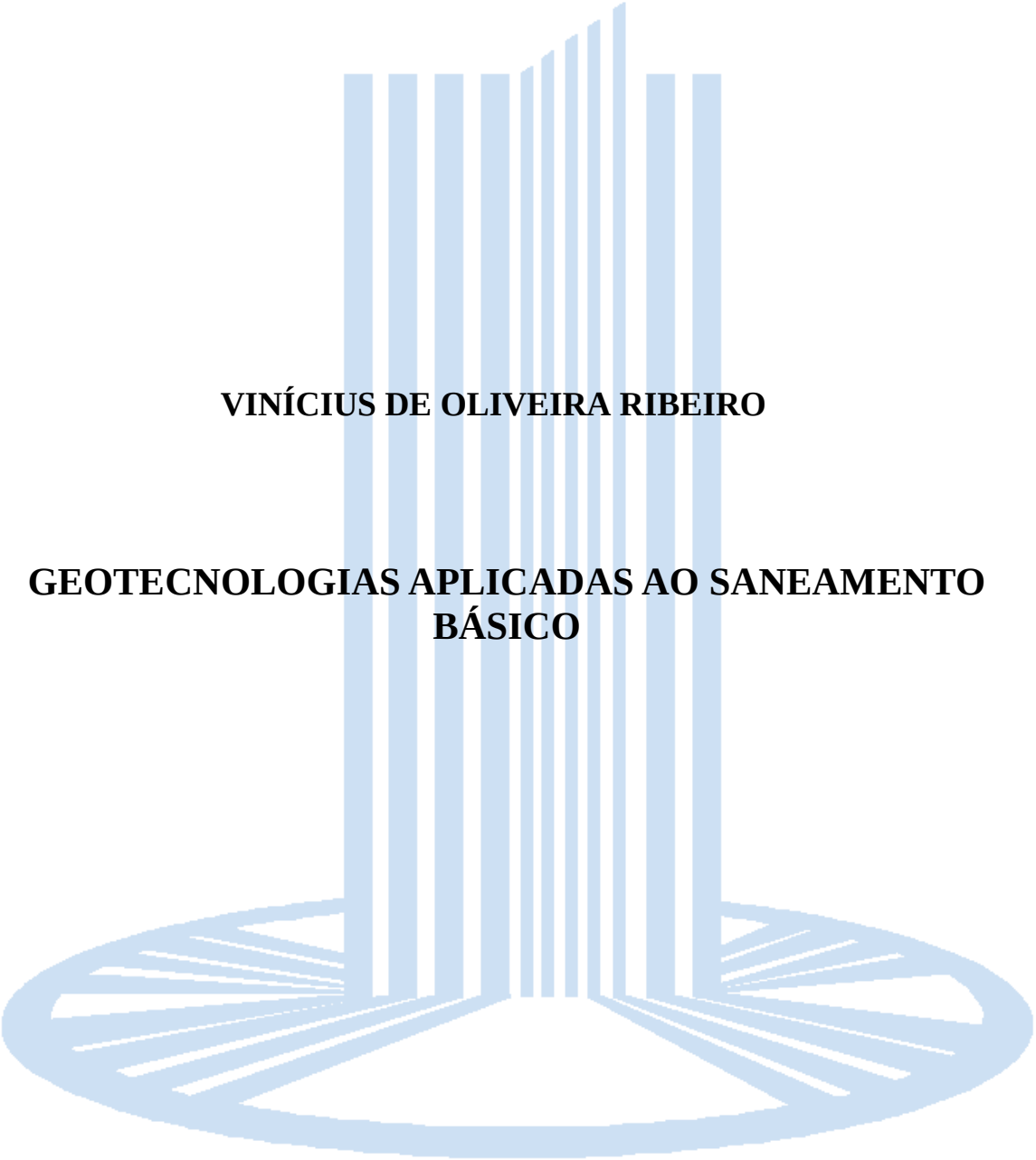




**VINÍCIUS DE OLIVEIRA RIBEIRO**

**GEOTECNOLOGIAS APLICADAS AO SANEAMENTO  
BÁSICO**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIAS AMBIENTAIS

**Vinícius de Oliveira Ribeiro**

## **GEOTECNOLOGIAS APLICADAS AO SANEAMENTO BÁSICO.**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos.

**ORIENTADOR: Prof. Dr. Antonio Conceição  
Paranhos Filho**

Aprovada em: 18/07/2011

**Banca Examinadora:**

Prof. Dr. Antonio Conceição Paranhos Filho  
Orientador PGTA - UFMS

Prof. Dr. Giancarlo Lastoria  
PGTA - UFMS

Prof. Dr. Carlos Henrique Grohmann de Carvalho  
IGc - USP

Campo Grande, MS.  
2011

## **DEDICATÓRIA**

*As mulheres de minha vida: Luciene, Edith, Júlia e Cíntia*

## AGRADECIMENTOS

Devo agradecer primeiramente a Deus, pela força e discernimento nos momentos difíceis. À minha família, professores e amigos que ao longo de minha vida contribuíram para minha formação profissional e pessoal.

À Universidade Federal do Mato Grosso do Sul por ter me proporcionado ensino de qualidade e à SANESUL por ter tornado possível a continuidade de minha formação profissional.

Em especial minha tia (*in memorian*), minha mãe e minha avó (*in memorian*) que muito se sacrificaram para poder me graduar. À Cíntia, companheira nas horas boas e ruins.

À amiga Maria Auxiliadora pela minuciosa revisão ortográfica.

Ao professor amigo e orientador, Antonio Paranhos que muito contribuiu para a conclusão com êxito deste trabalho.

## EPÍGRAFE

*“Somente com o entendimento do todo podemos perceber e descrever as nuances dos fins.”*

Vinícius de O. Ribeiro

# SUMÁRIO

|                        |     |
|------------------------|-----|
| DEDICATÓRIA .....      | ii  |
| AGRADECIMENTOS.....    | iii |
| EPÍGRAFE.....          | iv  |
| SUMÁRIO .....          | v   |
| LISTA DE FIGURAS ..... | vii |
| LISTA DE TABELAS ..... | x   |
| RESUMO .....           | 11  |
| INTRODUÇÃO GERAL ..... | 12  |
| OBJETIVO GERAL .....   | 13  |

|                                                                                                                                 |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Artigo 1:</b> Identificação de áreas para a instalação de Estação de Tratamento de Esgoto, utilizando álgebra de mapas. .... | 14 |
| 1.0 INTRODUÇÃO.....                                                                                                             | 15 |
| 1.1 Objetivos .....                                                                                                             | 16 |
| 2.0 MATERIAS E MÉTODOS .....                                                                                                    | 16 |
| 2.1 População de projeto .....                                                                                                  | 16 |
| 2.2 Sistema de Tratamento adotado e área demandada.....                                                                         | 18 |
| 2.3 Dados Vetoriais .....                                                                                                       | 19 |
| 2.4 Imagens de Satélite.....                                                                                                    | 19 |
| 2.5 Cartas Temáticas .....                                                                                                      | 20 |
| 2.5.1 Carta de Cursos D'água .....                                                                                              | 21 |
| 2.5.2 Carta de Estradas.....                                                                                                    | 23 |
| 2.5.3 Carta de Uso e Ocupação do Solo.....                                                                                      | 27 |
| 2.5.4 Carta de Declividade .....                                                                                                | 28 |
| 2.5.5 Carta de solos .....                                                                                                      | 31 |
| 2.5.6 Cartas de distância do perímetro urbano.....                                                                              | 32 |
| 2.5.6.1 Cartas de distância máxima exequível .....                                                                              | 32 |
| 2.5.6.2 Cartas de Faixas de distância do perímetro urbano.....                                                                  | 35 |
| 2.6 Álgebra de Mapas.....                                                                                                       | 36 |
| 2.7 Rosa dos Ventos .....                                                                                                       | 37 |
| 2.8 Visita a campo .....                                                                                                        | 39 |

|                                                                                                                           |                                                                          |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.0                                                                                                                       | RESULTADOS E DISCUSSÃO .....                                             | 39 |
| 4.0                                                                                                                       | CONCLUSÕES .....                                                         | 42 |
| 5.0                                                                                                                       | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....                                         | 43 |
| <br>                                                                                                                      |                                                                          |    |
| <b>Artigo 2:</b> Análise de bacia tributária da captação de água para abastecimento humano utilizando geotecnologias..... |                                                                          |    |
|                                                                                                                           |                                                                          | 46 |
| 1.0                                                                                                                       | INTRODUÇÃO.....                                                          | 47 |
| 1.1                                                                                                                       | Objetivos.....                                                           | 48 |
| 2.0                                                                                                                       | MATERIAS E MÉTODOS .....                                                 | 48 |
| 2.1                                                                                                                       | Cobertura do solo da bacia de contribuição.....                          | 51 |
| 2.2                                                                                                                       | Análise multitemporal da cobertura do solo da bacia de contribuição..... | 52 |
| 3.0                                                                                                                       | RESULTADOS E DISCUSSÃO .....                                             | 53 |
| 4.0                                                                                                                       | CONCLUSÃO.....                                                           | 64 |
| 5.0                                                                                                                       | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....                                         | 65 |
| <br>                                                                                                                      |                                                                          |    |
| CONCLUSÃO GERAL .....                                                                                                     |                                                                          | 67 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....                                                                                          |                                                                          | 69 |
| ANEXO.....                                                                                                                |                                                                          | 70 |

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                                                                                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura I. 1</b> - Município de Coronel Sapucaia/MS, área do estudo situada na região sudoeste do Estado de Mato Grosso do Sul.....                                                                                      | 17 |
| <b>Figura I. 2</b> - Dados demográficos e equações de projeção, mostrando o comportamento dos diferentes gráficos representativos da evolução da população do Município de Coronel Sapucaia/MS.....                        | 18 |
| <b>Figura I. 3</b> - Localização da imagem de Orbita 225 – ponto 076 do satélite Landsat 5 TM (GLCF, 2010), utilizada neste trabalho. ....                                                                                 | 20 |
| <b>Figura I. 4</b> - Corte na cena Landsat 5 TM, composição 4,4,3 – Data de passagem 12/04/2010. Em destaque os limites territoriais do Município de Coronel Sapucaia/MS.....                                              | 21 |
| <b>Figura I. 5</b> - Vetorialização dos cursos d’água em Coronel Sapucaia (Imagem de fundo Landsat 5 TM – comp. 4-5-3, DP 12/04/2010) .....                                                                                | 22 |
| <b>Figura I. 6</b> - Delimitação do <i>buffer</i> de 75 m a partir do eixo central do curso d’água, para representação da área de preservação permanente (APP). ....                                                       | 22 |
| <b>Figura I. 7</b> – <i>Buffer</i> para APP em detalhe, mostrando seu deliniamiento em torno dos cursos d’água no Município (Imagem de fundo Landsat 5 TM – composição 4-5-3, DP 12/04/2010).....                          | 23 |
| <b>Figura I. 8</b> - Carta Raster de Cursos D’água de Coronel sapucaia. ....                                                                                                                                               | 24 |
| <b>Figura I. 9</b> – Vetorialização das rodovias e estradas vicinais de coronel Sapucaia (Imagem de fundo Landsat 5 TM – comp. 4-5-3, DP 12/04/2010.....                                                                   | 24 |
| <b>Figura I. 10</b> – Delimitação do <i>buffer</i> de 50 m a partir do eixo central da rodovia, para representação da faixa de domínio. ....                                                                               | 25 |
| <b>Figura I. 11</b> – <i>Buffer</i> para faixa de domínio em detalhe, mostrando seu deliniamiento em torno das estradas no Município (Imagem de fundo Landsat 5 TM – composição 4-5-3, DP 12/04/2010). ....                | 26 |
| <b>Figura I. 12</b> - Carta de Estradas de Coronel Sapucaia.....                                                                                                                                                           | 26 |
| <b>Figura I. 13</b> – Classificação não supervisionada ( <i>clustering</i> com 50 classes) da cobertura do solo no Município de Coronel Sapucaia com base na Imagem Landsat 5 TM, bandas de 1 a 5 e 7, DP 12/04/2010. .... | 27 |
| <b>Figura I. 14</b> - Carta de uso e ocupação do solo em duas classes, no Município de Coronel Sapucaia/MS.....                                                                                                            | 28 |

|                                                                                                                                                                                                      |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura I. 15</b> – Imagem SRTM mostrando as altitudes na região do Município de Coronel Sapucaia.....                                                                                             | 29 |
| <b>Figura I. 16</b> – Carta de declividade do terreno em percentual do Município de Coronel Sapucaia com base na imagem SRTM (modelo digital de elevação).....                                       | 29 |
| <b>Figura I. 17</b> – Carta de declividade do Município de Coronel Sapucaia, com pesos atribuídos às diferentes faixas de declividade..                                                              | 30 |
| <b>Figura I. 18</b> – Mapa de Solos de Mato Grosso do Sul. Corte sobre a área de estudo (MS, 1990).....                                                                                              | 31 |
| <b>Figura I. 19</b> – Carta de Solos de Coronel Sapucaia, com pesos atribuídos às diferentes classe pedológicas.....                                                                                 | 32 |
| <b>Figura I. 20</b> – <i>Buffer</i> de 3 km do perímetro urbano de Coronel Sapucaia (Imagem de fundo Landsat 5 TM – composição 4-5-3, DP 12/04/2010).....                                            | 33 |
| <b>Figura I. 21</b> – Carta de distância máxima exequível de Coronel Sapucaia..                                                                                                                      | 35 |
| <b>Figura I. 22</b> – Carta de faixas de distância do perímetro urbano de Coronel Sapucaia..                                                                                                         | 36 |
| <b>Figura I. 23</b> – Composição dos parâmetros da equação, na ferramenta <i>raster calculator</i> da extensão sextante do gvSIG (VALENCIANA, 2011), para elaboração da Carta..                      | 37 |
| <b>Figura I. 24</b> – Cartas utilizadas na composição da equação para elaboração da Carta de Aptidão à instalação de ETE's no Município de Coronel Sapucaia/MS..                                     | 37 |
| <b>Figura I. 25</b> – Localização da estação Amambaí – A750 do INMET em Mato Grosso do Sul (INMET, 2010)..                                                                                           | 38 |
| <b>Figura I. 26</b> – Rosa dos ventos para a região de Coronel Sapucaia/MS, mostrando que a direção predominante dos ventos está direcionada no sentido Nordeste.....                                | 38 |
| <b>Figura I. 27</b> – Carta de Aptidão à Instalação de ETE's para o Município de Coronel Sapucaia/MS (geral e detalhe).....                                                                          | 40 |
| <b>Figura I. 28</b> – Localização da região pré-selecionada, mostrando foto panorâmica da área escolhida. Ao fundo pode ser observada a mata ciliar no Córrego Nhú-Verá, em Voronel Sapucaia/MS..... | 41 |
| <b>Figura II. 1</b> - Localização da bacia de contribuição à captação de água para abastecimento de Coronel Sapucaia/MS .....                                                                        | 49 |
| <b>Figura II. 2(a)</b> - Estação de Tratamento de Água SANESUL.....                                                                                                                                  | 50 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura II. 2(b)</b> - Barragem de Tomada D'água no Córrego Nhú-Verá.....                                                                                                                                                                                    | 50 |
| <b>Figura II. 3</b> - Classes de cobertura do solo definidas para a micro-bacia de contribuição da captação da SANESUL no córrego Nhú-Verá, no Município de Coronel Sapucaia/MS.....                                                                           | 52 |
| <b>Figura II. 4</b> - Imagens Landsat 5 de 12 de julho de 1985, em diferentes composições falsa cor, utilizando o vermelho, infra-vermelho e NDVI, evidenciando a cobertura vegetal na área de estudo, representada principalmente por pastagens. ....         | 54 |
| <b>Figura II. 5</b> - Imagens Landsat 5 de 29 de julho de 1997, em diferentes composições falsa cor, utilizando o vermelho, infra-vermelho e NDVI, evidenciando a cobertura vegetal na área de estudo, representada principalmente por pastagens.. ....        | 55 |
| <b>Figura II. 6</b> - Imagem Landsat 7 (sensor ETM+) de 27 de julho de 1999, com resolução espacial de 30 metros (RGB 543), mostrando a região ao sul de Coronel Sapucaia. ....                                                                                | 56 |
| <b>Figura II. 7</b> - Imagem Landsat 7 de 04 de agosto de 2000, fusionada, com resolução espacial de 14,25 metros (RGB 432), mostrando a região ao sul de Coronel Sapucaia, no retângulo em vermelho a área utilizada para a comparação multitemporal.....     | 57 |
| <b>Figura II. 8</b> - Imagens Landsat 7 (sensor ETM+) de 01 de agosto de 2001, banda pancromática, à esquerda, com resolução espacial de 15 metros e, na direita, RGB 543 (30 metros), mostrando a área analisada.....                                         | 58 |
| <b>Figura II. 9</b> - Imagens Landsat 5 de 23 de agosto de 2006, em diferentes composições falsa cor, utilizando o vermelho, infra-vermelho e NDVI, evidenciando a cobertura vegetal na área de estudo, representada principalmente por pastagens.. ....       | 59 |
| <b>Figura II. 10</b> - Imagem Landsat 5 (sensor TM) de 06 de abril de 2008, com resolução espacial de 30 metros (RGB 543), mostrando a área de análise.. ....                                                                                                  | 60 |
| <b>Figura II. 11</b> - Imagens Landsat 5 de 12 de abril de 2010, em diferentes composições falsa cor, utilizando o vermelho, infra-vermelho e NDVI, evidenciando a cobertura vegetal na área de estudo, representada principalmente por pastagens .....        | 61 |
| <b>Figura II. 12</b> - Carta de cobertura do solo da bacia de contribuição com base na imagem Landsat 5 TM , bandas 1 a 5 e 7, de data de passagem de 12/04/2010 (INPE, 2010), mostrando a predominância de pastagens no Município de Coronel Sapucaia/MS..... | 63 |

## LISTA DE TABELAS

|                                                                                                                      |        |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| <b>Tabela I.1</b> – Projeções de crescimento populacional.....                                                       | 18     |
| <b>Tabela I.2</b> – Pesos atribuídos às faixas de declividade de terreno.....                                        | 30     |
| <b>Tabela I.3</b> – Pesos atribuídos aos tipos de solo. ....                                                         | 31     |
| <b>Tabela I.4</b> – Orçamento da linha de recalque final, preços base Boletim de Preços SANESUL (SANESUL, 2010)..... | 34     |
| <b>Tabela I.5</b> – Pesos atribuídos às frações da faixa exequível.....                                              | 36     |
| <br><b>Tabela II.1</b> - Imagens utilizadas na análise das mudanças na cobertura do solo da área de estudo.....      | <br>53 |
| <b>Tabela II.2</b> – Percentagens de classe de solo na bacia de contribuição ao longo do período estudado.....       | 62     |

## RESUMO

RIBEIRO, V.O. (2011). Geotecnologias aplicadas ao saneamento básico. Campo Grande, 2011. 76 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil.

Nos últimos anos, o saneamento básico no Brasil tem ganhado espaço. Com o aumento da demanda nesta área, vem a crescente necessidade de mão de obra qualificada em todos seus estágios, desde o projeto até o canteiro de obras. Por sua vez, na área de tomada de decisões e gestão, há uma série de critérios que devem ser analisados simultaneamente para que a solução a ser adotada para os problemas seja a mais representativa e satisfatória possível. Esta premissa se aplica tanto para a quantidade quanto para qualidade dos dados avaliados no processo. Com o sensoriamento remoto, pode-se obter uma grande quantidade de dados de forma rápida e qualitativa, o que o torna uma ferramenta imprescindível neste tipo de gestão de multicritérios. Neste trabalho são apresentados dois artigos científicos que utilizam dados de sensoriamento remoto, trabalhados em um sistema de informação geográfica (SIG) gratuito e livre, com vistas à redução de custos e viabilidade de uso pelas companhias de saneamento. No primeiro artigo elaborou-se uma Carta de Aptidão para a Instalação de ETE para o Município de Coronel Sapucaia/MS como produto da álgebra de mapas, que utilizou como critérios na equação alguns fatores a serem levados em consideração na escolha de localidades passíveis de implantação deste tipo de empreendimento. No segundo artigo, visando o apoio à gestão da bacia de contribuição a montante da captação de água para consumo humano da SANESUL no córrego Nhú-Verá, no Município de Coronel Sapucaia/MS, efetuou-se a análise multitemporal da cobertura do solo (1985 a 2010) e a elaboração da Carta de Uso e Ocupação do Solo.

**Palavras chaves:** sensoriamento remoto, gvSIG, saneamento.

## INTRODUÇÃO GERAL

Segundo Barboza *et al.* (2009), as empresas concessionárias de serviços de abastecimento de água e coleta e tratamento de esgoto sanitário no País, em sua grande maioria, são providas de setores e mão de obra voltada à elaboração e gestão dos projetos operacionais e de engenharia. Mesmo assim, no aspecto tangente à tecnologia de informação aliada aos mapas ou projetos, ainda não há, em sua totalidade, sistemas de gestão que utilizem e tratem a informação de forma espacial e temporal. Isto pode ser obtido com uso de técnicas de modelagem espacial de dados ou geoprocessamento.

Muitas vezes, devido à escassez de recursos e a prioridade nos custos com abastecimento, deixa-se de investir em ferramentas de geotecnologias devido aos elevados custos de aquisição dos principais SIGs comerciais disponíveis no mercado. Por isso, na elaboração deste trabalho, que envolve a companhia de saneamento de Mato Grosso do Sul - SANESUL, optou-se pela utilização de um *software* livre denominado gvSIG, na sua versão 1.10 (VALENCIANA, 2011).

Foram elaborados dois artigos completos, que serão enviados para uma revista de engenharia sanitária e ambiental, visando principalmente a avaliação da aplicabilidade do gvSIG em demandas oriundas das atividades de uma companhia de saneamento.

O primeiro artigo completo contribui apresentando a composição de álgebra de mapas para elaboração de uma Carta de Aptidão à Instalação de Estação de Tratamento de Esgoto – ETE. São utilizados como parâmetros da equação critérios observados na escolha de uma área para alocação de uma ETE. Informações sobre hidrografia e malha viária foram obtidas, principalmente, da fotointerpretação de uma imagem Landsat 5 TM (INPE, 2010); os dados de declividade foram obtidos a partir de um Modelo Digital de Elevação - MDE da missão *Shuttle Radar Topography Mission* – SRTM (FARR *et al.*, 2011); ambos os produtos sem ônus.

Já no segundo artigo efetuou-se a análise multitemporal da cobertura do solo no período de 1985 a 2010, além da elaboração do mapa de cobertura do solo na bacia de contribuição à montante do ponto de captação de água para abastecimento humano, no córrego Nhú-Verá em Coronel Sapucaia/MS, para identificação dos eventos que têm ocasionado o aumento da turbidez no reservatório durante chuvas intensas.

Na análise multitemporal da cobertura de solo, nas imagens dos anos de 1985, 1997, 2006 e 2010, utilizou-se também o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (do inglês *Normalized Difference Vegetation Index* - NDVI), um indicador numérico simples, que pode

ser usado para analisar medidas de sensoriamento remoto, geralmente, a partir de uma plataforma espacial e avaliar se o alvo a ser observado contém vegetação fotossinteticamente ativa ou não (PARANHOS FILHO *et al.*, 2008). Esta avaliação foi efetuada de forma a caracterizar o uso e ocupação da bacia ao longo tempo, de forma a identificar possíveis usos que vieram a acarretar os atuais problemas de elevada turbidez na água, bem como passíveis de acelerar o assoreamento do reservatório.

Na construção do mapa de cobertura do solo da bacia de contribuição, utilizou-se por base a classificação supervisionada da imagem Landsat 5 TM de data de passagem de 12/04/2010 (INPE, 2010), sendo as legendas de uso e ocupação da bacia definidas *in loco*.

As formatações dos artigos seguiram parcialmente as normas para artigos técnicos da Revista Engenharia Sanitária e Ambiental. Contudo, o número de páginas foi estendido para maior detalhamento da metodologia utilizada. As versões submetidas à publicação serão readequadas.

## **OBJETIVO GERAL**

Avaliar a aplicabilidade de ferramentas de geoprocessamento no auxílio à tomada de decisão em assuntos relacionados ao saneamento básico, utilizando ferramentas livres e de distribuição gratuita, com vistas não somente à confiabilidade das informações e do sistema de informação geográfica (gvSIG) empregados, como também na redução de custos na implantação destas tecnologias em companhias de saneamento.

# IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS PARA A INSTALAÇÃO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO, UTILIZANDO ÁLGEBRA DE MAPAS.

IDENTIFICATION OF AREAS FOR THE INSTALLATION OF SEWAGE TREATMENT PLANT, USING MAP ALGEBRA.

---

**Vinícius de Oliveira Ribeiro**

Engenheiro Ambiental pela UFMS. Mestrando em Tecnologias Ambientais pela UFMS.  
Gestor de Projetos de Esgoto da SANESUL

---

## Resumo

O objetivo deste trabalho é avaliar a possibilidade de identificação de áreas propícias à instalação de estações de tratamento de esgoto (ETE) utilizando álgebra de mapas. Considerando-se ainda os elevados custos de um SIG comercial para uma empresa pública, utilizou-se o gvSIG 1.10, *software* livre e gratuito. A área de estudo foi o Município de Coronel Sapucaia/MS. Como produto obteve-se a Carta de Aptidão à Instalação de ETE para o Município. Com o *software* gratuito *WRPLOT View* elaborou-se também a rosa dos ventos, dado complementar à pré-seleção. *In loco*, dentre as regiões mais aptas indicadas pela carta de aptidão, selecionou-se a propriedade com área necessária para abrigar a estação de tratamento com menor custo de aquisição. A técnica desenvolvida neste trabalho atendeu às expectativas, gerando um produto útil e acurado para a demanda em questão.

