

**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIAS AMBIENTAIS – PGTA**



VINÍCIUS DE OLIVEIRA RIBEIRO

**MODELO DE SISTEMA DE INFORMAÇÃO
GEOGRÁFICA LIVRE E GRATUITO APLICADO À
GESTÃO NO SANEAMENTO BÁSICO**

**CAMPO GRANDE – MS
2013**

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

Vinícius de Oliveira Ribeiro

**MODELO DE SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA
LIVRE E GRATUITO APLICADO À GESTÃO NO
SANEAMENTO BÁSICO.**

Tese 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 Doutor em Saneamento Ambiental
e Recursos Hídricos.

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

Aprovada em:

Banca Examinadora:

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

Profa. Dra. Ana Paula Correia de Araujo
CCET/UFMS

Prof. Dr. Vitor Bacani
UFMS- Campus Aquidauana

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

Prof. Dr. Ademir Paceli Barbassa
UFSCAR

Campo Grande, MS.
2013

DEDICATÓRIA

A meu filho Ulisses, por me mostrar uma intensidade completamente nova de amor.

AGRADECIMENTOS

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

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

EPÍGRAFE

“A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu, mas pensar o que ninguém pensou sobre aquilo que todo mundo vê.”

Arthur Schopenhauer

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA	iii
AGRADECIMENTOS	iv
EPÍGRAFE.....	v
SUMÁRIO	vi
LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE TABELAS	xiv
RESUMO	17
INTRODUÇÃO GERAL	18
OBJETIVO GERAL	19

ARTIGO 1 - CRITERIZAÇÃO PARA COMPOSIÇÃO DE SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA LIVRE E GRATUÍTO APLICADO À GESTÃO DO SANEAMENTO BÁSICO

1.0 INTRODUÇÃO.....	20
2.0 OBJETIVO	21
3.0 MATERIAIS E MÉTODOS.....	21
3.1 Área de estudos	21
3.2 Caracterização das atividades	22
3.3 Critérios de seleção para o software SIG livre e gratuito	24
3.3.1 - Análise de funções disponíveis no SIG	24
3.3.2 - Teste de Desempenho.....	29
3.3.3 - Gestor de Projetos	35
3.4 Desenvolvimento do SIG.....	35
3.4.1 Aquisição de dados	35
3.4.2 Manipulação dos dados	45
3.4.3 Georreferenciamento das economias	46
4.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO	48

4.1	Seleção do SIG.....	48
4.1.1	Mapeamento de atividades e análise de funções nos software SIG.....	48
4.1.2	Análise dos tempos médios de execução de tarefas e Função de gestão de projetos.....	53
4.2	Forma de entrada de informações no SIG.....	58
4.3	Análise das informações e Gerência de produtos	59
6.0	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	61

ARTIGO 2 -
**GEOTECNOLOGIAS LIVRES E GRATUITAS APLICADAS À COMBATE A PERDA DE
 ÁGUA EM SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA**

1.0	INTRODUÇÃO.....	63
2.0	OBJETIVOS	64
3.0	MATERIAS E MÉTODOS	65
3.1	Área de estudos	65
3.2	Aquisição de dados	66
3.2.1	Levantamento planialtimétrico	66
3.2.2	Levantamento da rede de água e esgoto existentes.....	70
3.2.3	Registro e georreferenciamento dos Serviços de Campo.....	72
3.2.4	Composição do SIG	75
4.0	RESULTADOS E DISCUSSÃO	76
5.0	CONCLUSÃO.....	80
6.0	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	80

ARTIGO 3 -
GEOTECNOLOGIAS NA INVESTIGAÇÃO DE CONTRIBUIÇÃO PLUVIAL
PARASITÁRIA EM REDE COLETORA DE ESGOTO

1.0	INTRODUÇÃO.....	82
2.0	OBJETIVO.....	83
3.0	MATERIAIS E MÉTODOS.....	83
3.1	Caracterização da área de estudo.....	83
3.2	Aquisição de dados.....	85
3.2.1	Arquivos vetoriais.....	85
3.2.2	Ligações domiciliares.....	86
3.3	Verificação hidráulica dos Condutores.....	87
4.0	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	91
5.0	CONCLUSÃO.....	93
6.0	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	93

ARTIGO 4 -
GEOTECNOLOGIAS LIVRES NA GESTÃO DE PROJETOS DE SISTEMA DE
ESGOTAMENTO SANITÁRIO

1.0	INTRODUÇÃO.....	95
2.0	OBJETIVOS.....	96
3.0	MATERIAIS E MÉTODOS.....	96
3.1	Área de estudos.....	96
3.2	Aquisição de dados.....	97
3.2.1	Levantamento planialtimétrico.....	97
3.2.2	Ligações domiciliares.....	102
3.3	Elaboração do Projeto de rede coletora de esgoto.....	102
4.0	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	105
5.0	CONCLUSÃO.....	109
6.0	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	109

CONCLUSÃO GERAL	111
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	113
ANEXOS.....	116

LISTA DE FIGURAS

ARTIGO 1 - CRITERIZAÇÃO PARA COMPOSIÇÃO DE SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA LIVRE E GRATUÍTO APLICADO À GESTÃO DO SANEAMENTO BÁSICO

Figura I. 1 - Localização do Município de Coxim/MS (ABREU, 2006).	22
Figura I. 2 - Gráfico de caracterização de atividades PROESG/SANESUL.....	24
Figura I. 3 - Configuração do computador onde foram realizados os testes.	30
Figura I. 4 - Fotos do marco MS 11 do IBGE, localizado na subestação da Enersul utilizado como referência inicial no levantamento planialtimétrico da cidade de Coxim/MS. Foto tirada em 10/01/2012.	37
Figura I. 5 – Fotos do marco na ETE e rotatória.	38
Figura I. 6 – Fotos do marco no Ginásio poliesportivo e piquete na Academia Pro Sport.	39
Figura I. 7 - Foto marco no poço da SANESUL	39
Figura I. 8 - Fotos do levantamento.....	40
Figura I. 9 - Fotos levantamento na Elevatória	41
Figura I. 10 - Fotos levantamento na margem.....	41
Figura I. 11 – Fotos levantamento topográfico.....	41
Figura I. 12 – Fotos levantamento topográfico de interferências no perímetro urbano e na erosão de Coxim/MS.	42
Figura I. 13 - Localização dos RN's no Município de Coxim/MS.	43
Figura I. 14 - Pontos levantados na cidade de Coxim/MS.	45
Figura I. 15 - Pontos levantados na cidade de Coxim/MS. Zoom nos pontos.	45

Figura I. 16 - Vista geral do desenho finalizado no Draft.	46
Figura I. 17 - Vista do Gerenciador de <i>layers</i> no Draft.	46
Figura I. 18 - Vista gvSIG <i>Mobile</i>	47
Figura I. 19 - Tela inicial gvSIG. Apresenta-se o Gestor de projetos e a aba de propriedades da vista.	56
Figura I. 20 - Tela inicial QGIS. Apresenta a tela de trabalho ao ser iniciado.	57
Figura I. 21 – Vista do SIG para Coxim/MS.	59

ARTIGO 2 -
 GEOTECNOLOGIAS LIVRES E GRATUITAS APLICADAS À COMBATE A PERDA DE
 ÁGUA EM SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Figura II. 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).	65
Figura II. 2 – Foto marco 92798 do IBGE, em Amambaí/MS.	67
Figura II. 3 - Locação dos RN's, em Coronel Sapucaia/MS.	69
Figura II. 4 - Vista dos dados do levantamento descarregados e desenhados (direita) e Gerenciados de <i>layers</i> com a divisão das camas (esquerda).	70
Figura II. 5 - Fragmento do cadastro de rede de água de Coronel Sapucaia – MS, feito originalmente de modo manual em papel vegetal (SANESUL, 1992).	70
Figura II. 6 - Classes de pressão na rede de abastecimento de água, Coronel Sapucaia/MS. ...	74
Figura II. 7 - Vista SIG Coronel Sapucaia/MS.	76
Figura II. 8 - Vista em detalhe da distribuição dos serviços na rede de abastecimento de água no Coronel Sapucaia/MS.	77

Figura II. 9 - Mapa de localização dos serviços na rede de abastecimento tendo como plano de fundo as zonas de pressão na rede, em Coronel Sapucaia/MS no ano de 2010.	78
Figura II. 10 - Funcionário utilizando geofone à procura de vazamentos. Foto tirada em 13 de março de 2012.	79

ARTIGO 3 -
 GEOTECNOLOGIAS NA INVESTIGAÇÃO DE CONTRIBUIÇÃO PLUVIAL
 PARASITÁRIA EM REDE COLETORA DE ESGOTO

Figura III. 1 - Localização do município de Três lagoas/MS (ABREU, 2006).....	84
Figura III. 2 - À esquerda, poço de visita de esgoto transbordando na calçada. À direita, rua alagada nas proximidades da Lagoa Maior, em Três lagoas/MS. Fotos tiradas em 13 de fevereiro de 2012.	84
Figura III. 3 - Localização do PV em estudo, em Três Lagoas/MS.	85
Figura III. 4 - Vista do Gerenciador de <i>layers</i> dos arquivos vetoriais de Três lagoas/MS.	86
Figura III. 5 - Localização do trecho de tubulação coletora de esgoto em análise.....	87
Figura III. 6- Caracterização do raio hidráulico (PORTO, 2006).	88
Figura III. 7 - Vista do SIG Três Lagoas, com destaque para a bacia de contribuição delimitada.	91
Figura III. 8 - Valores de área (m ²) e perímetro (m) da bacia de contribuição delimitada, extraídas do gvSIG.	91

ARTIGO 4 -
GEOTECNOLOGIAS LIVRES NA GESTÃO DE PROJETOS DE SISTEMA DE
ESGOTAMENTO SANITÁRIO

Figura IV. 1 - Localização do Bairro Mate laranjeira no Município de Coronel Sapucaia/MS. Adaptado de Abreu (2006).	97
Figura IV. 2 – Foto marco 92798 do IBGE, em Amambaí/MS.	98
Figura IV. 3 - Locação dos RN's, em Coronel Sapucaia/MS.....	100
Figura IV. 4 - Vista dos dados do levantamento descarregados e desenhados (direita) e Gerenciados de <i>layers</i> com a divisão das camas (esquerda).	102
Figura IV. 5 - Software de modelagem hidráulica para dimensionamento de redes coletoras de esgoto Tigre Cesg.	103
Figura IV. 6 - Exportação dos <i>layers</i> de topografia e quadras para dxf no gvSIG.....	103
Figura IV. 7 - Área de trabalho de Cesg apresentando a planilha de nós, onde constam as coordenadas das singularidades (destaque em amarelo).	104
Figura IV. 8 - Ferramenta <i>Points layer from table</i> , da extensão Sextante no gvSIG 1.12.	105
Figura IV. 9 - Vista SIG Coronel Sapucaia/MS.	106
Figura IV. 10 - Área de trabalho do Cesg com arquivos importados do gvSIG, em formato dxf, referentes a quadras e pontos altimétricos.....	106
Figura IV. 11 - Vista planilha de resultados do projeto importada (a direita).....	107
Figura IV. 12 - Traçado de rede coletora importado no gvSIG.....	108

LISTA DE QUADROS

ARTIGO 1 - CRITERIZAÇÃO PARA COMPOSIÇÃO DE SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA LIVRE E GRATUÍTO APLICADO À GESTÃO DO SANEAMENTO BÁSICO

Quadro I. 1 - Fragmento da planilha de Controle de Gestão de atividades PROESG/SANESUL.....	23
Quadro I. 2 - Ferramentas e funções (Vetoriais, Raster e Layout) mais utilizadas nos SIG. Adaptado de Sillero e Tarroso (2010).	25
Quadro I. 3 - Critérios utilizados na avaliação de desempenho dos SIG.	30
Quadro I. 4 - Tabela de Nanni (CASTANHEIRA, 2005).	31
Quadro I. 5 - Tabela Z Distribuição Normal Padrão - $p(0 < Z < z \text{ tabela})$ (CASTRO, 1975).	33
Quadro I. 6 - Localização e Coordenadas dos Marcos de Apoio.	44
Quadro I. 7 - Fragmento da planilha de dicionário de Dados para georreferenciamento das economias.	47
Quadro I. 8 - Fragmento da planilha de cadastro de usuário com ligações de água em Coxim/MS.	48
Quadro I. 9 - Lista de funções vetoriais, agrupado por similaridade de características. Foram analisados os SIG livres e gratuitos gvSIG 1.12 e Quantum GIS 1.8.0.	49
Quadro I. 10 - Lista de funções raster, agrupado por similaridade de características.	50
Quadro I. 11 - Lista de funções Layout, agrupado por similaridade de características.....	52
Quadro I. 12 - Resultado global da avaliação das funções nos softwares SIG.	53
Quadro I. 13- Valores de DM e $D\alpha$ (n).	54
Quadro I. 14 - Valores de desvio padrão para a população observada de 09/12 a 12/12.....	54

Quadro I. 15 - Tamanho das amostras de cada função a ser avaliada.	55
Quadro I. 16 - Tempo médio na realização de cada função a ser avaliada, com 95 % de confiança e precisão de $\pm 0,15$ s.	55
Quadro I. 17 - O valor de $ T $, g.l. e $t_{v,\alpha/2}$	56

ARTIGO 2 -

GEOTECNOLOGIAS LIVRES E GRATUITAS APLICADAS À COMBATE A PERDA DE ÁGUA EM SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Quadro II. 1 - Fragmento do quadro de informações da rede cadastrada.....	71
Quadro II. 2 - Parte do quadro de Dados para georreferenciamento dos dados de consumo...	71
Quadro II. 3 - Parte do quadro cadastro de usuário com ligações de água.....	72
Quadro II. 4 - Planilha de Controle de serviços de Campo.	73
Quadro II. 5 - Divisão das atividades registradas no ano de 2010 em Coronel Sapucaia/MS.	75
Quadro II. 6 - Fragmento da planilha dos serviços tabulados em Coronel Sapucaia.	76
Quadro II. 7 - Índice de perda líquida de água tratada por ligação em Coronel Sapucaia/MS (SANESUL, 2013).	79

ARTIGO 3 -

GEOTECNOLOGIAS NA INVESTIGAÇÃO DE CONTRIBUIÇÃO PLUVIAL PARASITÁRIA EM REDE COLETORA DE ESGOTO

Quadro III. 1 - Valores de FH, RH/D, e Y/D (PORTO, 2006).	90
--	----

LISTA DE TABELAS

ARTIGO 1 - CRITERIZAÇÃO PARA COMPOSIÇÃO DE SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA LIVRE E GRATUITO APLICADO À GESTÃO DO SANEAMENTO BÁSICO

Tabela I. 1 - Distribuições t de Student (CASTRO, 1975).....34

Tabela I. 2 - Informações do Marco MS 11 do IBGE de Coxim/MS (IBGE, 2007).....37

ARTIGO 2 - GEOTECNOLOGIAS LIVRES E GRATUITAS APLICADAS À COMBATE A PERDA DE ÁGUA EM SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Tabela II. 1 - Informações do Marco 92798 do IBGE de Amambaí/MS (IBGE. 2007).66

ARTIGO 4 - GEOTECNOLOGIAS LIVRES NA GESTÃO DE PROJETOS DE SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

Tabela IV. 1 - Informações do Marco 92798 do IBGE de Amambaí/MS (IBGE. 2007).....98

RESUMO

RIBEIRO, V.O. (2013). Modelo de Sistema de Informação Geográfica Livre e Gratuito Aplicado à gestão no saneamento básico, 2013. 121 p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil.

Neste trabalho são apresentados quatro artigos científicos que caracterizam a composição e trabalho em um sistema de informação geográfica (SIG) gratuito e livre, com vistas à redução de custos e viabilidade de uso pelas companhias de saneamento em seus processos avaliativos e decisórios. No primeiro artigo elaborou-se uma criterização para seleção do software SIG livre e gratuito a ser utilizado, bem como para composição da base de informações SIG para alimentação do banco de dados que teve como produto a redução no tempo de tomada de decisões no setor de projetos de esgoto da SANESUL. No segundo artigo, utilizou-se o banco SIG composto para especializar os serviços na rede de abastecimento de água (reparos, substituições), no município de Coronel Sapucaia/MS, de forma a estabelecer rotina de manutenção preventiva, o que resultou no mapeamento dos serviços e auxiliou na redução de perda de água tratada fornecida aos munícipes. O terceiro artigo trata a respeito da utilização de geotecnologias e informações do SIG para mapeamento de contribuição pluvial parasitária na rede coletora de esgoto doméstico, na Cidade de Três Lagoas/MS, permitindo avaliar a capacidade de escoamento da rede coletora existente, bem como vislumbrar espacialmente os pontos críticos de extravasão da rede coletora em períodos chuvosos. O quarto artigo faz uma avaliação da utilização do SIG livre e gratuito na gestão de projetos de rede coletora de esgotos, integrado com software de modelagem hidráulica, possibilitando melhor qualidade dos dados e maior celeridade na obtenção de parâmetros de projeto ao serem adquiridas diretamente do SIG livre e gratuito composto.

Palavras chaves: gestão, 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 Sistemas de Informação Geográfica - SIG comerciais disponíveis no mercado (MCKIBBEN, 1994).

Há uma enorme variedade de softwares SIG livres e gratuitos disponíveis para utilização que podem ser alternativas aos SIG comerciais. Na opção por algum, deve-se observar sua compatibilidade com o sistema operacional, sua interoperabilidade (suporte a diferentes formatos de dados geográficos) com demais softwares, sejam comerciais ou não, bem como a periodicidade de suas atualizações. O mesmo vale para a manipulação de informações do tipo raster, dados tabulares ou os padrões do *Open Geospatial Consortium* (OGC), tais como o *Warehouse Management System* (WMS), ou Sistema de Gerenciamento de Armazém. A interface intuitiva também é fator determinante na continuidade do projeto.

Por se tratar de assunto recente, somente no início dos anos 80 Richard M. Stallman foi o primeiro a formalizar esta maneira de pensar para o software livre (Licença Gral Pública – GPL ou GNU), há uma lacuna de estudos aplicados na funcionalidade dos SIG livre e gratuitos aplicados às necessidades de embasamento de funções relacionadas ao saneamento básico.

Buscando preencher parte desta brecha, foram elaborados quatro artigos completos, que serão enviados para periódicos científicos, visando a criterização da seleção de um software SIG livre e gratuito e a composição de seu banco de informação, voltados à ação da aplicabilidade em demandas oriundas das atividades avaliativas e decisórias de uma companhia de saneamento.

O primeiro artigo contribui com um exemplo da caracterização das atividades da área fim para instalação do SIG, de forma a identificar suas principais demandas. Sob este enfoque, criterizaram-se, de maneira simplificada, modos de avaliação para seleção do software SIG livre e gratuito a ser utilizado na composição do banco do sistema de informação geográfica. Na sequência, efetuou-se a coleta de dados e composição da base de dados SIG, que dentre outros

resultados, reduziu o tempo gasto em processos decisórios baseado em análise de múltiplos critérios.

No segundo artigo, com vistas ao combate a perdas no sistema de abastecimento de água, efetuou-se a composição do banco SIG, com enfoque na espacialização dos serviços de reparo e manutenção na rede de água tratada. Foram identificados os padrões nas demandas dos trabalhos que levaram ao estabelecimento de rotinas de manutenção preventiva, resultando na redução no índice de perda gradual no município de Coronel Sapucaia/MS.

O terceiro artigo abrangeu a composição da base SIG no município de Três Lagoas/MS, com foco no mapeamento nos pontos de extravasamento da rede coletora de esgoto em vias públicas. Tal procedimento permitiu avaliar a bacia de contribuição a montante do ponto de transbordamento e verificar a capacidade de escoamento da rede coletora a jusante, de forma a determinar as prováveis causas do evento. Com a caracterização de consumo das residências especializadas, ficou facilitada a análise da quantidade de esgoto gerado em sua bacia de contribuição, descartando a hipótese de que o coletor não tem capacidade de escoamento do mesmo, elevando assim a teoria de que os transbordamentos ocorrerem devido às contribuições parasitárias.

No quarto artigo realiza-se uma avaliação da capacidade de gerenciamento de projetos de rede coletora de esgoto em SIG livre e gratuito, integrado a software de modelagem hidráulica. Devido ao suporte a múltiplos formatos do SIG, foi possível integrar as informações do dimensionamento do coletor de esgotos ao SIG, possibilitando sua análise num contexto de múltiplos critérios.

As formatações dos artigos seguiram 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 a processos decisórios e avaliativos relacionados à área de projetos no saneamento básico, utilizando ferramentas livres e de distribuição gratuita, com vistas não somente à confiabilidade das informações e do sistema de informação geográfica empregados, como também na redução de custos na implantação destas tecnologias em companhias de saneamento de pequeno e médio porte.

ARTIGO 1 - CRITERIZAÇÃO PARA COMPOSIÇÃO DE SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA LIVRE E GRATUÍTO APLICADO À GESTÃO DO SANEAMENTO BÁSICO

1.0 INTRODUÇÃO

Vivenciamos um período no qual a informação encontra-se acessível a todo o momento, através da Internet (LÉVY, 2001). Atualmente, o acesso ao conhecimento não é mais privilégio de poucos, mas continua sendo valioso. Por isso, o grande segredo é saber gerenciar informações e conhecimentos estratégicos para poder utilizá-los da melhor forma possível (VALERIANO, 1998).

Sob este aspecto reside grande empecilho que as empresas confrontam, não somente na área do saneamento, pois, atualmente o "pulo do gato" está na gestão do conhecimento. Muitas informações importantes e detalhes dos processos de trabalho estão guardados apenas nas mentes dos profissionais. O desafio é manter o conhecimento dentro de "casa", mesmo depois que um colaborador deixa a companhia (JOHNSON, KAST, & ROSENWEIG, 1964).

Por tal, deve-se priorizar a criação e a implementação de processos (Tecnologias de Informação - TI) que organizem e sistematizem a capacidade dada companhia de capturar, armazenar, gerar, criar, analisar, traduzir, compartilhar e fornecer a informação exata de maneira rápida e precisa (FOINA, 2001).

O acesso a informações precisas possibilita a melhor capacidade para avaliação de situações, análise de situações passadas e planejamento do futuro (DE CHIARA, 2011). 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 (FEINBERG, 1997).

Os Sistemas de Informação Geográfica - SIG, uma das ferramentas de TI e 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). Sendo o SIG definido como um sistema de *hardware*, software e procedimentos organizado de forma a possibilitar a aquisição de dados, gestão, manipulação, análise e visualização de dados espaciais, de tal modo que seja possível resolver problemas de planejamento complexos (FICCCDC, 1988).

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.

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 SIG comerciais disponíveis no mercado. Tem-se nos SIG gratuitos e livres uma potencial ferramenta para estes fins.

Estudos avaliando a funcionalidade dos SIG livres e gratuitos aplicada à área de suporte a atividades de gestão e tomada de decisão na área do saneamento são escassos. Este trabalho busca contribuir para preencher parte desta lacuna.

2.0 OBJETIVO

Elaborar a criterização de dados para composição de banco SIG voltado ao saneamento básico visando à otimização no tempo necessário para tomada de decisão.

Identificar dados e informações usadas na gestão de serviços de uma empresa de saneamento de cidade de pequeno porte.

Avaliar o desempenho dos SIG na execução de procedimentos relacionados às operações raster e vetoriais, bem como analisar o sistema de informação no que concerne à aquisição, manipulação, análise de informações e gerencia de produtos.

3.0 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Área de estudos

A área selecionada para o estudo foi o Município de Coxim/MS (Figura I.1), por estar passando por processo de renovação de contrato com a SANESUL. A composição do SIG subsidiará o setor de Projetos de Esgoto – PROESG da Empresa de Saneamento de Mato Grosso

do Sul – SANESUL a vislumbrar o cenário do sistema de esgotamento sanitário do Município bem elaborar as propostas de ampliação.

Coxim, com 32.159 habitantes (IBGE, 2011), situa-se na região Centro-Oeste, no Estado de Mato Grosso do Sul. Município situado na borda setentrional da Bacia do Alto Paraguai, Coxim é um dos principais pontos de pesca do país atraindo milhares de turistas, pescadores amadores, que buscam as águas piscosas dos rios Taquari, Coxim, Jauru e Piqueri. É um centro econômico e turístico regional, sendo nacionalmente conhecido por abrigar diversos ícones paisagísticos, como as cachoeiras Salto, Palmeiras e os Rios Taquari e Coxim. É o maior município da região norte de Mato Grosso do Sul (COXIM, 2011).



Figura I. 1 - Localização do Município de Coxim/MS (ABREU, 2006).

3.2 Caracterização das atividades

De forma piloto no setor de projetos de esgoto – PROESG da SANESUL, efetuou-se a implementação do sistema de informação geográfica - SIG livre e gratuito aplicado à gestão do saneamento, efetuou-se como.

De maneira a organizar e caracterizar as atividades demandadas por cada serviço de rotina da área optou-se pelo mapeamento planilhado das atividades. No período de janeiro de 2010 a maio de 2012 efetuou-se o controle e gestão das atividades efetuadas pelo Setor. O Mapeamento consistiu na introdução de informações em planilha eletrônica (Quadro I.1) referentes aos serviços demandados pelas diversas áreas da SANESUL à PROESG, tais como a

data de entrada do serviço no setor, à área solicitante, detalhamento das atividades efetuadas e com data de entrega do trabalho finalizado.

Quadro I. 1 - Fragmento da planilha de Controle de Gestão de atividades PROESG/SANESUL.

Data da Entrada	Hora da entrada	Forma de Solicitação	Descrição do serviço	Local	Município	Tecnico responsável	Atividades Desenvolvidas		Data de Saída	Hora da saída
							Descrição	Tempo Demandado (horas)		
16/04/2011	13:40	Memorando GEAQ/PAN nº 332/11	Solicitação de extensão de rede coletora	Av. Lourival Fernandes	Aquidauana	Thiago Pereira	Desenho Técnico	8	21/04/2011	17:30
							Orçamento	4		
							Análise/Tomada de Decisão	16		
							Outros (Quais?Viagem A Campo)	12		
16/06/2011	15:37	Requerimento de Análise	Análise de Projeto de SES Contratado	Perimetro Urbano	Coxim	Renato/Vinicius/André	Desenho Técnico	-	07/07/2011	14:27
							Orçamento	4		
							Análise/Tomada de Decisão	40		
							Outros (Quais?Viagem à Campo/Avaliação de mapas)	48/40		
31/10/2012	07:45	Solicitação de viabilidade	Requerimento de viabilidade de atendimento com coleta de esgoto	Loteamento Vila Toscana	Dourados	Luciene	Desenho Técnico	4	04/11/2012	15:54
							Orçamento	16		
							Análise/Tomada de Decisão	8		
							Outros (Quais?Viagem à Campo/Avaliação de mapas)	12/4		

Com o histórico, para fins de quantificação de tempo por atividade, efetuou-se o agrupamento do detalhamento das atividades desenvolvidas nos serviços em quatro classes distintas: 1- Trabalhos Raster; 2- Trabalhos Vetoriais; 3-Tomada de Decisão; e 4-Outros.

A Classe 1 abrangeu a análise de imagens e afins relacionados a estudo de mapas, projetos e cartas. Na Classe 2 ficou elaboração projetos técnicos de engenharia e correção de desenhos em Auto Cad. A classe 3 refere-se às tomadas de decisão quanto a outorga de pedidos e análises de projetos Contratados e na classe 4 enquadraram-se os demais serviços rotineiros como elaboração de memorandos, ofícios, elaboração de orçamento e abertura de processos.

Este agrupamento permitiu a elaboração do Gráfico 1 que apontou como maior demanda os processos de tomada de decisão (43%), ou seja, concessões de viabilidade de interligações, definição de critérios de projeto, escolha de definições de concepção dos sistemas, resoluções de problemas operacionais etc. Processos que necessitam da análise de diversas informações como localização e existência de rede coletora, vazão de esgoto no coletor, capacidade de saturação, caracterização da bacia de contribuição dos coletores, dentre outras.

Os trabalhos vetoriais (28%) também demandam tempo razoável, não sendo maior devido ao fato de existir um setor de desenho técnico, no qual é elaborado maior parte das plantas baixas, projetos básicos e executivos.

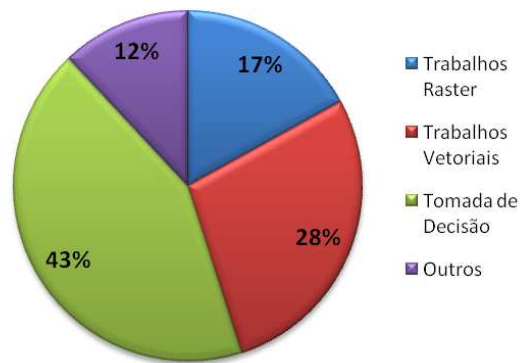


Figura I. 2 - Gráfico de caracterização de atividades PROESG/SANESUL.

3.3 Critérios de seleção para o software SIG livre e gratuito

3.3.1 - Análise de funções disponíveis no SIG

Há uma enorme gama de softwares de informação geográfica- SIG livres e gratuitos. Neste trabalho as análises se limitaram as versões mais recentes, quando da elaboração deste trabalho, do gvSIG 1.12 (VALENCIANA, 2012) e Quantum GIS – QGIS 1.8.0 (NANI, et al., 2012) por serem dois dos mais populares SIG na atualidade, apresentarem grande interoperabilidade (suporte a diferentes formatos de dados geográficos), com grande e crescente número de usuários, fóruns de discussão e tutoriais *on line*, inclusive em português.

As versões de SIG comparadas (gvSIG 1.12 e Quantum 1.8.0) não continham pacotes de extensões além dos já inclusos nos executáveis de instalação dos mesmos. A opção pela avaliação dos softwares SIG sem pacotes de extensões se deu em função da dificuldade que usuários iniciantes possam apresentar na instalação de múltiplos arquivos, que, em muitas situações, podem comprometer a estabilidade do SIG caso não seja efetuada de maneira correta.

O gvSIG é um SIG capaz de utilizar diversos formatos raster e vetoriais. O pacote de algoritmos Sextante, já integrado no programa de instalação, fornece ao gvSIG a capacidades de análise, tanto raster quanto vetores, de mais de 200 extensões. Também existe uma versão mais leve de gvSIG para dispositivos, telefones móveis, o gvSIG *Mobile* (VALENCIANA, 2012).

O Quantum GIS-QGIS suporta diversos formatos vetoriais e raster. Também inclui algumas ferramentas de análise espacial para dados vetoriais e um *plug-in* GRASS, permitindo a utilização de uma instalação completa do pacote de algoritmos GRASS dentro QGIS. Este software pode facilmente se conectar a um servidor de banco de dados PostGIS / PostgreSQL para recuperar a informação geográfica (NANI, et al., 2012).

Tanto QGIS e gvSIG trabalham em vários sistemas operacionais e podem ler dados geográficos de fontes remotas através de WMS, WCS ou protocolos padrão WFS.

