

José Terra de Oliveira Neto

**DETERMINAÇÃO DE ÁREAS  
FAVORÁVEIS À IMPLANTAÇÃO DE  
ATERRO SANITÁRIO DE RESÍDUOS  
SÓLIDOS URBANOS PARA O MUNICÍPIO  
DE PIUMHI-MG**

XIII Curso de Especialização em  
Geoprocessamento  
2011



UFMG  
Instituto de Geociências  
Departamento de Cartografia  
Av. Antônio Carlos, 6627 – Pampulha  
Belo Horizonte  
cartog@igc.ufmg.br

**JOSÉ TERRA DE OLIVEIRA NETO**

**DETERMINAÇÃO DE ÁREAS FAVORÁVEIS À IMPLANTAÇÃO DE ATERRO  
SANITÁRIO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS PARA O MUNICÍPIO DE  
PIUMHI-MG**

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Especialista em Geoprocessamento. Curso de Especialização em Geoprocessamento. Departamento de Cartografia. Instituto de Geociências. Universidade Federal de Minas Gerais.

Orientador: Profa.. Ilka Soares Cintra

**BELO HORIZONTE**

**2011**

O48d Oliveira Neto, José Terra.  
2011 Determinação de áreas favoráveis à implantação de aterro sanitário de resíduos sólidos urbanos para o município de Piumhi-MG [manuscrito] / José Terra Oliveira Neto. – 2011.  
ix, 43 f. : il., fots. (color.), mapas (color.), tabs.

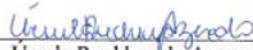
Monografia (especialização) – Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências, 2011.  
Orientadora: Ilka Soares Cintra.  
Bibliografia: f. 41-43.

1. Aterro sanitário – Piumhi (MG). 2. Resíduos sólidos. 3. Geoprocessamento. I. Cintra, Ilka Soares. II. Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências. III. Título.

CDU: 628.472.3(815.1)

Aluno (a) José Terra de Oliveira Neto

Monografia defendida e aprovada em cumprimento ao requisito exigido para obtenção do título de Especialista em Geoprocessamento, em 30 de novembro de 2011, pela Banca Examinadora constituída pelos professores:



---

Prof(a). Dr(a). Ursula Ruchkys de Azevedo



---

Prof(a). Dr(a). Marcos Antônio Timbo Elmira



---

Prof(a). Dr(a). Ilka Soares Cintra

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por sempre me dar força e esperança nos momentos mais difíceis;

A meus pais, pelo exemplo e educação dada;

A meus irmãos, pela amizade e apoio;

À minha noiva, Cacá, pela paciência e apoio em todos os momentos;

À minha orientadora, Professora Dra. Ilka, pelas instruções e acolhimento;

Ao colega e co-orientador Mestre Gerson Freire, pela paciência, instruções e disposição para o bom desenvolvimento do meu trabalho;

À professora Dra. Ana Clara Mourão Moura; que apesar do pouco tempo de convívio me auxiliou muito com o banco de dados;

Aos professores e monitores do Curso de Especialização em Geoprocessamento, pelos ensinamentos repassados;

Aos colegas de turma, especialmente Valéria da Rocha e Jackson Araujo, pelo convívio durante todo este ano e pelas parcerias e amizades feitas;

À minha cidade natal, Piumhi.

## RESUMO

A disposição inadequada dos RSU constitui-se numa considerável fonte de propagação de poluentes. Dentre uma das corretas formas de disposição final dos RSU, tem-se o aterro sanitário. A situação da disposição final do RSU do município de Piumhi-MG, localizado na Mesoregião Oeste do Estado de Minas Gerais não é diferente da maioria dos municípios mineiros, ou seja, o lixão. O presente trabalho tem como objetivo principal selecionar áreas favoráveis no município de Piumhi-MG para instalação de um aterro sanitário utilizando ferramentas de Geoprocessamento. A seleção de áreas favoráveis a instalação de um aterro sanitário foi dividida em duas etapas, sendo a primeira com a seleção por meio da análise multicritérios e a segunda por meio do refinamento dos resultados obtidos na primeira seleção com base nas características das áreas encontradas. Os critérios de seleção foram classificados em restritivos e escalonados, sendo que os restritivos foram a distância de cursos d'água e núcleos populacionais, localização fora do perímetro de Unidades de Conservação e declividades; os escalonados foram as distâncias de rodovias e estradas e fonte geradora de RSU e a permeabilidade dos solos. Para realização das análises foram atribuídas notas as diversas classes existentes nos critérios sendo que nos critérios restritivos se aplicaram as notas binárias, ou seja, a nota 0 exclui uma área e a nota 10 a considera como adequada. Nos critérios escalonados foram fornecidas notas como 0, 2, 4, 5, 8 e 10, sendo 0 para exclusão da área e as outras notas de forma crescente como áreas adequadas, sendo 10 a melhor área e 2 a pior área dentre as áreas adequadas. Por meio da álgebra de mapas, especificamente a operação de multiplicação, obteve-se um total de 1111 áreas aptas a instalação do aterro sanitário e após a etapa de refinamento, encontrou-se 27 áreas, as quais foram classificadas em regulares, boas e muito boas. As técnicas do Geoprocessamento se mostraram como ferramentas eficazes, rápidas e adequadas para realização das análises propostas neste trabalho. Mesmo com a limitação de dados disponíveis para a região estudada, conclui-se que o objetivo principal do trabalho foi alcançado visto que foi possível apontar áreas favoráveis a instalação do aterro sanitário para o município de Piumhi.

## SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
LISTA DE FIGURAS .....	vii
LISTA DE TABELAS .....	viii
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS .....	ix
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1 Apresentação</b> .....	<b>1</b>
<b>1.2 Objetivo</b> .....	<b>3</b>
<b>1.3 Objetivos Específicos</b> .....	<b>3</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>4</b>
<b>2.1 Trabalhos anteriores</b> .....	<b>4</b>
<b>2.2 Legislação</b> .....	<b>5</b>
2.2.1 Lei Nº 12.305 / 2010 - Política Nacional de Resíduos Sólidos .....	5
2.2.2 Lei Nº 18.031/ 2009 - Política Estadual de Resíduos Sólidos .....	6
2.2.3 Deliberação Normativa COPAM Nº 52 / 2001 .....	6
2.2.4 Deliberação Normativa COPAM Nº 118 / 2008 , 27 de junho de 2008 .....	6
2.2.5 Lei Estadual Nº 14.309, 19 de junho de 2002 .....	7
<b>2.3 Ferramentas de Geoprocessamento</b> .....	<b>7</b>
2.3.1 Definição .....	7
2.3.2 Álgebras de mapas .....	8
2.3.3 Análise Multicritérios .....	9
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	<b>9</b>
<b>3.1 Caracterização do Município de Piumhi</b> .....	<b>9</b>
<b>3.2 Primeiros Passos</b> .....	<b>10</b>
<b>3.3 Critérios adotados</b> .....	<b>12</b>
3.3.1 Análise Multicritérios .....	12
<b>3.4 Critérios restritivos adotados</b> .....	<b>14</b>
3.4.1 Declividade .....	14
3.4.2 Distância de Cursos D`Água .....	16
3.4.3 Distância de Núcleos Populacionais .....	18
3.4.4 Unidades de Conservação .....	20

<b>3.5</b>	<b>Critérios escalonados adotados</b> .....	22
3.5.1	Distâncias de Vias.....	22
3.5.2	Tipologia de Solos .....	23
3.5.3	Distâncias da Fonte Geradora de RSU.....	26
<b>4</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	28
<b>4.1</b>	<b>Resultados Esperados</b> .....	28
<b>4.2</b>	<b>Resultados Encontrados</b> .....	29
4.2.1	Refinamento da seleção de áreas .....	30
4.2.1.1	Áreas no município de Piumhi .....	30
4.2.1.2	Tamanho de área requerida para o aterro.....	30
4.2.1.3	Áreas situadas em locais de várzea.....	34
4.2.1.4	Seleção final .....	37
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES</b> .....	39
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	40
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	41



## LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
1 – Localização do município de Piumhi-MG .....	10
2 - Área de Trabalho Considerada .....	11
3 - Declividades existentes na região de Piumhi – MG .....	16
4 - Distância de 300 metros de Cursos D’Água na Região de Piumhi-MG.....	17
5 - Classificação Distância de 300 metros Cursos D’Água na Região de Piumhi-MG.....	18
6 - Distância de 500 metros das Cidades e Distritos existentes na Região de Piumhi-MG..	19
7 - Classificação da Distância de 500 metros das Cidades e Distritos existentes na Região de Piumhi-MG.....	20
8 - Classificação da Unidade de Conservação (UC) presente na Região de Piumhi-MG ....	21
9 - Mapa de “Buffers” elaborados a partir das vias existentes na Região de Piumhi-MG ...	22
10 - Classificação dos “Buffers” elaborados a partir das vias existentes na Região de Piumhi-MG .....	23
11 - Tipologia de solos existentes na Região de Piumhi-MG .....	24
12 - Classificação quanto as tipologias de solos existentes na Região de Piumhi-MG.....	26
13 - Distância da Fonte Geradora de RSU .....	27
14 - Classificação da Distância da Fonte Geradora de RSU .....	28
15 - Classificação das Áreas Seleccionadas.....	29
16 - Áreas Seleccionadas Dentro do Município de Piumhi-MG.....	30
17 - Áreas Seleccionadas Dentro do Município de Piumhi-MG com mais de 9 Hectares .....	34
18 - Áreas Seleccionadas Dentro de uma Região de Várzea .....	35
19 - Seleção Final de Áreas.....	37
20 - Classificação da Seleção Final de Áreas.....	38

## LISTA DE TABELAS

	<u>Pág.</u>
1 – Critérios e notas adotadas dos critérios restritivos.....	13
2 - Critérios e notas adotadas dos critérios escalonados .....	14
3 - Classificação das distâncias de vias.....	23
4 - Tipologia de Solos e Classificação de Permeabilidade.....	25
5 - Nota dada em relação à permeabilidade de cada uma das seis tipologias de solo verificadas para a região de Piumhi .....	25
6 - Classificação das distâncias da fonte geradora de RSU.....	27
7 - Resumo dos resultados dos Censos Demográficos IBGE para o município de Piumhi ..	31
8 - Resumo do cálculo para volume necessário para o aterro sanitário .....	32
9 - Classificação de acordo com as notas obtidas.....	37

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

APP	- Área de Preservação Permanente
AMMD	- Associação dos Municípios do Médio Rio-Grande
COPAM	- Conselho Estadual de Política Ambiental
CEMPRE	- Compromisso Empresarial para Reciclagem
DN	- Deliberação Normativa
FEAM	- Fundação Estadual do Meio Ambiente
GEOMINAS	- Programa de Uso Integrado de Geoprocessamento pelo Governo de Minas Gerais
IPT	- Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo
IBGE	- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDH	- Índice de Desenvolvimento Humano
RSU	- Resíduos Sólidos Urbanos
PEAD	- Polietileno de Alta Densidade
PEC	- Padrão de Exatidão Cartográfico
PIB	- Produto Interno Bruto

# **1 INTRODUÇÃO**

## **1.1 Apresentação**

Os problemas relacionados com a produção e o destino dos resíduos sólidos urbanos (RSU) continuam ainda sem a devida atenção dos governantes e da maioria da população.

O crescimento contínuo da economia brasileira e aumento do poder aquisitivo da população têm como consequência um estímulo ao consumo que por sua vez acaba gerando um aumento na quantidade de resíduos gerados por habitante; entretanto a destinação correta destes resíduos não está acompanhando tal crescimento, tornando-se assim um grande problema ambiental.

A disposição inadequada dos RSU constitui-se numa considerável fonte de propagação de poluentes. Estes poluentes podem alcançar as águas superficiais ou subterrâneas por meio do lançamento direto, precipitação, escoamento pela superfície do solo ou infiltração. Uma das principais fontes de poluição significativa é o chorume, resíduo líquido de elevada carga orgânica e forte coloração, produzido pela decomposição química e microbiológica dos resíduos sólidos urbanos. Os resíduos oferecem ainda um risco para a saúde humana, uma vez que pela sua variada composição, podem conter agentes biológicos patogênicos e/ou substâncias químicas que podem alcançar o ser humano, principalmente de forma indireta, afetando sua saúde. A disposição inadequada dos RSU ocasiona sérios danos ambientais, sanitários e sociais, necessitando portanto de especial atenção por parte de todos os envolvidos, tanto a população quanto seus governantes.

Dentre uma das corretas forma de disposição final dos RSU tem-se o aterro sanitário, a qual se apresenta segundo FREIRE (2009), como uma técnica de disposição final utilizando o solo, porém dentro de critérios de engenharia e normas operacionais específicas, proporcionando o confinamento seguro dos resíduos (normalmente, recobrimento com argila selecionada e compactada em níveis satisfatórios). Em seu projeto, é prevista a preparação do terreno com providências para sua impermeabilização, como o nivelamento e o selamento da base com argila ou mantas de PVC ou PEAD (Polietileno de Alta Densidade), para garantir que o lençol freático não seja contaminado. São também projetados sistemas de drenagem periférica e superficial para o afastamento de água de chuva, de drenagem de fundo para a coleta do lixiviado drenado, de drenagem e

queima dos gases gerados durante o processo de bioestabilização da matéria orgânica. Nos aterros sanitários é proibida a atividade de catadores e a quantidade de resíduos que entra é controlada evitando danos ou riscos à saúde pública e minimizando os impactos ambientais.

O processo de aterramento do lixo é executado sob uma das três formas tradicionalmente empregadas: método da trincheira ou vala, método da rampa e método da área (IPT/CEMPRE, 2000):

- Método da trincheira ou vala: consiste na abertura de valas, onde o lixo é disposto, compactado e posteriormente coberto com o solo. As valas podem ser de pequena (operação manual) ou de grandes dimensões (permitindo a entrada de equipamentos maiores em seu interior);
- Método da rampa: conhecido também como método da escavação progressiva, é fundamentado na escavação da rampa, onde o lixo é disposto e compactado pelo trator e posteriormente coberto com o solo. É empregado em áreas de meia encosta, onde o solo natural ofereça boas condições para ser escavado e, de preferência, possa ser utilizado como material de cobertura;
- Método da área: é empregado geralmente em locais de topografia plana e lençol freático raso (IPT/CEMPRE, 2000).

Minas Gerais possui o programa “Minas sem lixões”; criado em 2003 pela Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM), o programa apoia os municípios mineiros na implementação de políticas públicas voltadas para a gestão adequada dos RSU. O programa possui como metas atingir até o ano de 2011 a erradicação dos lixões em 80% dos municípios mineiros e também a regularização ambiental de sistemas tecnicamente adequados de tratamento e disposição final de RSU, como os aterros sanitários e usinas de triagem e compostagem de lixo, que atendam, no mínimo, a 60% da população urbana de Minas Gerais (FEAM, 2011 - a). De acordo com os resultados parciais do Programa Minas Sem Lixões, até o ano de 2010, 30,61% da população mineira vive em cidades que ainda dispõem seus RSU por meio do lixão.

A situação da disposição final dos RSU no município de Piumhi-MG, localizado na Mesoregião Oeste do Estado de Minas Gerais não é diferente da maioria dos demais

municípios mineiros, ou seja, o lixão, o que pode ser evidenciado no levantamento publicado em dezembro de 2010 pelo programa Minas Sem Lixões, o qual diagnosticou a situação do tratamento e/ou disposição final dos resíduos sólidos urbanos de Minas (FEAM, 2011 - b). Apesar de não oferecer uma destinação correta a seus RSU a cidade é considerada a 39ª cidade em qualidade de vida entre os 853 municípios do estado de Minas Gerais (PREFEITURA MUNICIPAL DE PIUMHI, 2011).