**Palavras Chave:** Estação de Tratamento de Esgoto, gvSIG e Álgebra de Mapas.

## Abstract

The aim of this study is evaluate the identifying areas possibility for installation of sewage treatment plants (STP) using map algebra. Also considering the high cost of a commercial GIS for a public company, it has been used the gvSIG 1.10, a Free Software. The study area was city of Coronel Sapucaia (Mato Grosso do Sul State - Brazil). The product obtained is Map of Suitable Areas for STP to City. With the Free Software *WRPLOT View* it has been elaborated also the winds rose, to analysis complement pre-selection. *In loco*, among the region, the place most suitable was selected with the needed area to treatment station house with the lower cost of acquisition. The developed technique lived up the expectations, producing a useful and accurate product considering adopted work scale.

**Keywords:** Sewage Treatment Plants, gvSIG and Map Algebra

## 1.0 INTRODUÇÃO

A Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) é a unidade operacional do sistema de esgotamento sanitário que, através de processos físicos, químicos e biológicos, remove as cargas poluentes do esgoto, devolvendo ao ambiente o produto final, efluente tratado, em conformidade com os padrões exigidos pela legislação ambiental (SANESUL, 2009).

Nos os últimos anos, o fator econômico, que era aspecto principal a ser considerado na obtenção de área para uma ETE, cedeu prioridade aos fatores ambientais e sociais na escolha da área a ser adquirida. O aspecto social está intimamente ligado ao ambiental, tendo em vista que a localização das unidades constituintes de um sistema de esgotamento sanitário está cada vez mais próxima da população. Neste cenário o aspecto técnico é relevante, uma vez que ele subsidia as soluções para o problema, mesmo que o preço da implantação não seja o menor, devendo-se encontrar o ponto de equilíbrio na relação entre a questão social, a viabilidade econômico-financeira e o meio ambiente.

É necessário analisar vários critérios para que se possa indicar áreas apropriadas. Os principais aspectos que devem ser considerados para a locação das estações de tratamento devem ser: a disponibilidade de área; a sua localização em relação ao local de geração de esgotos; a distância e a capacidade de depuração do corpo receptor; a topografia da área; as características geológicas; a direção dos ventos predominantes; as condições de acesso e a facilidade de aquisição do terreno (ARCEIVALA, 1981).

O atendimento simultâneo aos diversos critérios é usualmente difícil, devendo ser dada prioridade, em cada caso, aos fatores de maior importância que devem ser observados segundo a realidade local (VON SPERLING, 1996). Considerando o elevado número de variáveis relacionadas para aquisição da área da ETE, o problema inicial está na obtenção de informações de qualidade e em quantidade com o menor ônus possível. Sob esta ótica, o sensoriamento remoto, técnica de obtenção de informações sobre um objeto, uma área ou fenômeno na Terra, sem que haja contato físico, constitui-se em uma ferramenta precisa, gerando informações para inventariar permanentemente qualquer região de interesse técnico ou científico, sendo este, um instrumento básico para se nortear suas ações de planejamento (RAMOS, RAMOS e LOCH, 2004). Atualmente essas informações podem ser obtidas por sensores em satélites que geram imagens.

Para a necessidade subsequente da utilização de ferramentas que possibilitem a análise destes dados de maneira ágil, inter-relacionando todos os parâmetros simultaneamente, os Sistemas de Informação Geográfica - SIG, tecnologias de geoprocessamento, constituem-se

em uma das ferramentas mais adequadas para o tratamento de grande volume de dados relacionados espacialmente, objetivando resolver problemas complexos de planejamento (SIKORSKI, 1996). Eles permitem a visualização de parâmetros em forma de mapas, possibilitando a operação matemática destas, utilizando-se dos mapas como parâmetros em equações de forma a auxiliar na tomada de decisão, procedimento conhecido como Álgebra de Mapas (PARANHOS FILHO *et al.*, 2008).

Para minimizar os custos optou-se pelo trabalho com o gvSIG versão 1.10 (VALENCIANA, 2011). Trata-se de um *software* livre de SIG com fonte aberta; o código fonte pode ser acessado e modificado para satisfazer condições do usuário, desenvolvido pela *Conselleria d'Infraestructures i Transports* - CIT da Comunidade de Valência, com o apoio da União Europeia. Ele é distribuído sob a licença *General Public License* (Licença Pública Geral – GPL, versão 3), tendo *download* gratuito no *site* do *software* na internet.

## **1.1 Objetivos**

Elaborar de Carta de Aptidão à Instalação de ETE, que passará a ser uma ferramenta de subsidio à tomada de decisão sobre a locação deste tipo de empreendimento, utilizando álgebra de mapas com auxílio de ferramentas gratuitas de geoprocessamento e sensoriamento remoto.

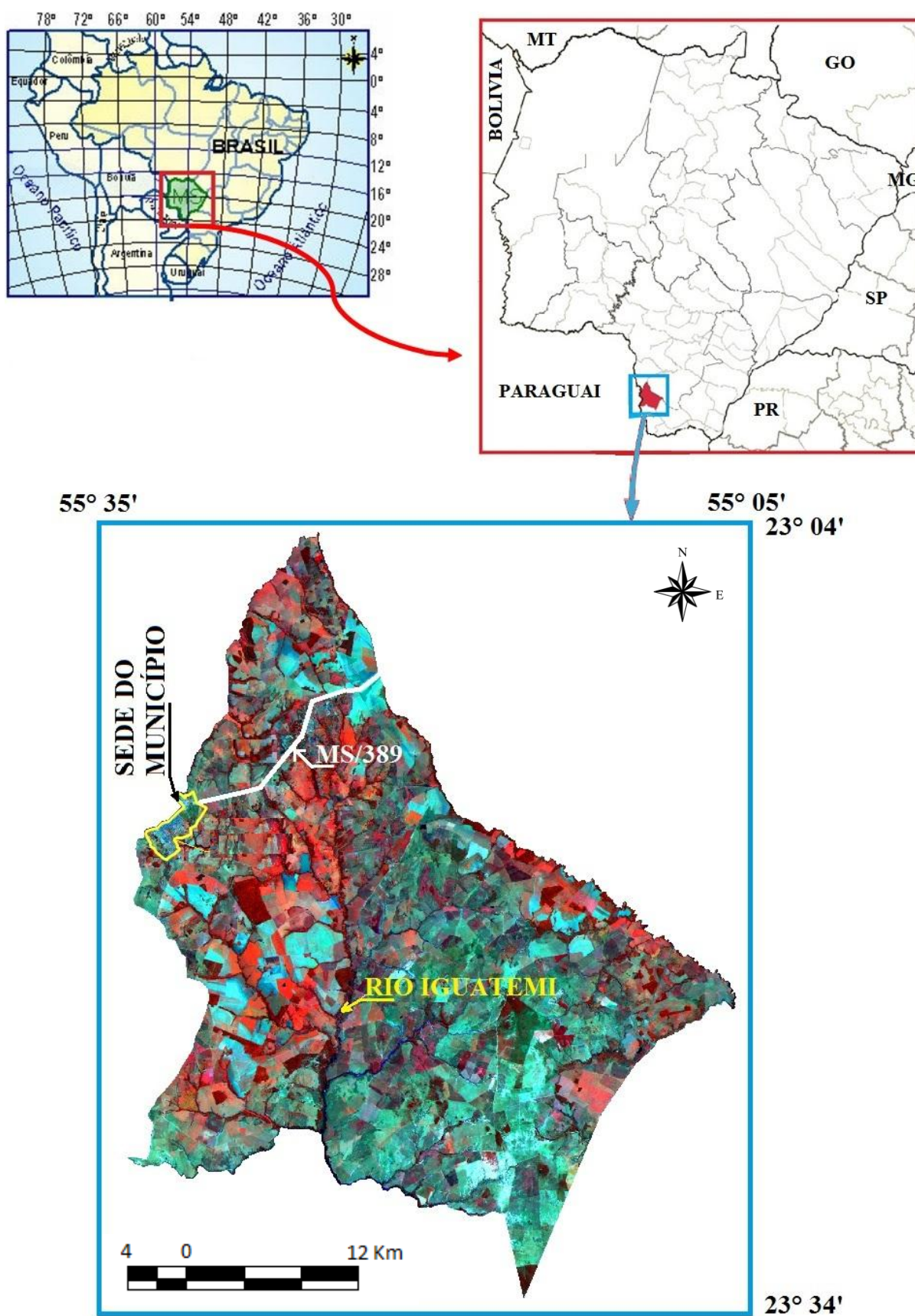
Organizar metodologia simplificada de utilização, que possibilite a reprodução e aplicabilidade dos procedimentos deste trabalho em processos decisórias da companhia de saneamento.

## **2.0 MATERIAIS E MÉTODOS**

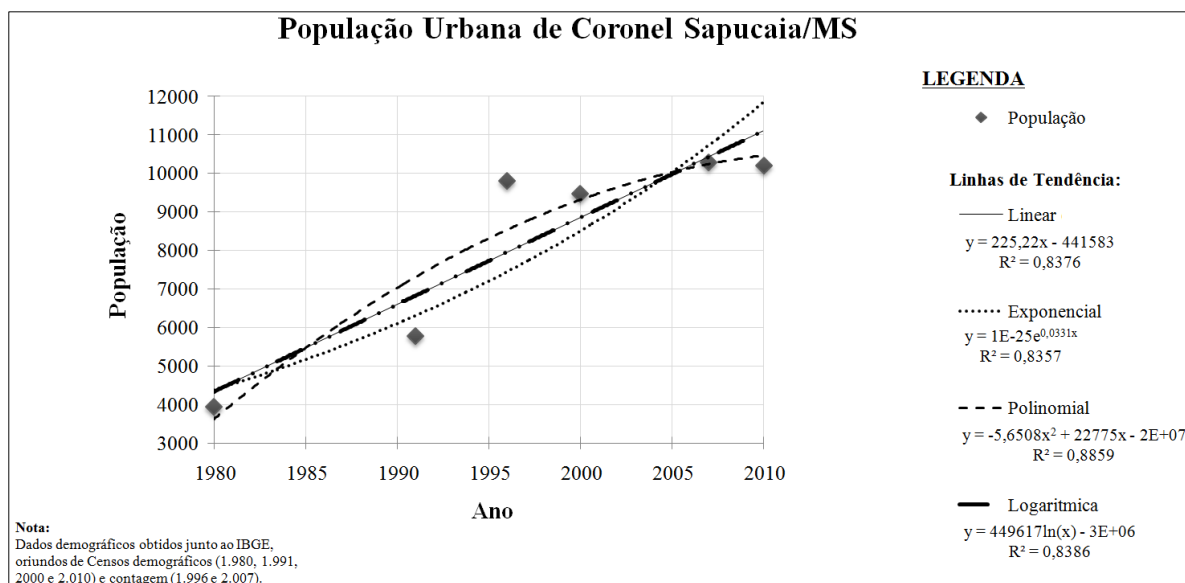
O estudo utilizou como área piloto para análise o Município de Coronel Sapucaia no Estado de Mato Grosso do Sul, Figura I. 1.

### **2.1 População de projeto**

A população urbana a ser atendida pela ETE no Município de Coronel Sapucaia foi definida através de projeção demográfica, para um horizonte de 30 (trinta) anos. Os dados demográficos que serviram de base para as projeções foram obtidos junto ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (IBGE, 2011), oriundos de Censos (1980, 1991, 2000 e 2010) e Contagem (1996 e 2007) (Figura I. 2 e Tabela I.1).



**Figura I.1** – Município de Coronel Sapucaia, área do estudo situada na região sudoeste do Estado de Mato Grosso do Sul. Corte na cena Landsat 5 TM, composição RGB 4, 5, 3 - Data de Passagem 12/04/2010 (INPE, 2010).



**Figura I.2** – Dados demográficos e equações de projeção, mostrando o comportamento dos diferentes gráficos representativos da evolução da população do Município de Coronel Sapucaia/MS.

**Tabela I.1** – Projeções de crescimento populacional.

|          |                    | Ano   | População Urbana (hab.) |
|----------|--------------------|-------|-------------------------|
| Projeção | Censo/<br>Contagem | 1.980 | 3.947                   |
|          |                    | 1.991 | 5.787                   |
|          |                    | 1.996 | 9.819                   |
|          |                    | 2.000 | 9.472                   |
|          |                    | 2.007 | 10.291                  |
|          |                    | 2.010 | 10.208                  |
|          | Linear             | 2.040 | 17.863                  |
|          | Exponencial        | 2.040 | 32.029                  |
|          | Polinomial         | 2.040 | 7.142                   |
|          | Logarítmica        | 2.040 | 17.763                  |

A projeção logarítmica foi a que apresentou melhor índice de correlação com a série histórica utilizada para a previsão, sem ocasionar déficit populacional da área em estudo, por isso foi adotada para a estimativa de crescimento demográfico. Isto implica em uma população de horizonte de projeto, ano de 2040, de aproximadamente 18.000 habitantes.

## 2.2 Sistema de Tratamento adotado e área demandada

Para Coronel Sapucaia/MS foi escolhido o sistema de lagoas de estabilização, pois se constitui na forma mais simples para o tratamento de esgotos; além disso, o município possui disponibilidade de grandes áreas e clima favorável; as lagoas são de operação mais simplificada e há necessidade de poucos equipamentos.

O sistema de tratamento por lagoa facultativa tem uma demanda de área para implantação na faixa de 2 - 5 m<sup>2</sup> por habitante (VON SPERLING, 1996). Para a área de estudo optou-se por uma ETE composta por um sistema com lagoa facultativa (estabilização da matéria orgânica) acrescida de lagoa de maturação (remoção de patogênicos). Estipulou-se para esta configuração o valor de 7 m<sup>2</sup> por habitante, o que demanda uma área de cerca de 13 ha.

### 2.3 Dados Vetoriais

O ponto de partida para elaboração da Carta de Aptidão para Instalação de ETE foi a aquisição e preparação dos dados que vieram a compor a álgebra de mapas. Todos os dados (vetoriais e raster) foram convertidos, através da ferramenta de reprojeção do gvSIG 1.10, para a projeção UTM, *datum* SIRGAS 2000. Este *datum* foi adotado por ser o sistema geodésico de referência oficial do Brasil (IBGE, 2005).

Os dados vetoriais (pontos, linhas e linhas fechadas), em formato *shapefile* (ESRI, 1997), representativos das rodovias, limite político administrativo do Estado de Mato Grosso do Sul e do Município de Coronel Sapucaia foram obtidos no acervo do Laboratório de Geoprocessamento para Aplicações Ambientais (DHT-CCET) da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS. O limite do perímetro urbano da cidade foi obtido do *site* do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010). Estes dados serviram de base para delimitação do espaço a ser trabalhado em planta. Os *shapes* tiveram que sofrer ajustes no seu delineamento para que suas divisas coincidissem com os limites reais.

### 2.4 Imagens de Satélite

Neste estudo, foram utilizadas duas imagens do satélite Landsat 5 TM (GLCF, 2010) com diferentes datas de passagem e uma imagem *Shuttle Radar Topography Mission* - SRTM (modelo digital de elevação).

Pelo *site* do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2010) efetuou-se a solicitação e, posteriormente, o *download* gratuito, da imagem Landsat 5 TM, órbita-ponto: 225-076 (Figura I. 3), na qual está contida o Município de Coronel Sapucaia. A imagem tem a data de passagem de 12/04/2010, a mais recente do acervo do INPE sem nuvens no quadrante imageado, o que permitiu uma classificação mais representativa dos atuais usos e ocupação do solo na região do município.

Através do *site* do *Global Land Cover Facility* efetuou-se o *download* gratuito de uma imagem Landsat 5 TM, bandas de 1 a 7, formato GeoTIFF já ortorretificadas, órbita-ponto:

225-076, com data de passagem 05/03/2006, a mais recente disponível (GLCF, 2010). Esta imagem apresenta um *pixel* de 28,5 metros (resolução espacial), projeção UTM, *datum* WGS 84 e serviu de base para o georreferenciamento da cena Landsat 5 TM obtida no INPE.

No mesmo *site* obteve-se o modelo SRTM georreferenciado, em formato GeoTIFF, de mesma órbita-ponto da imagem Landsat. Estes dados estão disponíveis em escala quase global, oriundos de um levantamento efetuado pela NASA com um radar especialmente modificado acoplado ao ônibus espacial *Endeavour* durante uma missão de 11 dias, em fevereiro de 2000 (FARR *et al.*, 2007). O *pixel* desta imagem é de 90 metros, projeção UTM e *datum* WGS 84.

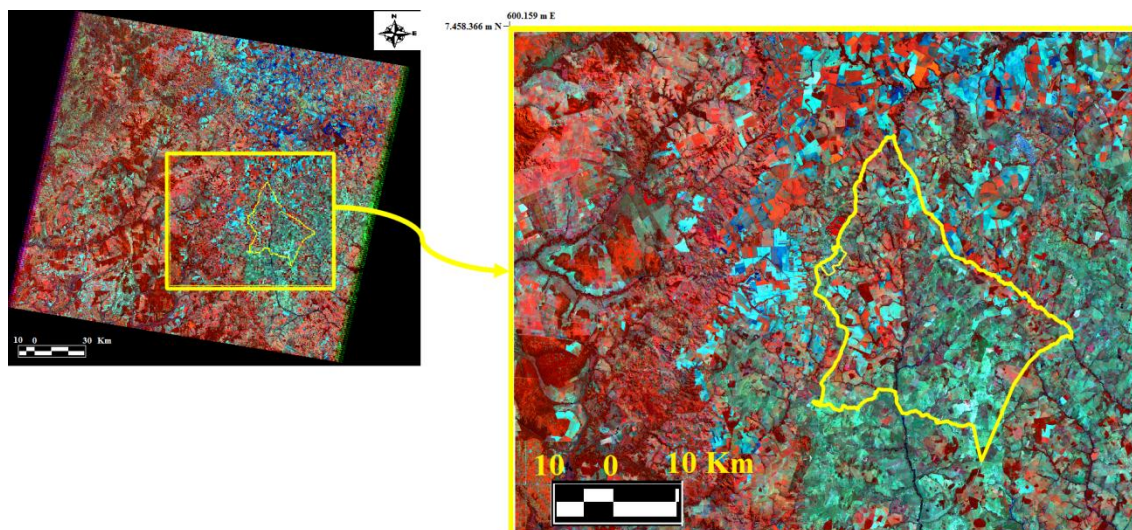


**Figura I.3** – Localização da imagem de Orbita 225 - ponto 076 do satélite Landsat 5 TM, utilizada neste trabalho (GLCF, 2010).

A faixa imageada pelo Landsat 5 tem 185 km de extensão (NASA, 2008). Por ser composta por uma ou mais bandas, apresenta grande volume de dados e isto faz com que uma cena completa seja de processamento “lento” no gvSIG 1.10, mesmo em computadores mais modernos (a máquina de trabalho apresentava processador Intel Core i5 e 4 Gb de RAM). Portanto, com a ferramenta *crop*, efetuou-se um corte na referida imagem para possibilitar mais agilidade em seu trato (Figura I. 4). Este procedimento foi realizado nas duas cenas Landsat 5 TM utilizadas e também na SRTM.

## 2.5 Cartas Temáticas

No intuito de diminuir a subjetividade no processo decisório para locação de ETE, alguns dos fatores a serem considerados foram representados em mapas, nas quais cada um recebeu pesos: 0 (zero - inapropriado) a 5 (adequado) para cartas não limitantes; 0 (zero - inapropriado) e 1 (apropriado) para cartas limitantes. Os pesos foram arbitrados em função de experiências profissionais, considerações da legislação e literatura.



**Figura I.4** – Corte na cena Landsat 5 TM, composição RGB 4, 5, 3 - Data de Passagem 12/04/2010 (INPE, 2010). Em destaque os limites territoriais do Município de Coronel Sapucaia/MS.

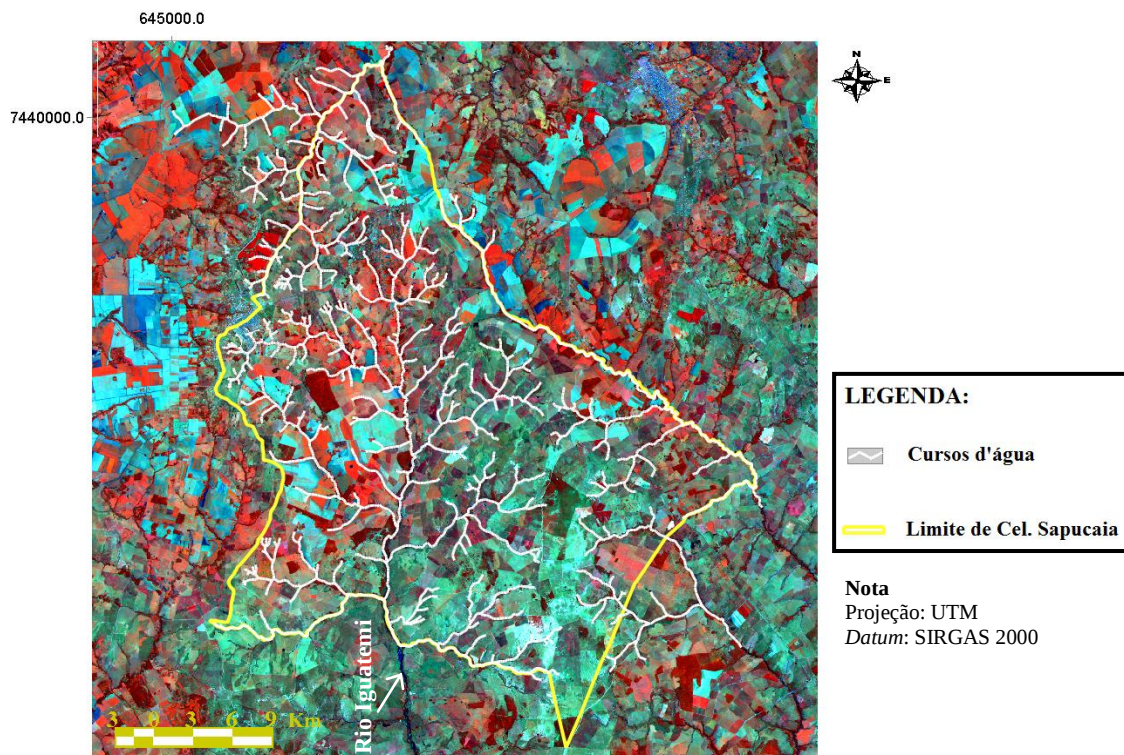
Foram consideradas cartas limitantes aquelas que continham fatores (físicos, técnicos, financeiros ou legais) capazes de inviabilizar a implantação da ETE, sendo elas: Carta de Cursos D'água; Carta de Estradas; Carta de Uso e Ocupação do Solo e Carta de Distância Máxima Exequível.

As cartas não limitantes são aquelas cujos fatores com variabilidade de aptidão não tornam o empreendimento inexecutável, elencando-se: Carta de declividade; Carta de Solos e Carta de Distância do Perímetro Urbano.

#### 2.5.1 Carta de Cursos D'água

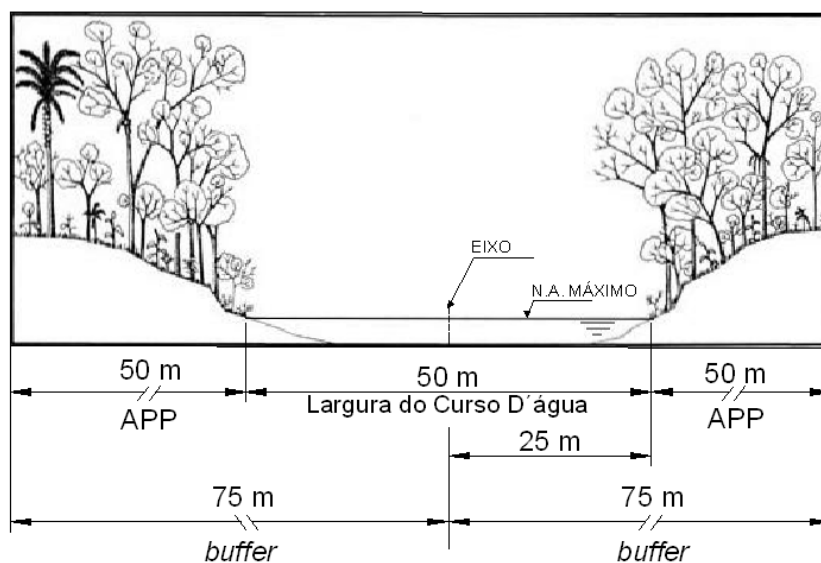
Tomando por base a imagem Landsat 5 TM (INPE, 2010) com data de passagem 12/04/2010 e a Carta Coronel Sapucaia (DSG, 1972), os cursos d'água presentes no Município de Coronel Sapucaia foram convertidos para formato vetorial (Figura I. 5), sendo a *polyline* traçada pelo eixo do corpo hídrico.

Dentro dos limites do município está o Rio Iguatemi. Este curso d'água, em alguns trechos, apresenta mais de 10 (dez) metros de largura. A Resolução CONAMA 303 institui que, para cursos d'água com dez a cinquenta metros de largura, a Área de Preservação Permanente - APP seja de cinquenta metros (CONAMA, 2002).