Inicialmente, de maneira similar ao realizado por Sillero e Tarroso (2010), efetuou-se a avaliação dos pacotes usando o número de ferramentas disponíveis (Vetoriais, Raster e Layout) em cada um, com base em lista elaborada com as 131 (cento trinta e uma) funções mais utilizadas nos SIG para aplicações ambientais (Quadro I.2), sendo separados em três grupos: vetor (com 61 funções), raster (com 58) e produção tipográfica e layout (com 12). Incluiu-se na análise, dentre outras, funções de leitura de arquivos *dwg* e *dxf*, por serem os principais formatos utilizados por usuários na área das engenharias, em programas de desenho técnico auxiliado por computador (*Computer Aided Design –CAD*).

As nomenclaturas das funções foram mantidas em inglês por conveniência da área de estudos, sendo sob esta forma que se apresentam os nomes dos comandos nos respectivos softwares.

Quadro I. 2 - Ferramentas e funções (Vetoriais, Raster e Layout) mais utilizadas nos SIG.
Adaptado de Sillero e Tarroso (2010).

	Nome da Ferramenta/Função	Descrição
Funções Vetoriais	Shapefile reading	lê diretamente arquivos em formato shapefile, sem importá-los previamente.
	dwg file reading	lê diretamente arquivos em formato dwg, sem importá-los previamente.
	dxf file reading	lê diretamente arquivos em formato dxf, sem importá-los previamente.
	Import/Export Shapefiles	importações e / ou exportações de shapefiles.
	Vector to Raster	transforma arquivos vetoriais em arquivos raster.
	Vector projection	transforma um arquivo vetorial de sua projeção original para outra.
	Attributes reading	lê os atributos armazenados numa tabela.
	Modeller	funções podem ser concatenados e armazenados para futuras utilizações.
	Vector digitalization	transforma os dados em um mapa físico ou uma imagem para um arquivo vetorial.
	Vector edition	modifica a topologia de um arquivo vetorial.
	Image geo-referencing	coloca corretamente uma imagem dentro de um determinado sistema de coordenadas de referência.
	Selection by attributes	seleciona entidades e atributos usando operadores booleanos em uma tabela de atributos.
	Selection by location	seleciona entidades e atributos usando critérios topológicos.
	Table edition	modifica valores da tabela.
	Table Calculator	executa cálculos matemáticos entre os campos da tabela.
Table statistics	estatísticas descritivas dos campos da tabela.	
Table join	une dois tabelas através de um campo comum.	

Continua ...

Table link	os valores de uma tabela são lidos em uma segunda tabela.
Summarize Tables	aplica uma função de agregação, tais como soma, média, contagem, a um campo agrupando seus valores com base em valores exclusivos de um outro campo.
Graphs	tabela de atributos pode ser representado em um gráfico.
Points to lines, Points to polygons	linhas para pontos, linhas para polígonos
Add data points	as importações de uma lista de coordenadas para um arquivo vetorial ponto.
Calculate coordinates	acrescenta coordenadas para a tabela de atributos de um arquivo vetorial ponto.
Vectorial buffers	calcula polígonos de distância constante em torno de pontos, linhas e polígonos.
Merge	junta arquivos vetoriais vários do mesmo tipo (ponto, linha ou polígono).
Dissolve	junta item de um arquivo vetorial pelo mesmo atributo.
Clip	extrai uma parte de um arquivo vetorial com um polígono.
Break features	as exportações cada item de um ponto, linha ou polígono arquivo vetorial para um arquivo diferente e independente.
Convex Hull	calcula o polígono convexo mínimo envolvente de um grupo de pontos.
Voroni/Delaunay	dois tipos específicos de interpolações vetoriais.
Select at random	seleciona uma amostra de pontos de um arquivo.
Autocorrelation	calcula a correlação entre os pontos do mesmo arquivo.
Vectorial grids	constrói polilinha retangular ou polígono grades cartográficas em distâncias constantes.
Generalization	reduz nós em uma linha ou polígono vetor, preservando seus atributos, mas produzindo uma geometria mais grosseira. Os intervalos são geralmente não regular, desde algoritmos de generalização deve deixar nós, tanto quanto possível para preservar a curvatura original de uma entidade.
Intersection	une as partes espacialmente comuns de dois arquivos vetoriais em apenas um arquivo.
Union	une dois arquivos vetoriais em um único arquivo, ou partes espacialmente comuns ou não comuns.
Difference	une as partes não comuns de dois arquivos vetoriais em apenas um arquivo.
Spatial join	Transferência de atributos entre dois vetores (de qualquer tipo) com base em localizações coincidentes.
Centroids calculation	calcula o ponto central de um polígono.

Continua ...

Funções Raster	Count points in polygons	conta o número de pontos dentro dos limites de um polígono.
	Calculate area	adiciona os valores de perímetro / área para os itens de um arquivo de tabela polígono.
	Euclidean Distance	calcula a distância euclidiana entre dois pontos.
	Cost distance	calcula o custo de ir de um lugar para outro lugar ao longo de um caminho específico, dependendo do valor de um atributo.
	Import/Export Ascii	importações / exportações arquivos raster em formato ASCII.
	Import/Export raw data	importações / exportações arquivos raster para outros formatos.
	Raster to Vector	transforma arquivos raster em arquivos vetoriais.
	Raster projection	transforma um arquivo de imagem a partir de sua projeção original para outra.
	Pixel information	lê valores de pixel.
	Raster Stacks	inclui vários arquivos raster ou faixas dentro de um arquivo único.
	Raster Algebra	realiza operações matemáticas entre os rasters.
	Raster buffers	calcula um buffer de distância constante.
	Raster Descriptive Statistics	estatísticas descritivas de valores de pixel.
	Random value rasters	cria um raster com valores aleatórios.
	Clip rasters	extratos de uma parte de um arquivo vetorial com um polígono ou de outro raster.
	Raster Spatial Join	transfere os atributos de um arquivo de imagem em um arquivo de ponto.
	Values Composites	calcula um novo arquivo raster de uma lista de imagem usando uma função matemática.
	Neighbourhood statistics	quantifica e visualiza variação espacial em pixel.
	Zonal statistics	calcula estatísticas sobre valores de um raster dentro das zonas de outro conjunto de dados.
	Aggregate	aumenta o tamanho dos pixels (e reduz a resolução espacial), utilizando um operador matemático.
Resample	altera o tamanho do pixel na imagem.	
Raster Correlation	calcula a correlação entre um grupo de rasters.	
Raster Regression	calcula uma regressão entre dois rasters.	
Raster Multiple Regression	calcula uma regressão múltipla entre várias rasters.	
Raster PCA	calcula uma Análise de Componentes Principais entre dois rasters.	
Raster Factor analysis	calcula uma análise fatorial entre os dois rasters.	
Cluster analysis	calcula uma análise de cluster entre dois rasters.	

Fit distribution analysis	ajusta os valores de um rasters para uma curva de distribuição específica.
Data sampling	extrai aleatoriamente valores de pixel.
Autocorrelation	mede a correlação espacial dentro de um raster.
Cross-tabulation	compara um grupo de varredura por seus valores comuns (normalmente para categoria de dados).
Kappa	uma medida estatística de semelhança entre dois raster.
Similarity analysis	índice para medir a similaridade entre os valores de dois raster.
Reclassification	modifica valores de pixel utilizando regras.
Masks	classifica uma parte de uma varredura de fundo.
Filters	modifica valores de pixel utilizando operadores matemáticos em uma camada com um tamanho específico.
Raster Classification	método estatístico para dividir uma imagem em grupos significativos.
Accuracy Assessment	método para validar uma classificação raster.
Vegetation Indexes	índices de detecção de vegetação em imagens de satélite.
Image transformations	as transformações de imagens de satélite, ou seja, para fins de classificação.
Density Slicing	classifica uma imagem por grupos com o mesmo número de pixels.
Semivariogram	Função expressando a influência do valor de uma variável espacial medida num determinado ponto de seus vizinhos a distâncias cada vez maiores e em diferentes direções.
IDW, Spline, etc.	diferentes métodos de interpolação.
Slope	calcula a inclinação dentro de cada pixel de um DEM.
Aspect	calcula a orientação cardinal dentro de cada pixel de um DEM.
Hillshading	calcula um modelo sombra de um DEM.
Visibility analysis	calcula áreas visíveis a partir de um ponto.
Contour analysis	extratos de linhas que ligam pontos em valores iguais (isolinhas) de varredura contínua dados, tais como a elevação ou chuva.
3-D Visualization	visualiza uma varredura em um ambiente 3-D.
Flow Analysis	calcula a quantidade do fluxo de água através de cada pixel de um DEM.

Continua ...

	Direction analysis	calcula a direção de água através de cada pixel de um DEM.
	Watershed analysis	calcula as bacias hidrográficas de um DEM.
	Fill analysis	elimina depressões num DEM.
	Stream calculation	calcula linhas de corrente em um DEM
Funções de Layout	Export a map	produz um mapa que é exportado em um formato de imagem particular ou em formato pdf.
	Palette colours	os recursos dentro do mapa podem ser representados com diferentes cores e métodos de classificação
	Scale	insere uma escala gráfica no mapa.
	North Arrow	insere uma seta para o norte no mapa.
	Legend	insere a lenda das características representadas no mapa.
	Text	insere texto no mapa.
	Figure	insere figuras no mapa.
	Insert several maps	mapas de várias inserções na mesma folha.
	Advanced text	o texto pode ser girado.
	Freehand text	o texto pode ser colocado sobre um segmento curvo.
	Insert grid	insere uma grade não georreferenciada.
	Insert geogrid	insere uma grade georreferenciada.

3.3.2 - Teste de Desempenho

Na análise de multicritério envolvem-se análise de dados raster, vetoriais e bancos de dados. As atividades vetoriais referem-se à elaboração e bancos de projetos técnicos nas áreas das engenharias desenvolvidos principalmente em ambiente CAD em formato dwg.

Fator importante na seleção do SIG a ser utilizado para atender as necessidades do cliente é o desempenho em atividades relacionadas a estas demandas. Por tal, ambos os SIG em avaliação foram submetidos a avaliações simples envolvendo camadas raster, vetoriais e operações entre ambas, elencadas no Quadro I.3. Cada operação foi cronometrada 86 (oitenta e seis vezes) para composição de população. Ao longo de 3 meses (janeiro a abril de 2012), cronometrou-se a execução de cada função do Quadro I.2, levando uma população para cada uma de 86 (oitenta e seis) observações. O tamanho dos arquivos foi selecionado em função da média dos arquivos observado no dia a dia do PROESG/SANESUL.

Quadro I. 3 - Critérios utilizados na avaliação de desempenho dos SIG.

Tempo médio de Carregamento de arquivo em formato dwg (tamanho 20 mb)
Tempo médio de exportação dwg (tamanho 20 mb) para shp
Tempo médio de carregamento de arquivo raster (tamanho 40 mb)
Tempo médio de corte em raster a partir de arquivo shape (tamanho 40 mb)

Os testes foram efetuados em computador tipo portátil, com processador Intel Core i5 e 4 Gb de RAM, Sistema Operacional *Windows Seven Ultimate Edition*® 64 bits (Figura 3).

Exibir informações básicas sobre o computador

Windows Edition

Windows 7 Ultimate
Copyright © 2009 Microsoft Corporation. Todos os direitos reservados.

Sistema

Classificação: **4,2** [O Índice de Experiência do Windows precisa ser atualizado](#)

Processador: Intel(R) Core(TM) i5 CPU M 450 @ 2.40GHz 2.40 GHz

Memória instalada (RAM): 4,00 GB (utilizável: 3,80 GB)

Tipo de sistema: Sistema Operacional de 64 Bits

Caneta e Toque: Nenhuma Entrada à Caneta ou por Toque está disponível para este vídeo

Nome do computador, domínio e configurações de grupo de trabalho

Nome do computador: home-PC

Nome completo do computador: home-PC

Descrição do computador:

Grupo de trabalho: WORKGROUP

Ativação do Windows

Windows ativado

ID do Produto (Product ID): 00426-OEM-8992662-00006

Figura I. 3 - Configuração do computador onde foram realizados os testes.

3.2.2.1 - Teste de Normalidade

Existe uma tendência em estudos experimentais de considerar que os dados obtidos seguem a distribuição normal. Adotando-se esta hipótese, podem-se realizar testes de significância, testes de hipótese e estimativas de intervalos de confiança. Os resultados destes tipos de estudo só serão válidos se realmente os dados experimentais possuírem uma boa aderência a curva normal. Para tanto, antes de qualquer outro tipo de estudo estatístico, efetuou-se o teste de normalidade da população amostral com base no Método de Kolmogorov_Smirnov (K-S)(CASTANHEIRA, 2005).

O Método K-S consiste na comparação das frequências acumuladas observadas e as calculadas pela distribuição normal (CASTRO, 1975). A frequência acumulada relativa observada para a variável aleatória é dada pela relação entre a ordem da variável e o número de observações, considerando que os dados estão organizados em ordem crescente. A frequência acumulada relativa teórica correspondente à área sob a curva normal, obtida através da variável padronizada (CASTRO, 1975).

A maior diferença observada entre as respectivas frequências acumuladas observadas e as calculadas (DM), foi comparada com o valor de $D\alpha$ (n), dado pela Tabela de Nanni (Quadro I.4), que depende do nível de probabilidade α e do tamanho da amostra (n). Se $DM \leq D\alpha$ (n) os dados seguem a distribuição normal.

Quadro I. 4 - Tabela de Nanni (CASTANHEIRA, 2005).

Tamanho da amostra N	VALORES DE α				
	0,2	0,15	0,1	0,05	0,01
4	0,300	0,319	0,352	0,381	0,417
5	0,285	0,299	0,315	0,337	0,405
6	0,265	0,277	0,294	0,319	0,364
7	0,247	0,258	0,276	0,300	0,348
8	0,233	0,244	0,261	0,285	0,331
9	0,223	0,233	0,249	0,271	0,311
10	0,215	0,224	0,239	0,258	0,294
11	0,206	0,217	0,230	0,249	0,284
12	0,199	0,212	0,223	0,242	0,275
13	0,190	0,202	0,214	0,234	0,268
14	0,183	0,194	0,207	0,227	0,261
15	0,177	0,187	0,201	0,220	0,257
16	0,173	0,182	0,193	0,213	0,250
17	0,169	0,177	0,189	0,206	0,245
18	0,166	0,173	0,184	0,200	0,239
19	0,163	0,169	0,179	0,195	0,235
20	0,160	0,166	0,176	0,190	0,231
25	0,149	0,153	0,165	0,180	0,203
30	0,131	0,136	0,144	0,161	0,187
Acima de 30	$0,736/\sqrt{N}$	$0,768/\sqrt{N}$	$0,805/\sqrt{N}$	$0,886/\sqrt{N}$	$1,031/\sqrt{N}$

Para tal utilizou-se o pacote Action (ESTATCAMP, 2011), software de estatística desenvolvido sob plataforma R (um dos sistemas de estatística mais utilizada atualmente), distribuído sobre a licença pública geral (GNU) versão 2.4, sendo instalado como um macro do Excel.

3.3.2.2 - Tamanho da Amostra

A determinação do tamanho amostral para cada critério foi realizada mediante fórmulas estatísticas (equação I.1) , comumente conhecidas como fórmulas para cálculo de tamanho de amostra, sendo utilizada para determinação do tamanho da amostra para a média da população quando o desvio padrão desta é conhecido.

$$n = \frac{Z_{GC}^2 \cdot \sigma^2}{d^2} \quad (\text{Equação I.1- (CASTRO, 1975)})$$

onde:

d = precisão da estimativa;

Z_{GC} = variável reduzida da distribuição normal para um determinado grau de confiança (Quadro I.6);

σ = desvio padrão populacional e

n = tamanho da amostra

Quadro I. 5 - Tabela Z Distribuição Normal Padrão - $p(0 < Z < z \text{ tabela})$ (CASTRO, 1975).

z	Segunda casa decimal de z									
	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,0	0,0000	0,0040	0,0080	0,0120	0,0160	0,0199	0,0239	0,0279	0,0319	0,0359
0,1	0,0398	0,0438	0,0478	0,0517	0,0557	0,0596	0,0636	0,0675	0,0714	0,0753
0,2	0,0793	0,0832	0,0871	0,0910	0,0948	0,0987	0,1026	0,1064	0,1103	0,1141
0,3	0,1179	0,1217	0,1255	0,1293	0,1331	0,1368	0,1406	0,1443	0,1480	0,1517
0,4	0,1554	0,1591	0,1628	0,1664	0,1700	0,1736	0,1772	0,1808	0,1844	0,1879
0,5	0,1915	0,1950	0,1985	0,2019	0,2054	0,2088	0,2123	0,2157	0,2190	0,2224
0,6	0,2257	0,2291	0,2324	0,2357	0,2389	0,2422	0,2454	0,2486	0,2517	0,2549
0,7	0,2580	0,2611	0,2642	0,2673	0,2704	0,2734	0,2764	0,2794	0,2823	0,2852
0,8	0,2881	0,2910	0,2939	0,2967	0,2995	0,3023	0,3051	0,3078	0,3106	0,3133
0,9	0,3159	0,3186	0,3212	0,3238	0,3264	0,3289	0,3315	0,3340	0,3365	0,3389
1,0	0,3413	0,3438	0,3461	0,3485	0,3508	0,3531	0,3554	0,3577	0,3599	0,3621
1,1	0,3643	0,3665	0,3686	0,3708	0,3729	0,3749	0,3770	0,3790	0,3810	0,3830
1,2	0,3849	0,3869	0,3888	0,3907	0,3925	0,3944	0,3962	0,3980	0,3997	0,4015
1,3	0,4032	0,4049	0,4066	0,4082	0,4099	0,4115	0,4131	0,4147	0,4162	0,4177
1,4	0,4192	0,4207	0,4222	0,4236	0,4251	0,4265	0,4279	0,4292	0,4306	0,4319
1,5	0,4332	0,4345	0,4357	0,4370	0,4382	0,4394	0,4406	0,4418	0,4429	0,4441
1,6	0,4452	0,4463	0,4474	0,4484	0,4495	0,4505	0,4515	0,4525	0,4535	0,4545
1,7	0,4554	0,4564	0,4573	0,4582	0,4591	0,4599	0,4608	0,4616	0,4625	0,4633
1,8	0,4641	0,4649	0,4656	0,4664	0,4671	0,4678	0,4686	0,4693	0,4699	0,4706
1,9	0,4713	0,4719	0,4726	0,4732	0,4738	0,4744	0,4750	0,4756	0,4761	0,4767
2,0	0,4772	0,4778	0,4783	0,4788	0,4793	0,4798	0,4803	0,4808	0,4812	0,4817
2,1	0,4821	0,4826	0,4830	0,4834	0,4838	0,4842	0,4846	0,4850	0,4854	0,4857
2,2	0,4861	0,4864	0,4868	0,4871	0,4875	0,4878	0,4881	0,4884	0,4887	0,4890
2,3	0,4893	0,4896	0,4898	0,4901	0,4904	0,4906	0,4909	0,4911	0,4913	0,4916
2,4	0,4918	0,4920	0,4922	0,4925	0,4927	0,4929	0,4931	0,4932	0,4934	0,4936
2,5	0,4938	0,4940	0,4941	0,4943	0,4945	0,4946	0,4948	0,4949	0,4951	0,4952
2,6	0,4953	0,4955	0,4956	0,4957	0,4959	0,4960	0,4961	0,4962	0,4963	0,4964
2,7	0,4965	0,4966	0,4967	0,4968	0,4969	0,4970	0,4971	0,4972	0,4973	0,4974
2,8	0,4974	0,4975	0,4976	0,4977	0,4977	0,4978	0,4979	0,4979	0,4980	0,4981
2,9	0,4981	0,4982	0,4982	0,4983	0,4984	0,4984	0,4985	0,4985	0,4986	0,4986
3,0	0,4987	0,4987	0,4987	0,4988	0,4988	0,4989	0,4989	0,4989	0,4990	0,4990
3,1	0,4990	0,4991	0,4991	0,4991	0,4992	0,4992	0,4992	0,4992	0,4993	0,4993
3,2	0,4993	0,4993	0,4994	0,4994	0,4994	0,4994	0,4994	0,4995	0,4995	0,4995
3,3	0,4995	0,4995	0,4995	0,4996	0,4996	0,4996	0,4996	0,4996	0,4996	0,4997
3,4	0,4997	0,4997	0,4997	0,4997	0,4997	0,4997	0,4997	0,4997	0,4997	0,4998
3,5	0,4998	0,4998	0,4998	0,4998	0,4998	0,4998	0,4998	0,4998	0,4998	0,4998
3,6	0,4998	0,4998	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999
3,7	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999
3,8	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999
3,9	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000
4,0	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000
4,1	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000
4,2	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000
4,3	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000
4,4	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000
4,5	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000

3.3.2.3 - Tempo médio de execução de funções

Antes de efetuar a análise estatística das funções, efetuou-se nova tomada de tempo de execução das ferramentas em análise. O número de cronometragens de cada função foi definido pelo tamanho amostral estipulado. A tomada dos tempos foi efetuada com auxílio de cronômetro digital.

3.3.2.4 - Análise dos tempos médios

Verificou-se a análise dos resultados para verificar se há vantagem em escolher algum SIG, com base no menor tempo de execução da tarefa, ao nível de 5% de significância ($\alpha = 0,025$). Tal hipótese se comprova caso se verifique à condição $|T| \leq t_{v,\alpha/2}$. O valor de T sendo e do grau de liberdade (g.l. ou v) calculados no software ACTION (ESTATCAMP, 2011), com base na média e na variância dos dados amostrais. Na tabela de distribuições t de Student (Tabela I.1), entrando com os valores de g.l. e α , encontra-se o valor de $t_{v,\alpha/2}$.

Tabela I. 1 - Distribuições t de Student (CASTRO, 1975).

g.l.	Probabilidade unicaudal de t de Student.						
	0,25	0,1	0,05	0,025	0,01	0,005	0,001
1	1,000	3,078	6,314	12,706	31,821	63,657	318,309
2	0,816	1,886	2,920	4,303	6,965	9,925	22,327
3	0,765	1,638	2,353	3,182	4,541	5,841	10,215
4	0,741	1,533	2,132	2,776	3,747	4,604	7,173
5	0,727	1,476	2,015	2,571	3,365	4,032	5,893
6	0,718	1,440	1,943	2,447	3,143	3,707	5,208
7	0,711	1,415	1,895	2,365	2,998	3,499	4,785
8	0,706	1,397	1,860	2,306	2,896	3,355	4,501
9	0,703	1,383	1,833	2,262	2,821	3,250	4,297
10	0,700	1,372	1,812	2,228	2,764	3,169	4,144
11	0,697	1,363	1,796	2,201	2,718	3,106	4,025
12	0,695	1,356	1,782	2,179	2,681	3,055	3,930
13	0,694	1,350	1,771	2,160	2,650	3,012	3,852
14	0,692	1,345	1,761	2,145	2,624	2,977	3,787
15	0,691	1,341	1,753	2,131	2,602	2,947	3,733
16	0,690	1,337	1,746	2,120	2,583	2,921	3,686
17	0,689	1,333	1,740	2,110	2,567	2,898	3,646
18	0,688	1,330	1,734	2,101	2,552	2,878	3,610
19	0,688	1,328	1,729	2,093	2,539	2,861	3,579
20	0,687	1,325	1,725	2,086	2,528	2,845	3,552
21	0,686	1,323	1,721	2,080	2,518	2,831	3,527
22	0,686	1,321	1,717	2,074	2,508	2,819	3,505
23	0,685	1,319	1,714	2,069	2,500	2,807	3,485
24	0,685	1,318	1,711	2,064	2,492	2,797	3,467
25	0,684	1,316	1,708	2,060	2,485	2,787	3,450
26	0,684	1,315	1,706	2,056	2,479	2,779	3,435
27	0,684	1,314	1,703	2,052	2,473	2,771	3,421
28	0,683	1,313	1,701	2,048	2,467	2,763	3,408
29	0,683	1,311	1,699	2,045	2,462	2,756	3,396
30	0,683	1,310	1,697	2,042	2,457	2,750	3,385
40	0,681	1,303	1,684	2,021	2,423	2,704	3,307
60	0,679	1,296	1,671	2,000	2,390	2,660	3,232
120	0,677	1,289	1,658	1,980	2,358	2,617	3,160
∞	0,674	1,282	1,645	1,96	2,326	2,576	3,09

3.3.3 - Gestor de Projetos

Por fim, avaliaram-se as ferramentas de gerenciamento dos trabalhos desenvolvidos nos softwares em análise. Esta função é importante, pois permite controle do projeto, apresentando informações sobre o autor do projeto, além de possibilitar num bloco campo específico, a inserção de comentários e observações a respeito do trabalho. Em projetos complexos, por exemplo, permite ao usuário fazer anotações sobre atividades não concluídas para posterior finalização.

3.4 Desenvolvimento do SIG

Neste item, o uso do termo SIG não se refere a algum software tais como gvSIG ou QGIS, mas sim ao sistema de informações como um todo. Neste contexto estabeleceram-se quatro etapas intermediárias entre desenvolvimento e a implementação de um SIG, de forma a organizar e criterizar o processo, sendo elas:

- a. Aquisição de Dados;
- b. Manipulação dos Dados;
- c. Análise das Informações; e
- d. Gerencia de Produtos.

Os dois últimos dois tópicos (c e d) estão inseridos no item 4.0 Resultados e Discussão.

3.4.1 Aquisição de dados

Inicialmente tentou-se fazer uso da base planialtimétrica, em formato dwg, da SANESUL. Contudo, ao efetuar-se o georreferenciamento da mesma, e aferição em campo, foram observadas grandes discrepâncias na base planialtimétrica. Por tal houve a necessidade de se efetuar novo levantamento da área do perímetro urbano do Município de Coxim/MS. O levantamento foi realizado no período de três meses, compreendendo janeiro a março de 2012.

3.4.1.1 Datum

Atualmente os sistemas de referência mais utilizados no Brasil são o SAD 69 e SIRGAS 2000 (IBGE, 2010). Segundo o IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, até o ano de 2014 haverá apenas um sistema para compatibilização das informações geográficas, facilitando assim, o intercâmbio dessas informações por todos, inclusive entre o Brasil e os demais países que utilizam o SIRGAS2000.

Depois de passado o período de transição (2014), o SIRGAS2000 será o único sistema geodésico de referência legalizado no país. Ele é a nova base para o Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) e para o Sistema Cartográfico Nacional (SCN) e enquanto o prazo para a mudança não se encerra, os sistema deverão ser feitos em SIRGAS2000.

Segundo o IBGE quem não adotar o novo sistema de referência não vai poder, por exemplo, requisitar uma revisão de limites numa propriedade, fazer qualquer tipo de questionamento legal utilizando o sistema antigo nem fornecer/receber dados às/das concessionárias de serviços públicos para recebimento ou prestação de serviços.

A vantagem de adotar o referencial geocêntrico (SIRGAS 2000) será possível fazer uso direto da tecnologia de GPS (*Global Positioning System*, ou Sistema Global de Posicionamento), uma importante ferramenta para a atualização de mapas, controle de frota de empresas transportadoras, navegação aérea, marítima e terrestre em tempo real. Além disso, a adoção desse novo sistema pela América Latina contribuirá para o fim de uma série de problemas originados na discrepância entre as coordenadas geográficas apresentadas pelo sistema GPS e aquelas encontradas nos mapas utilizados atualmente no continente.

3.4.1.2 Levantamento planialtimétrico

O levantamento teve início com a implantação de uma rede de marcos de coordenadas geodésicas, transportadas a partir do Marco MS 11 (IBGE, 2007) (Tabela I.2 e Figura I.4) de Coxim/MS por equipamento GPS RTK Trimble R6 (equipamento de acurácia milimétrica que opera em tempo real).

Tabela I. 2 - Informações do Marco MS 11 do IBGE de Coxim/MS (IBGE, 2007).



Relatório de Estação Geodésica

Estação :	93542	Nome da Estação :	93542	Tipo :	Estação Planimétrica - SAT
Município :	COXIM			UF :	MS
Última Visita:	15/09/2004	Situação Marco Principal :	Bom		

DADOS PLANIMÉTRICOS		DADOS ALTIMÉTRICOS		DADOS GRAVIMÉTRICOS	
Latitude	18 ° 29 ' 55,1333 " S	Altitude Ortométrica(m)	274,04	Gravidade(mGal)	
Longitude	54 ° 43 ' 53,2927 " W	Altitude Geométrica(m)	280,04	Sigma Gravidade(mGal)	
Fonte	GPS Geodésico	Fonte	GPS Geodésico	Precisão	
Origem	Ajustada	Data Medição	15/09/2004	Datum	
S Datum	SAD-69	Data Cálculo	16/11/2004	Data Medição	
A Data Medição	15/09/2004	Sigma Altitude Geométrica(m)		Data Cálculo	
D Data Cálculo	16/09/2004	Modelo Geoidal	MAPGEO2004	Correção Topográfica	
6 Sigma Latitude(m)	0,009			Anomalia Bouguer	
9 Sigma Longitude(m)	0,024			Anomalia Ar-Livre	
UTM(N)	7.953.132,464			Densidade	
UTM(E)	739.519,663				
MC	-57				
Latitude	18 ° 29 ' 56,7347 " S	Altitude Ortométrica(m)	273,99		
S Longitude	54 ° 43 ' 55,0898 " W	Altitude Geométrica(m)	275,24		
I Fonte	GPS Geodésico	Fonte	GPS Geodésico		
R Origem	Ajustada	Data Medição	15/09/2004		
G Datum	SIRGAS2000	Data Cálculo	23/11/2004		
A Data Medição	15/09/2004	Sigma Altitude Geométrica(m)	0,036		
S Data Cálculo	23/11/2004	Modelo Geoidal	MAPGEO2004		
2 Sigma Latitude(m)	0,005				
0 Sigma Longitude(m)	0,007				
0 UTM(N)	7.953.090,944				
0 UTM(E)	739.465,449				
MC	-57				

* Último Ajustamento Planimétrico Global SAD-69 em 15/09/1996

** Último Ajustamento Planimétrico SIRGAS2000 em 23/11/2004

LOCALIZAÇÃO

SUBESTAÇÃO DA ENERSUL NA CIDADE DE COXIM-MS.

DESCRIÇÃO

O MARCO É UM PILAR DE CONCRETO DE FORMATO HEXAGONAL, COM 1,20M DE ALTURA, QUE AFLORA DE UMA BASE DE CONCRETO DE FORMATO TRIANGULAR QUE MEDE 1,30M NOS SEUS LADOS E SALIENTA-SE DO SOLO 0,25M. NO SEU TOPO FOI COLOCADO UMA PLACA DE METAL DE ONDE SAÍ UM DISPOSITIVO DE CENTRAGEM FORCADA. ESTA PINTADO NA PLACA DE METAL MS-11.

ITINERÁRIO

NA BR-163, NO SENTIDO COXIM-SONORA.

OBSERVAÇÃO

É NECESSÁRIO O USO DE CHAVE TIPO HALLEN DE 5MM PARA RETIRADA DA PROTEÇÃO DO DISPOSITIVO DE CENTRAGEM FORCADA.



Figura I. 4 - Fotos do marco MS 11 do IBGE, localizado na subestação da Enersul utilizado como referência inicial no levantamento planialtimétrico da cidade de Coxim/MS. Foto tirada em 10/01/2012.

