

Mapas de declividades em escala grande como suporte ao planejamento urbano: estudo de caso cidade de Aquidauana-MS

Nelson Marisco¹
Vicente Rocha Silva²

1,2Campus de Aquidauana – UFMS
Oscar Trindade de Barros, 740 Bairro da Serraria
Unidade II CEP 79200-000. Aquidauana - MS
nelson.marisco@ceca.ufal.br1
vicente.silva@ufms.br2

Resumo. Existem muitos municípios brasileiros que possuem produtos cartográficos em escala grande em formato analógico disponível, nos quais forma gastos recurso públicos. Assim sendo, esse trabalho apresentar uma proposição de utilização desses produtos cartográficos, principalmente sua altimetria. Muito embora, atualmente tem-se novas tecnologias para a obtenção dessa altimetria, dentre eles os Scanner a Laser aerotransportado. Entretanto, os custos são elevados para a maiorias desses municípios. Entende-se que esse trabalho apresenta uma possível solução a ser utilizada por esses municípios para o processo de elaboração de seu Modelo Numérico de Terreno (MNT) em escala grande. Esse trabalho visa à utilização de programas de Geoprocessamento na elaboração de mapas de declividades para áreas urbanas, utilizando produtos cartográficos em escala grande. Os produtos gerados através desses procedimentos podem servir de apoio às atividades de planejamento urbano e ambiental e auxílio ao processo de tomada de decisões por órgãos que compõem a gestão municipal. Para tal, utiliza-se como estudo de caso a cidade de Aquidauana-MS.

Palavras-chave: Geoprocessamento, Planejamento Urbano, Mapa de declividade.

Abstract. There are many Brazilian municipalities that have cartographic products on a large scale in an analogue

format available, in which public resources are spent. Therefore, this work presents a proposal to use these cartographic products, especially their altimetry. Although, there are currently new technologies to obtain this altimetry, among them the Airborne Laser Scanner. However, the costs are high for most of these municipalities. It is understood that this work presents a possible solution to be used by these municipalities for the process of elaboration of their numerical model of terrain (NMT) in large scale. This work aims at the use of Geoprocessing programs in the elaboration of maps of slopes for urban areas, using cartographic products in large scale. The products generated through these procedures can serve as support for urban and environmental planning activities and aid to the decision-making process by bodies that make up municipal management. For this, the city of Aquidauana-MS is used as case study.

Keywords: Geoprocessing, Urban Planning, Slope Map

1. Introdução

A área urbana da cidade de Aquidauana-MS, não sofreu grande expansão nos últimos 30 anos, o que houve foi uma ocupação das áreas urbanas já incorporadas ao perímetro urbano. Esse processo de adensamento ocupacional produzido pelo aumento populacional de 34.482 habitantes no ano de 1980 para aproximadamente 48.000 no ano de 2018, conforme dados do IBGE, tem apresentado problemas. Uma vez que o sítio urbano da cidade de Aquidauana, apresenta fragilidades ambientais em decorrência da sua formação geomorfológica. Isto é, o sítio urbano da cidade de Aquidauana é recortado pelo Rio Aquidauana ao Sul, pelo Córrego João Dias a Leste, pelo Córrego Guanandy a Oeste e, no centro, encontra-se o complexo da Lagoa Comprida. Essa estruturação geomorfológica apresenta uma necessidade constante de planejamento do uso e ocupação do solo urbano com o intuito de mitigar o processo de degradação ambiental dessas áreas naturais. Dessa forma, pensou-se em um trabalho que possa vir a fornecer elementos que possam contribuir ao processo de planejamento do uso e ocupação urbana dessas áreas para mitigar o processo de degradação ambiental das mesmas.

Por outro lado, sabe-se que existem muitos municípios brasileiros que possuem produtos cartográficos em escala grande disponível, nos quais forma gastos recursos públicos. Assim sendo, pensou-se, também, com esse trabalho apresentar uma proposição de utilização desses produtos cartográficos, em formato analógico, principalmente sua altimetria. Apesar de atualmente termos novas tecnologias para a obtenção dessa altimetria, dentre elas os Scanner a Laser aerotransportados. Os custos da utilização dessa tecnologia, são elevados para a maioria desses municípios.

Portanto, entende-se que esse trabalho apresenta uma possível solução a ser utilizada por esses municípios para o processo de elaboração de seu Modelo Numérico de Terreno (MNT) em escala grande.

