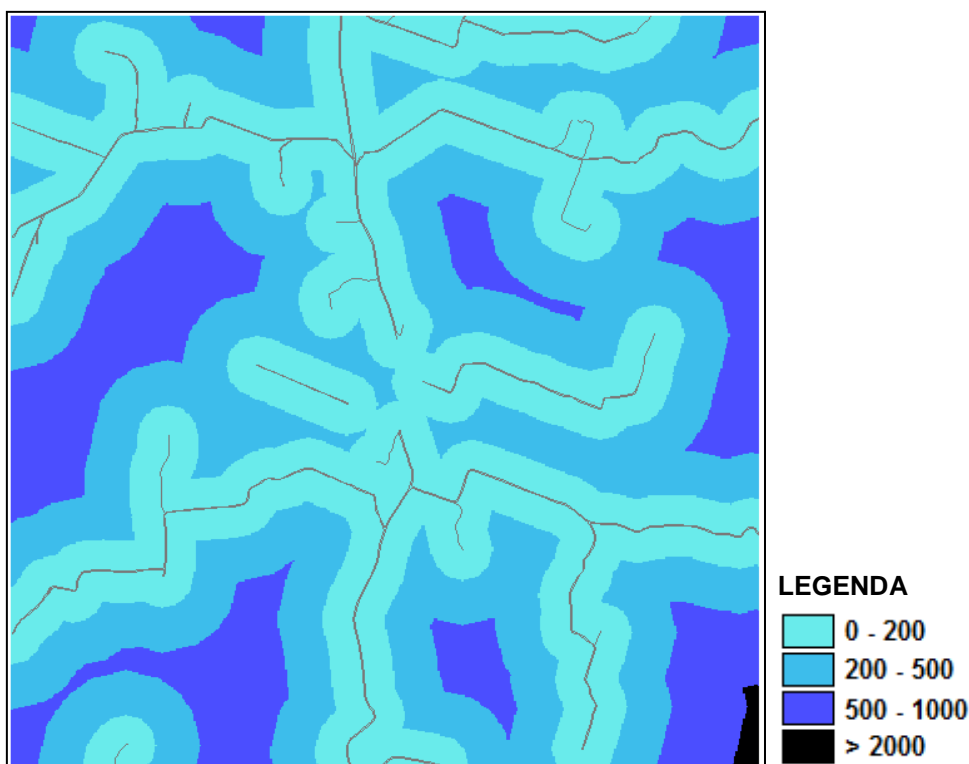


Figura 25 - Representação gráfica das distâncias da rede viária no entorno do Distrito de Floresta do Sul em Presidente Prudente/SP.

5.3.1.3 Elaboração do mapa de geomorfologia

Para elaboração do mapa de geomorfologia, as feições da região foram vetorizadas no ArcGis de acordo com o mapa de geomorfologia de Nunes e

Fushimi (2010), e o arquivo foi salvo em *DWG. Em seguida, no AutoCAD, as feições foram georreferenciadas para posterior importação pelo Spring. Dentro do Spring, as feições sofreram o processo de edição vetorial onde os nós foram todos ajustados e em seguida poligonalizados. Por fim, para todos os polígonos foram atribuídos as classes de topo, vertente e fundo de vale de acordo com o mapa original.

A Figura 26 representa a superfície da geomorfologia da área de estudo. As áreas em amarelo representam os fundos de vale, as áreas em laranja representam as vertentes e as áreas em marrom escuro representam os topos.

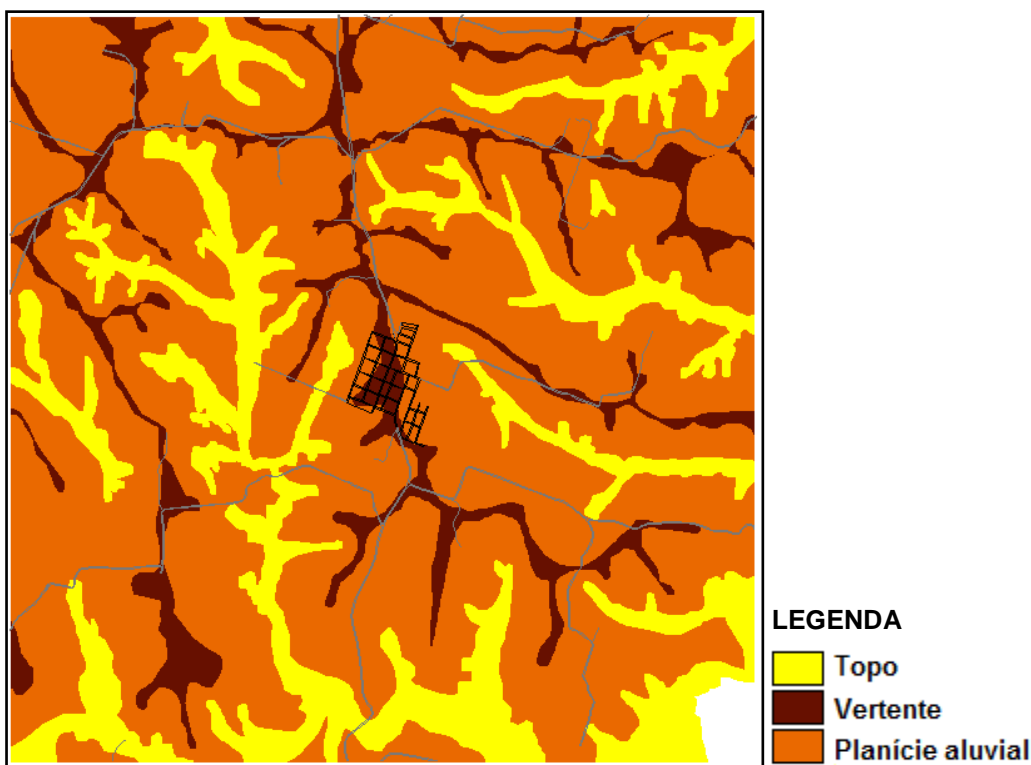


Figura 26 - Representação gráfica da geomorfologia no entorno do Distrito de Floresta do Sul em Presidente Prudente/SP.

5.3.2 Normalização das variáveis

Como dito anteriormente, a análise espacial consiste no uso de um conjunto de técnicas que combina diferentes tipos de informação. Já a análise multicriterial investiga um determinado número de alternativas, considerando diversos critérios em questão.

Para o presente trabalho foi escolhida a lógica fuzzy, a lógica booleana e o método AHP no processo de tomada de decisão.

O método AHP, como dito anteriormente, se baseia na comparação par a par dos planos de informação, onde as diferentes variáveis que influenciam na tomada de decisão são organizadas, de forma hierárquica, e comparados entre si. Para cada comparação é atribuído um peso de forma a representar a relevância com que determinada informação tem em relação a outra. No entanto, além da necessidade dos dados de entrada estarem na categoria MNT, eles precisam estar normalizados. Essa normalização se faz necessária, pois o método AHP só compara as variáveis quando elas estão em um mesmo intervalo (normalmente de zero a um). Por exemplo, não é possível comparar as distâncias dos corpos d'água, que variam de 0 a 390 metros, com as distâncias das vias, que variam de 0 a 1175 metros, como é o caso.

Assim, realizou-se a normalização (ou padronização) das superfícies produzidas a partir da lógica fuzzy dentro do programa de Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico (LEGAL) a partir de função sigmoïdal.

No anexo A é apresentado a programação realizada para normalização das seguintes variáveis: declividade, distância de corpo d'água, distância de malha urbana, distância de vias e geomorfologia.

Após a normalização, os planos de informação foram ponderados através da técnica AHP. E após a ponderação, a geração do mapa síntese, foi feito em outro programa no LEGAL, que combinou linearmente as superfícies dos planos utilizando os pesos gerados.

5.3.2.1 Inferência booleana

O emprego da inferência booleana está na idéia de que ela realiza operações lógicas bastante práticas, tais como, "satisfaz" ou "não satisfaz". Ela é empregada para inúmeras funções, mas é indicada para aplicação de limites estabelecidos em leis e/ou normas. Neste contexto, ela foi utilizada com o objetivo de restringir áreas para instalação de aterro sanitário.

As restrições utilizadas no trabalho são apresentadas, juntamente com as respectivas justificativas, na Tabela 1.

Tabela 1 - Critérios utilizados para aplicação da inferência booleana.

Critério	Descrição
Áreas de APP	Considerou-se um buffer de 30 metros ao longo dos corpos d'água. A justificativa é a partir da Resolução CONAMA Nº 303, de 20 de março de 2002, que constitui como áreas de preservação permanente (APP) as faixas com uma largura mínima de 30 metros do curso d'água com menos de dez metros de largura.
Declividade	As regiões cuja declividade se encontram acima de 20% foram consideradas como inaptas, uma vez que nessa faixa do terreno sua inclinação torna-se extremamente acentuada.
Área Urbana	Foi estipulada uma distância de 500 metros, visto que valores menores que este apresentam áreas muito próximas da área urbana.

5.3.2.2 Inferência fuzzy

A lógica fuzzy, antes mais nada, é uma extensão da lógica booleana. No entanto, ao contrário dela, que gera respostas apenas como “verdadeiras” ou “falsas”, o uso da inferência fuzzy permite gerar respostas como “parcialmente verdadeira”, a partir de incertezas da linguagem natural.

Ela surgiu a partir dos problemas do mundo real que não podem receber respostas apenas como “certas” ou “erradas”. De modo grosseiro, podemos dizer que ela é uma extensão melhorada da lógica booleana, pois, responde melhor a questões que não se enquadram em "absolutamente verdadeiro" ou "absolutamente falso".

Neste contexto, a lógica fuzzy foi utilizada com o objetivo de representar uma zona de transição em *dégradé* por meio de funções sigmoidal crescentes e decrescentes.

De forma resumida, na Tabela 2, encontram-se os pontos de controle, ou seja, “de onde a onde” serão atribuídas as funções (sigmoidal) em cada variável.