A implantação e levantamento geodésico dos marcos tiveram como finalidade apoiar as poligonais topográficas checando e melhorando suas precisões. A medição dos marcos de apoio

foi executada por rastreamento de satélite do sistema GPS RTK com tempo de espera de rastreamento de 5 minutos. Todos os marcos e piquetes tiveram suas altitudes determinadas por nivelamento geométrico conforme item 3.20 da NBR 13.133/94 (ABNT, 1994).

As estações de marcos de apoio foram medidas por rastreamento dos satélites com utilização de GPS no modo estático com utilização de receptores de precisão geodésica, ou seja, receptores de dupla frequência (código C/A e portadoras L1 e L2).

As informações coletadas em campo com receptores GPS geodésicos, por utilizar sistema em tempo real, a correção da ambiguidade é feita através de comunicação de ondas de rádio RTK, não exigindo um pós processamento, extraindo-se as coordenadas em tempo real.

Os marcos de apoio geodésico foram implantados em locais específicos e de relevância em locais de boa visibilidade e proteção e possuem as seguintes configurações (Figuras I.5 a I.7):

- Topo 0,15 m x 0,40 m;
- Base de concreto de 0,15 m x 0,15 m;
- Aflorando 0,10 m do solo;

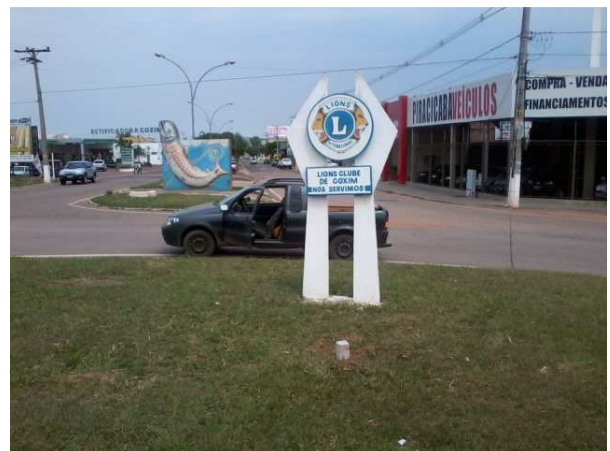


Figura I. 5 – Fotos do marco na ETE e rotatória.

Foto tirada em 10/01/2012.



Figura I. 6 – Fotos do marco no Ginásio poliesportivo e piquete na Academia Pro Sport.

Foto tirada em 10/01/2012.



Figura I. 7 - Foto marco no poço da SANESUL

Foto tirada em 10/01/2012.

3.4.1.2.1 Dados cadastrais

O levantamento topográfico cadastral é o levantamento de todos os elementos e interferências necessárias à caracterização da situação existente com vistas a se efetuar a base planialtimétrica e cadastral (Figuras I.8 a I.14).

Dados cadastrais coletados a partir das poligonais de campo:

- Sistema de esgoto existente;
- Sistema de abastecimento de água existente;
- Caixas de inspeção de água, esgoto, elétricas e telefônica;
- Alinhamentos prediais;
- Vias pavimentadas;
- Sarjetas e meio-fio;
- Formações rochosas;
- Talvegues;
- Córregos;
- Pontes;
- Drenagem pluvial;
- Cota de cada ponto coletado citado acima.
- Córregos, pontes e talvegues de transposição de rede;



Figura I. 8 - Fotos do levantamento planialtimétrico na ETE de Coxim/MS.



Figura I. 9 - Fotos levantamento na Elevatória Lagoa Dourada e Santa Maria, Coxim/MS.



Figura I. 10 - Fotos levantamento na margem direita do Rio Taquari, Coxim/MS,



Figura I. 11 – Fotos levantamento topográfico realizado na margem esquerda do Córrego Criminoso, Coxim/MS.



Figura I. 12 – Fotos levantamento topográfico de interferências no perímetro urbano e na erosão de Coxim/MS.

Fotos tiradas entre 10/01 a 27/03 de 2012.

3.4.1.2.2 Cálculos

As informações coletadas em campo com receptores GPS geodésicos, por utilizar sistema em tempo real, a correção da ambigüidade é feita através de comunicação de ondas de rádio RTK, não exigindo um pós processamento, extraindo-se as coordenadas em tempo real. Como o levantamento partiu-se de uma coordenada conhecida georreferenciada com o marco MS 11 do IBGE não foi necessário o pós processamento através de RBMC.

- Altitude de Referência foi à altitude geométrica do elipsóide coletada a partir do marco geométrico MS11 descrito acima.
- Os dados de campo foram checados com a tolerância através da verificação da caderneta, e nos relatórios de caderneta;

3.4.1.2.3 RN's

A partir de um levantamento de campo e observações expeditas na imagem de satélite foram elaboradas as diretrizes de distribuição de uma rede de apoio de marcos de referenciais de nível - RN's (Figura I.13 e Quadro I.10), que foram implantados seguindo os seguintes critérios:

- O nivelamento foi executado pelo método geométrico, sempre acompanhado de contranivelamento, sendo deixado referências de nível em pontos específicos de relevância para este projeto;
- Os RN's foram materializados nos marcos de concreto tipo tronco de 10 x 10 x 40 cm, e em piquetes de madeira que posteriormente serão substituídos por marcos em concreto.

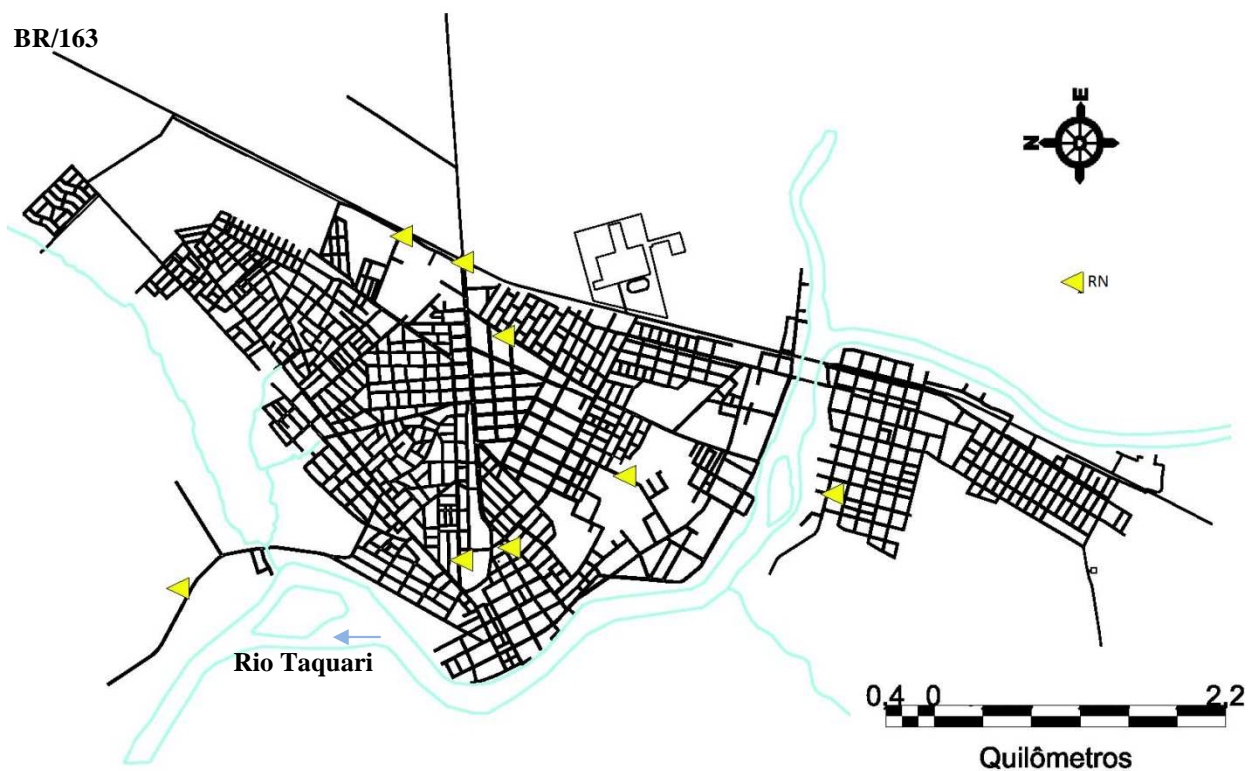


Figura I. 13 - Localização dos RN's no Município de Coxim/MS.

Quadro I. 6 - Localização e Coordenadas dos Marcos de Apoio.

MARCOS UTILIZADOS NO LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO DE COXIM-MS				
NOME	COORDENADAS		ELEVAÇÃO	LOCALIZAÇÃO
	NORTE	LESTE		
MARCO IBGE MS-11	7953090,944	739465,449	275,240	Rua paralela com a BR 163, esquina com a Rua Coríntios - Subestação Elétrica da Enersul
PIQUETE ACADEMIA PRO SPORT	7952290,346	737142,448	219,137	Rua Delmira Bandeira com a Rua Rui Barbosa
PIQUETE POLICIA CIVIL	7952646,162	737048,893	214,397	Rua General Mendes de Moraes, no Jardim da Polícia Civil
MARCO ETE	7954758,439	736838,948	218,044	Prolongamento da Av. Márcio Lima Nantes - Área da ETE
MARCO EEE LAGOA DOURADA	7951429,005	737673,956	202,520	Rua 11 de Abril - Área da Elevatória de Esgoto Bruto
MARCO POLI ESPORTIVO	7952330,209	738723,209	272,068	Rua Presidente Costa Silva - Área do Poli Esportivo
MARCO ROTATORIA	7952640,560	739271,621	284,173	Rotatória da BR 163, com a Av. Virgínia Ferreira - Entrada Principal de Coxim
MARCO POÇO DA SANESUL	7949879,757	737541,172	201,413	Rua Ferreira com a Rua Pedro Gomes - Área da Sanesul

3.4.2 Manipulação dos dados

Os pontos coletados foram descarregados no computador e lançados no DraftSight (DASSAULT, 2011) para elaboração dos desenhos, conforme pode ser observado nas figuras I.14 e I.15. Posteriormente os dados foram agrupados em camadas (*Layers*), com os pontos sendo interligados para formar os desenhos das unidades levantadas (Figura I.16).

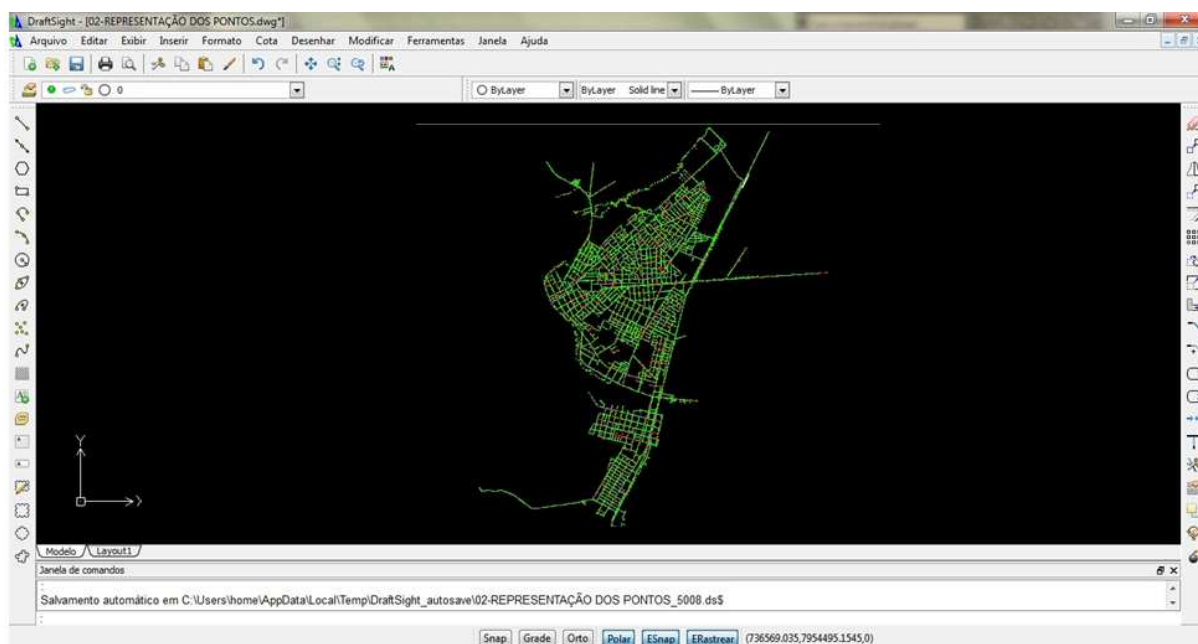


Figura I. 14 - Pontos levantados na cidade de Coxim/MS.

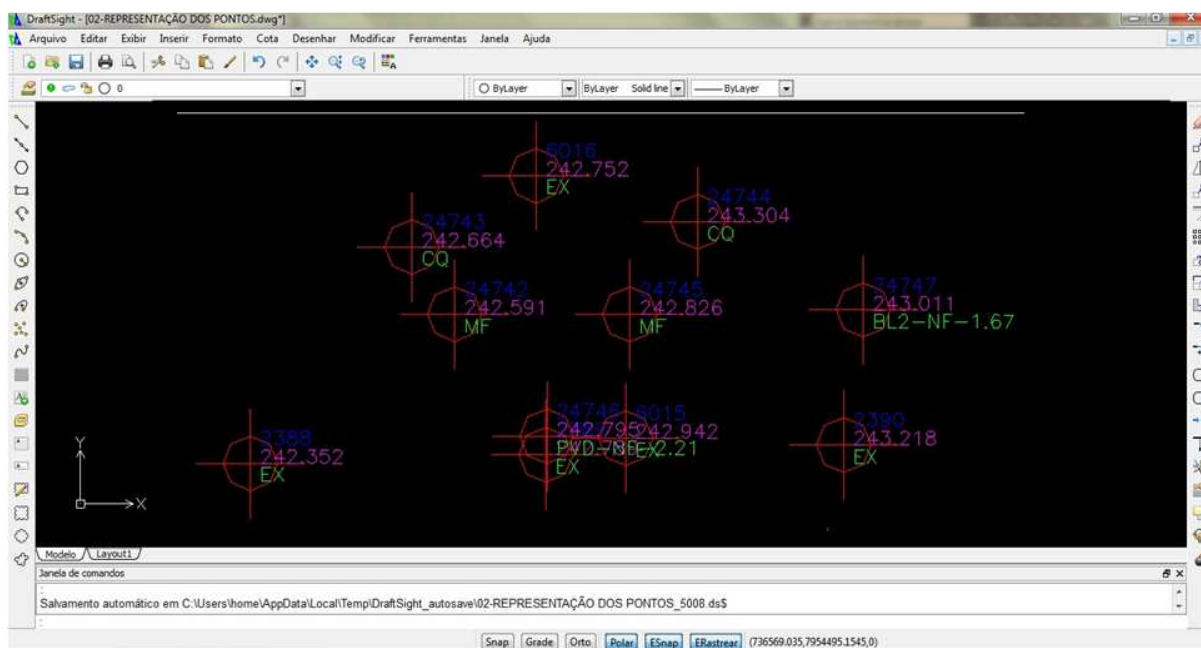


Figura I. 15 - Pontos levantados na cidade de Coxim/MS. Zoom nos pontos.

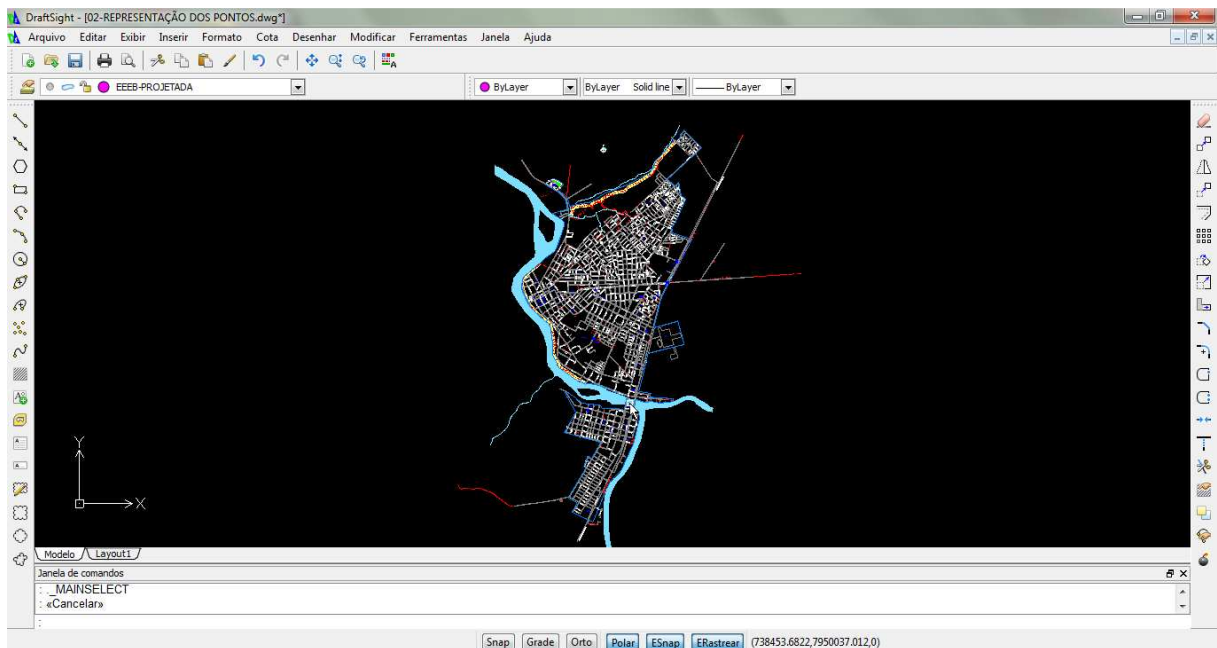


Figura I. 16 - Vista geral do desenho finalizado no Draft.

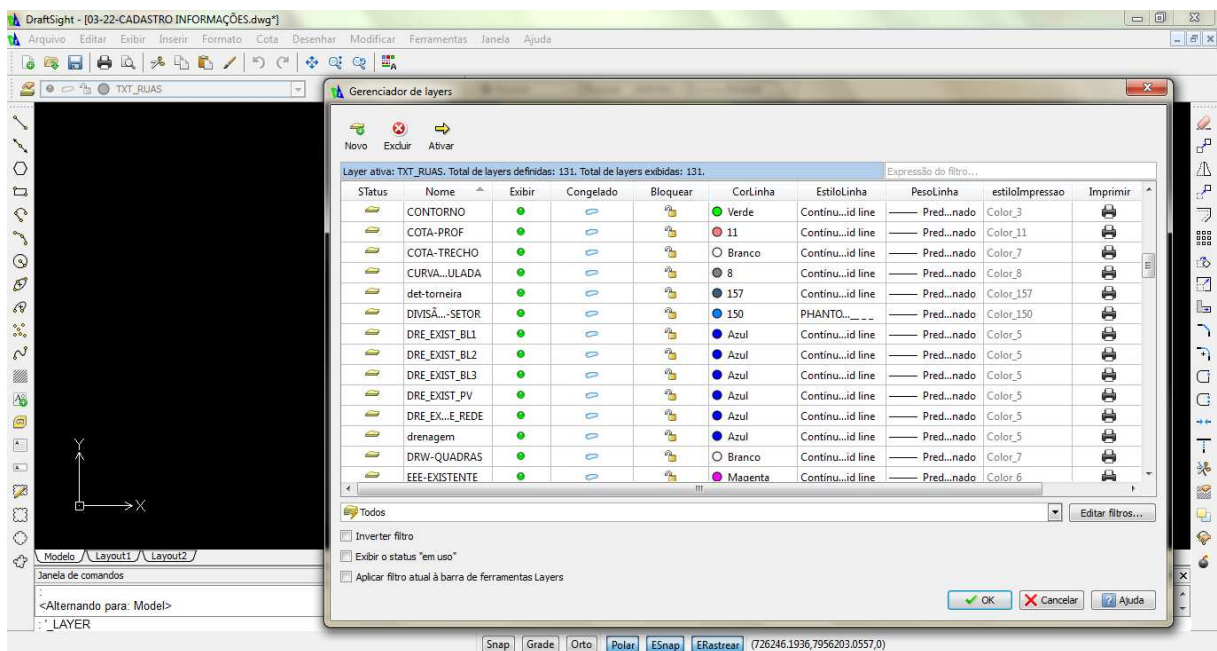


Figura I. 17 - Vista do Gerenciador de *layers* no Draft.

3.4.3 Georreferenciamento das economias

A empresa dispõe de cadastro dos usuários, com históricos de consumo e número das residências. Este cadastro está tabulado em planilha eletrônica, não estando georreferenciado. Para efetuar seu georreferenciamento elaborou-se um dicionário de dados (Quadro I.11), que

era carregado no software SIG gvSIG Mobile (Figura 1.18), instalado no *hardware* GPS Trimble Juno SB, com sistema operacional Windows Mobile 6.0.

Quando o leitorista, funcionário responsável pela leitura do hidrômetro nas unidades consumidoras, foi efetuar a medição, com o auxílio do GPS de navegação o mesmo cadastrava o ponto geográfico relacionado ao número da residência. Para cada dia de trabalho, o funcionário seguia uma rota determinada pelo setor comercial da SANESUL, de forma a otimizar o tempo de serviço, bem como não ficar muito tempo numa mesma rota. Esta etapa teve duração de quatro meses (setembro a dezembro de 2011).



Figura I. 18 - Vista gvSIG Mobile.

Quadro I. 7 - Fragmento da planilha de dicionário de Dados para georreferenciamento das economias.

Rota	Nome da Rua	Numero da Residência	Coordenadas	
			Y	X
2	Av. Mato Grosso do Sul	127	7.953.755	737.678
4	Av. Pedrossian	214	7.953.613	737.955

Quadro I. 8 - Fragmento da planilha de cadastro de usuário com ligações de água em Coxim/MS.

Rota	Nome da Rua	Numero da Residência	Coordenadas		Consumo Médio 2010-2012 (m ³ /Mês)
			Y	X	
2	Av. Mato Grosso do Sul	127	7.953.755	737.678	10
4	Av. Pedrossian	214	7.953.613	737.955	11

4.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Seleção do SIG

4.1.1 Mapeamento de atividades e análise de funções nos software SIG

O mapeamento das atividades no PROESG/SANESUL caracterizou as maiores demandas do setor, bem como permitiu o estabelecimento de tempos de execução para cada serviço demandado por outras áreas. Este mapeamento é o passo inicial e fundamental para identificar possíveis deficiências e dificuldades dos membros da equipe, servindo como ferramenta de diagnóstico.

Sob o enfoque de identificação de demandas, com o agrupamento de atividades, evidenciou-se que as maiores demandas da área provem de tomada de decisão e trabalhos vetoriais. Estes aspectos permitiram avaliar quais são os critérios mais relevantes a serem levados em consideração na seleção de um software SIG, sendo eles a tomada de decisão e os procedimentos com arquivos raster e vetoriais.

Estes aspectos foram importantes para nortear os critérios/ferramentas a serem avaliados na seleção de um software SIG para trabalho. O resultado da análise comparativa das ferramentas é apresentado no quadros I.9 a I.12.

Quadro I. 9 - Lista de funções vetoriais, agrupado por similaridade de características. Foram analisados os SIG livres e gratuitos gvSIG 1.12 e Quantum GIS 1.8.0.

		Funções Vetoriais		
		Ferramenta/Função	gvSIG	QGIS
Operações Básicas	Shapefiles reading	X	X	
	dwg files reading	X		
	dxf files reading	X	X	
	Import/Export shapefiles	X	X	
	Vector to raster	X	X	
	Vector Projection	X	X	
	Attributes reading	X	X	
	Modeller	X		
	TOTAL	8	6	
Digitalização de Mapas	Vector digitalization	X	X	
	Vector edition	X	X	
	Image Georeferencing	X	X	
	TOTAL	3	3	
Seleção	Selection by attributes	X	X	
	Selection by location	X	X	
	TOTAL	2	2	
Operações com Tabelas	Table edition	X	X	
	Table Calculator	X	X	
	Table statistics	X	X	
	Table join	X	X	
	Table link	X		
	Summarize Tables	X		
	Graphs	X		
	TOTAL	7	4	
Operações de Pontos	Points to lines	X		
	Points to polygons	X		
	Add data points	X	X	
	Calculate coordinates	X	X	
	Vectorial buffers	X	X	
	Merge	X	X	
	Dissolve	X	X	
	Clip	X	X	
	Break	X	X	
	Convex Hull	X	X	
	Voronoi tesselltion	X	X	
	Delaunay tessellation	X	X	
	Select at random	X	X	
	Autocorrelation	X		
TOTAL	14	11		

Continua ...

Operações com Polilinhas	Lines to polygons	X	X
	Lines to points	X	X
	Vectorial buffers	X	X
	Merge	X	X
	Dissolve	X	X
	Clip	X	X
	Vectorial grids		X
	Break features	X	X
	Generalization	X	X
TOTAL	8	9	
Operações com polígonos	Polygons to points		
	Polygons to lines	X	X
	Intersection	X	X
	Union	X	X
	Difference	X	X
	Vectorial buffers	X	X
	Merge	X	X
	Dissolve	X	X
	Clip	X	X
	Spatial join	X	X
	Vectorial grids		X
	Centroids calculation	X	X
	Count points in polygons	X	X
	Calculate area	X	X
	Break features	X	X
TOTAL	13	14	
Análise de Rede	Euclidean Distance	X	X
	Cost Distance	X	
	Nearest Neighbour	X	X
	TOTAL	3	2
TOTAL	58	51	

Quadro I. 10 - Lista de funções raster, agrupado por similaridade de características.

Funções Raster			
	Ferramenta/Função	gvSIG	QGIS
Operações Básicas	Import/Export Ascii	X	X
	Import/Export raw data	X	X
	Raster to Vector	X	X
	Raster projection	X	X
	Pixel information	X	X
	Raster Stacks		
	Fusion bands	X	X
	Histogram	X	

Continua ...

	Colour table	X	X
	Radiometric Enhanced	X	
	TOTAL	9	7
Análise espacial básica	Raster Algebra	X	X
	Buffer rasters	X	X
	Raster Descriptive Statistics	X	X
	Random value rasters	X	
	Clip rasters	X	
	Raster Spatial Join		
	Values Composites		
	Neighbourhood statistics	X	X
	Zonal statistics	X	
	Aggregate	X	X
	Resample		X
	Mosaic	X	X
	TOTAL	9	8
Estatísticas Raster	Raster Correlation	X	X
	Raster Regression	X	X
	Raster Multiple Regression	X	
	Raster PCA	X	
	Raster Factor analysis		
	Cluster analysis	X	
	Fit distribution analysis	X	
TOTAL	6	2	
Comparações entre raster	Cross tabulation		X
	Kappa		X
	Similarity analysis		
	ROC analysis	X	
	TOTAL	1	2
Análise de imagens	Reclassification	X	X
	Masks	X	X
	Filters	X	X
	Raster classification	X	
	Accuracy Assessment		

Continua ...

	Vegetation indexes	X	
	Image transformations	X	X
	Density Slicing		
	TOTAL	6	4
Interpolação	Semivariogram	X	
	IDW	X	X
	Spline		X
	Kriging	X	
	Trend Surface	X	X
	TIN	X	X
	TOTAL	5	4
Modelo Digital de Elevação	Slope	X	
	Aspect	X	X
	Hillshading	X	X
	Visibility analysis	X	X
	Contour analysis	X	X
	3 D visualization		X
	TOTAL	5	6
Hidrologia	Flow Analysis	X	X
	Direction analysis	X	X
	Watershed analysis	X	X
	Fill analysis	X	X
	Stream calculation	X	
	TOTAL	5	4
	TOTAL	46	37

Quadro I. 11 - Lista de funções Layout, agrupado por similaridade de características.

Funções Layout			
	Ferramenta/Função	gvSIG	QGIS
Operações Básicas	Export a map	X	X
	Palette colours	X	X
	Scale	X	X
	North Arrow	X	X
	Legend	X	X
	Text	X	X
	Figure	X	X
	TOTAL	7	7

Continua ...

Operações Avançadas	Insert several maps	X	
	Advanced text	X	
	Freehand text	X	
	Insert grid	X	
	Insert geogrid	X	
	TOTAL	5	0
TOTAL		12	7

Quadro I. 12 - Resultado global da avaliação das funções nos softwares SIG.

Ferramenta/Função	gvSIG	QGIS
Vetoriais	58	51
Raster	46	37
Layout	11	6
TOTAL	116	95

Nesta análise, o gvSIG 1.12 ocupou a primeira posição, com 116 funções no total. Ele tem uma estrutura modular, com estas disponíveis gratuitamente, através do pacote de algoritmos Sextante, já incorporado do instalador do programa. Uma das principais vantagens é a capacidade de ler diretamente diversos formatos (sem importá-los previamente), ambos vetoriais e raster, e processá-los.

O QGIS 1.8.0, segundo com 95 funções no total, é um software para visualização de dados e é capaz de ler um grande número de formatos de arquivo. Ele tem muitas funções para análise espacial com o plug-in GRASS. Tem também uma ferramenta de importar scripts para adicionar novas funções a partir de vários repositórios.

4.1.2 Normalidade, tamanho amostral, análise dos tempos médios de execução de tarefas e Função de gestão de projetos

Para o teste de normalidade utilizou-se o pacote Action (ESTATCAMP, 2011), software de estatística desenvolvido sob plataforma R (um dos sistemas de estatística mais utilizada atualmente), distribuído sobre a licença pública geral (GNU) versão 2.4, sendo

instalado como um macro do Excel. O Quadro I.13 apresenta os valores de DM e D α (n). Todos os dados atendem a condição de normalidade, ao nível de 5% de significância (α).

Quadro I. 13- Valores de DM e D α (n).

Funções	gvSIG		QGIS	
	DM	D α (n)	DM	D α (n)
Tempo médio, em segundos, de Carregamento de arquivo em formato dwg (tamanho 20 mb)	0,094	0,096	ND	ND
Tempo médio, em segundos, de exportação dwg (tamanho 20 mb) para shp	0,065	0,096	ND	ND
Tempo médio, em segundos, de carregamento de arquivo raster (tam. 40 mb)	0,085	0,096	0,092	0,096
Tempo médio, em segundos, de corte em raster a partir de arquivo shape (10 km x 10 km)	0,095	0,096	0,096	0,096

*ND = Formato não suportado na versão de estudo, sem expansões.

Utilizando a Equação I.1 determinou-se o tamanho da amostra para a média da população quando o desvio padrão desta é conhecido. Os desvios padrões da população de cada função analisada são apresentados no Quadro I.14.

Quadro I. 14 - Valores de desvio padrão para a população observada de 09/12 a 12/12.

Funções	gvSIG	QGIS
	Desvio padrão da População	
Tempo médio de Carregamento de arquivo em formato dwg (tamanho 20 mb)	0,66	ND
Tempo médio de exportação dwg (tamanho 20 mb) para shp	0,29	ND
Tempo médio de carregamento de arquivo raster (tam. 40 mb)	0,27	0,15
Tempo médio de corte em raster a partir de arquivo shape (10 km x 10 km)	0,06	0,11

*ND = Formato não suportado na versão de estudo, sem expansões.

