



Identificação de Área para a Instalação de Estação de Tratamento de Esgoto em Coronel Sapucaia (MS), Utilizando Álgebra de Mapas
Area Identification for Sewage Treatment Plant Installation Using Maps Algebra

Vinícius de Oliveira Ribeiro¹; Nelison Ferreira Correa¹;
Laércio Alves de Carvalho¹ & Antonio Conceição Paranhos Filho²

¹ Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Laboratório de Modelagem Computacional em Saneamento e Geotecnologias - LASANGE, Anexo Bloco B, Rodovia Dourados-Itahum Km 12, Cidade Universitária 79804-970, Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil

² Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Laboratório de Geoprocessamento para Aplicação Ambiental, Unidade 7A, Cidade Universitária, 78720-100, Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil
E-mails: viniciusoribeiro@yahoo.com.br;

nelison_ferreira@hotmail.com; lcarvalh@uemms.br; antonio.paranhos@pq.cnpq.br

Recebido em: 17/04/2018 Aprovado em: 19/07/2018

DOI: http://dx.doi.org/10.11137/2018_2_685_698

Resumo

O objetivo deste trabalho foi avaliar a possibilidade da identificação de áreas propícias à instalação de estações de tratamento de esgoto (ETE), no Município de Coronel Sapucaia (MS), utilizando álgebra de mapas. Considerando os elevados custos de um SIG para uma Empresa, utilizou-se o gvSIG versão 2.2, um software gratuito. Alguns dos critérios que são levados em consideração pelos tomadores de decisão para locação deste tipo de empreendimento foram representados em cartas temáticas permitindo sua visualização espacial, possibilitando uma operação matemática, utilizando-se dos mapas como parâmetros em equações de forma a auxiliar na tomada de decisão. Como produto obteve-se a Carta de Aptidão à Instalação de ETE para o Município. Com o software gratuito WRPLOT View elaborou-se, complementarmente à pré-seleção, a rosa dos ventos predominantes da área de estudo. In loco, dentre as regiões mais aptas indicadas pela carta de aptidão elaborada, selecionou-se a propriedade com área necessária para abrigar a estação de tratamento com menor custo de aquisição. A técnica desenvolvida neste trabalho facilitou o mapeamento inicial para pré-seleção de áreas propícias ao empreendimento, caracterizando-se em uma ferramenta útil e de baixo custo para auxílio à tomada de decisão.

Palavras-chave: ETE; saneamento; geotecnologias; álgebra de campos

Abstract

The aim of this study was to evaluate the possibility of identifying areas for the Sewage Treatment Plants plant (WWTP) using maps algebra. Considering the high cost of the GIS for a company, gvSIG version 2.2 was used. The study area was the city of Coronel Sapucaia / MS. Some of the criteria that are taken into account by decision makers paragraph leasing this type of venture were represented in issue cards allowing your spatial visualization, enabling an operation math, using the maps as parameters in the form of equations to assist in decision making. The product obtained was an aptitude letter to WWTP installation for Municipality. With free software WRPLOT View was elaborated, in addition a pre-selection, a prevailing rose winds of the study area. In place among regions as more suitable given the letter elaborately fitness, selected to property with paragraph necessary area house a treatment plant with a lower acquisition cost. The technique developed in this work facilitated the initial mapping paragraph pre-selection propitious areas the Resort, featuring in a useful tool and low cost paragraph aid to decision making.

Keywords: WWTP; sanitation; geotechnology; map algebra

1 Introdução

Uma Estação de Tratamento de Esgoto Sanitário - ETE é parte constituinte do sistema de esgotamento sanitário que através de processos físicos, químicos ou biológicos extrai as cargas poluentes do esgoto sanitário, devolvendo ao ambiente efluente tratado, em consonância com os padrões estabelecidos pela legislação ambiental (Arceivala, 1981; Von Sperling, 2014).

São vários critérios essenciais para indicar áreas apropriadas à sua instalação. Os principais aspectos que devem ser considerados para a locação devem ser: a disponibilidade de área; a sua localização em relação ao local de geração de esgotos; a sua distância e a capacidade de depuração do corpo receptor; a topografia da área; as características geológicas; a direção dos ventos predominantes; as condições de acesso; facilidade de aquisição do terreno (Von Sperling, 2014).

O atendimento simultâneo aos diversos critérios é usualmente difícil, devendo ser dada prioridade, em cada caso, aos fatores de maior importância que devem ser observados segundo a realidade local (Von Sperling, 1996; Ordás, 2012). Ao se considerar o elevado número de variáveis relacionadas para aquisição da área da ETE, a problemática inicial está na obtenção de informações de qualidade e em quantidade com o menor ônus possível. Sob esta ótica o sensoriamento remoto 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 as ações de planejamento e gestão (Ramos *et al.*, 2004; Novo, 2012; Iglesias *et al.*, 2014).

Para a necessidade subsequente da utilização de ferramentas que possibilitem a análise destes dados de maneira ágil, inter-relacionando a todos os parâmetros simultaneamente, os Sistemas de Informação Geográfica (SIG), tecnologias de geoprocessamento, constituem-se em uma das ferramentas mais adequadas, objetivando resolver problemas complexos de planejamento (Camargo, 1997; Hutton & Chase, 2016). Eles permitem a visualização de parâmetros em forma de cartas,

possibilitando a operação matemática destas, utilizando-se dos mapas como parâmetros em equações de forma a auxiliar na tomada de decisão, procedimento conhecido como Álgebra de Mapas (Paranhos Filho *et al.*, 2016).

Na temática de minimizar 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 Europeia. Ele é distribuído sob a licença *General Public License* (Licença Pública Geral – GPL), tendo download gratuito no site do software na internet.

2 Materiais e Métodos

2.1 Área de Estudo

O estudo utilizou como área piloto para análise a cidade de Coronel Sapucaia no Estado de Mato Grosso do Sul. O município está situado no sul da região Centro-Oeste do Brasil, no Sudoeste de Mato Grosso do Sul (Microrregião de Iguatemi), Figura 1. De acordo com o último censo demográfico (IBGE, 2010), o município conta com 14.064 habitantes (população rural de 3.856 habitantes e a população urbana de 10.208 habitantes). O foco econômico do município está na agropecuária, com rebanho bovino superior a setenta mil cabeças (IBGE, 2010). De acordo com a classificação Köppen - Geiger o clima é tropical de altitude (Cwa), com temperatura média anual de 21.4 °C e pluviosidade média anual 1547 mm (Peel *et al.*, 2007). A altitude média é da ordem de 510 m, apresentando predominância do latossolo vermelho (EMBRAPA, 2005).

3 População do Projeto

A população urbana a ser atendida pela ETE no Município de Coronel Sapucaia foi definida através de projeção demográfica, para um horizonte de 30 (trinta) anos (ano de 2040), exigência feita pela Empresa de Saneamento de Mato Grosso do Sul - SANESUL, que é a concessionária responsável