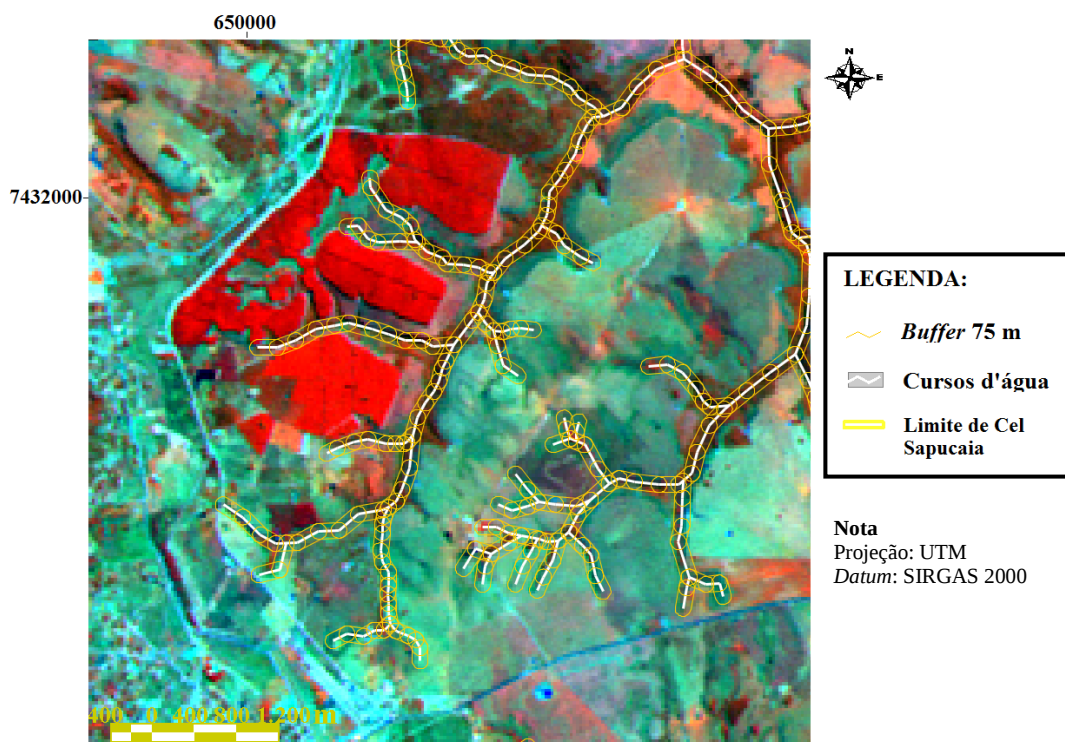


**Figura I.5** – Vetorialização dos cursos d' água em Coronel Sapucaia/MS. Imagem de fundo Landsat 5 TM – composição 4-5-3, data de passagem 12/04/2010 (INPE, 2010).

Há, no município, corpos d'água com faixa de largura menor do que 10m. Contudo, de maneira mais conservadora, adotou-se como padrão 50 (cinquenta) metros de largura, implicando em um *buffer* (zonas de influência em torno das geometrias dos elementos vetoriais de uma camada de entrada) com 75 (setenta e cinco) metros (Figuras I. 6 e I. 7).



**Figura I.6** – Delimitação do *buffer* de 75 m a partir do eixo central do curso d'água, para representação da área de preservação permanente (APP).

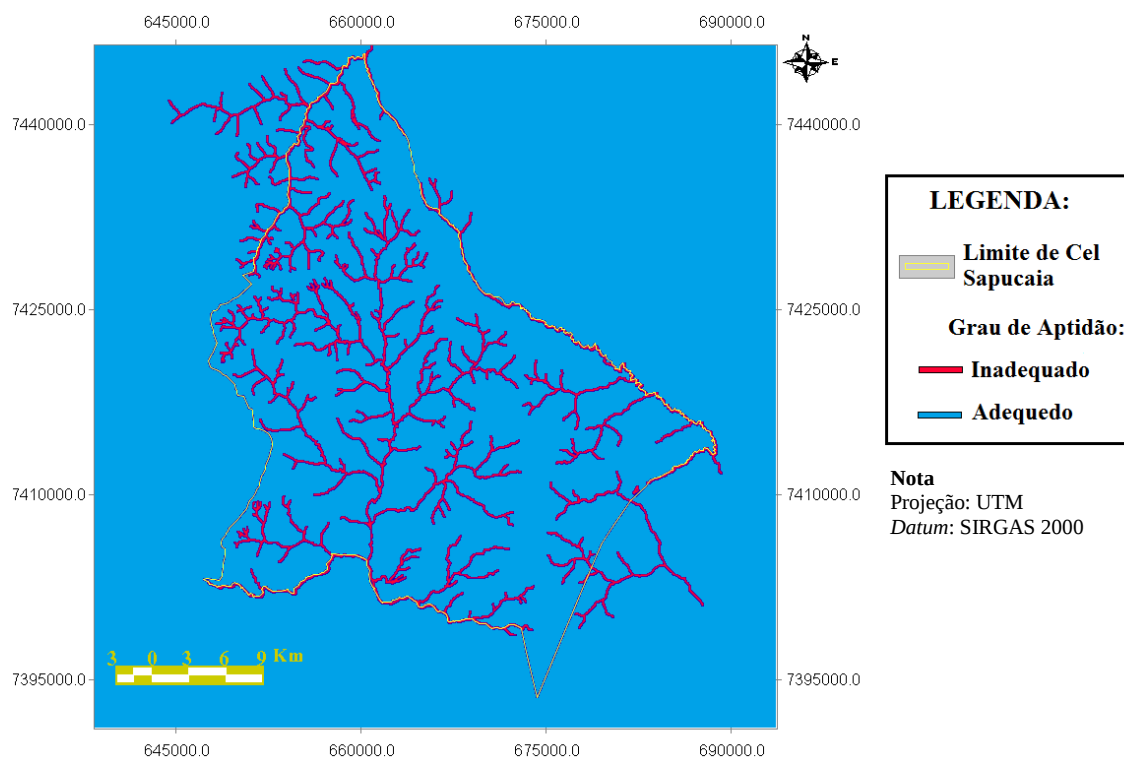


**Figura I.7** – Buffer para APP em detalhe, mostrando seu delineamento em torno dos cursos d’água no Município. Imagem de fundo Landsat 5 TM – composição 4-5-3, data de passagem 12/04/2010 (INPE, 2010).

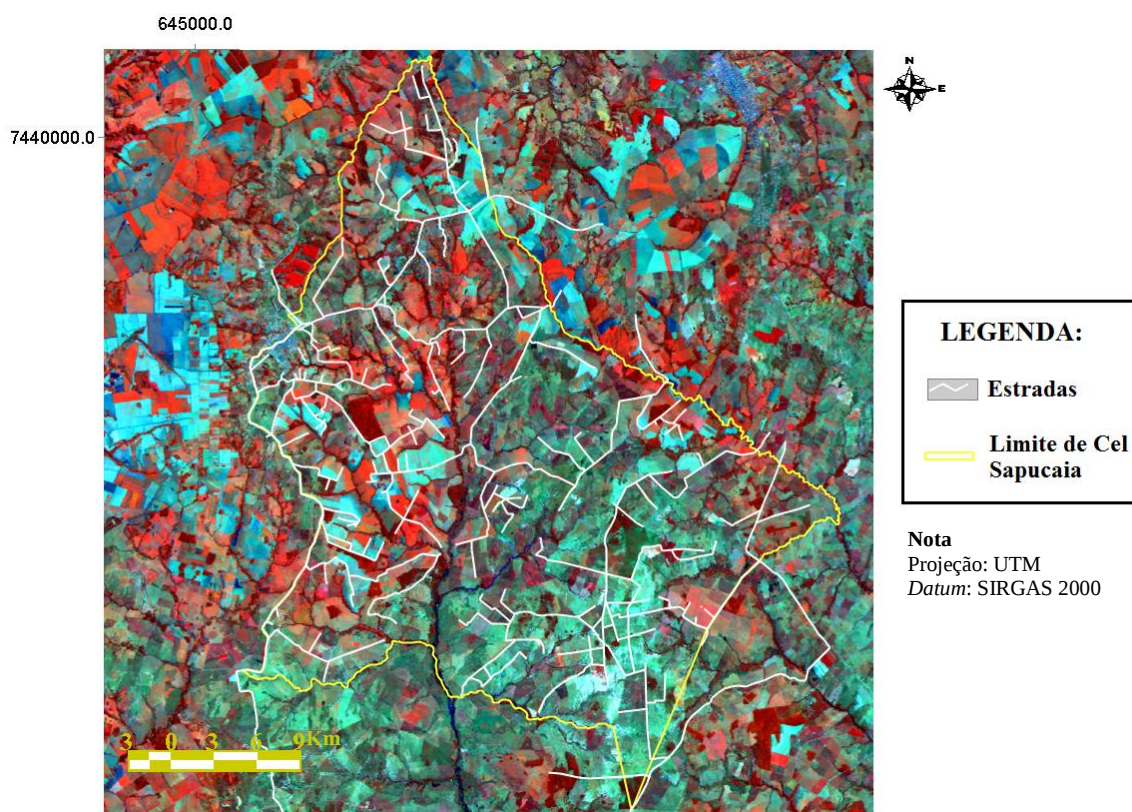
Foram arbitrados pesos às regiões, através da ferramenta *Field calculator*. Entendeu-se não haver a necessidade de supressão de APP em cursos d’água para implantação de ETE, pois o município conta com um grande número de áreas já antropizadas. E sendo esta uma carta limitante, nas áreas dentro da APP (*buffer*), o peso estabelecido foi 0 (zero - inapropriado). Para as demais regiões o peso estabelecido foi 1 (apropriado). Por fim, efetuou-se a rasterização do *shape*, ferramenta *rasterize vector layer* na extensão Sextante do gvSIG, com *pixel* de 30 (trinta) metros, para elaboração da Carta de Cursos d’água (Figura I. 8).

### 2.5.2 Carta de Estradas

De maneira análoga ao procedimento efetuado para obtenção da Carta Raster de Cursos D’ água, utilizando-se como referência a imagem Landsat 5 TM com data de passagem 12/04/2010 e a Carta Coronel Sapucaia (DSG, 1972), as rodovias e estradas vicinais presentes no Município de Coronel Sapucaia foram convertidos para o formato vetorial (Figura I. 9), sendo a *polyline* traçada pelo eixo das vias.



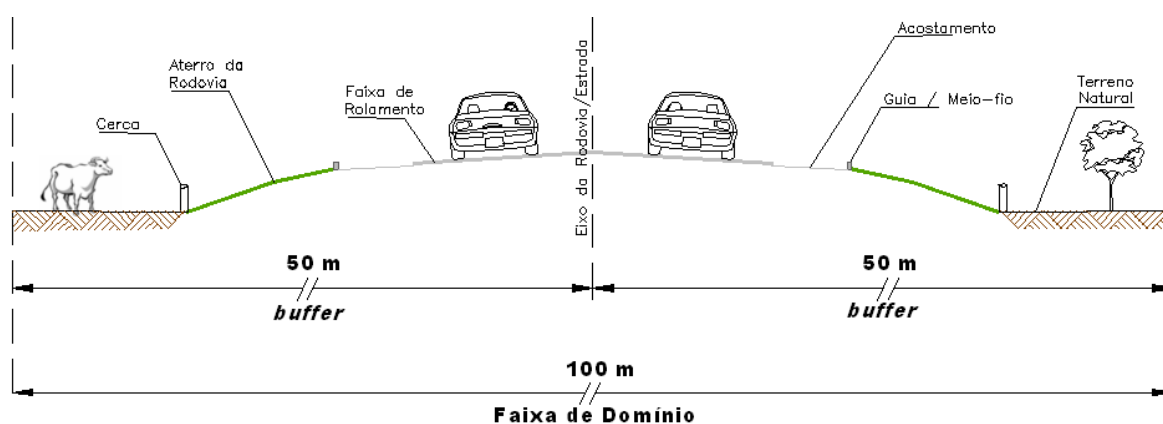
**Figura I.8** – Carta Raster de Cursos d’água de Coronel Sapucaia/MS.



**Figura I.9** – Vetorialização das rodovias e estradas vicinais de Coronel Sapucaia/MS. Imagem de fundo Landsat 5 TM – composição 4-5-3, data de passagem 12/04/2010 (INPE, 2010).

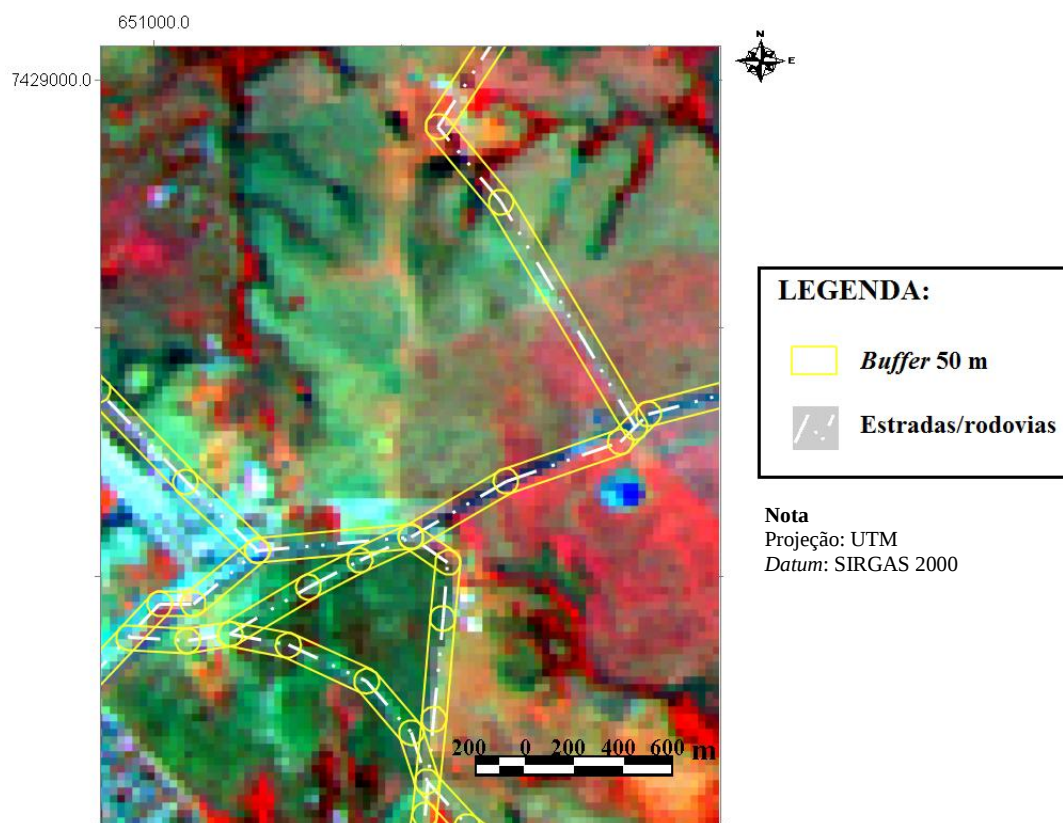
O conceito de faixa de domínio adotado para este estudo é a porção do terreno desapropriada para a construção da estrada, tendo sua largura em função da categoria da estrada, podendo eventualmente apresentar 30, 50, 80 ou 100 m (PONTES FILHO, 1998). Esta se destina para implantação do leito carroçável, bem como a futuros projetos de duplicação, por exemplo. Nesta faixa estão vedadas construções, ressalvadas exceções autorizadas pelo órgão fiscalizador.

Assim, tendo por base a situação mais restritiva, determinou-se um *buffer* com 50 (cinquenta) metros de largura para representar uma faixa de domínio com 100 (cem) metros (Figuras I.10 e I.11).

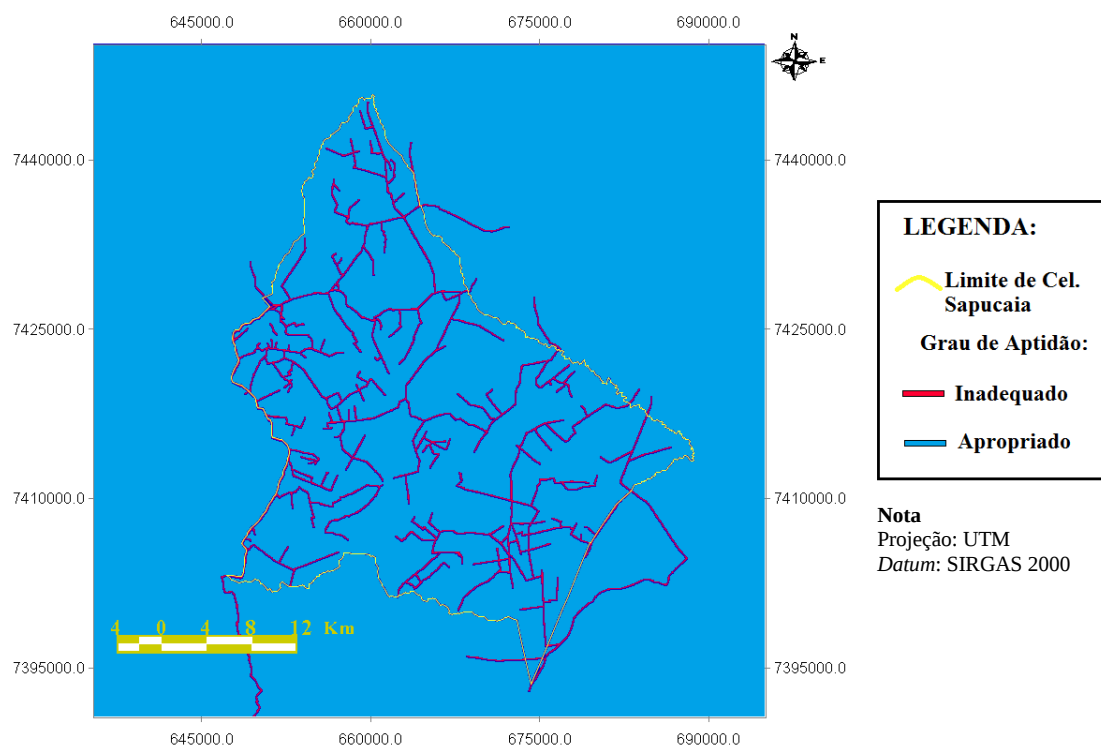


**Figura I.10** – Delimitação do *buffer* de 50 m a partir do eixo central da rodovia, para representação da faixa de domínio.

De modo conservador assim como na Carta de Cursos D'água, foram arbitrados os pesos às regiões, levando-se em consideração que a faixa de domínio é de grande importância para futuras ampliações de leito carroçável, por exemplo, entendeu-se não haver a possibilidade de implantação de ETE em seu interior. Sendo assim esta é uma carta limitante, às áreas dentro da Faixa de domínio (*buffer*), o peso estabelecido foi 0 (inapropriado). Para as demais regiões o peso estabelecido foi 1 (apropriado). Por fim, efetuou-se a rasterização do *shape*, com *pixel* de 30 (trinta) metros, para elaboração da Carta de Estradas (Figura I. 12).



**Figura I.11** – Buffer para Faixa de domínio em detalhe, mostrando seu delineamento em torno das estradas no Município. Imagem de fundo Landsat 5 TM – composição 4-5-3, data de passagem 12/04/2010 (INPE, 2010).

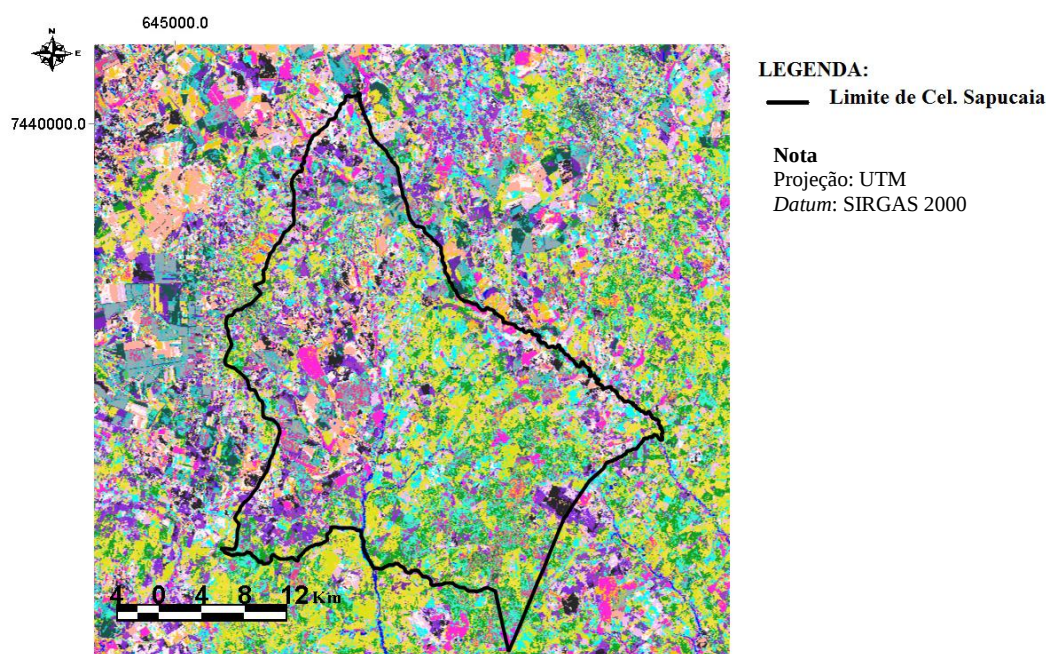


**Figura I.12** – Carta de Estradas de Coronel Sapucaia/MS.

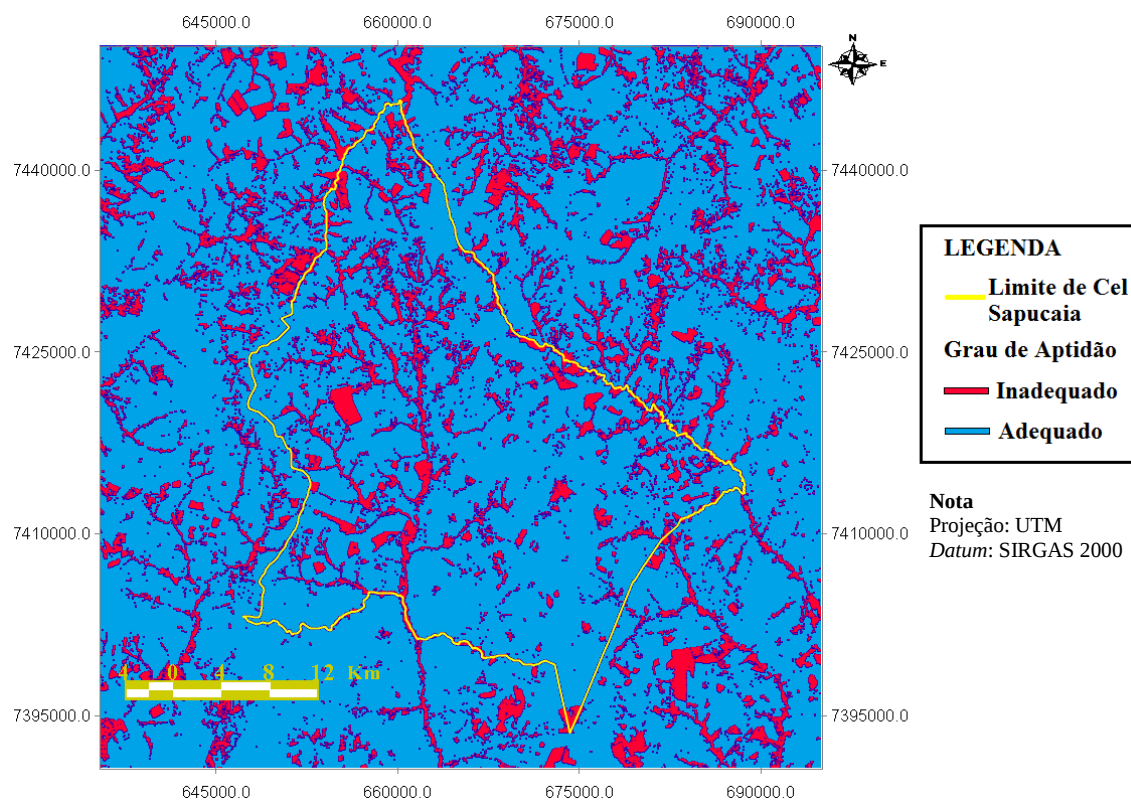
### 2.5.3 Carta de Uso e Ocupação do Solo

Utilizando as bandas de 1 a 5 e 7 do Landsat 5 TM com DP 12/04/2010 efetuou-se a classificação não supervisionada com 50 (cinquenta) classes, ferramenta *unsupervised classification* da extensão Sextante, para que o gvSIG identificasse todos tipos de uso e ocupação em Coronel Sapucaia (Figura I. 13).

Estas classes foram posteriormente agrupadas em 2 (duas) grandes classes, com a ferramenta *reclassify*. A primeira refere-se às áreas antropizadas, as que englobam áreas de agricultura e pastagem. A outra se remete às áreas naturais e/ou revegetadas, na qual se enquadraram as áreas úmidas, cursos d'água, florestas naturais ou provenientes de reflorestamento. Sendo esta uma carta limitante, de forma a não haver a necessidade de supressão vegetal, às áreas naturais e ou revegetadas arbitrou-se peso 0 (zero - inadequado) e para as áreas antropizadas peso 1 (apropriado). Deste modo compôs-se a Carta de Uso e ocupação do Solo (Figura I. 14).