Para pequenos municípios mineiros como Piumhi, a seleção de áreas para construção de aterros sanitários torna-se um grande desafio, pois estas áreas deverão obedecer alguns critérios mínimos para instalação do empreendimento de modo a evitar a contaminação do solo e água nas suas proximidades. Sendo assim este trabalho propõe fornecer subsídios para que o município de Piumhi possa ter condições de determinar áreas favoráveis para instalação de um aterro sanitário.

Segundo (IPT/CEMPRE, 2000) a escolha de uma área adequada para instalação de um aterro sanitário significa menores riscos ao meio ambiente e a saúde pública, mas, fundamentalmente, significa menores gastos com preparo, operação e encerramento do aterro. Deste modo, escolhendo uma boa área, a Prefeitura estará prevenindo-se contra os efeitos da poluição dos solos e das águas subterrâneas do seu município, além de eventuais transtornos decorrentes de oposição popular e elevados custos futuros para operação e encerramento do local.

## **1.2 Objetivo**

Selecionar áreas favoráveis no município de Piumhi-MG para instalação de um aterro sanitário utilizando ferramentas de Geoprocessamento.

## **1.3 Objetivos Específicos**

- Contribuir na gestão de resíduos sólidos urbanos no município de Piumhi;
- Fornecer subsídios técnicos para que o aterro sanitário de Piumhi esteja em conformidade com a legislação ambiental vigente;
- Minimizar o impacto ambiental negativo causado pela destinação de resíduos sólidos urbanos no meio ambiente;

- Mostrar a importância e utilidade das ferramentas de geoprocessamento na seleção de áreas de interesse específico.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Trabalhos anteriores**

A utilização de ferramentas de Geoprocessamento visando selecionar áreas propícias a destinação de resíduos tem sido prática frequente entre pesquisadores. Existem diversos trabalhos publicados dentre teses de mestrado e artigos científicos tratando do referido assunto.

O estudo de COSTA (2001) classificou por meio de ferramentas de geoprocessamento áreas favoráveis a disposição de resíduos sólidos na região da Província Mineral da Serra dos Carajás, localizada no sul do estado do Pará. A classificação foi pautada em especificações constantes na norma NBR 10157, no Código Florestal Brasileiro (Lei Nº 4771, 15/09/65) e Resolução CONAMA Nº 004. Após realização de álgebras de mapas e análise multicritérios com distribuição de pesos e notas, gerou-se um mapa resultante com áreas classificadas em inaptas, restritas, regulares e boas para destinação dos resíduos sólidos.

A monografia de especialização de CRESPO (2006) apresenta o Estudo de Viabilidade Ambiental de Áreas com Potencial para Implantação de Aterro Sanitário no município de Canaã dos Carajás/PA. Nesse estudo, a metodologia adotada no levantamento das áreas potenciais foi baseada em um mapeamento digital, utilizando práticas de geoprocessamento. Os trabalhos foram desenvolvidos em duas etapas distintas. Em uma primeira etapa dos trabalhos, foi realizado o levantamento prévio de zonas restritivas e potenciais no município de Canaã dos Carajás para a implantação do novo aterro. Na segunda etapa, foram avaliadas todas as áreas inseridas nessa Zona Potencial, visando à classificação das cinco melhores áreas, que foram objeto de uma análise detalhada do ponto de vista geológico e socioeconômico.

A tese de mestrado de DOMINGOS (2007) utiliza ferramentas de Geoprocessamento para selecionar áreas aptas à instalação de um aterro sanitário para atender a região metropolitana de Fortaleza-CE. Neste trabalho foram identificadas e excluídas gradualmente as áreas que atendem às restrições legais e às especificações técnicas pré-

selecionadas, e foram qualificadas como “recomendável”, “recomendável com restrição”, “não-recomendável” e “vetada” para a construção de aterros. O resultado final do trabalho é um mapa com estas quatro classificações, mostrando como é complexa a escolha de aterros e como são limitadas as áreas disponíveis para esta função.

A dissertação de mestrado de BIANA (2007) teve como objetivo a utilização do Sistema de Informação Geográfica (SIG) na identificação de áreas potenciais para a instalação de aterros sanitários no município de Campina Grande - PB. Os procedimentos empregados envolveram a edição e manipulação de dados cartográficos e temáticos, a definição de parâmetros de restrição e sobreposição topológica, desenvolvidos no âmbito de um Sistema de Informação Geográfica. No final do trabalho foram identificadas áreas potenciais para a instalação de aterros sanitários, demonstrando a utilidade dos SIG's à solução de problemas ambientais.

O objetivo da dissertação de mestrado de FREIRE (2009) foi o de desenvolver uma proposta de análise ambiental para a área de influência de lixões dos municípios de Minas Gerais, utilizando as ferramentas do geoprocessamento. Levando-se em consideração aspectos técnicos e legais e após a aplicação das álgebras de mapas e análise multicritérios o estudo apontou quais municípios mineiros escolheram as piores áreas para disposição de seus resíduos sólidos, auxiliando desta forma, no desenvolvimento de políticas públicas relacionadas à gestão de resíduos sólidos direcionadas a estes municípios.

## **2.2 Legislação**

No âmbito legal relacionado ao tema de resíduos sólidos, serão consideradas a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei Nº 12.305 de 02 de agosto de 2010), Política Estadual de Resíduos Sólidos (Lei Nº 18.031, de 12 de janeiro de 2009), Deliberação Normativa (DN) COPAM Nº 52, de 14 de dezembro de 2001, Deliberação Normativa COPAM Nº118, 27 de junho de 2008 e Lei Estadual Nº 14.309, 19 de junho de 2002.

### **2.2.1 Lei Nº 12.305 / 2010 - Política Nacional de Resíduos Sólidos**

Instituída em 02 de agosto de 2010, a Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei Nº 12.305, trata da gestão integrada e do gerenciamento ambientalmente correto dos resíduos sólidos, colocando o tema da disposição de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) em destaque no cenário dos problemas ambientais brasileiros. Todos os municípios brasileiros terão



diretrizes e prazos a serem cumpridos no que refere a correta destinação dos seus resíduos sólidos, desde a sua geração até a destinação final.

### **2.2.2 Lei Nº 18.031/ 2009 - Política Estadual de Resíduos Sólidos**

A Política Estadual de Resíduos Sólidos estabelece princípios, diretrizes, objetivos e instrumentos. De acordo com esta lei está proibido o lançamento de RSU "in natura" a céu aberto, sem tratamento prévio, em áreas urbanas e rurais; proibida a sua queima a céu aberto ou em recipientes, instalações ou equipamentos não licenciados para esta finalidade, salvo em caso de decretação de emergência sanitária e desde que autorizada pelo órgão competente e proibido seu lançamento ou disposição em lagoa, curso d'água, área de várzea, cavidade subterrânea ou dolina, terreno baldio, poço, cacimba, rede de drenagem de águas pluviais, galeria de esgoto, duto condutor de eletricidade ou telefone, mesmo que abandonados, em área sujeita a inundação e em área de proteção ambiental integral.

### **2.2.3 Deliberação Normativa COPAM Nº 52 / 2001**

A DN 52 foi instituída em 14 de dezembro de 2001, convocando municípios para o licenciamento ambiental de sistema adequado de disposição final de lixo e dando outras providências.

A principal diretriz desta DN está descrita no artigo dois, onde é estabelecido para todos os municípios mineiros um prazo mínimo de seis meses, contados a partir da data da publicação desta Deliberação, para adotarem medidas visando minimizar os impactos ambientais nas áreas de disposição final de lixo, respeitando alguns requisitos mínimos, até que seja implantado, por meio de respectivo licenciamento, sistema adequado de disposição final de lixo urbano de origem domiciliar, comercial e pública.

### **2.2.4 Deliberação Normativa COPAM Nº 118 / 2008 , 27 de junho de 2008**

A DN 118 instituída em 27 de junho de 2008, altera os artigos 2º, 3º e 4º da Deliberação Normativa 52/2001, estabelece novas diretrizes para adequação da disposição final de resíduos sólidos urbanos no Estado, e dá outras providências.

Para realização das análises propostas neste trabalho serão consideradas principalmente premissas no artigo terceiro desta DN, as quais tratam de áreas proibidas para a disposição

de resíduos como é o caso das APP's e também citam requisitos mínimos exigidos como porcentagens de declividades e distância de núcleos populacionais, rodovias e estradas e cursos d'água.

É importante destacar também a definição de depósito de lixo dada pela DN 118/08 em seu artigo dois:

*“d) Depósito de Lixo: Denominação genérica do local utilizado para destinação final de Resíduos Sólidos Urbanos RSU coletados pela municipalidade , que dependendo da técnica ou forma de implantação e operação pode ser classificado como: Aterro Sanitário, Aterro Controlado, Lixão ou outra técnica pertinente.”*

### **2.2.5 Lei Estadual Nº 14.309, 19 de junho de 2002**

A Lei Estadual Nº 14.309 dispõe sobre as Políticas Florestal e de Proteção à Biodiversidade no Estado.

Para este trabalho é importante conhecer as definições das Áreas de Preservação Permanente (APP's) e Unidades de Conservação (UC's), nos artigos 10 e 22, respectivamente. Tais áreas possuem importantes funções ecológicas no que se refere à preservação da fauna, flora e recursos naturais; sendo assim é de extrema importância considerá-las durante o processo de seleção de áreas para um aterro sanitário, de modo a minimizar qualquer impacto ambiental negativo provindo da instalação e operação deste tipo de empreendimento.

## **2.3 Ferramentas de Geoprocessamento**

### **2.3.1 Definição**

Segundo Moura (2003, p. 8) o termo Geoprocessamento, surgido do sentido de processamento de dados georreferenciados, significa implantar um processo que traga um progresso, um andar avante, na grafia ou representação da Terra. Não é somente representar, mas é associar a esse ato um novo olhar sobre o espaço, um ganho de conhecimento, que é a informação. O geoprocessamento engloba processamento digital de imagens, cartografia digital e os sistemas de informações geográficos.

As atividades que envolvem geoprocessamento são executadas por sistemas específicos para cada aplicação, os quais são denominados de SIG, Sistemas de Informação Geográficas. O termo SIG é aplicado então para sistemas que realizam o tratamento computacional de dados geográficos, gráficos e não gráficos (alfanuméricos), visando análises espaciais e modelagens de superfícies.

Ainda segundo Moura (2007) em lugar de simplesmente descrever elementos ou fatos, os modelos de análise espacial em SIG's podem traçar cenários, simulações de fenômenos, com base em tendências observadas ou julgamentos de condições estabelecidas. O uso de um SIG está relacionado à seleção de variáveis de análise e o estudo de suas combinações. São tentativas de representação simplificada da realidade, através da seleção dos aspectos mais relevantes, na busca de respostas sobre correlações e comportamentos de variáveis ambientais. O sistema é estudado segundo determinado objetivo, e tudo o que não afeta esse objetivo é eliminado. O risco da subjetividade pode ser reduzido com processos de ajuste ou calibração, quando são avaliados os parâmetros envolvidos. Uma vez calibrado, o modelo deve passar por processo de verificação, através de sua aplicação a uma situação conhecida, o que é chamado de "validação". Só após a validação é que um modelo deve ser aplicado em situações em que não são conhecidas as saídas do sistema.

Em sua grande maioria os SIG`s utilizam duas técnicas de representação de mapas: Raster e Vetor. No modelo matricial, também denominado de raster, a representação é feita por uma matriz, composta por colunas e linhas, que definem células, denominadas como pixels. Cada pixel apresenta um valor referente ao atributo, além dos valores que definem o número da coluna e o número da linha. No modelo vetorial, a localização e a feição geométrica do elemento são armazenadas e representadas por vértices definidos por um par de coordenadas. Dependendo da sua forma e da escala cartográfica, os elementos podem ser expressos por pontos, polilinhas e polígonos.

### **2.3.2 Álgebras de mapas**

A álgebra de mapas se constitui basicamente de operações locais, de vizinhança e regionais, aplicando-se diferentes técnicas para cada tipo de problema. Na álgebra de mapas, as localizações espaciais são definidas por uma matriz composta por linhas e colunas, onde cada célula é uma unidade territorial, sendo a unidade básica de

processamento, o pixel, o qual pode ser processado independentemente, integrado numa vizinhança ou numa região de elementos com o mesmo atributo.

### **2.3.3 Análise Multicritérios**

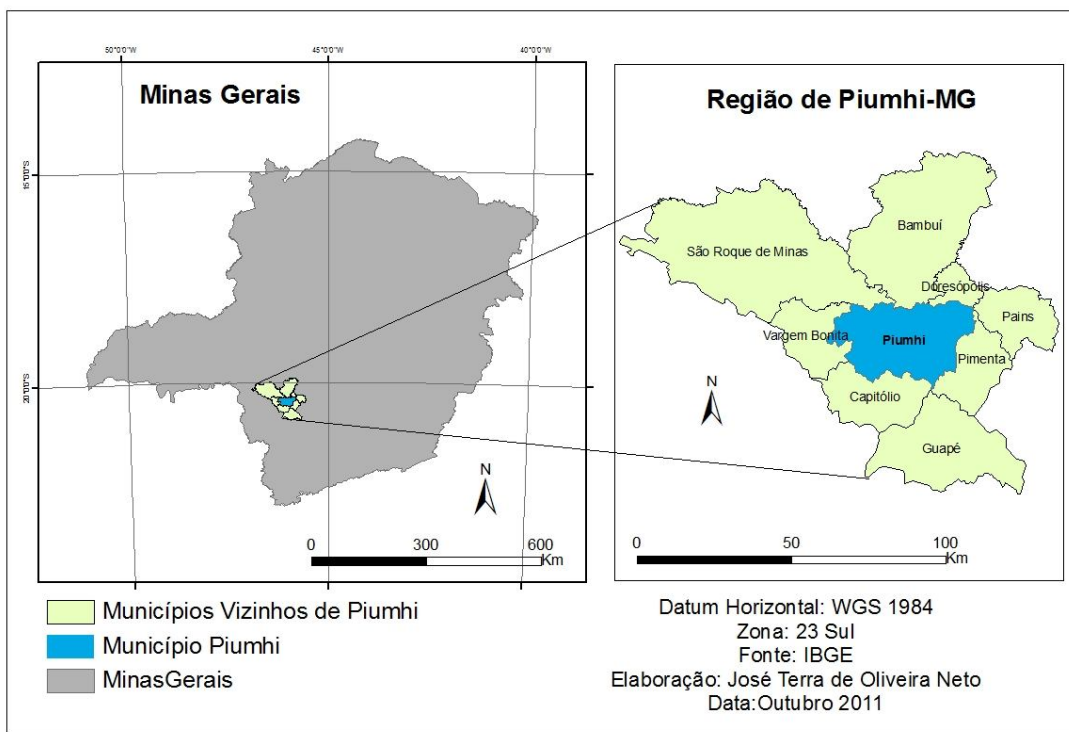
Em um das etapas da realização deste trabalho será adotada a análise multicritérios, também conhecida como Árvore de Decisões. Segundo MOURA (2007):

“O procedimento de análise de multicritérios é muito utilizado em geoprocessamento, pois se baseia justamente na lógica básica da construção de um SIG: seleção das principais variáveis que caracterizam um fenômeno, já realizando um recorte metodológico de simplificação da complexidade espacial; representação da realidade segundo diferentes variáveis, organizadas em camadas de informação; discretização dos planos de análise em resoluções espaciais adequadas tanto para as fontes dos dados como para os objetivos a serem alcançados; promoção da combinação das camadas de variáveis, integradas na forma de um sistema, que traduza a complexidade da realidade; finalmente, possibilidade de validação e calibração do sistema, mediante identificação e correção das relações construídas entre as variáveis mapeadas.”