Dessa forma, para validar a assertiva proposta para esse trabalho, apresenta-se dois relevantes argumentos encontrados na literatura corrente:

*Um Modelo Numérico de Terreno (MNT) é uma representação matemática computacional da distribuição de um fenômeno espacial que ocorre dentro de uma região da superfície terrestre. Para a representação de uma superfície real no computador é indispensável a elaboração e criação de um modelo digital, que pode estar representado por equações analíticas ou rede (**grade**) de pontos, de modo a transmitir ao usuário as características espaciais do terreno. A criação de um modelo numérico de terreno corresponde a uma nova maneira de enfocar o problema da elaboração e implantação de projetos. A partir dos modelos (grades) pode-se calcular diretamente volumes, áreas, desenhar perfis e seções transversais, gerar imagens sombreadas ou em níveis de cinza, gerar mapas de declividade e aspecto, gerar fatiamentos nos intervalos desejados e perspectivas tridimensionais. O processo de geração de um modelo numérico de terreno pode ser dividido em 2*

etapas: (a) aquisição das amostras ou amostragem e (b) geração do modelo propriamente dito ou interpolação. Após a geração do modelo, pode-se desenvolver diferentes aplicações. Filgueiras & Camara, (1993)

O interesse de pesquisadores com problemas relacionados com a definição de intervalos de declividade a partir de critérios técnicos de fragilidade não é recente. Segundo IPT (1991), De Biasi (1996) e Valente (1996), intervalos de declividades são definidos a partir de critérios técnicos de fragilidade ao uso e ocupação do solo. Mas estes autores não apresentam um consenso com referência às classes de maior ou menor susceptibilidade. O aspecto em comum é a consonância com a Lei Federal 6766/79. Esta lei estabelece que: “em áreas com declividade acima de 30% (15%) não será permitido o loteamento do solo”. “Áreas com declividade acima de 30% são consideradas bastante declivosas, o que dificulta e onera a urbanização, pela sua maior suscetibilidade à erosão e pela instabilidade das encostas, quando da retirada da vegetação e dos trabalhos de movimentação da terra”. Moraes Souza et al. (2007)

Dentro desse contexto o IPT (1991), estipula valores e intervalos de declividades, sendo eles:

- 0% a 15% inclinação máxima longitudinal tolerável nas vias para circulação de veículos;
- 15 a 30% inclinação máxima prevista por lei para ocupação de encostas;
- 30 a 50% limite de declividade tecnicamente recomendável para ocupação;
- e superior a 50% as áreas que possuem alta declividade e podem ser utilizadas para urbanização, embora sejam onerosos.

Para De Biasi (1996), as classes de declividade devem atender a um aspecto mais amplo, seja na área urbana ou rural, definindo assim cinco classes de declividades:

- inferior a 5% - limite urbano industrial;
- 5 a 12% - limite máximo do emprego da mecanização na agricultura;
- 12 a 30% - limite máximo para urbanização sem restrições definido por Legislação Federal (Lei 667/79);
- 30 a 47% - limite máximo de corte raso, a partir do qual a exploração só será permitida se sustentada por cobertura de floresta (Código Florestal Lei nº 4771/65 de 15/09/65);
- acima de 47% - proibida a derrubada de florestas, sendo tolerável apenas a extração de toras, em regime de utilização racional visando a rendimentos permanentes (Artigo 10 do Código Florestal).

Segundo Valente (1996), para a identificação das áreas com restrições ao uso urbano, são inicialmente estabelecidas classes referentes ao maior ou menor grau de limitações físicas e legais oferecidos pelo meio físico à ocupação urbana. São definidas quatro classes: -

- Classe I (3 a 15%) ótimo para ocupação urbana e edificações de habitação convencionais;
- Classe II (15 a 30%) embora não sejam áreas totalmente desfavoráveis à ocupação urbana, poderá exigir a adoção de soluções técnicas;
- Classe III (igual ou superior a 30%) aptidão insatisfatória ao uso residencial, sendo proibido o parcelamento do solo de acordo com Lei Federal 6766/79, salvo se atendidas exigências especiais quanto à preservação do meio físico;
- Classe IV (0 a 3%) áreas impróprias ao uso urbano tendo em vista a baixa capacidade de carga admissível dos solos existentes, indicados, no entanto para atividades agrícolas e de lazer.