Desta forma estipulou-se o tamanho amostral (n) para cada função a ser cronometrada, apresentadas no Quadro 1.15, para obter a média das mesmas com 95 % de confiança, $Z_{GC} = 1,96$, e precisão (d) de 0,15 segundos (para mais ou para menos), considerando os desvios padrões populacionais (σ) indicados no Quadro I.14.

Quadro I. 15 - Tamanho das amostras de cada função a ser avaliada.

Funções	gvSIG	QGIS
	Nº de Amostras	
Carregamento de arquivo em formato dwg (tamanho 20 mb)	128	ND
Exportação dwg (tamanho 20 mb) para shp	24	ND
Carregamento de arquivo raster (tam. 40 mb)	22	7
corte em raster a partir de arquivo shape (10 km x 10 km)	4	5

*ND = Formato não suportado na versão de estudo, sem expansões.

Na sequencia cronometraram-se novamente as funções com número de repetições coincidente com o tamanho amostral definido para cada função. Os resultados são apresentados no Quadro I.16.

Quadro I. 16 - Tempo médio na realização de cada função a ser avaliada, com 95 % de confiança e precisão de $\pm 0,15$ s.

Funções	gvSIG		QGIS	
	Faixa de tempo (s)	Tempo Médio (s)	Faixa de tempo (s)	Tempo Médio (s)
Carregamento de arquivo em formato dwg (tamanho 20 mb)	19,92 - 20,22	20,07	ND	ND
Exportação dwg (tamanho 20 mb) para shp	2,06 - 2,36	2,21	ND	ND
Carregamento de arquivo raster (tam. 40 mb)	1,43 - 1,73	1,58	0,95 - 1,25	1,10
Corte em raster a partir de arquivo shape (10 km x 10 km)	1,99 - 2,29	2,14	1,04 - 1,34	1,19

*ND = Formato não suportado na versão de estudo, sem expansões.

Para os tempos de carregamento de dwg e exportação para shp, estes não foram avaliados por não terem funções disponíveis na instalação padrão do QGIS, e somente do

gvSIG. Para as demais funções, a condição $|T| \leq t_{v,\alpha/2}$ não se verificou, portanto, foi possível dizer, ao nível de 5% de significância, que as médias entre os tempos médios de execução das funções em cada programa diferem, implicando em vantagem na escolha do software SIG com menor média, no caso em questão, o QGIS. Os resultados são apresentados no Quadro I.17.

Quadro I. 17 - O valor de $|T|$, g.l. e $t_{v,\alpha/2}$.

Funções	$ T $	g.l.	$t_{v,\alpha/2}$
Carregamento de arquivo raster (tam. 40 mb)	19,358	27	2,052
Corte em raster a partir de arquivo shape (10 km x 10 km)	10,510	6	2,447

No tocante a ferramentas de gestão de projetos, O gvSIG, conforme Figura I.19, apresenta um gestor de projetos bem definido na tela inicial do software. Antes de iniciar os trabalhos o usuário precisa criar uma vista. Cada vista criada tem uma aba de propriedades, onde constam informações como, Datum, unidades, data de criação. Há um espaço para comentários.

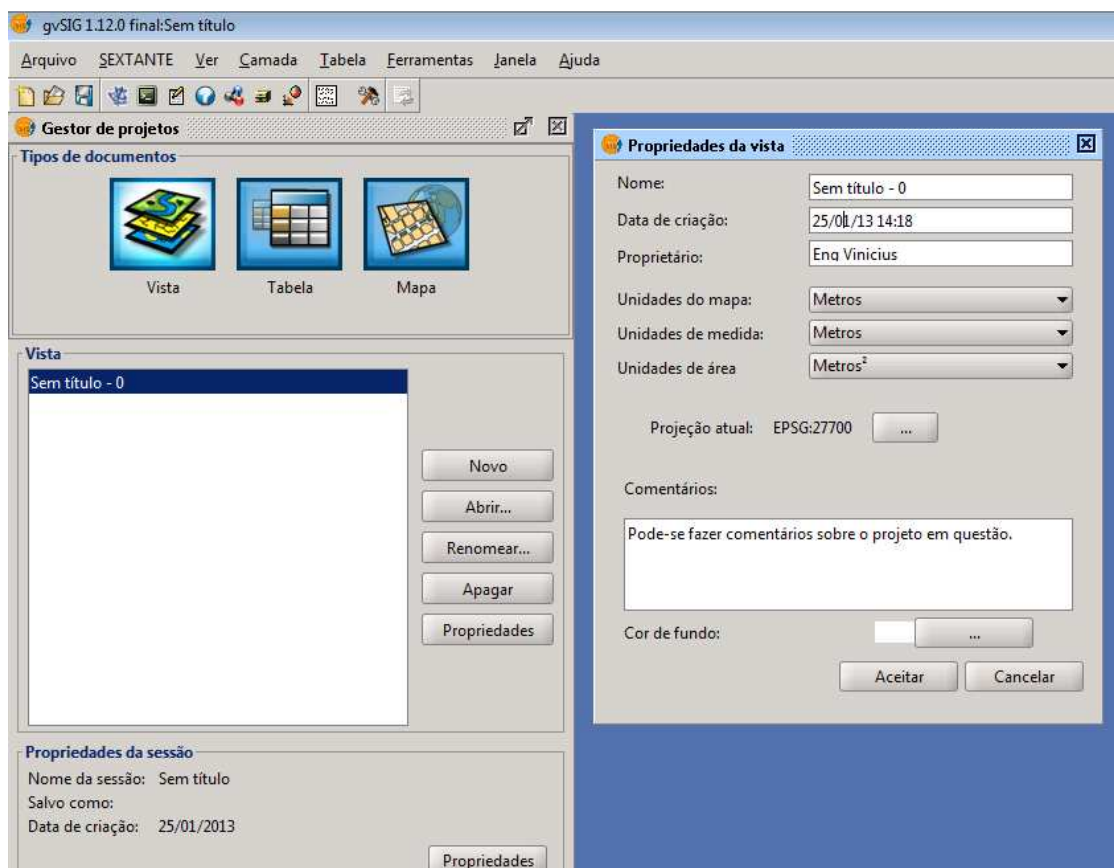


Figura I. 19 - Tela inicial gvSIG. Apresenta-se o Gestor de projetos e a aba de propriedades da vista.

No Quantum GIS, ao ser acionado, a área de trabalho já é diretamente acionada (Figura I.20). Não há aba de gestão de projetos como no gvSIG, com campo para comentários. A aba de propriedades do Projeto deve ser acionada no *menu* Configurações, para então se definir Datum da vista e demais informações pertinentes.

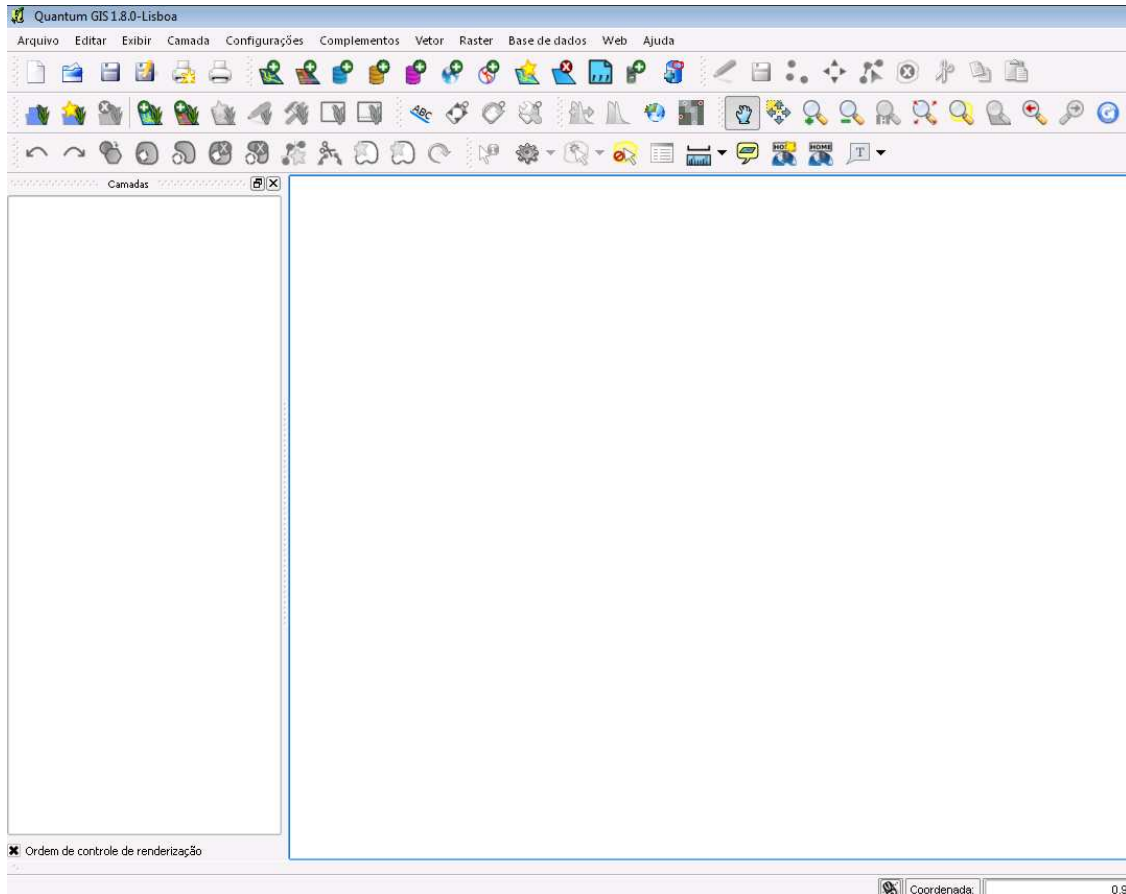


Figura I. 20 - Tela inicial QGIS. Apresenta a tela de trabalho ao ser iniciado.

Como a demanda primordial do setor, inicialmente, é a composição dos bancos, sendo esta uma atividade complexa, levando dias para ser finalizada, entendeu-se que o gvSIG apresenta melhores ferramentas para gestão dos trabalhos efetuados, levando vantagem sobre o QGIS. No gestor de projetos de gvSIG, a aba de visualização permite acesso simplificado às tabelas e mapas (*layout*).

Efetuada as 3 (três) avaliações (número de ferramentas, tempo médio de execução e ferramenta de gestão de projetos), o gvSIG foi selecionado em duas, contra uma do QGIS. O ponto de vantagem do QGIS sobre o gvSIG foi à avaliação de tempo médio de execução de funções. Fato é que por ser desenvolvido na linguagem C++, já era esperado um melhor

desempenho em velocidade de execução sobre o gvSIG, que é baseado em linguagem Java e tem suas instruções interpretadas por um software (processador virtual).

No tocante a número de ferramentas e funcionalidade de gestão de projetos, nesta avaliação, o gvSIG versão 1.12, sem extensões levou vantagem sobre o QGIS versão 1.8.0, e por tal fora selecionado para o trabalho de composição do SIG do PROEG/SANESUL. Cabe ressaltar também que o gvSIG possui suporte para abrir diretamente arquivos dwg, reduzindo a etapa de conversão dos dados.

Contudo, por se tratarem de softwares SIG livres e gratuitos, ambos podem ser usados simultaneamente. Por exemplo, a elaboração e edição das camadas vetoriais efetuadas no QGIS podem ser posteriormente inseridas no gvSIG, graças a interoperabilidades de dados.

4.2 Forma de entrada de informações no SIG

Inicialmente efetuou-se o carregamento do arquivo em formato dwg no gvSIG. Isto implicou em “travamentos”, falhas de execução, durante a execução de atividades simples como a execução de *buffers*. A edição de camadas (informações, *layers*) específicas também ficou dificultada, em função do fato que o SIG, para editar o formato dwg, necessitava efetuar a conversão do arquivo para shp ou dxf. Durante esta operação, acabava acontecendo um mistura de informações entre os *layers*.

De maneira a agilizar o processo, cada camada (*layer*) com informação foi salva individualmente em formato dwg para agilizar a composição do SIG (Figura I.21). Deste modo comporam-se as camadas como se seguem:

- Quadra e meio fio;
- Rede de água existente;
- Rede de esgoto existente;
- Rede de drenagem;
- Rede elétrica;
- Telefone;
- Hidrografia.

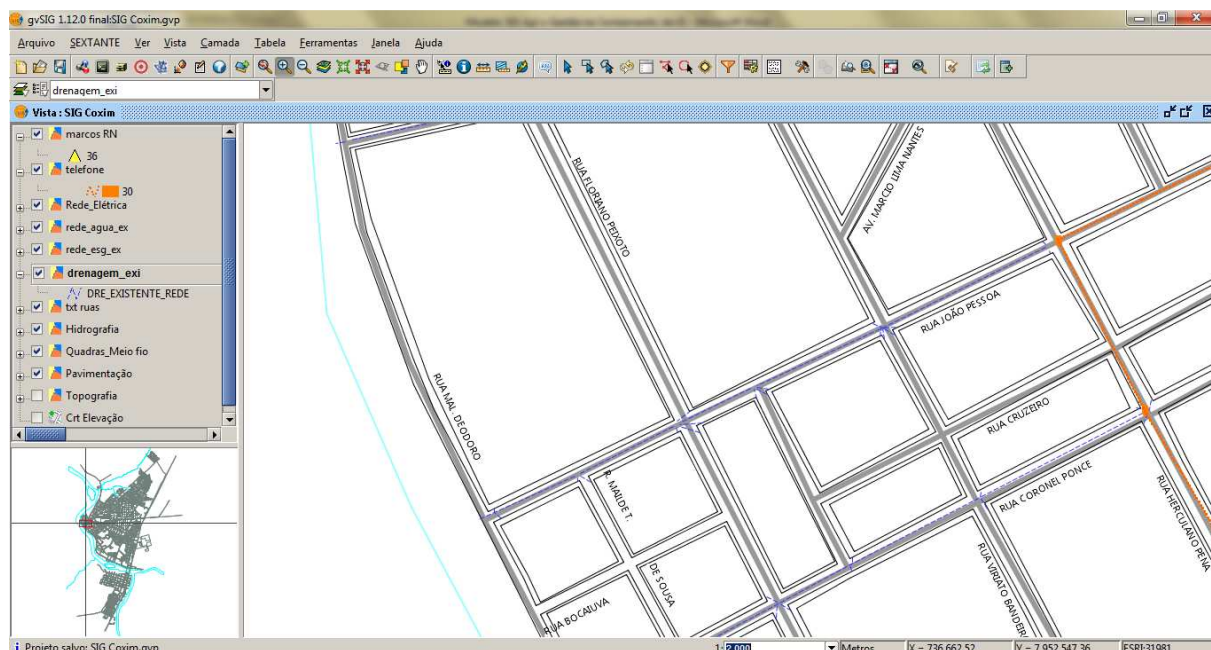


Figura I. 21 – Vista do SIG para Coxim/MS.

Nesta configuração de SIG, a edição de informações específicas ficou facilitada, não ocorrendo falhas de execução. As informações dispostas de tal forma também proporcionaram uma melhor visualização dos fatores intervenientes, além de permitir o destacamento de uma em detrimento de outra de maneira individualizada, conforme fator em avaliação.

4.3 Análise das informações e Gerência de produtos

Com as informações do SIG COXIM foi possível reduzir o tempo médio dos serviços que demandavam tomadas de decisões baseadas em análise de múltiplos critérios, visto que, a grande maioria destas (asfalto, localização das redes e interferências), já estava especializada no banco de dados. Emissões de carta de viabilidade para emissão ligações de esgoto, por exemplo, para Coxim/MS, que demandavam em média 40 horas sem o SIG, com ele, o tempo caiu para 24 horas.

Com as informações em camadas distintas, torna-se fácil sua atualização, possibilitando o uso por diversos usuários simultaneamente. Com o estabelecimento de rotina de atualização das informações, ao menos bimestral, os bancos não devem sofrer grande defasagem, principalmente no tocante ao asfaltamento urbano.

Outras companhias, como as concessionárias de energia ou gás, podem ter seus cadastros georreferenciados, e com o SIG composto, estas informações serem analisadas instantaneamente para subsidiar tomadas de decisão.

5.0 CONCLUSÃO

O SIG resultante apresentou grande flexibilidade para introdução e atualização de informações. As informações inseridas em camadas individualizadas contribuem para agilidade do trabalho, representando ganho de tempo computacional e desempenho do software.

A criterização adotada para composição do SIG pode ser facilmente utilizada em novos trabalhos. O SIG gerado pode auxiliar aos projetistas das Empresas de saneamento, bem como aos técnicos ambientais, na tomada de decisão multicriterial.

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 1.12, atendeu às expectativas, em relação à 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).

Sugere-se em novos trabalhos a avaliação dos limites de tamanho de bancos de dados que os SIG livre têm capacidade de processar, sem perdas significativas de desempenho.

6.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. (1994). *NBR 13133 - Execução de levantamento topográfico*. Rio de Janeiro: ABNT.

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

CASTANHEIRA, N. (2005). *Estatística aplicada a todos os níveis* (2 ed.). Curitiba, PR, Brasil: IBPEX.

CASTRO, L. S. (1975). *Pontos de Estatística* (16 ed.). Rio de Janeiro: Científica.

COXIM, Prefeitura Municipal. (2011). *Descrição do Município*. Disponível em: <<http://www.coxim.ms.gov.br/>>. Acesso em 10 de janeiro de 2013.

DASSAULT, D. S. (2011). *DraftSight: Professional-grade, free CAD software*. Disponível em:< <http://www.3ds.com/products/draftsight/overview/>>. Acesso em 19 de março de 2012,

DE CHIARA, C. T. (2011). GIS e Modelagem - Gerenciando o Sistema de Coleta e Transporte de esgoto. In: M. T. TSUTIYA, & P. A. SOBRINHO, *Coleta e Transporte de Esgoto Sanitário* (p. 548). Rio de Janeiro: ABES.

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

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

ESTATCAMP. (2011). *Portal Action*. Disponível em: <<http://www.portalaction.com.br/content/sobre-o-action>>. Acesso em 03 de maio de 2012.

FEINBERG, D. (1997). *Integrating GIS With Water and Wastewater Hydraulic Models*. ESRI.

FICCDC, Federal Interagency Coordinating Committee on Digital Cartography. (1988). *A summary of GIS activities in the federal government* (Vol. V). Washington, DC, USA: Reports Working Group.

FOINA, P. R. (2001). *Tecnologia da Informação: Planejamento e Gestão*. São Paulo, SP, Brasil: Atlas.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2010). *Projeto SIRGAS 2000*. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/sirgas_proc/introducao.shtm> Acesso em 11 de novembro de 2011.

JOHNSON, R. A., KAST, F. D., & ROSENWEIG, J. E. (1964). Systems Theory and management. *Management Science* , 10, 367-384.

LÉVY, P. (2001). *A conexão planetária: o mercado, o ciberespaço, a consciência*. São Paulo, São Paulo, Brasil: 34.

NANI, A. S., DESCOVI FILHO, L., VIRTUOSO, M. A., MONTENEGRO, D., WILLRICH, G., MACHADO, P. H., et al. (2012). *Quantum GIS – Guia do Usuário, Versão 1.8.0. 'Wroclaw'*. Disponível em: <<http://qgisbrasil.org>>. Acesso em 04 de janeiro de 2013.

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

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

SILLERO, N., & TARROSO, P. (2010). Free GIS for herpetologists : free data sources on Internet and comparison analysis of proprietary and free / open source software. *Acta Herpetologica* , 5, pp. 63-85.

SILVA, E., (1998). *Cost-benefit Analysis for Geographic Information Implementation Justification*, NYS GIS Coordination Body. Disponível em: <<http://nysgis.nysed.gov/gis/costanal.htm>>. Acesso em 08 de março de 2011.

VALENCIANA, G. (2012). *Conselleria d'Infraestructures i Transport*. gvSIG versão 1.12. Disponível em: <<http://www.gvsig.org/web/>>. Acesso em 15 de março de 2012.

VALERIANO, D. L. (1998). *Gerência em projetos - Pesquisa, Desenvolvimento e Engenharia*. São Paulo, SP, Brasil: Makron Books.

ARTIGO 2 -

GEOTECNOLOGIAS LIVRES E GRATUITAS APLICADAS À COMBATE A PERDA DE ÁGUA EM SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

1.0 INTRODUÇÃO

Uma das principais prioridades das populações é o atendimento por sistemas de abastecimento de água em quantidade e qualidade adequadas, pela importância do atendimento às suas necessidades relacionadas à saúde e ao desenvolvimento industrial (TSUTIYA, 2006).

Em vista desta importância, grandes esforços vêm sendo feitos, particularmente nas últimas décadas do século 20, com elevados investimentos, de modo a se levar água de boa qualidade ao maior número possível de usuários, especialmente dos países em desenvolvimento, onde a situação de abastecimento é menos favorável (TSUTIYA, 2006).

No Brasil, o grande progresso em relação à implantação dos sistemas de abastecimento se deu nas décadas de 1970 e 80 devido à implementação do Plano Nacional de Saneamento – PLANASA, que permitiu ao país atingir índices de atendimento de cerca de 90 % da população urbana (ARRETCHE, 2002).

O Brasil pretende universalizar o acesso aos serviços de saneamento básico como um direito social até 2030, contemplando os componentes de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, e drenagem das águas da chuva, segundo prevê o Plano Nacional de Saneamento Básico – PLANSAB (BRASIL, 2012).

Para atingir tais objetivos, tornam-se imperativos a otimização na aplicação dos recursos, assim como o combate às perdas nos sistemas de abastecimento existentes, que por muitas vezes, não recebem a manutenção preventiva necessária, tendo apenas a remediação dos problemas (MCKIBBEN, 1994). Medidas de combate à perda, mapeamento de ocorrências e análise global do sistema são fundamentais para redução na perda de água tratada e combate a fraudes (GOMES, 2002).

Considerando o elevado número de variáveis relacionadas na análise dos sistemas de abastecimento de água existentes, 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 direto, 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, & LOCH, 2004).

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).

A espacialização das informações permite uma melhor análise dos problemas, possibilitando uma avaliação simultânea de múltiplos critérios. O cenário em questão pode, por exemplo, auxiliar na identificação de padrões nas ocorrências de vazamento de água tratada num sistema de abastecimento, dificilmente constatados em verificações pontuais, fora de um contexto mais amplo que o SIG proporciona.

Para minimizar os custos optou-se pelo trabalho com o gvSIG versão 1.12 (VALENCIANA, 2012). 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 Européia. Ele é distribuído sob a licença *General Public License* (Licença Pública Geral – GPL, versão 3), tendo *download* gratuito no *site* do software na internet.

2.0 OBJETIVOS

Avaliar uso de um SIG em cidade de pequeno porte objetivando o controle de perdas de águas no sistema de abastecimento.

Analisar a adequação da geotecnologia aos usuários, as possibilidades de análises oferecidas, a manutenção e o acesso ao SIG pelos operadores locais.

3.0 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Área de estudos

A área selecionada para o estudo foi o Município de Coronel Sapucaia/MS (Figura II.1), selecionado por fazer parte do convênio de cooperação técnica celebrado entre a Empresa de Saneamento de Mato Grosso do Sul – SANESUL e a Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS. A cidade, com 14.064 habitantes (IBGE, 2011), está situado no sul da região Centro-Oeste do Brasil, no sudoeste de Mato Grosso do Sul, fronteira a Cidade de Capitan Bado no Paraguai

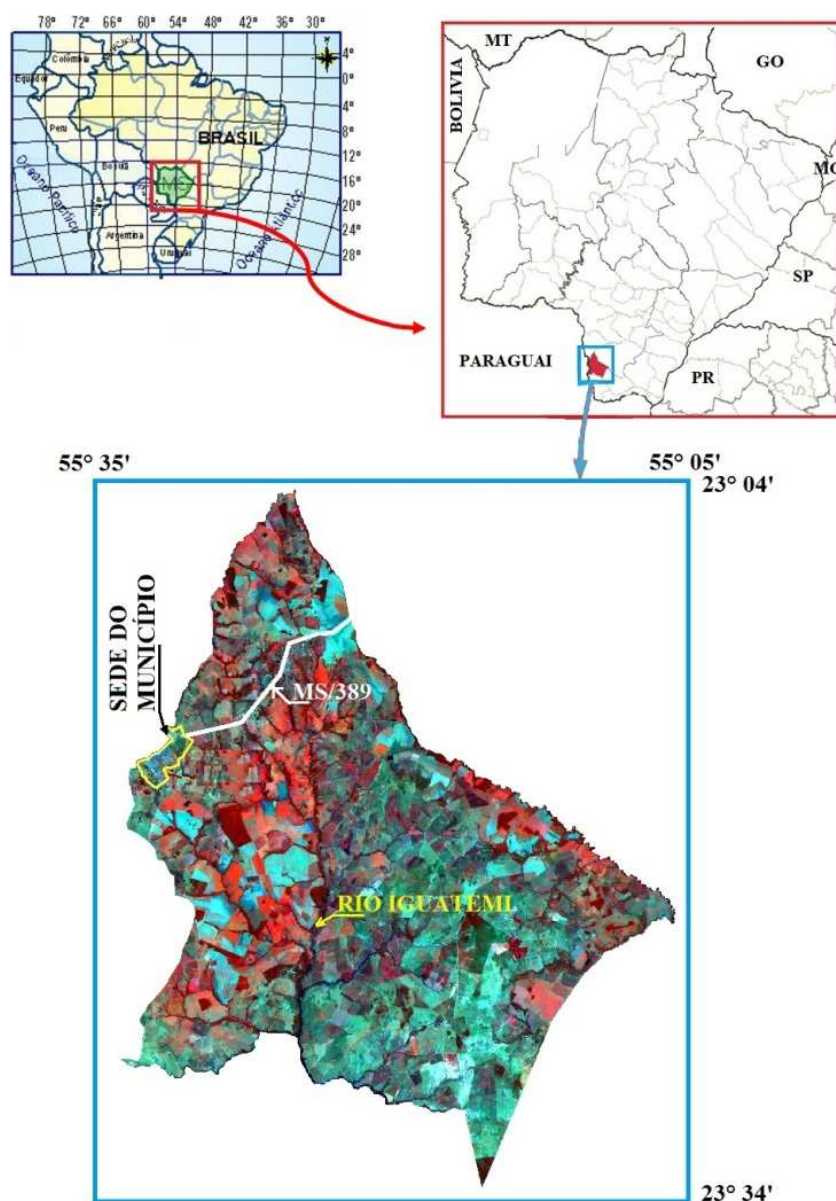


Figura II. 1 - Município de Coronel Sapucaia, área do estudo situada na região sudoeste do Estado de Mato Grosso do Sul.

3.2 Aquisição de dados

3.2.1 Levantamento planialtimétrico

Efetua-se o georreferenciamento da base vetorial da SANESUL, que acabou por apresentar grandes distorções. Por tal elaborou-se o levantamento planialtimétrico e colocação dos referenciais de nível-RN's no município de Coronel Sapucaia.

O levantamento teve início com a implantação de uma rede de marcos de coordenadas geodésicas, transportadas a partir do Marco 92798 do IBGE (Tabela II.1 e Figura II.2) de Amambaí/MS por equipamento GPS RTK Trimble R6 (equipamento de acurácia milimétrica que opera em tempo real).

Tabela II. 1 - Informações do Marco 92798 do IBGE de Amambaí/MS (IBGE. 2007).


		Relatório de Estação Geodésica			
Estação :	92798	Nome da Estação :	92798	Tipo :	Estação Planimétrica GPS
Município :	AMAMBAÍ			UF :	MS
Última Visita:	23/6/2008	Situação Marco Principal :	Bom		
Conexões :	EG : 8062265 RN : 1540J				
DADOS PLANIMÉTRICOS		DADOS ALTIMÉTRICOS		DADOS GRAVIMÉTRICOS	
Latitude	23 ° 13 ' 15,4315 " S	Altitude Ortométrica(m)	452,6887	Gravidade(mGal)	978.687,24
Longitude	55 ° 12 ' 24,5700 " W	Fonte	Nivelamento Geométrico	Sigma Gravidade(mGal)	
Fonte	GPS Geodésico	Sigma Altitude (m)	0,07	Precisão	E <= 0,05 mGAL
Origem	Ajustada	Datum	Imbituba	Datum	RGFB
S Datum	SAD-69	Data Medição	17/3/1981	Data Medição	18/6/2008
A Data Medição	18/11/2007	Data Cálculo	15/6/2011	Data Cálculo	22/11/2011
D Data Cálculo	29/7/2008			Correção Topográfica	
6 Sigma Latitude(m)	0,013			Anomalia Bouguer	-58,87
9 Sigma Longitude(m)	0,029	Altitude Ortométrica(m)	452,70	Anomalia Ar-Livre	-8,22
UTM(N)	7.430.879,223	Altitude Geométrica(m)	458,17	Densidade	2,67
UTM(E)	683.488,292	Sigma Altitude Geométrica(m)			
MC	-57	Fonte	GPS Geodésico		
		Data Medição	18/11/2007		
		Data Cálculo	28/6/2010		
		Modelo Geoidal	MAPGEO2010		
Latitude	23 ° 13 ' 17,0924 " S	Altitude Ortométrica(m)	452,69	Gravidade(mGal)	978.687,24
S Longitude	55 ° 12 ' 20,4363 " W	Altitude Geométrica(m)	457,98	Sigma Gravidade(mGal)	
I Fonte	GPS Geodésico	Fonte	GPS Geodésico	Precisão	E <= 0,05 mGAL
R Origem	Ajustada	Data Medição	18/11/2007	Datum	RGFB
G Datum	SIRGAS2000	Data Cálculo	28/6/2010	Data Medição	18/6/2008
A Data Medição	18/11/2007	Sigma Altitude Geométrica(m)	0,007	Data Cálculo	22/11/2011
S Data Cálculo	29/7/2008	Modelo Geoidal	MAPGEO2010	Correção Topográfica	
2 Sigma Latitude(m)	0,001			Anomalia Bouguer	-58,82
0 Sigma Longitude(m)	0,001			Anomalia Ar-Livre	-8,15
0 UTM(N)	7.430.837,868			Densidade	2,67
0 UTM(E)	683.433,939				
MC	-57				
<ul style="list-style-type: none"> - Ajustamento Altimétrico Simultâneo da Rede Altimétrica em 15/05/2011 - Relatório em http://geoftp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/relatorioajustamento.pdf - Ajustamento Planimétrico SIRGAS2000 em 23/11/2004 e 06/03/2006 - Relatório em http://geoftp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/REL_sirgas2000.pdf - Ajustamento Planimétrico Global SAD-69 em 15/09/1999 - Relatório em http://geoftp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/REL_sad69.pdf - Dados Planimétricos para Fonte carta nas escalas menores ou igual a 1:250000, valores SIRGAS2000 = SAD-69 					
Localização					
A 16 m da margem, lado esquerdo da Rodovia MS-156, sentido Amambaí - Tacuru, 6 m lado interno da cerca, 100 m além de uma curva a direita, 10,10 km além do Córrego Pandui e 0,65 km aquém do Córrego Murutim.					
Descrição					
Tronco piramidal de concreto medindo 12 cm x 12 cm no topo, aforando 23 cm da base. Possui uma chapa de metal estampada RN 1540-J.					
Itinerário					
Partir da Rodovia de Amambaí-MS e seguir em direção ao Sul para Tacuru-MS, pela Rodovia MS-156. Com 12 km e 20 m à margem esquerda, local do marco.					



