



Geotecnologias livres e/ou gratuitas aplicadas ao combate à perda de água em sistema de abastecimento de água

Vinícius de Oliveira Ribeiro¹
Antonio Conceição Paranhos Filho²
Flávia Maria Fogaça¹

¹ Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul - UEMS
Rodovia Dourados-Itahum, km 12, Cidade Universitária
79804-970 - Dourados - MS, Brasil
viniciusoribeiro@yahoo.com.br
flaviamariafogaca@gmail.com

² Universidade Federal de Mato Grosso do Sul -UFMS
Cidade Universitária - Caixa Postal 549
79070-900 - Campo Grande - MS, Brasil
toniparanhos@gmail.com

Resumo. Uma das principais prioridades das populações é o atendimento por sistemas de abastecimento de água em quantidade e qualidade adequadas. 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. O presente estudo, com vistas ao combate a perdas no sistema de abastecimento de água, efetuou a composição do banco SIG, com enfoque na especialização 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.

Palavras-chave: índice de perdas, geotecnologias, SIG, gvSIG.

Abstract. A key priority is the care of populations by public water supply systems in adequate quantity and quality. Often, due to scarcity of resources and the priority in supply costs, lets you invest in geotechnology tools due to high acquisition costs of the main Geographic Information Systems - GIS available in the commercial market. The present study, aimed at preventing losses in the water supply system, we performed the composition of the GIS database, focusing on the spatial distribution of repair and maintenance services in the treated water supply. Patterns were identified in the demands of the work leading to the establishment of preventive maintenance routines, resulting in a reduction in the gradual loss rate in the city of Coronel Sapucaia / MS.

Key-words: loss index, geotechnology, SIG, gvSIG.

1. Introdução

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

O Brasil pretende até 2030, universalizar o acesso aos serviços de saneamento básico como um direito social, 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 as 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 et al., 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 constados 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 2.2 (Valenciana, 2015). 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. Objetivo

Avaliar uso de um SIG em cidade de pequeno porte objetivando o controle de perdas de águas no sistema de abastecimento, e a adequação da geotecnologia aos usuários, as possibilidades de análises oferecidas, a manutenção e o acesso ao SIG pelos operadores locais.

3. Material e Métodos

A área selecionada para o estudo foi o Município de Coronel Sapucaia/MS (**Figura 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 situada no sul da região Centro-Oeste do Brasil, no sudoeste de Mato Grosso do Sul, fronteira a Cidade de *Capitan Bado* no Paraguai.

