

Geoprocessamento Aplicado ao Diagnóstico e Espacialização da Infra-estrutura Viária Rural

Geoprocessing Applied to the Diagnosis and Spacialization of the Rural Road Infra-structure

Adriana G. Salbego¹

Enio Giotto²

Pedro Roberto de Azambuja Madruga²

Resumo

A presente pesquisa teve como objetivo a aplicação de técnicas de geoprocessamento, visando o diagnóstico e espacialização da infraestrutura viária rural do município de Nova Esperança do Sul, RS. A base cartográfica digital do município foi elaborada a partir de dados existentes em meio analógico (cartas topográficas - escala 1:50.000 e mapa da zona urbana -1:5.000) e levantamento de campo, através de receptor GPS de navegação. Através da sobreposição dos planos de informação referente a rede viária rural, foi possível realizar a análise temporal, constatando-se que o traçado estava bastante desatualizado, e avaliar a integração geométrica entre os dados, onde os deslocamentos apresentados em relação ao posicionamento foi avaliado a partir de dez pontos coletados em entroncamentos, comum aos planos de informação, obtendo-se como desvio padrão, 10,5727 m e 32,3446 m, para as coordenadas E e N, respectivamente, atendendo a PEC (precisão de exatidão cartográfica) para mapas de classe C, na escala 1:50.000. Constatou-se a necessidade de manutenção/substituição de 05 obras-de-arte (pontes/ bueiros) e 06 paradas de ônibus, as quais apresentam péssimas condições de conservação. O MNT nos permitiu a representação tridimensional do relevo e a obtenção dos perfis topográficos. O mapa de classes de declividade mostrou que o intervalo de classes que predomina no município é de 8-20%, definido como relevo ondulado, representando 38,53% da área total do município. Foram levantados e caracterizados

¹ Mestre em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Santa Maria, Campus Universitário Camobi. CEP: 97119-900. Santa Maria (RS). Brasil. Fone (055) 3220-8261. E-mail: adrisalbego@terra.com.br;

² Professor titular do Departamento de Engenharia Rural. Universidade Federal de Santa Maria. Campus Universitário Camobi. CEP: 97119-900. Santa Maria (RS). Brasil. Fone (055) 3220-8261. E-mail: gioto@ccr.ufsm.br; pedromadruga@terra.com.br.

Recebido para publicação em 06/02/2006 e aceito em 23/06/2006

Ambiência	Guarapuava, PR	v.2 n.2	p. 179-195	jul/dez	2006	ISSN 1808 - 0251
-----------	----------------	---------	------------	---------	------	------------------

os pontos e trechos críticos apresentados na rede viária rural. Os dados referentes à infra-estrutura viária rural foram armazenados em um banco de dados indexado ao mapa, possibilitando assim atividades de planejamento, gerenciamento, bem como a atualização constante dos dados. Neste sentido, pode-se concluir que a aplicação das técnicas de geoprocessamento mostraram-se bastante eficientes, embora mereçam inúmeras considerações.

Palavras-chave: sistema de informação geográfica; cartografia digital.

Abstract

The present research intends to apply the techniques of geoprocessing to the diagnosis and to the spacialization of the rural road infra-structure of the district of Nova Esperança do Sul, RS. The cartographic digital base of the district was elaborated based on existing data in analogical medium (topographic maps – scale 1:50.000 and map of the urban area - 1:5.000) and field survey, by means of GPS receptor of navigation. By means of the overlay of plans of information referring to the rural road network, a temporal analysis was carried out in order to find out that the line of demarcation was outdated. Subsequently, an evaluation of the geometrical integration among the data was also carried out, where the existing displacements in relation to the positioning were evaluated on the basis of the ten points collected in junctions, common to the information plans, obtaining as a standard deviation of 10,5727 m. and of 32,3446 m. for the coordinates E and N, respectively, corresponding to PEC (precision of cartographic accuracy) for class maps C, in the scale 1:50.000. As a result, it was verified the need for the maintenance/substitution of 05 roadworks (bridges, storm drains) and of 06 bus stops, which present terrible conservation conditions. The MNT allowed us to obtain the three-dimensional representation of the relief and of the topographical profiles. The map of slope class showed that the interval of classes that prevails in the district is of 8-20%, defined as an undulating relief, representing 38,53% of the total area of the district. The points and critical area spaces presented in the rural road network were analyzed and characterized. Data referring to the rural road infra-structure were stored in a database indexed to the map, facilitating, in this way, planning activities, management as well as the constant modernization of the data.

Key words: geographical information system; digital cartographic.

Introdução

A rede viária rural desempenha importante papel sócioeconômico no município, uma vez que propicia o acesso da produção agropecuária às rodovias, bem como o único acesso das comunidades rurais na busca de serviços essenciais como saúde, educação, comércio, bancos, dentre outros. Do total da rede viária nacional, aproximadamente 91% estão sob jurisdição de governos municipais, sendo 8% de responsabilidade dos governos estaduais e 1% de responsabilidade do governo federal.

No Rio Grande do Sul, a situação não é diferente, pois 90,2% da rede viária estão sob jurisdição de governos municipais, 6,3% estadual e apenas 3,5% federal. A situação agrava-se pelo fato de que 99,5% das estradas sob jurisdição municipal, não são pavimentadas. Cabe salientar que a atualização de cartas topográficas e também a produção de cartas originais para regiões ainda não mapeadas, são tarefas complexas e lentas. Como conseqüência, há falta de informação atualizada para extensas regiões.