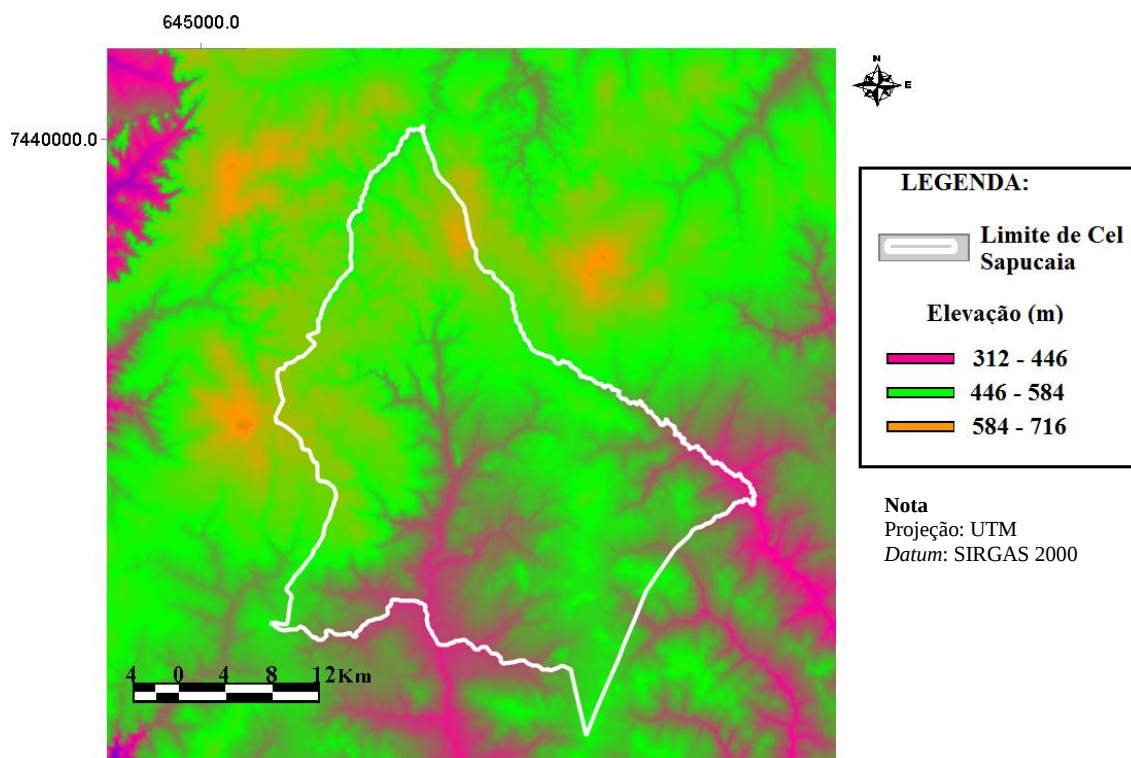
**Figura I.13** – Classificação não supervisionada (com 50 classes) da cobertura do solo no Município de Coronel Sapucaia/MS com base na imagem Landsat 5 TM, bandas 1 a 5 e 7, DP 12/04/2010 .



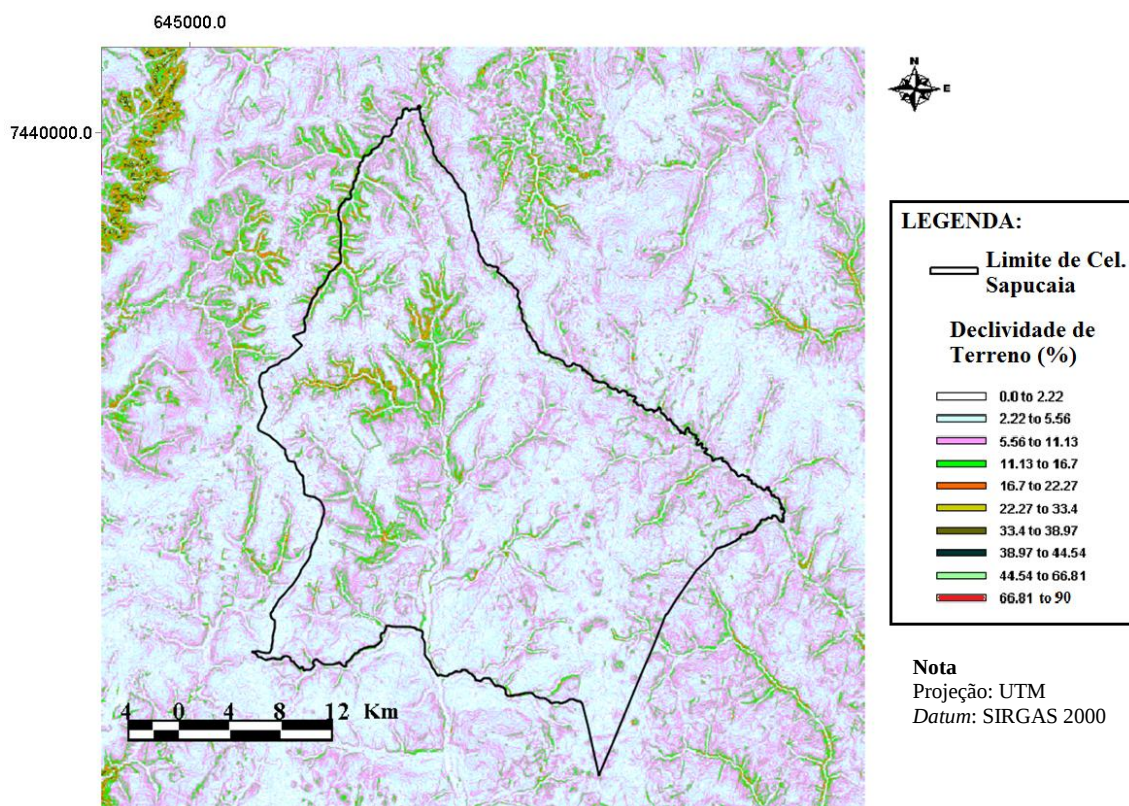
**Figura I.14** – Carta de uso e ocupação do solo em duas classes, no Município de Coronel Sapucaia/MS.

#### 2.5.4 Carta de Declividade

A partir do SRTM (Figura I. 15), utilizando-se o comando *slope* da extensão Sextante do gvSIG, pelo método de *Maximum Slope*, obteve-se a carta do percentual de declividade da região de estudo, com *pixel* de 90 (noventa) metros (Figura I. 16).



**Figura I.15** – Imagem SRTM mostrando as altitudes na região do Município de Coronel Sapucaia/MS.

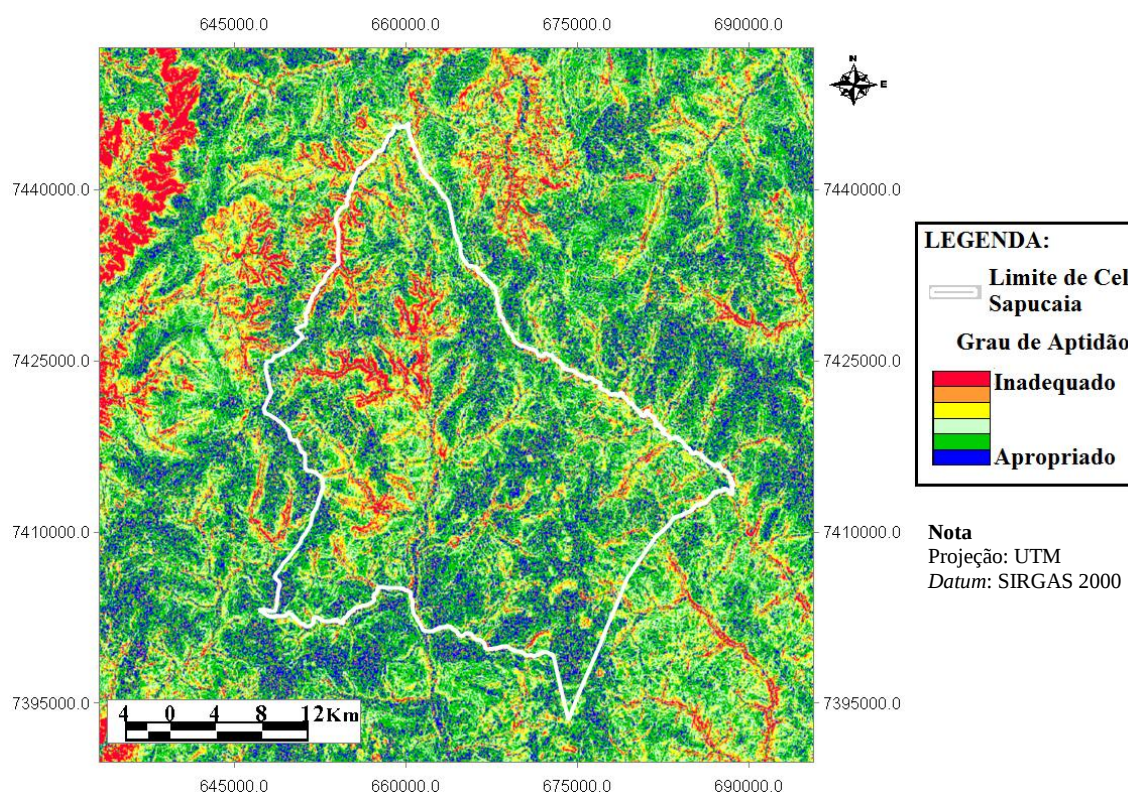


**Figura I.16** – Carta de declividade do terreno em percentual do Município de Coronel Sapucaia/MS com base na imagem SRTM (modelo digital de elevação).

Como o município possui relevo levemente ondulado, a carta de declividade não foi estipulada como limitante. Em função da facilidade de implantação do sistema de tratamento escolhido, efetuou-se a atribuição de pesos aos intervalos de declividade pré-estabelecidos (Tabela I.2), de 0 (zero - inapropriado) a 5 (apropriado), resultando na Carta de Declividade (Figura I. 17).

**Tabela I.2** – Pesos atribuídos às faixas de declividade de terreno.

| Faixas de declividade (%) | Peso |
|---------------------------|------|
| 0-2                       | 5    |
| 2-4                       | 4    |
| 4-6                       | 3    |
| 6-8                       | 2    |
| 8-10                      | 1    |
| > 10                      | 0    |

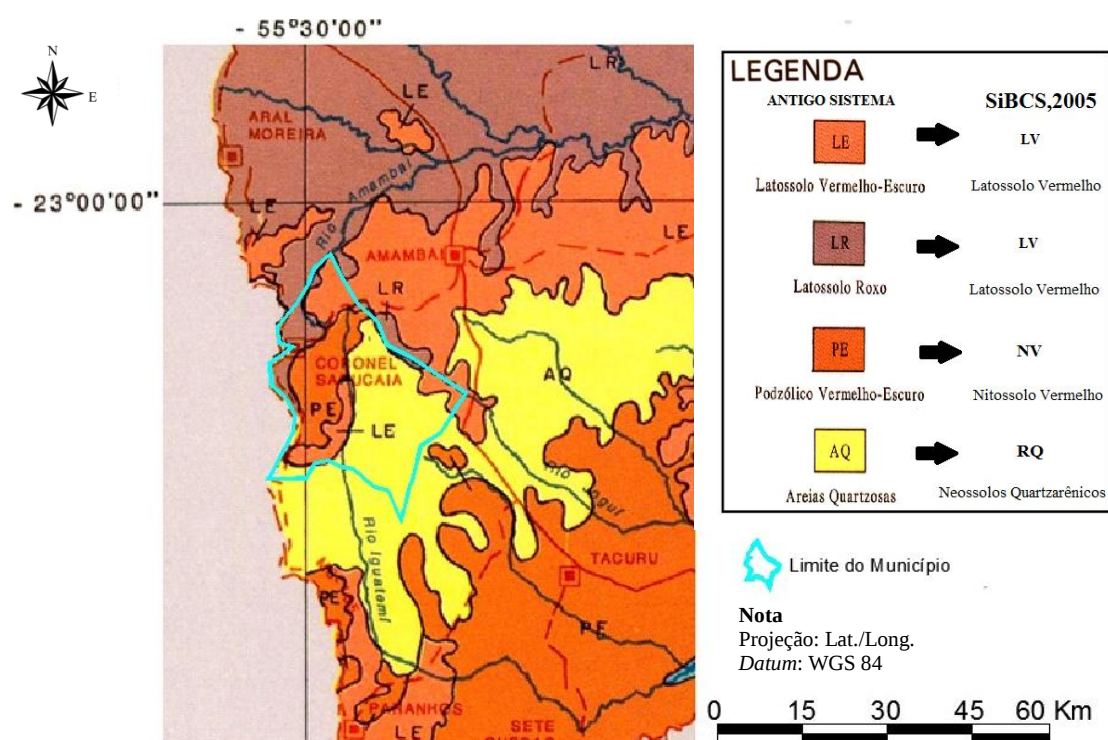


**Figura I.17** – Carta de declividade do Município de Coronel Sapucaia/MS, com pesos atribuídos às diferentes faixas de declividade.

## 2.5.5 Carta de solos

O mapa de solos do Estado de Mato Grosso Sul (MS, 1990) (Figura I. 18) foi digitalizado e convertido para o formato vetorial. A nomenclatura utilizada para os tipos de solo foi atualizada segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos - SiBCS (EMBRAPA, 2005).

Assim como para a Carta de Declividades, em função da facilidade de implantação da ETE com vistas a estabilidade construtiva e operacional, efetuou-se a atribuição de pesos aos tipos de solos (Tabela I.3), de 0 (zero - inapropriado) a 5 (apropriado) e posteriormente sua rasterização com *pixel* de 30 m, resultando na Carta de Solos (Figura I. 19). A nenhum tipo de solo foi atribuído o peso 0 (zero), sendo que o menor índice de aptidão foi imputado aos Neossolos Quartzarênicos (peso 2), em função de sua baixa coesividade.



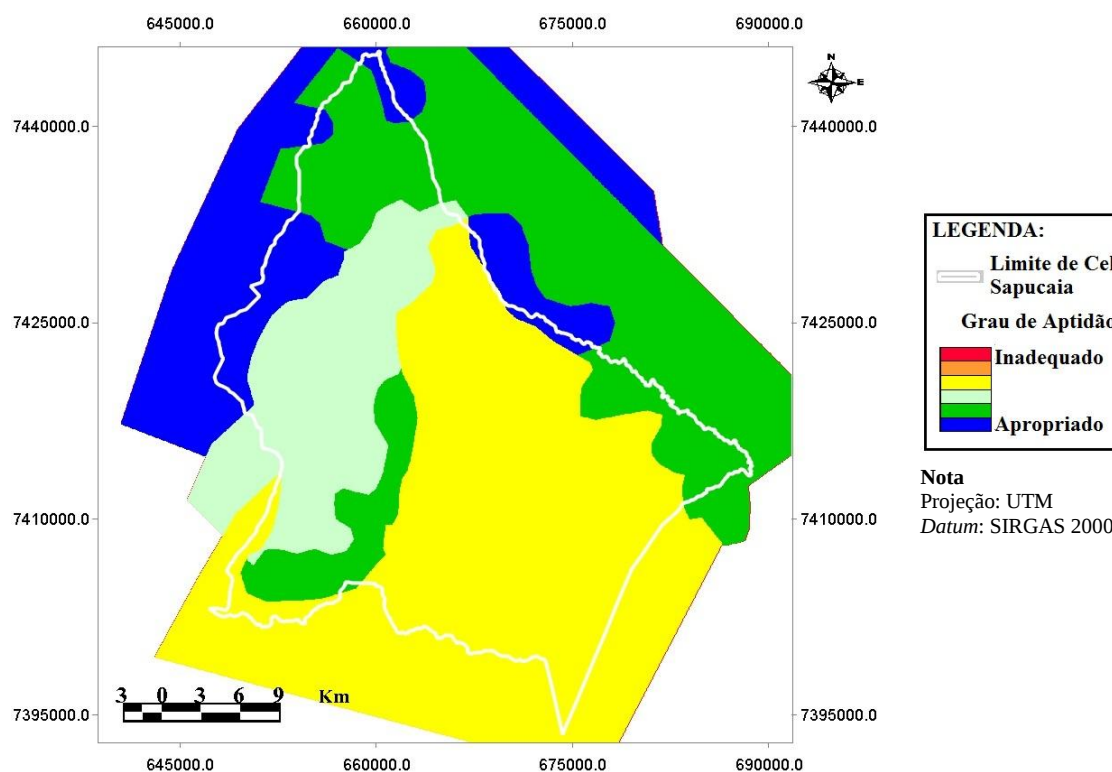
**Figura I.18** – Mapa de Solos de Mato Grosso do Sul. Corte na área de estudo (MS, 1990).

**Tabela I.3** – Pesos atribuídos aos tipos de solo.

| Tipo de Solo segundo SiBCS (EMBRAPA, 2005) | Peso |
|--------------------------------------------|------|
| Latossolo Vermelho <sup>1</sup>            | 5    |
| Latossolo Vermelho <sup>2</sup>            | 4    |
| Nitossolo Vermelho                         | 3    |
| Neossolos Quartzarênicos                   | 2    |

(<sup>1</sup>) Classificação anterior ao SiBCS: Latossolo Roxo.

(<sup>2</sup>) Classificação anterior ao SiBCS: Latossolo Vermelho Escuro.



**Figura I.19** – Carta de Solos de Coronel Sapucaia/MS, com pesos atribuídos às diferentes classes pedológicas.

## 2.5.6 Cartas de distância do perímetro urbano

### 2.5.6.1 Carta de distância máxima exequível

A fim de estabelecer representação do limite financeiro ao projeto do sistema de esgotamento sanitário de Coronel Sapucaia, arbitrou-se o teto de gasto com o coletor tronco de esgoto bruto de R\$ 1.240.000, sendo este o valor máximo a ser gasto com a tubulação que encaminhará o efluente gerado no Município à ETE.

Economicamente, o cenário mais oneroso acontece quando este caminhamento se efetua por bombeamento (recalque). Assim, estipulou-se qual a extensão máxima de linha de recalque que pode ser executada com o valor disponível.

A vazão de esgoto por economia considerada, em média, para o Estado é de 0,011 L x s<sup>-1</sup> (família com 4 pessoas com consumo de água de 150 L x hab<sup>-1</sup> x dia<sup>-1</sup>) (RIBEIRO, 2009). Portanto a vazão de bombeamento para Coronel Sapucaia é de 49 L x s<sup>-1</sup>.

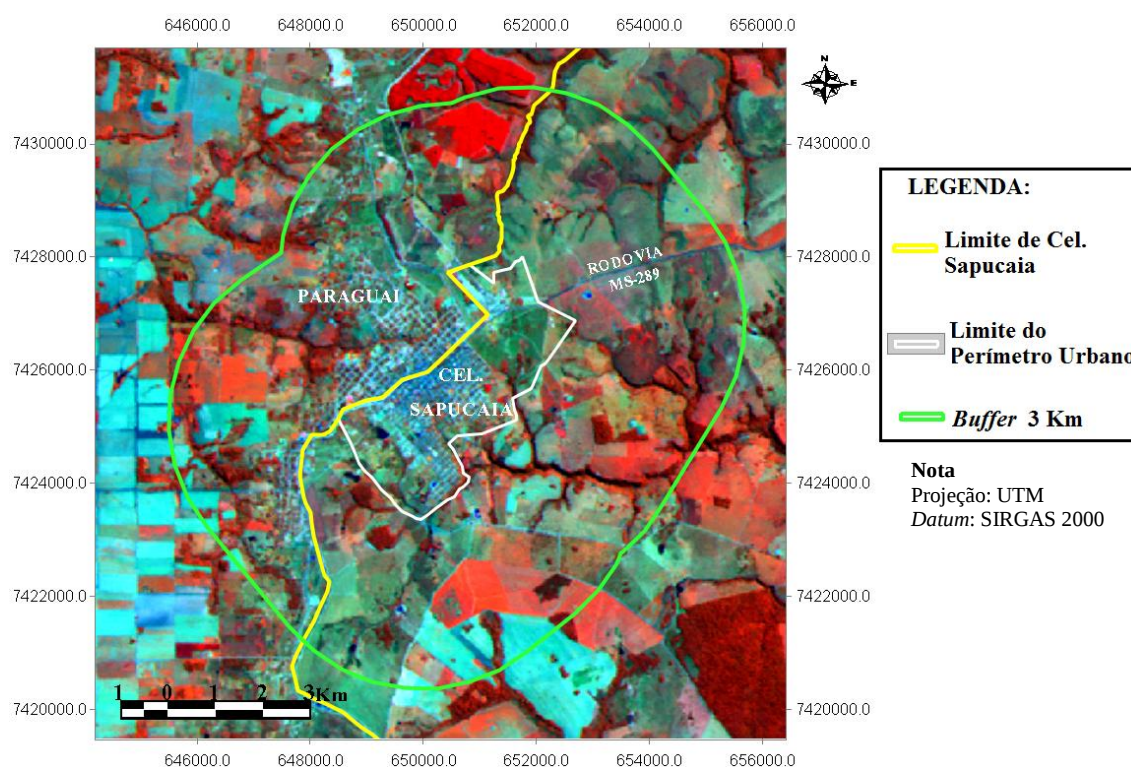
O dimensionamento econômico de instalações de recalque foi feito com base na fórmula de Bresser, apresentada na equação 1 (GOMES, 2002).

$$D = k \times Q^{1/2} \quad \text{Equação 1}$$

Sendo  $D$  é o diâmetro interno do tubo em metros,  $k$  o coeficiente adimensional de investimento *versus* custo operacional (valor adotado 1,2) e  $Q$  a vazão de bombeamento em metros por segundo (adotada  $50 \text{ L} \times \text{s}^{-1}$ ). O resultado foi de 0,268 m. O diâmetro comercial considerado para aquisição foi o de 300 mm.

Efetuada a composição de preços e serviços essenciais à execução da linha de recalque, tomando por base o boletim de preços e serviços internos da Empresa de Saneamento de Mato Grosso do Sul (SANESUL, 2010), com cotação de setembro de 2010, obteve-se o custo de implantação por metro de R\$ 411,09 (tabela I.4).

A extensão máxima da linha de recalque, considerando os valores obtidos, foi de 3 (três) quilômetros. Assim, executou-se um *buffer* de 3 km de distância do perímetro urbano do município (Figura I. 20), representando o limite máximo da linha de recalque e, consequentemente, o afastamento máximo da ETE.

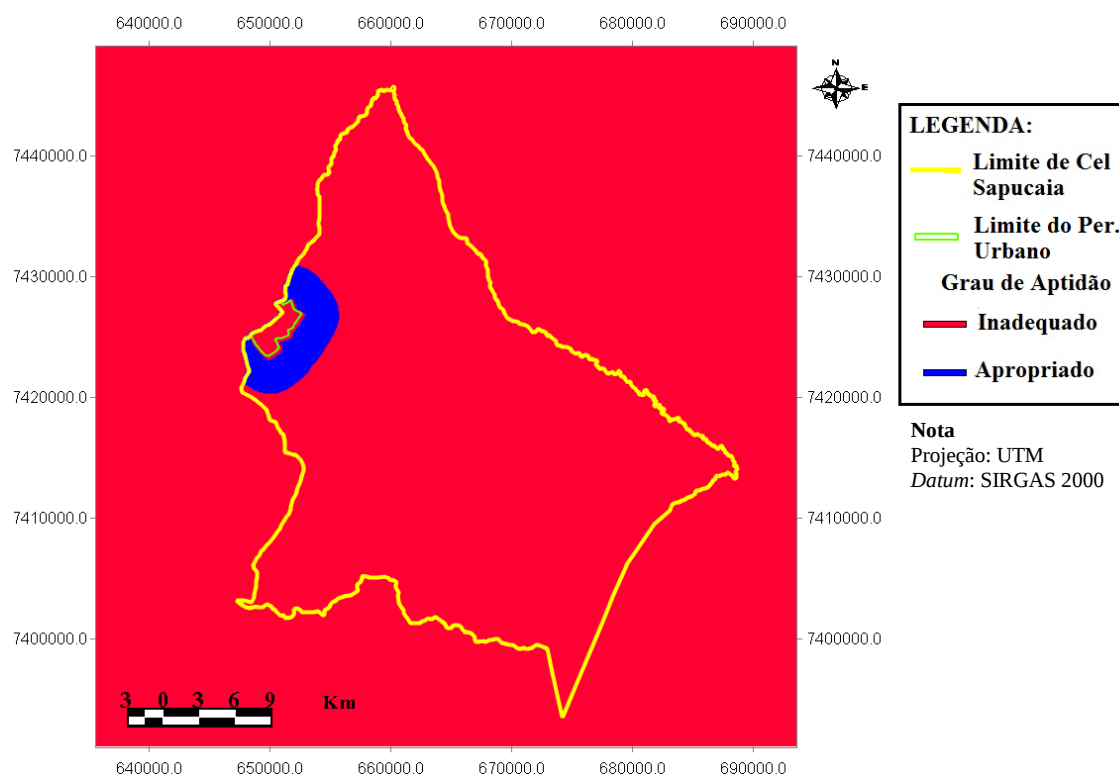


**Figura I.20** – Buffer de 3 km do perímetro urbano de Coronel Sapucaia/MS. Imagem de fundo Landsat 5 TM, composição 4-5-3, data de passagem 12/04/2010 (INPE, 2010).