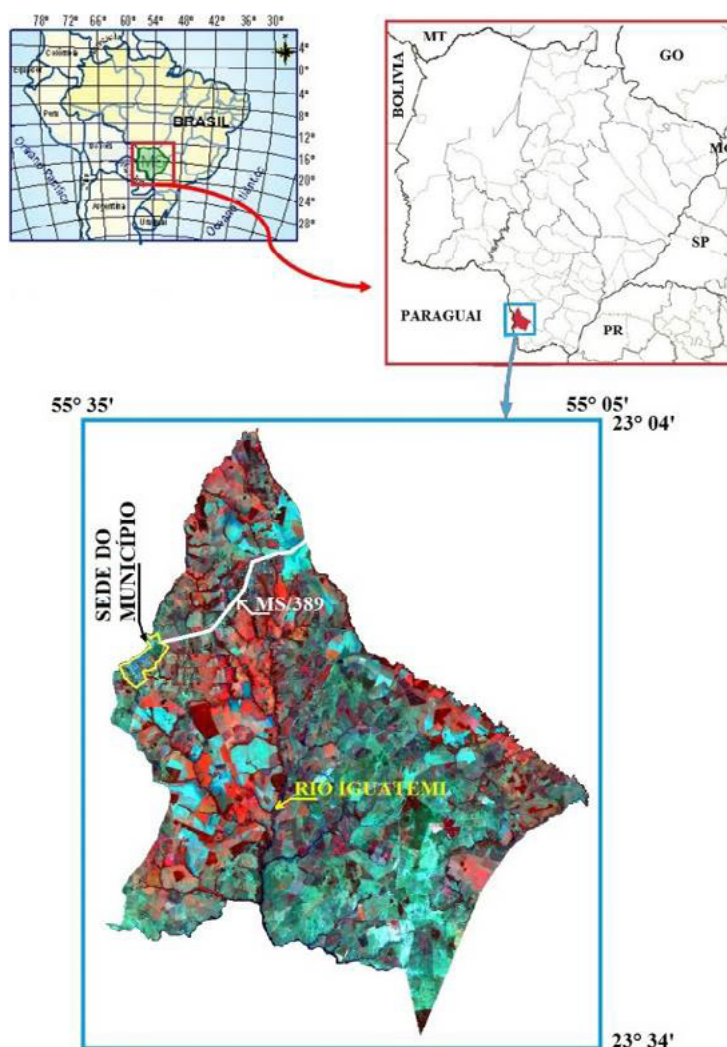


Figura 1. Município de Coronel Sapucaia, área do estudo situada na região sudoeste do Estado de Mato Grosso do Sul.

Para a aquisição de dados efetuou-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 de Amambaí/MS por equipamento GPS RTK Trimble R6 (equipamento de acurácia milimétrica que opera em tempo real). 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).

Como os receptores GPS geodésicos utilizam sistema em tempo real, as informações coletadas em campo tiveram a correção da ambiguidade realizada 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.

Como o levantamento partiu de uma coordenada conhecida georreferenciada com o marco MS 11 do IBGE não foi necessário o pós-processamento através de RBMC.

Para o levantamento, a altitude de Referência foi a altitude geométrica do elipsoide, coletada a partir do marco geométrico MS11 descrito acima, e 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 2**) e suas coordenadas (**Tabela 1**), que foram implantados na área urbanizada. Adotou-se como critério de nivelamento o método geométrico, sempre acompanhado de contranivelamento, sendo deixado referencias de nível em pontos específicos de relevância para este estudo.

Para os RN's, adotou-se como critério materializa-los 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, talvegues, córregos, pontes, drenagem pluvial e altimetria.

Na etapa de processamento de dados, os pontos coletados foram descarregados no computador e lançados no DraftSight (DASSAULT, 2011) para elaboração dos desenhos, e posterior agrupamento de dados em camadas (*Layers*), com os pontos sendo interligados para formar os desenhos das unidades levantadas.

As redes de água e esgoto não identificadas no levantamento de campo foram cadastradas com base nas plantas cadastrais existentes, tomando-se por base as amarrações indicadas nas mesmas com cantos de quadras, postes e outros pontos de referência, sendo posteriormente vetorializadas.

Tanto às redes de água como de esgoto sanitário, atribuiu-se banco de dados com informações constantes da **Tabela 2**, de forma a melhor caracterizar seu diâmetro, material, data de instalação dentre outras.