Figura II. 2 – Foto marco 92798 do IBGE, em Amambaí/MS.

A implantação e levantamento geodésico dos marcos tiveram como finalidade apoiar as poligonais topográficas checando e melhorando suas precisões. A medição dos marcos de apoio foi executada por rastreamento de satélite do sistema GPS RTK com tempo de espera de rastreamento de 5 minutos. Todos os marcos e piquetes tiveram suas altitudes determinadas por nivelamento geométrico conforme item 3.20 da NBR 13.133/94 (ABNT, 1994).

As estações de marcos de apoio foram medidas por rastreamento dos satélites com utilização de GPS no modo estático com utilização de receptores de precisão geodésica, ou seja, receptores de dupla frequência (código C/A e portadoras L1 e L2).

As informações coletadas em campo com receptores GPS geodésicos, por utilizar sistema em tempo real, a correção da ambigüidade é feita através de comunicação de ondas de rádio RTK, não exigindo um pós processamento, extraíndo-se as coordenadas em tempo real.

Os marcos de apoio geodésico foram implantados em locais específicos e de relevância em locais de boa visibilidade e proteção e possuem as seguintes configurações:

- Topo 0,15 m x 0,40 m;
- Base de concreto de 0,15 m x 0,15 m;
- Aflorando 0,10 m do solo;

As informações coletadas em campo com receptores GPS geodésicos, por utilizar sistema em tempo real, a correção da ambiguidade é feita através de comunicação de ondas de rádio RTK, não exigindo um pós-processamento, extraindo-se as coordenadas em tempo real. Como o levantamento partiu-se de uma coordenada conhecida georreferenciada com o marco MS 11 do IBGE não foi necessário o pós-processamento através de RBMC.

- Altitude de Referência foi à altitude geométrica do elipsóide coletada a partir do marco geométrico MS11 descrito acima.
- Os dados de campo foram checados com a tolerância através da verificação da caderneta, e nos relatórios de caderneta;

A partir de um levantamento de campo e observações expeditas na imagem de satélite foram elaboradas as diretrizes de distribuição de uma rede de apoio de marcos de referenciais de nível - RN's (Figura II.3), que foram implantados na área urbanizada seguindo os seguintes critérios:

- O nivelamento foi executado pelo método geométrico, sempre acompanhado de contranivelamento, sendo deixado referencias de nível em pontos específicos de relevância para este projeto;
- Os RN's foram materializados nos marcos de concreto tipo tronco de 10 x 10 x 40 cm, e em piquetes de madeira que posteriormente serão substituídos por marcos em concreto.

No levantamento foram coletados dados cadastrais a partir das poligonais de campo referentes ao sistema de esgoto existente, sistema de abastecimento de água existente, caixas de inspeção de água, esgoto, redes elétricas e telefônicas, alinhamentos prediais, vias pavimentadas, sarjetas e meio-fio, formações rochosas, talwegues, córregos, pontes, drenagem pluvial e altimetria.

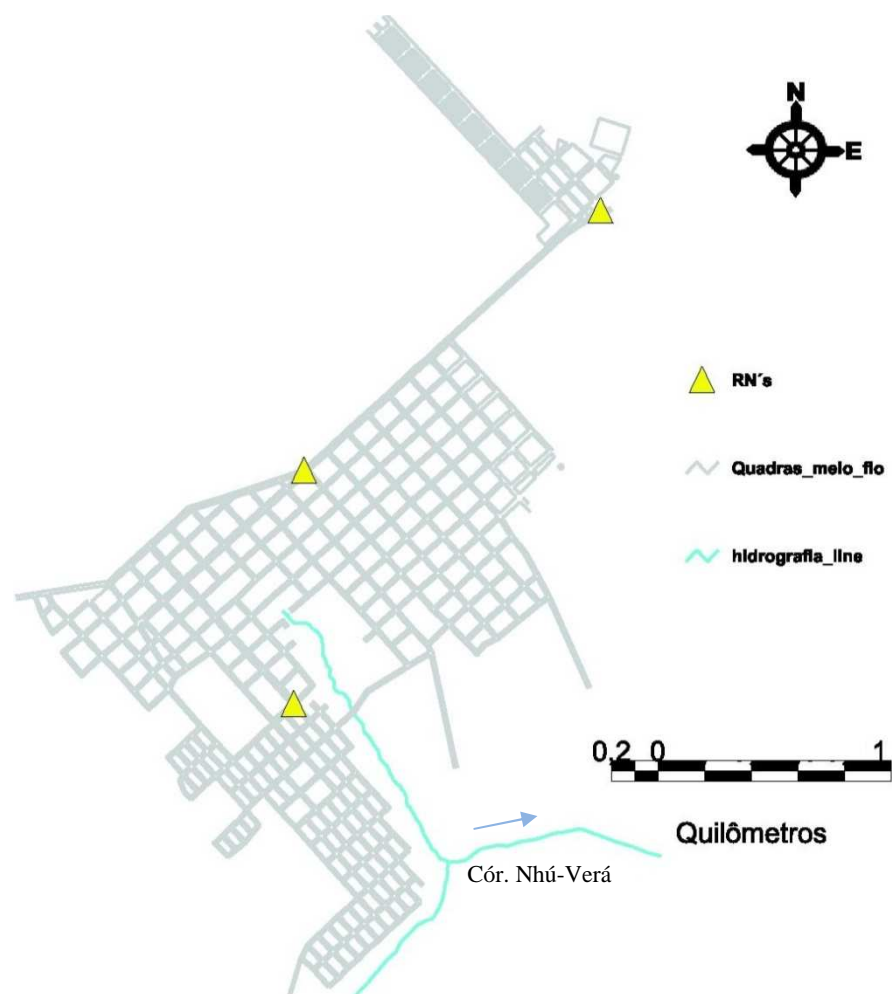


Figura II. 3 - Locação dos RN's, em Coronel Sapucaia/MS.

3.2.1.1 Processamento dos dados

Os pontos coletados foram descarregados no computador e lançados no DraftSight (DASSAULT, 2011) para elaboração dos desenhos, conforme pode ser observado na figura II.4. Posteriormente os dados foram agrupados em camadas (*Layers*), com os pontos sendo interligados para formar os desenhos das unidades levantadas.

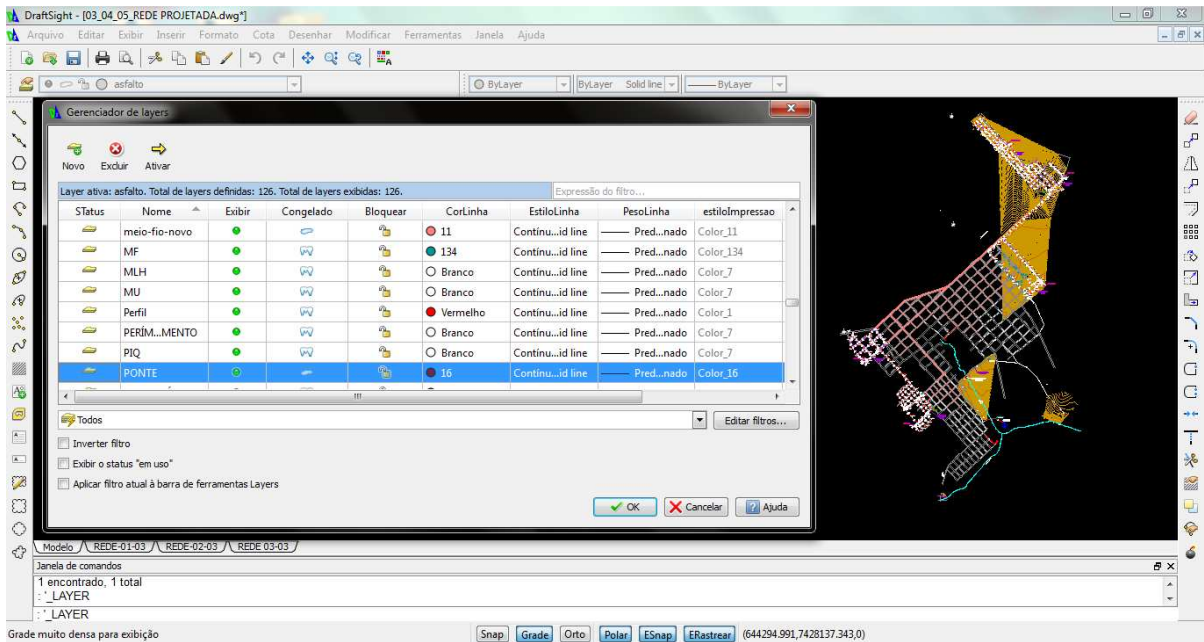


Figura II. 4 - Vista dos dados do levantamento descarregados e desenhados (direita) e Gerenciados de *layers* com a divisão das camadas (esquerda).

3.2.2 Levantamento da rede de água e esgoto existentes

As redes de água e esgoto não identificadas no levantamento de campo foram cadastradas com base nas plantas cadastrais existentes (Figura II. 5), tomando por base as amarrações indicadas nas mesmas com cantos de quadras, postes e outros pontos de referencia, sendo posteriormente vetorizadas.



Figura II. 5 - Fragmento do cadastro de rede de água de Coronel Sapucaia – MS, feito originalmente de modo manual em papel vegetal (SANESUL, 1992).

Tanto às redes de água como de esgoto sanitário, atribuiu-se banco de dados com informações constantes do Quadro 1, de forma a melhor caracterizar seu diâmetro, material, data de instalação dentre outras.

Quadro II. 1 - Fragmento do quadro de informações da rede cadastrada.

Coordenadas do centro do trecho		Material da rede	Diâmetro da rede	Data de Instalação
x	Y			
649.907	7.425.258	PVC	150	dez/10
649.909	7.425.262	PVC	200	dez/10
649.934	7.425.277	PVC	200	out/09
649.957	7.425.294	MBV	300	mar/86

As unidades consumidoras foram cadastradas como base no cadastro do sistema comercial da SANESUL. Este sistema guarda o histórico de consumo de cada usuário, e serve de base para efetuar o sistema de cobrança. Para efetuar seu georreferenciamento elaborou-se um dicionário de dados (Quadro II.2). Quando o leitorista do hidrômetro foi efetuar a medição nos consumidores, com um GPS de navegação o mesmo cadastrou o ponto geográfico relacionado a coordenada. O SIG utilizado para tal procedimento foi o *gvSIG Mobile* (VALENCIANA, 2012), e o equipamento foi um DGPS Trimble Juno SB (receptor com portadora L1). Por fim, as coordenadas foram atribuídas à planilha eletrônica de cadastro dos consumidores (Quadro II.3).

Quadro II. 2 - Parte do quadro de Dados para georreferenciamento dos dados de consumo.

Rota	Nome da Rua	Numero da Residência	Coordenadas	
			X	y
4	João Basílio de Oliveira	312	7.425.384	650.807
4	João Basílio de Oliveira	322	7.425.391	650.812
4	João Basílio de Oliveira	456	7.425.411	650.832

Quadro II. 3 - Parte do quadro cadastro de usuário com ligações de água.

Rota	Nome da Rua	Numero da Residência	Coordenadas		Consumo Médio 2010-2012 (m ³ /Mês)
			X	y	
4	João Basílio de Oliveira	312	7.425.384	650.807	15
4	João Basílio de Oliveira	322	7.425.386	650.822	10
4	João Basílio de Oliveira	456	7.425.394	650.824	12

3.2.3 Registro e georreferenciamento dos Serviços de Campo

Para mapeamento dos serviços realizados elaborou-se planilha de controle de campo para ser preenchido pelos encanadores, quando da execução de serviços de reparo e manutenção no sistema de Coronel Sapucaia/MS. Devido à baixa escolaridade de alguns funcionários de campo (encanadores), a planilha foi concebida de maneira simplificada, de modo a possibilitar a locação mais exata o possível do serviço executado. Deste modo obteve-se a planilha conforme apresentada no Quadro II.4.

Quadro II. 4 - Planilha de Controle de serviços de Campo.

Nome do Empregado:		
Data de Solicitação do Serviço:		
Data de execução dos trabalhos		
Croqui de Localização		
	Rua	
Rua		Rua
	Rua	
* Indicar no Croqui o Número da ligação em frente ao Serviço		
Descrever o Problema:		

Lançaram-se as zonas de pressão referentes ao Sistema de Abastecimento de água do município (Figura II.6), inseridos em formato dxf, obtidos do software de dimensionamento EPANET.

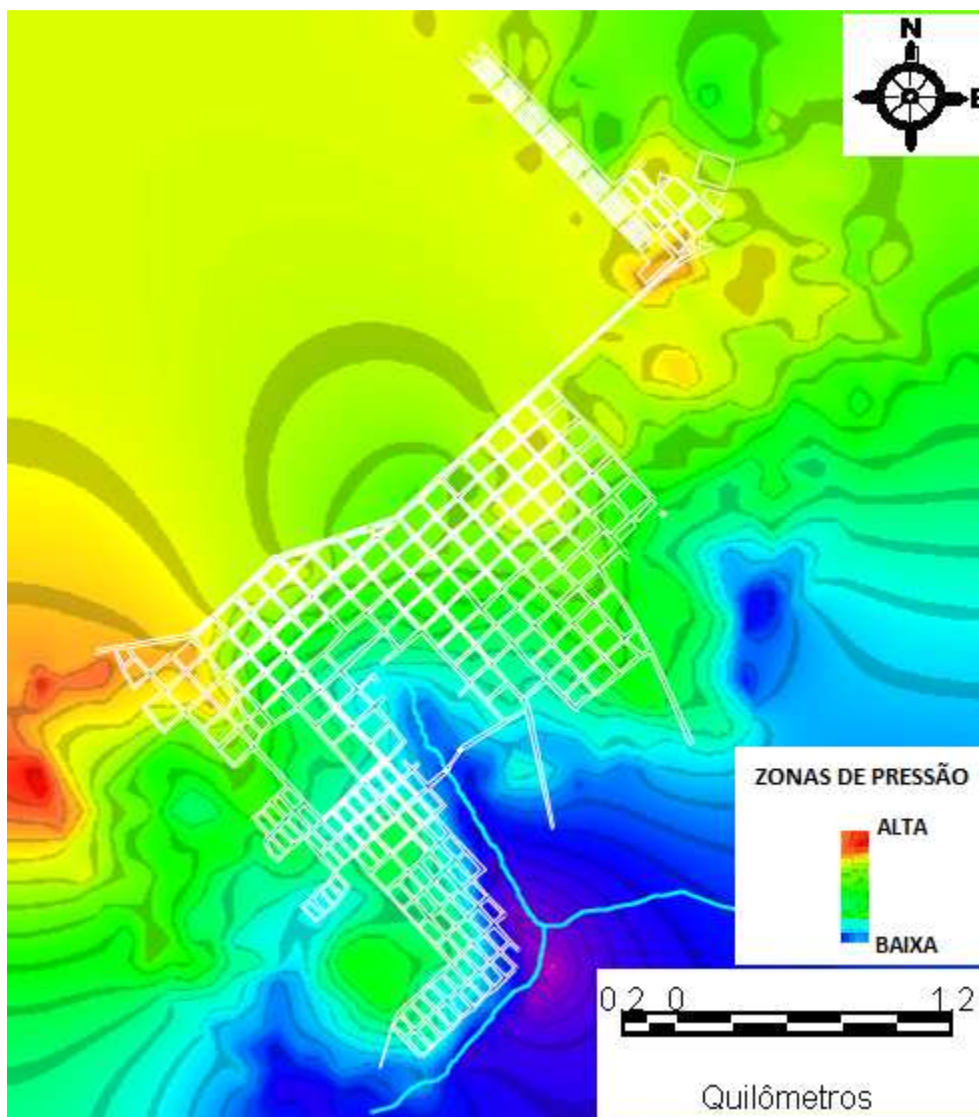


Figura II. 6 - Classes de pressão na rede de abastecimento de água, Coronel Sapucaia/MS.

As zonas de pressão foram definidas de acordo com os limites estabelecidos na ABNT 12218/94 (ABNT, 1994), sendo classificadas como baixa (menor que 10 mca), média (entre 10 e 50 mca) e alta (acima de 50 mca).

3.2.3.1 Tabulação e entrada dos dados no SIG

Para efetuar a espacialização das planilhas de registros dos serviços preenchidas pelos encanadores, houve a necessidade de recorrer ao banco SIG já composto. Com o nome da rua e o número da ligação mais próxima, foi possível georreferenciar a ocorrência. No período de

janeiro de 2010 a dezembro 2012 se registraram 318 serviços distribuídos conforme Quadro II.5.

Quadro II. 5 - Divisão das atividades registradas no ano de 2010 em Coronel Sapucaia/MS.

Serviço	2010	2011	2012
Reparo de rede	53	42	46
Substituição de Ramal	22	13	19
Troca de Hidrômetro	17	23	9
Substituição de rede	15	5	10
Outros	21	9	14

Os dados dos serviços do ano de 2010 foram os primeiros a serem tabulados para que se pudessem identificar regiões mais sensíveis no tocante a reparos e manutenções na rede de abastecimento de água, ou seja, com mais ocorrências. Estas informações serviram de base para norteamento das ações preventivas e corretivas por parte do pessoal de apoio operacional para os anos subsequentes.

3.2.4 Composição do SIG

O levantamento planialtimétrico e cadastral foi efetuado com Datum SIRGAS 2000, por ser a nova base para o Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) e para o Sistema Cartográfico Nacional (SCN) (IBGE, 2010).

Os dados da base planialtimétrica e cadastral foram inseridos em camadas em formato dwg, individualizadas por informação, e dentro do software SIG convertidos ao formato shp, para, na seqüência, atrelar-se os banco de dados de informações das redes de água, esgoto e ligação. Utilizou-se o software SIG gvSIG (VALENCIANA, 2012) para a elaboração dos trabalhos e composição do sistema.

4.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A composição por camada vetorial com informações distintas do banco de dados (Figura II.7) resultou em um SIG dinâmico e, apesar de robusto, estável às demandas do trabalho, tanta na execução de tarefas envolvendo camadas rasters ou vetoriais.

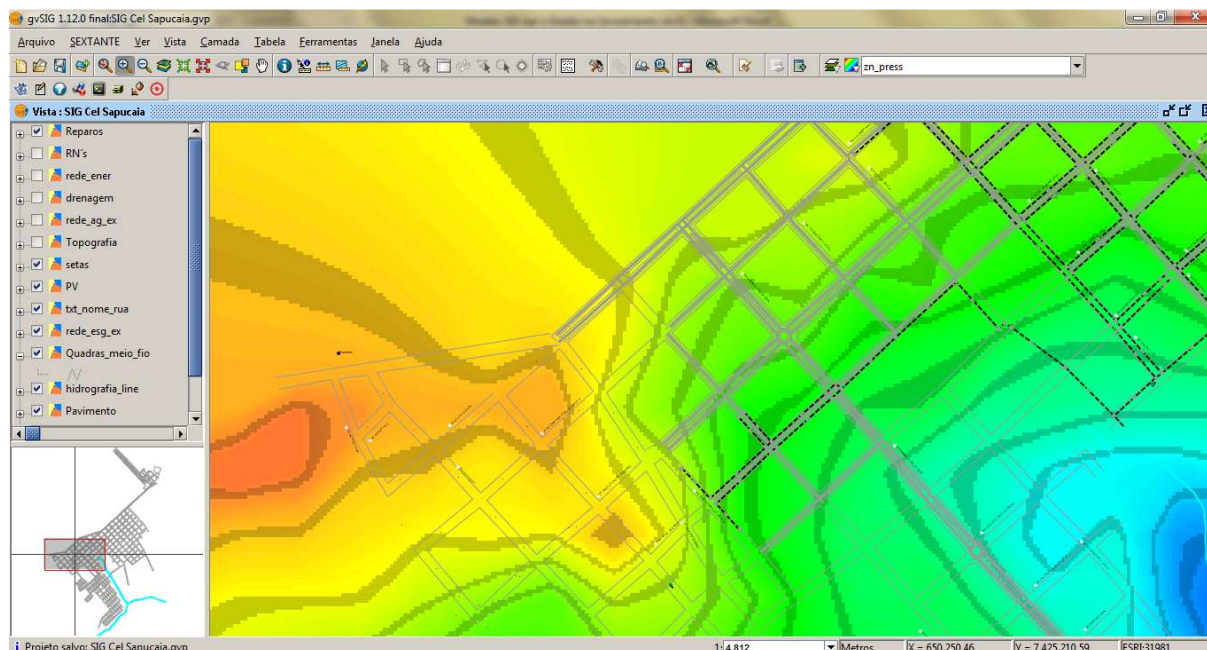


Figura II. 7 - Vista SIG Coronel Sapucaia/MS.

Os dados dos serviços foram tabulados e salvos em formato dbf, conforme Quadro II.6, para posteriormente serem importados no gvSIG para visualização espacial das informações conforme Figura II.8.

Quadro II. 6 - Fragmento da planilha dos serviços tabulados em Coronel Sapucaia.

Coordenadas		Serviço	Data
X	Y		
649.907	7.425.258	Substituição	17/12/2010
649.908	7.425.264	Substituição	18/06/2011
649.944	7.425.275	Reparo	19/07/2012
649.947	7.425.295	Troca de Ramal	25/01/2012

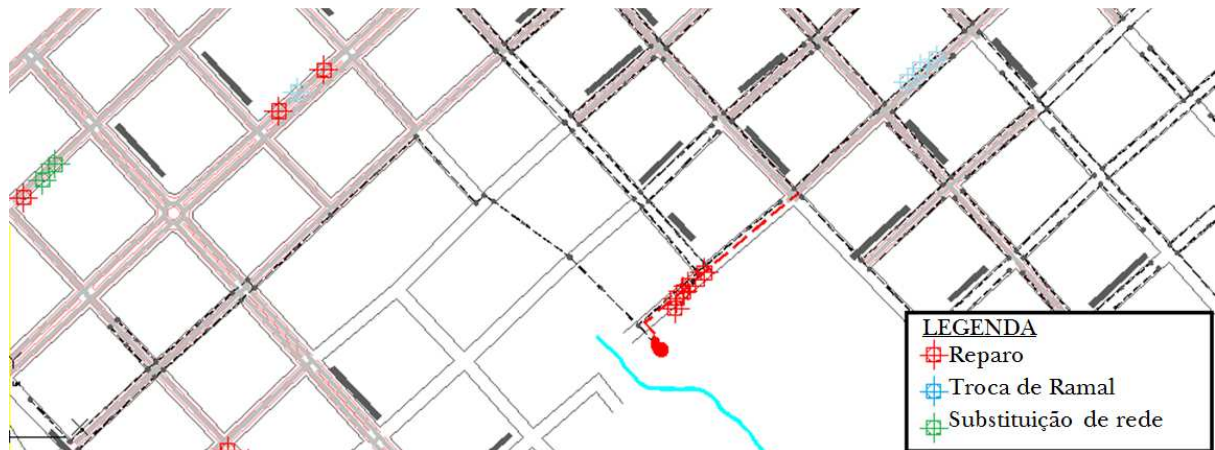


Figura II. 8 - Vista em detalhe da distribuição dos serviços na rede de abastecimento de água no Coronel Sapucaia/MS.

A baixa instrução dos funcionários de campo dificultou parte da aquisição de dados, contudo, a planilha de serviços proposta atendeu às demandas de informação. Na espacialização dos dados do ano de 2010 (Figura II.9), observou-se que a maioria dos serviços de reparo e substituição de rede se concentrava em redes de cimento amianto da região de altas e médias pressões, implantadas a mais de 20 anos. Sendo estas, alvos de monitoramento constante, bem como sendo definidas regiões prioritárias para substituição de infraestrutura e novos investimentos.

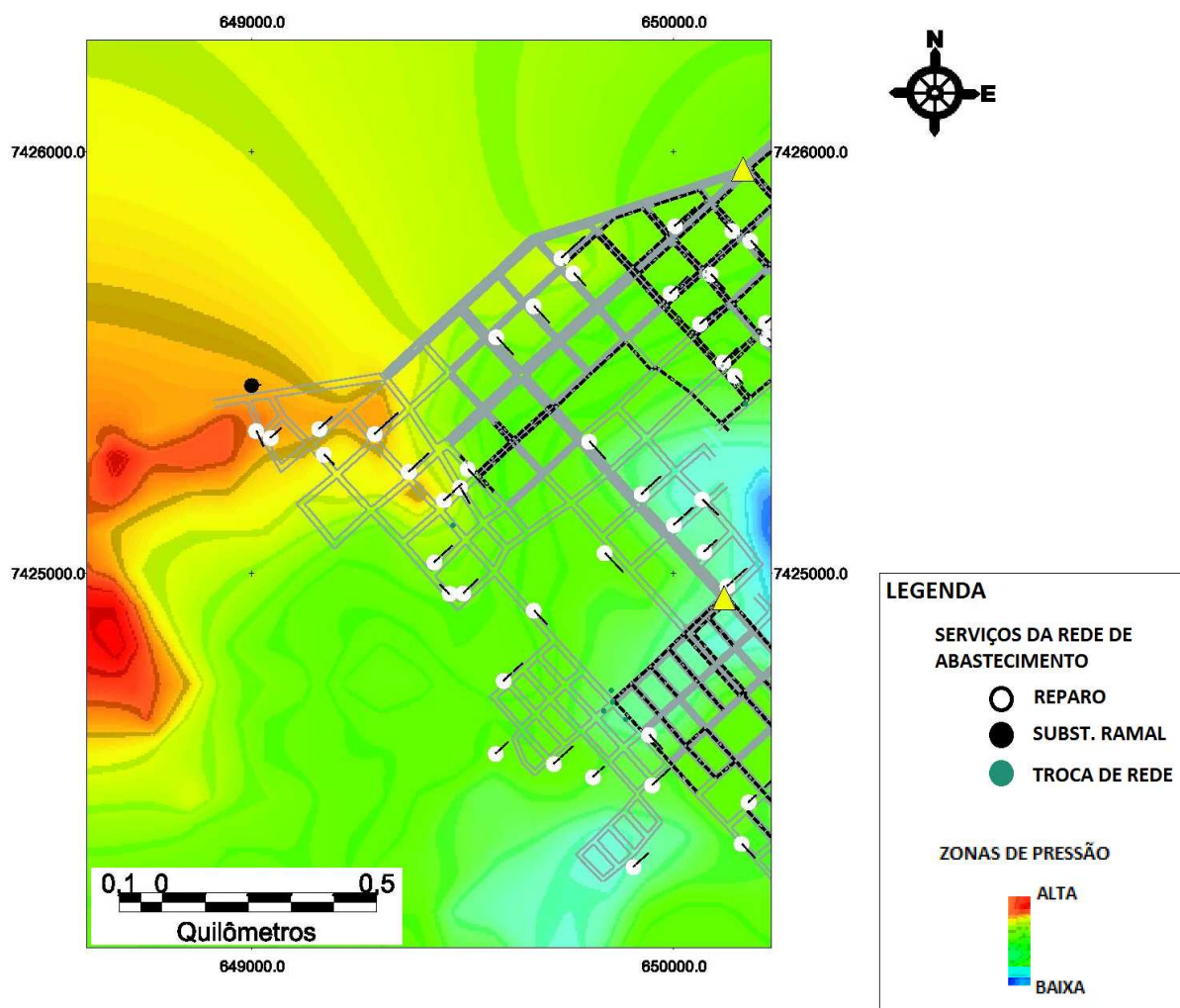


Figura II. 9 - Mapa de localização dos serviços na rede de abastecimento tendo como plano de fundo as zonas de pressão na rede, em Coronel Sapucaia/MS no ano de 2010.

Com este mapeamento também foi possível efetuar um planejamento de rotina e prevenção em regiões sensíveis, com alto índice de solicitações de serviços. Ações preventivas foram empregadas nos anos de 2011 e 2012, como uso de geofones nas proximidades dos pontos de reparo (Figura II.10). Outro ponto fundamental foi a conscientização da população vizinha, para alertar imediatamente o escritório da SANESUL no município, assim que constatasse vazamentos na rede de abastecimento, bem como a agilidade e comprometimento dos funcionários na resolução dos problemas. Como resultado tem-se gradativamente reduzido o índice de perda de água por ligação no município, conforme apresentado no Quadro II.7.



Figura II. 10 - Funcionário utilizando geofone à procura de vazamentos. Foto tirada em 13 de março de 2012.

Quadro II. 7 - Índice de perda líquida de água tratada por ligação em Coronel Sapucaia/MS (SANESUL, 2013).

Ano	Índice de Perda Líquida. (m ³ /lig/ano)
2010	78,24
2011	67,99
2012	66,56

O mapeamento dos serviços também permitiu identificar erro de cadastramento. Noutra região, onde o cadastro foi efetuado por meio das plantas em vegetal, constava rede existente em PBA/PVC, implantada em 1999. Com a entrada dos serviços de reparo ao longo do período estudado, observou-se que determinada área apresentava uma elevada concentração de reparos, em comparação com outros locais da rede com a mesma característica. Em vistoria in loco contactou-se que a referida rede era na realidade um trecho em cimento amianto reaproveitado, ao qual foi interligada a ampliação da rede em PVC. A substituição do trecho foi executada em outubro de 2012 e até o momento não voltou a apresentar problemas.

5.0 CONCLUSÃO

A própria natureza da infraestrutura física do saneamento básico, com vida útil de vários anos, já justifica a utilização de um banco de dados único, que contenha a caracterização física da mesma, bem como o histórico de ocorrências e manutenções executadas, de maneira georreferenciada, a fim de que tais informações possam ser analisadas juntamente com outras de interesse e de característica distintas, como ocorreu neste trabalho.

Fica claro que para a correta integração entre os modelos de água e esgoto e o banco de dados SIG seja possível, é necessário o planejamento cuidadoso da série de etapas a serem seguidas, desde a composição da base, até a forma de alimentação do sistema somente através de um banco de dados adequadamente projetado, aplicações e sistema de informação distintos podem compartilhar dados de maneira eficiente.

Por fim, o gvSIG atendeu as expectativas para escala de trabalho adotado, por possuir interface bastante intuitiva, e interpolaridade com uma vasta gama de softwares utilizados tanto na área das geotecnologias como engenharia.

6.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. (1994). *ABNT 12218/NB 594 - Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público - Procedimento*. Rio de Janeiro, RJ: ABNT.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. (1994). *NBR 13133 - Execução de levantamento topográfico*. Rio de Janeiro: ABNT.

ARRETCHE, M. T. (2002). *Plano Nacional de Saneamento (PLANASA)*. Disponível em: <<http://www.tecsi.fea.usp.br/eventos/Contecsi2004/BrasilEmFoco/port/economia/saneam/planasa/apresent.htm>> . Acesso em 02 de janeiro de 2013.