## **3 METODOLOGIA**

### **3.1 Caracterização do Município de Piumhi**

Piumhi é uma cidade localizada na Mesoregião Oeste do Estado de Minas Gerais e forma, com outros 16 municípios, a AMMD (Associação dos Municípios do Médio Rio-Grande). Seus municípios limítrofes são: Doresópolis, Bambuí, São Roque de Minas, Capitólio, Pimenta, Guapé, Pains e Vargem Bonita (PREFEITURA MUNICIPAL DE PIUMHI, 2011). Sua localização está ilustrada na figura 01:



**Figura 01 - Localização do município de Piumhi-MG**

As principais rodovias que servem o município são a MG-439, a MG-050 e a MG-354. Nas proximidades, localizam-se o lago de Furnas e a Serra da Canastra, local da nascente do rio São Francisco, sendo este município pertencente à Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco. Piumhi possui uma área total de 902 Km<sup>2</sup> e uma altitude de 793 metros (PREFEITURA MUNICIPAL DE PIUMHI, 2011). De acordo com o último censo demográfico realizado em 2010 pelo IBGE sua população é de 31.883 habitantes (IBGE, 2011). A cidade fica a 256 km da capital do estado, Belo Horizonte, e a 500 km da cidade de São Paulo. Além das atividades ligadas à pecuária, comércio e serviços, a economia de Piumhi destaca-se na produção agrícola e de produtos como café, milho, feijão e leite (PREFEITURA MUNICIPAL DE PIUMHI, 2011).

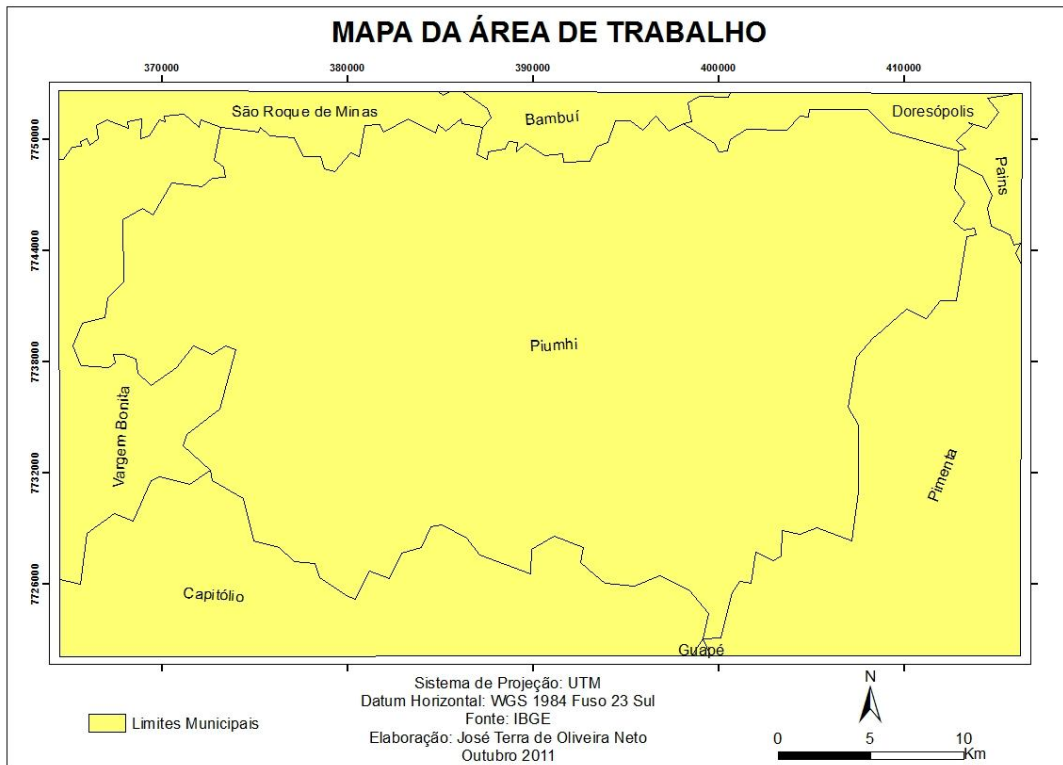
### 3.2 Primeiros Passos

Para realização das análises propostas neste trabalho foram utilizadas bases de dados vetoriais e alfanuméricos (tabelas) com vistas ao cruzamento das variáveis e construção dos mapas temáticos. Sendo as bases providas de diversas fontes, foi necessário padronizar as unidades territoriais de integração, a projeção cartográfica e a escala dos

dados trabalhados. A projeção escolhida para as bases foi a Universal Transversal Mercator, Datum WGS 1984, fuso 23 Sul.

Toda a manipulação dos dados e elaboração de mapas foram feitas por meio do software ARCGIS 9.3.

Sendo as bases de dados providas em diferentes escalas, foi necessária a realização de um corte para cada feição considerada, definindo desta maneira a área de trabalho. Tal área extrapola o limite do município de Piumhi para que seja minimizado nas análises o efeito de borda, o qual poderia interferir nos resultados. A figura 02 mostra a área de trabalho considerada:



**Figura 02 – Área de Trabalho Considerada**

A seleção de áreas favoráveis a instalação de um aterro sanitário foi dividida em duas etapas, são elas:

- Primeira etapa: Seleção por meio da análise multicritérios;
- Segunda etapa: Refinamento dos resultados obtidos na primeira seleção com base nas características das áreas encontradas.

### **3.3 Critérios adotados**

Na primeira seleção por meio da análise multicritérios, foram adotados critérios restritivos conforme exigências descritas no artigo três da DN 118/2008 COPAM MG e também critérios escalonados. Os critérios restritivos estão abaixo relacionados:

- Localização situada a uma distância mínima de 300 metros de cursos d'água ou qualquer coleção hídrica;
- Localização em área situada a uma distância mínima de 500 metros de núcleos populacionais;
- Localização fora do perímetro das Unidades de Conservação.

Adotou-se também como critério restritivo a declividade, sendo restritas áreas em declividades superiores a 30% conforme DN 118/08 COPAM e também áreas com declividades inferiores a 3%, conforme recomendado por (IPT/CEMPRE, 2000).

Os critérios que foram escalonados estão abaixo relacionados:

- Distância de rodovias e estradas;
- Distância da fonte geradora dos RSU;
- Permeabilidade dos solos.

Os critérios classificados como restritivos foram assim determinados devido a exigências legais e recomendações consideradas importantes. Os critérios escalonados podem restringir a escolha de uma área como também permitem considerar sua maior ou menor aptidão.

#### **3.3.1 Análise Multicritérios**

Para realização da primeira etapa e ou análise multicritérios, primeiramente realizou-se a conversão dos dados vetoriais em planos de informação raster, matrizes de dados, a partir da definição de um retângulo de envolvimento, unidade de resolução e, conseqüentemente, número de linhas e colunas da matriz. O retângulo de envolvimento ou área de trabalho adotados possuem as seguintes coordenadas:

- Canto Superior Esquerdo: 7752650 N 364375 E Fuso 23 Sul;
- Canto Inferior Direito: 7722075 N 416375 E Fuso 23 Sul.

Uma das etapas da análise multicritérios é atribuição de notas as diversas classes existentes na base de dados. Foram dadas notas de 0 a 10 aos diversos critérios adotados para a realização da análise, sendo 0 para exclusão da área e 10 para a área mais adequada.

Os critérios restritivos possuem notas binárias, ou seja, a nota 0 exclui uma área e a nota 10 a considera como adequada. Nos critérios escalonados foram fornecidas notas como 0, 2, 4, 5, 8 e 10, sendo 0 para exclusão da área e as outras notas de forma crescente como áreas adequadas, sendo 10 a melhor área e 2 a pior área dentre as áreas adequadas.

A tabela 1 mostra um resumo das notas dadas a cada classe dos critérios restritivos.

**Tabela 1 – Critérios e notas adotadas dos critérios restritivos**

<b>Critérios restritivos</b>	<b>Classe</b>	<b>Nota</b>
Declividade	Menor que 3%	0
	Entre 3% a 30%	10
	Mais que 30%	0
Distância de cursos d água	Até 300 metros	0
	Mais que 300 metros	10
Distância de Núcleos Populacionais	Até 500 metros	0
	Mais que 500 metros	10
Unidades de Conservação (UC`s)	Dentro do perímetro de UC`s	0
	Fora do perímetro de UC`s	10

Fonte: Compilação do autor (2011)

A tabela 2 mostra um resumo das notas dadas a cada classe dos critérios escalonados.

**Tabela 2 – Critérios e notas adotadas dos critérios escalonados**

<b>Critérios</b>	<b>Classe</b>	<b>Nota</b>
Tipologia do solo	Latossolo Vermelho Escuro	0
	Litossolo	0



	Cambissolo	4
	Podzólico Vermelho Amarelo	8
	Podzólico Vermelho Escuro	8
	Glei Húmico	10
	Até 100 metros	0
Distância de rodovias e estradas	100 a 500 metros	4
	500 a 1000 metros	8
	Mais que 1000 metros	10
	0 a 500 metros	0
Distância da fonte geradora de RSU	500 a 3.000 metros	2
	3.000 a 5.000 metros	5
	5.000 a 15.000 metros	10
	15.000 a 20.000 metros	5
	Mais que 20.000 metros	2

Fonte: Compilação do autor (2011)

A explicação da pontuação de cada classe será dada posteriormente, quando cada critério será analisado em separado.

### **3.4 Critérios restritivos adotados**

#### **3.4.1 Declividade**

A declividade de uma área a ser destinada a disposição de resíduos sólidos é um importante fator que deve ser levado em consideração, pois se ignorado poderá trazer junto à construção e operação de um aterro sanitário, impactos ambientais negativos de grandes proporções. Áreas muito declivosas contribuem com o aumento do escoamento superficial durante uma precipitação, facilitando a percolação do chorume, agravando assim o risco de contaminação de um corpo hídrico, além de serem áreas propícias ao surgimento de focos erosivos. Deste modo, áreas com pequenos declives tornam-se mais adequadas a este fim, além de facilitarem o acesso à área e o manuseio dos RSU.

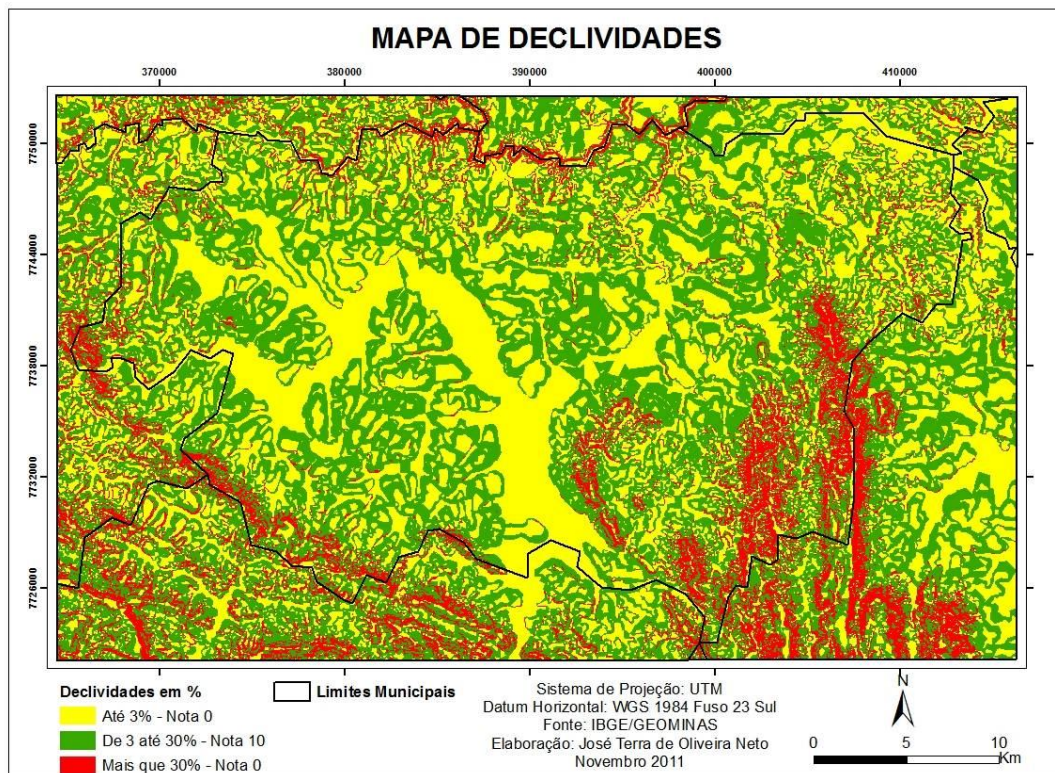
Para este tema, será adotada a citação no inciso II do artigo terceiro da DN 118/2008 COPAM-MG, a qual cita que um depósito de lixo deverá ser instalado em área com

declividade média inferior a 30% e também a recomendação do (IPT/CEMPRE, 2000) para exclusão das áreas com declividade inferior a 3%.

O mapa de declividades foi gerado a partir de curvas de nível, obtidas por meio da base de dados do SIG GEOMINAS; sendo a distância entre elas de 20 metros. O mapa foi gerado após a utilização de um interpolador linear aplicado sobre a malha TIN (Triangular Irregular Network ou Rede de Triângulos Irregulares). Este interpolador presente no software ARCGIS, cria triângulos irregulares, onde a declividade é calculada em porcentagem, com base na inclinação da face de cada um desses triângulos.

As áreas com declividades superiores a 3% e inferiores a 30% foram classificadas com nota 10, ou seja, estão aptas a receberem o aterro sanitário, já as áreas com declividades inferiores a 3% e superiores a 30% receberam nota 0, sendo, portanto excluídas da seleção proposta.

Segue na figura 03 o mapa de declividades classificado para a área de trabalho considerada.