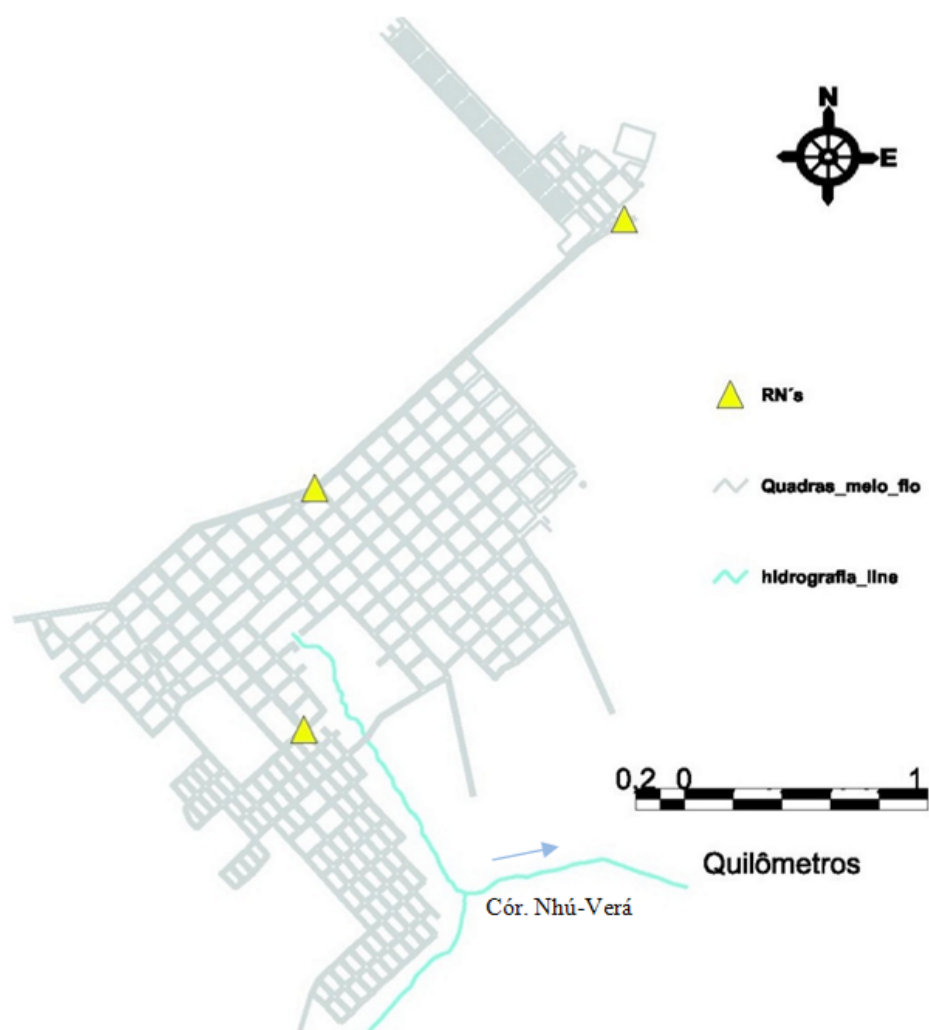


Figura 2. Localização dos RN's, em Coronel Sapucaia/MS.

Tabela 1. Coordenadas dos Marcos de Apoio.

Marcos Utilizados no Levantamento topográfico de Coronel Sapucaia - MS		
Identificação	Coordenadas	
	X	Y
Marco 1	651.402	7.427.028
Marco 2	650.127	7.425.908
Marco 3	650.081	7.424.893

Tabela 2. Fragmento da tabela 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 (**Tabela 3**). Quando o leitorista do hidrômetro foi efetuar a medição nos consumidores, com um GPS de navegação o mesmo cadastrou o ponto geográfico relacionado à 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 (**Tabela 4**).

Tabela 3. Parte da tabela de Dados para georreferenciamento dos dados de consumo.

Rota	Nome da Rua	Número 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

Tabela 4. Parte da tabela cadastro de usuário com ligações de água.

Rota	Nome da Rua	Número 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

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.

Lançaram-se as zonas de pressão referentes ao Sistema de Abastecimento de água do município (**Figura 3**), inseridos em formato dxf, obtidos do software de dimensionamento EPANET (EPA, 2008).

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).

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 **Tabela 5**.

Tabela 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

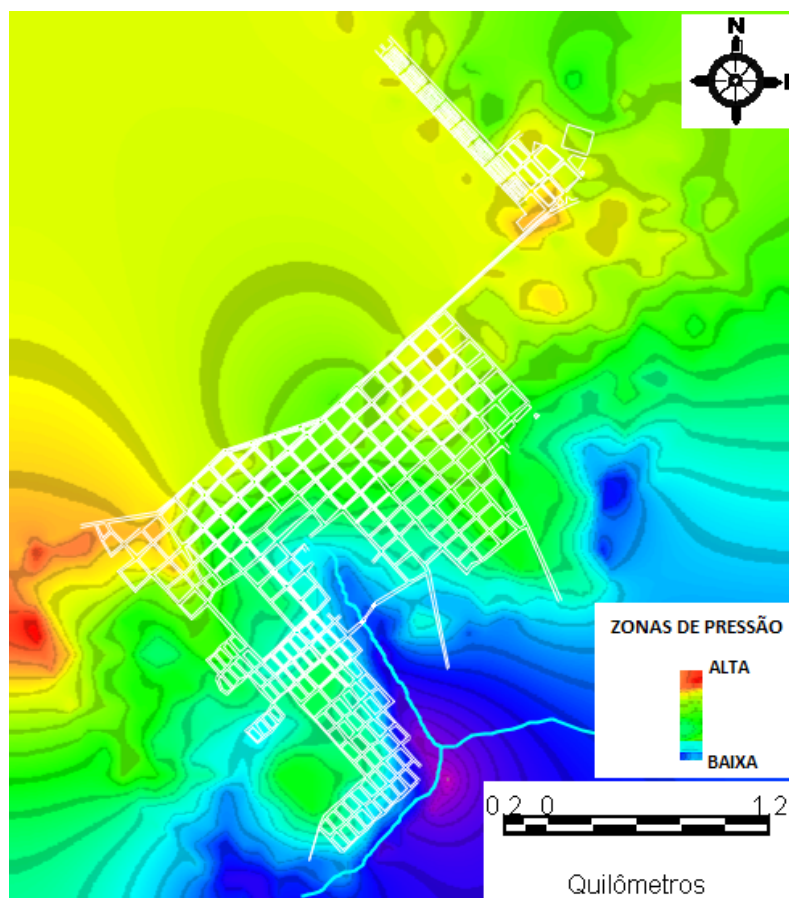


Figura 3. Classes de pressão na rede de abastecimento de água, Coronel Sapucaia/MS.