BRASIL. Governo Federal (2012).: Plano Nacional de saneamento Básico. Disponíveis em: <<http://www.brasil.gov.br/noticias/arquivos/2012/08/14/brasil-quer-universalizar-servico-de-saneamento-basico-ate-2030>>. Acesso em 12 de outubro de 2012.

DASSAULT, D. S. (2011). *DraftSight: Professional-grade, free CAD software*. Disponível em: <<http://www.3ds.com/products/draftsight/overview/>>. Acesso em 19 de março de 2012.

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

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2007). *Sistema Geodésico Brasileiro: Banco de Dados Geodésicos – Modo Textual*. Disponível em: <<http://www.bdg.ibge.gov.br/bdg/pdf/relatorio.asp?L1=93542>>. Acesso em 12 de novembro de 2012.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2011),. *Dados Históricos dos Censos*. disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censohistorico/default_hist.shtm>. Acesso em 28 de 12 de 2010

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2010). *Projeto SIRGAS 2000*. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/sirgas_proc/introducao.shtm>. Acesso em 11 de novembro de 2011.

MCKIBBEN, W. (1994). *Wastewater Collection System Plannig With GIS in a Large System*. Urisa.

PARANHOS FILHO, A. C., LASTÓRIA, G., & TORRES, T. G. (2.008). *Sensoriamento Remoto Ambiental Aplicado: Introdução as Geotecnologias*. Campo Grande, MS, Brasil: UFMS.

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

SANESUL, Empresa de Saneamento de Mato Grosso do Sul. (1992). Cadastro de rede de abastecimento de água de Cel Sapucaia/MS. Campo Grande: GEOTEC.

SANESUL, Empresa de Saneamento de Mato Grosso do Sul. (2013). SiiBO- Sistemas de Informações Gerenciais. Campo Grande: GETI.

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

TSUTIYA, M. T. (2006). *Abastecimento de água* (4ª ed.). São Paulo, SP, Brasil: ABES.

VALENCIANA, G. (2012). *Conselleria d'Infraestructures i Transport*. gvSIG versão 1.12. Disponível em: <http://www.gvsig.org/web/>>. Acesso em 15 de março de 2012.

ARTIGO 3 - GEOTECNOLOGIAS NA INVESTIGAÇÃO DE CONTRIBUIÇÃO PLUVIAL PARASITÁRIA EM REDE COLETORA DE ESGOTO

1.0 INTRODUÇÃO

O Brasil, com uma população de mais de 180 milhões de habitantes (IBGE, 2011), apresenta um imenso déficit de atendimento no que se refere ao esgotamento sanitário. Estima-se que, já ao final do século 20, pouco mais de 44,5 % da população seja atendida por sistema de coleta e afastamento de esgotos, sendo que menos de 37,9% da população tem esgoto tratado (BRASIL, 2010).

De acordo com Tsutiya (2006) há três tipos de sistemas de coleta e transporte de efluentes sanitários, definidos como se segue:

- a. sistema unitário ou combinado, em que as águas residuárias (domésticas e industriais), águas de infiltração (águas de subsolo que penetram no sistema através de tubulações e órgão acessórios) e águas pluviais veiculam pelo sistema;
- b. Sistema de esgotamento separador parcial, em que uma parcela das águas de chuva, provenientes de telhados e pátios das economias são encaminhadas juntamente com as águas residuárias e águas de infiltração do subsolo para um único sistema de coleta e transporte dos esgotos;
- c. Sistema de separados absoluto, em que as águas residuárias (domésticas e industriais) e as águas de infiltração do subsolo, que constituem o esgoto sanitário, veiculam em um sistema independente, denominado sistema de esgoto sanitário. As águas pluviais são coletadas e transportadas em um sistema de drenagem pluvial totalmente independente.

No Brasil, o sistema de esgotamento sanitário predominantemente utilizado refere-se ao sistema de separador absoluto, por apresentar menor custo de implantação (menores diâmetros de rede) e oferecer mais flexibilidade de execução (TSUTIYA, 2006).

Os menores custos de execução permitem a ampliação do atendimento da população, permitindo vislumbrar a universalização o acesso aos serviços de saneamento até 2030, conforme preconizado o Plano Nacional de Saneamento Básico – Plansab (BRASIL, 2012).

Por outro lado, para o sucesso do sistema de separador absoluto, é necessário um eficiente controle para se evitar que a água pluvial, principalmente proveniente dos telhados e pátios, não sejam encaminhados para o sistema de esgoto (ARCEIVALA, 1981).

Como os coletores de esgoto sanitário não estão dimensionados para contribuição pluvial, estes extravasam pelos poços de visita, escoado pelas guias e sarjetas, podendo veicular doenças de veiculação hídrica, como a esquistossomose, amebíase e giardíase, a quem tiver contato direto (COPASA, 2009).

Nesta toada, há necessidade de se analisar múltiplos critérios na verificação de pontos passíveis de contribuição pluvial (contribuição parasitária) de forma a agir preventivamente e corretivamente sobre o problema.

Os softwares SIG, além de terem capacidade de associação entre informações gráficas e alfanuméricas, são desenvolvidos para desempenhar funções específicas relacionadas a operações espaciais (MCKIBBEN, 1994). Mais de 75% dos dados de sistemas de abastecimento de água e de esgoto sanitário possuem características espaciais (localização). Os dados de interesse são referentes a infraestrutura implantada, uso e ocupação do solo e caracterização dos consumidores (FEINBERG, 1997).

2.0 OBJETIVO

Utilizar geotecnologias no delineamento de bacia de contribuição de coletor de esgoto sanitário, de forma a investigar motivos para extravasamento frequente de esgoto doméstico em poço de visita em eventos pluviométricos.

3.0 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área de estudo

A área de estudo utilizada foi o Município de Três Lagoas/MS (Figura III.1). Situado à margem esquerda do Rio Paraná, próximo a barragem da usina hidrelétrica de Jupia, apresenta relevo suave e solo arenoso. Estas características específicas fazem com que

coletores por gravidade, seja rede de esgoto ou drenagem, atinjam profundidades (acima de 3,5 metros).

O município não dispõe, em sua totalidade, de rede de drenagem pluvial, e dada a sua topografia plana, observam-se diversos pontos de alagamento no perímetro urbanizado, cada vez mais agravados pela impermeabilização do solo (SANESUL, 2013).

A Empresa de Saneamento de Mato Grosso do Sul - SANESUL tem ampliado exponencialmente os investimentos em redes coletoras de esgotos nas Cidades (SANESUL, 2013). Em diversas áreas, onde se observa os pontos de alagamento das ruas, os moradores abrem os poços de visita de esgoto - PV, para a água de chuva adentrar, fazendo com que nos pontos mais baixos dos coletores, as redes extravasem (Figura III.2) e ou retornem nas ligações domiciliares, causando transtornos à população local.

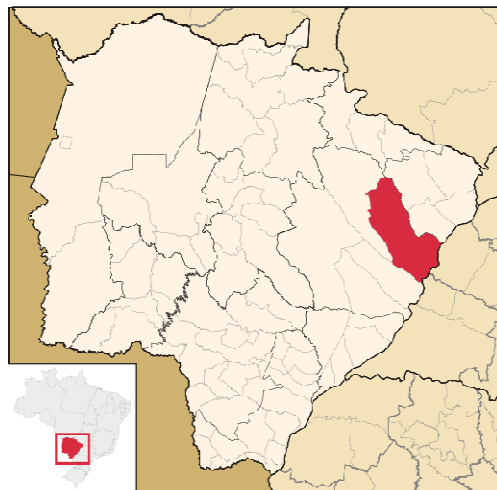


Figura III. 1 - Localização do município de Três lagoas/MS (ABREU, 2006).



Figura III. 2 - À esquerda, poço de visita de esgoto transbordando na calçada. À direita, rua alagada nas proximidades da Lagoa Maior, em Três lagoas/MS. Fotos tiradas em 13 de fevereiro de 2012.

Selecionou-se um poço de visita de esgoto que tem transbordado frequentemente em períodos chuvosos, sendo alvo de reclamação constante dos moradores da região. Ele se encontra na junção da Rua Oliveira com Rua Tomas da Costa, próximo da Lagoa Maior (Figura III.3). A rede coletora ao qual está inserido loca-se a montante a estação elevatória de esgoto sanitário bruto Difusora.

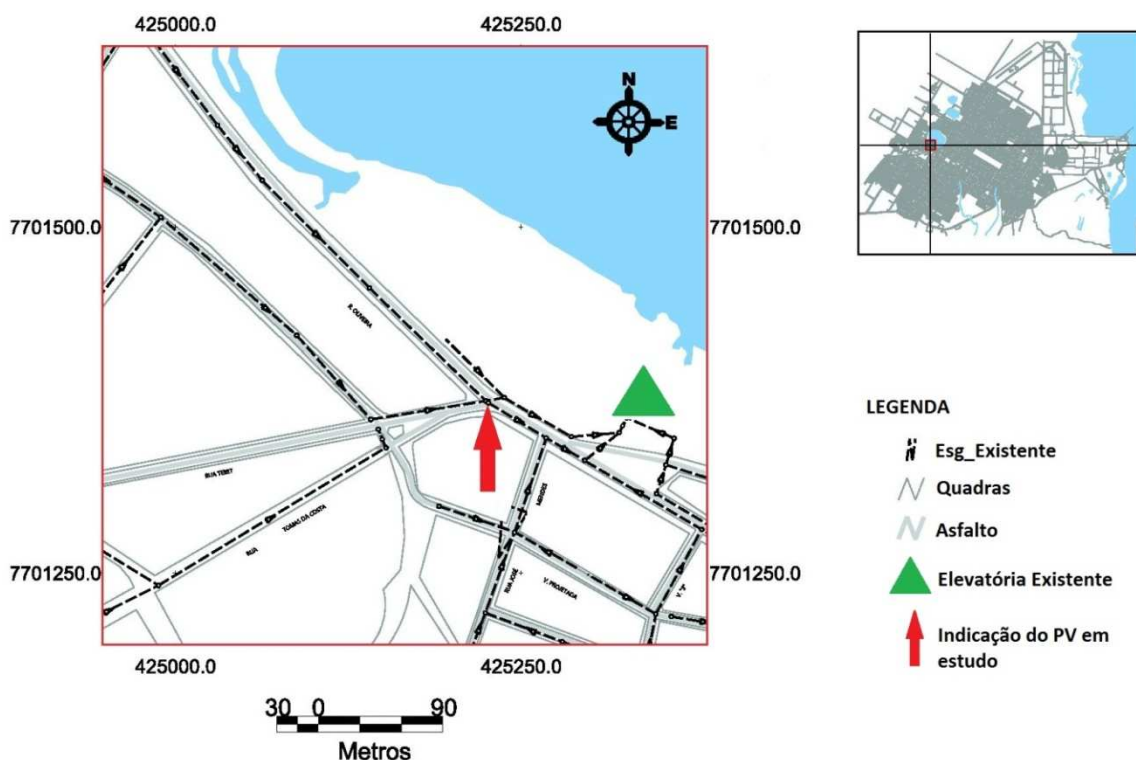


Figura III. 3 - Localização do PV em estudo, em Três Lagoas/MS.

3.2 Aquisição de dados

3.2.1 Arquivos vetoriais

As informações de planialtimétrica (ruas, quadras, interferências, rede de esgoto, rede de água, rede de drenagem, rede de energia e topografia) foram obtidas junto ao acervo da SANESUL, em formato dwg. Os arquivos foram tratados inicialmente em DraftSight (DASSAULT, 2011), dividindo cada informação em camada distinta (*layer*) para posterior introdução em ambiente SIG (Figura III.4). Os dados foram georreferenciados em gvSIG (VALENCIANA, 2012), utilizando o Datum oficial brasileiro, o SIRGAS 2000.

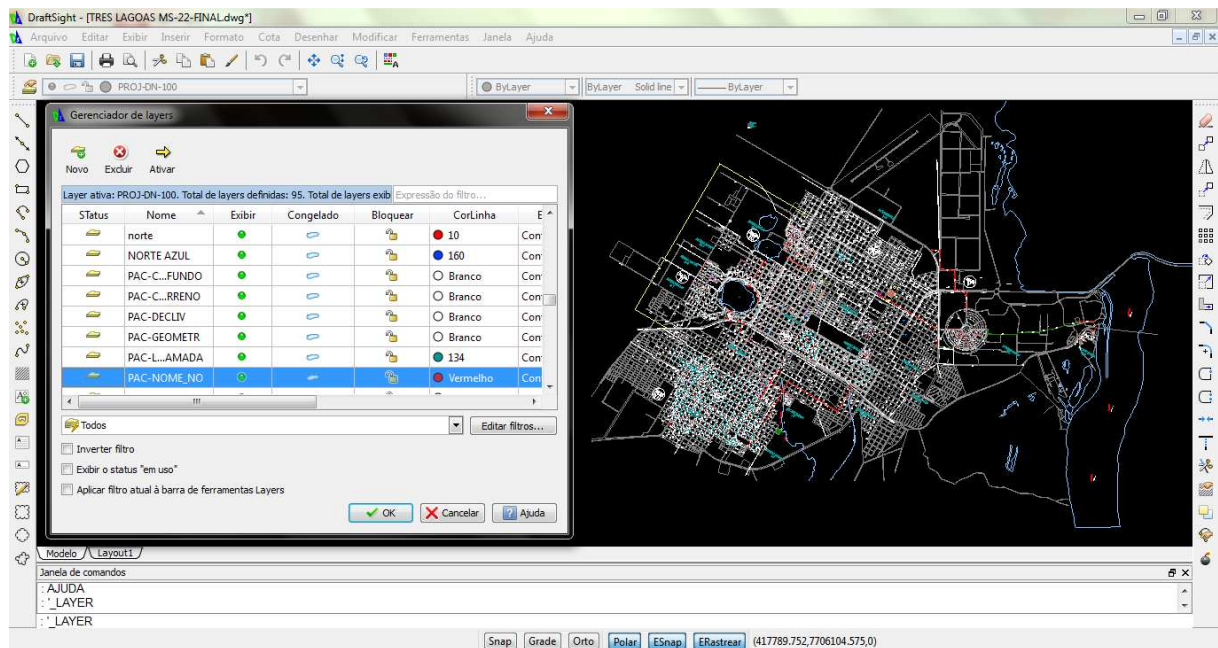


Figura III. 4 - Vista do Gerenciador de *layers* dos arquivos vetoriais de Três lagoas/MS.

Após a composição do SIG efetuou-se o traçado da bacia de contribuição à montante do PV em estudo. A bacia de contribuição delimitada no SIG foi traçada com auxílio do gvSIG, através da ferramenta *watershed* presente na extensão Sextante. O método de cálculo da direção de fluxo utilizado foi o D8, que consiste em determinar a direção de maior declividade de um pixel/célula em relação a seus 8 pixels vizinhos. Segundo Paranhos Filho et al. (2008), a direção de fluxo D8 tem a finalidade de estruturar uma grade onde o valor de cada pixel representa a direção do escoamento da água, sempre do pixel vizinho de maior valor de altitude para o de menor valor de altitude.

O levantamento topográfico efetuado a cada 20 metros, nível de detalhamento necessário para dimensionamento de redes de esgoto principalmente em regiões de relevo plano, auxiliaram muito a celeridade do trabalho. Foram necessárias pequenas adequações, em função de redes coletoras existentes na extremidade da bacia, que quando da execução, foram direcionadas para outro coletor, não contribuindo para a seção em estudo.

3.2.2 Ligações domiciliares

A SANESUL dispõe de cadastro dos usuários, em planilha eletrônica, com históricos de consumo e número das residências. Este acervo não se encontrava georreferenciado. Para

efetuar tal procedimento de georreferenciamento elaborou-se um dicionário de dados contendo o nome da rua e o número da residência. Este foi carregado no software SIG gvSIG Mobile (Figura 1.18), instalado no *hardware* GPS Trimble Juno SB, com sistema operacional Windows Mobile 6.0.

Com o auxílio do GPS de navegação cadastraram-se as coordenadas geográficas relacionadas ao número das residências. Esta etapa teve duração de seis meses (janeiro a junho de 2012). A informação das ligações é fundamental para determinação do volume real de esgoto que contribui na seção de extravasamento.

Na sequência, atrelaram-se as informações das coordenadas geográficas ao cadastro das residências para anexar ao banco de dados SIG. Com a ferramenta *Count points in polygons* efetuou-se a quantificação das ligações existentes no interior da bacia de contribuição delimitada

3.3 Verificação hidráulica dos Condutores

De forma a caracterizar a capacidade de escoamento da tubulação, efetuou-se um análise da capacidade de escoamento do trecho a jusante da bacia de contribuição, afluente da estação elevatória de esgoto bruto existente (Figura III.5).

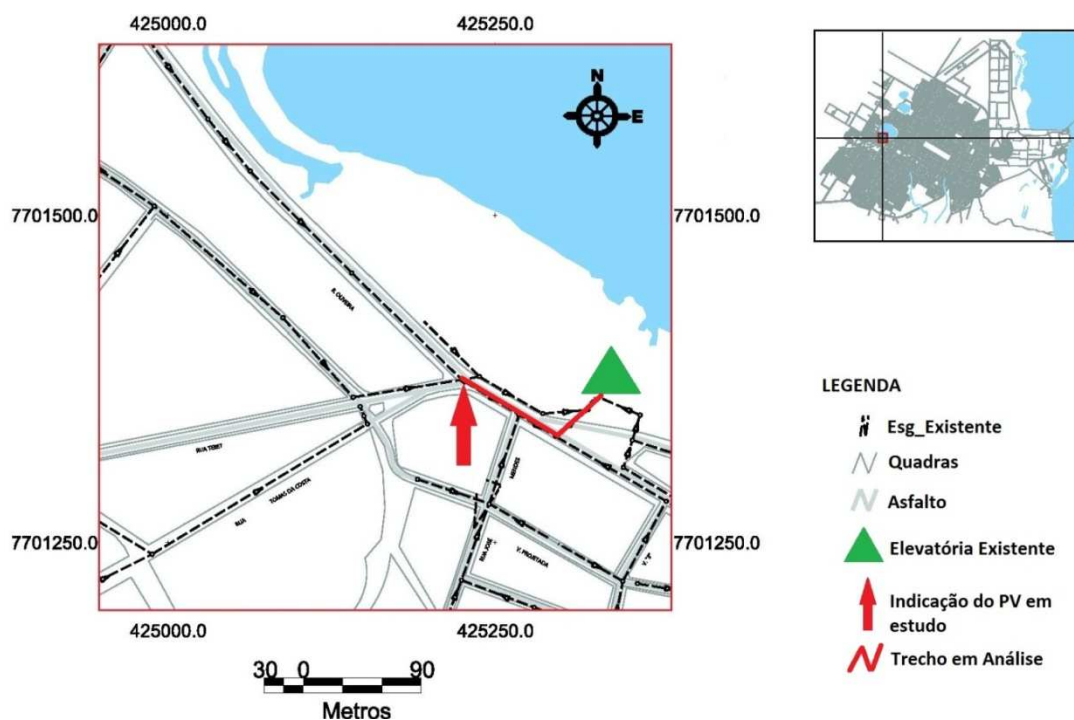


Figura III. 5 - Localização do trecho de tubulação coletora de esgoto em análise.

Na verificação da vazão e esgoto bruto oriundo da bacia de contribuição utilizou-se a equação de dimensionamento de vazões de esgoto usualmente empregada no projeto de coletores para esgoto (TSUTIYA & SOBRINHO, 2011).

$$\bar{Q}_f = \frac{C \cdot P_i \cdot q_i}{86400} \quad (\text{Equação III.1 - Tsutiya \& Sobrinho, 2011})$$

Onde:

\bar{Q}_f = Vazão máxima de esgoto doméstico, expresso em litros/segundo/habitante (l/s);

K_1 = coeficiente de máxima vazão diária, 1,2;

K_2 = coeficiente de máxima vazão horária, 1,5;

C = coeficiente de retorno de água para esgoto, 0,8;

P_i, P_f = população inicial e final, em número de habitantes;

q_i, q_f = consumo de água efetivo per capita inicial e final, (Litros/habitante ao dia).

Na verificação da capacidade de escoamento do coletor a jusante à do PV em estudo foi empregado o conceito de raio hidráulico-RH (Figura III.6), parâmetro importante no dimensionamento de canais, dutos, tubos e outros componentes das obras hidráulicas, sendo comumente usado para se estimar o raio de tubos e canais com seção transversal não-circular (PORTO, 2006).

Determinou-se inicialmente fator hidráulico (Equação III.2), em função da declividade, diâmetro e rugosidade da tubulação existente, bem como vazão de esgoto calculada (PORTO, 2006). Este valor é inserido no Quadro III.1, de onde se extrai os valores do raio hidráulico e altura da lâmina de esgoto na tubulação (Y/D) para efetuar a verificação.

A lâmina máxima de esgoto na vazão de final de plano não deve ser superior a 75% do diâmetro do coletor (ABNT, 1986).

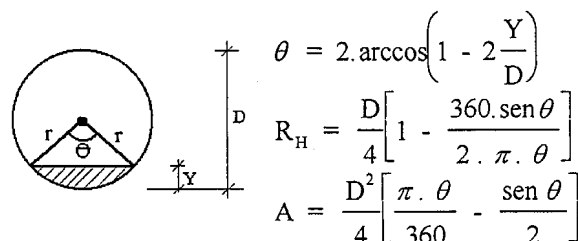


Figura III. 6- Caracterização do raio hidráulico (PORTO, 2006).

$$FH = \frac{Q^n}{D^3 \times I^2} \quad (\text{Equação III.2 – Porto, 2006})$$

Onde:

- FH = Fator Hidráulico;
- Q = Vazão (m³/s);
- n = coeficiente de rugosidade de Manning;
- D = Diâmetro da tubulação (m);
- I = Declividade do trecho (m/m).

As verificações foram feitas simulando a vazão de esgoto doméstico quantificado (equação III.1), somada a contribuição linear por metro de rede oriunda de infiltração de água do subsolo na tubulação, denominada de taxa de contribuição de infiltração. O valor para esta taxa foi determinado pela média do intervalo sugerido pela norma NBR 9649/1986 (0,05 a 1,0 l/s x km), sendo adotado 0,525 l/s x km. A quantidade de rede na bacia de contribuição foi obtida no SIG composto.

Por fim, simulou-se também a vazão oriunda de uma precipitação de 1 mm/h para caracterização do impacto desta no coletor em análise.

Quadro III. 1 - Valores de FH, RH/D, e Y/D (PORTO, 2006).

FH	RH/D	Y/D	FH	RH/D	Y/D	FH	RH/D	Y/D
0,0001	0,0066	0,01	0,0820	0,1935	0,35	0,2511	0,2933	0,68
0,0002	0,0132	0,02	0,0864	0,1978	0,36	0,2560	0,2948	0,69
0,0005	0,0197	0,03	0,0910	0,2020	0,37	0,2610	0,2962	0,70
0,0009	0,0262	0,04	0,0956	0,2062	0,38	0,2658	0,2975	0,71
0,0015	0,0326	0,05	0,1003	0,2102	0,39	0,2705	0,2987	0,72
0,0022	0,0389	0,06	0,1050	0,2142	0,40	0,2752	0,2998	0,73
0,0031	0,0451	0,07	0,1099	0,2182	0,41	0,2798	0,3008	0,74
0,0041	0,0513	0,08	0,1148	0,2220	0,42	0,2842	0,3017	0,75
0,0052	0,0575	0,09	0,1197	0,2258	0,43	0,2886	0,3024	0,76
0,0065	0,0635	0,10	0,1248	0,2295	0,44	0,2928	0,3031	0,77
0,0079	0,0695	0,11	0,1298	0,2331	0,45	0,2969	0,3036	0,78
0,0095	0,0755	0,12	0,1349	0,2366	0,46	0,3008	0,3039	0,79
0,0113	0,0813	0,13	0,1401	0,2401	0,47	0,3047	0,3042	0,80
0,0131	0,0871	0,14	0,1453	0,2435	0,48	0,3083	0,3043	0,81
0,0152	0,0929	0,15	0,1506	0,2468	0,49	0,3118	0,3043	0,82
0,0173	0,0986	0,16	0,1558	0,2500	0,50	0,3151	0,3041	0,83
0,0196	0,1042	0,17	0,1611	0,2531	0,51	0,3183	0,3038	0,84
0,0220	0,1097	0,18	0,1665	0,2562	0,52	0,3212	0,3033	0,85
0,0246	0,1152	0,19	0,1718	0,2592	0,53	0,3239	0,3026	0,86
0,0273	0,1206	0,20	0,1772	0,2621	0,54	0,3264	0,3018	0,87
0,0301	0,1259	0,21	0,1826	0,2649	0,55	0,3286	0,3007	0,88
0,0331	0,1312	0,22	0,1879	0,2676	0,56	0,3305	0,2995	0,89
0,0362	0,1364	0,23	0,1933	0,2703	0,57	0,3322	0,2980	0,90
0,0394	0,1416	0,24	0,1987	0,2728	0,58	0,3335	0,2963	0,91
0,0427	0,1466	0,25	0,2041	0,2753	0,59	0,3345	0,2944	0,92
0,0461	0,1516	0,26	0,2094	0,2776	0,60	0,3351	0,2921	0,93
0,0497	0,1566	0,27	0,2147	0,2799	0,61	0,3353	0,2895	0,94
0,0534	0,1614	0,28	0,2200	0,2821	0,62	0,3349	0,2865	0,95
0,0572	0,1662	0,29	0,2253	0,2842	0,63	0,3339	0,2829	0,96
0,0610	0,1709	0,30	0,2306	0,2862	0,64	0,3322	0,2787	0,97
0,0650	0,1756	0,31	0,2358	0,2881	0,65	0,3294	0,2735	0,98
0,0691	0,1802	0,32	0,2409	0,2900	0,66	0,3248	0,2666	0,99
0,0733	0,1847	0,33	0,2460	0,2917	0,67	0,3117	0,2500	1,00
0,0776	0,1891	0,34						

4.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A bacia de contribuição delimitada (Figura III.5) apresenta declividade predominante em direção a Lagoa Maior. Como apresentado no SIG, às vias encontram-se pavimentadas e não há rede de drenagem. Os valores de área e perímetro (64,23 ha e 3,22 km) são fornecidas pelo gvSIG apresentadas na Figura III.6.

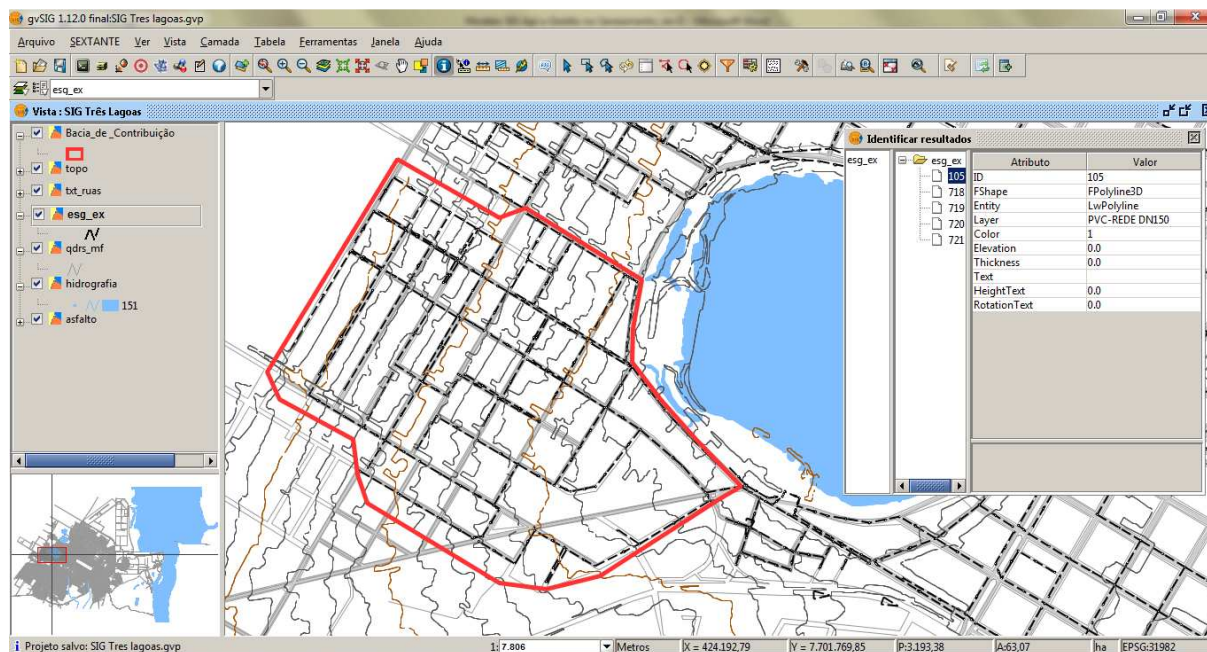


Figura III. 7 - Vista do SIG Três Lagoas, com destaque para a bacia de contribuição delimitada.

NavTable: Bacia_de_Contribuição	
<input type="checkbox"/> Selecionados <input type="checkbox"/> Selecionar <input type="checkbox"/> Sempre Zoom <input type="checkbox"/> Escala fixa	
Atributo	Valor
Campo1	Bcia Cntr
Area	632494.196671
Perimetro	3223.809988

Figura III. 8 - Valores de área (m²) e perímetro (m) da bacia de contribuição delimitada, extraídas do gvSIG.

Obteve-se um total de 874 (oitocentos e setenta e quatro) economias. Adotando a média de moradores por domicílio ocupado para Três Lagoas/MS, sendo de 3,2 (IBGE, 2011), teremos uma população na bacia de contribuição estimada em cerca de 2.797 pessoas. Pelo histórico de consumo das mesmas, chegou-se a um consumo *per capita* de água de 130,3

l/habitante x dia (l/hab x dia). Para verificação das vazões de final de plano, trinta anos a partir da instalação da rede (2022), utilizou-se o valor de 180 l/hab. x dia de maneira mais restritiva.

Inserindo os valores na Equação III.1, temos uma vazão de esgoto doméstico máxima na bacia na ordem de 8,4 l/s. Na bacia, temos um total de, aproximadamente, 16 km de redes coletoras. Empregando-se a taxa de infiltração estipulada, temos uma vazão de contribuição de infiltração de 0,8 l/s. No total, somados a vazão de esgoto doméstica e a vazão de infiltração, tem-se uma vazão total máxima de esgoto na seção estudada de 9,2 l/s ou 0,0092 m³/s.

O trecho em análise tem declividade de 0,0037 m/m, extensão de 123,52 metros e diâmetro de 0,25 m. O material da tubulação é de PVC e o coeficiente de Manning (n) adotado foi o de 0,013. De posse dos dados, na equação III. 2, obteve-se o valor de FH = 0,079. Do quadro III.1 retiramos os valores de RH = 0,0695 e Y/D = 0,11. Ou seja, somente 11% do diâmetro da tubulação está preenchido para a vazão estimada, descartando a possibilidade de o coletor estar sub-dimensionada, e sem capacidade de transportar o efluente até à estação elevatória.