Neste sentido, as tecnologias de geoprocessamento são instrumentos apropriados para o manuseio, manutenção, gerenciamento e disponibilização de informações com características espaciais. A disponibilização de informações em formato digital possibilita a manipulação e apresentação do conhecimento geográfico humano segundo formas novas, práticas e atrativas, bem como uma redução nos custos dos processos de atualização e substituição, tendo em vista que os produtos gerados a partir de SIG podem ser atualizados, editados, impressos e duplicados mais rápido e facilmente do que aqueles gerados por métodos tradicionais. A grande maioria dos municípios do Brasil, e dentre eles o de Nova Esperança do Sul, não possui subsídios para o planejamento da infra-estrutura viária rural, visto que a única base cartográfica existente, com escala compatível, corresponde às cartas topográficas elaboradas pelo Exército Brasileiro em 1975. O processo de manutenção da rede viária, bem como o planejamento de novas vias, poderá ser facilitado através do conhecimento de dados, como declividade da área, tipo de solo, condições de drenagem e declividade da área. O presente trabalho, portanto, tem o propósito de empregar as técnicas de geoprocessamento para a espacialização e diagnóstico da infra-estrutura viária rural, buscando alternativas para a obtenção de dados (mapa-base e temáticos) visando ao gerenciamento e planejamento da malha viária rural do município, de forma a facilitar a manutenção, planejamento de transportes (escoamento da produção agrícola, transporte escolar, funcionários para a indústria, produtores rurais, dentre outros).

A base cartográfica e os mapas temáticos servirão como subsídio na elaboração de um plano de desenvolvimento integrado do município, propondo-se a alcançar os seguintes objetivos: elaborar a base cartográfica digital do município; caracterizar e espacializar o traçado da rede viária rural e os elementos pontuais (obras-de-arte e paradas de ônibus); hierarquizar a rede viária rural, bem como os pontos e trechos críticos; gerar mapas temáticos para a caracterização da rede viária rural e subsidiar no planejamento de novas vias; estudar a viabilidade da utilização do GPS de navegação na atualização da rede viária rural; realizar a análise temporal da rede viária rural (cartas topográficas X levantamento GPS); elaborar um banco de dados geográfico associado à base cartográfica digital.

Materiais e Metodologia

Nova Esperança do Sul está situada na região centro-oeste do Estado do Rio Grande do Sul, localizada entre as coordenadas geográficas 29° 30' 27" a 29° 18' 21" de latitude Sul e 54° 56' 12" a 54° 44' 06" de longitude Oeste. Limita-se ao norte com o município de Santiago, ao sul com São Francisco de Assis e Jaguari, a leste com Jaguari e a oeste com São Francisco de Assis.

De acordo com IBGE, o município apresenta superfície territorial de 190,80 Km², dos quais 1,38 Km² representam a zona urbana. Segundo dados levantados no Censo 2000, a população é de 4.010 habitantes, dos quais 69,53% vivem na zona urbana e 30,47% na zona rural.

Para atingir os objetivos propostos foram utilizados os seguintes materiais: cartas topográficas elaboradas pela DSG, escala 1:50.000, de nomenclatura SH.21-X-D-V-1/MI-2963/1 (Boa Esperança), SH.21-X-D-II-3/MI-2946/3 (Nova Esperança), SH.21-X-D-II-4 / MI-2946/4 (Jaguari); mapa da zona urbana do município, escala 1:5.000, como base para digitalização do perímetro urbano do município; receptor GPS de navegação, 12 canais, com antena receptora externa; veículo automotor; câmara fotográfica digital; planilha de inspeção a campo. O processo de elaboração da base cartográfica digital consistiu na conversão dos planos de informação existentes em formato analógico para o meio digital, através dos métodos de vetorização em tela e digitalização manual (via mesa digitalizadora), e caracterização e espacialização da rede viária rural, bem como dos elementos pontuais (obras-de-arte, paradas de ônibus), através de levantamento de campo, utilizando receptor GPS.

Posteriormente, cada plano de informação foi exportado para o aplicativo AutoCAD 2000. O método de digitalização manual, via mesa digitalizadora, foi utilizado na conversão dos arquivos referentes ao perímetro urbano, a partir do mapa da zona urbana e as curvas de nível, originadas das cartas topográficas, utilizando-se o SIG SITER 3.

O georreferenciamento dos PI's foram realizados no aplicativo Idrisi 32. A espacialização da rede viária rural foi realizada através de levantamento de campo, para atualização do traçado. Utilizou-se receptor GPS de navegação, Garmin 12 XL, no método de posicionamento absoluto. A escolha do equipamento foi fundamentada pela facilidade de manuseio e por apresentar precisão compatível com a escala de trabalho, pois o padrão de exatidão cartográfica (PEC) para mapas na escala 1:50.000, nas classes A, B e C, a precisão requerida é de 25, 40 e 50m, respectivamente. Nesta etapa, foram percorridas todas as estradas.

O receptor GPS foi configurado para o sistema de referência WGS-84, fuso 21 e projeção UTM. Os pares de coordenadas UTM foram ajustados de acordo com as condições de trafegabilidade das estradas. Este ajuste do equipamento consiste na configuração do intervalo de tempo em que serão registradas as coordenadas. Para a caracterização da rede viária rural, utilizou-se planilha específica de inspeção *in loco*.

O processo de espacialização e caracterização dos elementos pontuais existentes ao longo da rede viária rural consistiu no levantamento de campo das obras-de-arte e paradas de ônibus, para as quais foram utilizados códigos de identificação.

Posteriormente, as obras-de-arte e parada de ônibus foram espacializadas e identificadas sobre o traçado atualizado da rede viária rural.

O cruzamento dos PI's da rede viária rural permitiu a análise da integração geométrica (sobreposição) entre os dados, bem como a análise temporal entre o período de 1975 – 2002. O levantamento dos trechos e pontos críticos apresentados ao longo da rede viária rural, em relação às condições de trafegabilidade, foi realizado através de inspeção *in loco*, a partir da qual a espacialização foi obtida através de receptor GPS no método estático. Para a caracterização, utilizou-se planilha específica, identificando o problema constatado.