Tabela 2 - Resumo da aplicação das funções de pertinência fuzzy e seus parâmetros.

Critério	Função	Pontos de controle			
		a	b	c	d
Declividade	Sigmoidal decrescente	10	20		
Distância dos cursos d'água	Sigmoidal crescente	30	200		
Distância da rede viária	Sigmoidal simétrica	0	200	500	1000
Distância da área urbanizada	Sigmoidal crescente	1000	2000		

A seguir, cada variável é abordada explicando detalhadamente como foi feito a sua respectiva padronização.

5.3.2.2.1 Declividade

A CETESB (1997, citado por Samizava, 2006), em seu manual, recomenda que os aterros sanitários sejam construídos em locais com declividade de até 10%. Para tanto, utilizou-se a função sigmóide decrescente (Figura 27) para padronizar os valores da declividade, que se encontram em porcentagem, para valores entre 0 e 1.

Para a função, foi atribuído 10% como o ponto de controle inicial e 20%, como ponto de controle final, sendo este último valor utilizado por Samizava (2006).



Figura 27 - Função sigmoidal decrescente para padronização da declividade.

Isto significa que para regiões com declividade até 10% foi atribuído o valor 1, para regiões com declividade de 10% a 20% foi atribuído a função sigmoidal crescente e para valores que ultrapassaram 20% foi atribuído o valor 0. A representação da declividade normalizada pode ser observada a partir da Figura 28.

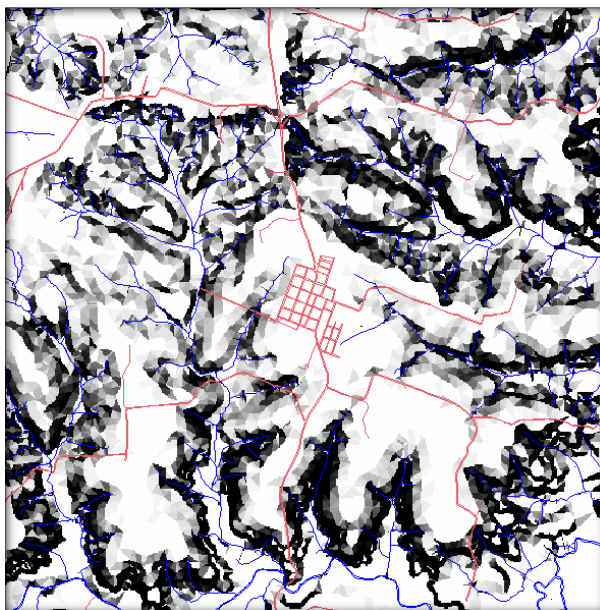


Figura 28 - Representação da declividade normalizada no entorno do Distrito de Floresta do Sul em Presidente Prudente/SP.

5.3.2.2 Distância dos corpos d'água

A Resolução CONAMA Nº 303, de 20 de março de 2002, que dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente, exige que para os cursos d'água com menos de dez metros de largura, é necessário ter uma Área de Preservação Permanente (APP) de 30 metros. Já o manual da CETESB (1997) recomenda a distância mínima de 200 metros para instalação de aterro. Baseando-se nisso, para a padronização utilizou-se a função sigmóide crescente (Figura 29) e atribui-se para o ponto de controle inicial o valor de 30 m e para o ponto de controle final o valor de 200m.

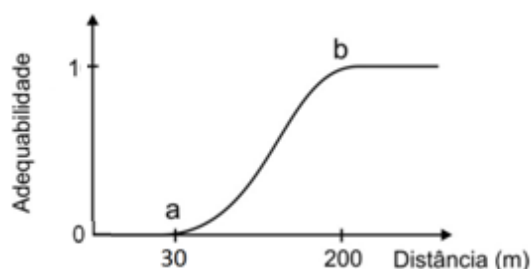


Figura 29 - Função sigmoidal crescente para padronização das distâncias dos corpos d'água.

Isto significa que para regiões de até 30 metros foi atribuído o valor zero, para regiões entre 30 e 200 metros foi atribuída a função sigmoidal crescente e para valores que ultrapassaram os 200 metros foi atribuído o valor 1.

A representação das distâncias dos corpos d'água normalizadas pode ser observada a partir da Figura 30.

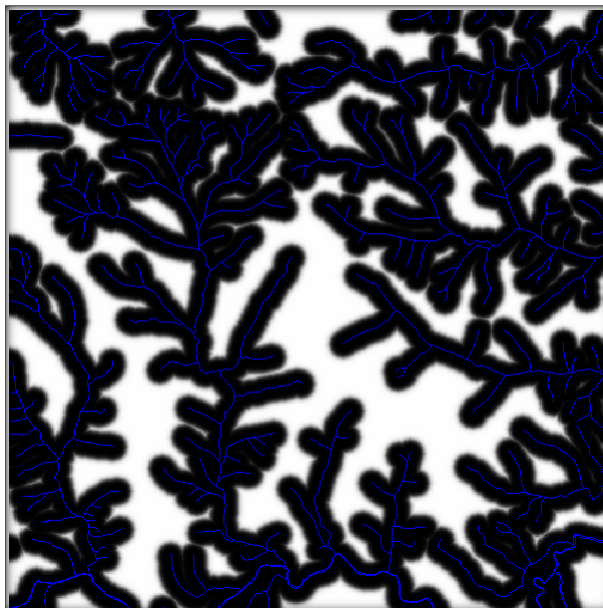


Figura 30 - Representação das distâncias dos cursos d'água normalizadas no entorno do Distrito de Floresta do Sul em Presidente Prudente/SP.

5.3.2.2.3 Distância das áreas urbanizadas

Para a padronização dos valores das distâncias da área urbanizada utilizou-se também a função sigmoidal crescente (Figura 31). No entanto, não há uma legislação específica que limite as distâncias da malha urbana até o aterro sanitário. Lima (1999), assim como diversos autores, recomenda apenas que a área a ser escolhida deve estar situada distante das residências para não provocar incômodos aos moradores. Assim, foi atribuído a distância de 1000 metros como ponto de controle inicial e a distância de 2000 metros, como ponto de controle final, por representarem distâncias recomendadas de acordo com Monteiro (2001) e Jardim (1995), respectivamente.

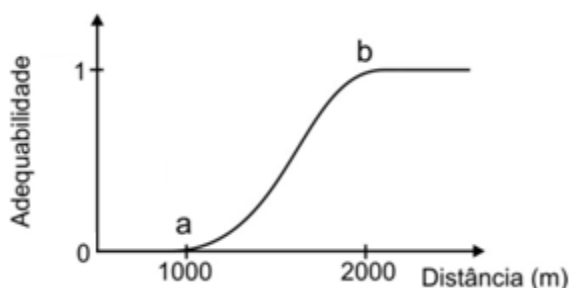


Figura 31 - Função sigmoidal crescente para padronização das distâncias de áreas urbanizadas.

Para regiões até 1000 metros foi atribuído o valor zero, para regiões entre 1000 e 2000 metros foi atribuída a função sigmoidal crescente e para valores que ultrapassaram 2000 metros foi atribuído o valor um.

O mapa de distância da malha urbana pode ser observado a partir da Figura 32.

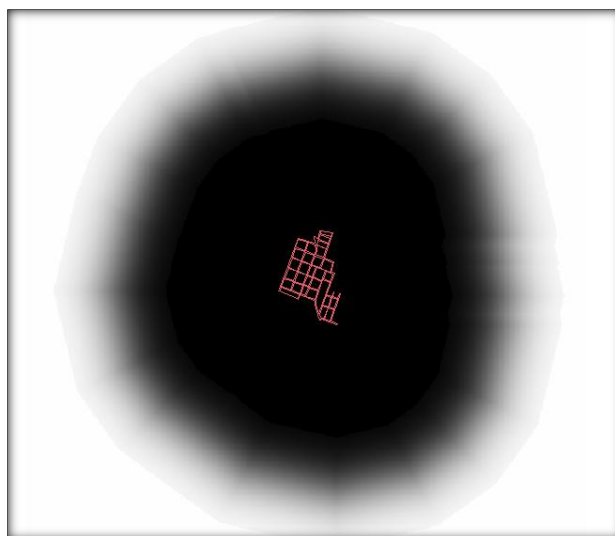


Figura 32 - Representação das distâncias da malha urbana normalizada no entorno do Distrito de Floresta do Sul em Presidente Prudente/SP.

5.3.2.2.4 Distância da rede viária

Assim como a distância da malha urbana, a distância da rede viária não apresenta valores a serem considerados para a instalação de aterro sanitário. Para a padronização dos valores das distâncias das vias utilizou-se também função sigmoidal crescente, linear e decrescente, conforme Figura 33.

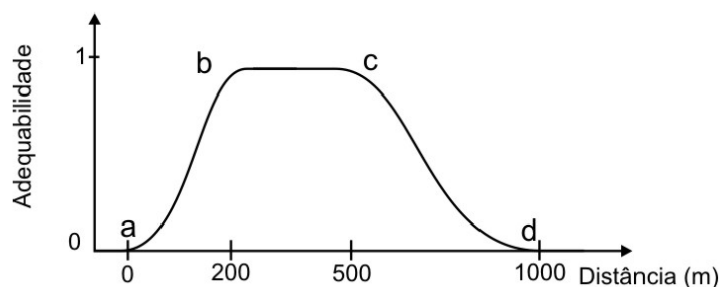


Figura 33 - Função sigmoidal crescente, linear e decrescente para padronização das distâncias de áreas urbanizadas.

Isto significa que para regiões de 0 a 200 metros foi atribuída a função sigmoidal crescente, para regiões entre 200 e 500 metros foi atribuído o valor um, para regiões entre 500 e 1000 metros foi atribuída a função sigmoidal decrescente, e para valores que ultrapassaram 1000 metros foi atribuído o valor zero. O mapa de distância da malha urbana pode ser observado a partir da Figura 34.