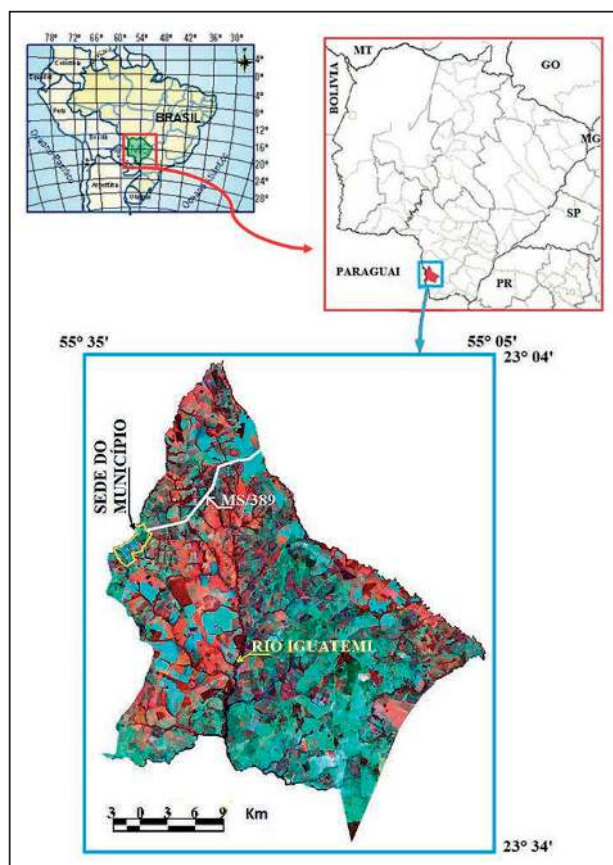


Figura 1 Município de Coronel Sapucaia/MS, área do estudo situada na região sudoeste do Estado de Mato Grosso do Sul.

pelos serviços de saneamento básico da localidade. Os dados demográficos que serviram de base para as projeções foram obtidos junto ao IBGE (IBGE, 2010), oriundos de Censos (1980, 1991, 2000 e 2010) e Contagem (1996 e 2007) (Figura 2).

A projeção logarítmica (população de horizonte de projeto de 17.763 habitantes), foi considerada a de melhor ajuste na análise conjunta dos dados e das características do histórico de evolução da população local.

4 Sistema de Tratamento Adotado e Área Demandada

O sistema de tratamento de esgotos sanitários adotado para Coronel Sapucaia, neste estudo, foi o de lagoas de estabilização. Este tipo de tratamento tem uma demanda de área para implantação na faixa de 2 - 10 m²/habitante (Von Sperling, 1996). Para a área de estudo optou-se por uma ETE composta por um sistema com lagoa anaeróbia, seguida de facultativa (estabilização da matéria orgânica) acrescida de lagoa de maturação (remoção de patogênicos). Estipulou-se para esta configuração uma demanda de área para tratamento na ordem de 7 (sete) m²/habitante, o que demandará, para a

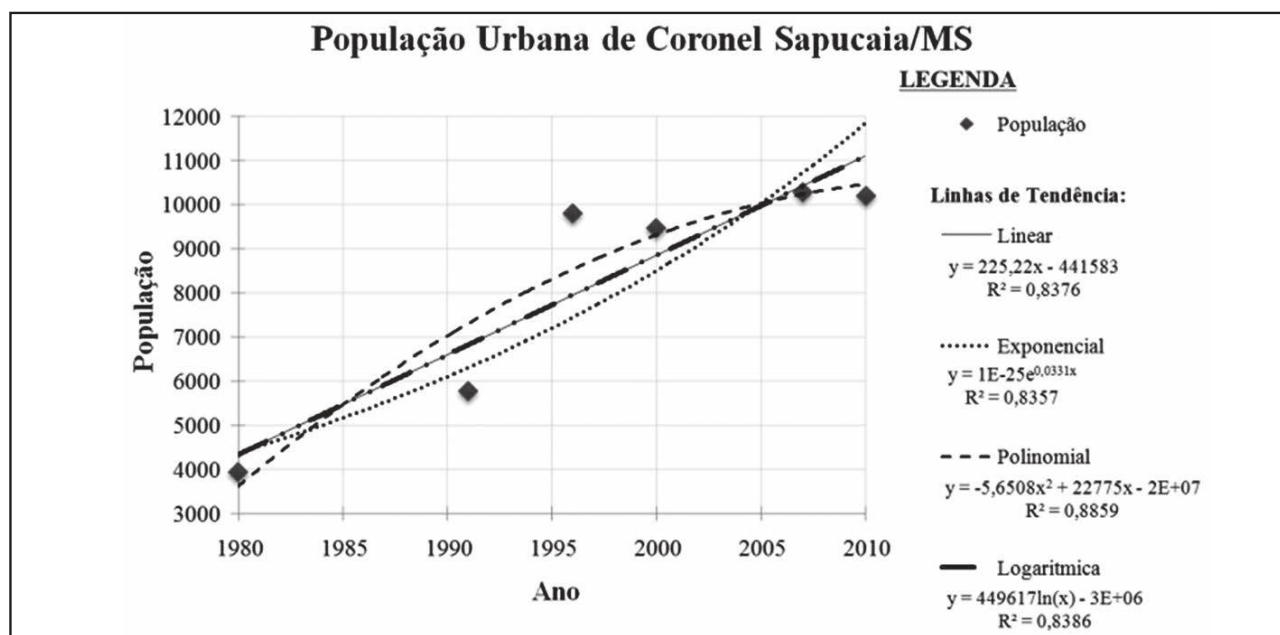


Figura 2 Dados demográficos (Censos de 1980, 1991, 2000 e 2010 e contagens de 1996 e 2007) e equações de projeção, mostrando o comportamento dos diferentes gráficos representativos da evolução da população de Coronel Sapucaia/MS.

projeção logarítmica selecionada, uma área de cerca de 12,4 ha para horizonte de projeto.

5 Dados Vetoriais e Imagens de Satélite

Os dados vetoriais referentes ao limite do município de Coronel Sapucaia/MS e o limite do perímetro urbano adotado para o censo de 2010 do IBGE, em extensão *shp* e datum WGS 84, foram obtidos no acervo do Laboratório de Geoprocessamento para Aplicações Ambientais (DHT-CCET) da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

Utilizou-se neste estudo 2 (duas) imagens do Landsat 5 TM e uma SRTM (modelo digital de elevação), orbita-ponto: 225-076, na qual está contida o Município de Coronel Sapucaia. A primeira tem data de passagem-DP de 12/04/2010 (INPE,2010). A opção por esta foi devido ao fato de ser mais recente do acervo do INPE, sem nuvens, quando do início dos trabalhos de levantamento, em maio de 2010. A segunda tem DP de 05/03/2006 (GLCF, 2010) e já estava ortorretificada, servindo assim de base para georreferenciamento na cena do acervo do INPE. Estas imagens apresentam um pixel de 28,5 metros (resolução espacial), projeção UTM e datum WGS 84. A imagem SRTM (GLCF,2010), também estava georreferenciada, em formato GeoTIFF, com *pixel* 90 metros, projeção UTM e datum WGS 84 (NASA, 2009; Farr *et al.*, 2011).

Todos os dados utilizados (vetoriais e raster) foram convertidos, através da ferramenta de reprojeção do gvSIG 2.2 (Valenciana, 2015), para a projeção UTM, *datum* SIRGAS 2000. Este datum foi adotado por ser o sistema geodésico de referência oficial do Brasil (IBGE, 2005).

6 Cartas Temáticas

Os fatores a serem considerados foram representados em cartas, nas quais cada um recebeu pesos: 0 (inapropriado) a 5 (adequado) para cartas não limitantes; 0 (inapropriado) e 1 (apropriado) para cartas limitantes. Estes pesos foram estabelecidos em função de experiências profissionais, considerações

da legislação e literatura pertinentes ao tema, para posteriormente serem inter-relacionados simultaneamente, possibilitando a operação matemática destas (álgebra de mapas).

Consideraram-se como cartas limitantes aquelas que continham fatores (físicos, técnicos, financeiros ou legais) passíveis à inviabilização completa da implantação da ETE, sendo elas: Carta de Cursos D'água; Carta de Estradas; Carta de Uso e Ocupação do Solo; e Carta de Distância Máxima Exequível.

Já as cartas não limitantes foram as que continham fatores com variabilidade de aptidão, sem ocasionar a inexecução completa do empreendimento, sendo elas: Carta de declividade; Carta de Solos; e Carta de Distância do Perímetro Urbano.