2. Objetivos

Esse trabalho teve como objetivo principal elaborar um mapa de declividade da área urbana da cidade de Aquidauana na escala 1:2000, ver mapa da área de estudo **Figura 1**, utilizando as restituições aerofotogramétricas de 1980. E verificar seu atendimento à Lei Federal 6766/79, e suas várias alterações.

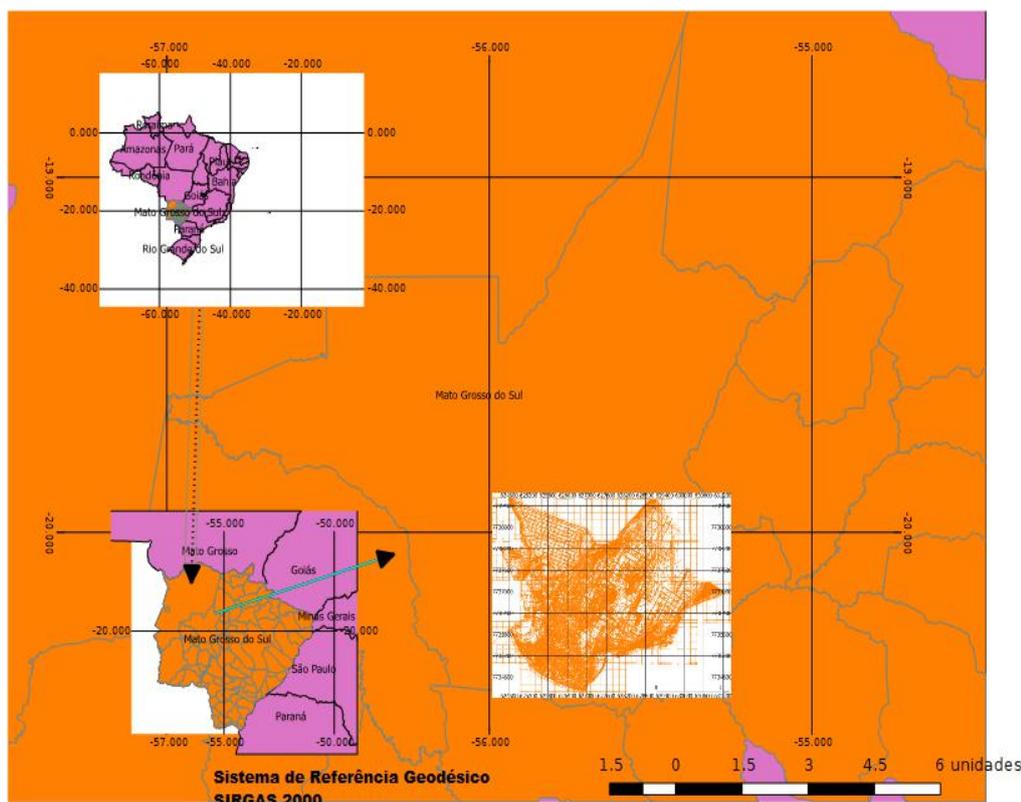
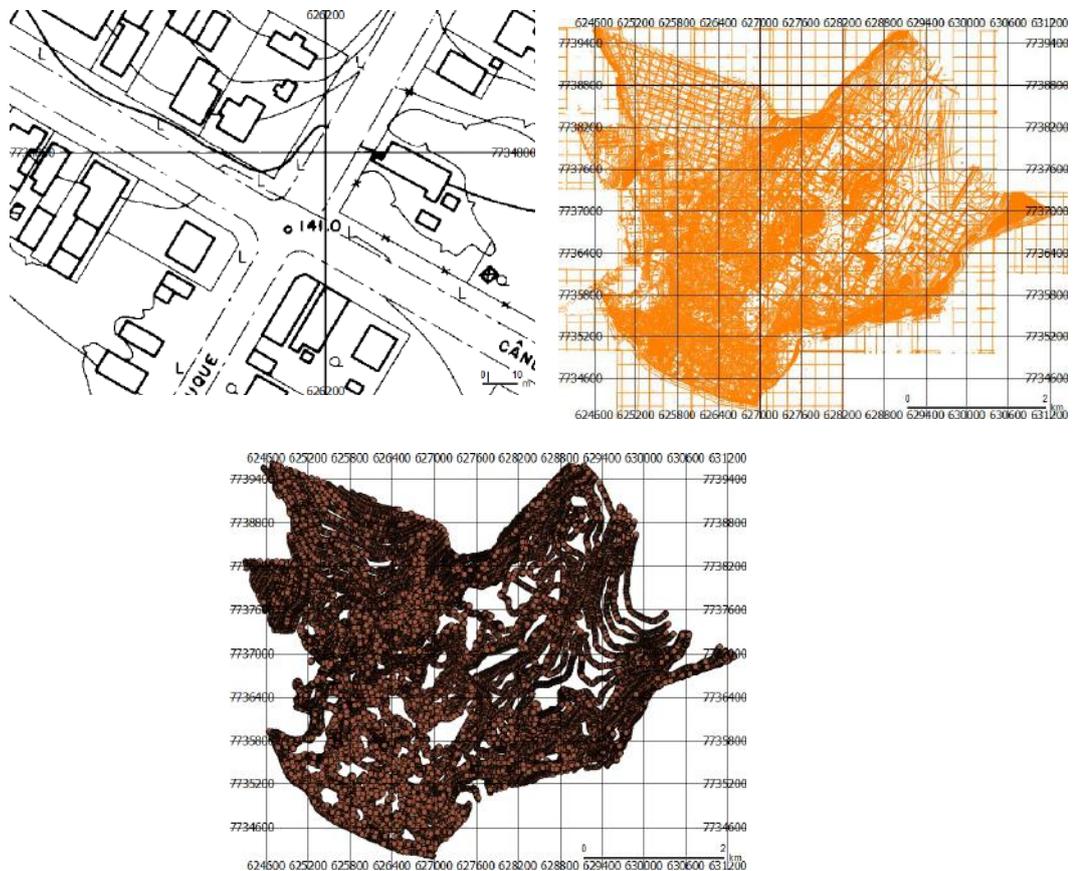