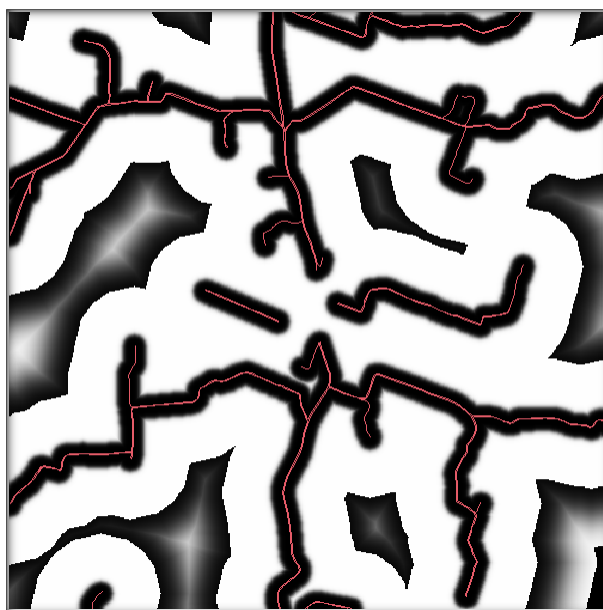


Figura 34 - Representação das distâncias das vias normalizadas no entorno do Distrito de Floresta do Sul em Presidente Prudente/SP.

5.3.3 Atribuição dos pesos das variáveis pelo método AHP

Após a normalização das variáveis, explicadas no item anterior, os planos de informação foram introduzidos na matriz AHP, utilizando-se os pesos apresentados na Tabela 3 para a realização da comparação pareada.

Tabela 3 - Matriz de comparação pareada das variáveis.

	Geomorfologia	Declividade	Distância de curso d'água	Distância rede viária	Distância área urbana
Geomorfologia	1				
Declividade	2	1			
Distância de curso d'água	2	2	1		
Distância rede viária	1 / 4	1 / 4	1 / 4	1	
Distância área urbana	1 / 2	1 / 2	1 / 2	2	1

A declividade recebe o peso de “um pouco melhor” quando comparada com a distância da malha urbana e à geomorfologia e “moderadamente melhor” quando comparada com as distâncias das vias. Em compensação, considerou-se que a distância dos corpos d'água tem um peso “um pouco melhor” que a declividade.

A distância dos corpos d'água recebe um peso “um pouco melhor” que a geomorfologia e a distância da malha urbana, e um peso “moderadamente melhor” quando comparado com a distância de via.

A geomorfologia recebe um peso “moderadamente melhor” quando comparado com a distância de vias e “um pouco melhor” quando comparada com a malha urbana. E a distância de vias recebe o peso de “um pouco melhor” quando comparada com a distância da malha urbana.

5.3.3.1 Razão de consistência e ponderação das classes na AHP

Câmara (2001) comenta que a AHP calcula automaticamente um valor de razão de consistência entre [0,1], sendo que o valor zero significa uma completa consistência do processo de julgamento.

No entanto, de acordo Carvalho e Riedel (2005), assim como Alphonse (1997, citado por Barros et al., 2007), é aconselhável que a razão de consistência obtida seja sempre menor que 0,1 para garantir a consistência adotada para os pesos.

Assim, após a atribuição dos pesos, citados no item anterior, o método AHP gerou a razão de consistência como sendo 0,085, garantindo a consistência dos pesos atribuídos e não havendo a necessidade de alterar o ordenamento na matriz.

A ponderação atribuída a cada classe na matriz AHP pode ser observada na Tabela 4.

Tabela 4 - Ponderação das classes na matriz AHP.

Variável	Peso
Declividade	0,138
Distancia malha urbana	0,087
Distância corpo d'água	0,383
Distância vias	0,284
Geomorfologia	0,107

5.3.3.2 – Mapa síntese de aptidão

E após a ponderação, a geração do mapa síntese, foi feito no programa no LEGAL, onde pode ser observado na Figura 35.

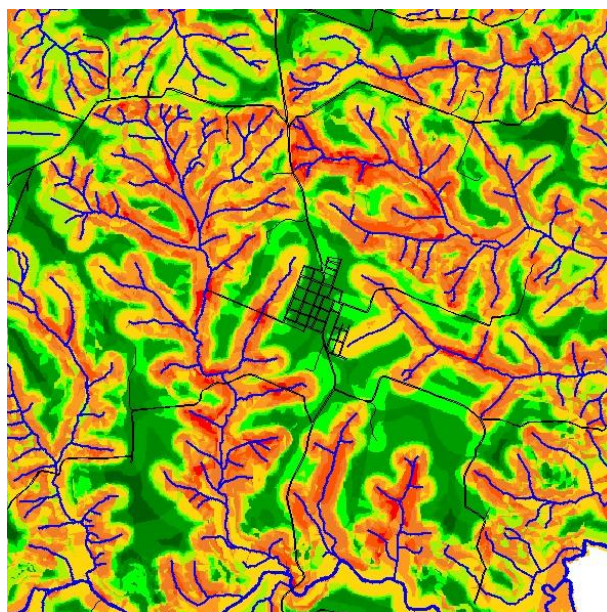


Figura 35 - Representação do potencial para instalação de aterro sanitário no entorno do Distrito de Floresta do Sul no município de Presidente Prudente - SP.

6. RESULTADOS E ANÁLISES

6.1 Caracterização da região de interesse

6.1.1 Características sócio-econômicas

O Distrito de Floresta do Sul pertence ao município de Presidente Prudente situado a aproximadamente 24 km do marco zero da cidade (Praça Monsenhor Sarrion).

Segundo dados provenientes do levantamento censitário realizado pelo IBGE (2010), o distrito possui 1.392 habitantes, dos quais 986 habitam na zona urbana (70,83%), e 406 na zona rural (29,17%).

A coleta de resíduos sólidos domésticos, tanto para a zona urbana quanto para a zona rural é realizada pelo serviço de limpeza da PRUDENCO. Na área urbana ela ocorre em 100% do total de domicílios e na zona rural ela ocorre em apenas 68,31% do total (IBGE, 2010).

6.1.2 Características do meio físico

6.1.2.1 Hidrografia

Presidente Prudente se localiza no espigão divisor de águas das bacias do Rio do Peixe e do Rio Santo Anastácio. É ainda delimitado, pelas cabeceiras de drenagem do Córrego da Cascata, ao norte, a leste e sudeste pelas cabeceiras do Córrego Gramado – desaguando no Córrego do Veado, que por sua vez, deságua no Córrego do Limoeiro – e ao sul, é delimitado pelo Córrego do Cedro. O Córrego do Cedro e o Córrego do Limoeiro são afluentes do Rio Santo Anastácio.

Na região de Floresta do Sul existem cursos d'água com canais fluviais meândricos e com padrão de drenagem dendrítico.

O mapa de hidrografia no entorno do distrito é apresentado na Figura 36.

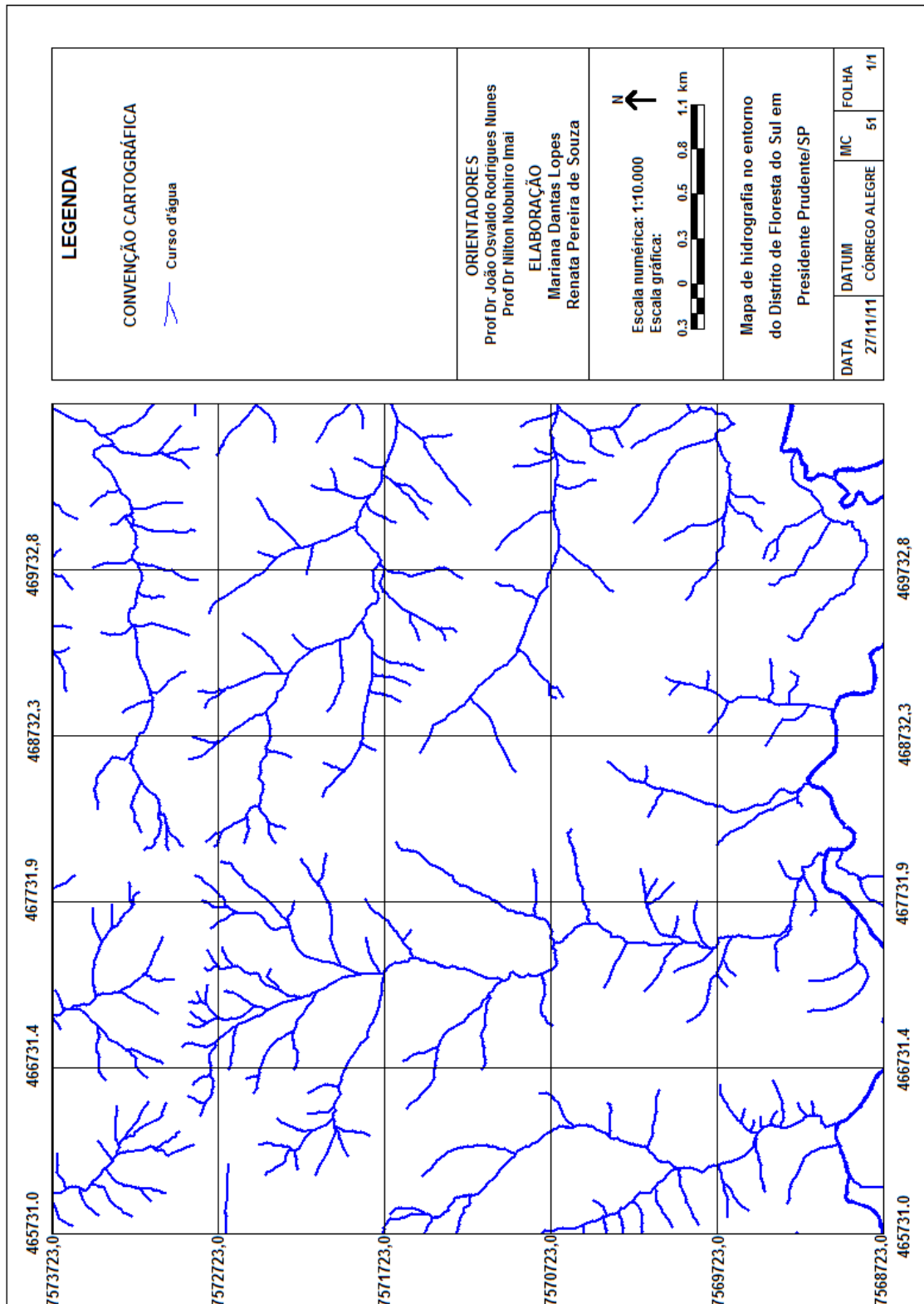


Figura 36 - Mapa de hidrografia no entorno do Distrito de Floresta do Sul em Presidente Prudente/SP.