**Figura 03 – Declividades existentes na região de Piumhi – MG**

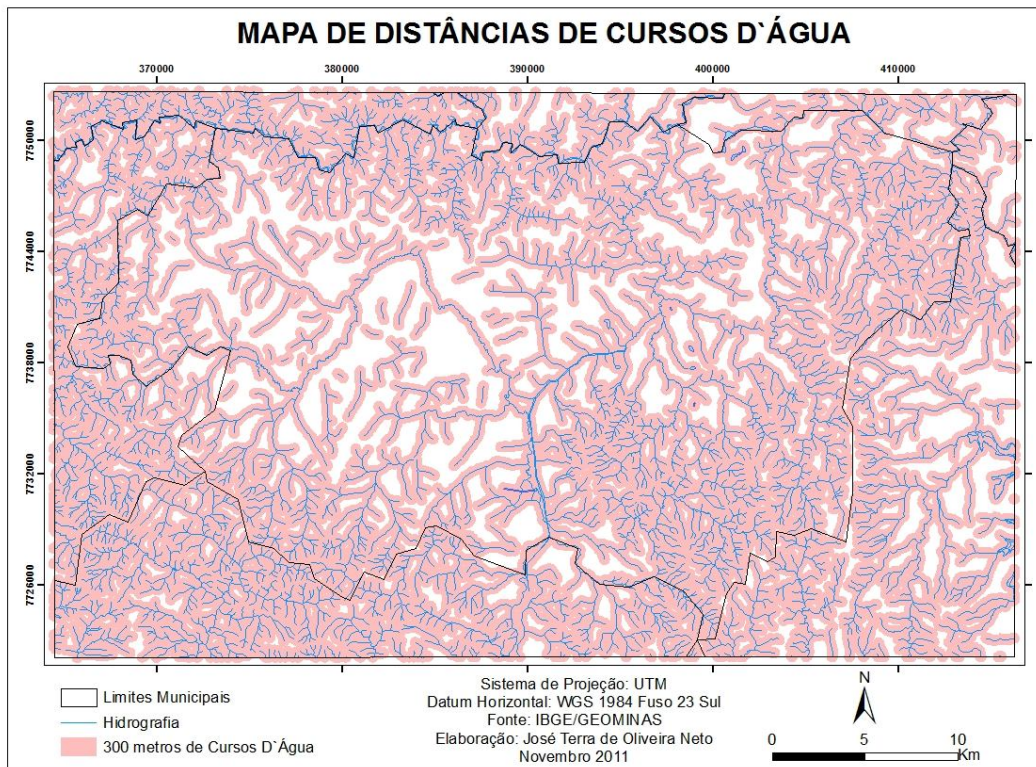
### **3.4.2 Distância de Cursos D`Água**

A construção do aterro sanitário em locais a uma distância segura de cursos d`água é de extrema importância no que se refere à diminuição dos riscos de uma contaminação ambiental. A geração do chorume é um processo natural de decomposição do lixo, sendo assim seu tratamento, seja desde a geração até sua condução para um sistema de tratamento deve ser projetado seguindo os mais exigentes critérios técnicos, pois havendo uma falha, por exemplo, na compactação ou no sistema de impermeabilização do aterro, as consequências serão graves, podendo piorar se tal aterro estiver localizado em áreas próximas a algum corpo d`água.

A contaminação de um corpo d`água, além de trazer prejuízos a fauna local, como a ictiofauna, pode vir a ser um problema de saúde pública, no caso do manancial afetado for utilizado para abastecimento de um município.

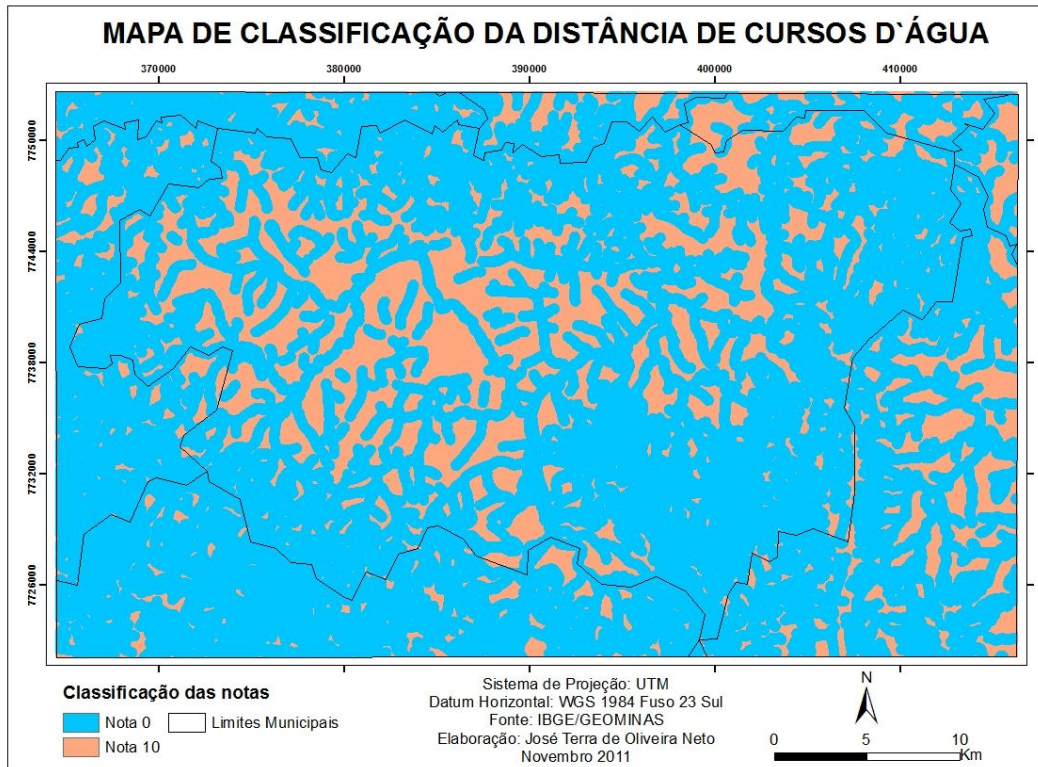
Para as análises deste trabalho será adotada uma das exigências da citação do inciso III do artigo terceiro da DN 118/2008 COPAM-MG, a qual cita que um depósito de lixo deverá ser construído a uma distância mínima de 300 metros de cursos d`água ou qualquer coleção hídrica.

Visando ilustrar a distância mínima exigida, foram utilizadas as bases de hidrografia fornecidas pelo IBGE\GEOMINAS, que apresentam a coleção hídrica de todo o estado de Minas Gerais. Por meio da ferramenta “Buffer” foi gerada uma envoltória de 300 metros de qualquer coleção hídrica presente na região do município de Piumhi, conforme ilustrado na figura 04.



**Figura 04 – Distância de 300 metros de Cursos D'Água na Região de Piumhi-MG**

Para realização da análise multicritérios foi atribuída a nota 0 para áreas que estão localizadas a menos de 300 metros de qualquer corpo hídrico e nota 10 para áreas a localizadas a mais de 300 metros. A figura 05 ilustra o resultado desta classificação.



**Figura 05 – Classificação da Distância de 300 metros de Cursos D'Água na Região de Piumhi-MG**

### 3.4.3 Distância de Núcleos Populacionais

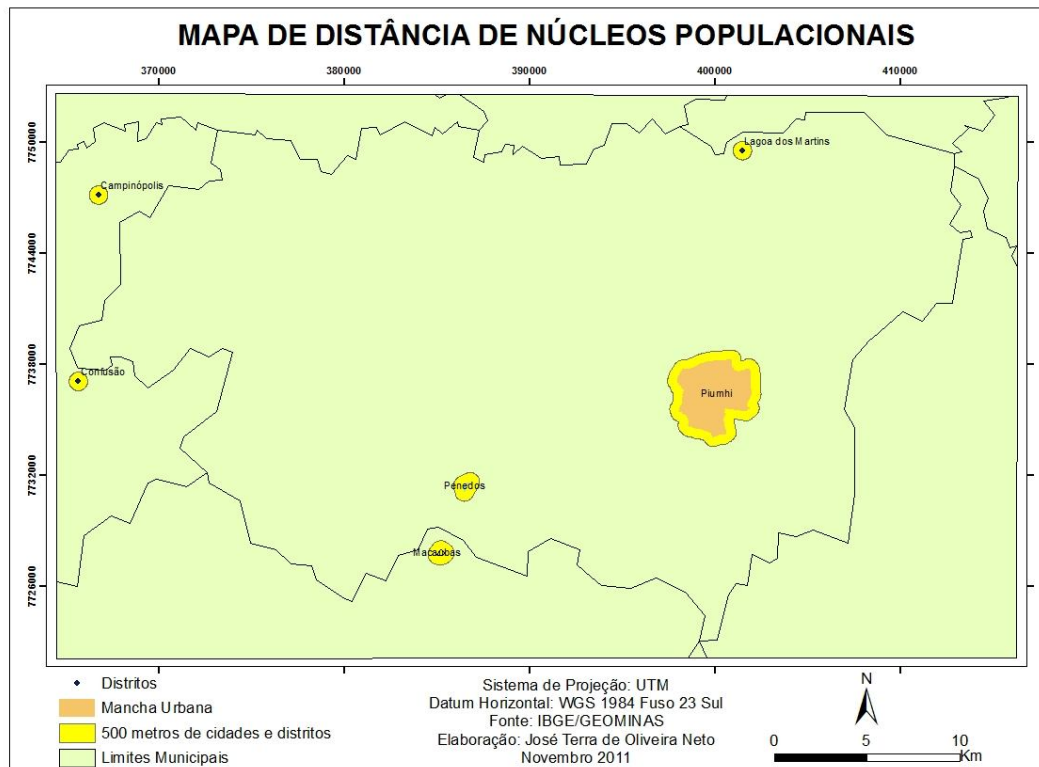
A localização de um aterro sanitário muito próximo a núcleos populacionais afetará diretamente a qualidade de vida dos moradores adjacentes, uma vez que tal empreendimento em operação se não instalado e operado de forma correta, poderá contribuir com a propagação de vetores de doenças e também funcionar como um atrativo para catadores e pessoas que vivem do material coletado no lixo. Todos estes impactos negativos citados poderão ser minimizados se a área for escolhida corretamente, levando em consideração este aspecto.

Para as análises deste trabalho será adotada uma das exigências da citação do inciso IV do artigo terceiro da DN 118/2008 COPAM-MG, a qual cita que um depósito de lixo deverá ser construído a uma distância mínima de 500 metros de núcleos populacionais.

Na área de trabalho considerada, foram identificados seis núcleos populacionais, são eles:

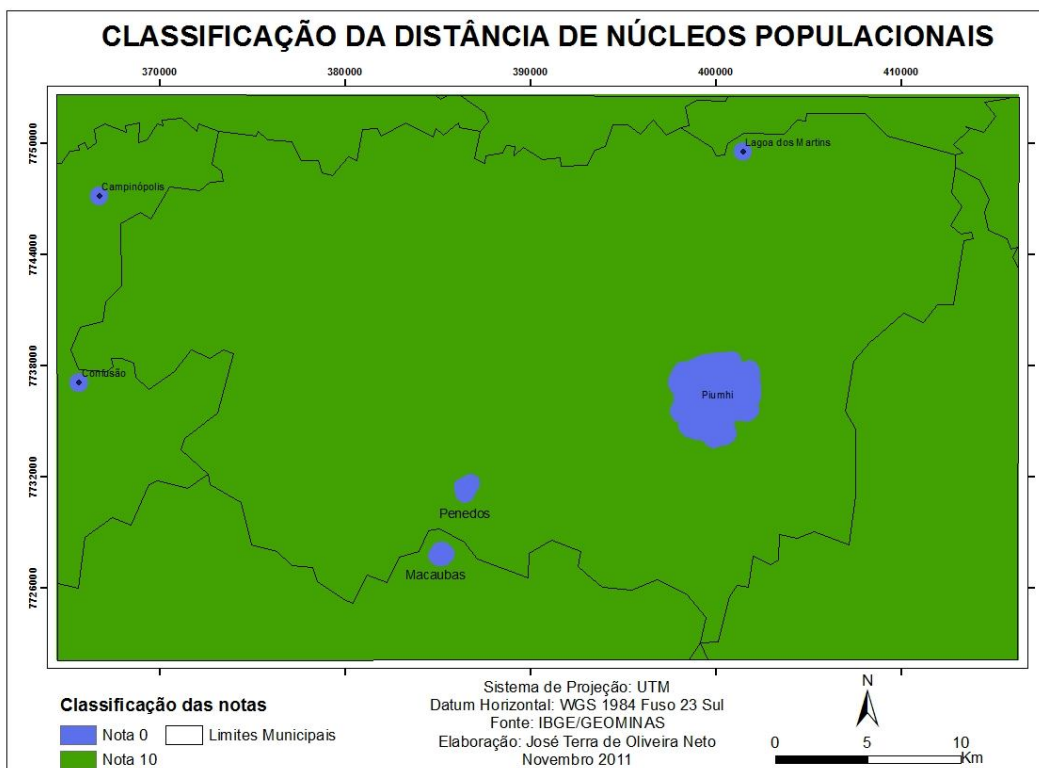
- Piumhi;
- Penedos (povoado pertencente ao município de Piumhi);
- Lagoa dos Martins (povoado pertencente ao município de Piumhi);
- Macaúbas (povoado pertencente ao município de Capitólio);
- Confusão (povoado pertencente ao município de Vargem Bonita);
- Campinópolis (povoado pertencente ao município de Vargem Bonita).

Para ilustrar esta distância mínima necessária foi gerado um “Buffer” de 500 metros a partir da localização de cada um dos seis núcleos populacionais citados, conforme mostra a figura 06.



**Figura 06 – Distância de 500 metros das Cidades e Distritos existentes na Região de Piumhi-MG**

Para realização da análise multicritérios foi atribuída a nota 0 para áreas que estão localizadas a menos de 500 metros de qualquer núcleo populacional e nota 10 para áreas a localizadas a mais de 500 metros. A figura 07 ilustra o resultado desta classificação.



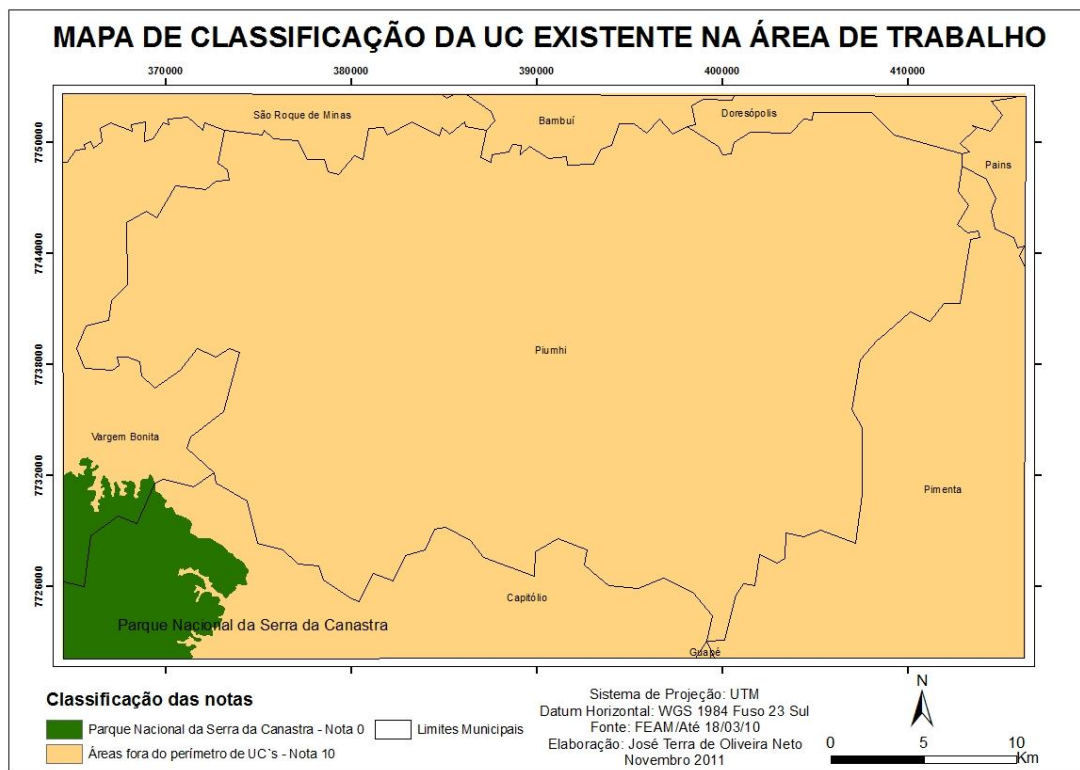
**Figura 07 – Classificação da Distância de 500 metros das Cidades e Distritos existentes na Região de Piumhi-MG**

#### 3.4.4 Unidades de Conservação

São unidades de conservação os espaços territoriais e seus componentes, inclusive os corpos d'água, com características naturais relevantes, legalmente instituídas pelo poder público, com limites definidos, sob regime especial de administração ou de restrição de uso, às quais se aplicam garantias adequadas de proteção de recursos naturais e paisagísticos, bem como de conservação ambiental (Artigo 22, Lei Estadual MG Nº 14.309,2002).