O modelo numérico do terreno (MNT) foi elaborado a partir das curvas de nível equidistantes 20 metros. Para o processo de interpolação das curvas de nível, optou-se pelo modelo que utiliza grade de pontos, através da malha triangular. Para a representação tridimensional do MNT, foi utilizado o aplicativo Surfer 6.02. Os perfis topográficos foram elaborados a partir do MNT, através do cruzamento dos trechos da rede viária rural com o MNT. Este procedimento foi realizado através do Idrisi 32. A elaboração do mapa de declividade teve por objetivo espacializar e quantificar as classes, bem como associar os trechos críticos apresentados ao longo da rede viária rural à declividade. O MNT serviu de base para o mapa de declividade, elaborado segundo as classes listadas na tabela 1.

Tabela 1. Classes de declividade

Definição	Classes de declividade (%)
1 – Plano	0 a 3%
2 – Suave ondulado	3 a 8%
3 – Ondulado	8 a 20%
4 – Forte ondulado	20 a 45%
5 – Montanhoso	mais que 45%

Para armazenamento e gerenciamento do banco de dados, utilizou-se o aplicativo Idrisi32, associado à base cartográfica com a espacialização georreferenciada da infra-estrutura viária rural. A estruturação do banco de dados consistiu na indexação entre a tabela de dados e o arquivo vetorial, onde foram criados campos, utilizando os códigos de identificação da rede viária rural e obras-de-arte/paradas de ônibus.

Resultados e Discussões

No processo de georreferenciamento do mosaico das cartas topográficas foi obtida uma imagem constituída por uma matriz de 4400 colunas X 5200 linhas, onde foi considerada a resolução espacial de cinco metros. O EMQ obtido no georreferenciamento foi de 0,993092. A definição do limite do município permitiu a determinação da superfície territorial (191,29 km²). A rede de drenagem permitiu a identificação de cursos d'água interceptados pelas obras-de-arte. O município

apresenta cotas que oscilam entre 100 e 420 metros, de forma que as maiores altitudes estão na porção noroeste e as menores, na porção sul. A quantificação da rede viária rural é mostrada na tabela 2.

Tabela 2. Rede viária rural (cartas topográficas – 1975)

Jurisdição	Classificação	Revestimento	Extensão (Km)
Municipal	Principal	não-pavimentada	42,706
Municipal	Secundária	não-pavimentada	33,663
Total			76,369

A rede viária rural era composta por 76,369 quilômetros de estradas não-pavimentadas, destas, 42,706 quilômetros classificadas como rodovias principais e 33,663 quilômetros de rodovias secundárias. Quanto à jurisdição, as estradas eram todas municipais, pertencendo ao município de Jaguari, até a emancipação de Nova Esperança do Sul em 1988. As cartas topográficas apresentam o levantamento dos caminhos, que são utilizados para acesso de pessoas e veículos de tração animal até a sede das propriedades. Os caminhos apresentaram uma extensão de 74, 928 quilômetros. Na figura 1 são apresentados os planos de informação referente ao limite do município, perímetro urbano, rede de drenagem e rede viária rural, e na figura 2, as curvas de nível.

Figura 1. Planos de informação: limite do município, perímetro urbano, rede de drenagem e rede viária rural (cartas topográficas)

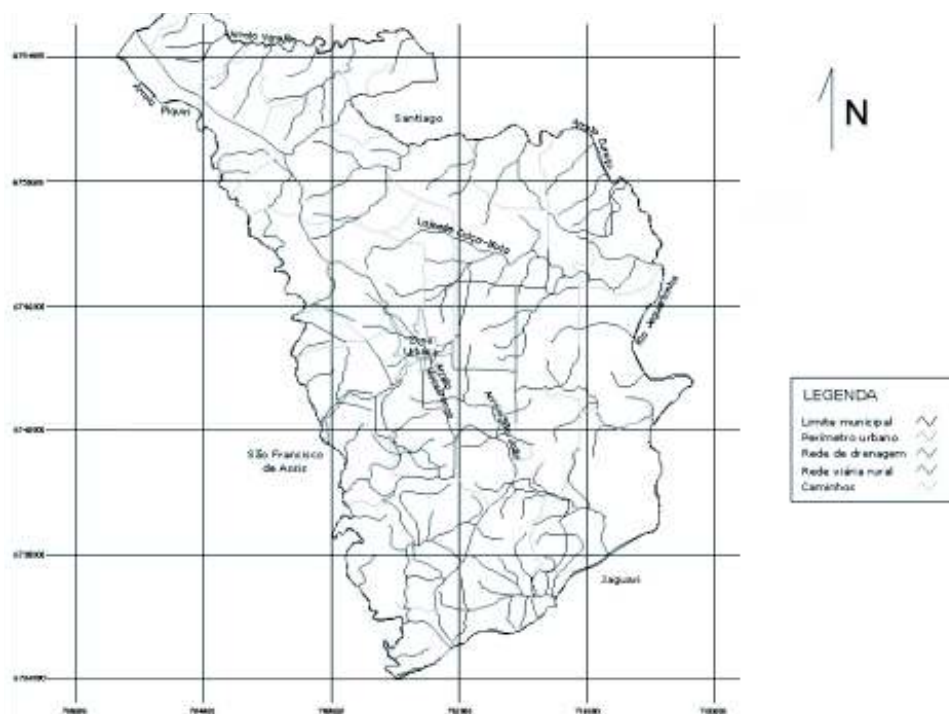
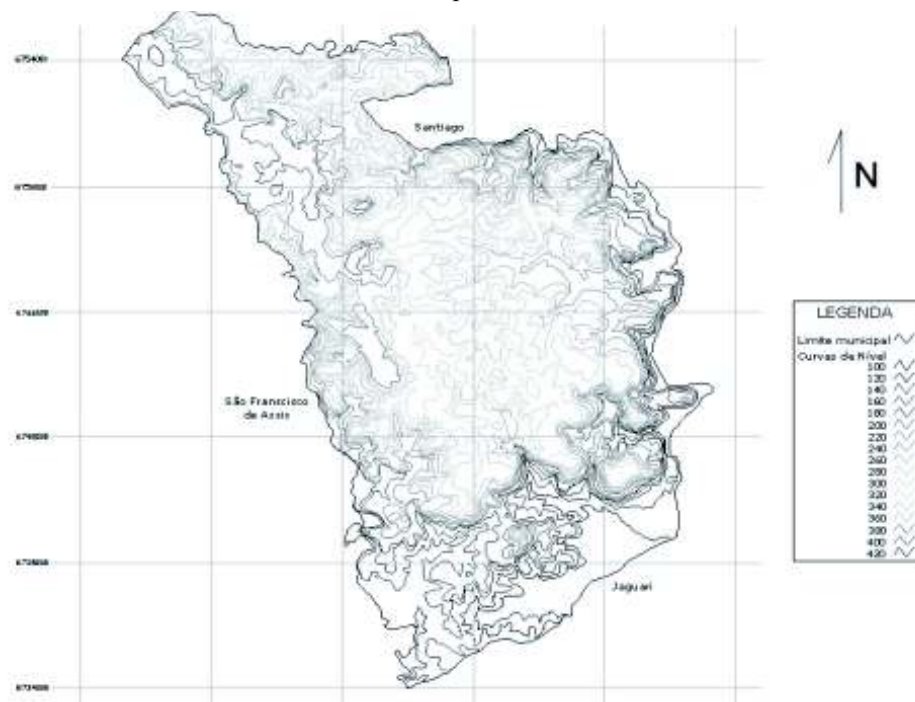