Figura 1: Mapa da área de estudo.

3. Procedimentos Metodológicos

Para o desenvolvimento do respectivo trabalho utilizou-se das 27 folhas do Sistema Cartográfico da área Urbana da cidade de Aquidauana, na escala 1:2000. Folhas essa elaboradas através de um levantamento aerofotogramétrico executado pela empresa Base Aerofotogrametria, contratada pela Empresa de Saneamento do Estado de Mato Grosso do Sul (SANESUL), no ano de 1980.

As 27 folhas em formato analógico encontram-se georreferenciadas ao SAD-69. Desta forma todas as folhas foram transformadas para o Sistema Geodésico Brasileiro - SIRGAS 2000 e posteriormente vetorizadas para se obter os vetores das curvas de nível (Marisco, 2016). Como a extração das curvas de nível não ficaram boas, no processo de vetorização automático, em função da grande quantidade de informações disponível em cada folha, optou-se por gerar pontos cotados sobre as mesmas utilizando-se algoritmo de transformação de isolinhas para pontos. Para a construção de superfícies matriciais de interpolação, passou-se a aplicar os algoritmos disponíveis no QGIS 2.18.20/GRASS 7.4.1 (64 bit), ver **Figura 2, 3 e 4**. No desenvolvimento desse trabalho testou-se três algoritmos de interpolação disponível no programa QGIS versão 2.18.20/SAGA GIS (2.3.2) (64 bit), Interpolate cubic spline, multilevel b-spline, Interpolador inverso da distância.



Figuras 2, 3, 4: Na sequência, porção de uma folha raster, arquivo vetorial e de pontos.

Após análise dos intervalos propostos por IPT (1991), De Biasi (1996), Valente (1996) e o Código Florestal Brasileiro (Lei nº4771/65 atualizado pela Lei Federal 7003/89). Optou-se pelas, classes de declividade proposta pela Embrapa (1979):

0.0000 a 3.0000 = 1 PLANO (0-3%)

3.0001 a 8.0000 = 2 SUAVE ONDULADO (3-8%)