**Tabela I.4** – Orçamento da linha de recalque final, preços base Boletim de Preços SANESUL (SANESUL, 2010).

| ORÇAMENTO DE OBRA                        |                                                                                                                   |                    |       |  | DATA:                  | 11/11/2010          |
|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-------|--|------------------------|---------------------|
| SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO DE CEL. |                                                                                                                   |                    |       |  | PREÇOS:                | SET_10              |
| SAPUCAIA/MS                              |                                                                                                                   |                    |       |  |                        |                     |
| LINHA DE RECALQUE FINAL                  |                                                                                                                   |                    |       |  |                        |                     |
| ITEM                                     |                                                                                                                   |                    |       |  | CUSTO                  | CUSTO               |
| BOLETIM                                  |                                                                                                                   |                    |       |  | UNIT                   | TOTAL               |
| SANESUL                                  | DESCRIÇÃO COMPLETA                                                                                                | UNID               | QUAN  |  | (R\$)                  | (R\$)               |
| <b>1</b>                                 | <b>SERVIÇOS</b>                                                                                                   |                    |       |  |                        |                     |
| <b>1.1</b>                               | <b>SERVIÇOS TÉCNICOS</b>                                                                                          |                    |       |  |                        |                     |
| 02.04.0032                               | Locação e nivelamento de rede de esgoto c/ utilização de equipamento topográfico e elaboração de notas de serviço | m                  | 6,00  |  | R\$ 0,84               | R\$ 5,04            |
| 02.05.0010                               | Cadastro de rede de esgoto                                                                                        | m                  | 6,00  |  | R\$ 0,61               | R\$ 3,66            |
|                                          | <b>SUBTOTAL</b>                                                                                                   |                    |       |  |                        | <b>R\$ 8,70</b>     |
| <b>1.2</b>                               | <b>SERVIÇOS PRELIMINARES</b>                                                                                      |                    |       |  |                        |                     |
| 03.02.0020                               | Passadiço com pranchas de madeira                                                                                 | m <sup>2</sup>     | 2,00  |  | R\$ 39,63              | R\$ 79,26           |
|                                          | <b>SUBTOTAL</b>                                                                                                   |                    |       |  |                        | <b>R\$ 79,26</b>    |
| <b>1.3</b>                               | <b>MOVIMENTO DE TERRA</b>                                                                                         |                    |       |  |                        |                     |
| <b>1.3.1</b>                             | <b>ESCAVAÇÃO DE VALAS</b>                                                                                         |                    |       |  |                        |                     |
| 04.02.0001                               | Escavação manual de valas prof. até 1,50m em solo de qualquer natureza, exceto rocha                              | m <sup>3</sup>     | 0,72  |  | R\$ 15,09              | R\$ 10,86           |
| 04.02.0100                               | Escavação mecânica de valas prof. até 2,00m em solo de qualquer natureza, exceto rocha                            | m <sup>3</sup>     | 6,48  |  | R\$ 6,01               | R\$ 38,94           |
| 04.04.0002                               | Regularização e apiloamento de fundo de vala, com maço de 30 Kg                                                   | m <sup>2</sup>     | 4,80  |  | R\$ 0,69               | R\$ 3,31            |
| 04.04.0003                               | Aterro/reaterro de valas compactado manualmente                                                                   | m <sup>3</sup>     | 1,69  |  | R\$ 10,29              | R\$ 17,39           |
| 04.04.0007                               | Aterro/reaterro de valas compactado mecanicamente c/ controle do GC                                               | m <sup>3</sup>     | 3,95  |  | R\$ 7,74               | R\$ 30,57           |
| 04.05.0011                               | Carga e descarga de solo                                                                                          | m <sup>3</sup>     | 1,56  |  | R\$ 1,20               | R\$ 1,87            |
| 04.05.0061                               | Transporte de material escavado-solos                                                                             | m <sup>3</sup> xkm | 15,60 |  | R\$ 0,93               | R\$ 14,50           |
|                                          | <b>SUBTOTAL</b>                                                                                                   |                    |       |  |                        | <b>R\$ 117,44</b>   |
| <b>1.4</b>                               | <b>ASSENTAMENTOS</b>                                                                                              |                    |       |  |                        |                     |
| 09.02.0030                               | Assentamento de tubos e conexões M PVC JEI 1MPa DN 300                                                            | m                  | 6,00  |  | R\$ 2,95               | R\$ 17,70           |
|                                          | <b>SUBTOTAL</b>                                                                                                   |                    |       |  |                        | <b>R\$ 17,70</b>    |
| <b>1.5</b>                               | <b>PAVIMENTAÇÃO</b>                                                                                               |                    |       |  |                        |                     |
| 10.01.0010                               | Retirada mecânica de pavimentação asfáltica.                                                                      | m <sup>2</sup>     | 4,80  |  | R\$ 4,08               | R\$ 19,58           |
| 10.01.0090                               | Retirada manual de guias ou meio fio                                                                              | m                  | 0,80  |  | R\$ 6,23               | R\$ 4,98            |
| 10.02.0010                               | Recomposição de pavimentação em passeio cimentado, e=6,00 cm                                                      | m <sup>2</sup>     | 4,80  |  | R\$ 21,72              | R\$ 104,25          |
| 10.02.0050                               | Recomposição de guias ou meio fio                                                                                 | m                  | 0,80  |  | R\$ 9,47               | R\$ 7,57            |
| 10.03.0010                               | Pavimentação asfáltica CBUQ, base=15cm e=4cm                                                                      | m <sup>2</sup>     | 4,80  |  | R\$ 47,58              | R\$ 228,38          |
|                                          | <b>SUBTOTAL</b>                                                                                                   |                    |       |  |                        | <b>R\$ 364,76</b>   |
|                                          | <b>TOTAL DOS SERVIÇOS</b>                                                                                         |                    |       |  |                        | <b>R\$ 587,86</b>   |
| <b>2</b>                                 | <b>MATERIAIS</b>                                                                                                  |                    |       |  |                        |                     |
| 32.05.0005                               | Tubo M PVC esgoto 1MPa, JEI, DN300 (ocre), L=6,00 m                                                               | pç                 | 1,00  |  | R\$ 1.878,70           | R\$ 1.878,70        |
|                                          | <b>SUBTOTAL</b>                                                                                                   |                    |       |  |                        | <b>R\$ 1.878,70</b> |
|                                          | <b>TOTAL DOS MATERIAIS</b>                                                                                        |                    |       |  |                        | <b>R\$ 1.878,70</b> |
|                                          | <b>TOTAL DA COMPOSIÇÃO</b>                                                                                        |                    |       |  |                        | <b>R\$ 2.466,56</b> |
|                                          |                                                                                                                   |                    |       |  | <b>CUSTO POR METRO</b> | <b>R\$ 411,09</b>   |

A região fora dos limites do município, bem como a que compreende o perímetro urbano acrescido de um raio de 200 (duzentos) metros e a faixa com distância superior a máxima estabelecida (3 km) foram caracterizadas como inapropriadas para instalação do empreendimento (peso 0 – zero). As demais receberam peso 1 (apropriadas). Por fim efetuou-se a rasterização dos *shapes* com *pixel* de 30 metros (Figura I. 21).



**Figura I.21** – Carta de distância máxima exequível de Coronel Sapucaia/MS.

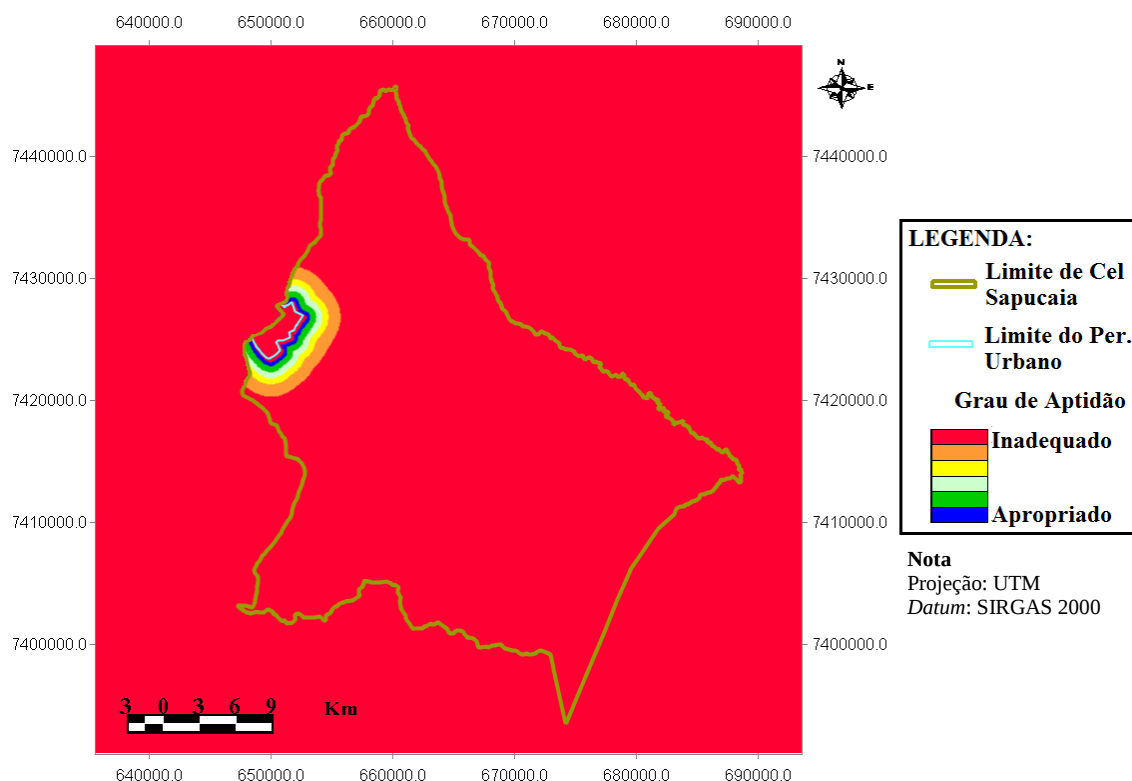
O raio de duzentos metros acrescido ao limite do perímetro urbano foi arbitrado como fator de segurança, representando o afastamento mínimo imposto por Plano Diretor Municipal para instalação de ETE, de forma a minimizar inconvenientes à população vizinha com odores provenientes do sistema de tratamento.

#### 2.5.6.2 Carta de Faixas de distância do perímetro urbano

De maneira complementar, foram atribuídos pesos de aptidão às frações da faixa exequível (de 200 m a 3 km de distância do limite do perímetro urbano) (tabela I.5). Foram executados *buffers* intermediários para representar estas frações e lhes foram atribuídos os respectivos pesos (de 0 a 5). Por fim foram rasterizados para compor a carta (Figura I. 22).

**Tabela I.5** – Pesos atribuídos às frações da faixa exequível.

| Faixa (m) | Peso |
|-----------|------|
| 0-200     | 0    |
| 200-500   | 5    |
| 500-1000  | 4    |
| 1000-1500 | 3    |
| 1500-2000 | 2    |
| 2000-3000 | 1    |
| > 3000    | 0    |

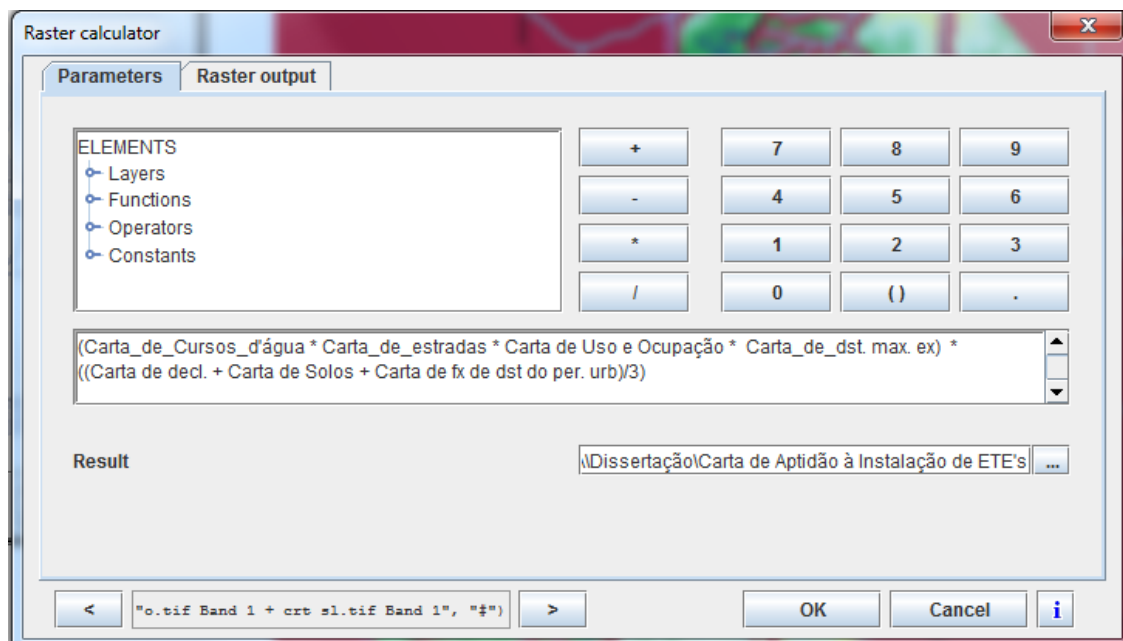


**Figura I.22** – Carta de Faixas de distância do perímetro urbano de Coronel Sapucaia.

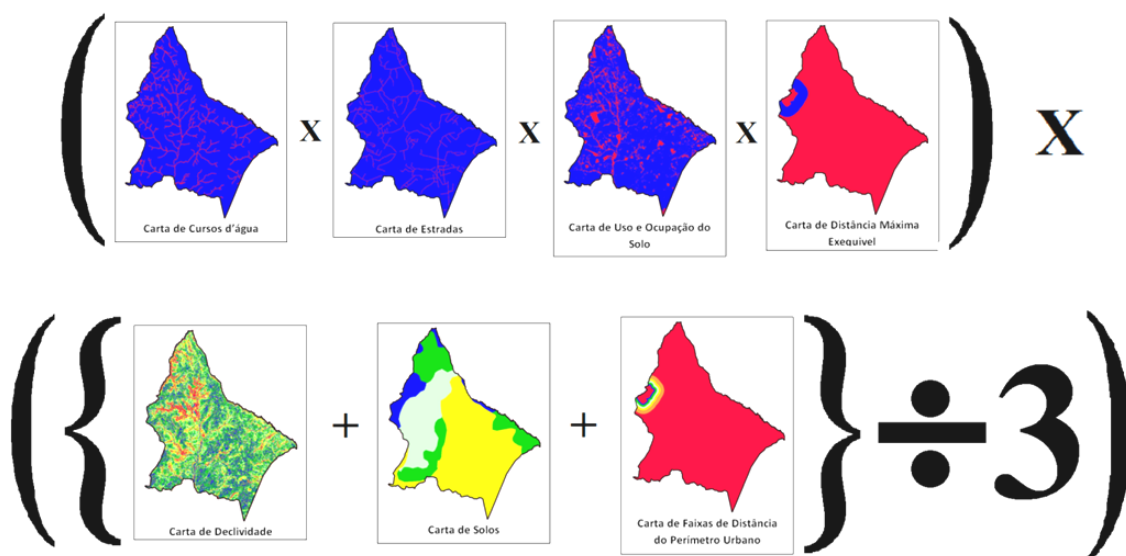
## 2.6 Álgebra de Mapas

Segundo Paranhos Filho *et al.* (2008), o ambiente SIG é o ideal para integrar dados, informações e cartas de naturezas diferentes. O termo Álgebra de Mapas é utilizado na literatura de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto para denotar o conjunto de operadores que manipulam campos geográficos (imagens, mapas temáticos e modelos numéricos de terreno) (BARBOSA, 1997).

Foram utilizadas as cartas raster elaboradas como parâmetros numa equação através da ferramenta *raster calculator* do Sextante (Figura I. 23). As limitantes foram multiplicadas entre si e posteriormente pela média geométrica das não limitantes (Figura I. 24), resultando na Carta de Aptidão para a Instalação de ETE para o Município de Coronel Sapucaia/MS.



**Figura I.23** – Composição dos parâmetros da equação, na ferramenta *raster calculator* da extensão Sextante do gvSIG, para elaboração da Carta.



**Figura I.24** – Cartas utilizadas na composição da equação para elaboração da Carta de Aptidão à instalação de ETE no Município de Coronel Sapucaia/MS.

## 2.7 Rosa dos Ventos

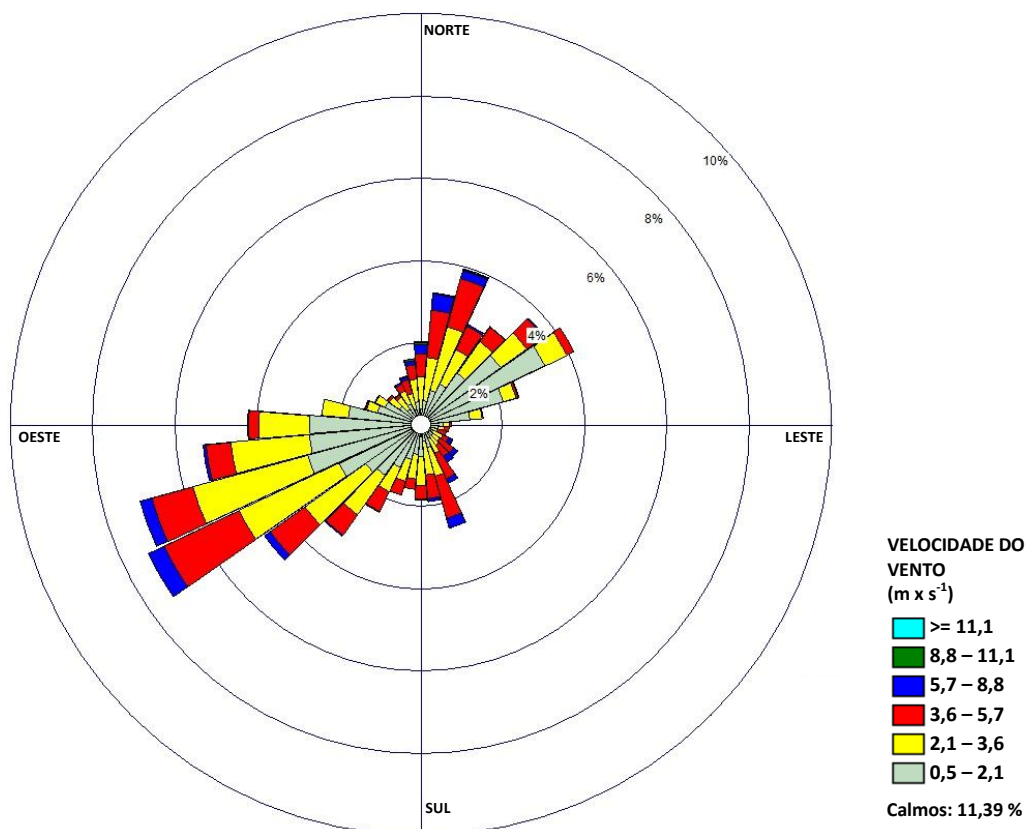
Foi elaborada, também, a rosa dos ventos, como complemento à Carta de Aptidão. Esse dado vem reforçar o embasamento para a tomada de decisão na escolha da área a ser adquirida para instalação da estação de tratamento, uma vez que aponta a direção predominante dos ventos na região.

Efetuuou-se o *download* dos dados climatológicos da estação Amambaí – A750 (Figura I. 25) (INMET, 2010), por ser a estação mais próxima da área de estudo. Os dados foram

obtidos no intervalo de 11/06/2008 a 26/12/2010. Com o auxílio do *software* gratuito *WRPLOT View* (LAKES, 2010) obteve-se a rosa dos ventos (Figura I.26).



**Figura I.25** – Localização da estação Amambai- A750 do INMET em Mato Grosso do Sul (INMET, 2010).



**Figura I.26** – Rosa dos ventos para região de Coronel Sapucaia/MS, mostrando os ventos soprando, predominantemente, para sudoeste.

## **2.8 Visita a campo**

Após a elaboração da Carta de Aptidão para Instalação de ETE e da rosa dos ventos para o Município de Coronel Sapucaia, efetuou-se a pré-seleção de algumas regiões com nível de aptidão igual ou maior a 3, para vistoria in loco de forma a avaliar a viabilidade de aquisição destas áreas.

Através de pesquisas no setor imobiliário da Prefeitura, nos cartórios e corretoras de imóveis locais buscou-se, nas regiões pré-estabelecidas, aquela que apresentava melhores condições para aquisição. Áreas públicas e não produtivas costumam ser as ideais por possuírem custo menos elevado, ou até mesmo zero, para compra.

## **3.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Como produto da álgebra de mapas, que utilizou como parâmetros da equação as cartas limitantes e não limitantes elaboradas para a área de estudo, obteve-se a Carta de Aptidão para a Instalação de ETE em Coronel Sapucaia/MS (Figura I. 27). Ela indica o grau de propensão das diversas localidades do município, considerando os fatores avaliados, para receber uma Estação de Tratamento de Esgoto Sanitário.

Baseando-se na Rosa dos Ventos gerada para a região em estudo, verificou-se que devem ser descartadas áreas locadas a nordeste da Cidade para implantação de ETE, pois os ventos sopram, predominantemente, no sentido sudoeste e os odores provenientes do tratamento seriam carregados ao perímetro urbano.

A captação de água para abastecimento humano do município no córrego Nhú-Verá fica na região sudoeste do município. Áreas a montante da captação foram descartadas para a pré-seleção.

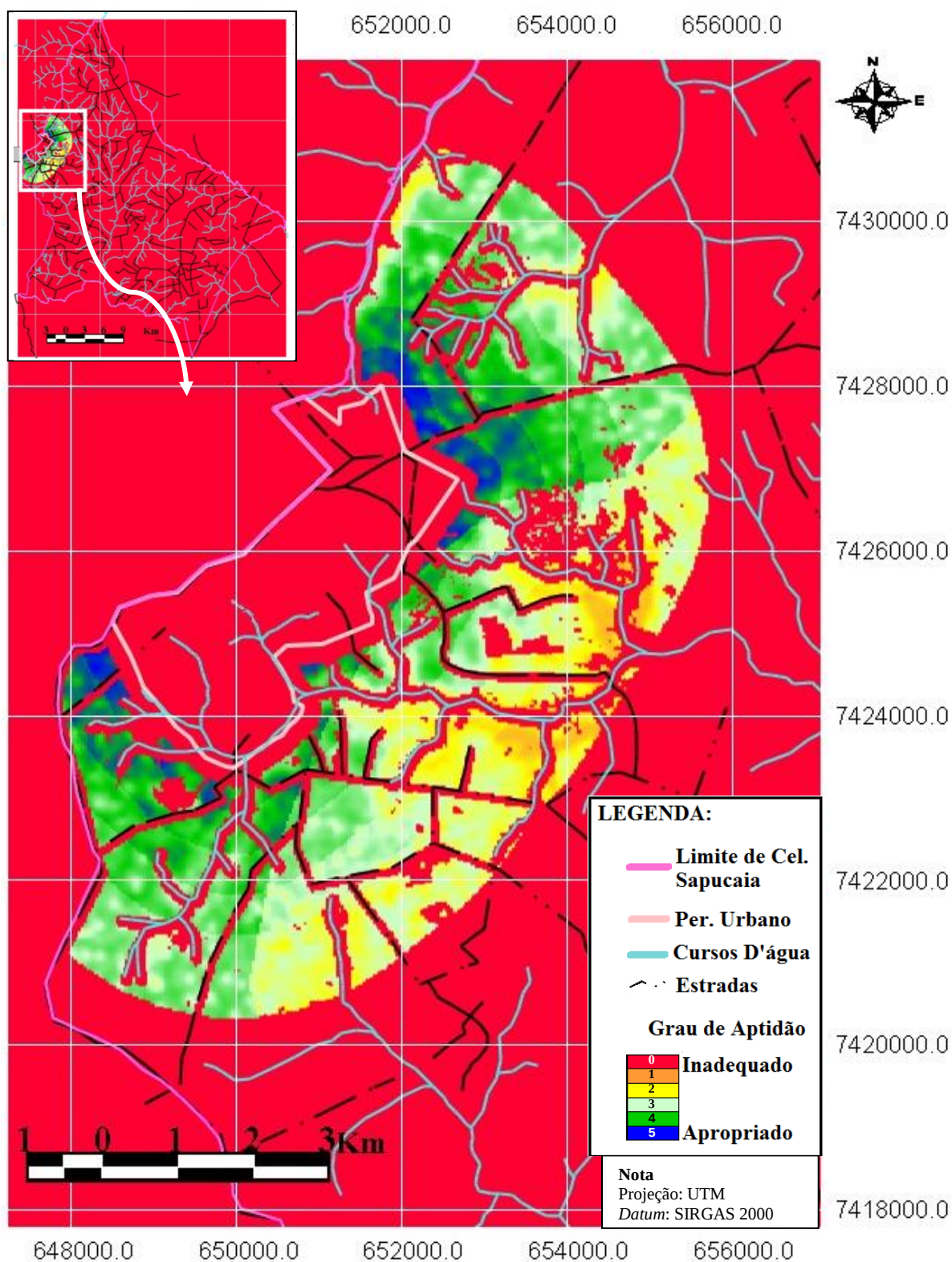
Na visita in loco, de posse da Carta de Aptidão à Instalação de ETE, com consultas ao setor de imóveis da Prefeitura, cartórios e imobiliárias locais, identificou-se uma área de posse do município com peso mínimo 3 (Figura I. 28), com área de 14 ha aproximadamente.

A propriedade pré-selecionada tem terreno suficiente para abrigar a área inicialmente estimada para ETE, além de possuir custo de compra zero, por ser de domínio público. Além disso, esta área encontra-se próxima a fonte geradora do esgoto e ao provável ponto para lançamento do efluente tratado, o Córrego Nhú-Verá, a jusante da captação de água. A economia na aquisição poderá, por exemplo, ser revertida na otimização do sistema de tratamento inicialmente escolhido.