Figura 2. Curvas de nível e limite do município

Planos de Informação a partir de Levantamento de Campo (GPS)

Após a aquisição de dados, no primeiro momento levantou-se a extensão da rede viária rural quanto à jurisdição. A rede viária rural apresenta uma extensão de 140,258 quilômetros, sendo que grande parte da malha viária está sob jurisdição municipal, com uma extensão de 130,958 quilômetros, equivalente a 93,37% das vias. Sob responsabilidade do estado, encontram-se 9,30 quilômetros, representando 6,63%. O município não possui vias sob jurisdição federal. Quanto ao revestimento, apenas o trecho sob jurisdição estadual de 9,30 quilômetros possui pavimentação, sendo as demais vias sob responsabilidade municipal, todas não pavimentadas. A distribuição espacial associada ao tipo de tráfego e ao gabarito foram os fatores considerados na classificação das vias. Os resultados obtidos estão na tabela 3.

Tabela 3. Quantificação da rede viária rural atualizada

Jurisdição	Finalidade			
	Estrutural (Km)	Alimentadora(km)	Coletora(Km)	Ligação(Km)
Estadual	9,300	-	-	-
Municipal	31,891	55,621	26,085	17,361
Total	41,191	55,621	26,085	17,361

As estradas estruturais apresentam uma extensão de 41,191 quilômetros. Estas vias apresentam tráfego diário de transporte escolar e coletivo, além de serem as responsáveis pelo escoamento da produção do município. A via que dá acesso à

porção noroeste, sob jurisdição estadual, constitui a principal via de acesso, com uma extensão de 9,30 quilômetros, sendo a única pavimentada, possibilitando o acesso a BR-287. A via estrutural em direção à porção noroeste do município, propicia o acesso aos municípios de São Francisco de Assis e Santiago. Na porção sul, a via estrutural liga ao município de Jaguari e à zona rural de São Francisco de Assis. As vias alimentadoras ligam às estruturais, e são as que apresentam maior extensão: 55,621 quilômetros. As vias coletoras são responsáveis pela ligação das propriedades a outras vias, apresentam uma extensão de 26,085 quilômetros. As vias classificadas como de ligação, possibilitam o acesso entre duas estradas, com uma extensão de 17,361 quilômetros. Quanto ao gabarito, as vias estruturais e alimentadoras apresentam largura média de 5,00 metros permitindo o trânsito em duas vias. Já as demais vias, coletoras e de ligação, possuem largura em torno do 3,00 metros, com uma única via de circulação.

Elementos Pontuais

O levantamento das coordenadas dos elementos pontuais (obras-de-arte e paradas de ônibus) da rede viária rural foi realizado através de levantamento de campo com receptor GPS e a caracterização, através de planilha específica, conforme descrito na metodologia. No levantamento efetuado, foram locadas 14 obras-de-arte ao longo da rede viária rural, dentre estas, dois bueiros e doze pontilhões. Constatou-se que as obras-de-arte identificadas sob os códigos B1, P1 e P5, localizadas em estradas sob jurisdição municipal, apresentam péssimas condições de conservação, podendo ocasionar transtornos aos transeuntes. As demais apresentam boas condições de conservação, com exceção do bueiro B2 e do pontilhão P4, os quais deverão sofrer manutenção.

Quanto às paradas de ônibus, foram locadas 20 unidades ao longo da rede viária rural. Foi constatado que em 70% das paradas de ônibus o padrão construtivo é o concreto, apresentando boas condições de conservação. As demais são em madeira, encontrando-se em más condições, localizadas em estradas sob jurisdição municipal. Este fato agrava-se por estarem localizadas em vias que possuem transporte escolar diário.

Integração Geométrica dos Dados

A sobreposição dos PI's referente à rede viária rural permitiu a análise da integração geométrica dos dados provenientes de diferentes fontes: cartas topográficas X GPS, mostrados na figura 3. Analisando à figura, onde se nota claramente um deslocamento existente entre os planos de informação. Os deslocamentos apresentados não são sistemáticos, o que impossibilita a correção através do emprego de fórmulas. Em relação à coleta de dados a campo com GPS, pode-se dizer que estavam disponíveis 7 ou 8 satélites, e em poucos casos 5 ou 6. Os valores de EPE (erro de precisão estimado) mantiveram-se sempre baixos, entre 4 ou 6. Ou seja, ocorreu sempre uma situação favorável. Buscando aferir os deslocamentos apresentados

entre os planos de informação, foram extraídos dez pares de coordenadas UTM de pontos bem definidos, em cruzamentos de estradas, comuns ao traçado derivado das cartas topográficas e o obtido de levantamento de campo.