É muito importante considerar a presença de unidades de conservação para seleção de áreas para aterro sanitário, visto que o objetivo da criação destas unidades é justamente a preservação dos recursos naturais ali existentes, seja bióticos e abióticos.

No caso da área de trabalho considerada, pôde-se verificar a presença de apenas uma unidade de conservação, porém muito importante; o Parque Nacional da Serra da Canastra, conforme ilustra a figura 08. Criado pelo Decreto nº 70.355, de 3 de abril de 1972, com 200 mil hectares, preserva as nascentes do rio São Francisco e vários outros monumentos. Teve 70 mil hectares indenizados no chapadão da Canastra e tem 130 mil hectares na região da Babilônia, abrangendo os municípios de Capitólio, Vargem Bonita, São João Batista do Glória e Delfinópolis por regularizar (ICMBIO, 2011).



**Figura 08 – Classificação da Unidade de Conservação (UC) presente na Região de Piumhi-MG**

Conforme pode ser verificado na figura 08, o Parque Nacional situa-se na área de trabalho considerada apenas até os municípios de Capitólio e Vargem Bonita; portanto não terá influência na escolha de áreas para o aterro sanitário do município de Piumhi.

Para excluir o Parque Nacional da Serra da Canastra das áreas procuradas, foi atribuída a nota 0 para áreas que estão localizadas dentro do perímetro do Parque visualizado na área de trabalho e nota 10 para áreas fora deste perímetro, conforme também ilustra a figura 08.

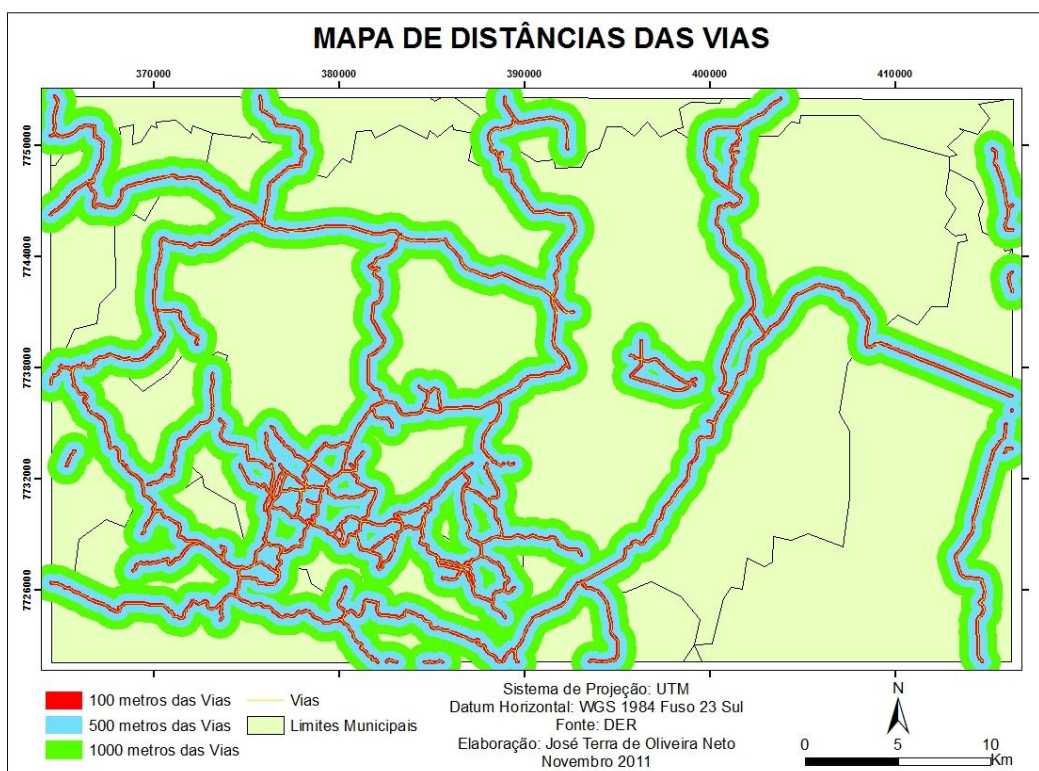


### 3.5 Critérios escalonados adotados

#### 3.5.1 Distâncias de Vias

Para este critério foi levado em consideração o disposto no inciso V do artigo terceiro da DN 118/2008 COPAM-MG, a qual cita que um depósito de lixo deverá ser instalado em localização em área com distância mínima de 100 metros de rodovias e estradas, a partir da faixa de domínio estabelecida pelos órgãos competentes.

Foi utilizada a ferramenta “Buffer” para mostrar as diferentes distâncias consideradas para as análises propostas neste trabalho, conforme ilustra a figura 09.



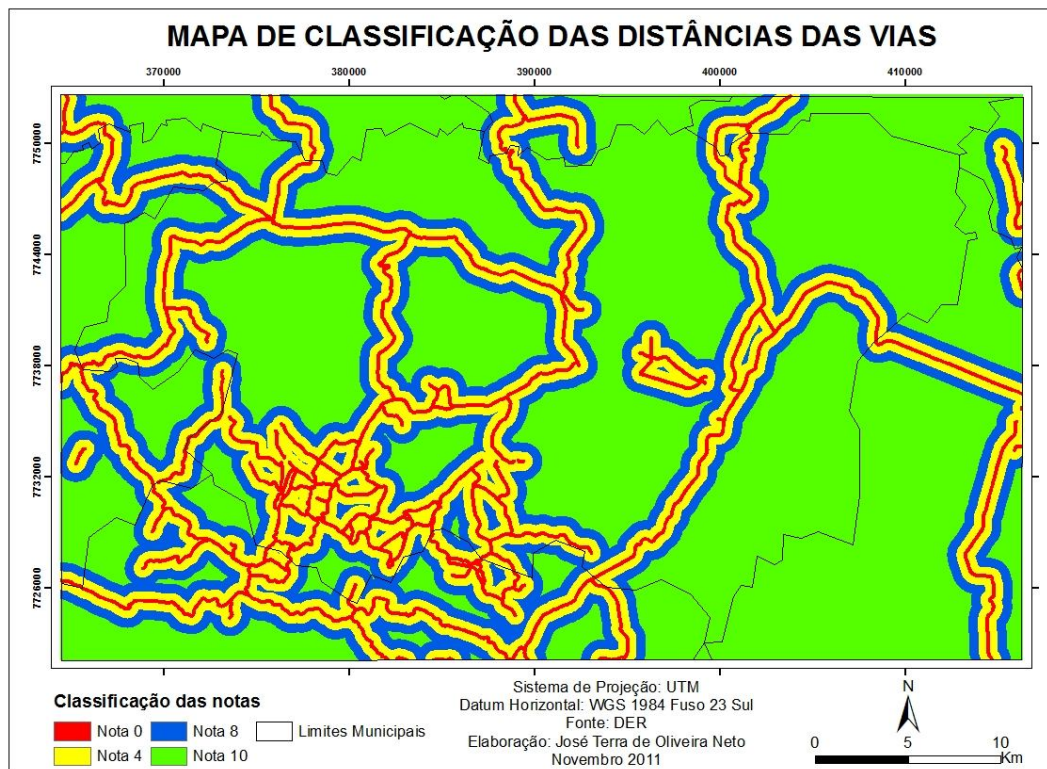
**Figura 09 – Mapa de “Buffers” elaborados a partir das vias existentes na Região de Piumhi-MG**

Para realização das análises foram dadas diferentes notas para áreas com diferentes distâncias das rodovias, conforme informado anteriormente e resumido na tabela 3.

**Tabela 3 – Classificação das distâncias de vias**

Distâncias de vias	Nota
Até 100 metros	0
100 a 500 metros	4
500 a 1000 metros	8
Mais que 1000 metros	10

A nota 0 exclui as áreas mais próximas das rodovias, ou seja, até 100 metros e a nota 10 representa as melhores áreas, as quais estão distanciadas a mais de 1000 metros das rodovias. A figura 10 ilustra o mapa com a classificação dada para cada classe de distância.



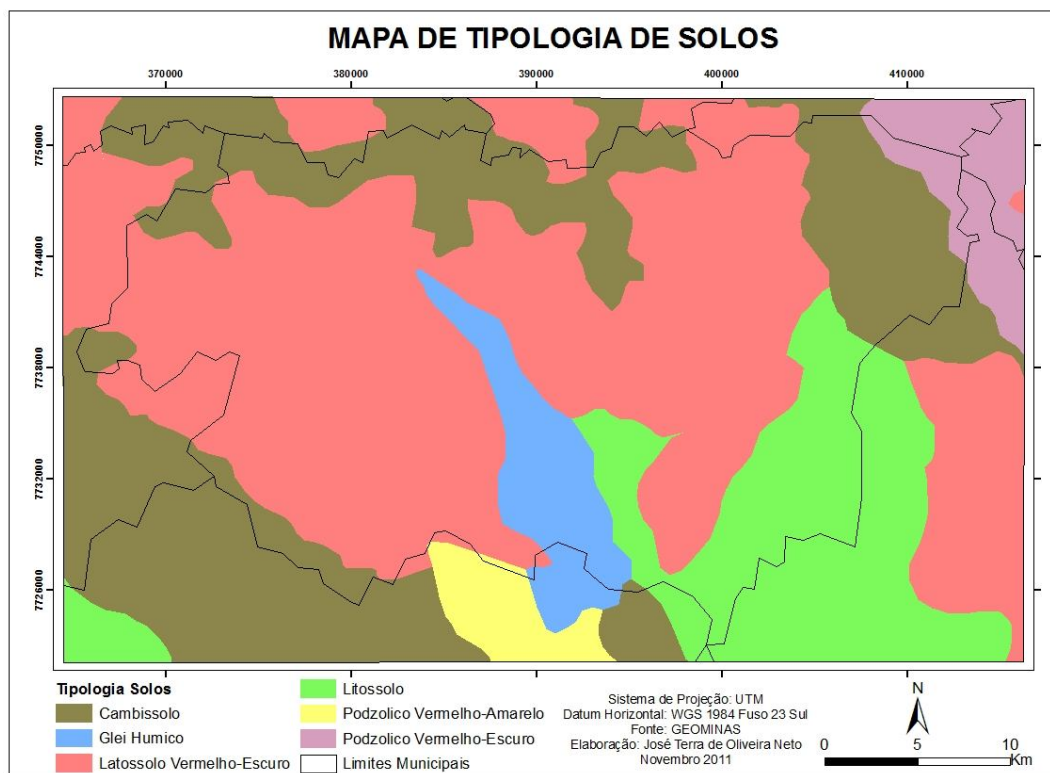
**Figura 10 – Classificação dos “Buffers” elaborados a partir das vias existentes na Região de Piumhi-MG**

### 3.5.2 Tipologia de Solos

No critério tipologia de solos, será levado em consideração dados referentes à permeabilidade de cada tipologia presente na área de trabalho.

Conforme critérios técnicos exigidos para a construção de um aterro sanitário, é imprescindível que este tipo de empreendimento tenha um eficiente sistema de impermeabilização do solo, porém tal fato não exclui a preocupação necessária para localização do aterro em áreas com solos de baixa permeabilidade, de forma a diminuir os riscos de contaminação do solo e lençol freático.

Para o levantamento da tipologia de solos para a região de Piumhi utilizaram-se as bases de dados disponíveis no SIG GEOMINAS, que descrevem, a nível exploratório, a distribuição das manchas de solo pelo Estado de Minas Gerais, sob a responsabilidade técnica da Emater – MG , dividindo o estado em 22 tipologias de solos. Para a área de trabalho considerada foram levantadas seis tipologias de solos, conforme pode ser verificado na figura 11.



**Figura 11 – Tipologia de solos existentes na Região de Piumhi-MG**

Porém para inferir sobre a permeabilidade de cada tipo de solo, foi adotada a análise feita por (FREIRE, 2009), conforme tabela 4:

**Tabela 4 – Tipologia de Solos e Classificação de Permeabilidade**

<b>Tipologia de Solo</b>	<b>Classificação da Permeabilidade</b>
Quartzo Arenítico, Neossolo Flúvico	Permeabilidade Alta
Latossolo, Neossolo Litólico	Permeabilidade Média a Alta
Afloramento Rochoso, Cambissolo	Permeabilidade Média
Podzólico	Permeabilidade Média a Baixa
Brunizem Avermelhado, Planossolo, Gleis Húmicos	Permeabilidade Baixa

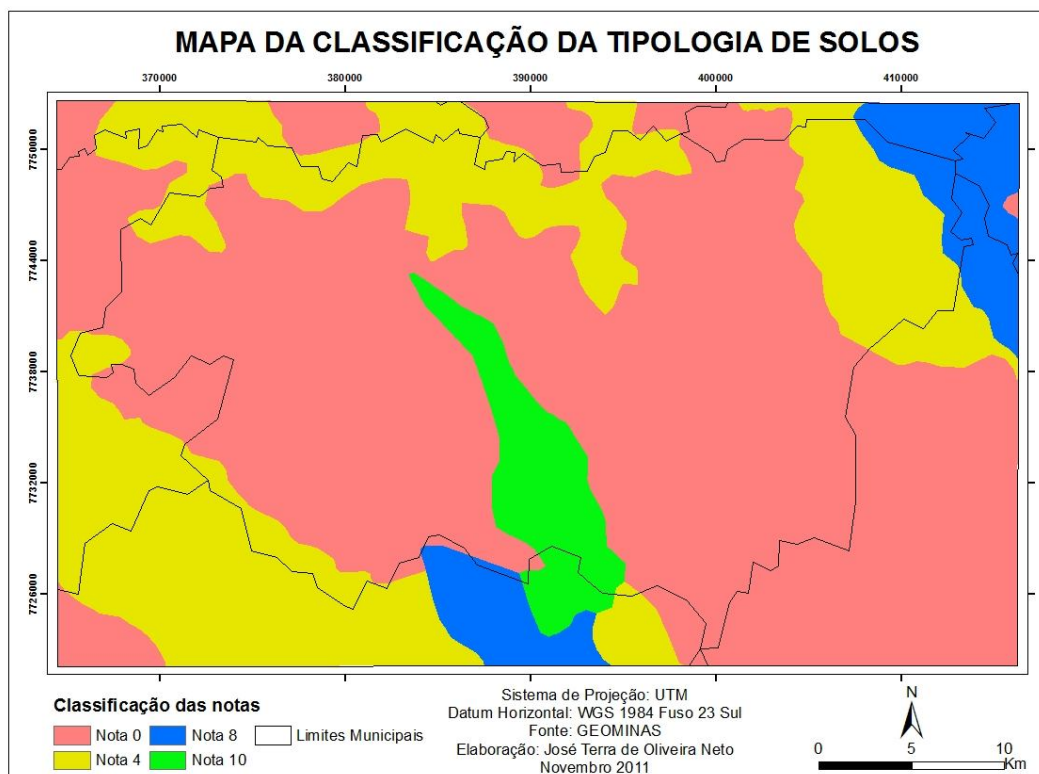
Fonte: (FREIRE, 2009)

Conforme já mencionado anteriormente, a tabela 5 mostra as notas dadas a cada tipologia de solo encontrada na região de Piumhi. As notas foram dadas com base no disposto no inciso II do artigo terceiro da DN 118/2008 COPAM-MG, a qual cita que um depósito de lixo deverá ser instalado em área com solo de baixa permeabilidade.