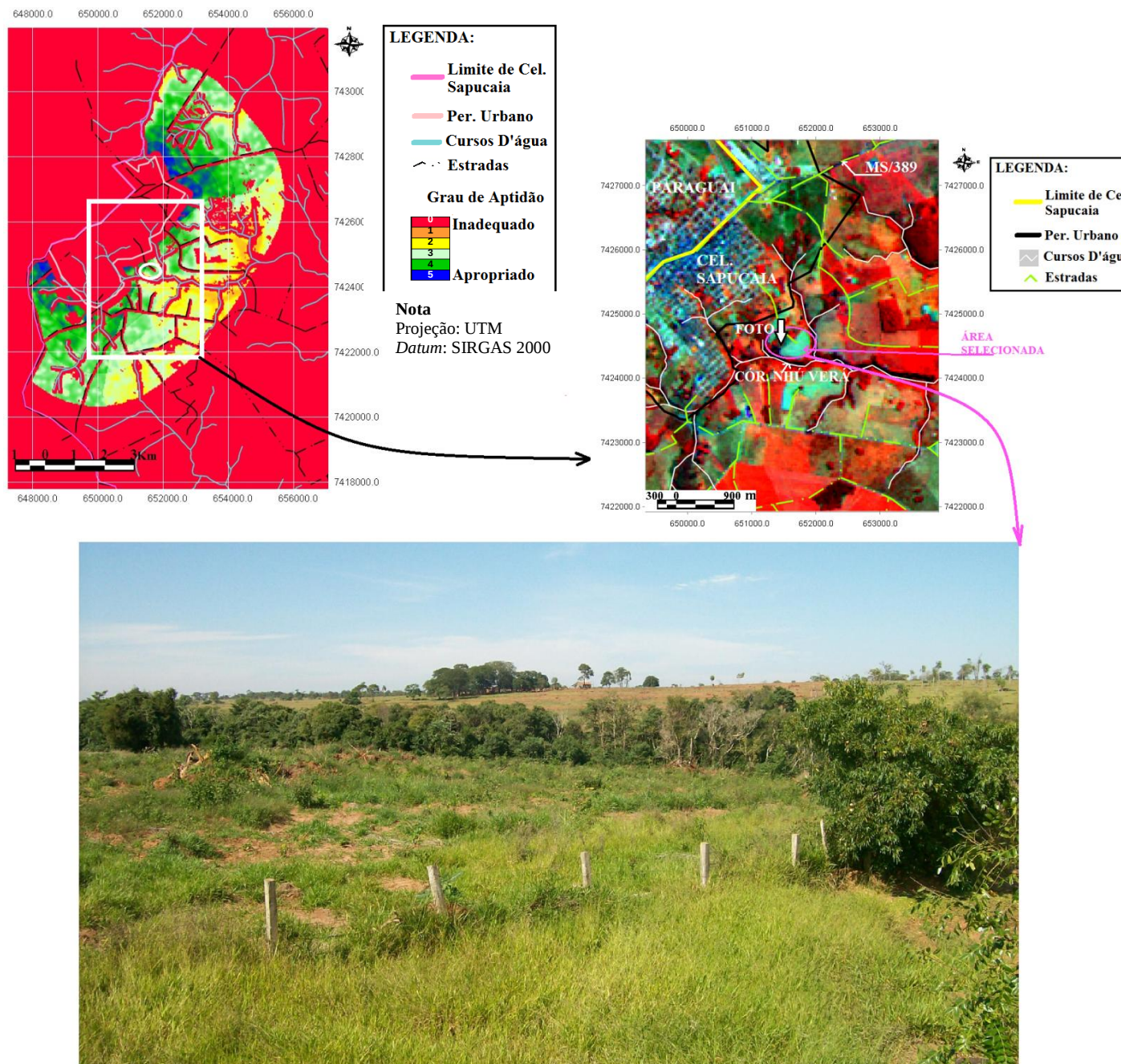
Por fim deve-se avaliar a capacidade de depuração do curso d'água que poderá vir a receber o esgoto tratado antes da decisão definitiva da locação do empreendimento.

Outras áreas públicas disponíveis não dispunham do tamanho necessário, ou estavam em regiões de baixa aptidão (peso menor que 3) e, em muitos casos, a nordeste do perímetro

urbano. Áreas privadas também foram levantadas como alternativas, podendo ser consideradas caso haja algum problema com a área previamente selecionada.



**Figura I.27** – Carta de Aptidão à Instalação de ETE para o Município de Coronel Sapucaia/MS, (geral e detalhe).



**Figura I.28** – Localização da região pré-selecionada, mostrando foto panorâmica da área escolhida. Ao fundo pode ser observada a mata ciliar no córrego Nhú-Verá, em Coronel Sapucaia/MS.

## 4.0 CONCLUSÕES

A Carta de Aptidão para a Instalação de ETE gerada pode auxiliar aos projetistas das Empresas de saneamento, bem como aos técnicos ambientais, na avaliação das condições ambientais da região onde se pretende localizar este tipo de empreendimento.

Com a representação cartográfica dos parâmetros em análise ocorre melhor contextualização espacial dos aspectos avaliativos que influenciam na tomada de decisão na escolha da área mais propícia para implantação das estações.

Em termos de custos, estes se limitaram à aquisição do *hardware* (*notebook* e periféricos), *software* (sistema operacional) e materiais de suprimento e suporte, uma vez que as imagens de satélite e o SIG utilizado, matérias primas do estudo, foram obtidos sem ônus, o que é um fator determinante para a minimização dos gastos com o procedimento, aspecto categórico na viabilização da implantação desta ferramenta no processo decisório das companhias de saneamento.

O SIG gratuito e livre utilizado, gvSIG versão 1.10, atendeu às expectativas, em relação a agilidade na execução de comandos, na interface gráfica intuitiva, bem como na estabilidade de processamento durante todas as etapas do trabalho. Ele apresentou compatibilidade com arquivos nativos de outros programas como AutoCAD (AUTODESK, 2009), ARCINFO (ESRI, 1997), Geomática (PCI, 2003) e ERDAS (ERDAS, 2006).

A elaboração da Carta de Aptidão transcorreu em um período de 04 (quatro) meses, tendo como parte mais onerosa do processo a definição dos parâmetros a serem representados e os respectivos pesos a serem atribuídos para cada um. Este prazo pode ser reduzido caso a equipe técnica tenha definida claramente, seja por meio de experiência profissional ou literatura pertinente, os graus de dificuldade diretamente relacionados aos critérios em análise.

Há de se considerar que todo modelo é uma simplificação da realidade e, portanto, passível de erros. Deve-se lembrar também que, para outras situações, as cartas utilizadas podem servir como referência.

Fica sugerido que sejam feitos em futuros trabalhos, a avaliação da utilização de imagens com maior resolução espacial para locação de unidades menores do sistema de esgotamento sanitário de uma região, como estações de bombeamento de esgoto bruto.

## 5.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARCEIVALA, S. J. *Wastewater treatment and disposal*. New York: Marcel Dekker, 1981. 892 p.

AUTODESK Inc. *AutoCad version 10*. Auto Desk Inc. San Francisco – California. 2009. 1 DVD ROM.

BARBOSA, C. C. F. *Álgebra de mapas e suas aplicações em sensoriamento remoto e geoprocessamento*. São José dos Campos: INPE, 1997.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resolução CONAMA 303, de 20 de março de 2002*. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30302.html>>. Acesso em: 04 jan. 2011.

DSG, Departamento de Serviço Geográfico do Exército. *Carta Coronel Sapucaia*. Escala 1: 100.000. Folha SF. 21-Z-C-III. Brasília: [s.n.], 1972.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. 2ª. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2005. 306 p.

ERDAS INC. 2006. *Erdas Imagine, versão 9.1*. Erdas Inc. Atlanta – Geórgia. CD-ROM.

ESRI Inc. - *ARC / INFO version 7.11*. Environmental Systems Research Institute Inc. New York, 1997, 1 CD ROM.

FARR, T. G.; ROSEN, P. A.; CARO, E.; CRIPPEN, R.; DUREN, R.; HENSLEY, S.; KOBRICK, M.; PALLER, M.; RODRIGUEZ, E.; ROTH, L.; SEAL, D.; SHAFFER, S.; SHIMADA, J.; UMLAND, J.; WERNER, M.; OSKIN, M.; BURBANK, D.; ALSDORF, D. *The Shuttle Radar Topography Mission*. Revista Geophys, n. 45, 2007. RG2004, doi:10.1029/2005RG000183. 33 p. Disponível em <<http://www.agu.org/pubs/crossref/2007/2005RG000183.shtml>>. Acesso em: 10 de janeiro de 2011.

GLCF - Global Land Cover Facility. Catálogo Landsat 5 TM. Canais 1,2,3,4,5, 6 e 7. *Imagem de Satélite. Órbita 225 ponto 76*. De 05 de março de 2006. Disponível em: <<http://glcfapp.glcf.umd.edu:0800/esdi/index.jsp>>. Acesso em: 21 jul. 2010.

GLCF - Global Land Cover Facility. Catálogo Landsat 5 TM. *Browse image. Órbita 225 ponto 76*. 2011. Disponível em: <<http://glcfapp.glcf.umd.edu:8080/esdi/index.jsp>>. Acesso em: 14 jan. 2011.

GOMES, H. P. *Sistemas de abastecimento de água*. João Pessoa: Universitária - UFPB, 2002.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2005. *Sirgas 2000*. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/sirgas/principal.htm>>. Acesso em: 08 novembro 2010.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. *Perímetro Urbano de Coronel Sapucaia*. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/download/geociencias/mapas/malhas\\_digitaais/setor\\_urbano/MS/Cel\\_Sapucaia](http://www.ibge.gov.br/download/geociencias/mapas/malhas_digitaais/setor_urbano/MS/Cel_Sapucaia)>. Acesso em: 18 setembro 2010.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Dados Históricos dos Censos*, 2010. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censohistorico/default\\_hist.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censohistorico/default_hist.shtm)>. Acesso em: 28 dez. 2010.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. *Monitoramento das Estações Automáticas*. 2010. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/sonabra/maps/automaticas.php>>. Acesso em: 26 dez. 2010.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. *Imagem Landsat 5 TM. Orbita 225 ponto 076*. Canais 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7. Data de Passagem 12 de abril de 2010. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>>. Acesso em: 30 nov. 2010.

LAKES. Lakes Environmental Software. *WRPLOT View*, 2010. Disponível em: <<http://www.weblakes.com/>>. Acesso em: 06 fev. 2010.

MS, Governo do Estado de Mato Grosso do Sul. *Atlas Multirreferencial*. Campo Grande: Convênio Governo do Estado e Fundação IBGE, 1990.

NASA - National Aeronautics and Space Administration, 17 jul. 2008. Disponível em: <[http://landsathandbook.gsfc.nasa.gov/handbook/handbook\\_htmls/chapter1/chapter1.html](http://landsathandbook.gsfc.nasa.gov/handbook/handbook_htmls/chapter1/chapter1.html)>. Acesso em: 12 jan. 2011.

PARANHOS FILHO, A. C.; LASTORIA, G.; TORRES, T. G. *Sensoriamento Remoto Ambiental Aplicado: Introdução as Geotecnologias*. Campo Grande: Editora da UFMS, 2008. 198 p.

PCI Geomatics. *Geomática versão 9.1 for Windows*. Otário, Canadá. 16 de dezembro de 2003. 1 CD-ROM.

PONTES FILHO, G. *Estradas de rodagem: projeto geométrico*. São Carlos, 1998.

RAMOS, P. R.; RAMOS, L. A.; LOCH, C. *Sensoriamento Remoto como Ferramenta para a Gestão Ambiental e o Desenvolvimento Local*. 7º Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário. Florianópolis: UFSC, COBRAC. 2004.

RIBEIRO, V. O. *Quadro resumo de vazões equivalentes*. Relatório Técnico. SANESUL. Campo Grande. 2009.

SANESUL - Empresa de Saneamento do Estado de Mato Grosso do Sul. Esgotamento Sanitário: Tratamento de Esgotos. *Site da SANESUL*, 2009. Disponível em: <<http://www.sanesul.ms.gov.br>>. Acesso em: 02 outubro 2010.

SANESUL - Empresa de Saneamento do Estado de Mato Grosso do Sul. *Boletim de Preços*. setembro 2010. Campo Grande/MS: Publicação Interna, 2010.

SIKORSKI, S. R. *Geoprocessamento como instrumento de planejamento urbano*. GIS BRASIL. Curitiba. 1996. p. 40-45.

VALENCIANA, G. Conselleria d'Infraestructures i Transport. *gvSIG versão 1.10*. Disponível em: <<http://www.gvsig.org/web/>>. Acesso em: 15 janeiro 2011.

VAZ, J. C. *Geoprocessamento*. Dicas 94, 2006. Disponível em: <<http://federativo.bndes.gov.br/dicas/D094%20-%20Geoprocessamento.htm>>. Acesso em: 15 fevereiro 2007.

VON SPERLING, M. *Princípios do Tratamento Biológico das  guas Residuárias*. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG, v. III, 1996. 140 p.

# ANÁLISE DE BACIA TRIBUTÁRIA DA CAPTAÇÃO DE ÁGUA PARA ABASTECIMENTO HUMANO UTILIZANDO GEOTECNOLOGIAS

ENVIRONMENTAL ANALYSIS OF WATERSHED CATCHMENT WATER SUPPLY USING  
GEOTECHNOLOGIES

---

**Vinícius de Oliveira Ribeiro**

Engenheiro Ambiental pela UFMS. Mestrando em Tecnologias Ambientais pela UFMS.  
Gestor de Projetos de Esgoto da SANESUL

---

## Resumo

O objetivo do presente trabalho é efetuar uma análise ambiental da bacia de contribuição à montante da captação de água para abastecimento humano da SANESUL no córrego Nhú-Verá, em Coronel Sapucaia/MS, a fim de identificar os eventos que têm ocasionado o aumento da turbidez da água durante as chuvas intensas. Tal objetivo está sendo viabilizado aqui através de análise multitemporal, utilizando-se imagens de satélite, em ambiente SIG (sistema de informações geográficas). Para minimizar custos do estudo optou-se pela utilização de um *software* SIG livre e gratuito denominado gvSIG 1.10, que atende bem às demandas do estudo. Na Carta de cobertura do solo da bacia de contribuição gerada verificou-se a predominância de pastagens. Para a solução do problema, com base no diagnóstico, são feitas recomendações de utilização de práticas de manejo e conservação dos solos.

**Palavras Chave:** Reservatório, gvSIG e assoreamento.

## Abstract

The aim of this study was to perform an environmental analysis contribution basin upstream of water harvesting for human consumption of SANESUL at the stream Nhú-Verá, Coronel Sapucaia (Mato Grosso do Sul State – Brazil), looking for to identify the events that have caused increased water turbidity during heavy rains, throughout multitemporal analysis, using satellite imagery in GIS (geographic information system). In order to minimize study costs we chose to use free and open GIS software called gvSIG 1.10, which has served well to demands. In the contribution basin land cover map there is grassland predominance. Looking for problem solution, based on diagnosis, made recommendations of management practices and soil conservation.

**Keywords:** Reservoir, gvSIG and siltation.

## 1.0 INTRODUÇÃO

No ano de 1999 foi instalada no córrego Nhú-Verá, no Município de Coronel Sapucaia/MS uma captação de água para abastecimento humano, pela Empresa de Saneamento do Estado de Mato Grosso do Sul – SANESUL, sendo esta a única fonte de abastecimento de água potável para o município. No ano de 2007, num período de chuvas intensas, a Estação de Tratamento de Água - ETA apresentou seus primeiros problemas técnicos em função da elevação da turbidez da água córrego Nhú-Verá.

Quanto mais elevado o nível de sólidos suspensos na água, maiores serão as cifras empregadas para sua potabilização. A desinfecção de águas para abastecimento humano, principalmente no que tange a inativação de vírus, é tanto mais eficaz quanto menor é a turbidez da água.

A turbidez da água tem como causas mais frequentes a presença de matérias sólidas em suspensão (silte, argila, sílica, coloides), matéria orgânica e inorgânica finamente divididas, organismos microscópicos e algas. A origem desses materiais pode ser o solo (falta de práticas adequadas de manejo); a mineração (como a retirada de areia ou a exploração de argila); as indústrias; ou o esgoto doméstico, lançado no manancial sem tratamento (COUTO, 2000).

As águas de lagos, lagoas, açudes e represas apresentam, em geral, baixa turbidez, porém variável em função dos ventos e das ondas que, nas rasas, podem revolver os sedimentos do fundo. Após chuvas intensas, as águas dos mananciais de superfície ficam turvas, graças ao carreamento dos sedimentos das margens pela enxurrada. Assim, os solos argilosos e as águas em movimentação, ocasionam turbidez (COUTO, 2000).

A produção de sedimento derivada da área de drenagem, ou correspondente a toda uma bacia hidrográfica, é dependente da erosão, do escoamento das águas de chuva com o carreamento dos sedimentos e das características de transporte de sedimento nos cursos d'água (ANEEL, 2000).

O manejo impróprio do solo altera os processos erosivos naturais ao intervir nas características que influem nestes processos, como a remoção da cobertura vegetal. Salgado *et al.* (2006) mostra, por meio de dados de turbidez, a estreita relação entre o uso do solo e impactos nos ambientes fluviais. Os autores monitoraram a turbidez em mananciais de abastecimento público no município de Caeté/MG durante alguns anos e constataram que as taxas mais elevadas correspondem aos períodos de corte e replantio de eucalipto na região.

Cuidados no manejo do solo, como plantio direto e recomposição das matas ciliares reduzem sensivelmente o carreamento de sólidos aos corpos hídricos. A caracterização do uso e ocupação do solo é fundamental para elaboração de um plano de gestão dos recursos hídricos na bacia hidrográfica que, conforme preconiza a Lei Federal n.º 9.433/1997 (BRASIL, 1997) em seu Art.º 2º, possibilite a manutenção da qualidade e quantidade dos recursos naturais para as gerações atual e futura, adequado aos respectivos usos, seguido da utilização racional e integrada e a prevenção e defesa contra eventos hidrológicos críticos.

O emprego de geotecnologias, dentre elas o sensoriamento remoto, tem proporcionado a obtenção de dados sobre a alteração de áreas de forma sistemática (LOPES *et al.*, 2007). O uso do sensoriamento remoto associado a um SIG (Sistema de Informações Geográficas) tem se mostrado uma ferramenta eficaz na análise do uso e cobertura do solo relacionado à qualidade das águas em bacias hidrográficas.

## **1.1 Objetivos**

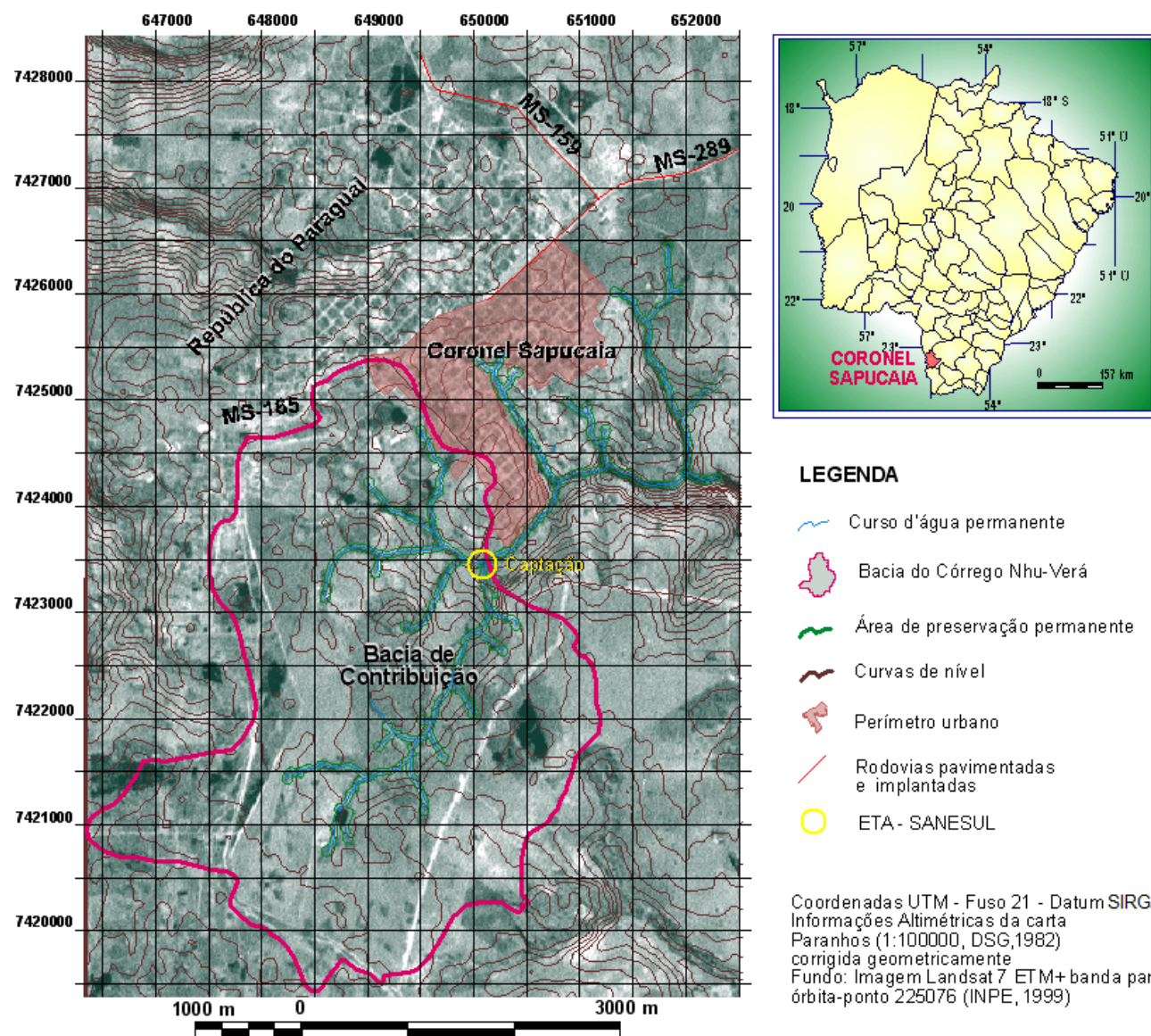
Delimitar a área de contribuição à captação de água para abastecimento humano na microbacia do Córrego Nhú-Verá e identificar a cobertura do solo na área utilizando ferramentas de geotecnologia gratuitas.

## **2.0 MATERIAIS E MÉTODOS**

O estudo foi efetuado na microbacia de contribuição do reservatório para abastecimento humano da SANESUL, locado no córrego Nhú –Verá, na cidade de Coronel Sapucaia, Estado de Mato Grosso do Sul (Figura II. 1).

Utilizando-se a carta Coronel Sapucaia (DSG, 1972) foram obtidas as curvas de nível da cartografia oficial. Acessando-se o *site* do *Global Land Cover Facility* (GLCF, 2010) efetuou-se o *download* sem ônus das bandas (1 a 7), em formato GeoTIFF, que compõem a imagem Landsat 5 TM, órbita-ponto: 225-076, com data de passagem 05/03/2006, pois é a imagem ortorretificada mais recente disponível. Esta serviu de base para o georreferenciamento das demais cenas Landsat utilizadas no trabalho.

Com consulta ao acervo do Laboratório de Geoprocessamento para Aplicações Ambientais (DHT-CCET) da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul obteve-se a imagem SRTM (modelo digital de elevação), georreferenciada, em formato GeoTIFF, de mesma órbita-ponto da imagem Landsat, projeção UTM e *datum* WGS 84.



**Figura II.1** – Localização da bacia de contribuição à captação de água para o abastecimento de Coronel Sapucaia/MS.

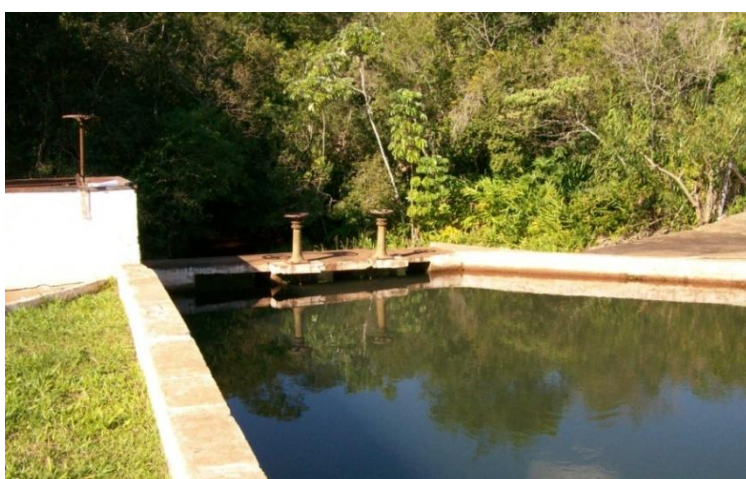
Os *datums* de todos os dados do estudo foram reprojetados para SIRGAS 2000, através da ferramenta *reproject* do gvSIG, por este ser sistema geodésico de referência oficial do Brasil (IBGE, 2005).

A base cartográfica oficial foi escanerizada e georreferenciada fornecendo a base sobre a qual foram convertidas para o formato vetorial as curvas de nível, colocadas em um *layer* do gvSIG.

Em outro *layer* utilizou-se o MDE SRTM (GLCF, 2010), o qual forneceu também as curvas de nível com equidistância de 5 metros através da ferramenta *contour line* do gvSIG. O cruzamento dessas informações altimétricas permitiu delimitar a bacia de contribuição para o ponto de captação de água com a ferramenta *watershed from contour lines* da extensão Sextante do gvSIG (Figuras II.1, II.2 (a) e II.2 (b)).



**Figura II.2 (a)** – Estação de Tratamento de Água SANESUL



**Figura II.2 (b)** – Barragem de Tomada d'água no córrego Nhu-Verá

Posteriormente as malha hídrica e de infraestrutura, inseridas dentro da área de contribuição à captação, foram convertidas ao formato vetorial.

## 2.1 Cobertura do solo da bacia de contribuição

Foi realizado controle de campo para coleta de coordenadas para avaliação do grau de acurácia do georreferenciamento da carta topográfica e para efetuar o levantamento fotográfico das coberturas do solo no município para obtenção das legendas de uso e ocupação da bacia (Figura II.3).

Posteriormente, a imagem Landsat 5 TM (GLCF, 2010), composta pelas bandas de 1 a 5 e 7, com data de passagem de 12/04/2010 foi submetida à classificação supervisionada, ferramenta *supervised classification* da extensão Sextante do gvSIG, para elaboração da Carta de Cobertura do Solo na bacia de contribuição à montante da captação para abastecimento humano no córrego Nhú-Verá.



Composição: RGB 453 (INPE, 2010)

**Padrão Urbano descontínuo:** Área que apresenta ocupação predominantemente residencial, com ocorrência de vários lotes e quadras vazios.



RGB 453 (INPE, 2010)

**Vegetação Natural ou renaturalizada:** Área de vegetação natural ou revegetadas de porte abóreo. Os grupos vegetais variam em porte com até 15 m de altura no maior remanescente florestal. A vegetação típica é da mata ciliar ao longo dos corpos hídricos e da mata de galeria no entorno destes também.



RGB 453 (INPE, 2010)

**Agropecuária:** Áreas de ocupação predominante do solo na bacia é da atividade agropecuária, realizada sobre pastagens antrópicas, geralmente, do gênero *brachyaria sp.*



RGB 453 (INPE, 2010)

**Áreas úmidas:** Áreas com vegetação característica do lençol freático aflorante. São visualizadas em vários pontos da bacia hidrográfica.