Figura 3. Sobreposição do traçado da rede viária rural: cartas topográficas X levantamento de campo (GPS)



Ao se analisarem os resultados apresentados, foram feitas as seguintes constatações em relação ao traçado obtido através de GPS: os deslocamentos dos pontos em X (coordenadas E) ocorreram na direção oeste, não havendo grandes variações, apresentando um desvio padrão de 10,5727 m. Na direção Y (coordenadas N), observa-se que nos pontos 5, 6, 8 e 9, os deslocamentos ocorreram na direção norte e os demais na direção sul, variando de 71,1208 m no ponto 2 a 1,8144 m, no ponto 4.

O desvio padrão apresentado foi de 32,3446 m. De acordo com o proposto por Cintra (1998), deslocamentos podem ser explicados por fatores como a utilização de diferentes sistemas de referência (WGS-84 X Córrego Alegre) que acarreta diferença de dezenas de metros, em função da região; erro ou imprecisão nas coordenadas do vértice de partida do levantamento aerofotogramétrico da DSG e por um erro natural e inerente ao processo de transporte de coordenadas por aerotriangulação, levando também a duas dezenas de metros.

Podem haver também um erro devido aos parâmetros de transformação do sistema WGS-84 para o Córrego Alegre, pois os valores introduzidos no aplicativo, são parâmetros para todo o Brasil e que, portanto, podem não se adaptar perfeitamente em uma região. Embora os deslocamentos apresentados tenham sido superiores aos esperados e também citados na literatura (GPS), atendem ao padrão de exatidão cartográfica para os mapas de classe C, onde a precisão requerida é de 50 metros.

Análise Temporal da Rede Viária Rural

A sobreposição dos PI's da rede viária rural (cartas topográficas x GPS), também permitiu a análise temporal entre o período de 1975 e 2002. A rede viária rural atualizada (2002), conforme levantado neste trabalho, apresenta uma extensão equivalente a 140,258km, representando um acréscimo de 83,6% em relação as vias existentes em 1975, que apresentava 76,369 km. As cartas topográficas apresentam também o levantamento dos caminhos, onde se observou que 65% tornaram-se transitáveis. Isto se deve às condições dos meios de transporte hoje utilizados; alguns caminhos foram desativados ou são acessos internos às propriedades, não levantados neste trabalho.

Nota-se também que algumas vias existentes em 1975 foram desativadas em consequência da abertura de novas vias. Foi observado o surgimento de novos traçados neste período, salientando-se que a via principal de acesso ao município sofreu alteração na ocasião da pavimentação, no final da década de 80. A pavimentação deste trecho deu origem a novos traçados, ligando a propriedades rurais e pontos turísticos (localidade de Linha Um). No limite do município, o trecho de acesso à ponte sobre o Arroio Curuçu, foi deslocado em função da construção de uma nova ponte. Houve também alteração no traçado na localidade de Linha Três, por problemas de drenagem superficial. Nas localidades de Capão Grande e Coxilha Alegre, novas vias foram abertas, ligando as demais vias existentes.

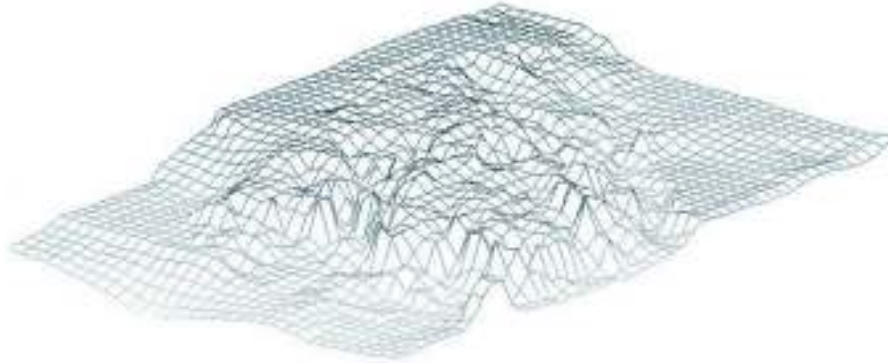
Pontos e Trechos Críticos da Rede Viária Rural

A rede viária rural apresenta alguns pontos e trechos críticos em relação à trafegabilidade, levantados *in loco* e especializados. Os problemas apresentados são decorrentes da falta de obras-de-arte em locais em que a rede viária intercepta a rede de drenagem, intensificados em períodos chuvosos e pela declividade acentuada apresentada no terreno. Observa-se que todos os pontos críticos apresentados estão localizados em estradas municipais, sendo que os pontos Pc-1, Pc-7 e Pc-8, encontram-se em trechos com tráfego diário de veículos.

Modelo Numérico do Terreno

A partir do MNT, foi possível analisar o comportamento do relevo em toda a região de abrangência do município, determinando as áreas que apresentam maiores declives. Foi constatado que as maiores altitudes encontram-se na porção noroeste, apresentando altitude máxima de 420 metros. As menores altitudes predominam na parte sul, com altitude mínima de 100 metros, às margens do Rio Jaguarizinho. Na figura 4 é mostrada a representação tridimensional do MNT.

Figura 4. Representação tridimensional do Modelo Numérico do Terreno



Perfis topográficos

A caracterização dos trechos da rede viária rural que apresentaram situações críticas de trafegabilidade devido à declividade acentuada está representado por meio de perfis topográficos, nas figuras a seguir:

Tc 1 – trecho localizado em uma via coletora, identificada como Mc8, situado entre as coordenadas UTM: 709173,5620 E / 6744950,4746 N e 709567,1309 E / 6745138,6113 N, apresentando extensão de 400 m. A declividade média apresentada é de 10%, com altitudes variando de 380 a 340 m, representado através da figura 5;

Tc 2 – trecho localizado em uma via de ligação, identificada por M12, situado entre as coordenadas UTM 710747,5645 E / 6746585,9631 N e 710850,8602 E / 6747312,3897 N, com extensão de 700 m. O trecho apresenta declividade média de 10% e 4%, com altitudes variando de 350 a 305 m, representado na figura 6.