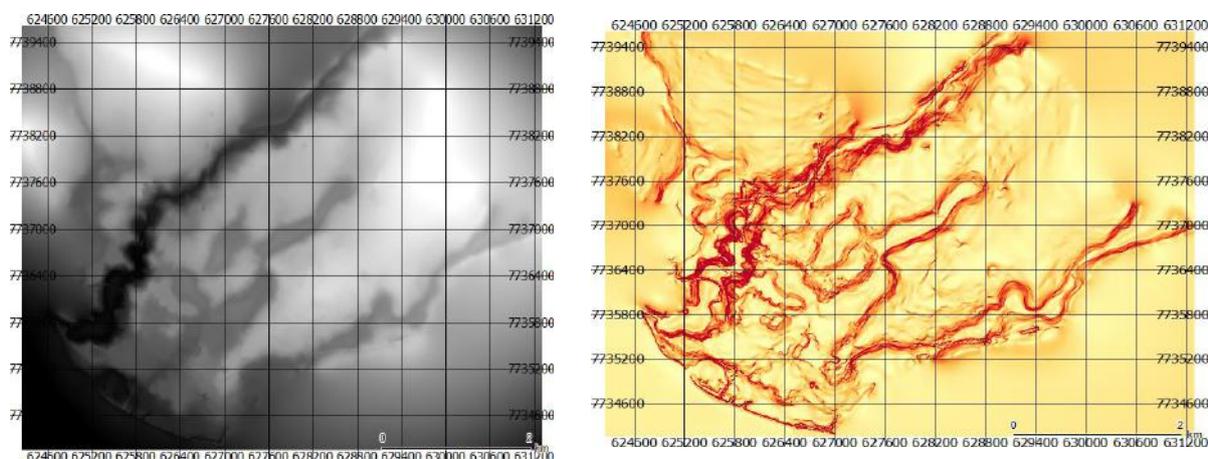
8.0001 a 20.0000 = 3 ONDULADO (8-20%)

20.0001 a 45.0000 = 4 FORTE-ONDULADO (20-45%)

45.0001 a 75.0000 = 5 MONTANHOSO (45-75%)

75.0001 a 2000.0000 = 6 FORTE-MONTANHOSO (75% <), como sendo intervalos de declividade para estudo de fragilidade natural à ocupação urbana.

Para a aplicação dessas classes de declividade utilizou-se o algoritmo reclassificação (r.reclass) de produtos raster disponível no programa QGIS 2.18.20/GRASS 7.4.1, “*que cria uma nova camada com valores de categorias com base na reclassificação do utilizador de categorias de um raster existente*”. Ver **Figuras (5, 6)**



Figuras 5, 6: Na sequência, declividade, declividade reamostrada

4. Resultados

Dos algoritmos testados: Interpolate cubic-spline, multilevel b-spline, Interpolador inverso da distância. O que apresentou melhor desempenho, comparando-se através de superposição dos arquivos das isolinhas geradas dos originais cartográficos e as isolinhas geradas utilizando-se os modelos, o interpolador (**Multilevel b-spline interpolation**), foi o que apresentou uma melhor semelhança entre eles. Esse algoritmo B-splines multilevel calcula uma Superfície contínua através de um conjunto de pontos espaçados irregularmente. O algoritmo faz uso de uma hierarquia fina de redes de pontos de controle para gerar uma sequência de funções bi cúbicas B-spline, cuja soma se aproxima da função de interpolação desejada. Grandes ganhos de desempenho são obtidos usando o refinamento B-spline para reduzir a soma dessas funções para dentro de uma função B-spline equivalente. Dessa forma, os resultados obtidos com esse interpolador nesse trabalho confirma o grande desempenho do mesmo. Mais detalhes sobre esse interpolador (LEE, et al., 1997). Como resultado do desenvolvimento do trabalho tem-se: (**Figuras: 7**).