**Tabela 5 – Nota dada em relação à permeabilidade de cada uma das seis tipologias de solo verificadas para a região de Piumhi**

<b>Tipologia de Solo</b>	<b>Nota</b>
Latossolo Vermelho Escuro	0
Litossolo	0
Cambissolo	4
Podzólico Vermelho Amarelo	8
Podzólico Vermelho Escuro	8
Gleis Húmicos	10

Foram excluídas as áreas que possuem solos com permeabilidade média alta e alta, que foram os casos do Latossolo e Litossolo, o Cambissolo com permeabilidade média recebeu nota 4, os Podzólicos com permeabilidade média baixa receberam nota 8 e a maior nota, 10, foi dada a tipologia de solo com baixa permeabilidade, Gleis Húmicos. A figura 12 ilustra esta classificação escalonada.



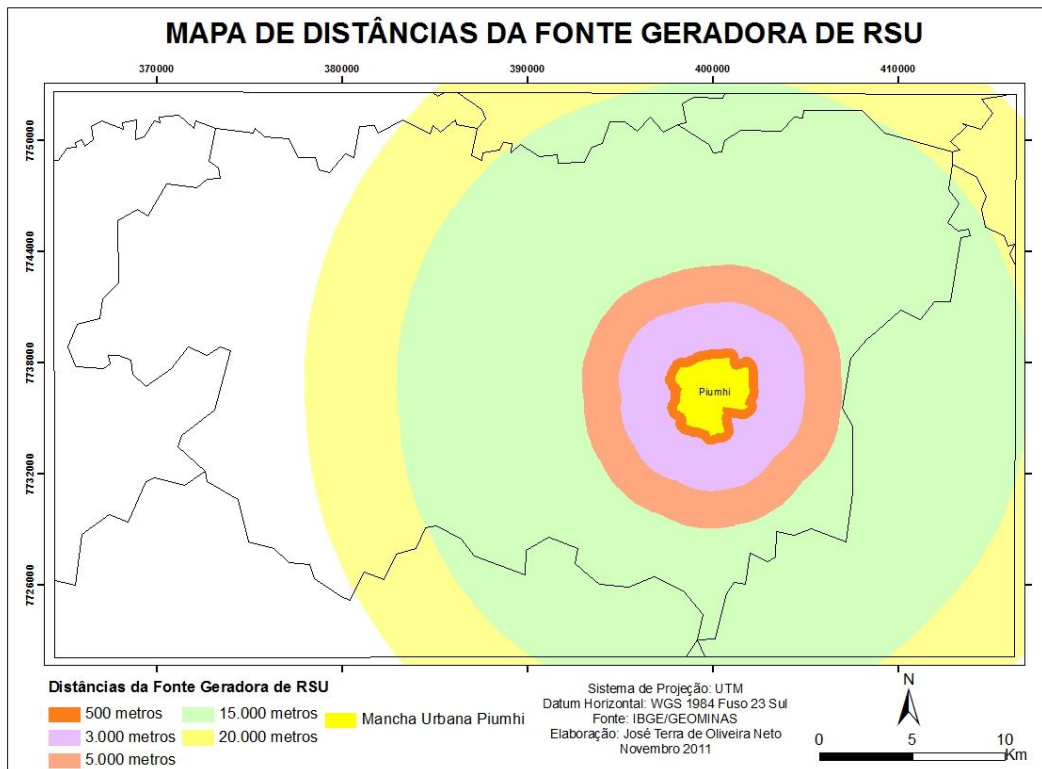
**Figura 12 – Classificação quanto as tipologias de solos existentes na Região de Piumhi-MG**

### **3.5.3 Distâncias da Fonte Geradora de RSU**

Este critério foi adotado com base nos custos inerentes ao transporte dos RSU até o local de disposição final. Este custo se não levado em consideração poderá inviabilizar determinada área selecionada.

Adotou-se como principal fonte geradora a mancha urbana do município de Piumhi.

Para ilustrar as distâncias consideradas, foram feitos vários “Buffers” a partir da mancha urbana do município de Piumhi, conforme ilustra a figura 13.



**Figura 13 – Distâncias da Fonte Geradora de RSU**

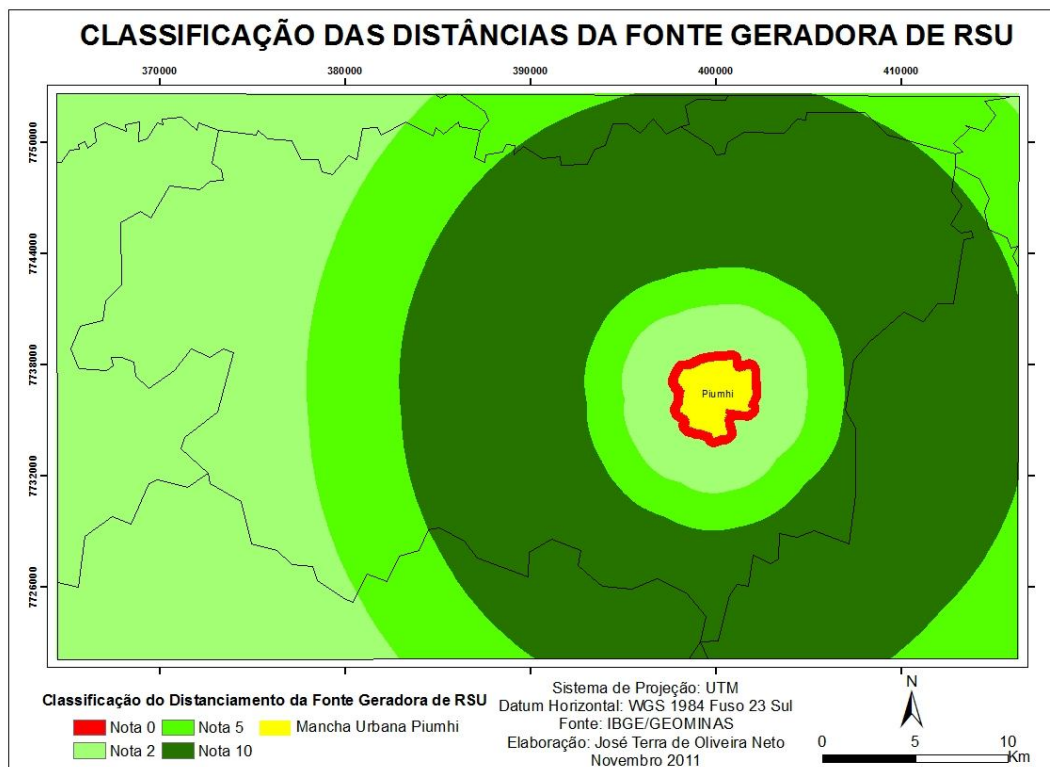
Para realização das análises foram dadas diferentes notas para as diferentes distâncias da principal fonte geradora de RSU, conforme informado anteriormente e resumido na tabela 6.

**Tabela 6 – Classificação das distâncias da fonte geradora de RSU**

Classe	Nota
0 a 500 metros	0
500 a 3.000 metros	2
3.000 a 5.000 metros	5
5.000 a 15.000 metros	10
15.000 a 20.000 metros	5
Mais que 20.000 metros	2

A nota 0 exclui as áreas até 500 metros da mancha urbana de Piumhi, conforme já considerado no critério restritivo da distância de núcleos populacionais. A nota 2 dada para distâncias entre 500 a 3.000 metros e nota 5 dada para distâncias entre 3.000 a 5.000

metros foram assim consideradas intermediárias por atenderem os requisitos legais, porém ainda assim, um aterro sanitário nestes locais poderá oferecer riscos de possíveis incômodos a população. A nota 10 foi dada para áreas distanciadas entre 5.000 a 15.000 metros, por esta ser considerada uma distância ótima do ponto de vista sócio ambiental, por minimizar os possíveis incômodos a serem causados a população e também pelo aspecto financeiro, por não onerar tanto os custos com o transporte dos RSU. A nota 2 dada para distâncias entre 15.000 a 20.000 metros e nota 5 dada para distâncias maiores que 20.000 foram assim consideradas intermediárias por já comprometerem a seleção das áreas devido aos custos advindos com o transporte dos RSU. A figura 14 ilustra o mapa com a classificação dada para cada classe de distância.



**Figura 14 – Classificação das Distâncias da Fonte Geradora de RSU**

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Resultados Esperados

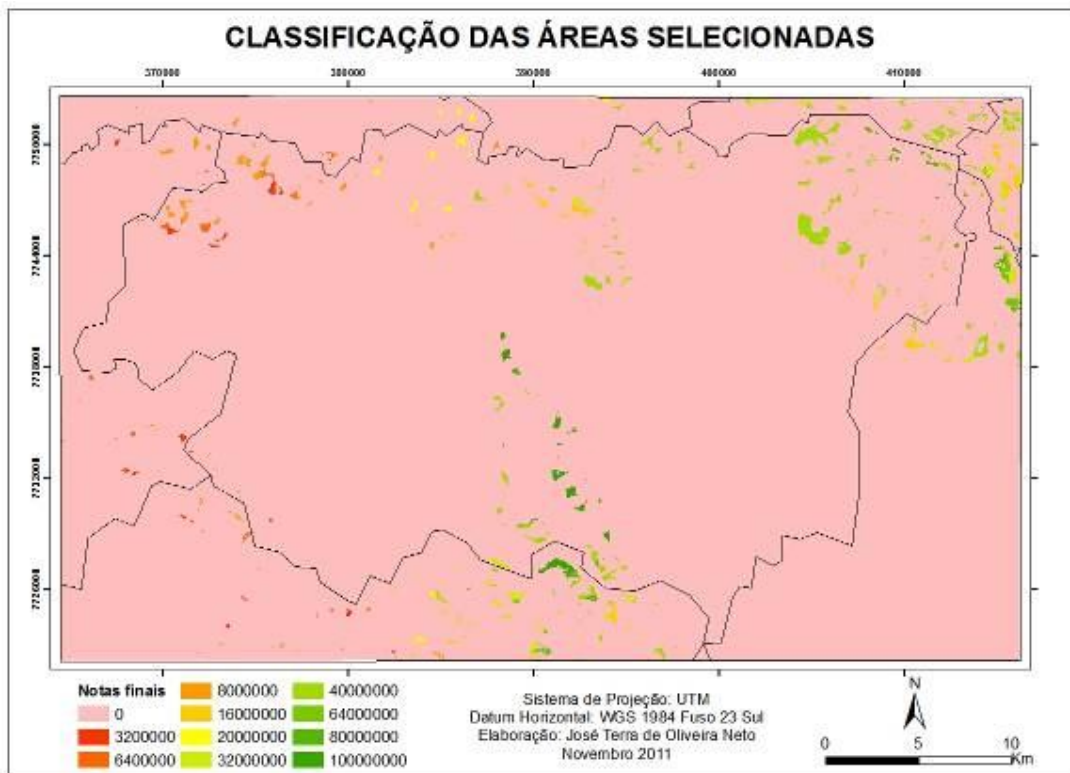
Depois de feitas as análises levando em consideração os critérios restritivos e escalonados considerados neste trabalho, espera-se encontrar um grupo de áreas favoráveis a instalação

de um aterro sanitário, as quais após a validação com visitas e ensaios de campo, seja possível selecionar uma delas, considerada a melhor área sob todos os aspectos, como construtivo, econômico, operacional, ambiental e social.

Não se espera neste trabalho, apontar qual seria a melhor área, uma vez que uma série de parâmetros não puderam ser contabilizados pela dificuldade em obtê-los, como por exemplo, profundidade do lençol freático.

#### 4.2 Resultados Encontrados

Para se obter as áreas favoráveis a instalação de um aterro sanitário, todos os mapas com critérios restritivos e escalonados foram multiplicados, conseqüentemente tendo seus pixels (ou notas dadas) multiplicados, sendo que ao final deste cálculo, as áreas excluídas ou inaptas ficam com pixel igual a 0 e os valores positivos de pixel ficam para áreas aptas a instalação do empreendimento. A figura 15 ilustra o resultado final desta multiplicação de mapas:



**Figura 15 – Classificação das Áreas Seleccionadas**

Na área de trabalho considerada foram encontradas 1.111 áreas aptas.



#### 4.2.1 Refinamento da seleção de áreas

Visando melhorar a seleção de áreas encontradas anteriormente, são feitas a seguir algumas considerações para apontar áreas mais aptas à instalação do aterro sanitário.

##### 4.2.1.1 Áreas no município de Piumhi

Como os estudos realizados neste trabalho consideram apenas o município de Piumhi, é importante que se considerem apenas áreas que estão dentro do perímetro do município. Sendo assim foram excluídas as áreas que estão fora do município, conforme figura 16.

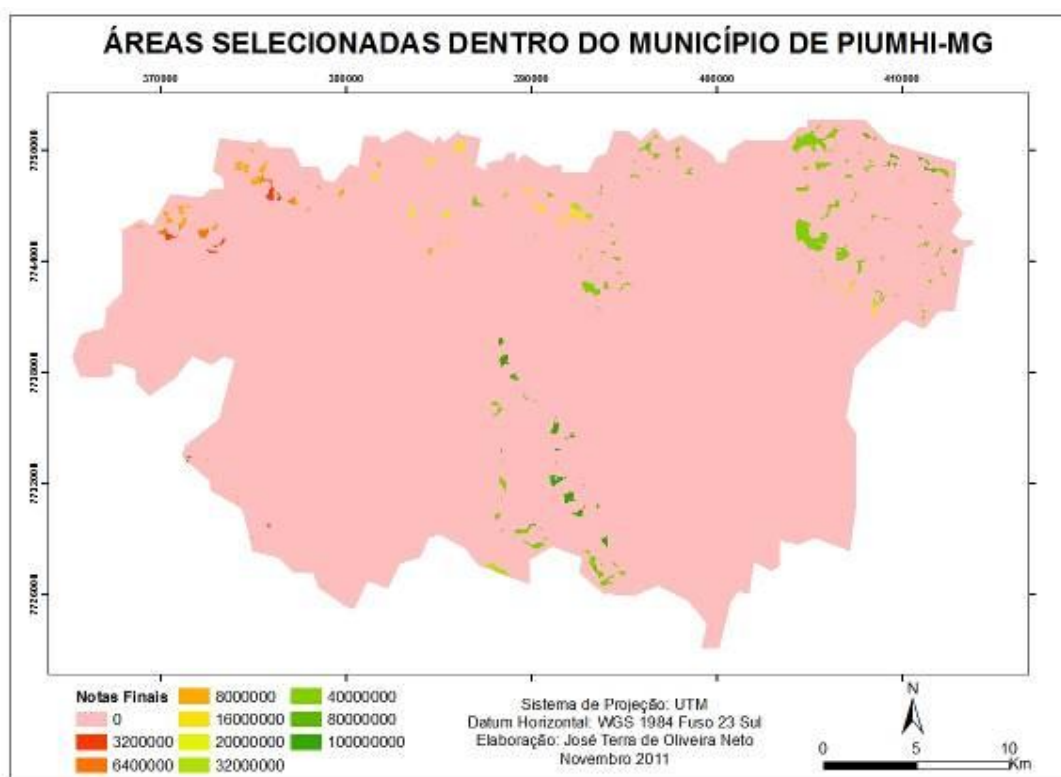


Figura 16 – Áreas Selecionadas Dentro do Município de Piumhi-MG

Com esta exclusão, o número de áreas favoráveis foi para 473.