Figura 5. Perfil topográfico: Tc 1 (escalas: Horizontal 1:5000 / Vertical 1:1000)

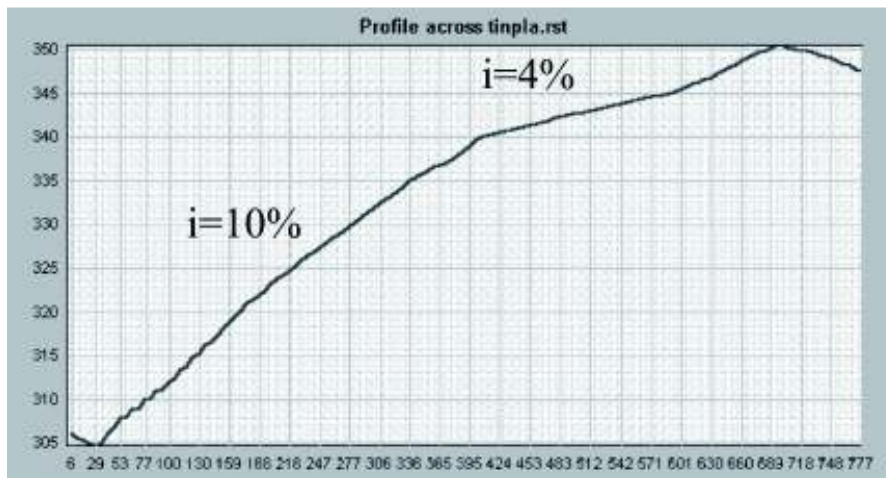
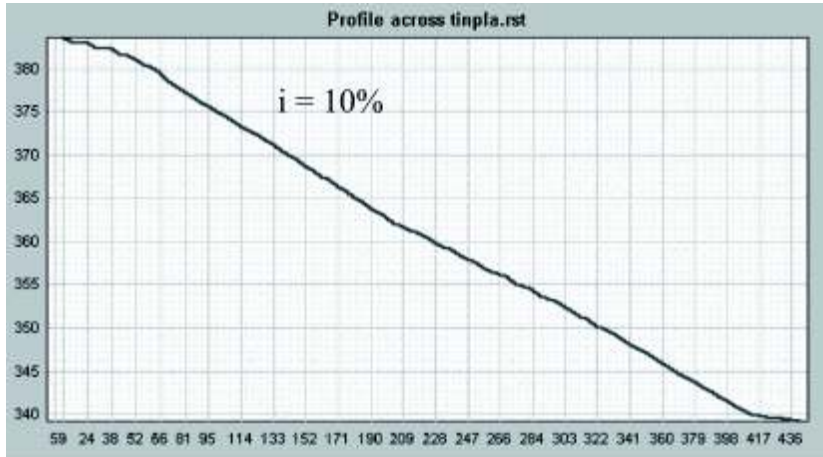


Figura 6. Perfil topográfico: Tc 2 (escalas: Horizontal 1:7500/Vertical 1:1000)

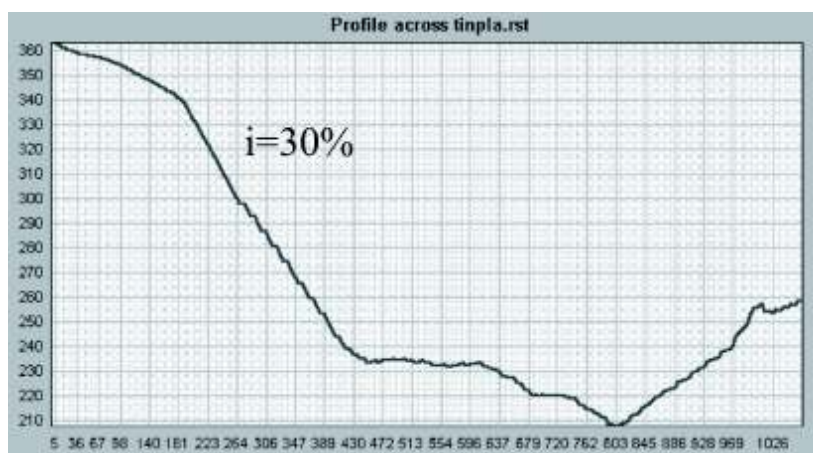


Tc 3 – trecho localizado em uma via alimentadora, identificada por Ma3 t1 situado entre as coordenadas UTM 715491,8813 E / 6743041,7064 N e 715692,8719 E / 6742636,8338 N, com extensão de 290 m. O trecho apresenta declividade média de 45%, com altitudes variando de 360 a 230 m, representado na figura 7.

Tc 4 – trecho localizado em uma via alimentadora, identificada por Ma9, situado entre as coordenadas UTM 708296,1083 E / 6752250,9803 N e 709042,9920 E / 6752825,6904 N, com extensão de 430 m. O trecho apresenta declividade média de 30%, com altitudes variando de 360 a 230 m, representado na figura 8.

Figura 7. Perfil topográfico: Tc 3 (escalas: horizontal 1:5000 / vertical 1:2500)



Figura 8. Perfil topográfico: Tc 4 (escalas: horizontal 1:10000/vertical 1:300)

Mapa de Classes de Declividade

A caracterização física das classes de declividade do município constitui um fator de extrema importância, uma vez que indica as áreas que apresentam maior ou menor declividade, importante no planejamento de novas vias, nas atividades de manutenção e conservação, obras de engenharia, bem como também indica o grau de susceptibilidade a erosão. A quantificação das áreas por classe de declividade pode ser observada na tabela 4.