7 Carta de Cursos D'água e Carta de Estradas

Tomando por base a imagem Landsat 5 TM (INPE, 2010) com DP 12/04/2010 e a Carta Coronel Sapucaia (DSG, 1972), os cursos d'água e estradas presentes no Município de Coronel Sapucaia foram vetorializados, sendo a *polyline* traçada pelo eixo das estradas e dos corpos hídricos.

Dentro dos limites do município está o Rio Iguatemi, que apresenta trechos de largura variando na faixa de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros. A Lei Federal n. 12.651/2012 instituiu que a Área de Preservação Permanente (APP) das faixas marginais a estes cursos d'água, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima, é de cinquenta metros (BRASIL, 2012). Por tal, dotou-se como padrão que os cursos d'água apresentam 50 (cinquenta) metros de largura, implicando em um *buffer* (camada vetorial de polígonos gerados como zonas de influência em torno das geometrias dos elementos vetoriais de uma camada de entrada) com 75 (setenta e cinco) metros.

Arbitraram-se então os pesos às regiões, através da ferramenta *Field calculator*. Levando em consideração que o município conta com um grande número de áreas já antropizadas, entendeu-se não haver a necessidade de supressão de APP em cursos d'água para implantação de ETE. Por tal, sendo

esta uma carta limitante, às áreas dentro da APP (*buffer*), o peso estabelecido foi 0 (inapropriado). Para as regiões antropizadas o peso estabelecido foi 1 (apropriado). Por fim, efetuou-se a rasterização do *shape*, ferramenta *rasterize vector layer* na extensão Sextante do gvSIG, para elaboração da Carta de Cursos d'água (Figura 3).

A Faixa de domínio é a porção do terreno desapropriada para a construção da estrada, tendo sua largura em função da categoria da estrada, podendo eventualmente apresentar 30, 50, 80 ou

100 m (Pontes Filho, 1998). Esta se destina para implantação do leito carroçável, bem como a futuros projetos de duplicação, por exemplo. Assim, tendo por base a situação mais restritiva, determinou-se um *buffer* com 50 (cinquenta) metros de largura para representar uma faixa de domínio com 100 (cem) metros. Em relação à Carta de Estradas, às áreas dentro da Faixa de domínio (*buffer*), o peso estabelecido foi 0 (inapropriado). Para as demais regiões o peso estabelecido foi 1 (apropriado) (Figura 4).

Figura 3 Carta Raster de Cursos d'água de Coronel Sapucaia

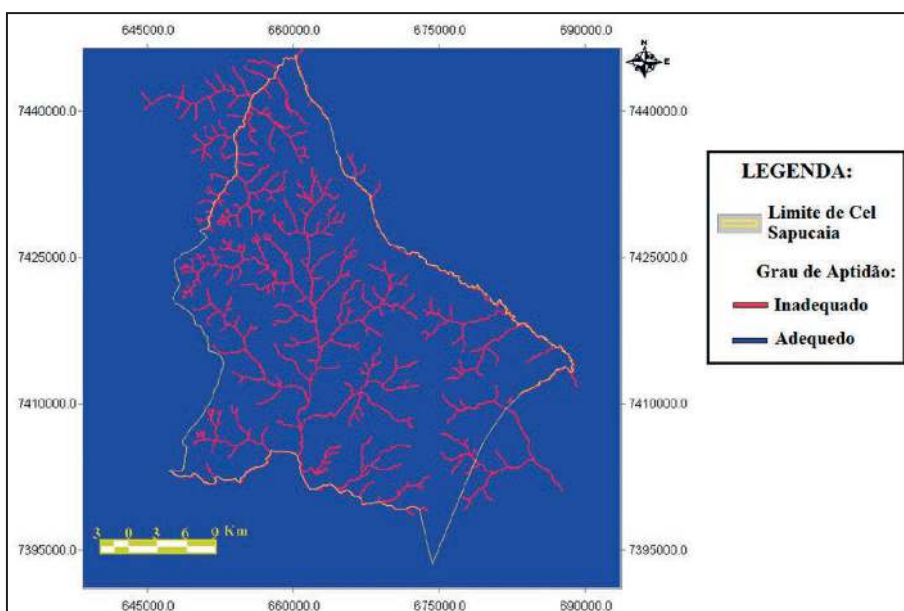
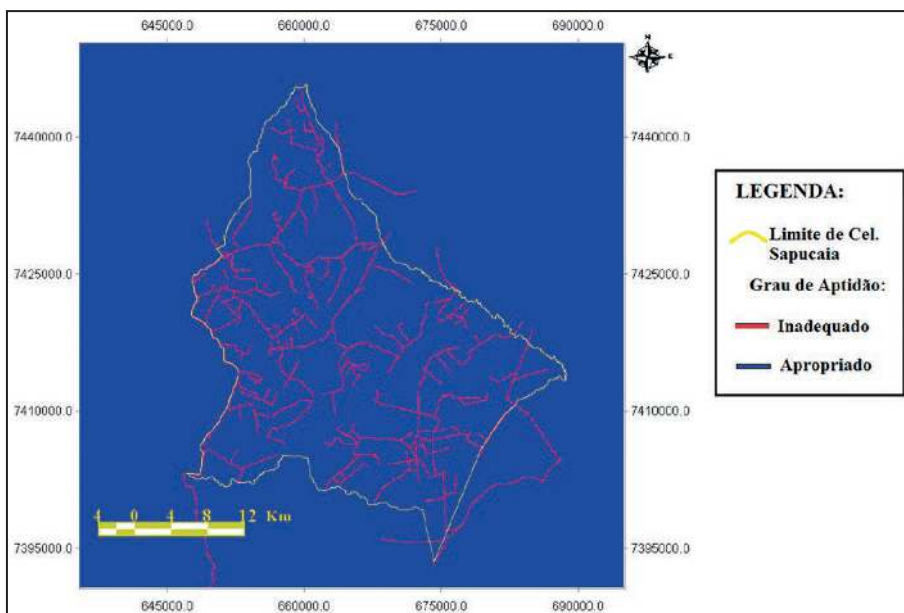


Figura 4 Carta de Estradas de Coronel Sapucaia.



8 Carta de Uso e Ocupação do Solo

Utilizando as bandas de 1 a 5 e 7 do Landsat 5 TM com DP 12/04/2010 efetuou-se a classificação supervisionada com 2 (duas) classes, ferramenta *Supervised classification* da extensão Sextante, para que o gvSIG identificasse todos tipos de uso e ocupação em Coronel Sapucaia.

A primeira refere-se às áreas antropizadas, as quais englobam as áreas urbanas, áreas de agricultura e pastagem. A outra se remete às áreas naturais e ou revegetadas, onde se enquadraram as áreas úmidas, cursos d'água, florestas naturais ou provenientes de reflorestamento. Sendo esta uma carta limitante, de forma a não haver a necessidade de supressão vegetal, às áreas naturais e ou revegetadas arbitrou-se peso 0 (inadequado) e para as áreas antropizadas peso 1 (apropriado). Deste modo compôs se a Carta de Uso e ocupação do Solo (Figura 5).

9 Carta de Declividade

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

Em termos práticos da construção civil, quanto mais plano o terreno mais facilitado são as obras de movimentação de terra e terraplanagem. Por tal, em função da facilidade de implantação do sistema de tratamento escolhido (Lagoas de Estabilização), efetuou-se a atribuição de pesos aos intervalos de declividade pré-estabelecidos (Tabela 1), partindo das maiores (0 - inapropriado) para as menores (5 - apropriado) declividades de terreno, resultando na Carta de Declividade (Figura 6).

10 Carta de Solos

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

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

Tabela 1 Pesos atribuídos às faixas de declividade de terreno.