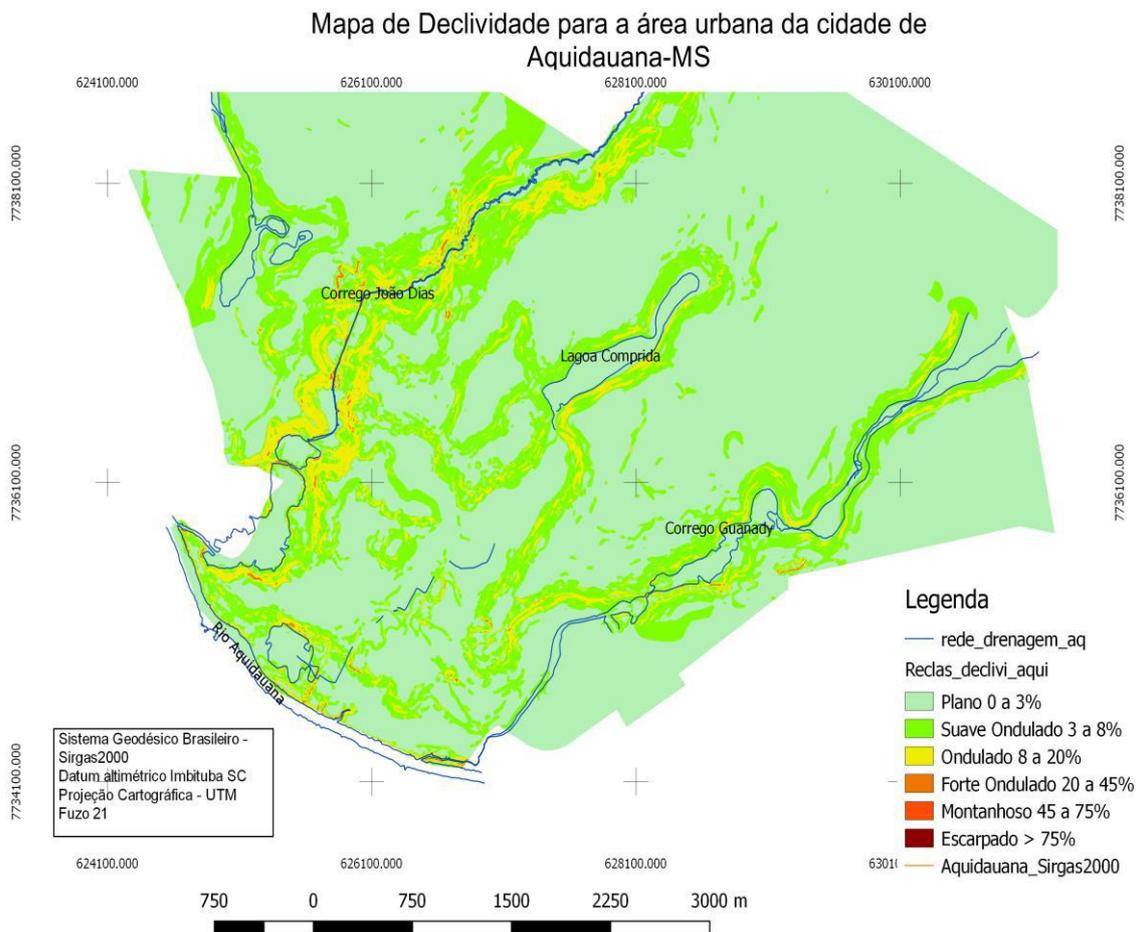


Figura 7: Resultado da reclassificação da interpolação multilevel b-spline.

5. Considerações Finais

Esse trabalho demonstra que é possível, atualmente, o aproveitamento ao menos da altimetria contida nas bases cartográficas em formato analógico em escala grande, disponíveis em vários municípios brasileiros para gerar mapa de declividade da área urbana dessas cidades. Esses mapas de declividade servirão de suporte a uma variedade de trabalhos acadêmicos e práticos nas áreas de Planejamento Ambiental e Urbano, bem como nas áreas de Engenharia Civil e Ambiental.

Assim sendo, de um total de 2.446,26 há para a área urbana da cidade de Aquidauana, tem-se, o predomínio das faixas de declividade entre Plano (0 a 3%) com 1.781,73 ha, Suave Ondulado (3 – 8%) com 522,20 ha e Ondulado (8 – 20%) com 137,90 ha. Perfazendo um total de 2.441,82 ha, isto é, 99% da área urbana da cidade com menos de 20% de declividade. Para as faixas Forte Ondulado (20 – 45%), obteve-se 4,42 ha, e para Montanhoso (45 – 75%), obteve-se 0,0232 ha. Conforme Lei Federal 6766/79, apesar de suas várias alterações realizadas por outras Leis, sendo uma delas a Lei 9.785/99, em seu Artigo terceiro parágrafo único inciso terceiro, veta o parcelamento do solo para área com declividades iguais ou

superiores a 30%, salvo se atendidas exigências específicas das autoridades competentes.