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.

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 sequência, atrelar-se os banco de dados de informações das redes de água, esgoto e ligação. Utilizou-se o software SIG gvSIG (Valenciana, 2015) para a elaboração dos trabalhos e composição do sistema.

4. Resultados e Discussão

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

Os dados dos serviços foram tabulados e salvos em formato dbf, conforme **Tabela 6**, para posteriormente serem importados no gvSIG para visualização espacial das informações conforme **Figura 4**.

Tabela 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 4. 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. A **Figura 5** apresenta as informações obtidas para o ano de 2010.

A partir da **Figura 5** 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 estes alvos de monitoramento constante, bem como sendo definidas regiões prioritárias para substituição de infraestrutura e novos investimentos.

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. Outro ponto fundamental foi à conscientização da população vizinha, para alertar imediatamente o escritório da SANESUL no município, assim que constataste 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 **Tabela 7**.

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

Índice de Perda Líquida. (m³/lig/ano)	Ano		
	2010	2011	2012
	78,24	67,99	66,56

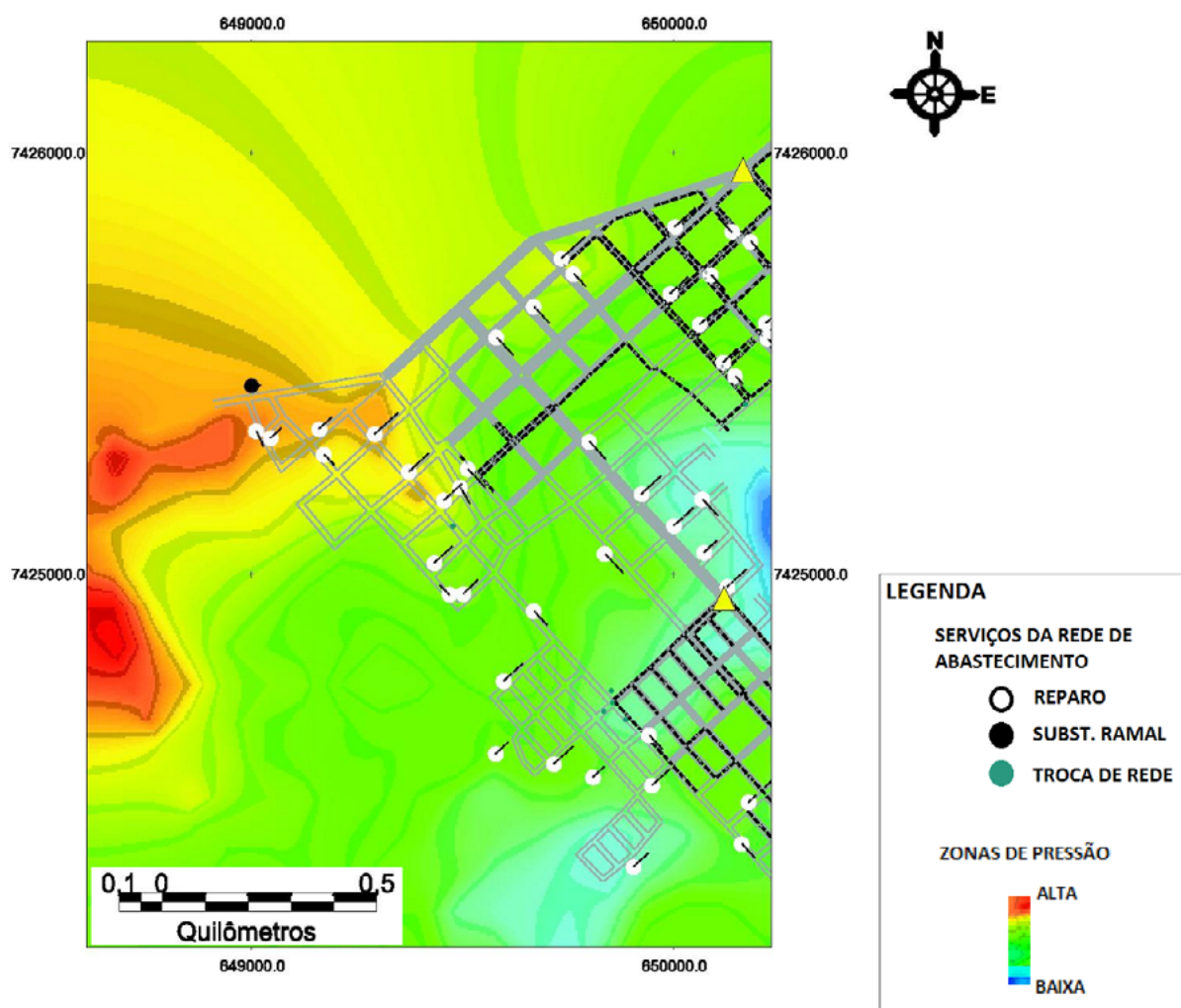


Figura 5. Mapa de localização dos serviços na rede de abastecimento tendo como plano de fundo as zonas de pressão na rede, em Coronel Sapucaia/MS no ano de 2010.

5. Conclusões

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.

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

Por fim, cabe salientar que a metodologia utilizada neste trabalho pode ser aplicada a outras regiões sem a necessidade de grandes adaptações, podendo portanto ser reproduzida no Pantanal e outras áreas correlatas.

6. Referências

- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT 12218/NB 594**: Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público: Procedimento. Rio de Janeiro, RJ: ABNT, 1994.
- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13133**: Execução de levantamento topográfico. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.