6.1.2.2 Geomorfologia

Segundo Ross e Moroz (1996), o município de Presidente Prudente faz parte da morfoestrutura da Bacia Sedimentar do Paraná e da morfoescultura do Planalto Ocidental Paulista.

As formas de relevo dominantes são as Colinas Médias e os Morrotes Alongados e Espigões. Tal estrutura geológica justifica o fato de o município possuir tanto, trechos mais íngremes e topos menos suavizados quanto, colinas amplas com topos levemente ondulados. No município de Presidente Prudente, predominam geomorfológicamente, relevos de colinas côncavo-convexas de topos suavemente convexizados. (NUNES, 2002).

Na área de Floresta do Sul o relevo apresenta-se com colinas amplas com topos suavizados e os fundos de vale em formação de berço são predominantes.

O mapa geomorfológico no entorno do distrito é apresentado na Figura 37.

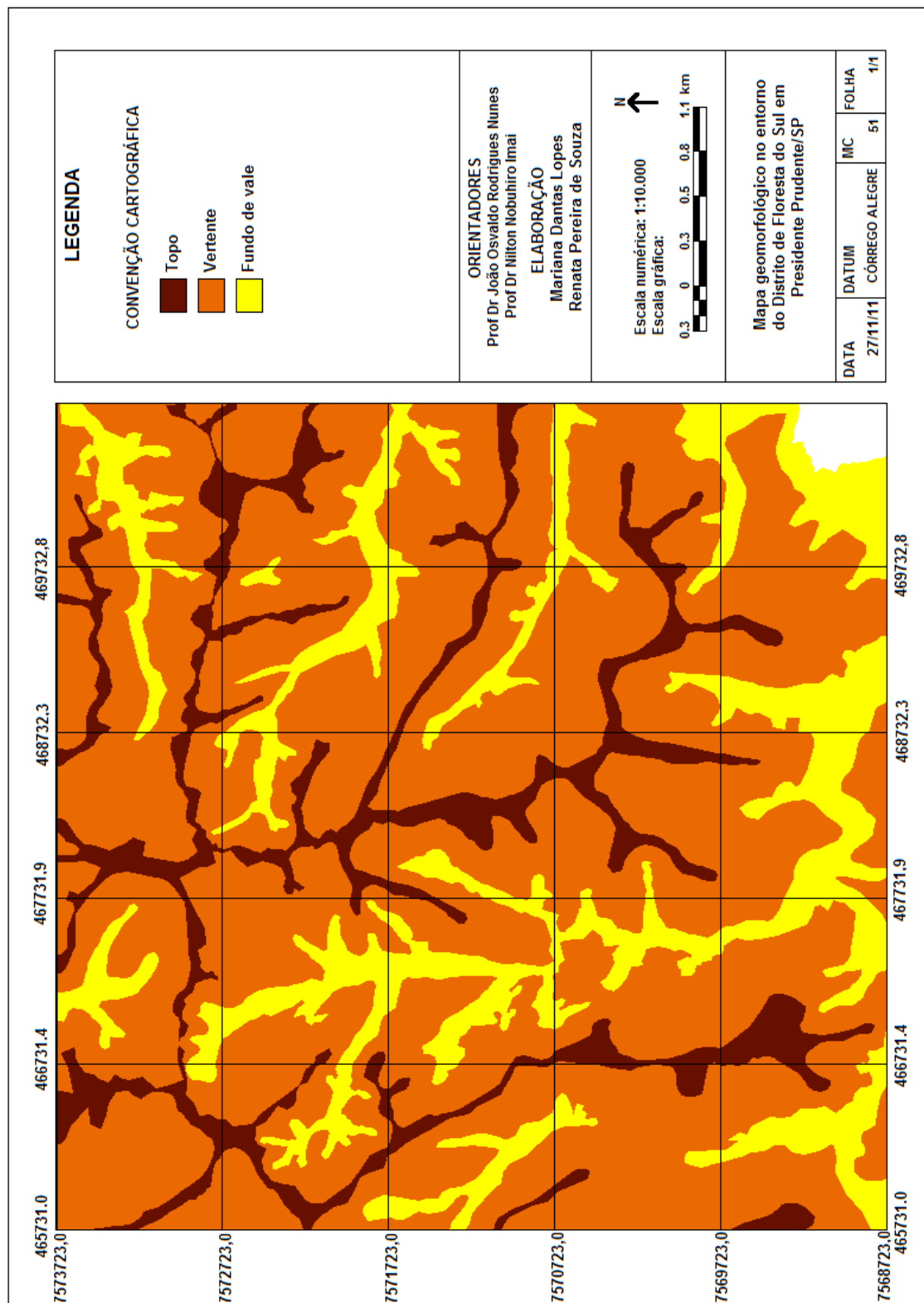


Figura 37 - Mapa geomorfológico no entorno do Distrito de Floresta do Sul em Presidente Prudente/SP.

6.1.2.3 Malha urbana e vias

Historicamente, em Presidente Prudente, o compartimento dos topos, por estes serem planos a suavemente ondulados, têm sido os principais locais a serem ocupados. A ocupação urbana anteriormente restrita ao topo suavizado do espigão expandiu-se para as áreas de nascentes e fundos de vales, (NUNES *et al*, 2006).

De acordo com este mesmo padrão, Floresta do Sul tem sua malha urbana começando em topos de morro com sua principal via de acesso localizada no divisor de água deste mesmo topo. As vias dentro do distrito são pavimentadas em sua maioria, sendo de terra àquelas ainda pertencentes às áreas de expansão urbana recente.

Os mapa de vias e malha urbana no entorno do distrito é apresentado, respectivamente, nas Figuras 38 e 39.

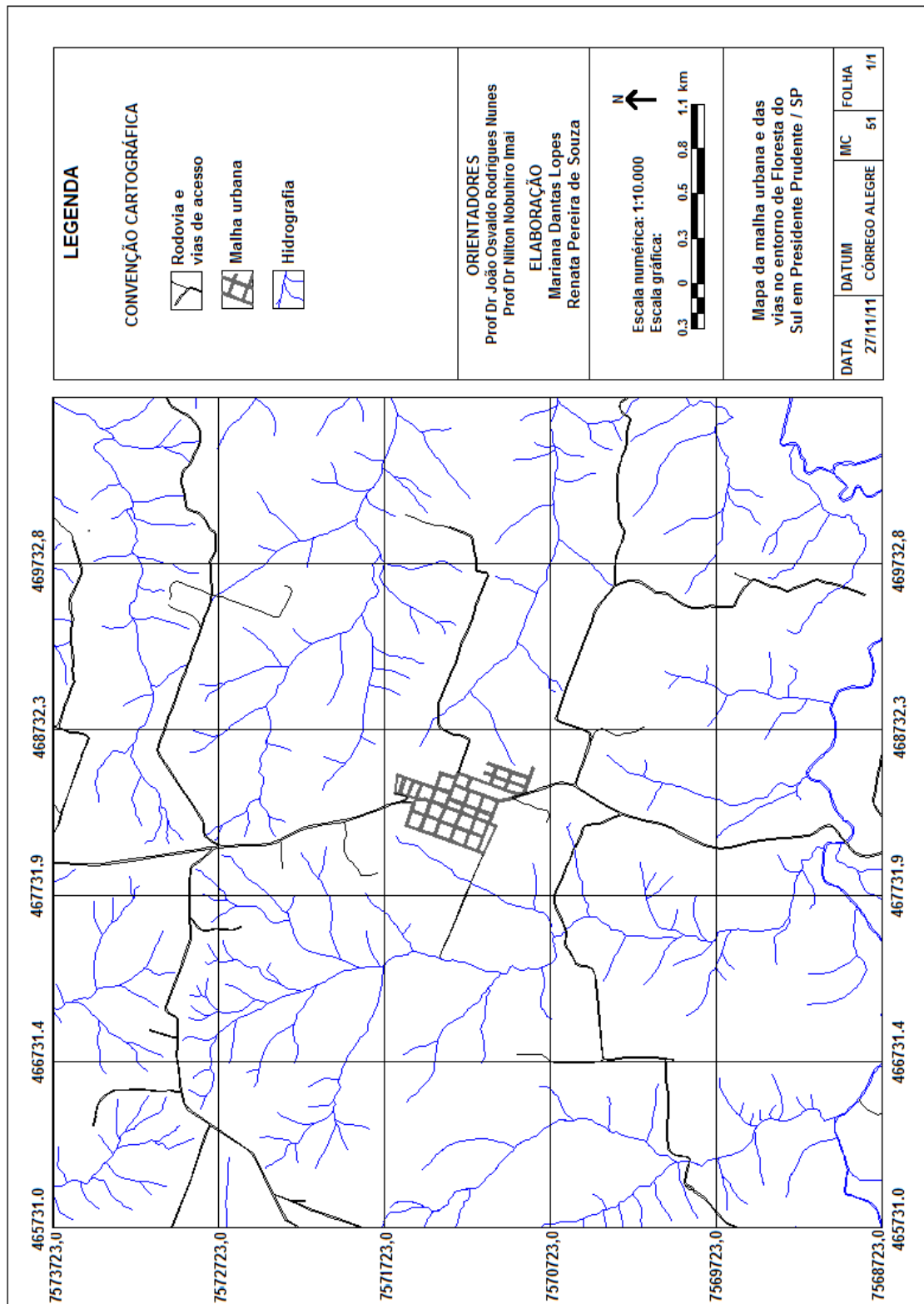


Figura 38 - Mapa da malha urbana e das vias no entorno do Distrito de Floresta do Sul em Presidente Prudente/SP.