##### 4.2.1.2 Tamanho de área requerida para o aterro

A seleção de áreas também deve levar em consideração o tamanho da área requerida para instalação do aterro, o que limitará muitas das áreas selecionadas nos passos anteriores.

Para o cálculo da área requerida foram adotadas as seguintes considerações para o município de Piumhi:

- População Inicial (2010) = 31.883 habitantes (IBGE, 2011);
- Geração RSU per capita = 0,650 kg/hab.dia (IPT/CEMPRE,2000);
- Crescimento População Ano = 1,0130 %;
- Crescimento Geração RSU/hab/ano = 1 %;
- População Atendida pela coleta RSU = 95%;
- Crescimento Coleta/ano = 0,22%;
- Peso Específico do Lixo = 0,7 ton/m<sup>3</sup> (IPT/CEMPRE, 2000);
- Vida útil do aterro = 21 anos (a partir de 2011).

Para o cálculo do crescimento da população por ano foi considerada a base de dados do Censo Demográfico do IBGE para o município de Piumhi, como resumido na tabela 7.

**Tabela 7 – Resumo dos resultados dos Censos Demográficos do IBGE para o município de Piumhi**

Ano do Censo	População (hab)
1991	24.938
1996	26.657
2000	28.783
2007	30.984
2010	31.883

Fonte: (IBGE, 2011)

Com os números desta tabela é possível por meio de uma curva de correlação, encontrar a taxa de crescimento anual da população, que neste caso foi de 1,0130%.

O cálculo do volume necessário para um aterro com vida útil de 21 anos se encontra resumido na tabela 8.

**Tabela 8 – Resumo do cálculo para volume necessário para o aterro sanitário**

ANO	POPULAÇÃO	GER/PES/DIA (Kg)	LIXO/DIA (Ton)	LIXO/ANO (Ton)	VOL (m <sup>3</sup> )	VOL AC(m <sup>3</sup> )	% Coleta
2011	32206	0,66	20,14	7349,34	10499,06	10499,06	0,952323
2012	32532	0,66	20,59	7516,37	10737,67	21236,73	0,954652
2013	32862	0,67	21,06	7687,19	10981,70	32218,42	0,956987
2014	33195	0,68	21,54	7861,89	11231,27	43449,69	0,959327
2015	33531	0,68	22,03	8040,56	11486,52	54936,21	0,961673
2016	33871	0,69	22,53	8223,30	11747,57	66683,78	0,964025
2017	34214	0,70	23,04	8410,18	12014,55	78698,32	0,966383
2018	34560	0,70	23,57	8601,32	12287,59	90985,92	0,968746
2019	34910	0,71	24,10	8796,79	12566,85	103552,76	0,971115
2020	35264	0,72	24,65	8996,71	12852,45	116405,21	0,97349
2021	35621	0,73	25,21	9201,18	13144,54	129549,75	0,975871
2022	35982	0,73	25,78	9410,29	13443,27	142993,01	0,978257
2023	36347	0,74	26,37	9624,15	13748,78	156741,80	0,980649
2024	36715	0,75	26,97	9842,87	14061,24	170803,04	0,983048
2025	37087	0,75	27,58	10066,56	14380,81	185183,85	0,985452
2026	37462	0,76	28,21	10295,34	14707,63	199891,48	0,987862
2027	37842	0,77	28,85	10529,32	15041,88	214933,36	0,990277
2028	38225	0,78	29,50	10768,61	15383,73	230317,09	0,992699
2029	38613	0,79	30,17	11013,34	15733,35	246050,44	0,995127
2030	39004	0,79	30,86	11263,64	16090,91	262141,35	0,99756
2031	39399	0,80	31,56	11519,62	16456,60	278597,95	1
2032	39798	0,81	32,20	11752,68	16789,54	295387,49	1
			<b>TOTAL =</b>	<b>206771,24</b>	<b>295387,49</b>		
<b>VolTotal (lix+rcb) =</b>		<b>354465,0</b>	<b>m<sup>3</sup></b>				

Apenas para exemplificar o cálculo segue a explicação do cálculo do número de uma linha da tabela:

**1ª linha\***

- População (2010) = 31.883 habitantes;
- População em 2011 = 31.883 (Pop.2010) \* 1,0130% (Crescimento Anual Pop) = 32.206 hab.;
- Geração / hab/dia = 0,65 (Geração 2010)\* 1% (Crescimento Geração Anual) = 0,66;
- Lixo/tonelada/dia = 32.206 (População 2011) \*0,66 (Geração Per Capita) = 20,14;
- Lixo/tonelada/ano = 20,14 (lixo/ton/dia) \*365 (dias ano) = 7.349,34;

- Volume (m<sup>3</sup>) = 7.349,34(Lixo/ton/ano) \* 0,7 (Peso Específico do Lixo) = 10.499,06;
- Volume acumulado (m<sup>3</sup>) = Volume do ano anterior mais o volume do ano atual = 10.499,06;
- % Coleta = A porcentagem de coleta dos RSU aumenta 0,22% ao ano, considerando o valor inicial de 95% dos domicílios atendidos pela coleta = 0,95 (porcentagem de coleta em 2010) \* 1,0022 (Taxa de aumento da coleta) = 0,952323%.

Aplicando os mesmos cálculos para os anos subseqüentes até o ano de 2032, têm-se:

- Volume total necessário (m<sup>3</sup>) = volume encontrado para aterro em 21 anos mais 20% = **354.465 m<sup>3</sup>**

Os 20% considerados no cálculo se justifica devido ao volume de material necessário para recobrimento da massa de lixo.

\*As transformações de unidade não foram consideradas na explicação acima.

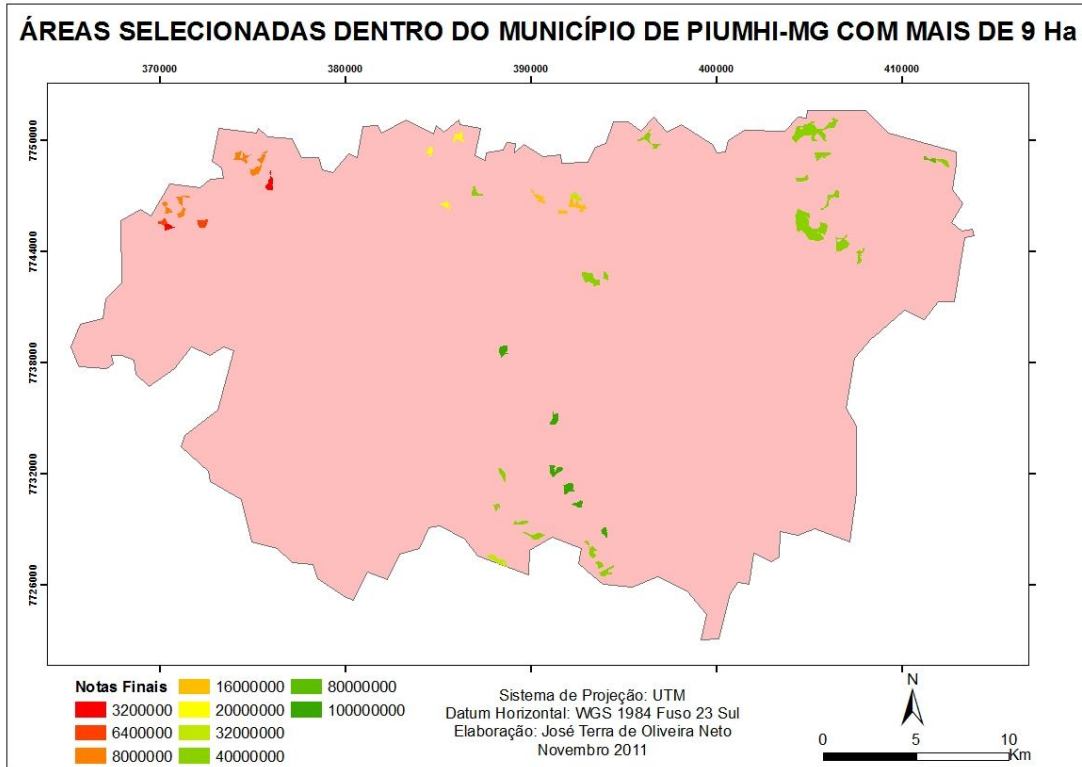
Para o cálculo da área requerida foi considerada uma vala com altura máxima de 4 metros, sendo assim têm-se:

- Área = Volume/Altura
- Área requerida = 354.465 m<sup>3</sup> / 4 metros = **88.616,25 m<sup>2</sup>**.

Será considerada a área requerida no valor aproximado de 90.000 m<sup>2</sup> ou **9 ha**.

É importante mencionar que o tipo de aterro a ser adotado, dependerá além do volume diário para disposição dos RSU como também das características físicas e geográficas da área selecionada.

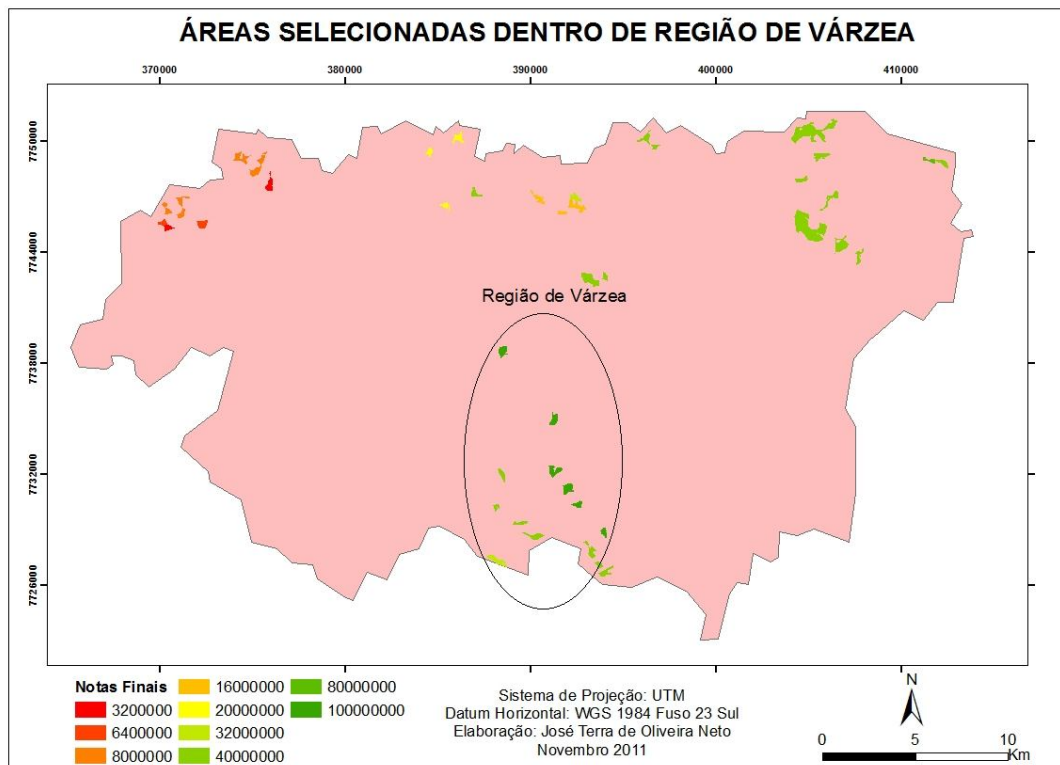
Depois dos cálculos feitos e excluindo a partir da seleção anterior, áreas menores que 90.000 m<sup>2</sup>, têm-se 43 áreas aptas a instalação do aterro sanitário, conforme ilustra a figura 17.



**Figura 17 – Áreas Seleccionadas Dentro do Município de Piumhi-MG com mais de 9 Hectares.**

#### 4.2.1.3 Áreas situadas em locais de várzea

Por meio de entrevista com moradores da cidade, sabe-se que a região ilustrada no círculo presente na figura 18, é uma área de várzea, e conseqüentemente sujeita a inundações no período de chuvas.



**Figura 18 – Áreas Seleccionadas Dentro de uma Região de Várzea.**

Segundo (PROJETO TRANSPÍUMHI, 2011) no final dos anos 50, as águas do rio Piumhi fluíam num pequeno trecho para o Nordeste, deslocando-se para o Leste, em seguida para o Sudeste e finalmente para o Sul, que passava a ser sua direção geral até a foz. Em parte de seu percurso atravessava uma região de planície alagada com mais de 38 km de extensão, denominada antigamente como o pantanal do rio Piumhi.

No final dos anos 60 estava sendo concluída a represa de Furnas, sobre o Rio Grande, porém para sua operação foi necessária a construção de um dique, conforme ilustra foto 01, para evitar a inundação do município de Capitólio pelas águas da represa, que escorreriam pela região do pântano até os afluentes do Rio São Francisco, ligando assim duas bacias hidrográficas. Entretanto devido à construção do dique, as águas do Rio Piumhi foram represadas, desta forma, foi construído um canal de aproximadamente 18 km para desviar as águas deste rio e também da região do pântano para o Ribeirão Água Limpa, o qual foi dragado e alargado para receber um maior volume de água. O córrego Água Limpa deságua no Ribeirão Sujo, que é um dos afluentes do Rio São Francisco. A foto 02 mostra o canal construído e a foto 03 ilustra a região onde existia o pântano.