Simulando uma precipitação de 1 mm/h na área da bacia (63,25 ha), temos uma vazão de 175,7 l/s ou 0,1757 m³/s. Vazão dezenove vezes maior que a vazão total máxima de esgoto calculada. Inserindo este valor de vazão na equação III.2, temos um FH = 1,061. Ao se consultar o Quadro III.1, verifica-se que o valor máximo de FH é de 0,3117 representando um tubo de circular a seção plena (Y/D = 1). Por tal, o valor de FH calculado nestas condições caracteriza a não capacidade de escoamento, ou seja, o transbordamento do coletor, demonstrando sua incapacidade de escoar contribuições pluviais, haja vista ter sido dimensionado pelo conceito de separador absoluto.

Um telhado de habitação padrão popular com 100 m² de área, para a chuva estudada, incide numa vazão de 0,0278 l/s. Uma residência com 3 moradores e com consumo de água na ordem de 180 l/hab. x dia, representa uma vazão de esgoto de 0,009 l/s. Ou seja, só a água proveniente de um só telhado é 3 vezes maior que a da residência. Caso a canaletta deste estiver interligada a rede pública de esgoto há o risco de extravasamento da mesma.

A conscientização da população é fundamental para evitar tais transtornos. Até mesmo porque o efluente extravasado pode veicular doenças em casos de contato direto, além de danificar a infraestrutura do sistema de coleta, transporte e tratamento de esgoto, que não estão preparados para receber contribuições desta magnitude.

5.0 CONCLUSÃO

A composição do SIG e a espacialização de informações foram de grande valia para análise do problema em estudo de maneira espacializada. A disponibilidade das informações num banco georreferenciado possibilitou a avaliação sob um enfoque de múltiplos critérios.

Ficou comprovada a magnitude que pode atingir uma contribuição parasitária em coletor de esgoto doméstico dimensionado por conceito de separador absoluto, bem como a necessidade de conscientização dos moradores quanto ao tema, por se tratar de saúde coletiva e bem comum.

O estudo pode servir de base para avaliação de outros pontos críticos no sistema, haja vista o SIG já composto. É de valia também para definições de regiões passíveis de monitoramento e ou ações concentradas de educação ambiental, a fim de reduzir as ocorrências.

Por fim, o gvSIG 1.12, software livre e gratuito, apresentou estável em todas as funções demandadas. Sua interface é bastante intuitiva, assim como sua interoperabilidade com diversos formatos de arquivos raster e vetoriais, o que permitiu uma boa desenvoltura nos trabalhos efetuados, atendendo plenamente as demandas do estudo.

Sugere-se em novos estudos efetuar uma segmentação de imagem em alta resolução da bacia de contribuição, de forma a elaborar um mapa de uso e ocupação do solo na mesma, de forma a nortear órgãos fiscalizadores, em vistoria de áreas críticas, com elevado grau de impermeabilização do solo.

6.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. (1986). *NBR 9649 - Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário*. Rio de Janeiro: RJ.

ABREU, R. d.(2006). *Map locator of Mato Grosso do Sul's city*. Wikipédia, a enciclopédia livre. Disponível em <http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:MatoGrossodoSul_MesoMicroMunicip.svg> . Acesso em 10 de dezembro de 2012.

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

BRASIL. (2012). Plano Nacional de saneamento Básico. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/noticias/arquivos/2012/08/14/brasil-quer-universalizar-servico-de-saneamento-basico-ate-2030>>. Acesso em 12 de outubro de 2012.

BRASIL. (2010). *Sistema Nacional de Informações Sobre o Saneamento - SNIS*. Disponível em:< <http://www.snis.gov.br/>>. Acesso em 03 de outubro de 2012.

COPASA, Á. d. (2009). *Doenças de veiculação hídrica*. Disponível em <http://www.copasa.com.br/media2/PesquisaEscolar/COPASA_Doem%C3%A7as.pdf>. Acesso em 23 de março de 2012.

DASSAULT, D. S. (2011). *DraftSight: Professional-grade, free CAD software*. Disponível em: < <http://www.3ds.com/products/draftsight/overview/>>. Acesso em 19 de março de 2012.

FEINBERG, D. (1997). *Integrating GIS With Water and Wastewater Hydraulic Models*. ESRI.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2007). *Sistema Geodésico Brasileiro: Banco de Dados Geodésicos – Modo Textual*. Disponível em: <<http://www.bdg.ibge.gov.br/bdg/pdf/relatorio.asp?L1=93542>>. Acesso em 12 de novembro de 2012.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2011).. *Dados Históricos dos Censos*. disponível em <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censohistorico/default_hist.shtm> . Acesso em 28 de 12 de 2010

MCKIBBEN, W. (1994). *Wastewater Collection System Plannig With GIS in a Large System*. Urisa.

PARANHOS FILHO, A. C., LASTÓRIA, G., & TORRES, T. G. (2.008). *Sensoriamento Remoto Ambiental Aplicado: Introdução as Geotecnologias*. Campo Grande, MS, Brasil: UFMS.

PORTO, R. d. (2006). *Hidráulica Básica* (4ª ed.). São Carlos, SP: EEESC USP.

SANESUL, Empresa de Saneamento de Mato Grosso do Sul (2013). *Relatório técnico de viagem. Constatações de vistoria em campo*.PROEG/GEPRO. Campo Grande MS, Brasil: ABES.

TSUTIYA, M. T. (2006). *Abastecimento de água* (4ª ed.). São Paulo, SP, Brasil: ABES.

TSUTIYA, M. T., & SOBRINHO, P. A. (2011). *Coleta e Transporte de Esgoto Sanitário* (3ª ed.). Rio de Janeiro, RJ: ABES.

VALENCIANA, G. (2012). *Conselleria d'Infraestructures i Transport*. gvSIG versão 1.12. Disponível em: <<http://www.gvsig.org/web/>>. Acesso em 15 de março de 2012.

ARTIGO 4 - GEOTECNOLOGIAS LIVRES NA GESTÃO DE PROJETOS DE SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

1.0 INTRODUÇÃO

A modelagem hidráulica de sistemas de coleta e transporte de esgotos sanitários tem sido amplamente utilizada, principalmente devido às facilidades e rapidez no cálculo propiciadas pelo desenvolvimento da informática, tanto no que diz respeito ao *hardware* como também ao software (DE CHIARA, 2011).

Os softwares de modelagem hidráulica apresentam, em sua maioria, operação simples e intuitiva. Estes são uma simplificação dos sistemas de rede de esgoto, permitindo as decisões no processo são baseadas em critérios definidos pelo usuário, como a variação máxima no diâmetro do tubo, nas declividades mínimas e máximas do tubo, níveis de entrada, saída e sentido do fluxo (MCKIBBEN, 1994).

Os resultados das simulações são apresentados em tabelas customizáveis onde os dados a serem visualizados podem ser definidos pelo usuário e graficamente, onde se pode acompanhar dinamicamente, em tela, as características hidráulicas do projeto em elaboração (FEINBERG, 1997).

A Empresa de Saneamento de Mato Grosso do Sul - SANEUL, desde 2003, tem utilizado em seus projetos de dimensionamento de redes coletoras de esgoto sanitário o software CEsg (FCTH, 2003). Trata-se de um sistema computacional para projeto de redes urbanas de esgotamento sanitário, de acordo com os padrões das normas brasileiras. Desenvolvido pela Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica - FCTH em ambiente “Microsoft Windows”, o software incorpora todas as ferramentas de traçado e desenho. A interface de trabalho é semelhante àquela dos aplicativos de CAD. Seu sistema gera automaticamente os desenhos de engenharia necessários e realiza o levantamento das quantidades de materiais e serviços, necessárias para a elaboração do orçamento das obras (FCTH, 2003).

A modelagem requer alta qualidade de dados planialtimétricos e cadastrais para produzir resultados acurados, tanto nas fases de projeto, implantação/execução e operação dos sistemas de esgotamento sanitário. Neste sentido, a utilização de um Sistema de Informação Geográfica – SIG torna o trabalho mais eficiente, proporcionando uma análise de múltiplos critérios de maneira especializada (DE CHIARA, 2011).

A aplicação da tecnologia de informação no gerenciamento de projetos é uma ferramenta efetiva para otimização do gerenciamento dos sistemas de engenharia. A principal razão para se adotar as melhores ferramentas reside no fato de que as organizações públicas têm responsabilidade de prover, com sua prestação de serviços, os seus usuários de maneira eficiente, atendendo as demandas. Para tal, necessitam utilizar toda a informação disponível em mapas, tabelas, relatórios e outros meios de armazenamento.

A associação do SIG a modelagem hidráulica pode permitir rapidez na obtenção dos dados necessários à elaboração de projetos, além servir como componente do banco de dados espacial a ser utilizado pela empresa.

De forma a minimizar os custos e viabilizar o estudo de aplicação, utilizou-se o SIG gvSIG, versão 1.12 (VALENCIANA, 2012). Trata-se de um software livre e gratuito, com grande número de usuários e tutoriais em português, além de suporte a diversos formatos de arquivos raster e vetoriais.

2.0 OBJETIVOS

Avaliar a aplicabilidade de software SIG livre e gratuito como fonte de informações e na gestão de projetos de rede coletora de esgoto sanitário.

Avaliar a interpolaridade entre os softwares de dimensionamento e o SIG e tempo necessário para processamento dos dados.

3.0 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Área de estudos

Por conta do convênio de cooperação técnica celebrado entre a Empresa de Saneamento de Mato Grosso do Sul – SANESUL e a Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS, a área de estudo foi o perímetro urbanizado do Município de Coronel Sapucaia/MS, sendo piloto para o estudo a Vila Mate Laranjeira (Figura IV.1). O município situa-se no sul da região Centro-Oeste do Brasil, no sudoeste de Mato Grosso do Sul, fronteiro à cidade paraguaia de Capitan Bado.

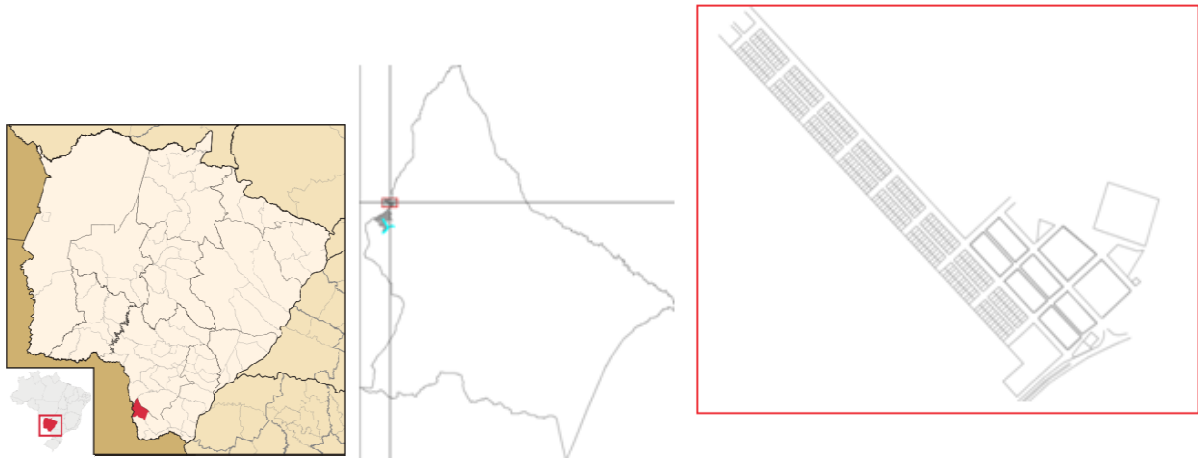


Figura IV. 1 - Localização do Bairro Mate laranja no Município de Coronel Sapucaia/MS. Adaptado de Abreu (2006).

3.2 Aquisição de dados

3.2.1 Levantamento planialtimétrico

Depois de efetuado o georreferenciamento da base vetorial disponibilizada pela SANESUL, observou-se em campo grandes distorções. Por isso foi necessário realizar novo levantamento planialtimétrico e colocação dos referenciais de nível - RN's no município de Coronel.

O levantamento teve início com a implantação de uma rede de marcos de coordenadas geodésicas, transportadas a partir do Marco 92798 do IBGE (Tabela IV.1 e Figura IV.2) de Amambaí/MS por equipamento GPS RTK Trimble R6 (equipamento de acurácia milimétrica que opera em tempo real).

Tabela IV. 1 - Informações do Marco 92798 do IBGE de Amambaí/MS (IBGE. 2007).



Relatório de Estação Geodésica

Estação :	92798	Nome da Estação :	92798	Tipo :	Estação Planimétrica GPS
Município :	AMAMBAÍ			UF :	MS
Última Visita:	23/6/2008	Situação Marco Principal :	Bom		
Conexões :	EG : 8062255 RN : 1540J				
DADOS PLANIMÉTRICOS		DADOS ALTIMÉTRICOS		DADOS GRAVIMÉTRICOS	
Latitude	23 ° 13 ' 15,4315 " S	Altitude Ortométrica(m)	452,6887	Gravidade(mGal)	978.687,24
Longitude	55 ° 12 ' 24,5700 " W	Fonte	Nivelamento Geométrico	Sigma Gravidade(mGal)	
Fonte	GPS Geodésico	Sigma Altitude (m)	0,07	Precisão	E <= 0,05 mGAL
Origem	Ajustada	Datum	Imbituba	Datum	RGFB
S Datum	SAD-69	Data Medição	17/3/1981	Data Medição	18/6/2008
A Data Medição	16/11/2007	Data Cálculo	15/6/2011	Data Cálculo	22/11/2011
D Data Cálculo	29/7/2008			Correção Topográfica	
6 Sigma Latitude(m)	0,013	Altitude Ortométrica(m)	452,70	Anomalia Bouguer	-58,87
9 Sigma Longitude(m)	0,029	Altitude Geométrica(m)	458,17	Anomalia Ar-Livre	-8,22
UTM(N)	7.430.870,223	Sigma Altitude Geométrica(m)		Densidade	2,67
UTM(E)	683.488,292	Fonte	GPS Geodésico		
MC	-57	Data Medição	16/11/2007		
		Data Cálculo	28/6/2010		
		Modelo Geoidal	MAPGEO2010		
Latitude	23 ° 13 ' 17,0924 " S	Altitude Ortométrica(m)	452,69	Gravidade(mGal)	978.687,24
S Longitude	55 ° 12 ' 20,4303 " W	Altitude Geométrica(m)	457,88	Sigma Gravidade(mGal)	
I Fonte	GPS Geodésico	Fonte	GPS Geodésico	Precisão	E <= 0,05 mGAL
R Origem	Ajustada	Data Medição	16/11/2007	Datum	RGFB
G Datum	SIRGAS2000	Data Cálculo	28/6/2010	Data Medição	18/6/2008
A Data Medição	16/11/2007	Sigma Altitude Geométrica(m)	0,007	Data Cálculo	22/11/2011
S Data Cálculo	29/7/2008	Modelo Geoidal	MAPGEO2010	Correção Topográfica	
2 Sigma Latitude(m)	0,001			Anomalia Bouguer	-58,82
0 Sigma Longitude(m)	0,001			Anomalia Ar-Livre	-8,15
0 UTM(N)	7.430.837,866			Densidade	2,67
0 UTM(E)	683.433,939				
MC	-57				

- Ajustamento Altimétrico Simultâneo da Rede Altimétrica em 15/06/2011 - Relatório em <http://geotop.ibge.gov.br/documentos/geodesia/relatorioajustamento.pdf>
- Ajustamento Planimétrico SIRGAS2000 em 23/11/2004 e 06/03/2006 - Relatório em http://geotop.ibge.gov.br/documentos/geodesia/REL_sirgas2000.pdf
- Ajustamento Planimétrico Global SAD-69 em 15/06/1998 - Relatório em http://geotop.ibge.gov.br/documentos/geodesia/REL_sad69.pdf
- Dados Planimétricos para Fonte carta nas escalas menores ou igual a 1:250000, valores SIRGA S2000 = SAD-69

Localização

A 16 m da margem, lado esquerdo da Rodovia MS-156, sentido Amambaí - Tacuru, 6 m lado interno da cerca, 100 m além de uma curva a direita, 10,10 km além do Córrego Pandui e 0,65 km aquém do Córrego Murutim.

Descrição

Tronco piramidal de concreto medindo 12 cm x 12 cm no topo, aforando 23 cm da base. Possui uma chapa de metal estampada RN 1540-J.

Itinerário

Partir da Rodoviária de Amambaí-MS e seguir em direção ao Sul para Tacuru-MS, pela Rodovia MS-156. Com 12 km e 20 m à margem esquerda, local do marco.



Figura IV. 2 – Foto marco 92798 do IBGE, em Amambaí/MS.

A implantação e levantamento geodésico dos marcos tiveram como finalidade apoiar as poligonais topográficas checando e melhorando suas precisões. A medição dos marcos de apoio foi executada por rastreamento de satélite do sistema GPS RTK com tempo de espera de rastreamento de 5 minutos. Todos os marcos e piquetes tiveram suas altitudes determinadas por nivelamento geométrico conforme item 3.20 da NBR 13.133/94 (ABNT, 1994).

As estações de marcos de apoio foram medidas por rastreamento dos satélites com utilização de GPS no modo estático com utilização de receptores de precisão geodésica, ou seja, receptores de dupla frequência (código C/A e portadoras L1 e L2).

As informações coletadas em campo com receptores GPS geodésicos, por utilizar sistema em tempo real, a correção da ambigüidade é feita através de comunicação de ondas de rádio RTK, não exigindo um pós processamento, extraindo-se as coordenadas em tempo real.

Os marcos de apoio geodésico foram implantados em locais específicos e de relevância em locais de boa visibilidade e proteção e possuem as seguintes configurações:

- Topo 0,15 m x 0,40 m;
- Base de concreto de 0,15 m x 0,15 m;
- Aflorando 0,10 m do solo;

As informações coletadas em campo com receptores GPS geodésicos, por utilizar sistema em tempo real, a correção da ambigüidade é feita através de comunicação de ondas de rádio RTK, não exigindo um pós processamento, extraindo-se as coordenadas em tempo real. Como o levantamento partiu-se de uma coordenada conhecida georreferenciada com o marco MS 11 do IBGE não foi necessário o pós processamento através de RBMC.

- Altitude de Referência foi à altitude geométrica do elipsóide coletada a partir do marco geométrico MS11 descrito acima.
- Os dados de campo foram checados com a tolerância através da verificação da caderneta, e nos relatórios de caderneta;

A partir de um levantamento de campo e observações expeditas na imagem de satélite foram elaboradas as diretrizes de distribuição de uma rede de apoio de marcos de referenciais de nível - RN's (Figura IV.3), que foram implantados na área urbanizada seguindo os seguintes critérios:

- O nivelamento foi executado pelo método geométrico, sempre acompanhado de contranivelamento, sendo deixado referências de nível em pontos específicos de relevância para este projeto;
- Os RN's foram materializados nos marcos de concreto tipo tronco de 10 x 10 x 40 cm, e em piquetes de madeira que posteriormente serão substituídos por marcos em concreto.

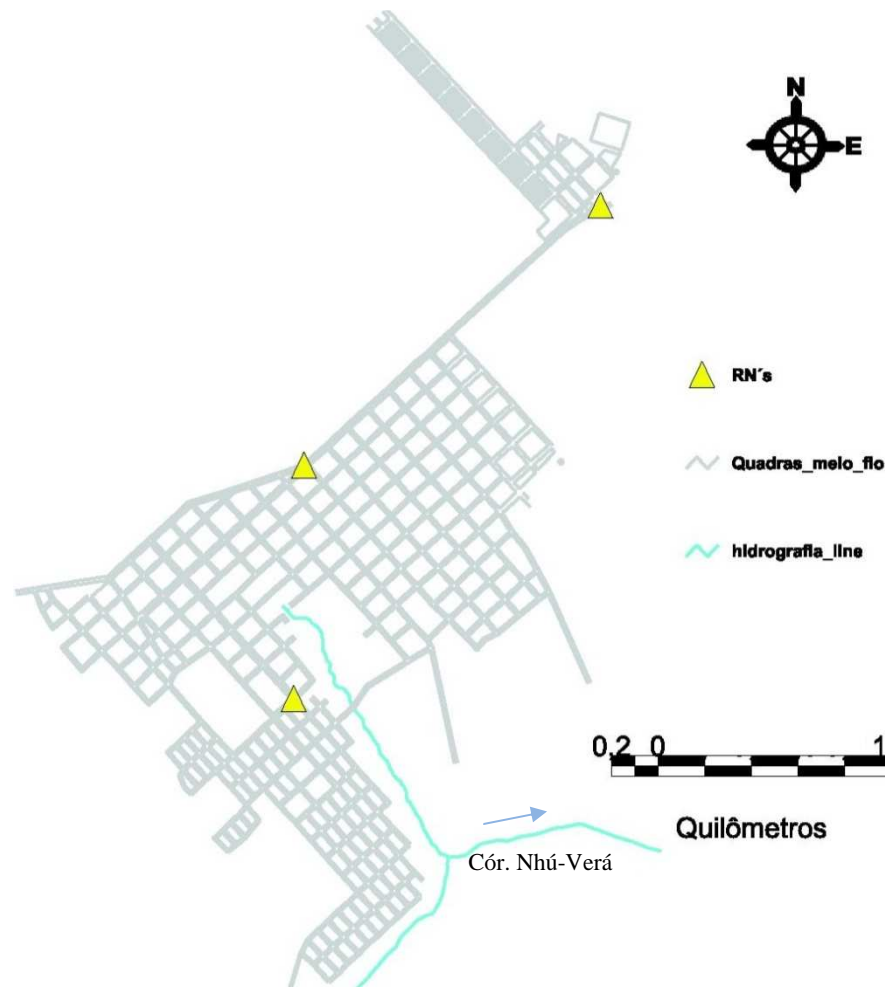


Figura IV. 3 - Localização dos RN's, em Coronel Sapucaia/MS.

O levantamento topográfico cadastrou todos os elementos e interferências necessárias à caracterização da situação existente com vistas a se efetuar a base planialtimétrica e cadastral. Os dados cadastrais coletados a partir das poligonais de campo foram:

- Sistema de esgoto existente;

- Sistema de abastecimento de água existente;
- Caixas de inspeção de água, esgoto, elétricas e telefônica;
- Alinhamentos prediais;
- Vias pavimentadas;
- Sarjetas e meio-fio;
- Formações rochosas;
- Talwegues;
- Córregos;
- Pontes;
- Drenagem pluvial;
- Cota de cada ponto coletado citado acima.

3.2.1.1 Processamento dos dados

Os pontos coletados foram descarregados no computador e lançados no DraftSight (DASSAULT, 2011) para elaboração dos desenhos, conforme pode ser observado na figura IV.4. Posteriormente os dados foram agrupados em camadas (*Layers*), com os pontos sendo interligados para formar os desenhos das unidades levantadas.

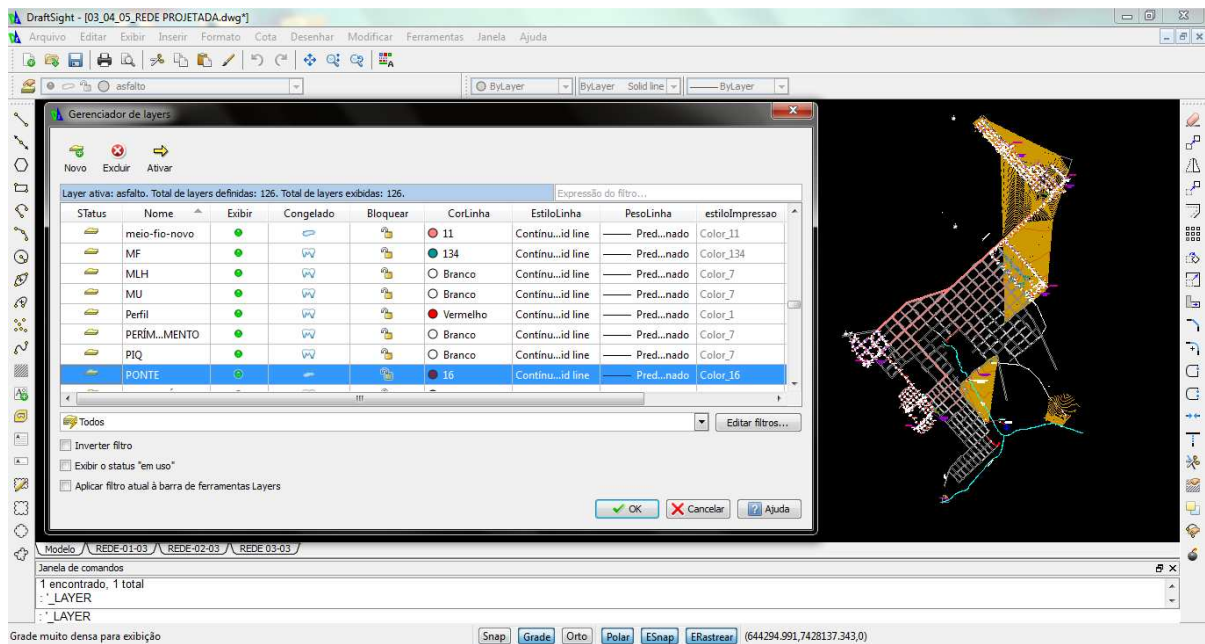


Figura IV. 4 - Vista dos dados do levantamento descarregados e desenhados (direita) e Gerenciados de *layers* com a divisão das camadas (esquerda).

3.2.2 Ligações domiciliares

As ligações domiciliares foram cadastradas como base no cadastro do sistema comercial da SANESUL. Este sistema guarda o histórico de consumo de cada usuário, e serve de base para efetuar o sistema de cobrança. Para efetuar seu georreferenciamento elaborou-se um dicionário de dados. Em campo, com um GPS de navegação cadastrou-se o ponto geográfico relacionado à coordenada da residência. O SIG utilizado para tal procedimento foi o gvSIG *Mobile* (VALENCIANA, 2012), e o equipamento foi um GPS Trimble Juno SB (receptor com portadora L1). Por fim, as coordenadas foram atribuídas à planilha eletrônica de cadastro dos consumidores.

3.3 Elaboração do Projeto de rede coletora de esgoto

Com auxílio do CEsg Tigre (FCTH, 2003), versão 7.1.0 (Figura IV.5), efetuou-se o traçado de rede com base nos parâmetros estipulados pela ABNT 9649/ 1986 – Projeto de redes coletoras de esgoto (ABNT, 1986).

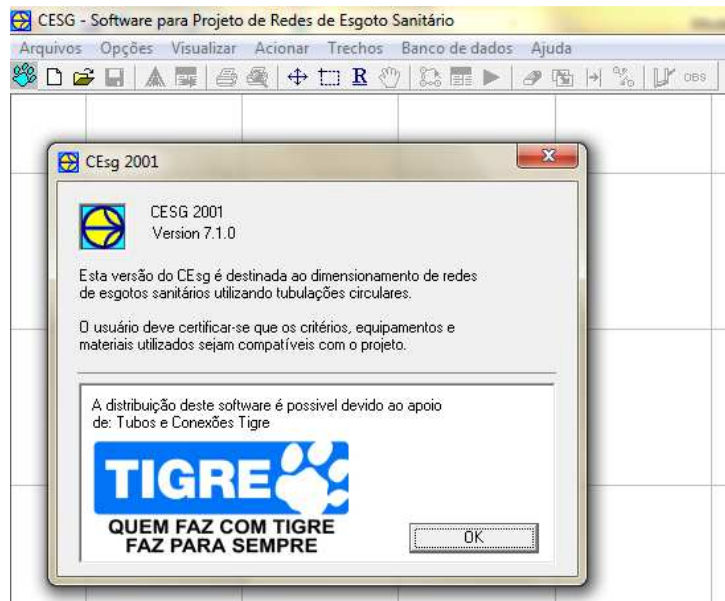


Figura IV. 5 - Software de modelagem hidráulica para dimensionamento de redes coletoras de esgoto Tigre CEsg.

O software trabalha com sistema de referência em metros. Como a base planialtimétrica necessária ao dimensionamento foi georreferenciada, foi possível realizar o referenciamento das unidades do projeto elaborado com base no SIG.

Os arquivos de informação a serem importados para o dimensionamento da rede coletora no CEsg devem estar em formato dxf. Desta forma os *layers* com as informações de altimetria, quadras e meio fio, necessárias ao dimensionamento, foram exportadas do gvSIG 1.12 (VALENCIANA, 2012) neste formato (Figura IV.6).

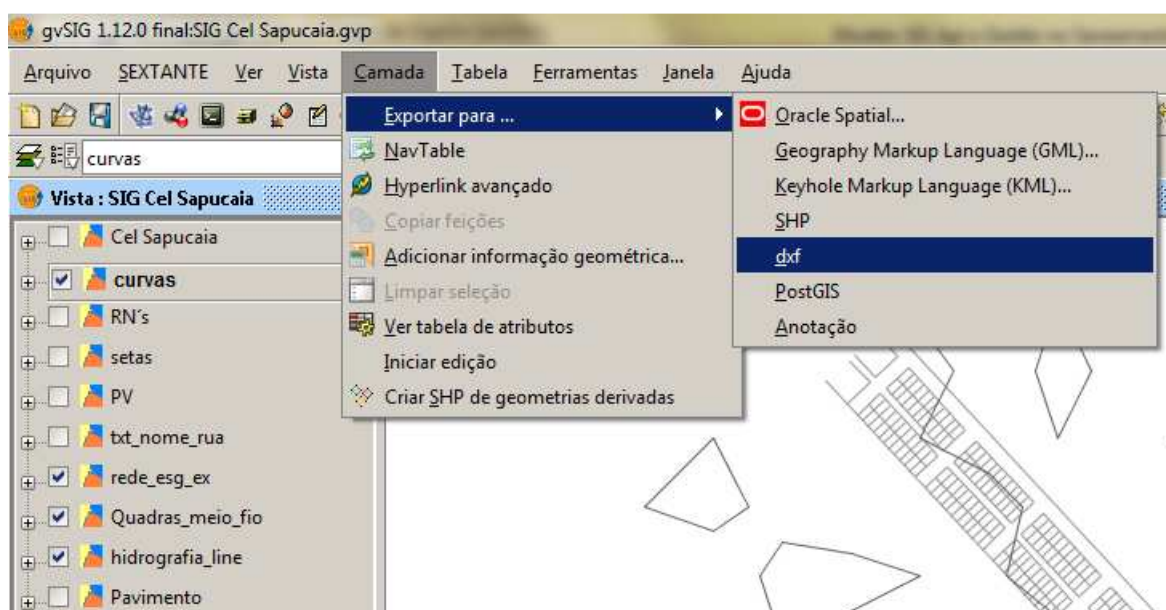


Figura IV. 6 - Exportação dos *layers* de topografia e quadras para dxf no gvSIG.

Posteriormente efetuou-se o referenciamento das planilhas eletrônicas de resultado fornecidas pelo CEsg após o dimensionamento para entrada destas no banco SIG. O referenciamento ocorreu de maneira facilitada, uma vez que uma das abas de resultados apresenta as coordenadas centrais das singularidades (poços de visita, terminais de limpeza, caixas de passagem, etc.) do sistema, denominada de “Nó”. Com auxílio da função PROCV do Excel, relacionando o nome da singularidade com suas coordenadas, realizou-se o procedimento.