6.1.2.4 Topografia

A topografia da área de estudo varia de 310 a 450 metros de altitude segundo dados altimétricos obtidos por meio de um arquivo em AutoCad, cedido pela Prefeitura Municipal.

O Mapa hipsométrico e de declividade no entorno do distrito é apresentado, respectivamente, nas Figuras 40 e 41.

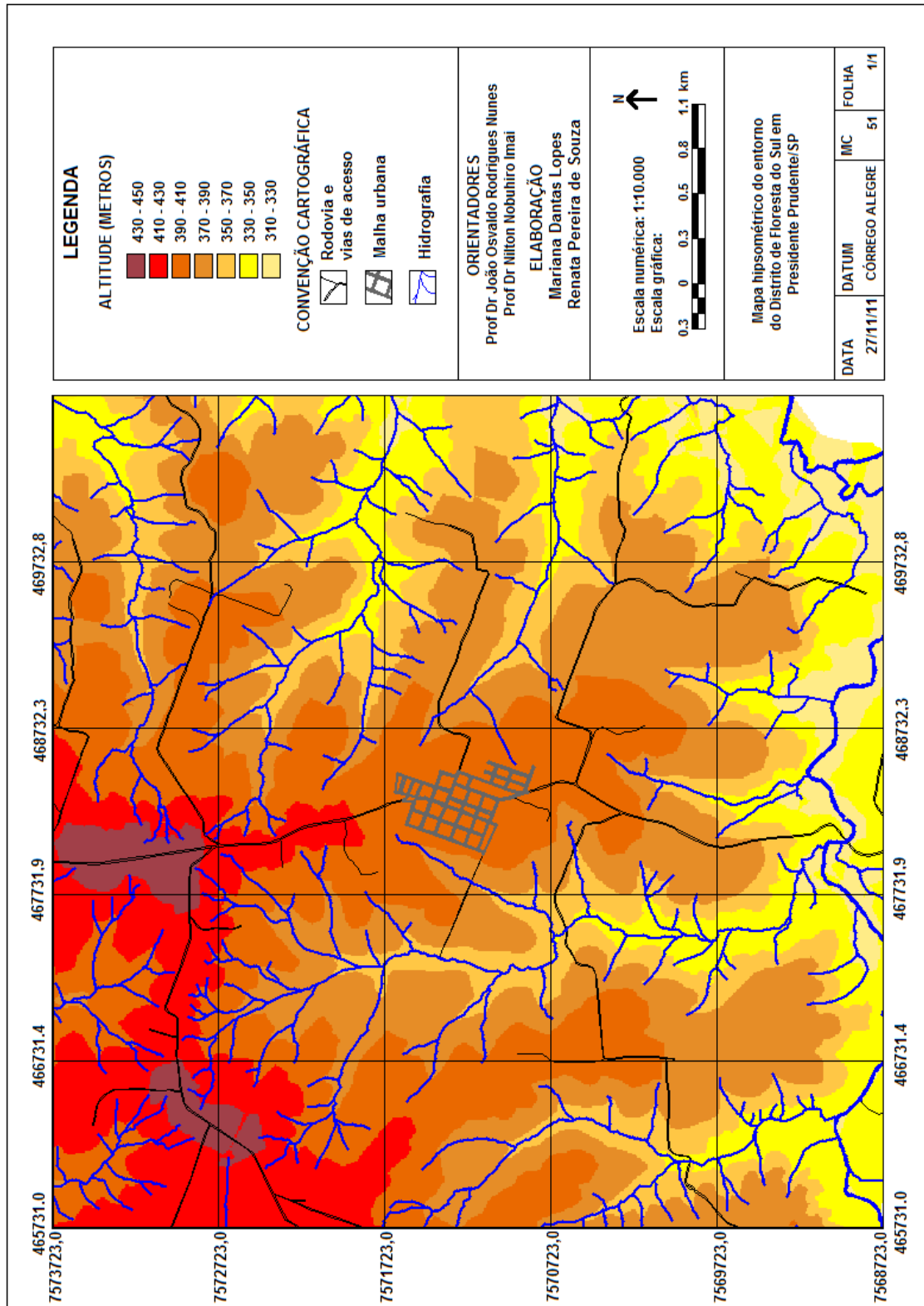


Figura 39 - Mapa hipsométrico no entorno do Distrito de Floresta do Sul em Presidente Prudente/SP.

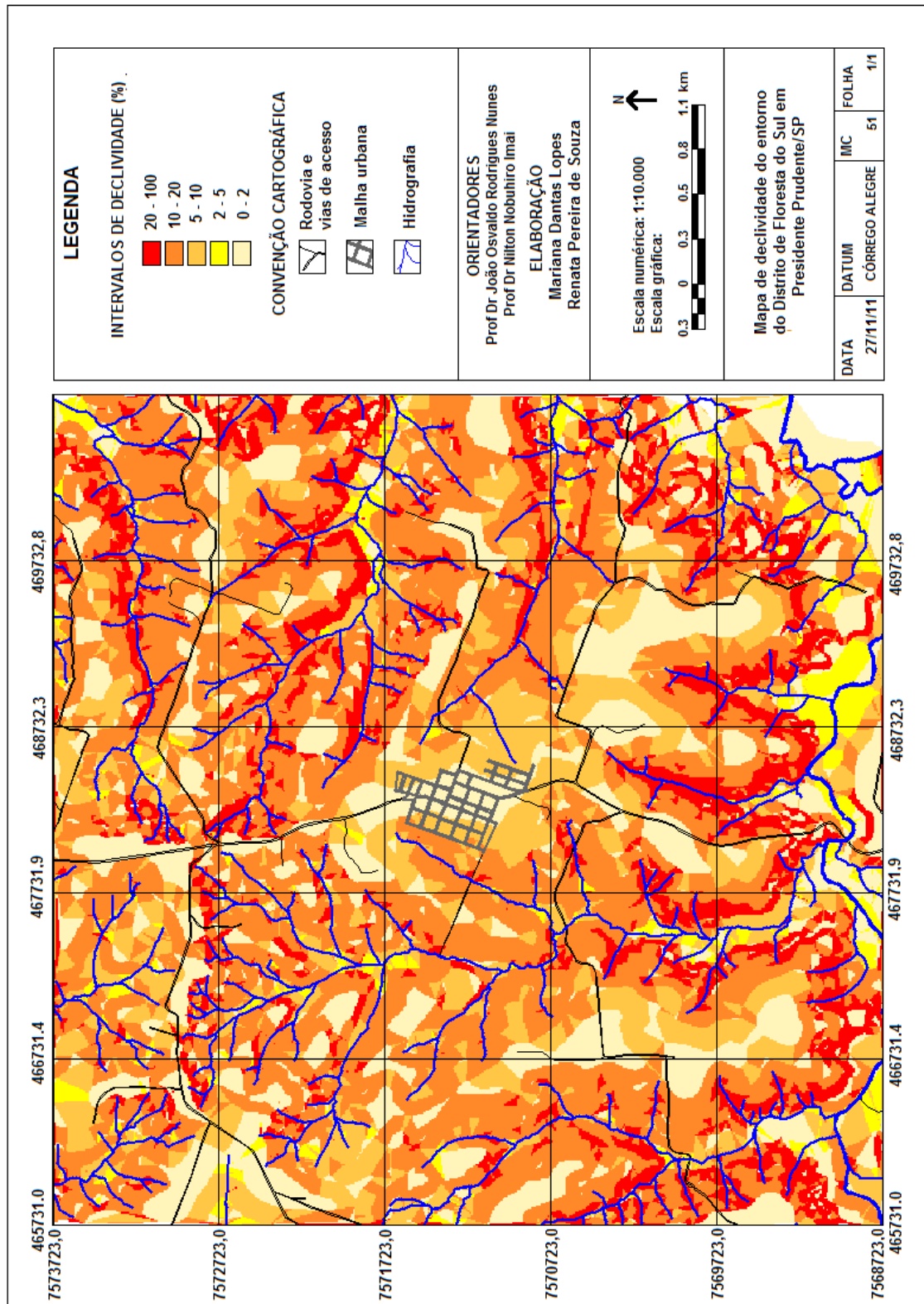


Figura 40 - Mapa de declividade no entorno do Distrito de Floresta do Sul em Presidente Prudente/SP.

6.2 Elaboração do mapa síntese

O mapa do potencial de adequação para instalação de aterro sanitário no Distrito de Floresta do Sul, Figura 42, utilizou a inferência booleana, para limitar áreas totalmente inadequadas, e a inferência fuzzy, para mostrar um grau contínuo de aptidão.