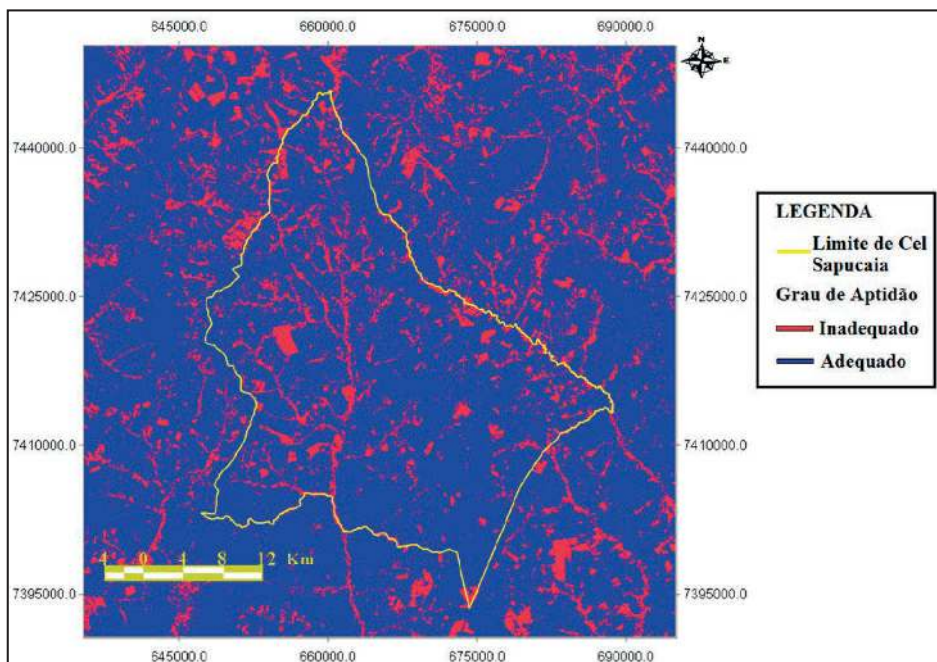


Figura 5 Carta de uso e ocupação do solo no município de Coronel Sapucaia.

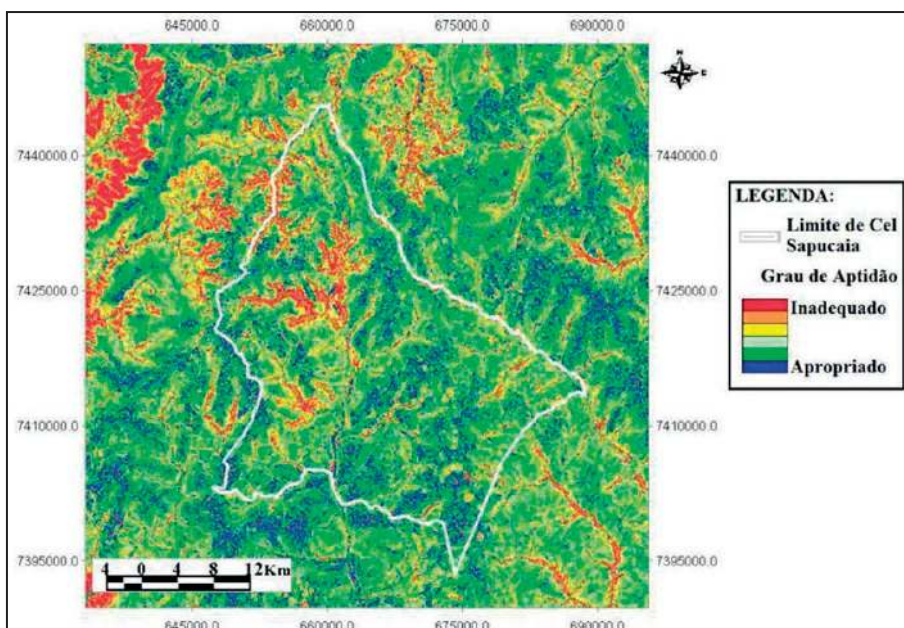


Figura 6 Carta de declividade do Município de Coronel Sapucaia, com pesos atribuídos às diferentes faixas de declividade.

Crterizando de forma similar a Carta de Declividades, em função da facilidade de implantação da ETE com vistas à estabilidade construtiva e operacional, efetuou-se a atribuição de pesos aos intervalos de declividade pré-estabelecidos (Tabela 2), de 0 (inapropriado) a 5 (apropriado) e posteriormente sua rasterização com pixel de 30 m, resultando na Carta de Solos (Figura 7). A nenhum tipo de solo foi atribuído o peso 0, sendo que o menor índice de aptidão foi imputado aos Neossolos Quartzarênicos (peso 2), em função de sua baixa coesividade.

Tipo de Solo Segundo SiBCS (EMBRAPA, 2005)	Peso
Latossolo Vermelho ¹	5
Latossolo Vermelho ²	4
Nitossolo Vermelho	3
Neossolos Quartzarênicos	2

Classificação anterior ao SiBCS: Latossolo Roxo;
 Classificação anterior ao SiBCS: Latossolo Vermelho Escuro.
 Tabela 2 Pesos atribuídos aos tipos de solo.

11 Cartas de Distância do Perímetro Urbano

Obteve-se junto à prefeitura municipal o limite (coordenadas) do perímetro urbano municipal que irá compor o Plano Diretor do Município. Este

tem como abrangência, além da mancha urbana atual, as áreas previstas a abrigar a expansão do município até o ano de 2040. A este se acresceu, arbitrariamente por segurança, um raio de distância de 200 (duzentos) metros como área permissível à instalação da ETE.

Para representar uma limitação financeira ao projeto do sistema de esgotamento sanitário de Coronel Sapucaia, arbitrou-se um limite de gasto com o coletor tronco de esgoto bruto o valor de R\$ 1.233.280,00. Este foi o valor máximo condicionado a ser gasto pela SANESUL para as obras de execução da tubulação que encaminhará o efluente gerado no Município à ETE. Simulando economicamente, o cenário mais oneroso se dá quando este caminhamento se efetua por bombeamento (recalque). Por tal, estipulou-se qual a extensão máxima de linha de recalque que pode ser executada com o valor disponível.

A vazão de esgoto considerada, por economia, é da ordem de 0,011 L.s⁻¹ (família com 4 pessoas com consumo de água de 150 L.hab⁻¹.dia⁻¹). Portanto, a vazão de bombeamento para Coronel Sapucaia é de 49 L.s⁻¹. O dimensionamento econômico de instalações de recalque foi feito com base na fórmula de Bresser (equação 1), pois o sistema funcionará

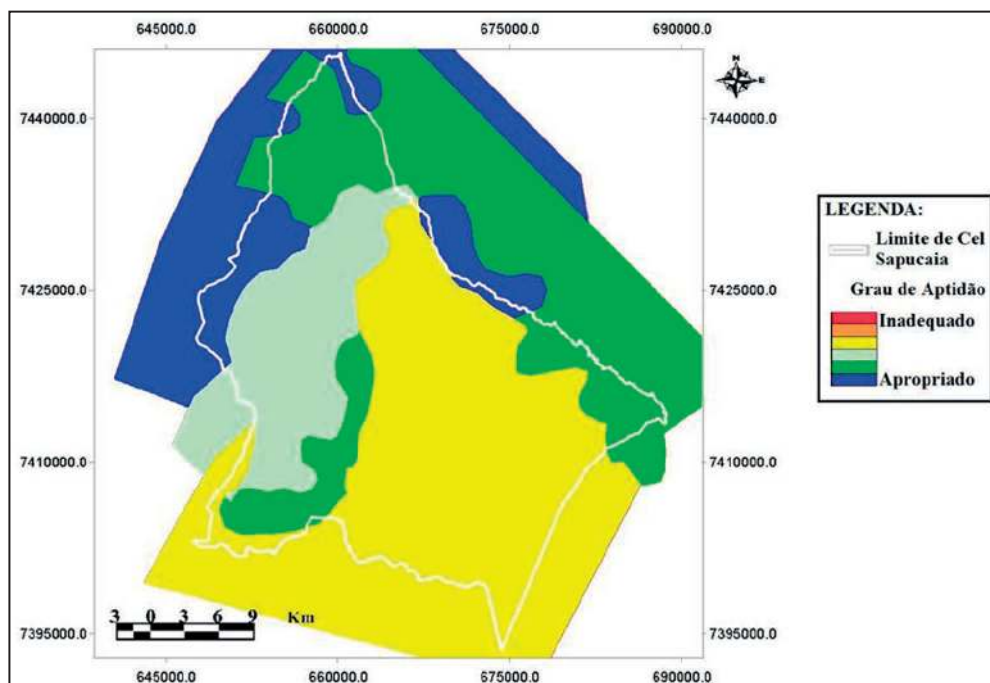


Figura 7 Carta de Solos de Coronel Sapucaia, com pesos atribuídos às diferentes classes pedológicas.