Foto 01: Dique de Capitólio – Fonte (PROJETO TRANSPIUMHI, 2011)



Foto 02: Local da Transposição do Rio Piumhi - Fonte (PROJETO TRANSPIUMHI, 2011)

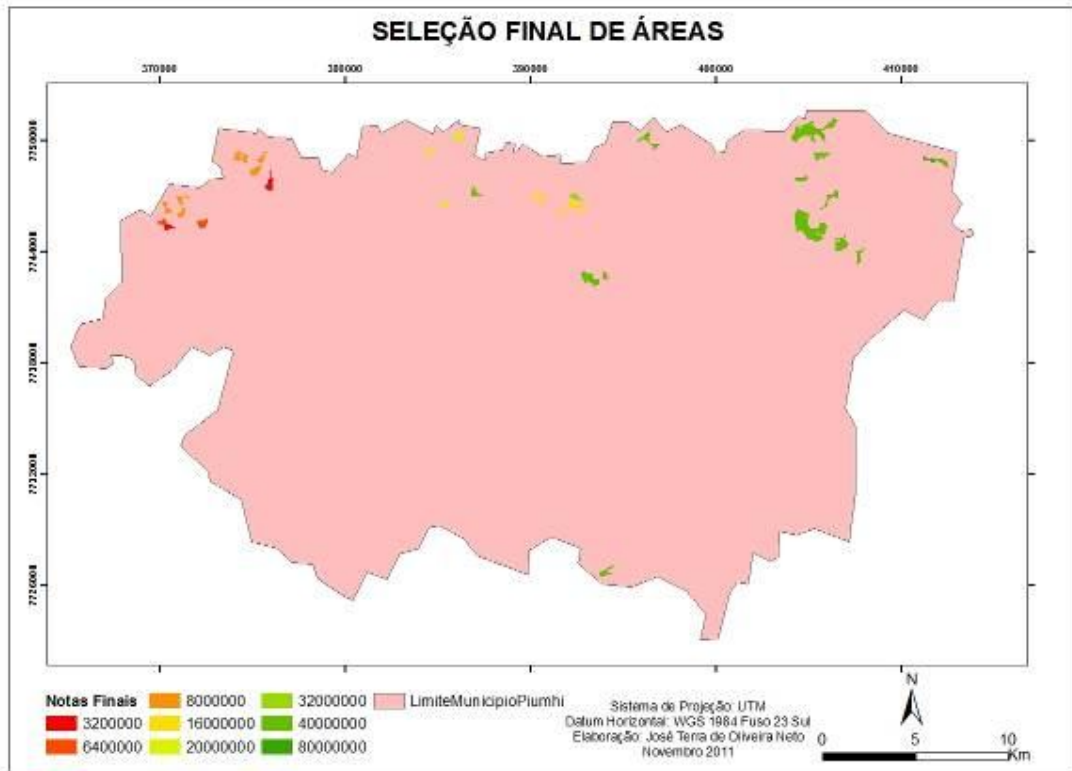


Foto 03: Região onde existia o pântano, a seta indica o canal do Rio Piumhi - Fonte (PROJETO TRANSPIUMHI, 2011)

Este tema é estudado em maiores detalhes por pesquisadores da Universidade Federal de São Carlos e Universidade Federal do Rio de Janeiro, segundo site do Projeto Transpiumhi, (PROJETO TRANSPIUMHI, 2011).

A existência de áreas sujeitas a inundações é um critério que não pôde ser levado em consideração pela indisponibilidade de dados para realização das análises propostas com o software do SIG e pela complexidade do assunto, o qual poderia ser tratado em específico em outros trabalhos de pesquisa. Sendo assim, será considerado neste trabalho o que se conhece na história de região e também dados do (PROJETO TRANSPIUMHI, 2011).

Desta forma serão excluídas da seleção de áreas propostas neste trabalho, as áreas que estão dentro do perímetro da região destacada na figura 18, uma vez que são áreas sujeitas a inundações. O resultado desta exclusão está ilustrado na figura 19.



**Figura 19 – Seleção Final de Áreas.**

#### 4.2.1.4 Seleção final

Após todas as operações e considerações foi possível apontar 27 áreas aptas a receberem o aterro sanitário de Piumhi. Nota-se que devido a ultima exclusão de áreas; as áreas com maior pontuação, 10.000.000, foram excluídas.

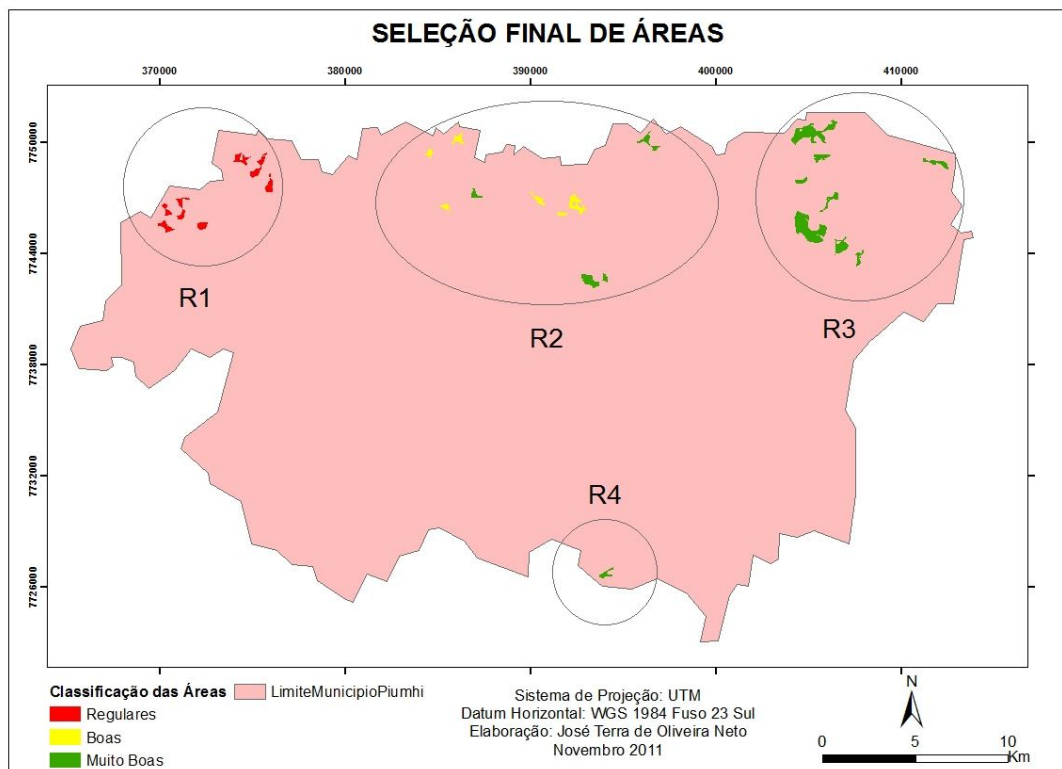
Para melhor entendimento da maior ou menor aptidão da área considerada, as 27 áreas foram classificadas em regulares, boas e muito boas, conforme ilustra a figura 20. A tabela 9 mostra o critério adotado nesta classificação.

**Tabela 9 – Classificação de acordo com as notas obtidas**

Nota obtida	Classificação dada
32.000.000	Regular
64.000.000	
80.000.000	
160.000.000	Boas
200.000.000	



320.000.000	Muito Boas
400.000.000	
800.000.000	



**Figura 20 – Classificação da Seleção Final de Áreas.**

Na figura 20 pode se observar 4 regiões onde estão as áreas selecionadas; Região 1 (R1), Região 2 (R2), Região 3 (R3) e Região 4 (R4).

Na R1 estão localizadas as 8 áreas classificadas como regulares, e obtiveram notas baixas provavelmente devido à distância da fonte geradora de RSU. Na R2 estão localizadas as 6 áreas classificadas como boas e também 4 áreas classificadas como muito boas. As R3 e R4 possuem apenas áreas classificadas como muito boas, totalizando 9 áreas.

Observa-se que a R4 possui apenas uma área, a qual foi classificada como muito boa, pois as outras antes localizadas nas proximidades foram retiradas devido à proximidade com áreas de várzea. É importante ressaltar que se escolhida esta área, devido à proximidade com a área de várzea, sejam realizados estudos completos sobre profundidade do lençol

freático, determinação de manchas de inundação e outros que se julguem necessários para minimizar riscos de contaminação dos recursos hídricos existentes na região.

## **5 CONSIDERAÇÕES**

É importante ressaltar que é de extrema importância que sejam feitas visitas a campo para validação das áreas apontadas neste trabalho como favoráveis a instalação do aterro sanitário.

Como já mencionado anteriormente, uma série de fatores devem ser ainda levados em consideração, por meio de visitas a campo, conversa com moradores da região e estudos mais aprofundados quanto aos critérios não considerados neste trabalho.

Alguns dos critérios não considerados neste trabalho pela indisponibilidade de dados e complexidade do estudo, diz respeito à determinação das áreas de inundação, exigência inclusive do inciso II do artigo terceiro da DN 118/08 COPAM-MG, que cita que um depósito de lixo deverá ser instalado em área não sujeita a eventos de inundação. O critério é importante, pois envolve risco de contaminação de recursos hídricos, o que causaria um grande impacto ambiental negativo. Para minimizar a não consideração deste critério, foram excluídas as áreas situadas na região do antigo pântano, localizada nas proximidades do canal do Rio Piumhi.

Não pôde ser levado em consideração também a presença de áreas cársticas, erodidas, com voçorocas e de veredas e, a qual será possível realizar verificação e validação apenas com visitas a campo.

As áreas de APP em sua grande maioria foram consideradas neste trabalho, pois foi atribuída nota 0 a áreas a menos de 300 metros de qualquer coleção hídrica e também com declividades superior a 30%.

É importante ressaltar que neste trabalho não foi feita a classificação do uso e ocupação do solo, o que também exercerá influência no processo de escolha da área, como por exemplo, no valor de aquisição do terreno, se área estiver ocupada por algum tipo de cultura agrícola ou no impacto ambiental advindo da supressão vegetal, se a área escolhida for área de mata ou algum tipo de vegetação robusta.

## 6 CONCLUSÃO

As técnicas do Geoprocessamento se mostraram como ferramentas eficazes, rápidas e adequadas para realização das análises propostas neste trabalho. Esta tecnologia demonstra sua grande aptidão para realização de análises complexas de forma rápida, precisa e com qualidade.

Mesmo com a limitação de dados disponíveis para a região estudada, conclui-se que o objetivo principal do trabalho foi alcançado visto que foi possível apontar áreas favoráveis a instalação do aterro sanitário para o município de Piumhi. A partir do cálculo da área requerida e exclusão de áreas em locais de várzea, foi possível realizar um refinamento desde a primeira seleção, que foram de 1.111 áreas para 27 áreas aptas a receberem o aterro sanitário.

Percebe-se também a importância da realização de estudos mais aprofundados conforme discutido no item considerações para a escolha da área. Entende-se também que é inerente ao processo de licenciamento ambiental para instalação e operação do aterro sanitário, a realização de um estudo de impacto ambiental e conseqüentemente proposição de medidas mitigadoras de impactos negativos advindos deste tipo de empreendimento; o que poderá controlar de certa forma, algum aspecto negativo relacionado à escolha da área.

Entende-se que o presente estudo pôde pelo menos mostrar para o município de Piumhi, a importância da correta destinação dos seus RSU e também das diretrizes e boas práticas a serem seguidas no processo de seleção de áreas para instalação de um aterro sanitário.

É importante ressaltar que não obstante a destinação correta dos RSU por meio do aterro sanitário, é recomendável que a prefeitura de Piumhi invista em programas de educação ambiental, na reciclagem e reaproveitamento dos resíduos gerados e principalmente no consumo consciente, ou seja, na redução da geração dos resíduos sólidos; desta maneira o impacto ambiental advindo da destinação dos RSU será minimizado, como por exemplo, a diminuição dos riscos de contaminação de solos e água e menor necessidade de áreas para disposição final.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIANA, SILVIO MÁRIO DE SOUZA; **Seleção de Áreas para Implantação de Aterros Sanitários no Município de Campina Grande – PB**. Campina Grande-PB: 2007 (Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente). Programa Regional de Pós Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA, Universidade Federal da Paraíba e Universidade Estadual da Paraíba. 52 p. Disponível em <[http://www.prodema.ufpb.br/arquivos/dissertacoes/silvio\\_mario.pdf](http://www.prodema.ufpb.br/arquivos/dissertacoes/silvio_mario.pdf)> acessado em 25/10/11.

BRASIL. Presidência da República. **Lei Nº 12.305**, de 02 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**, Brasília, DF, 02 de agosto de 2010.

COSTA, KELLY DE VASCONCELOS. **Classificação de áreas favoráveis a disposição de resíduos sólidos utilizando geoprocessamento**. Belo Horizonte, 2001. Monografia (Especialização) – Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Geociências. Departamento Cartografia. 33p.

CRESPO, DANIEL PIZARRO. **Estudo de Viabilidade Ambiental para Implantação do Aterro Sanitário de Canaã dos Carajás**. Belo Horizonte, 2006. Monografia (Especialização) – Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Geociências. Departamento Cartografia. 39f.

DOMINGOS, CLARICE SILVESTRE; **Geoprocessamento na escolha de sistemas ambientais para aterros sanitários na Região Metropolitana de Fortaleza – CE**. Fortaleza: 2007 (Dissertação de Mestrado Acadêmico em Geografia). Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual do Ceará. 144 p. Disponível em <[http://www.uece.br/mag/dmdocuments/clarice\\_silvestre\\_dissertacao.pdf](http://www.uece.br/mag/dmdocuments/clarice_silvestre_dissertacao.pdf)>, acessado em 13/12/11.

ESTADO DE MINAS GERAIS. **Lei Estadual nº 18.031**, de 12 de janeiro de 2009. Dispõe sobre a política estadual de resíduos sólidos. **Minas Gerais Diário do Executivo** – 13 de janeiro de 2009. p. 8 col.1.

ESTADO DE MINAS GERAIS. **Lei Estadual nº 14.309**, de 19 de junho de 2002. Dispõe sobre as Políticas Florestal e de Proteção à Biodiversidade no Estado. **Minas Gerais Diário do Executivo** – 20 de junho de 2002.

FEAM, 2011- a. Programa Minas Sem Lixões. Disponível em <<http://www.minassemlixoes.org.br/conheca-o-programa/quem-somos/>>, acessado em 10/10/11.

FEAM, 2011- b. Programa Minas Sem Lixões, Mapa da Situação do Tratamento e/ou Disposição Final dos Resíduos Sólidos Urbanos de Minas Gerais 2010. Disponível em <[http://www.feam.br/images/stories/minas\\_sem\\_lixoes/2011/mapa\\_minas\\_sem\\_lixao\\_2010.jpg](http://www.feam.br/images/stories/minas_sem_lixoes/2011/mapa_minas_sem_lixao_2010.jpg)>, acessado em 10/10/11.

FREIRE, GERSON JOSÉ DE MATTOS; **Análise de Municípios Mineiros quanto à Situação de seus Lixões**. Belo Horizonte: 2009 (Dissertação de Mestrado em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais). Departamento de Cartografia e Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais. 104 p.

IBGE – Cidades @. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>> acessado em 23/05/2011.

ICMBIO- Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Parque Nacional da Serra da Canastra. Disponível em <<http://www.icmbio.gov.br/o-que-fazemos/visitacao/ucs-abertas-a-visitacao/32-parques-nacionais/198-parque-nacional-serra-da-canastra>>, acessado em 31/10/11.

IPT/CEMPRE - **Lixo Municipal - Manual de Gerenciamento Integrado**. São Paulo: 2ª edição. IPT/Cempre, 2000.

MINAS GERAIS. **Deliberação Normativa COPAM nº 52**, de 14 de dezembro de 2001. Convoca municípios para o licenciamento ambiental de sistema adequado de disposição final de lixo e dá outras providências. Publicação. Diário do Executivo. "**Minas Gerais**". 15/12/2001.

MINAS GERAIS. **Deliberação Normativa COPAM nº118**, 27 de Junho de 2008 Altera os artigos 2º, 3º e 4º da Deliberação Normativa 52/2001, estabelece novas diretrizes para

adequação da disposição final de resíduos sólidos urbanos no Estado, e dá outras providências. **Minas Gerais**, Belo Horizonte, 01/07/2008.

MOURA, ANA CLARA M. **Geoprocessamento na gestão e planejamento urbano**. Belo Horizonte, Ed da Autora, 2003, 294 p.

MOURA, ANA CLARA M. 2007. **Reflexões metodológicas como subsídio para estudos ambientais baseados em Análise de Multicritério**. In Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, p.2899-2906.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PIUMHI. Disponível em <[http://www.prefeiturapiumhi.mg.gov.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=26&Itemid=224](http://www.prefeiturapiumhi.mg.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=26&Itemid=224)>, acessado em 05/10/11.

PROJETO TRANSPIUMHI. Disponível em <<http://www.transpiumhi.ufscar.br/historico.htm>>, acessado em 05/05/11.