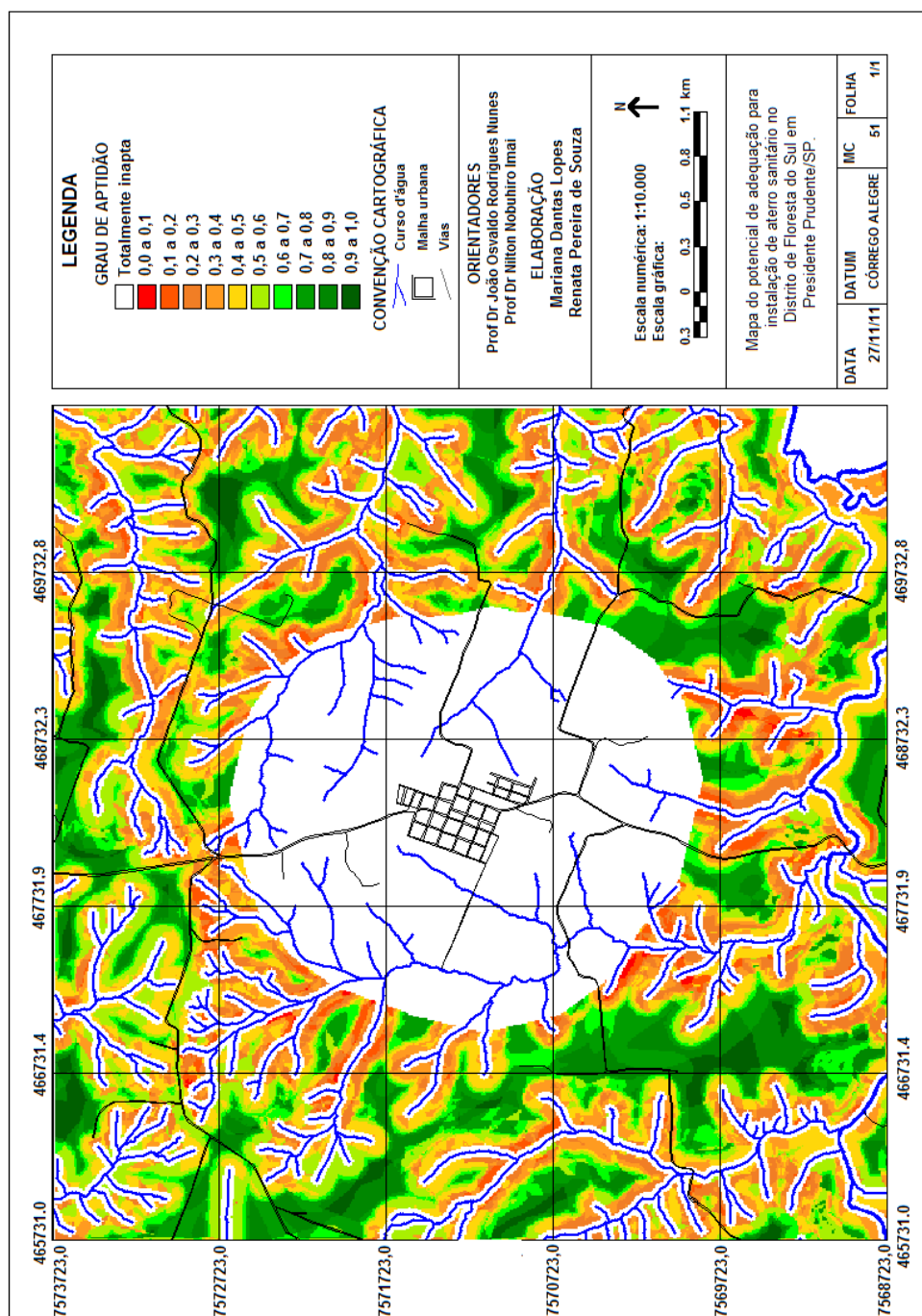


Figura 41 - Mapa do potencial de adequação para instalação de aterro sanitário no Distrito de Floresta do Sul em Presidente Prudente – SP.

Analisou-se três áreas em especial, sendo todas elas na porção sul do mapa. Realizou-se então vários trabalhos de campo a fim de averiguar se as áreas adequadas e inadequadas para instalação de um aterro sanitário condiziam com aquelas apresentadas pelo Mapa elaborado.

Em campo, pôde-se chegar a conclusão que os limites apresentados no mapa representaram fielmente as áreas em campo. A seguir, é discutido mais detalhadamente sobre cada área analisada, sendo que a primeira área se encontra próximo à porção central, a segunda área se encontra na sudoeste e a terceira área se encontra na porção sudeste.

6.2.1 Área 1

Dentro da primeira área estudada, tanto o ponto um quanto o ponto dois, representaram fielmente o que é apresentado no mapa de potencial para instalação de aterro sanitário. A Figura 43 apresenta a delimitação da primeira área estudada e a Figura 44 apresenta uma foto do trabalho de campo.

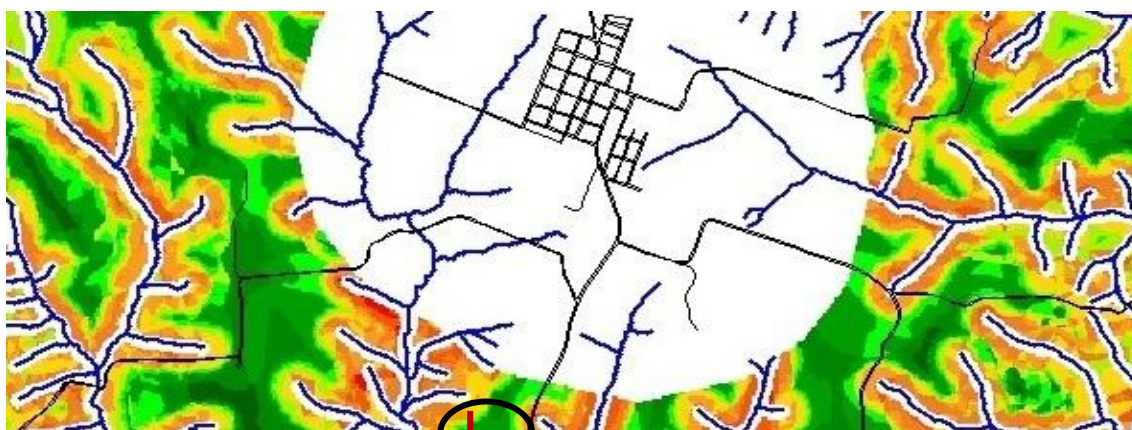


Figura 42 - Delimitação da primeira área estudada.



Figura 43 - Foto mostrando as áreas 1 e 2 na porção sul central.

Considerou-se o ponto um como adequado, uma vez apresenta valor de adequação entre 0.70 e 0.80, encontra-se em topo de colina, longe do corpo d'água e fora de área de APP. O ponto dois foi considerado inadequado por apresentar valor de adequação entre 0.40 e 0.50, se encontrar em setor próximo a um corpo d'água, em área de APP e em fundo de vale.

6.2.2 Área 2

Dentro da segunda área estudada, podemos dizer que tanto para o ponto três quanto para o ponto quatro indicados no mapa, condizeram com a realidade encontrada em campo. A Figura 45 apresenta a delimitação da segunda área estudada.

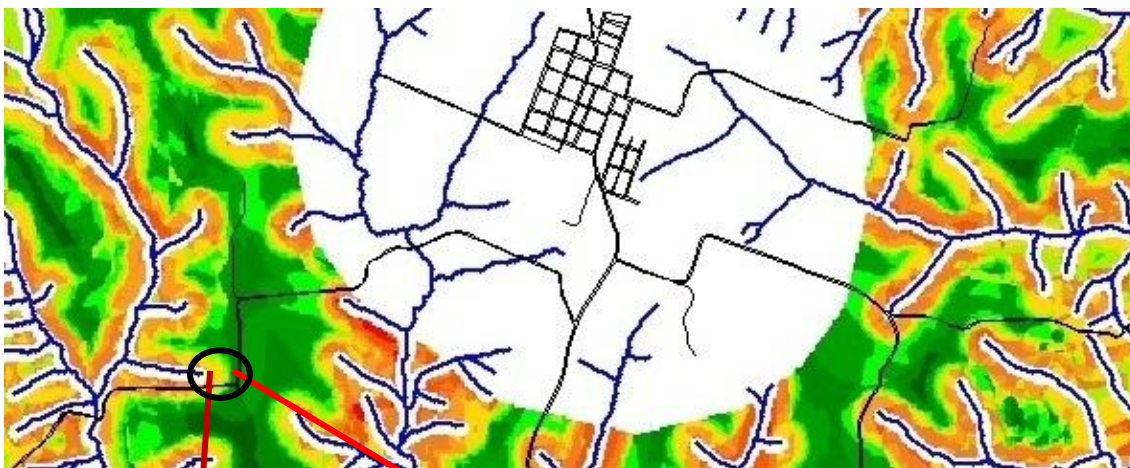


Figura 44 - Delimitação da segunda área estudada.



Figura 45 - Foto mostrando o ponto 4 na área 2.

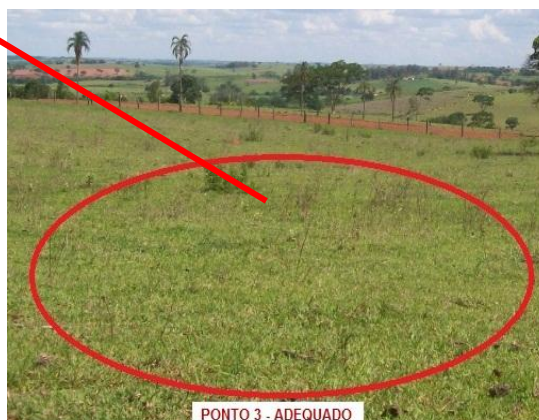


Figura 46 - Foto mostrando o ponto 3 na área 2.

O ponto três, Figura 47, foi considerado adequado por apresentar valor de adequação entre 0.70 e 0.80, por se encontrar em área de topo,

distante do corpo d'água e fora de área de APP. Já o ponto quatro, Figura 46, apresentou valor de adequação entre 0.40 e 0.50, foi considerado inadequado por se encontrar em área próxima a outro corpo d'água.

6.2.3 Área 3

Dentro da terceira área estudada, os pontos cinco e seis, indicados no Mapa, também condizeram com a realidade encontrada em campo. A Figura 48 apresenta a delimitação da terceira área estudada.