durante 24 horas.dia⁻¹ (Gomes, 2002; Azevedo Netto & Fernández, 2015).

$$D=k \times Q^{1/2} \quad (1)$$

Sendo D é o diâmetro interno do tubo em metros, k o coeficiente adimensional de investimento *versus* custo operacional (valor adotado 1,2) e Q a vazão de bombeamento em metros por segundo (adotada 50 L.s⁻¹). O resultado foi de 0,268 m. O diâmetro comercial considerado para aquisição foi o de 0,3 m.

Efetuando a composição de preços e serviços essenciais a execução da linha de recalque, tomando por base o boletim de preços e serviços internos da Empresa de Saneamento de Mato Grosso do Sul (SANESUL, 2010), com cotação de setembro de 2010, obteve-se o custo de implantação por metro de R\$ 411,09. A extensão máxima da linha de recalque, considerando os valores obtidos, foi de 3 (três) quilômetros. Assim, executou-se um *buffer* de 3 km de distância do perímetro urbano do município, representando o limite máximo da linha de recalque, e conseqüentemente, o afastamento máximo da ETE.

Como carta limitante, toda da área de influência fora do limite do município, bem como o perímetro urbano, acrescido de um raio de 200 (duzentos)

metros e a faixa com distância superior a máxima estabelecida (3 km), foram caracterizadas como inapropriadas para instalação do empreendimento (peso 0). As demais receberam peso 1 (apropriadas). Por fim efetuou-se a rasterização dos *shapes* com resolução espacial de 30 metros (Figura 8).

12 Álgebra de Mapas

Utilizaram-se as cartas raster elaboradas como parâmetros numa equação através da ferramenta *raster calculator* do Sextante. As limitantes foram multiplicadas entre si e posteriormente, pela média geométrica das não limitantes para resultar na Carta de Aptidão à Instalação de ETE para o Município de Coronel Sapucaia.

13 Rosa dos Ventos

De maneira complementar a elaboração da Carta de Aptidão, elaborou-se a rosa dos ventos da região em estudo, para melhor embasar a tomada de decisão para área a ser adquirida para instalação da estação de tratamento.

Efetuuou-se o *download* dos dados climatológicos da estação Amambaí – A750 (IN-

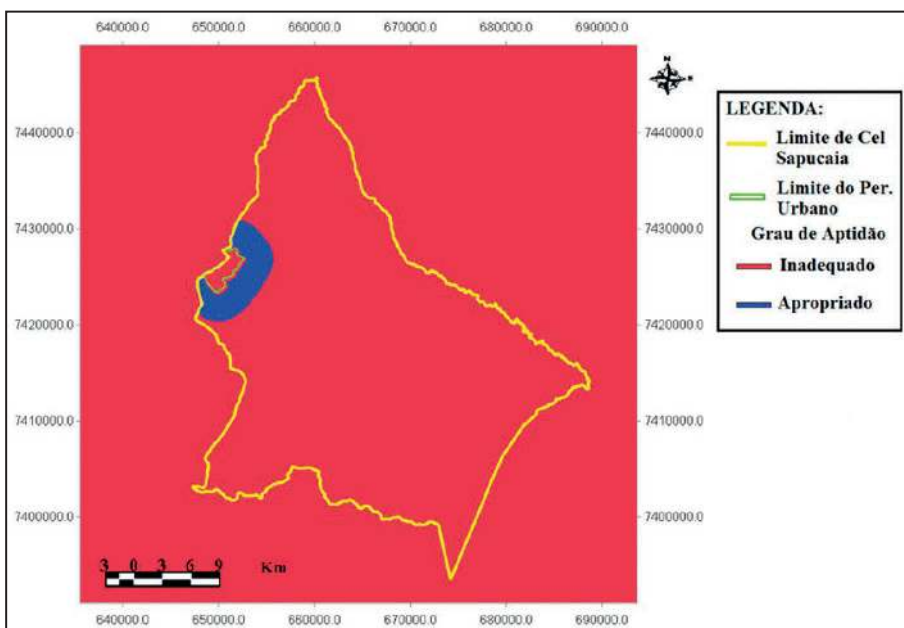


Figura 8 Carta de distância máxima exequível de Coronel Sapucaia.

MET, 2010), por ser a estação mais próxima da área de estudo. O intervalo dos dados obtidos foi de 11/06/2008 a 26/12/2010. Com o auxílio do software gratuito *WRPLOT View* (LAKES, 2010) obteve-se a rosa dos ventos (Figura 9).

14 Visita a Campo

Efetuuou-se a pré-seleção de algumas regiões com nível de aptidão igual ou maior a 3 para vistoria *in loco* de forma a avaliar a viabilidade aquisitiva destas áreas.

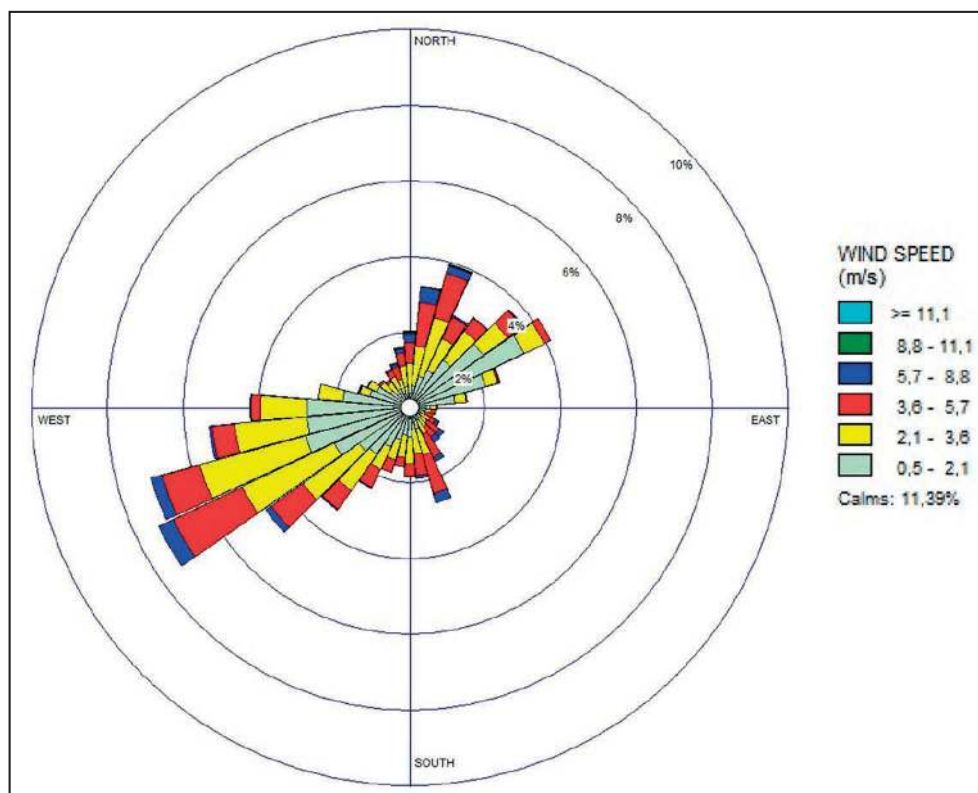


Figura 9 Rosa dos Ventos para região de Coronel Sapucaia/MS, direção predominante à Nordeste.