Pode-se concluir então, que a área urbana da cidade de Aquidauana-MS, possui 99% de sua área com declividade até 20%. Logo, atende aos pré-requisitos exigidos na Lei Federal de Parcelamento do Solo Urbano (Lei 6.766/79 e Lei 9.785/99 e demais alterações promovida na referida Lei). Entretanto, deve-se destacar que a área urbana da cidade de Aquidauana, apresenta outras fragilidades para o uso e parcelamento do solo urbano, que são as áreas suscetíveis a inundações periódicas. Dessas áreas, destacam-se, as ocupações na margem direita do Rio Aquidauana, ao longo dos Córregos João Dias e Guanandy e, no entorno da Lagoa Comprida e sua ligação natural com o Rio Aquidauana, as quais são objetos de outros estudos em desenvolvimento.

6. Agradecimentos

Empresa de Saneamento do Estado de Mato Grosso do Sul (SANESUL) e ENERSUL atual ENERGISA.

7. Referências

Burrough, P. A.; McDonnell, R.A. **Principles of geographical information systems**. Oxford, Oxford University Press, 1998.

Câmara, G.; Casanova, M.A.; Hemerly, A.; Medeiros, C.M.B.; Magalhães, G. **Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica**. Curitiba, SAGRES Editora, 1997.

Câmara, G.; Medeiros, J.S. “**Geoprocessamento em Projetos Ambientais**”. Tutorial Apresentado no Congresso GIS Brasil 98. URL: <www.dpi.inpe.br/cursos/gisbrasil/>. Acessado em 20/04/2018.

De Biasi, M. **Cartas de Declividade: confecção e utilização**. Instituto de geomorfologia número 21. São Paulo. 1970.

De Biasi, M. **A Carta Clinográfica: os métodos de representação e sua confecção**. 1996

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). In: **REUNIÃO TÉCNICA DE LEVANTAMENTO DE SOLOS**, 10., 1979, Rio de Janeiro. **Súmula...** Rio de Janeiro, 1979. 83 p. (EMBRAPA-SNLCS. Miscelânea, 1).

Felgueiras, C. A. & Câmara, G. **Sistema de Informações Geográficas do INPE**. 1. ed. In: ASSAD, E.D. e SANO, E.E., eds. **Sistema de Informações Geográficas: aplicações na agricultura**. Brasília, EMBRAPA/CPAC, 1993. P.41-59.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Base de informações por setor censitário: censo demográfico 2010 - resultados do universo**. URL: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ms/aquidauana/panorama>>. Acessado em 10/04/2018.

Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT). **Manual de ocupação de encostas**, São Paulo: USP, 1991

Lee et al.: **Scattered data interpolation with multilevel b-splines**. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, vol. 3, no. 3, july-september 1997.

Legislação Brasileira. **Lei Federal de Parcelamento do Solo N° 6.766 de 19.12.1979 e suas alterações contidas na Lei Federal 9.785 de 29.01.1999**. URL: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/l6766.htm>. Acessado em 10/04/2018.

Maguire, D.; Goodchild, M.; Rhind, D. (eds.) **Geographical Information Systems: Principles and Applications**. New York, John Wiley and Sons, 1991.

Marisco, N. **Reflexões sobre o aproveitamento dos mapas de escala grande em meio analógico das áreas urbanas das cidades pequenas. Estudo de caso: Sistema Cartográfico da área urbana da cidade de Aquidauana-MS**. In: Anais 6º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, Cuiabá, MT. Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p. 578 -585.

Morais Souza et al.: **Análise de urbanização em áreas declivosas, com uma das etapas da Avaliação Ambiental Estratégica (AAE), visando o desenvolvimento local**. In Anais do XIII Simpósio de Sensoriamento Remoto. Florianópolis, 2007, INPE, p. 5533-5539. URL: <<http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.15.12.38.22/doc/5533-5539.pdf>>. Acessado em 10/09/2017

Tomlin, D. **Geographic Information Systems and Cartographic Modeling**. Prentice Hall, New York, 1990.

Valente, A. L. S. **Uso de SIG na determinação de áreas com restrições à ocupação urbana na sub-bacia do Arroio Feijó, RS**. In: Congresso e Feira para usuários de geoprocessamento, 2. 1996, Curitiba. Anais. Curitiba: SAGRES, p.849-856, 1996.