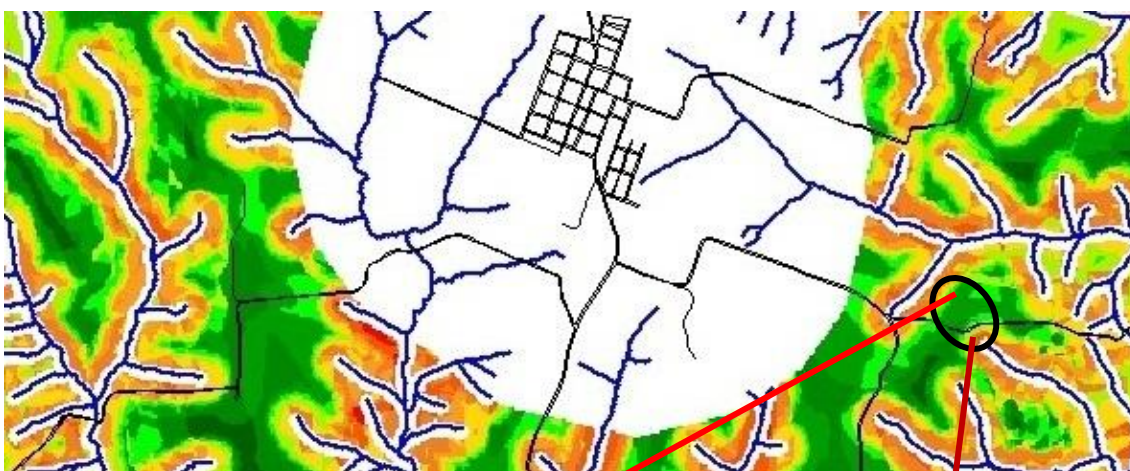


Figura 47 - Delimitação da terceira área estudada



Figura 48 - Foto mostrando o ponto 5 na área 3.

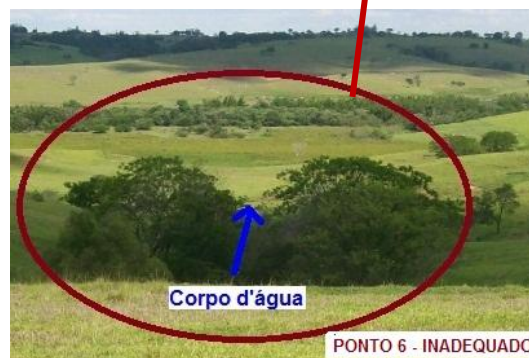


Figura 49 - Foto mostrando o ponto 6 na área 3.

O ponto 5, Figura 49, apresentou valor de adequação entre 0.70 e 0.80, foi considerado adequado por se encontrar em área de topo, distante do corpo d'água e fora de área de APP. Já o ponto seis, Figura 50, apresentou valor de adequação entre 0.10 e 0.20, foi considerado inadequado por se encontrar em área próximo a outro corpo d'água, e conseqüentemente, em área de APP e fundo de vale.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A elaboração do mapa do potencial para instalação de aterro sanitário foi um exercício prático importante para aplicação do sistema de informação geográfica na área ambiental.

As áreas identificadas pelo mapa com maior potencial para instalação de aterro sanitário foram aquelas com a topografia mais elevada, condizentes com os compartimentos dos topos das colinas, e com as declividades menos acentuadas.

Já as áreas identificadas pelo mapa com menor potencial também corresponderam com a verificação em campo, pois tais áreas se encontram próximas aos corpos d'água, onde há o predomínio dos fundos de vale, a topografia é mais baixa, com declividade mais acentuada.

Assim, chegamos à conclusão que a produção dos cenários, utilizando a lógica booleana, a lógica fuzzy e a AHP, foi satisfatória, pois as áreas aptas e inaptas do mapa acabaram condizendo com a realidade encontrada em campo. Confirma-se então que a inferência espacial por meio da análise multicriterial pode ser usada como uma poderosa ferramenta na tomada de decisões com fins de planejamento ambiental.

É importante destacar que não foi possível trabalhar com outras variáveis bastante relevantes para a escolha de áreas para a implantação de aterro, como a profundidade do freático e a composição do solo, por não haver dados representativos levantados na escala de realização do trabalho bem como estudos aprofundados na área. Este aspecto pode ser uma sugestão de aprimoramento do trabalho, pois o nível da qualidade das variáveis garante o sucesso ou o fracasso dos resultados.

No entanto conseguiu-se a variável que não foi abordada durante a monografia, os limites de propriedade. Seria interessante a realização de estudos que levassem em consideração essa variável, pois na escolha de propriedades para aterro sanitário, aspectos econômicos também pesam na tomada de decisão.

8. REFERÊNCIAS

ABREU, L. M.; GRANEMANN, S. R.; GARTNER, I.; BERNARDES, R. S. Escolha de um programa de controle da qualidade da água para consumo humano: aplicação do método AHP. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 2, p. 257 – 262, 2000. Disponível em: <<http://www.agriambi.com.br/revista/v4n2/257.pdf>>. Acessado em: 23 set. 2011)

ALCANTARA, A. J. O. **Composição Gravimétrica dos Resíduos Sólidos Urbanos E Caracterização Química do Solo da Área de Disposição Final do Município de Cáceres-MT**. 2010. 89 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) Universidade Estadual de Mato Grosso, Cáceres, MT, Brasil. Disponível em: <<http://www.unemat.br/prppg/ppgca/teses/2010/02.pdf>>. Acessado em: 17 out. 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos: NBR 8419**. Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Resíduos Sólidos: Classificação: NBR 10004**. Rio de Janeiro, 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Resíduos Sólidos: Classificação: NBR 10004**. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos: NBR 10006**. Rio de Janeiro, 2004

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Amostragem de Resíduos Sólidos: NBR 10007**. Rio de Janeiro, 2004.

BRASIL, Lei Federal nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. **Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Poder Executivo, Brasília. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938.htm> Acesso em: 15 out. 2011.

BRASIL, Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências.** Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Poder Executivo, Brasília. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm>. Acesso em: 15 out. 2011.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução Conama n. 303, de 20 de março de 2002. **Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente.** Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30302.html>>. Acesso em: 27 out. 2011.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil.** Disponível em: <http://www.senado.gov.br/legislacao/const/con1988/CON1988_05.10.1988/art_23_.shtm>. Acesso em: 10 nov. 2011.

CÂMARA, G. **Modelos, Linguagens e Arquiteturas para Bancos de Dados Geográficos.** 1995. 264 f. Tese (Doutorado em Computação Aplicada) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/teses/gilberto/>>. Acesso em: 16 de set. 2011.

CÂMARA, G.; DAVIS, C. Introdução. In: CÂMARA, G. **Introdução à Ciência da Geoinformação.** 2 ed. São José dos Campos: INPE. 2001. p. 1. 1-5. Disponível em: <<http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sergio/2004/04.22.07.43/doc/publicacao.pdf>>. Acesso em: 17 set. 2011.

CÂMARA, G.; DAVIS, C. Conceitos Básicos em Ciência da Geoinformação. In: CÂMARA, G. **Introdução à Ciência da Geoinformação.** 2 ed. São José dos Campos: INPE. 2001. p. 2. 1-35. Disponível em: <<http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sergio/2004/04.22.07.43/doc/publicacao.pdf>>. Acesso em: 17 set. 2011.

CÂMARA, G.; DAVIS, C. Arquitetura de Sistemas de Informação Geográfica. In: CÂMARA, G. **Introdução à Ciência da Geoinformação.** 2 ed. São José dos Campos: INPE. 2001. p. 3. 1-35. Disponível em: <<http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sergio/2004/04.22.07.43/doc/publicacao.pdf>>. Acesso em: 17 set. 2011.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S.; MONTEIRO, A. M. GIS para Estudos Ambientais. In: CÂMARA, G. **Aplicações de Geoprocessamento.** 2 ed. São José dos Campos: INPE. 2001. p. 23. 1-44. Disponível em: <<http://sites.poli.usp.br/ptr/ptr/SITE-ANT/Cursos/AnaliseEspacial/index.html>>. Acesso em: 17 set. 2011.

CAMPOS, A. C. A. **Resíduos sólidos urbanos: educação ambiental e análise de comportamento de estudantes de escolas de Feira de Santana – BA**. 2001. 174 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/2622>>. Acesso em: 29 set. 2011.

CARVALHO, M. F. **Comportamento Mecânico de Resíduos Sólidos Urbanos**. 1999. 330 f. Tese (Doutorado em Geotecnia) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18132/tde-25092007-105128/pt-br.php>>. Acesso em: 29 set. 2011.

CASTAGNARI, E. (Coord.) **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**. São Paulo: ABRELPE, 2010, 202 f. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br>>. Acesso em: 3 out. 2011.

CASTRO, L. B. **Avaliação do serviço de coleta de resíduos sólidos domiciliares em cidade de médio porte utilizando sistemas de informações geográficas e receptores do sistema de posicionamento por satélite**. 2006. 99 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. Disponível em: <<http://www.ppgec.feciv.ufu.br/node/224>>. Acesso em: 3 out. 2011.

CETESB. **Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Domiciliares**. Coord. Aruntho Savastano Neto. São Paulo: CETESB, 2011. 186 f. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/residuos-solidos/residuosSolidos2010.zip>>. Acesso em 10 nov. 2011.

COELHO, C. J. C. **Lógica fuzzy e geoprocessamento na determinação de vulnerabilidade à ocupação direta dos mangues na bacia hidrográfica do Anil, na Ilha de São Luís – MA**. 2008. 211 f. Dissertação (Mestrado em Sustentabilidade de ecossistemas) – Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal do Maranhão, São Luis. Disponível em: <http://www.tedebc.ufma.br/tde_arquivos/18/TDE-2010-07-09T115940Z-449/Publico/Cristiano%20Jackson%20da%20Costa%20Coelho.pdf>. Acesso em: 22 out. 2011.

FIGUEIREDO, N. J. V. **Utilização do biogás de aterro sanitário para geração de energia elétrica e iluminação a gás – estudo de caso**. 2007. 90 f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Engenharia Mecânica) - Escola de Engenharia, Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2007. Disponível em: <<http://cenbio.iee.usp.br/download/publicacoes/Natalie.pdf>>. Acesso em: 22 out. 2011.

FRANCELINO, M. R. **Introdução ao Geoprocessamento**. Caratinga: Centro Universitário de Caratinga, 2003. Disponível em: http://correio.fdvmg.edu.br/downloads/SemanaAcademica2007/MC05_SIG/INTRODU%C7%C3O_GEOPROCESSAMENTO.pdf. Acesso em: 30 set. 2011.