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

15 Resultados e Discussões

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) se apresentam como o mais moderno instrumental para auxílio ao planejamento, controle e supervisão, uma vez que as principais aptidões encontra-se na simulação e inter-relacionamento de eventos de natureza intrinsecamente espacial, permitindo a projeção de cenários, modelamento de correlações e interação de eventos, bem como a obtenção de diagnósticos (Camargo, 1997; Iglesias *et al.*, 2014).

A dificuldade inicial da metodologia residiu na determinação dos parâmetros mínimos a serem considerados para análise de seleção de área, dada à realidade local, e, posteriormente, na determinação dos pesos de relevância e estabelecimento de quais parâmetros seriam convertidos em cartas limitantes e não limitantes à implantação da ETE. Para tal, tomaram-se por base as orientações/recomendações técnico-científicas e legais aplicáveis a cada plano de informação (critério), aliada a experiência profissional dos tomadores de decisão, de forma a buscar uma maneira de parametrização do processo.

Como resultado, nas cartas de limitantes, foi possível uma representação satisfatória dos elementos físicos (rios, estradas, ocupação do solo), legais (APP, faixa de domínio, áreas de expansão) e financeiros. A representação dos critérios de seleção em formato matricial possibilitou o uso do SIG em toda sua potencialidade, além de apresentar a sua capacidade de integração de dados, a possibilidade de gerar novas perspectivas de análise e a facilidade de acesso aos dados.

Posteriormente foi efetuada a integração dos dados por meio da álgebra de mapas, visando à obtenção de uma carta síntese das informações. Como produto final obteve-se a Carta de Aptidão

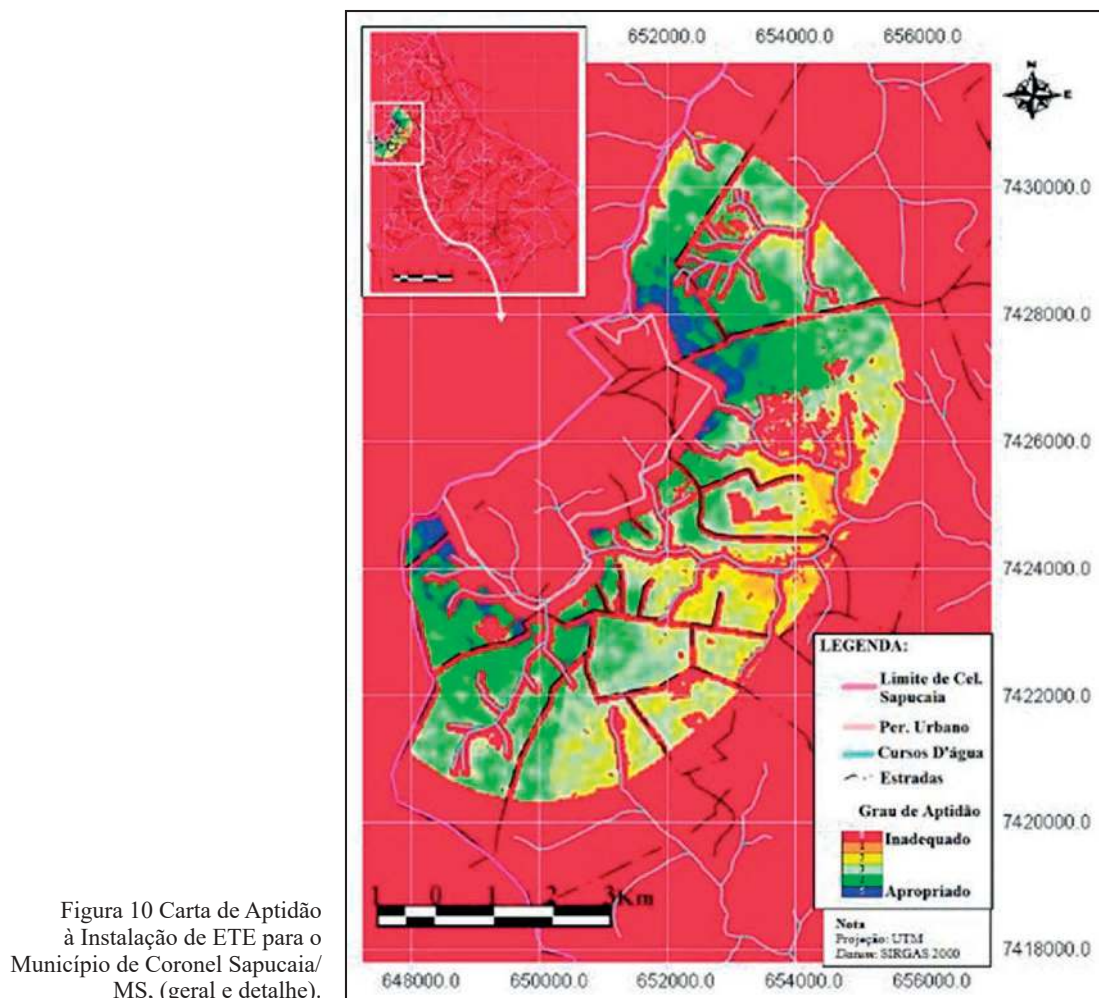
à Instalação de ETE para Coronel Sapucaia/MS (Figura 10), que indica o grau de propensão das diversas localidades do Município, considerando os fatores avaliados, em receber uma Estação de Tratamento de Esgoto Sanitário.

Na Carta de Aptidão é possível observar que as áreas limitantes (cursos d'água e APP; estradas e suas faixas de domínio; uso e ocupação do solo; e distância máxima exequível) representaram as principais restrições à instalação do empreendimento, enquadrando-as como grau de aptidão 0 (Inadequado).

Os critérios não limitantes concentraram-se dentro da faixa de viabilidade financeira para execução, com os parâmetros de aptidão de grau 3 a 5 concentrados a nordeste e sudoeste do perímetro urbano. Ao noroeste há a inviabilização de instalação do empreendimento por encontrar-se em país vizinho, o Paraguai. Ao sudeste tem-se maior ocorrência de áreas de grau 2 a 4, com predominância do grau de aptidão 3.

Complementarmente à seleção, baseando-se na Rosa dos Ventos gerada para a região em estudo, verificou-se que devem ser descartadas áreas localizadas a sudoeste da Cidade para implantação de ETE, pois, como os ventos predominantes estão direcionados para nordeste, os odores provenientes do tratamento seriam carregados para o perímetro urbano prioritariamente. Como a cidade de Capitán Bado/PY encontra-se a noroeste do perímetro urbano de Coronel Sapucaia/MS, áreas a sudeste são ideais para não carrear odores à cidade vizinha.

Tomando-se por base as análises de seleção anteriormente elencadas, limitou-se à região sudeste do perímetro urbano as áreas para investigação, *in loco*, das áreas para instalação do empreendimento. Como grau mínimo de aptidão determinou-se o nível 3. Buscou-se dentro das áreas mais aptas, terrenos com área suficiente para abrigar a área inicialmente estimada para ETE, na ordem de 12,4 ha, nas proximidades da fonte geradora do esgoto e ao



provável ponto para lançamento do efluente tratado, o Córrego Nhú-Verá, tanto públicas quanto privadas.