Nome do Coletor	Nó	Coordenada N (m)	Coordenada E (m)	Cota Terreno (m)	Qpontual Ini (l/s)	Qpontual Fim (l/s)	Tipo do Nó	Situação
C1	1	7427190,20	651171,22	528,426	0,0000	0,0000	TL	Rede Projetada
	2	7427165,50	651098,04	528,343	0,0000	0,0000	PV	Rede Projetada
	3	7427222,48	651045,13	527,990	0,0000	0,0000	PV	Rede Projetada
	4	7427260,76	651009,58	527,942	0,0000	0,0000	PV	Rede Projetada
	5	7427308,39	650965,34	528,165	0,0000	0,0000	PV	Rede Projetada
	6	7427356,02	650921,12	528,060	0,0000	0,0000	PV	Rede Projetada
	7	7427403,65	650876,88	527,798	0,0000	0,0000	PV	Rede Projetada
	8	7427451,28	650832,65	527,441	0,0000	0,0000	PV	Rede Projetada
	9	7427500,01	650787,41	527,035	0,0000	0,0000	PV	Rede Projetada
	10	7427550,21	650740,79	527,241	0,0000	0,0000	TQ	Rede Projetada
	11	7427582,20	650775,24	526,707	0,0000	0,0000	TQ	Rede Projetada
	12	7427613,93	650809,21	525,482	0,0000	0,0000	TQ	Rede Projetada
	13	7427597,27	650824,73	525,554	0,0000	0,0000	PV	Rede Projetada
	14	7427610,78	650839,44	525,075	0,0000	0,0000	PV	Rede Projetada
C2	15	7427826,97	650483,82	528,446	0,0000	0,0000	TL	Rede Projetada
	16	7427747,62	650557,31	528,020	0,0000	0,0000	PV	Rede Projetada
	17	7427700,19	650601,54	527,534	0,0000	0,0000	PV	Rede Projetada
	18	7427652,56	650645,76	526,863	0,0000	0,0000	PV	Rede Projetada
	19	7427600,65	650693,96	526,827	0,0000	0,0000	PV	Rede Projetada
	10	7427550,21	650740,79	527,241	0,0000	0,0000	TQ	Rede Projetada
C3	20	7427118,33	651205,96	528,605	0,0000	0,0000	TL	Rede Projetada
	21	7427197,48	651132,47	528,637	0,0000	0,0000	PV	Rede Projetada
	22	7427254,46	651079,56	528,350	0,0000	0,0000	PV	Rede Projetada
	23	7427292,74	651044,01	528,245	0,0000	0,0000	PV	Rede Projetada
	24	7427340,37	650999,79	528,433	0,0000	0,0000	PV	Rede Projetada
	25	7427388,01	650955,56	528,090	0,0000	0,0000	PV	Rede Projetada
	26	7427435,64	650911,33	527,620	0,0000	0,0000	PV	Rede Projetada
	27	7427483,27	650867,10	527,159	0,0000	0,0000	PV	Rede Projetada
	28	7427532,74	650821,17	526,800	0,0000	0,0000	PV	Rede Projetada
	11	7427582,20	650775,24	526,707	0,0000	0,0000	TQ	Rede Projetada
	C4	29	7427858,95	650518,27	527,945	0,0000	0,0000	TL
30		7427779,81	650591,75	527,724	0,0000	0,0000	PV	Rede Projetada
31		7427732,18	650635,98	527,263	0,0000	0,0000	PV	Rede Projetada
32		7427684,54	650680,21	527,120	0,0000	0,0000	PV	Rede Projetada
33		7427632,64	650728,41	527,000	0,0000	0,0000	PV	Rede Projetada

Figura IV. 7 - Área de trabalho de CEsg apresentando a planilha de nós, onde constam as coordenadas das singularidades (destaque em laranja).

A planilha eletrônica com as informações do projeto posteriormente é importada ao gvSIG através da ferramenta *point layer from table*, presente no pacote de algoritmos Sextante (Figura IV.8).

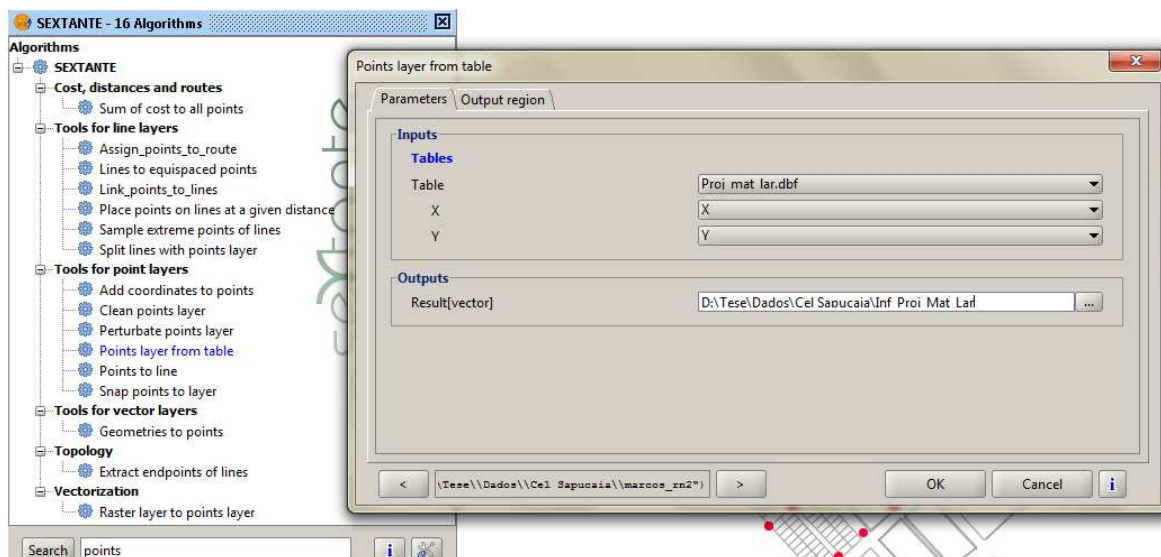


Figura IV. 8 - Ferramenta *Points layer from table*, da extensão Sextante no gvSIG 1.12.

4.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A necessidade de se efetuar o levantamento planialtimétrico e cadastral adveio das grandes distorções existentes no arquivo vetorial, em dwg, utilizado pela SANESUL como base para cadastramento de suas redes de água e esgoto existentes. Estas discrepâncias foram constatadas ao se georreferenciar esta base e confrontá-la com uma vistoria *in loco*. Tal situação pode ser devido ao fato de a base com distorções ter sido originalmente produzida em um CAD. Os CAD's trabalham com geometria cartesiana, plana, não levando em conta a curvatura terrestre (PARANHOS FILHO, LASTÓRIA, & TORRES, 2.008).

A locação dos marcos RN's além de nortear os levantamentos auxiliarão quando da execução dos projetos de instalação/ampliação dos sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário.

Efetuuou-se a composição do banco SIG para Coronel Sapucaia (Figura IV.9), com as informações inseridas em camadas distintas, de forma a facilitar e flexibilizar a entrada e análise dos dados, seja por múltiplos usuários ou avaliação de critérios específicos em detrimento de outros.

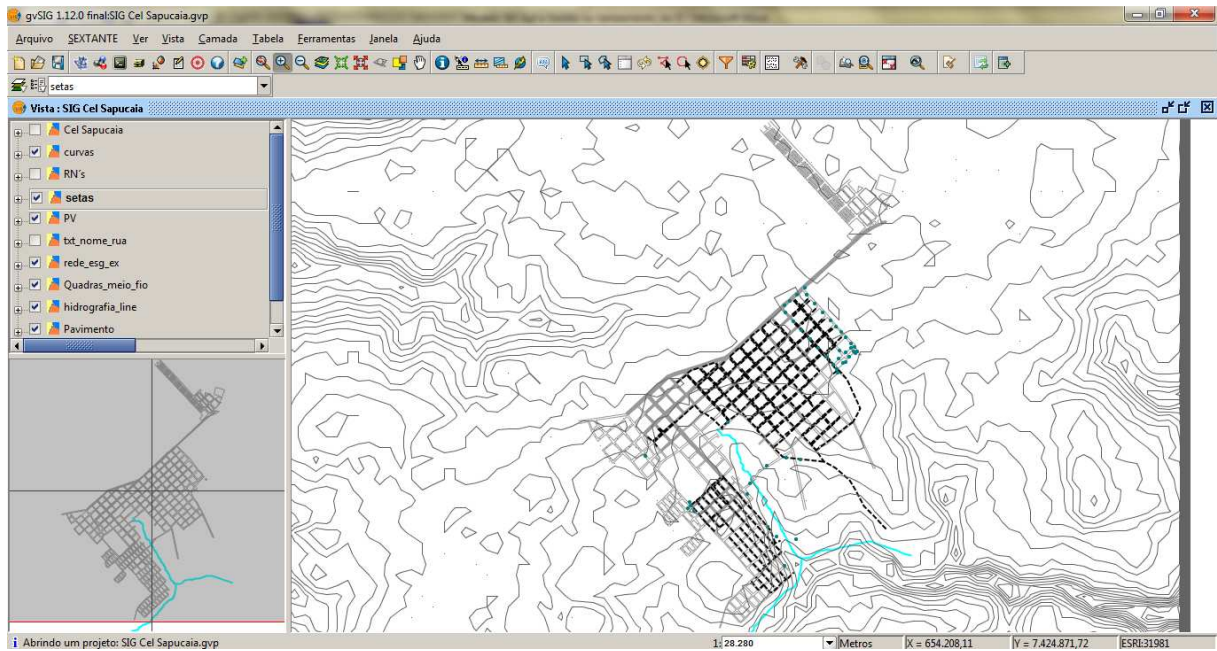


Figura IV. 9 - Vista SIG Coronel Sapucaia/MS.

Para dimensionamento da rede coletora do Bairro Mate Laranjeira foram necessárias as informações de altimetria e quadras. Estas foram extraídas do SIG no formato dxf e inseridas no CEsg para traçado do projeto (Figura IV.10).

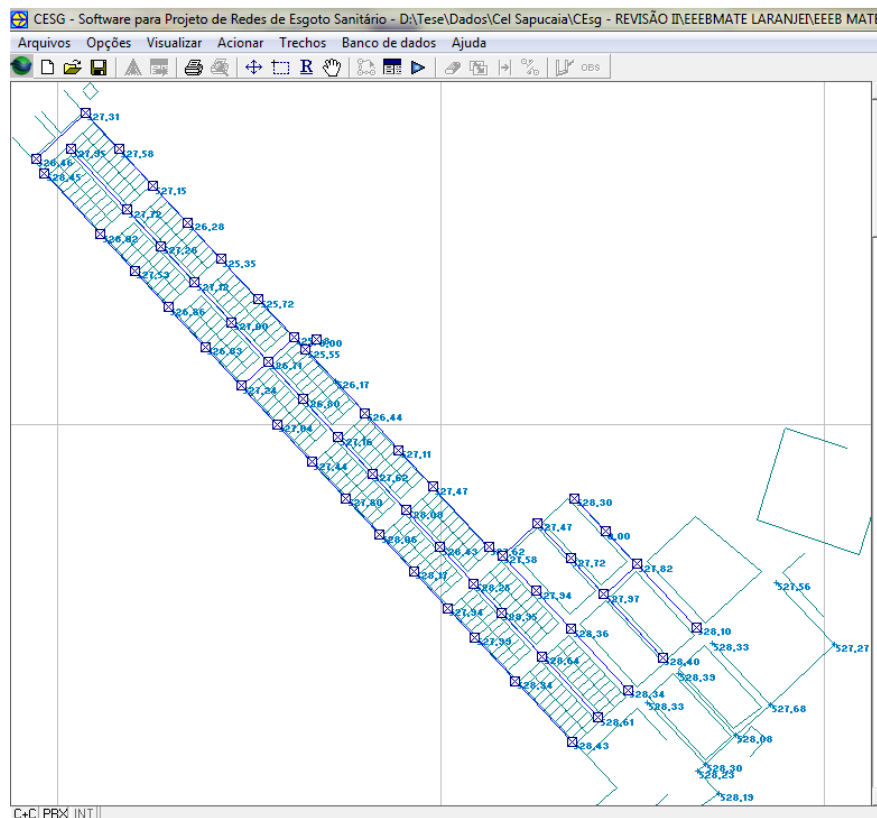


Figura IV. 10 - Área de trabalho do CEsg com arquivos importados do gvSIG, em formato dxf, referentes a quadras e pontos altimétricos.

No dimensionamento e definição do traçado da rede, as informações das interferências foram obtidas diretamente do SIG composto como tipo de pavimento, localização e profundidade de interferências como drenagem, redes de água e telefone. Tal procedimento agilizou o processo decisório em relação ao locacional e profundidade da rede coletora. O número de ligações e o consumo *per capita* de água, necessários ao dimensionamento, também foram obtidos do banco SIG.

A importação da planilha de informações de projeto (Figura IV.11) permite visualização de todos os dados referentes ao sistema dimensionado, como cota de terreno e do coletor, altura da lâmina de esgoto na tubulação, vazão de início e final de plano dentre outros. O traçado de rede foi exportado em dxf e importado para o SIG para compor o banco de dados (Figura IV.12).

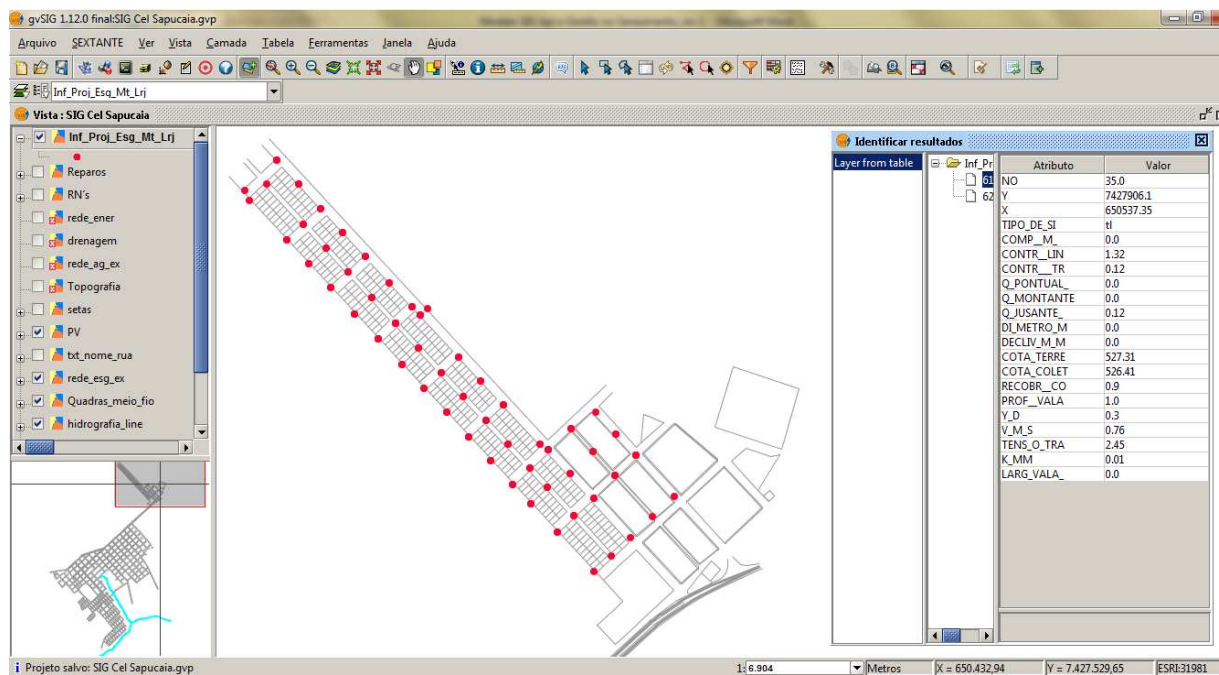


Figura IV. 11 - Vista planilha de resultados do projeto importada (a direita).

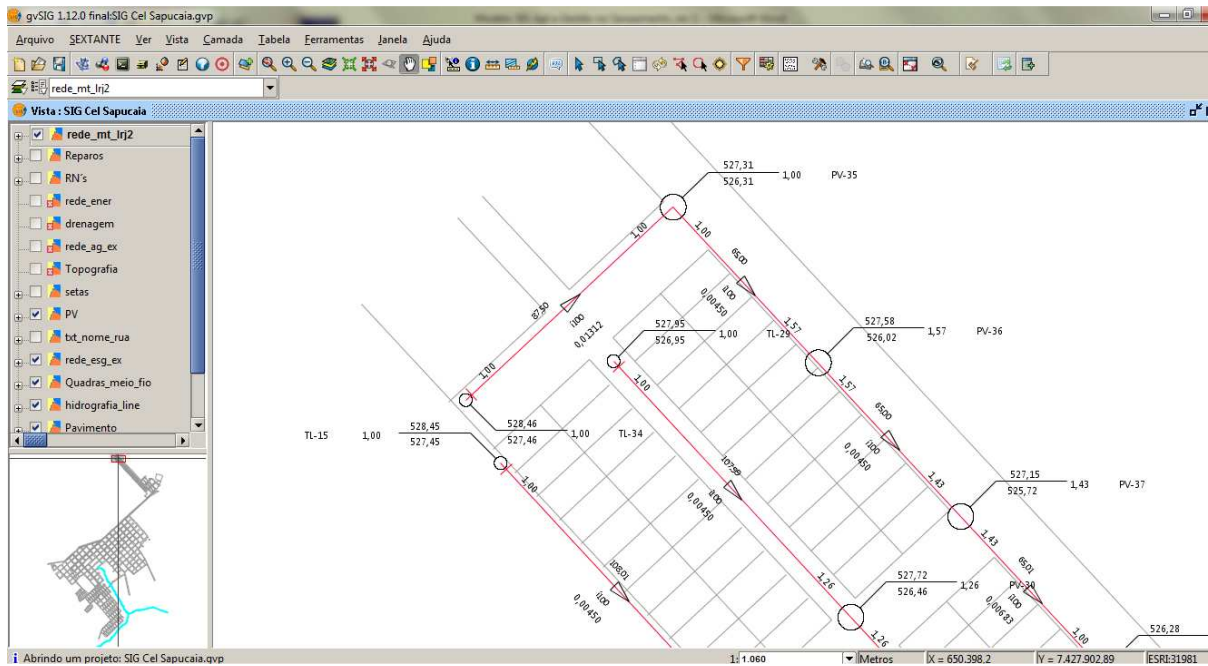


Figura IV. 12 - Traçado de rede coletora importado no gvSIG.

Ao se compor no banco de dados único dentro do SIG, as informações constantes nele serviram de base para as informações que alimentaram o software de modelagem hidráulica permitindo uma maior rapidez na compilação dos dados necessários à simulação, incluindo a indexação espacial dos mesmos.

O SIG composto proporcionou, com rapidez e confiabilidade, a utilização de dados do sistema de cadastro de consumidores de maneira a permitir, após sua espacialização, sua quantificação e para utilização nos cálculos das vazões no modelo, com base nos consumos medidos nos hidrômetros. No caso de gerenciamento de redes existentes, torna-se possível estimar a vazão de cada trecho associando-se a contribuição de cada ligação.

Esta espacialização dos dados e informações vem a facilitar a disponibilização destes para outros setores da empresa, por exemplo, ao setor de orçamento para elaboração de planilha de custos de obra de determinado trecho de rede coletora. Isto se torna possível em função de o SIG apresentar suporte a diversos formatos de arquivos vetoriais e raster.

A composição do banco de dados em camadas individuais a cada informação resultou num SIG dinâmico e de processamento “leve” e rápido. Esta forma de introdução de dados possibilita uma maior flexibilidade de uso e edição dos mesmos.

Alguns dados como o uso e ocupação de solo, pedologia, geologia e consumo per capita etc., são informações típicas associadas a regiões de ocorrência. A distribuição dos mesmos, espacialmente, por zonas homogêneas, não necessariamente coincide com a

distribuição das bacias de esgotamento. O SIG tem a capacidade de proporcionar a análise de tais parâmetros, levando-se em consideração a área das bacias de esgotamento.

A espacialização dos dados de projeto, bem como de rede existente coletora de esgoto sanitário permite uma análise conjunta de dados, de modo a poder priorizar as obras de extensão e ou substituição das mesmas, de acordo com o crescimento populacional.

Através do acesso direto a base de dados, os resultados da simulação puderam ser visualizados em combinação com múltiplos parâmetros. Isto permite uma melhor descrição do sistema de esgotos dimensionado e sua interação com qualquer outra informação relevante.

Torna-se imprescindível o estabelecimento de atualização freqüente da base de dados, de forma que o mesmo não se torne obsoleto com o tempo. O ideal é formar uma equipe especializada para alimentação/atualização do SIG. A criação de um setor específico para cadastramento é indicado para manutenção na qualidade das informações.

5.0 CONCLUSÃO

O SIG livre e gratuito, para as demandas deste trabalho, supriu as necessidades, por parte da companhia de saneamento, de uma ferramenta que atenda às novas perspectivas de otimização do gerenciamento da infra-estrutura já implantada e a priorização ao atendimento do usuário final a baixo custo.

A interoperabilidade do SIG possibilitou uma integração harmoniosa com o software de modelagem hidráulica, servido até mesmo como base de informações para o dimensionamento de rede coletora. O suporte a múltiplos formatos permitiu também a importação dos traçados para composição do banco de dados.

O uso de ferramentas livres e gratuitas, caso não atendam plenamente as demandas, podem servir de marco balizador ao tomador de decisão quanto ao investimento em soluções de softwares SIG comerciais.

Sugere-se em futuros estudos a avaliação do desempenho do SIG compondo-o em um servidor de base de dados, sendo este acessado por múltiplos usuários simultaneamente.

6.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. (1986). *NBR 9649 - Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário*. Rio de Janeiro: RJ.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. (1994). *NBR 13133 - Execução de levantamento topográfico*. Rio de Janeiro: ABNT.

ABREU, R. d. (2006). *Map locator of Mato Grosso do Sul's city*. Wikipédia, a enciclopédia livre. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:MatoGrossodoSul_MesoMicroMunicip.svg>. Acesso em 12 de dezembro de 2012.

DASSAULT, D. S. (2011). *DraftSight: Professional-grade, free CAD software*. Disponível em: <<http://www.3ds.com/products/draftsight/overview/>>. Acesso em 19 de março de 2012.

DE CHIARA, C. T. (2011). GIS e Modelagem - Gerenciando o Sistema de Coleta e Transporte de esgoto. In: M. T. TSUTIYA, & P. A. SOBRINHO, *Coleta e Transporte de Esgoto Sanitário* (p. 548). Rio de Janeiro: ABES.

FCTH, Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica. (2003). *Sistemas Hidráulicos para Infra Estrutura Urbana*. Disponível em: <<http://www.fcth.br/software/software.html>>. Acesso em 29 de outubro de 2007.

FEINBERG, D. (1997). *Integrating GIS With Water and Wastewater Hydraulic Models*. ESRI.

MCKIBBEN, W. (1994). *Wastewater Collection System Plannig With GIS in a Large System*. Urisa.

VALENCIANA, G. (2012). *Conselleria d'Infraestructures i Transport*. gvSIG versão 1.12. Disponível em: <<http://www.gvsig.org/web/>>. Acesso em 15 de março de 2012.

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 georreferenciáveis, 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 - SIG 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 trabalho, 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 SIG livres, como o gvSIG (SIG utilizado nos trabalhos desta Tese), 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. O fato é que por serem ferramentas SIG livres e gratuitas, pode-se fazer uso de diversos softwares para aplicações distintas. 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 BIBLIOGRÁFICAS

ABNT, A. B. (1994). *ABNT 12218/NB 594 - Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público - Procedimento*. Rio de Janeiro, RJ: ABNT.

ABNT, A. B. (1994). *NBR 13133 - Execução de levantamento topográfico*. Rio de Janeiro: ABNT.

ABNT, A. B. (1986). *NBR 9649 - Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário*. Rio de Janeiro: RJ.

ABREU, R. d. (02 de junho de 2006). *Map locator of Mato Grosso do Sul's city*. Acesso em 10 de dezembro de 2012, disponível em Wikipédia, a enciclopédia livre: http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:MatoGrossodoSul_MesoMicroMunicip.svg

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

Arrecthe, M. T. (s.d.). *Plano Nacional de Saneamento (PLANASA)*. Acesso em 2013

ARRETCHE, M. T. (2002). *Plano Nacioanal de Saneamento (PLANASA)*. Acesso em 02 de janeiro de 2013, disponível em <http://www.tecsi.fea.usp.br/eventos/Contecsi2004/BrasilEmFoco/port/economia/saneam/planasa/apresent.htm>

AVERY, T. E., & BERLIN, G. L. (1992). *Fundamentals of Remote Sensing and Airphoto Interpretation* (5ª Edição ed.). New Jersey: Prentice Hall.

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%20UTILIZACAO.pdf>. Acesso em: 18 janeiro 2011.

BRASIL. (2012). Acesso em 12 de outubro de 2012, disponível em Plano Nacional de saneamento Básico: <http://www.brasil.gov.br/noticias/arquivos/2012/08/14/brasil-quer-universalizar-servico-de-saneamento-basico-ate-2030>

BRASIL. (2013). *Portal do Software Público Brasileiro*. Acesso em 03 de janeiro de 2013, disponível em http://www.softwarepublico.gov.br/ver-comunidade?community_id=1444332

BRASIL. (2010). *Sistema Nacional de Informações Sobre o Saneamento - SNIS*. Acesso em 03 de outubro de 2012, disponível em <http://www.snis.gov.br/>

CASTANHEIRA, N. (2005). *Estatística aplicada a todos os níveis* (2 ed.). Curitiba, PR, Brasil: IBPEX.

CASTRO, L. S. (1975). *Pontos de Estatística* (16 ed.). Rio de Janeiro: Científica.

CNES, C. N. (dezembro de 2010). *Orfeo Toolbox is not a black box*. Acesso em 04 de fevereiro de 2012, disponível em <http://orfeo-toolbox.org/otb/download.html>

COPASA, Á. d. (2009). *Doenças de veiculação hídrica*. Acesso em 23 de março de 2012, disponível em http://www.copasa.com.br/media2/PesquisaEscolar/COPASA_Doem%C3%A7as.pdf

COXIM, P. M. (2011). *Descrição do Município*. Acesso em 10 de janeiro de 2013, disponível em <http://www.coxim.ms.gov.br/>

DASSAULT, D. S. (2011). *DraftSight: Professional-grade, free CAD software*. Acesso em 19 de março de 2012, disponível em <http://www.3ds.com/products/draftsight/overview/>

DE CHIARA, C. T. (2011). GIS e Modelagem - Gerenciando o Sistema de Coleta e Transporte de esgoto. In: M. T. TSUTIYA, & P. A. SOBRINHO, *Coleta e Transporte de Esgoto Sanitário* (p. 548). Rio de Janeiro: ABES.

ESTATCAMP. (2011). *Portal Action*. Acesso em 03 de maio de 2012, disponível em <http://www.portalaction.com.br/content/sobre-o-action>

FEINBERG, D. (1997). *Integrating GIS With Water and Wastewater Hydraulic Models*. ESRI.

FICCDC, Federal Interagency Coordinating Committee on Digital Cartography. (1988). *A summary of GIS activities in the federal government* (Vol. V). Washington, DC, USA: Reports Working Group.

FOINA, P. R. (2001). *Tecnologia da Informação: Planejamento e Gestão*. São Paulo, SP, Brasil: Atlas.

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

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia Estatística (2011). *Dados Históricos dos Censos*. Acesso em 28 de 12 de 2010, disponível em Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censohistorico/default_hist.shtm

IBGE, , Instituto Brasileiro de Geografia Estatística (2010). *Projeto SIRGAS 2000*. Acesso em 11 de novembro de 2011, disponível em http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/sirgas_proc/introducao.shtm

IBGE, , Instituto Brasileiro de Geografia Estatística (2007). *Sistema Geodésico Brasileiro: Banco de Dados Geodésicos – Modo Textual*. Acesso em 12 de novembro de 2012, disponível em <http://www.bdg.ibge.gov.br/bdg/pdf/relatorio.asp?L1=93542>

JOHNSON, R. A., KAST, F. D., & ROSENWEIG, J. E. (1964). Systems Theory and management. *Management Science* , 10, 367-384.

LÉVY, P. (2001). *A conexão planetária: o mercado, o ciberespaço, a consciência*. São Paulo, São Paulo, Brasil: 34.

- MCKIBBEN, W. (1994). *Wastewater Collection System Plannig With GIS in a Large System*. Urisa.
- NANI, A. S., DESCOVI FILHO, L., VIRTUOSO, M. A., MONTENEGRO, D., WILLRICH, G., MACHADO, P. H., et al. (2012). *Quantum GIS – Guia do Usuário, Versão 1.8.0 'Wroclaw'*. Acesso em 04 de janeiro de 2013, disponível em <http://qgisbrasil.org>.
- PARANHOS FILHO, A. C., LASTÓRIA, G., & TORRES, T. G. (2.008). *Sensoriamento Remoto Ambiental Aplicado: Introdução as Geotecnologias*. Campo Grande, MS, Brasil: UFMS.
- PORTO, R. d. (2006). *Hidráulica Básica* (4ª ed.). São Carlos, SP: EEESC USP.
- RAMOS, P. R., RAMOS, L. A., & LOCH, C. (2004). Sensoriamento Remoto como Ferramenta para a Gestão Ambiental e o Desenvolvimento Local. *7º Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário*. Florianópolis: UFSC, COBRAC.
- SANESUL, E. d. (2013). *SiiBO- Sistemas de Informações Gerenciais*. Campo Grande: GETI.
- SIKORSKI, S. R. (1996). Geoprocessamento como instrumento de planejamento urbano. *GIS BRASIL*, (pp. 40-45). Curitiba.
- SILLERO, N., & TARROSO, P. (2010). Free GIS for herpetologists : free data sources on Internet and comparison analysis of proprietary and free / open source software. *Acta Herpetologica* , 5, pp. 63-85.
- SPERLING, M. V. (1996). *Princípios do Tratamento Biológico das Águas Residuárias* (Vol. III). Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG.
- TSUTIYA, M. T. (2006). *Abastecimento de água* (4ª ed.). São Paulo, SP, Brasil: ABES.
- TSUTIYA, M. T., & SOBRINHO, P. A. (2011). *Coleta e Transporte de Esgoto Sanitário* (3ª ed.). Rio de Janeiro, RJ: ABES.
- VALENCIANA, G. (2012). *Conselleria d'Infrastructures i Transport*. Acesso em 15 de março de 2012, disponível em gvSIG versão 1.12: <http://www.gvsig.org/web/>
- VALERIANO, D. L. (1998). *Gerência em projetos - Pesquisa, Desenvolvimento e Engenharia*. São Paulo, SP, Brasil: Makron Books.
- VAZ, J. C. (2006). *Geoprocessamento. Dicas 94*. Acesso em 15 de fevereiro de 2007, disponível em <http://federativo.bndes.gov.br/dicas/D094%20-%20Geoprocessamento.htm>
- VON SPERLING, M. (1996). *Princípios do Tratamento Biológico das Águas Residuárias* (Vol. III). Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG.

ANEXOS

Norma para publicação de artigos Revista Engenharia Sanitária e Ambiental;