- Brasil. Governo Federal: Plano Nacional de saneamento Básico. 2012. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/noticias/arquivos/2012/08/14/brasil-quer-universalizar-servico-de-saneamento-basico-ate-2030>>. Acesso em: 12 out. 2012.
- Dassault, D. S. **DraftSight: Professional-grade, free CAD software**. 2011. Disponível em: <<http://www.3ds.com/products/draftsight/overview/>>. Acesso em: 19 mar. 2012.
- EPA. United States Environment Protection Agency: **EPANET**: Software That Models the Hydraulic and Water Quality Behavior of Water Distribution Piping Systems. 2008. Disponível em: <<http://www.epa.gov/nrmrl/wswrd/dw/epanet.html>>. Acesso em: 12 jan. 2010.
- Gomes, H. P. **Sistemas de abastecimento de água**. João Pessoa: Universitária – UFPB, 2002.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Sistema Geodésico Brasileiro: Banco de Dados Geodésicos – Modo Textual**. 2007. Disponível em: <<http://www.bdg.ibge.gov.br/bdg/pdf/relatorio.asp?L1=93542>>. Acesso em: 12 nov. 2012.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Dados Históricos dos Censos**. 2011. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censohistorico/default_hist.shtm>. Acesso em: 28 dez. 2010.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Projeto SIRGAS 2000**. 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/sirgas_proc/introducao.shtm>. Acesso em: 11 nov. 2011.
- Mckibben, W. **Wastewater Collection System Plannig With GIS in a Large System**. Urisa, 1994.
- Ramos, P. R.; Ramos, L. A.; Loch, C. Sensoriamento Remoto como Ferramenta para a Gestão Ambiental e o Desenvolvimento Local. **7º Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário**. Florianópolis: UFSC, COBRAC, 2004.
- Sanesul, Empresa de Saneamento de Mato Grosso do Sul. Cadastro de rede de abastecimento de água de Cel Sapucaia/MS. Campo Grande: GEOTEC, 1992.
- Sanesul, Empresa de Saneamento de Mato Grosso do Sul. SiiBO- Sistemas de Informações Gerenciais. Campo Grande: GETI, 2013.
- Sikorski, S. R. Geoprocessamento como instrumento de planejamento urbano. **GIS BRASIL**, Curitiba, p. 40-45, 1996.
- Tsutiya, M. T. **Abastecimento de água**. 4.ed. São Paulo, SP, Brasil: ABES, 2006.
- Valenciana, G. **Conselleria d'Infrastructures i Transport. gvSIG versão 2.2**. 2015. Disponível em: <<http://www.gvsig.org/web/>>. Acesso em: 15 nov. 2015.