Com auxílio de técnicos da prefeitura municipal, restringidos à área de análise proposta, identificou-se uma área pública na região avaliada, com características aceitáveis dentro do ponto de vista técnico. Efetuada a avaliação da capacidade de depuração do curso d'água realizou-se a aquisição de uma área em definitivo (Figura 11).

A área selecionada passa atualmente por obras de implantação da ETE (Figura 12). O atraso no processo de implantação, em comparação a da data de aquisição da área (meados de 2012), se deve ao fato de que os recursos necessários às obras sofreram atraso no repasse por parte do governo federal, sendo liberado somente no ano de 2015.

A metodologia proposta resultou em uma redução da subjetividade do processo decisório e resultou numa economia de tempo de seleção da área, na ordem de meses. Cabe salientar que os dados ambientais utilizados, mesmo sendo produtos de média escala e apresentando limitações para detalhamento do meio físico, apresentaram-se como ferramentas de boa acurácia no auxílio ao suporte de decisão. Tal fato demandou maiores cuidados dos levantamentos complementares em campo, em pontos tocantes como a declividade do terreno, identificação de parâmetros erosivos (sulcos e/ou ravinamentos) dentre outros. Contudo, a metodologia proposta pode ser replicada com informações/dados de alta resolução espacial podendo reduzir ainda mais o tempo e o campo de busca.

Identificação de Área para a Instalação de Estação de Tratamento de Esgoto em Coronel Sapucaia (MS), Utilizando Álgebra de Mapas
 Vinícius de Oliveira Ribeiro; Nelison Ferreira Correa; Laércio Alves de Carvalho & Antonio Conceição Paranhos Filho

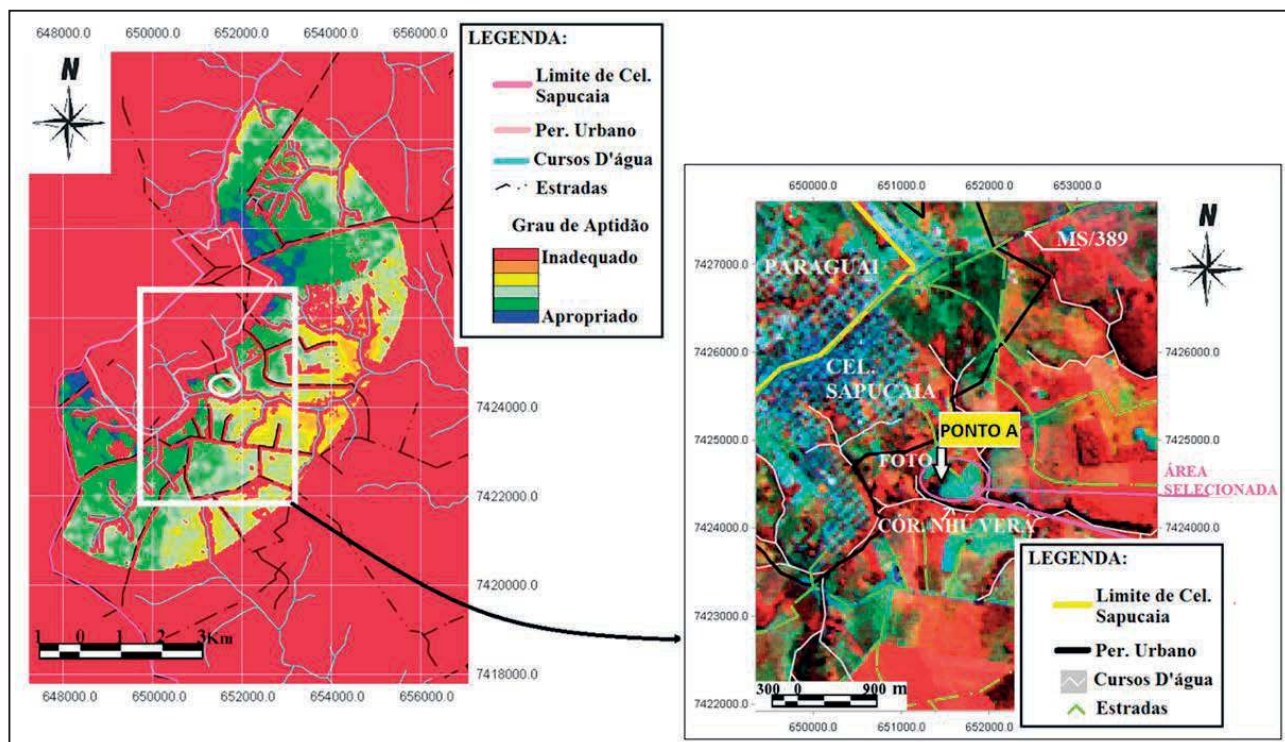


Figura 11 Localização da região selecionada, mostrando no detalhe a cena CBERS (data de passagem - DP de 12/04/2010), com vegetação nas proximidades do Ponto A composta por pastagem (tons de azul claro).

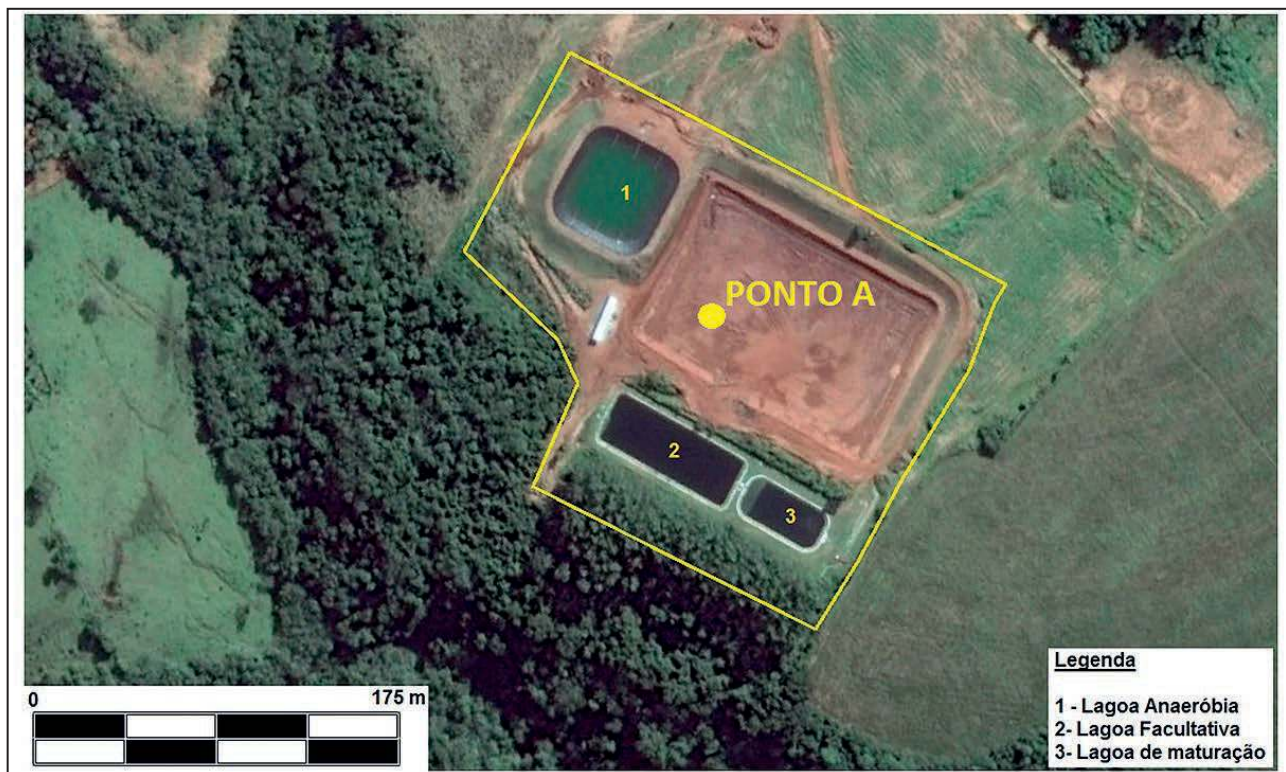


Figura 12 Vista aérea da ETE em implantação na área selecionada em Coronel Sapucaia/MS.