Tabela 4. Distribuição das classes de declividade no município

Classes de declividade	Área (ha)	Área %
0 a 3%	1 332,63	6,97
3 a 8%	5 816,72	30,41
8 a 20%	7 370,55	38,53
20 a 45%	2 869,10	15,00
mais que 45%	1 739,00	9,09
Total	19 128,00	100,00

A classe de declividade de 0 - 3%, definida como relevo plano, ocupa a menor área no município, abrangendo 1.332,63 ha, representando 6,97% do território. Quanto à distribuição espacial, ocorre de forma concentrada na porção sul, sudeste e noroeste. Também apresenta algumas manchas distribuídas. O relevo suave ondulado, representado pelo intervalo de classes de 3 - 8%, ocupa uma área de 5.816,72 ha, correspondente a 30,41%, distribuído em todo o território do município. A classe de declividade de 8 a 20% predomina no município, ocupando uma área de 7.370,55 ha, equivalendo a 38,53%, definido como relevo ondulado, distribuído em todo o município. A classe 4, definida como relevo forte ondulado, com declividade de 20 - 45%, ocupa 2.869,10 ha, representando 15% do município. Quanto à distribuição, ocorre na porção leste, oeste e ao sul, na porção central do município. A classe de declividade superior a

45%, definida como relevo montanhoso, ocupa uma porção de 1.739,00 ha, representando 9,09%, ocorrendo no rebordo das áreas mais declivosas. De uma forma geral, observa-se que o município possui um relevo bastante variado em todo o seu território, possuindo uma pequena área com relevo plano (6,97%), predominando o relevo suave ondulado e ondulado, representando 68,94% da área do município. Já as classes 4 e 5, com declividade superior a 20%, definidas como de relevo forte ondulado e montanhoso, apresentando restrições quanto ao uso, representam 24,09% da área total.

Quanto à localização dos pontos críticos em relação à trafegabilidade, representados na figura 5, observa-se que o Tc 1 está inserido no intervalo de declividade 8 – 20%, caracterizado como relevo ondulado. O Tc 2 pertence a duas classes de declividade: 3 a 8% e 8 a 20%, definidos como relevo suave ondulado e ondulado, respectivamente. Já os trechos Tc 3 e Tc 4 estão situados em áreas com relevo considerado forte ondulado, caracterizado por apresentarem declividades de 20 a 45%. A espacialização da rede viária rural no mapa de declividade também permitiu a identificação dos intervalos de classes a que pertencem, uma vez que a declividade também é um indicador da susceptibilidade a erosão.

Banco de Dados Geográfico

Os dados foram armazenados de forma a permitir o planejamento e gerenciamento. O banco de dados geográfico foi indexado ao mapa da infra-estrutura viária rural, permitindo, assim, através de uma simples operação de consulta sobre o trecho ou elemento pontual, acessar as informações contidas. Dessa forma, os dados são disponibilizados de maneira organizada, permitindo ao município, a realização de atividades de gerenciamento e planejamento dentro do seu território, bem como permite a inclusão, exclusão e atualização dos dados.

Conclusões e Recomendações

Com referência ao georreferenciamento das cartas topográficas, conclui-se que o erro médio quadrático satisfaz ao preconizado pela literatura. Os PI's da base cartográfica digital foram georreferenciados a um mesmo sistema de projeção cartográfica, no caso UTM, sistema de referência Córrego Alegre, fuso 21J, permitindo assim a sua integração, onde nota-se a grande vantagem da utilização do SIG nesta aplicação. Quanto ao limite municipal, encontrou-se uma diferença de 0,26% em relação a área indicada pelo IBGE. Sugere-se testar diferentes interpoladores, a fim de verificar o que melhor se ajusta à modelagem do terreno da região.

Com relação à rede viária rural, foi possível observar que as cartas topográficas encontram-se bastante desatualizadas, uma vez que foram elaboradas a partir de dados de mais de três décadas. Recomenda-se que, o levantamento de campo,

seja acompanhado por uma pessoa que tenha conhecimento da região, evitando assim deslocamentos desnecessários, oferecendo opções de chegada a pontos de interesse, bem como garantir o levantamento de todos os trechos. A integração geométrica entre os planos de informação da rede viária rural, derivados das cartas topográficas e GPS, foram analisados com base em coordenadas de 10 pontos, obtidos em cruzamento das estradas, concluindo-se que há um deslocamento entre os eixos X e Y. Quanto ao tipo de equipamento utilizado no levantamento de campo, no caso GPS de navegação, alguns autores apontam precisão de 5 a 10 metros, considerando a degradação proposital (SA) desativada. Porém, no presente trabalho não se pode afirmar o erro obtido, uma vez que não possuímos uma base confiável; para tanto, recomenda-se a utilização de GPS de precisão submétrica na tomada de leituras dos pontos utilizados para análise de deslocamentos, permitindo assim apontar a origem dos erros bem como quantificá-los.

Outro fator que justifica a existência de erros na base utilizada (cartas topográficas) diz respeito à implantação da nova rede geodésica no estado do Rio Grande do Sul pelo INCRA (Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária), concluída em 2002, constatando-se erros de até 30 m em relação aos marcos do IBGE existentes, utilizados no georreferenciamento das cartas topográficas. No entanto, mesmo sem apontar a origem dos deslocamentos, os mesmos atendem ao PEC (precisão de exatidão cartográfica) para mapas de classe C, considerando o GPS de navegação satisfatório para atualização de base cartográfica em escala 1:50.000. Quanto ao diagnóstico da infra-estrutura viária rural, foram feitas as seguintes observações: as condições de drenagem das vias de menor circulação, classificadas como de ligação e coletoras, não-pavimentadas e sob jurisdição municipal, são insatisfatórias, havendo a necessidade de execução de dispositivos de drenagem, garantindo assim a trafegabilidade em períodos chuvosos. Em relação à sinalização viária, constatou-se que nas vias sob jurisdição municipal há total ausência, recomendando-se a colocação de placas de regulamentação, advertência e de indicação. Quanto às obras-de-arte e paradas de ônibus existentes na rede viária rural, recomenda-se a manutenção ou substituição de cinco e seis unidades, respectivamente, citadas anteriormente nos resultados, tendo em vista que apresentam péssimas condições de conservação, causando assim transtornos aos transeuntes.