**Figura II.3** - Classes de cobertura do solo definidas para a microbacia de contribuição da captação da SANESUL no córrego Nhú-Verá, no Município de Coronel Sapucaia/MS.

## 2.2 Análise multitemporal da cobertura do solo da bacia de contribuição

Ao se comparar as características de um mesmo local em diferentes épocas e se observar as modificações ocorridas, tem-se a análise multitemporal (PARANHOS FILHO *et al.*, 2008).

Nesta etapa do trabalho, foram utilizadas imagens de satélite Landsat 5 e Landsat 7, disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, já corrigidas, e disponíveis no acervo do Laboratório de Geoprocessamento para Aplicações Ambientais (Tabela II.1). As imagens utilizadas foram, preferencialmente, do período de seca na Região Centro-Oeste por possibilitar melhor distinção dos tipos de cobertura do solo.

**Tabela II.1** - Imagens utilizadas na análise das mudanças na cobertura do solo da área de estudo.

| Satélite  | Sensor | Resolução Espacial e Bandas Espectrais utilizadas                                                         | Data       |
|-----------|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Landsat 5 | TM     | Todas as bandas óticas e NDVI. 30m                                                                        | 12/07/1985 |
| Landsat 5 | TM     | Todas as bandas óticas e NDVI. 30m                                                                        | 29/07/1997 |
| Landsat 7 | ETM+   | Todas as bandas óticas. MSS 30m; pan 15m.                                                                 | 27/07/1999 |
| Landsat 7 | ETM+   | Todas as bandas óticas e NDVI (MSS 28,5m; pan 14,25m), além de uma fusão com a banda pancromática. 14,25m | 04/08/2000 |
| Landsat 7 | ETM+   | Bandas 3, 4, 5 e pancromática. MSS 30 m; pan 15m.                                                         | 01/08/2001 |
| Landsat 5 | TM     | Todas as bandas óticas e NDVI. 30m                                                                        | 23/08/2006 |
| Landsat 5 | TM     | Todas as bandas óticas. 30m                                                                               | 06/04/2008 |
| Landsat 5 | TM     | Todas as bandas óticas e NDVI. 30m                                                                        | 12/04/2010 |

Fonte: (INPE, 1985, 1997, 1999, 2000, 2001, 2006, 2008 e 2010)

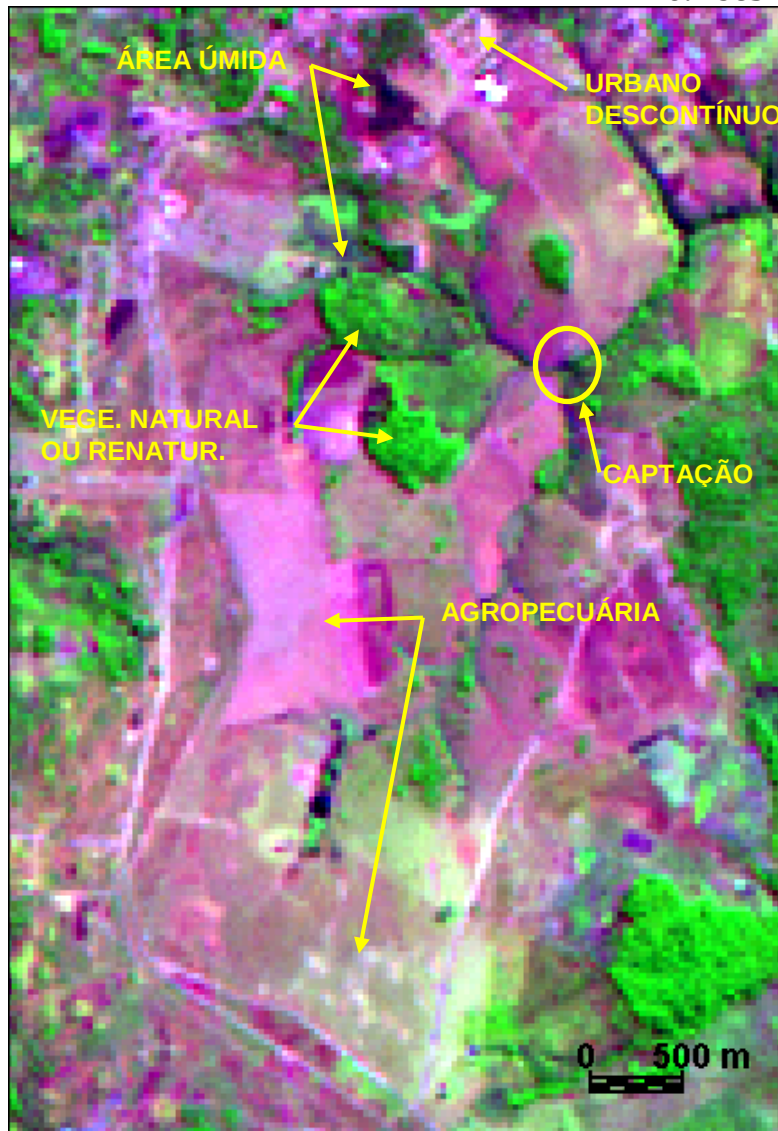
Para a análise, em todas as imagens foram usadas todas as bandas óticas disponíveis. Para melhorar a qualidade da informação disponibilizada pelas bandas multiespectrais, para as imagens de 1985, 1997 e 2006, que apresentam um intervalo de cerca de 10 anos entre elas, e também à imagem mais recente disponível de 2010 (Figuras II.4, II.5, II.9 e 11 respectivamente), foi gerado também um índice de vegetação (NDVI), o que facilitou a comparação das modificações na cobertura do solo da bacia de contribuição no período de 1985 a 2010. Lançou-se mão da composição de imagens em falsa-cor, para confirmação dos usos do solo na região.

Paralelamente, efetuou-se a classificação supervisionada das imagens para se obter uma estimativa da cobertura do solo a cada ano, de maneira a melhor ilustrar o seu uso ao longo do período avaliado.

### 3.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise multitemporal (Figuras II.4 a II.11) permitiu evidenciar que não houve grandes modificações no tipo de cobertura do solo da bacia no período avaliado (1985-2010).

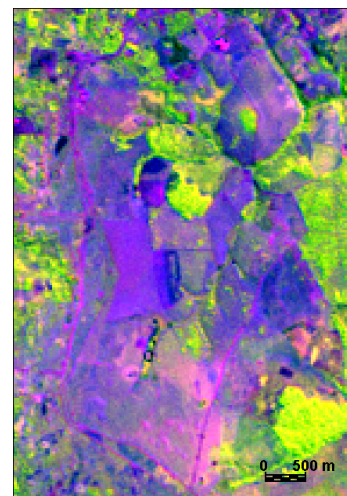
Ano: 1985



RGB 543



RGB 453



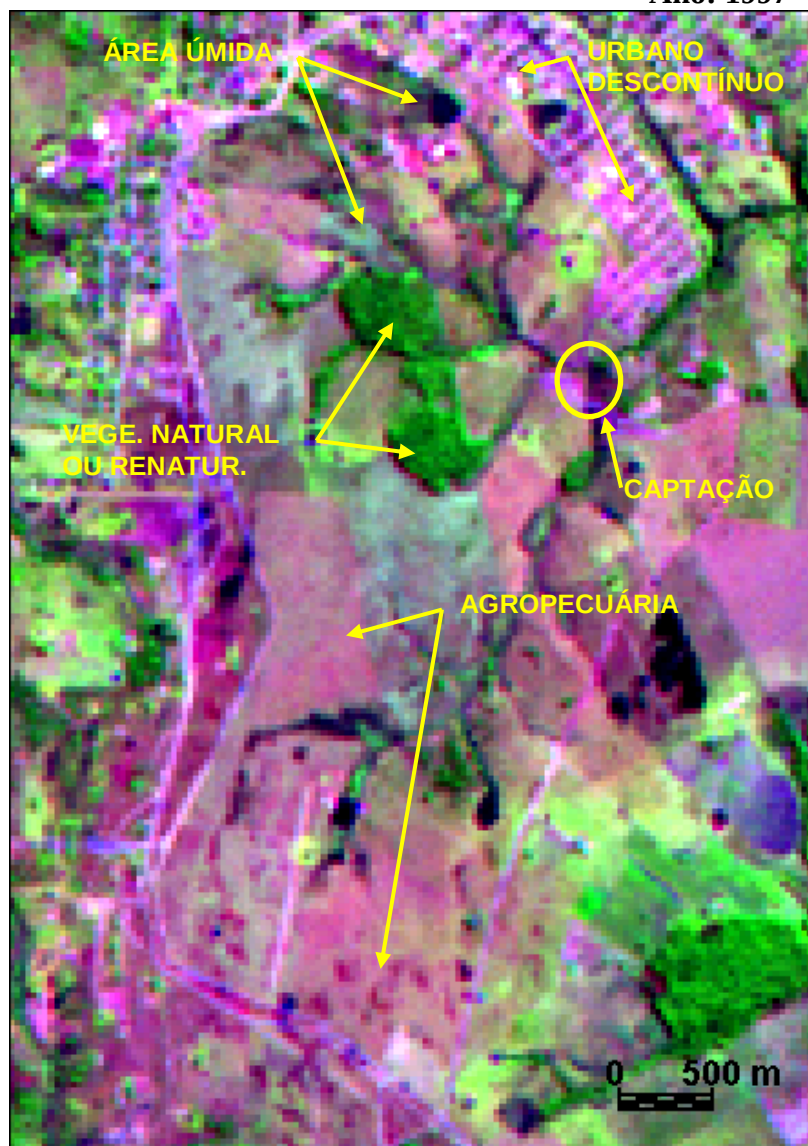
RGB 4 NDVI 5



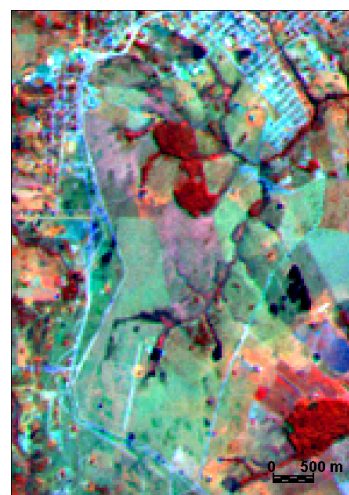
RGB 3 NDVI 4

**Figura II. 4** - Imagens Landsat 5 de 12 de julho de 1985 (INPE, 1985), em diferentes composições falsa cor, utilizando o vermelho, infravermelho e NDVI, evidenciando a cobertura vegetal na área de estudo, composta principalmente por pastagens.

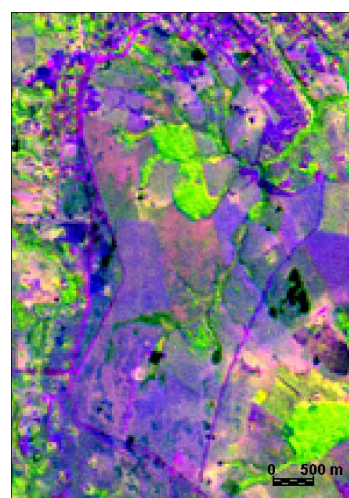
Ano: 1997



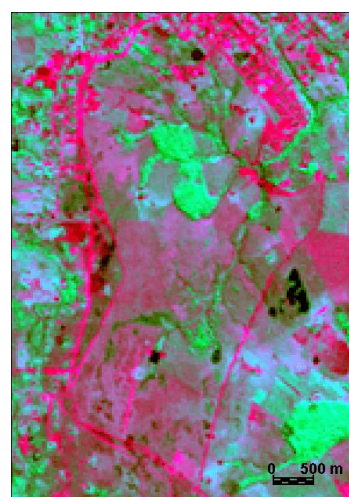
RGB 543



RGB 453



RGB 4 NDVI 5



RGB 3 NDVI 4

**Figura II. 5** - Imagens Landsat 5 de 29 de julho de 1997 (INPE, 1997), em diferentes composições falsa cor, utilizando o vermelho, infravermelho e NDVI, evidenciando a cobertura vegetal na área de estudo, composta principalmente por pastagens.

Ano: 1999



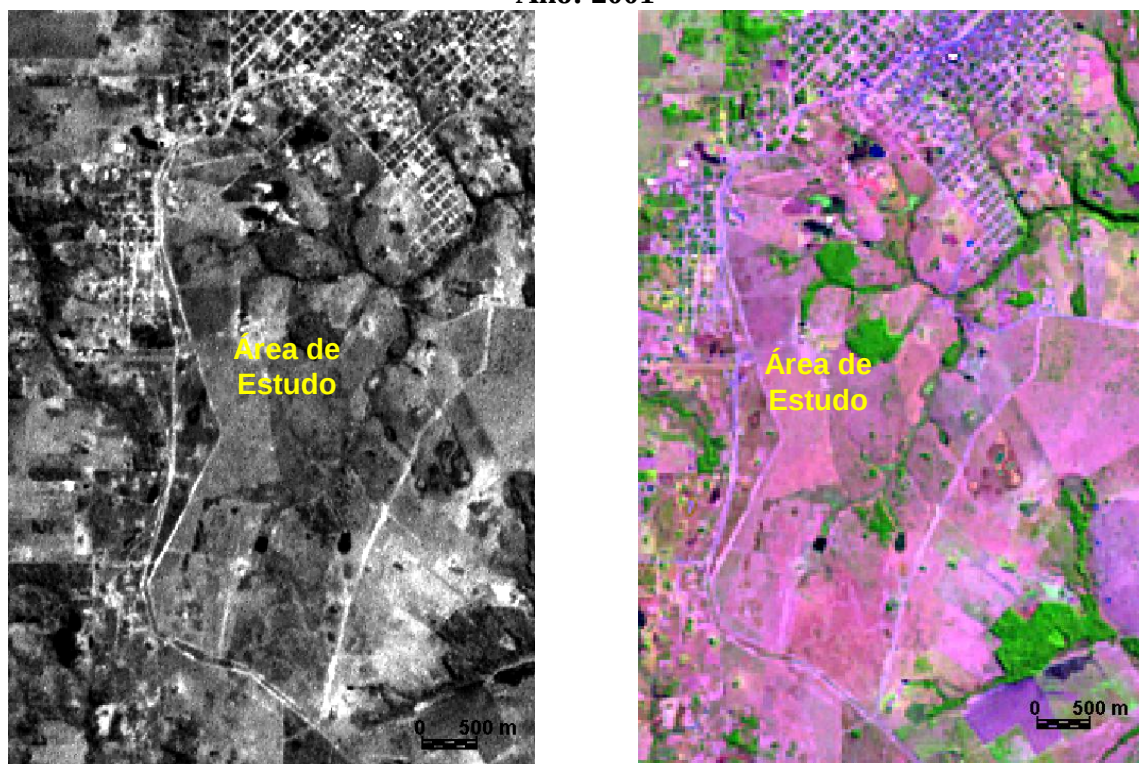
**Figura II. 6** - Imagem Landsat 7 (sensor ETM+) de 27 de julho de 1999 (INPE, 1999), com resolução espacial de 30 metros (RGB 543), mostrando a região ao sul de Coronel Sapucaia.

Ano: 2000

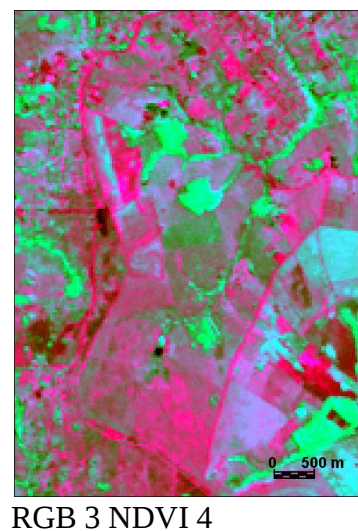
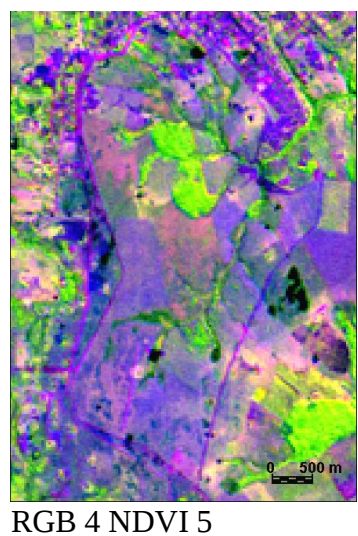
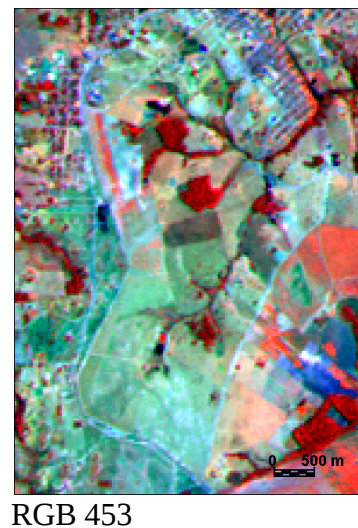


**Figura II. 7** - Imagem Landsat 7 de 04 de agosto de 2000 (INPE, 2000), fusionada, com resolução espacial de 14,25 metros (RGB 432), mostrando a região ao sul de Coronel Sapucaia. No retângulo em vermelho está contida a área utilizada para a comparação multitemporal. O ponto de captação aparece indicado com o círculo amarelo. A imagem evidencia que o principal tipo de cobertura do solo na bacia de captação é composto por pastagens.

Ano: 2001



**Figura II. 8** - Imagens Landsat 7 (sensor ETM+) de 01 de agosto de **2001** (INPE, 2001), banda pancromática, à esquerda, com resolução espacial de 15 metros e, na direita, RGB 543 (30 metros), mostrando a área analisada.



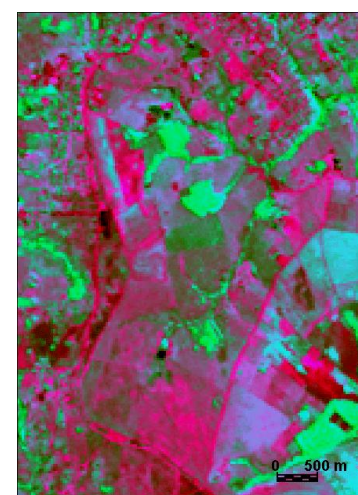
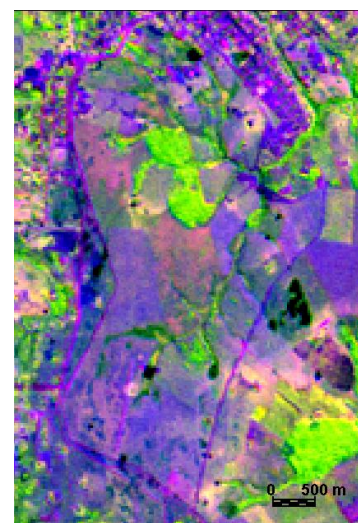
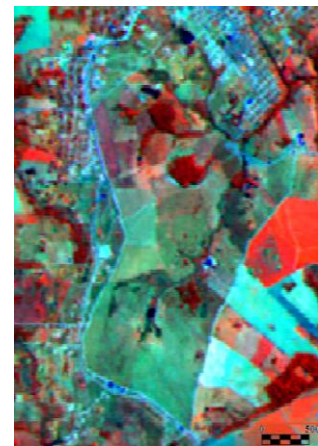
**Figura II. 9** - Imagens Landsat 5 de 23 de agosto de 2006 (INPE, 2006), em diferentes composições falsa cor, utilizando o vermelho, infravermelho e NDVI, evidenciando a cobertura vegetal na área de estudo, composta principalmente por pastagens.

Ano: 2008



**Figura II.10** - Imagem Landsat 5 (sensor TM) de 06 de abril de 2008 (INPE, 2008), com resolução espacial de 30 metros (RGB 543), mostrando a área de análise.

Ano: 2010



**Figura II.11** - Imagens Landsat 5 de 12 de abril de 2010 (INPE, 2010), em diferentes composições falsa cor, utilizando o vermelho, infravermelho e NDVI, evidenciando a cobertura vegetal na área de estudo, composta principalmente por pastagens.

Com base na classificação supervisionada das imagens estudadas de 1985 a 2010, elaborou-se a Tabela II.2, que apresenta a caracterização estimada da cobertura do solo na bacia de contribuição do córrego Nhú-Verá em percentagem, sendo que 18,1 % da área encontra-se em território Paraguaio, e por tal não foi quantificado.

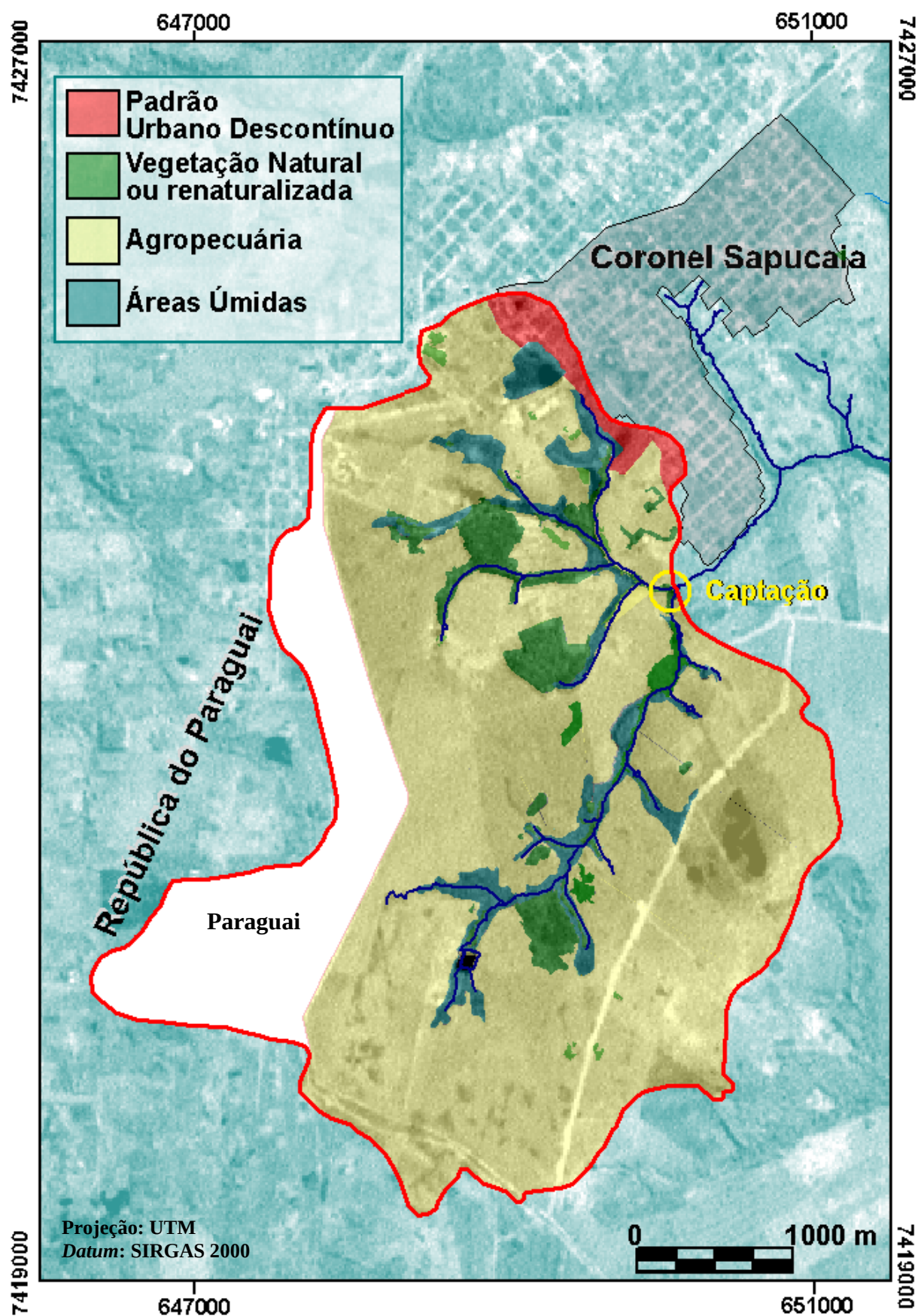
**Tabela II.2** – Percentagens de classe de solo na bacia de contribuição ao longo do período estudado.

|  |      | CLASSES DE COBERTURA DE SOLO (%) |                                           |              |               |
|--|------|----------------------------------|-------------------------------------------|--------------|---------------|
|  | ANO  | Urbano<br>descontínuo            | Vegetação<br>Natural ou<br>renaturalizada | Agropecuária | Área<br>úmida |
|  |      |                                  |                                           |              |               |
|  | 1985 | 1,1                              | 12,8                                      | 57,8         | 10,2          |
|  | 1997 | 1,5                              | 8,5                                       | 64,3         | 7,6           |
|  | 1999 | 1,6                              | 8,4                                       | 64,5         | 7,4           |
|  | 2000 | 1,7                              | 8,1                                       | 64,8         | 7,3           |
|  | 2001 | 1,7                              | 8,1                                       | 65,0         | 7,1           |
|  | 2006 | 2,0                              | 7,9                                       | 65,4         | 6,6           |
|  | 2008 | 2,2                              | 7,6                                       | 65,3         | 6,8           |
|  | 2010 | 2,3                              | 7,3                                       | 65,7         | 6,6           |

Analisando conjuntamente as imagens de satélite e os dados apresentados na Tabela II.2, observou-se que a área já era intensamente antropizada em 1985 e desde então mantém as atividades agropecuárias como principal uso e ocupação da bacia de captação.

A captação em estudo foi instalada em 1999. O primeiro problema técnico apareceu na estação chuvosa de 2007, mostrando a estreita relação do problema com o escoamento de água superficial, dada a baixa percentagem de vegetação natural na bacia contribuinte à captação. O tipo e a quantidade de imagens remotas disponíveis não permitem excluir ou individualizar a existência de obras ou modificações que acarretem erosão linear.