16 Conclusões

A Carta de Aptidão à Instalação de ETE gerada pode auxiliar aos projetistas das Empresas de saneamento, bem como aos técnicos ambientais, na avaliação das condições ambientais da região onde se pretende locar este tipo de empreendimento. Há uma melhor contextualização espacial dos aspectos avaliativos predecessores a tomada de decisão quanto à área mais propícia para implantação das estações, com a representação cartográfica dos parâmetros em análise.

O SIG gratuito e livre utilizado, gvSIG versão 2.2 (Valenciana, 2015), atendeu as expectativas em relação a agilidade na execução de comandos, bem como na estabilidade de processamento durante as etapas do trabalho. Apresentou compatibilidade com os arquivos nativos de outros softwares de desenho auxiliado por computador (CAD) e Geomática (PCI, 2003), apresentando-se uma boa alternativa para incorporação de geotecnologias ao processo decisório a baixo custo.

Por fim, cabe salientar que os dados utilizados para análise em questão são de média resolução espacial. A metodologia proposta pode ser replicada integralmente com dados ambientais de alta resolução espacial e outros critérios julgados relevantes a cada cenário. Por tal, o trabalho não objetiva esgotar a temática. Ao contrario, vislumbra a apresentação de metodologia a compor o leque de ferramentas de auxílio à prática da boa engenharia, como uma maneira a mais de suporte à decisão e redução da subjetividade no processo decisório.

17 Agradecimentos

Os autores agradecem à SANESUL pela disponibilização de informações, à UEMS pela Bolsa CAPES de Mestrado em Recursos Naturais de Nelison e ao CNPq pela bolsa PQ2 de Antonio - Processo 305300/2012-1..

18 Referências

Arceivala, S.J. 1981. *Wastewater treatment and disposal*. New York: Marcel Dekker, 892 p.
Azevedo Netto, J.M. & Fernández, M.F. 2015. *Manual de Hi-*

- dráulica*, Editora: Blucher, 9ª Edição, São Paulo, 632 p.
- Brasil. 2012. *Lei 12.651, de 25 de maio de 2012*. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm>. Acesso em: 17 nov. 2015.
- Camargo, M.U.C. 1997. *Sistemas de Informações Geográficas como Instrumento de Gestão em Saneamento*, Editora: ABES, Rio de Janeiro, 224 p.
- De Chiara, C.T. 2011. *GIS e Modelagem - Gerenciando o Sistema de Coleta e Transporte de esgoto*. In: TSUTIYA, M.T. & SOBRINHO, P.A. Coleta e Transporte de Esgoto Sanitário. Rio de Janeiro, 548.
- DSG, Departamento de Serviço Geográfico do Exército. 1972. *Carta Coronel Sapucaia*. Escala 1: 100.000. Folha SF. 21-Z-C-III. Brasília: [s.n.].
- Embrapa, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2005. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. 2ª. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 306 p.
- Farr, T.G.; Rosen, P.A.; Caro, E.; Crippen, R.; Duren, R.; Hensley, S.; Kobrick, M.; Paller, M.; Rodriguez, E.; Roth, L.; Seal, D.; Shaffer, S.; Shimada, J.; Umland, J.; Werner, M.; Oskin, M.; Burbank, D. & Alsdorf, D. 2007. *The Shuttle Radar Topography Mission*. Revista Geophys, n. 45, RG2004, doi:10.1029/2005RG000183. 33 p. Disponível em < <http://www.agu.org/pubs/crossref/2007/2005RG000183.shtml>>. Acesso em: 10 de janeiro de 2011.
- GLCF. Global Land Cover Facility. 2010. *Catálogo Landsat 5 TM. Canais 1,2,3,4,5, 6 e 7. Imagem de Satélite. Órbita 225 ponto 76*. Data de passagem 05/03/2006. Disponível em: <<http://glcfapp.glc.f.umd.edu:0800/esdi/index.jsp>>. Acesso em: 21 jul. 2010.
- Gomes, H. P. 2002. *Sistemas de abastecimento de água*. João Pessoa: Universitária – UFPB.
- Hutton, G. & Chase, C. 2016. Global access to safe water: Accounting for water quality and the resulting impact on MDG progress. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, doi:10.3390/ijerph13060536.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2005. *Geociências*. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/sirgas/principal.htm>>. Acesso em: 08 novembro 2010.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2010. *Dados Históricos dos Censos*.. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censohistorico/default_hist.shtm>. Acesso em: 17 jan. 2018.
- Iglesias, A.; Nebot, C.; Vasquez, B.I.; Coronel-Olivares, C.; Abuín, C.M. & Cepeda, A. 2014. Monitoring the Presence of 13 Active Compounds in Surface Water Collected from Rural Areas in Northwestern Spain. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 11: 5251-5272; doi: 10.3390/ijerph110505251
- INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. 2010. *Monitoramento das Estações Automáticas*. Disponível em:<<http://www.inmet.gov.br/sonabra/maps/automaticas.php>>. Acesso em: 26 dez. 2010.
- INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. 2010. *Imagem Landsat 5 TM. Órbita 225 ponto 076. Canais 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7*. Data de Passagem 12/04/2010. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>>. Acesso em: 30

- nov. 2010.
- LAKES. Lakes Environmental Software. 2010. *WRPLOT View*. Disponível em: <<http://www.weblakes.com/>>. Acesso em: 06 15 2010.
- MS, Governo do Estado de Mato Grosso do Sul. 1990. *Atlas Multirreferencial*. Campo Grande: Convênio Governo do Estado e Fundação IBGE.
- NASA. 2009. *National Aeronautics and Space Administration*. Disponível em: <<http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>>. Acesso em: 19 nov. 2010.
- Novo, E.M.L.M. 2010. *Sensoriamento remoto: princípios e aplicações*. São Paulo: Editora Blucher, 4ª edição, 387 p.
- Ordás, J.A. 2012. Aplicación de SIG en proyecto de gestión de redes hidráulicas en la República de Sudáfrica. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 33(2): 77-89.
- Paranhos Filho, A.C.; Miotto, C.L.; Marcato Junior, J. & Torres, T.G. 2016. *Geotecnologias em Aplicações Ambientais*. Campo Grande: UFMS, 383 p.
- PCI Geomatics. 2003. *Geomática versão 9.1 for Windows*. Otário, Canadá. 1 CD-ROM.
- Peel, M.C.; Finlayson, B.L. & McMahon, T.A. 2007. *Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification*. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 11: 1633–1644.
- Pontes Filho, G. 1998. *Estradas de rodagem: projeto geométrico*. São Carlos: [s.n.].
- Ramos, P.R.; Ramos, L.A. & Loch, C. 2004. *Sensoriamento Remoto como Ferramenta para a Gestão Ambiental e o Desenvolvimento Local*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO, 7, Florianópolis: UFSC, COBRAC.
- SANESUL, Empresa de Saneamento do Estado de Mato Grosso do Sul. 2010. *Boletim de Preços*. setembro 2010. Campo Grande/MS: Publicação Interna.
- Valenciana, G. 2015. *Conselleria d'Infraestructures i Transport*. gvSIG versão 2.2. Disponível em: <<http://www.gvsig.org/web/>>. Acesso em: 15 outubro 2015.
- Von Sperling, M. 2014. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. Belo Horizonte: Editora UFMG, v. I, 4ª edição, v. I, 472 p.
- Von Sperling, M. 1996. *Princípios do Tratamento Biológico das Águas Residuárias*. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG, v. III, 140 p.