GANDELINI, L. **Localização de aterros sanitários e lixões no estado de São Paulo, considerando padrões ambientais distintos: uma aplicação de modelos matemáticos de otimização**. 2002. 123 f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Ciências Econômicas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002. Disponível em: < <http://log.esalq.usp.br/home/uploadfiles/arquivo1110.pdf>>. Acesso: 3 out. 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico – 2000**. Rio de Janeiro, 2002. Disponível em <<http://www.ibge.com.br>>. Acesso em: out. 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico – 2008**. Disponível em <<http://www.ibge.com.br>>. Acesso em: out. 2011.

IOST, C.S. **Cenários ambientais de gerenciamento e tratamento de resíduos sólidos urbanos no estado de São Paulo**. 2010. 113 f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Engenharia Ambiental) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Sorocaba, 2010. Disponível em < http://homologa.ambiente.sp.gov.br/proclima/publicacoes/03_cenarios/portugues/iost.pdf>. Acesso: 1 out. 2011.

JARDIM, N. S. **Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento de Resíduos**. 1. ed. São Paulo: IPT/CEMPRE, 1995, 279 p.

LIMA, G.S.; GUIMARÃES, L. T. Metodologia para seleção de áreas para implantação de aterro sanitário municipal. In: **21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**, 2001, João Pessoa. Anais... Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/resisoli/brasil/iii-097.pdf>>. Acessado em 13 nov. 2011.

MONTEIRO, J. H. P. **Manual do Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos**. 15. ed. Rio de Janeiro: IBAM, 2001, 200 p. Disponível em: <<http://www.resol.com.br/cartilha4/manual.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2011.

MORAES, O. B. **Método de análise de dados para avaliação de áreas urbanas recuperadas – uma abordagem utilizando a lógica fuzzy**. 2008.

304 f. Tese (Doutoramento em Engenharia). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo. Disponível em: <<http://alexabiko.pcc.usp.br/TeseDoutorado.pdf>>. Acesso em: 3 out. 2011

MOREIRA, F. R. S. **Uso e técnicas de integração e análise espacial de dados em pesquisa mineral aplicadas ao planalto de Poços de Caldas.** 2001.166p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/pgsere/Moreira-F-R-S-2001/publicacao.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2011.

NUNES, J. O. R.; **Uma contribuição metodológica ao estudo da dinâmica da paisagem aplicada a escolha de áreas para a construção de aterro sanitário em Presidente Prudente – SP.** 2002. 211 p. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2002. Disponível em: <http://www4.fct.unesp.br/pos/geo/dis_teses/02/02_joao.pdf>. Acesso em: 29 set. 2011.

NUNES, J.O.R; FUSHIMI, M. **Mapeamento geomorfológico do município de Presidente Prudente – SP.** In: Simpósio Nacional de Geomorfologia, 2010, Recife. Anais...

OLIVEIRA, S.A; LEITE, V.D; PRASAD, S.; RIBEIRO, M.D. **Estudo da produção per capita de resíduos sólidos domiciliares da cidade de Campina Grande – PB** Disponível em: <<http://rdigital.univille.rct-sc.br/index.php/RSA/article/viewFile/61/97>>. Acesso em: 18 nov. 2011.

SAMIZAVA, T. M. **Utilização de técnicas de geoprocessamento para seleção de áreas potenciais para instalação de aterro sanitário no município de Presidente Prudente – SP,** 2006. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Ambiental) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2006

SANTOS, A. F. **Estudo agroambiental de uma microbacia hidrográfica, visando sustentabilidade.** 2009. 97 f. Tese (Doutorado em Agronomia – Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu. Disponível em: <http://www.fca.unesp.br/pos_graduacao/Teses/PDFs/Arq0428.pdf>. Acesso em: 10 out. 2011.

WOLFF, C. S. **O método AHP – revisão conceitual e proposta de simplificação.** 2008. 138 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Departamento de Engenharia Industrial, Puntífica Universidade

Católica, Rio de Janeiro. Disponível em: < http://www.maxwell.lambda.ele.puc-rio.br/Busca_etds.php?strSecao=resultado&nrSeq=12401@1>. Acesso em: 28 out. 2011.

ZANETI, I. C. B. B. **Educação ambiental, resíduos sólidos urbanos e sustentabilidade. Um estudo de caso sobre o sistema de gestão de Porto Alegre**. 2003. 176 p. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável) - Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília. Disponível em: <<http://www.unbcds.pro.br/publicacoes/lzabelZaneti.pdf>>. Acesso em: 4 out. 2011.

ANEXO A

DECLIVIDADE

```

{
//Padronizar declividade
//declarações
Numerico decl ("declividademnt");
Numerico declp ("declividademnt");
//instanciações
decl = Recuperere (Nome= "declividade%");
declp = Novo (Nome="declividade%ponde", ResX=10, ResY=10,
Escala=10000, Min=0, Max =1);
//operação
declp = (decl <= 10) ? 1 : ((decl <=20) ? (1/(1+exp(-10*(15-decl)/15))) : 0);
//(dist <= 10) ? 1 = declividade menor ou igual a 10 ele vai atribuir o valor 1
//((dist <=200) ? (1/(1 + exp(10*(115 - dist)/115))) distância menor ou igual a
200 ele vai calcular o valor por aquela fórmula
//: 1 = distância > que 200 ele vai atribuir valor 1
}

```

HIDROGRAFIA

```

{
//Padronizar distância do corpo d'água
//declarações
Numerico dist ("distanciariomnt");
Numerico disthidrop ("distanciariomnt");
//instanciações
dist = Recuperere (Nome= "distanciariogrande");
distinghidrop = Novo (Nome="distanciarioponde", ResX=10, ResY=10,
Escala=10000, Min=0, Max =1);
//operação
distinghidrop = (dist<=30) ? 0 : ((dist<=200) ? (1/(1 + exp(10*(115 - dist)/115))) : 1);
//(dist <= 30) ? 0 = distância menor ou igual a 30 ele vai atribuir o valor 0
}

```

```

//((dist <=200) ? (1/(1 + exp(10*(115 - dist)/115))) distância menor ou igual a
200 ele vai calcular o valor pela funcao
//: 1 = distância > que 200 ele vai atribuir valor 1
}

```

MALHA URBANA

```

{
//Padronizar distância da malha urbana
//declarações
Numerico dist ("distanciamalhamnt");
Numerico distmalhap ("distanciamalhamnt");
//instanciações
dist = Recuperere (Nome= "distanciamalhagrade");
distmalhap = Novo (Nome="distanciamalhaponde", ResX=10, ResY=10,
Escala=10000, Min=0, Max =1);
//operação
distmalhap = (dist <= 1000) ? 0 : ((dist <=2000) ? (1/(1 + exp(10*(1500 -
dist)/1500))) : 1);
//(dist <= 1000) ? 0 = distância menor ou igual a 1000 ele vai atribuir o valor 0
//((dist <=2000) ? (1/(1 + exp(10*(1500 - dist)/1500))) distância menor ou igual a
200 ele vai calcular o valor por aquela fórmula
//: 1 = distância > que 2000 ele vai atribuir valor 1
}

```

VIAS

```

{
//Padronizar distância de vias
//declarações
Numerico dist ("distanciaviasmnt");
Numerico distviasp ("distanciaviasmnt");
//instanciações
dist = Recuperere (Nome= "distanciaviasgrade");
distviasp = Novo (Nome="distanciaviasponde", ResX=10, ResY=10,
Escala=10000, Min=0, Max =1);
//operação

```

```

distviasp = ((dist <= 200) ? (1/(1+exp(10*(100-dist)/100))) : (dist <= 500) ? 1 :
(dist < 1000) ? (1/(1+exp(-10*(dist - 750)/750))) : 0) ;
// (dist <= 200) ? 0 = distância menor ou igual a 200 ele vai atribuir o valor
proporcional crescente
// (dist >200 && < 500) ? 1 = distância maior que 200 e menor que 500 ele vai
atribuir valor 1
// (dist >500 && < 1000) ? (1/(1+EXP((A26-750)*10/750))) distância maior que
500 e menor que 1000 ele vai atribuir valor proporcional decrescente
// (dist >500 && < 1000): 1 = distância > que 200 ele vai atribuir valor 1
}

```

GEOMORFOLOGIA

```

{
Tematico geom ("geomorfologia");
Tabela ponde ( Ponderacao);
Numerico geonum ("geomorfologiamnt");
ponde = Novo ( Categoricalni = "geomorfologia",
"Topo" : 1.0,
"Vertente" : 0.5,
"Fundovale" : 0.0 );
geonum = Novo (Nome = "geomorfologianorm", ResX = 10, ResY = 10, Escala
= 10000, Min = 0.0, Max = 1.0, Repres = Grade);
geom = Recuperar (Nome = "geomorfologia");
geonum = Pondere (geom,ponde);
}

```

AHP

```

{
// Pesos a ser aplicados
// declividademnt = 0.253
// distanciamalhamnt = 0.099
// distanciariomnt = 0.331
// distanciaviasmnt = 0.090
// geomorfologiamnt = 0.193
// Razao de consistência
// CR = 0.085

```

```
// Programa em LEGAL
// Definicao dos dados de entrada
Numerico var1 ("declividademnt");
Numerico var2 ("distanciamalhamnt");
Numerico var3 ("distanciariomnt");
Numerico var4 ("distanciaviasmnt");
Numerico var5 ("geomorfologiamnt");
// Definicao do dado de saida
Numerico var6 ("ahpmnt");
// Recuperacao dos dados de entrada
var1 = Recuperere (Nome="declividade%ponde");
var2 = Recuperere (Nome="distanciamalhaponde");
var3 = Recuperere (Nome="distanciarioponde");
var4 = Recuperere (Nome="distanciaviasponde");
var5 = Recuperere (Nome="geomorfologianorm");
// Criacao do dado de saida
var6 = Novo (Nome="mapaahp_2", ResX=10, ResY=10, Escala=10000, Min=0,
Max=1);
// Geracao da media ponderada
var6 = 0.253*var1 + 0.099*var2+ 0.331*var3+ 0.090*var4+ 0.193*var5;
}
```