Uma visualização espacial mais representativa da atual situação da área em estudo é representada na Carta de Cobertura do Solo da bacia (figura II.12) com base na imagem Landsat 5 TM , bandas 1 a 5 e 7, de data de passagem de 12/04/2010 (INPE, 2010). Ao observá-la torna-se mais evidente o elevado grau de antropismo da bacia, bem como a precariedade das matas ciliares dos cursos d'água afluentes ao ponto de captação de água para abastecimento humano no córrego Nhú-Verá.



**Figura II.12** - Carta de cobertura do solo da bacia de contribuição com base na imagem Landsat 5 TM , bandas 1 a 5 e 7, de data de passagem de 12/04/2010 (INPE, 2010), mostrando a predominância de pastagens no Município de Coronel Sapucaia/MS.

## 4.0 CONCLUSÃO

Em regiões onde a alternativa de captação subterrânea de água para consumo humano apresenta-se economicamente mais onerosa e até mesmo com risco de inviabilidade técnica, a captação superficial em mananciais caracteriza-se como a alternativa mais viável, como é o caso de Coronel Sapucaia/MS. A avaliação ambiental da bacia tributária à captação tem fundamental importância para a caracterização do uso e ocupação do solo na área, pois esta bacia influi diretamente na quantidade e qualidade da água disponível no curso d'água e na subsequente determinação do tempo de vida útil do reservatório.

Esta caracterização tem fator fundamental para as companhias de saneamento por servir de norteador sobre quais aspectos devem ser priorizados na gestão dos recursos hídricos da Bacia Hidrográfica, de forma, por exemplo, a combater os processos erosivos que acelerem o assoreamento junto aos reservatórios de captação.

Na análise multitemporal não são identificadas modificações importantes na cobertura do solo, que indiquem possíveis causas para um aumento significativo da contribuição para uma erosão laminar, embora as imagens de baixa resolução não possam ser totalmente conclusivas nesta questão. Resta então a contribuição da erosão linear como fonte principal de sedimentos para o reservatório da bacia de captação.

Recomenda-se, para toda a microbacia de contribuição ao ponto de captação, que sejam utilizadas práticas de manejo e conservação dos solos, do tipo plantio direto, terraceamento (curvas de nível) e outras.

É importante observar ainda que as práticas de manejo e conservação dos solos recomendadas, bem como a melhoria da qualidade das Áreas de Preservação Permanente na bacia de contribuição, além de atender a legislação em vigor, implicarão diretamente em aumento na qualidade e quantidade de água obtida no ponto de captação.

Em relação ao SIG utilizado, considerando a escala de trabalho utilizada e o volume de informações processados, o gvSIG versão 1.10 atendeu as expectativas satisfatoriamente, tanto na estabilidade dos processos quanto na interface intuitiva ao usuário. Os custos foram minimizados, sendo empregados recursos financeiros somente à visita de campo, à aquisição *hardware* (computador) e serviços complementares (impressões, por exemplo).

Em futuros trabalhos, sugere-se o levantamento de outros pontos de erosão linear, não constatados no presente trabalho, com o apoio de imagens de satélite de maior resolução espacial.

## 5.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. *Guia de Avaliação de Assoreamento de Reservatórios*. Brasília: [s.n.], 2000. 106 p.

BRASIL. *LEI Nº 9.433, DE 8 DE JANEIRO DE 1997*. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9433.htm)>. Acesso em: 04 mar. 2011.

COUTO, J. L. V.. *Turbidez*, 2000. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ. Disponível em: < <http://www.ufrj.br/institutos/it/de/acidentes/turb.htm>>. Acesso em: 14 jan. 2011.

DSG, Diretoria de Serviço Geográfico do Exército. *Carta Coronel Sapucaia. Escala 1: 100.000*. Folha SF. 21-Z-C-III. Brasília: [s.n.], 1972.

GLCF. Global Land Cover Facility. Catálogo Landsat 5 TM. Canais 1,2,3,4,5, 6 e 7. *Imagem de Satélite. Órbita 225 ponto 76. De 05 de março de 2006.*, 2010. Disponível em: <<http://glcfapp.glcf.umd.edu:0800/esdi/index.jsp>>. Acesso em: 21 jul. 2010.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Imagem LANDSAT EM 5. Canais 1, 2, 3, 4, 5, 7. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Imagem de Satélite. Órbita 225 ponto 076. De 12 de julho de 1985.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Imagem LANDSAT EM 5. Canais 1, 2, 3, 4, 5, 7. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Imagem de Satélite. Órbita 225 ponto 076. De 29 de julho de 1997.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Imagem LANDSAT ETM+ 7. Canais 1, 2, 3, 4, 5, 7 e pan. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Imagem de Satélite. Órbita 225 ponto 076. De 20 de julho de 1999.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Imagem LANDSAT ETM+ 7. Canais 1, 2, 3, 4, 5, 7 e pan. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Imagem de Satélite. Órbita 225 ponto 076. De 04 de agosto de 2000.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Imagem LANDSAT ETM+ 7. Canais 3, 4, 5 e pan. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Imagem de Satélite. Órbita 225 ponto 076. De 01 de agosto de 2001.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Imagem LANDSAT EM 5. Canais 1, 2, 3, 4, 5, 7. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Imagem de Satélite. Órbita 225 ponto 076. De 23 de agosto de 2006.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Imagem LANDSAT EM 5. Canais 1, 2, 3, 4, 5, 7. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Imagem de Satélite. Órbita 225 ponto 076. De 06 de abril de 2008. (a)

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Imagem Landsat 5 TM. Orbita 225 ponto 076. Canais 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7. Data de Passagem 12 de abril de 2010, 2010. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>>. Acesso em: 30 nov. 2010.

PARANHOS FILHO, A. C.; LASTORIA, G.; TORRES, T. G. *Sensoriamento Remoto Ambiental Aplicado*: Introdução as Geotecnologias. Campo Grande: Editora da UFMS, 2008. 198 p.

VALENCIANA, G. Conselleria d'Infraestructures i Transport. *gvSIG versão 1.10*, 2011. Disponível em: <<http://www.gvsig.org/web/>>. Acesso em: 15 janeiro 2011.

## CONCLUSÃO GERAL

Para qualquer empresa concessionária de serviços públicos, as informações e os critérios de gestão são de fundamental importância para a concretização de investimentos e tomada de decisões, pois auxiliam na assimilação de problemas recorrentes e possíveis soluções padronizadas. Além disso, contribuem para a diminuição de dados equivocados no procedimento decisório.

O acesso a informações precisas possibilita a melhor capacidade para avaliação de situações, análise de situações passadas e planejamento do futuro. O correto gerenciamento dessas informações pode aumentar seus benefícios, reduzir custos, agregar valor para o usuário, promovendo o intercâmbio e manipulação de dados de maneira interdisciplinar.

Através do geoprocessamento pode-se implantar tecnologia de geolocalização dos equipamentos da empresa de saneamento (redes, materiais e patrimônio), gerando a aglutinação e consolidação de todos os cadastros georeferenciáveis, constituindo um sistema de informações interligadas de todos os setores da companhia, proporcionando assim melhorias na gestão dos seus recursos.

Os Sistemas de Informação Geográfica - SIGs são usados por muitas empresas privadas e por órgãos governamentais (quando da necessidade de dados espaciais), provendo soluções para uma ampla variedade de problemas em diversas áreas, como por exemplo, no planejamento do uso do solo, tanto em áreas urbanas quanto rurais; na administração ambiental e de recursos naturais. (florestas, depósitos minerais e na preservação de ecossistemas); na modelagem de fenômenos naturais (tufões, terremotos, dentre outros); na segurança pública e na administração das companhias prestadoras de serviços públicos (saneamento, energia elétrica, gás canalizado e telecomunicações).

A espacialização das informações pode permitir, como foi explicitado no primeiro artigo, uma análise multicritério, proporcionando melhor embasamento ao tomador de decisão. Também pode servir como norteador de decisões para ações de contenção emergenciais, levadas em consideração numa análise mais ampla do problema, como acontece no segundo artigo.

Muitas vezes o empecilho financeiro e a falta de mão de obra especializada emperram o investimento das concessionárias em sistemas de informação geográfica. Contudo, na avaliação da relação custo-benefício oriunda da implantação de um SIG há de se avaliar não somente o custo de aquisição do *software* e *hardware* necessários, mas também as vantagens intangíveis do mesmo. De acordo com SILVA (1998), os exemplos mais comuns de

benefícios intangíveis resultantes da implantação de um SIG são: a redução de responsabilidades e da possibilidade da ocorrência de má administração; o processamento de dados mais rigoroso; a visualização mais precisa dos dados; a melhoria de processos analíticos; o aumento na segurança (sigilo) dos dados; o fornecimento de informações mais acuradas; o acesso aos dados de forma mais aprofundada; a melhoria dos serviços prestados aos consumidores; a capacidade de integração de dados; a capacidade de gerar novas perspectivas de análise; e a facilidade de acesso aos dados.

Outro aspecto a ser considerado é que os SIGs livres, como o gvSIG (SIG utilizado nos trabalhos desta dissertação), estão cada vez mais “estáveis”, e com interface mais receptiva e intuitiva aos usuários, representando uma alternativa a incorporação de geotecnologias na empresa. É importante salientar que não há, no meio das geotecnologias, o “melhor” SIG a ser utilizado para todas as aplicações. Os dados gratuitos utilizados apresentaram boa acurácia para a escala de trabalho adotada e o gvSIG mostrou-se satisfatório para as demandas desta dissertação. Porém, cada sistema atende melhor a determinada questão, sendo necessária uma análise prévia mais minuciosa das necessidades da empresa para investir na tecnologia em potencial.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

BARBOZA, O. D.; OLIVEIRA FILHO, P. C. Geoprocessamento e sua utilização em empresas de saneamento, 2009. Disponível em: <[http://www.unicentro.br/graduacao/deamb/semana\\_estudos/pdf\\_09/GEOPROCESSAMENTO%20E%20SUA%20UTILIZA%C7%C3O.pdf](http://www.unicentro.br/graduacao/deamb/semana_estudos/pdf_09/GEOPROCESSAMENTO%20E%20SUA%20UTILIZA%C7%C3O.pdf)>. Acesso em: 18 janeiro 2011.

GLCF - Global Land Cover Facility. Catálogo Landsat 5 TM. Canais 1,2,3,4,5, 6 e 7. *Imagem de Satélite. Órbita 225 ponto 76. De 05 de março de 2006.*, 2010. Disponível em: <<http://glcfapp.glcf.umd.edu:0800/esdi/index.jsp>>. Acesso em: 21 jul. 2010.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2005. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/sirgas/principal.htm>>. Acesso em: 08 novembro 2010.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Imagem Landsat 5 TM. Orbits 225 ponto 076. Canais 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7. Data de Passagem 12 de abril de 2010, 2010. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>>. Acesso em: 30 nov. 2010.

LOPES, F. W. A.; DUTRA, G. C.; PEREIRA, J.A.A.; TAVARES, C. L. M., 2007, *Avaliação da influência das áreas de solo exposto sobre a qualidade das águas do Ribeirão de Carrancas-MG*. In: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis: INPE. p 3421-3428.

PARANHOS FILHO, A. C.; LASTORIA, G.; TORRES, T. G. *Sensoriamento Remoto Ambiental Aplicado: Introdução as Geotecnologias*. Campo Grande: Editora da UFMS, 2008. 198 p.

SALGADO, A. A. R., MAGALHÃES JUNIOR, A. P., 2006, *Impactos da silvicultura de eucalipto no aumento das taxas de turbidez das águas fluviais: o caso de mananciais de abastecimento público de Caeté/MG*, Geografias: Revista do Departamento de Geografia, Belo Horizonte, ano 2, (1): 47-57.

SILVA, E. *Cost-benefit Analysis for Geographic Information Implementation Justification*, 1998. NYS GIS Coordination Body. Disponível em: <<http://nysgis.nysed.gov/gis/costanal.htm>>. Acesso em: 07 set. 2010.

VALENCIANA, G. Conselleria d'Infraestructures i Transport. *gvSIG versão 1.10*, 2011. Disponível em: <<http://www.gvsig.org/web/>>. Acesso em: 15 janeiro 2011.

## **ANEXO**

Norma para publicação de artigos Revista Engenharia sanitária e Ambiental;

## ÓRGÃO OFICIAL DE INFORMAÇÃO TÉCNICA DA ABES - RIO DE JANEIRO - BRASIL REGULAMENTO PARA APRESENTAÇÃO DE CONTRIBUIÇÕES

### 1. OBJETIVO

O presente regulamento objetiva uniformizar a apresentação das contribuições a serem encaminhadas para publicação na Revista Engenharia Sanitária e Ambiental.

### 2. FORMAS DE CONTRIBUIÇÃO

2.1 As formas de contribuição são:

- Artigo Técnico
- Nota Técnica
- Revisão da Literatura
- Discussão de Nota Técnica, Artigo Técnico ou Revisão da Literatura

2.2. Artigo Técnico é uma exposição completa e original, totalmente documentada e interpretada, de um trabalho de relevância.

2.3. Nota Técnica corresponde a um trabalho sumário podendo corresponder a:

- artigo com resultados ainda parciais
- considerações sobre aspectos pouco abrangentes da área
- desenvolvimento de considerações técnicas relativas a algum aspecto da engenharia sanitária e ambiental
- alguma outra abordagem sumária pertinente, a juízo dos Editores.

2.4. Revisão da Literatura corresponde a um artigo no qual é levantado o estado da arte de algum tema relevante e inovador na área de engenharia sanitária e ambiental, cuja abordagem deve ser suficientemente crítica e capaz de identificar avanços, lacunas e desafios científicos no tema, à luz da literatura nacional e internacional. Trabalhos de revisão sistemática e meta-análise podem ser incluídos nessa categoria de artigo.

2.5. Discussão é uma avaliação crítica ou ampliação do conteúdo de uma Nota Técnica, Artigo Técnico ou Revisão da Literatura publicado na Revista. As discussões serão publicadas, sempre que possível, conjuntamente com a resposta do(s) autor(es). A Revista tem como linha editorial o incentivo à publicação de artigos de discussão.

2.6 Não serão aceitos relatórios, traduções e nem artigos já publicados ou submetidos a publicação em outros veículos, ou que impliquem em promoção comercial de determinada marca, produto ou empresa.

### 3. ENCAMINHAMENTO DAS CONTRIBUIÇÕES

3.1. A inscrição de contribuições será feita através do endereço eletrônico [resa@abes-dn.org.br](mailto:resa@abes-dn.org.br).

Não serão aceitas inscrições por fax. Todas as contribuições devem ser enviadas nos formatos “.doc” (aberto) e também “.PDF”.

3.2. Após a ativação do Sistema de Envio de Artigos estiver ativo, autores devem usar o acesso “Submeter Artigo” constante do menu do Portal da Revista quando da submissão de suas contribuições.

3.3. Para cada contribuição submetida, deverá ser preenchida a Ficha com os dados da Contribuição que se abre automaticamente quando do acesso em Submeter Artigo. Todos os campos da Ficha devem ser criteriosamente preenchidos, sem exceção. Recomenda-se o fornecimento de endereço eletrônico pessoal e que não solicite visualização de senha para envio.

3.4. As contribuições podem ser submetidas em português, espanhol ou em inglês.

3.5. Autores poderão acompanhar o processamento das suas contribuições pelo Portal da Revista, acessando “Meus Artigos” no menu do Portal.

#### **4. FORMATO DAS CONTRIBUIÇÕES**

4.1. As contribuições devem ser preparadas pelos autores no formato “.doc” aberto para edição usando o recurso de numeração de linhas do Microsoft Word (Arquivo – Configurar página – Layout – Números de linha – Numerar linhas – Contínua - OK – OK).

4.2. As contribuições devem ser enviadas no formato “.doc” pelo Sistema de Envio de Artigos. Todos os demais formatos de arquivos, inclusive os compactados, serão bloqueados.

4.3. Após o processo avaliativo as contribuições aprovadas para publicação deverão sofrer correções e ser enviadas em sua versão final para diagramação.

4.4. Poderão ser incluídos figuras, gráficos e ilustrações, desde que o tamanho do arquivo não ultrapasse 2 MB.

4.5. O texto integral do artigo não poderá exceder 12 (doze) páginas para Artigo Técnico e Revisão da Literatura e 8 (oito) páginas para Nota Técnica e Discussão, atendendo ao formato estabelecido nos itens a seguir.

4.6. O Artigo Técnico e a Nota Técnica deverão seguir a seguinte sequência de apresentação:

- Título do artigo em português (até 60 caracteres) e em inglês
- Nome do(s) autor(es)
- Currículo resumido(s) do(s) autor(es) em no máximo três linhas
- Endereço para correspondência (profissional)
- Resumo em português (10 linhas) e em inglês (10 linhas)
- Palavras-chave em português e em inglês
- Título resumido do artigo em português (até 60 caracteres) para o cabeçalho
- Texto do artigo (sem divisão em colunas)
- Referências
- Anexos (se houver)

4.6.1 – Agradecimentos, se houver, deverão ser incluídos somente na versão final do artigo aprovado para publicação.

4.7. O texto deverá ser formatado para um tamanho de página A-4, com margens superior, inferior, esquerda e direita de

2,5cm. As páginas deverão ser devidamente numeradas. Deve ser empregada fonte Times New Roman, corpo 12, exceto no título que deverá ter corpo 16. O espaçamento entre as linhas deverá ser simples.

4.8. Após o título deverão aparecer o nome, formação e cargo atual do(s) autor(es), centralizados. No caso de mais de um autor, cada nome deverá iniciar em uma nova linha. Em seguida deverão constar endereço, telefone, fax e endereço eletrônico do primeiro autor.

4.9. O corpo do artigo deve ser organizado segundo um encadeamento lógico, segundo subtítulos "Introdução", "Metodologia", "Resultados", "Discussão", "Conclusões" e "Referências". Na redação não deve ser empregada a primeira pessoa e o estilo a ser adotado deve ser objetivo e sóbrio, compatível com o recomendável para um texto científico.

4.10. Deverá ser evitada a subdivisão do texto em um grande número de subtítulos ou itens, admitindo-se um máximo de cabeçalhos de terceira ordem.

4.11. O conteúdo do trabalho deve ser submetido à criteriosa revisão ortográfica.

4.12. Termos grafados em itálico ou negrito poderão ser utilizados no corpo do artigo.

4.13. As discussões deverão ser submetidas no máximo até 6 (seis) meses após a publicação do Artigo, Nota Técnica ou Revisão da Literatura.

## **5. FIGURAS E ILUSTRAÇÕES**

As figuras e ilustrações devem observar os seguintes critérios:

5.1. Os arquivos das figuras e ilustrações, sem bordas ao redor, devem ser inseridas no arquivo do texto, de maneira que possam ser editados através do MS Word for Windows.

5.2. Os textos e legendas não devem ficar muito pequenos ou muito grandes em relação à figura.

5.3. As figuras devem ser intercaladas nos locais apropriados, e apresentar um título.

5.4. A inclusão de fotografias não é aconselhável; porém se os autores julgarem que são importantes para esclarecer aspectos relevantes do artigo, deverão ser inseridas em resolução mínima de 300 dpi.

5.5. Todos os gráficos, desenhos, figuras e fotografias devem ser denominados de "Figura", e numerados sequencialmente em algarismos arábicos. Toda figura deve ser mencionada no texto.

5.6 O número e título da Figura devem ser colocados centralizados, imediatamente abaixo da figura. O título deve ser claro e autoexplicativo.

5.7. As páginas internas da Revista são impressas em uma só cor, não sendo permitida, portanto a adoção de cores na diferenciação das variáveis nos gráficos e diagramas.

## **6. QUADROS E TABELAS**

Os quadros e tabelas deverão atender os seguintes critérios:

- 6.1. Os quadros e tabelas devem ser claros e objetivos, sem linhas de grade. As unidades correspondentes a todos os termos usados devem ser claramente identificadas.
- 6.2. Todos os quadros ou tabelas devem ser denominados “Quadro” ou “Tabela”, numerados sequencialmente em algarismos arábicos e mencionados no texto.
- 6.3. Cada quadro e tabela, além da numeração, deve possuir um título. O número e o título devem ser colocados centralizados, imediatamente acima do quadro ou tabela. O título deve ser claro e autoexplicativo.
- 6.4. Um quadro e uma tabela não poderão ser maiores do que uma folha A-4.
- 6.5. Quadros e tabelas devem aparecer, preferencialmente, intercaladas nos locais apropriados do texto, a critério do autor.
- 6.6. As páginas internas da Revista são impressas em uma só cor, não sendo permitida, portanto a adoção de cores na diferenciação das variáveis nos quadros e tabelas.

## **7. EQUAÇÕES**

As equações podem ser editadas pela equipe responsável pela diagramação. Portanto, os seguintes critérios devem ser satisfeitos:

- 7.1. As equações devem ser claras e legíveis, e serem escritas com a mesma fonte do corpo do texto, sem a utilização de itálico ou negrito.
- 7.2. As equações e fórmulas devem ser denominadas de “Equação” e numeradas sequencialmente em algarismos arábicos. A numeração à direita da equação deve ser entre parênteses. Todas as equações devem ser mencionadas no texto.
- 7.3. Todos os símbolos usados devem ser definidos imediatamente após a equação (caso não tenham sido definidos anteriormente), incluindo as suas unidades ou dimensões.

## **8. UNIDADES**

- 8.1 Todas as unidades mencionadas no texto, tabelas, quadros e figuras devem ser expressas de acordo com o Sistema Internacional de unidades (SI).
- 8.2 Deve-se evitar o uso da barra de fração na expressão das unidades. Exemplo: Ao invés de mg/L ou m<sup>3</sup>/s, deve-se utilizar mg.L<sup>-1</sup> e m<sup>3</sup>.S<sup>-1</sup>.

## 9. REFERÊNCIAS

As referências citadas no texto e listadas ao final do artigo deverão estar de acordo com a norma NBR 6023/2002. A título de esclarecimento são apresentadas algumas diretrizes:

9.1. As referências citadas no texto devem conter o sobrenome do (s) autor (es), em caixa baixa, seguido pelo ano da publicação, observando-se os seguintes critérios:

9.1.1. Quando houver mais de um trabalho, as citações devem ser em ordem alfabética.

9.1.2. Trabalhos com mais de três autores devem ser referenciados ao primeiro autor, seguido por “et al.” (em itálico e com ponto).

9.1.3. Quando houver mais de uma publicação do mesmo autor, no mesmo ano, o ano da publicação deve ser seguido dos componentes “a, b, c...”, em ordem alfabética. Exemplos: ... estudos efetuados por Silva (1994a, 1994b) e por Machado et al. (1995a) revelaram...; ... estudos recentes (Souza, 1993; Silva, Wilson e Oliveira, 1994; Machado et al., 1995b) revelaram...

9.2. Ao final do trabalho deverá ser apresentada uma lista de todas as referências citadas no texto, de acordo com os seguintes critérios, entre outros:

9.2.1. As referências devem ser relacionadas em ordem alfabética, de acordo com o sobrenome do primeiro autor.

9.2.2. Devem ser referenciados todos os autores (independentemente do número de autores), pelo sobrenome seguido pelas iniciais de cada autor, separados por vírgulas. Exemplo: SMITH, P.J.; WATSON, L.R.M.; GREEN, C.M...

9.2.3. O título do periódico referenciado deverá ser apresentado em itálico. As indicações de volume, número e página deverão ser identificados pela letra inicial (“v”, “n” ou “p”), seguida de ponto. Não devem ser utilizadas aspas antes e depois do título do trabalho. Exemplo: JEWELL, W.J.; NELSON, Y.M.; WILSON, M.S. (1992) *Methanotrophic bacteria for nutrient removal from wastewater: attached film systems*. *Water Environment Research*, v. 64, n. 6, p. 756-65.

9.2.4. O título do livro deve ser apresentado em itálico. Devem ser incluídos a edição, o local, a editora, o número de páginas e a data: Exemplo: FRANÇA, J.L.; VASCONCELOS A. C. (2007) *Manual para Normalização de Publicações Técnico-Científicas*. 8 ed. Belo Horizonte. Ed. UFMG, 255 p.

9.2.5. Em capítulos de livros e trabalhos de congressos, a obra principal (título do livro ou denominação do congresso) é referenciado em itálico e vem precedida da expressão “In”. Exemplos: Anais - CAIXINHAS, R.D (1992). *Avaliação do impacto ambiental de empreendimentos hidro-agrícolas*. In: V Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Anais... Lisboa: APRH, p, 203-11.

Capítulo de Livro - KUKOR, J.J.; OLSEN, R.H.; IVES, K. (1989). *Diversity of toluene degradation following exposure to BTEX in situ*. In: KAMELY, D.; CHAKABARTY, A.; OLSEN, R.H. (EDS.) *Biotechnology and Biodegradation*. Portfólio Publishing Company, The Woodlands, E.U.A., 405-421.

## **10. JULGAMENTO**

10.1. Após avaliação prévia realizada pelos Editores da Revista, se considerado pertinente, cópias da contribuição, sem identificação dos autores, serão enviadas a pelo menos dois avaliadores, especialistas da área, indicados pelos Editores.

10.2. Em qualquer etapa de julgamento do trabalho, serão levadas em consideração a obediência às disposições regulamentares, o relacionamento do tema à Engenharia Sanitária e Ambiental, adequação do título, do resumo e das palavras-chave, existência de encadeamento lógico, ineditismo, e qualidade da contribuição.

10.3. Na análise dos editores e dos avaliadores a contribuição será classificada segundo uma das seguintes categorias:

- Aceito, sem modificações;
- Aceito, com sugestão de revisões;
- Devolvido, com sugestões de revisões e incentivo a nova submissão e
- Recusado.

## **11. COMUNICAÇÃO AOS AUTORES**

O autor principal será comunicado do resultado da avaliação. Os autores dos artigos recusados receberão as devidas explicações.

## **12. RESPONSABILIDADES E DIREITOS**

O conteúdo dos artigos são de responsabilidade exclusiva do(s) autor(es). Os autores que encaminharem seus artigos cedem à ABES os respectivos direitos de reprodução e/ou publicação. Os casos omissos serão resolvidos pelos editores do periódico.