Para análise da espacialização das paradas de ônibus dentro do território municipal, recomenda-se a realização de um banco de dados georreferenciado das propriedades rurais do município, contendo também dados dos alunos da rede escolar os quais utilizam o transporte escolar diariamente. Buscando solucionar os problemas de trafegabilidade apresentados na rede viária rural, recomenda-se a execução de obras-de-arte em locais indicados na presente pesquisa. Quanto aos trechos com situações críticas de trafegabilidade apontados como causa a declividade acentuada, nos Tc1 e Tc2 foi observado através dos perfis topográficos que a declividade nestes trechos não é acentuada, atribuindo assim as más condições de trafegabilidade às

condições de manutenção das vias, uma vez que nestes trechos predomina a presença de materiais pedregosos. Quanto ao banco de dados do aplicativo computacional utilizado, no caso Idrisi 32, conclui-se que apresentou algumas limitações, sugere-se assim, a exportação dos dados para outro aplicativo mais elaborado.

Durante a realização do trabalho foi necessária a utilização de diversos aplicativos computacionais, uma vez que nenhum deles efetua todas as etapas de trabalho, sendo indispensável o conhecimento das rotinas de conversão de formatos por parte do operador. Recomenda-se à Prefeitura Municipal de Nova Esperança do Sul, a criação de uma estrutura mínima de geoprocessamento para manter atualizados os dados levantados no presente trabalho. Além disso, o tratamento de dados para a obtenção de novos mapas derivativos e a consulta ao banco de dados, são recomendáveis, de forma a cada vez mais ampliar a cultura do geoprocessamento no âmbito municipal. Neste sentido, considerando os objetivos propostos pela presente pesquisa bem como os resultados apresentados, pode-se concluir que a aplicação das técnicas de geoprocessamento no diagnóstico e espacialização da infra-estrutura viária rural do município de Nova Esperança do Sul, mostraram-se bastante eficientes, embora mereçam inúmeras considerações, conforme mencionado anteriormente.

Referências e Bibliografia de Apoio

ARONOFF, S. *Geographic information systems: a management perspective*. WDL publications. Ottawa, Canada. 294p. 1989.

BENEVENTO, A. Disponibilidade Seletiva do GPS desligada! E agora? *Revista InfoGEO*. Curitiba, PR. n. 14, p. 43, 2000.

CÂMARA, G.. *Modelos, linguagens e arquiteturas para bancos de dados geográficos*. São José dos Campos, 1995. Tese (Doutorado), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

CARVALHO, M. S., PINA, M. F., SANTOS, S. M. Conceitos básicos de sistemas de informação geográfica e cartografia, aplicados à saúde. Brasília: Ministério da Saúde. Organização Panamericana da Saúde, 2000.

CINTRA, J. P. GPS & GIS: Integração Geométrica. In: GIS BRASIL, 1998, Curitiba. *Anais...* Curitiba: [s.n.] 25 a 29 de maio de 1998. (CD-ROM)

CRUZ, C. B. M., PINA, M. F. Conceitos e divisão da Cartografia. In: *APOSTILA de Fundamentos em Cartografia do I Curso de Especialização em Geoprocessamento, LAGEOP*. Universidade Federal do Rio de Janeiro: Rio de Janeiro, 1999.

EASTMAN, R.J. *IDRISI for Windows versão 2: manual do usuário*. Versão digital. Introdução; Exercícios Tutoriais. Tradução: Hasenack, H.; Weber, E. Porto Alegre: Centro de Recursos Idrisi. 1998. 218p. Original Inglês

FRAENKEL, B. B. *Engenharia Rodoviária*. Rio de Janeiro: Guanabara Dois S.A. 1980.

LEAL, E. M. & DALMOLIN, Q. Considerações sobre a classificação de documentos cartográficos. *GEODÉSIA online* (Revista da Comissão Brasileira de Geodésia). Curitiba, PR, 2002. Disponível em <http://www.geodesia.ufsc.br/geodesia.online/ARQUIVO/2002/01/EQ.htm>. Acesso em 20 dez 2002.

LISBOA FILHO, J. *Introdução a SIG: Sistemas de Informações Geográficas*. Porto Alegre: CPGCC da UFRGS, 1995. 69p. Disponível em: <http://www.dpi.ufr.br/jugurta/papers>. Acesso em 17 out 2002.

MONICO, J. F. G. *Posicionamento pelo NAVSTAR-GPS: descrição, fundamentos e aplicações*. São Paulo: UNESP, 2000.

ROCHA, C. H. B. *Geoprocessamento: tecnologia transdisciplinar*. Juiz de Fora, MG : Ed.do Autor, 2000. 220 p.

SALBEGO, A. G., RUBERT C., CORINO, C. B., CASTANHO R. B., MADRUGA, P. R. A. Uso de geoprocessamento na determinação de áreas de conflitos de uso da terra In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA , 21. CONBEA, 2002, Salvador. *Anais...* Salvador, Bahia. 29 jul a 02 ago 2002. (CD-ROM)

SANTOS, M. C. Efeitos e benefícios do fim da disponibilidade seletiva. *Revista InfoGEO*. Curitiba, PR. n. 14: p. 22-23, 2000.

SILVA, L. P. Identificação das áreas susceptíveis à erosão. *Revista Fator GIS*, Curitiba, n.20, Sagres. p. 18-20. 1997.

TASCA, S. A, GAMA, L. N., DAMACENA, D., BRITO, F. R. M. Atualização de mapas e cadastros urbanos com tecnologia GPS. In: GIS BRASIL, 1998, Curitiba, *Anais...* Curitiba: [s.n.] 25 a 29 mai 1998. (CD-ROM)

VIVIANI, E. *A utilização de um Sistema de Informação Geográfica como auxílio à gerência de manutenção de estradas rurais não-pavimentadas*. São Carlos, SP. 1998. Tese (Doutorado em Engenharia de Transportes) - Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo.