



ELABORAÇÃO DE BANCO DE DADOS GEOMÉTRICOS EM ESTRADAS NÃO PAVIMENTADAS

Alisson Neves Harmyans Moreira¹; Rherison Tyrone Silva Almeida²; Nori Paulo Griebeler³; Aurélio Pereira dos Santos⁴; Valtercides Cavalcante da Silva⁵

1. Professor Assistente da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás (alissonharmyans@gmail.com), Goiânia, Brasil.
2. Cientista Ambiental, aluno do curso de doutorado da Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Brasil.
3. Professor Adjunto da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Brasil.
4. Aluno de graduação em Agronomia na Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Brasil.
5. Professor Adjunto da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Brasil.

Recebido em: 03/10/2016 – Aprovado em: 21/11/2016 – Publicado em: 05/12/2016
DOI: 10.18677/EnciBio_2016B_041

RESUMO

Sabe-se que as estradas de terra são construídas sem planejamento, estabelecidas geralmente a partir de trilhas existentes, com ausência de projetos. Neste trabalho, utilizando técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto, elaboraram-se bancos de dados planialtimétricos de estradas não pavimentadas para fins de análise das condições geométricas. Para construção da base de dados da rede viária, empregou-se uma cena do raster orbital do sensor OLI, a bordo do satélite *Landsat 8*. Para esta finalidade foi gerada uma composição colorida com as bandas 6, 5 e 4 (RGB654), sendo realizada fusão e filtragem para possibilitar a observação e vetorização das estradas e carregadores. Depois de gerado o alinhamento horizontal, os vetores foram submetidos ao modelo arco-nó, dividindo-os em segmentos. A partir dos dados altimétricos extraídos do projeto Topodata, obteve-se as declividades das rampas, bem como a sua classificação. Nesse sentido, verificou-se que 92% das estradas canavieiras apresentam declividades inferiores a 5%, o que favorece o cultivo e o transporte da cana-de-açúcar. Além disso, o alinhamento vertical possibilitou a análise dos perfis longitudinais nos trechos.

PALAVRAS-CHAVE: banco de dados, estradas não pavimentadas, geoprocessamento.

UNPAVED ROADS GEOMETRIC DATABASE ELABORATION

ABSTRACT

Unpaved roads are built without planning, sometimes, established from existing tracks, without projects. Using geoprocessing and remote sensing techniques, developed unpaved roads planialtimetric databases for geometric conditions analysis. To database road network construction, were used Landsat OLI 8 scene. For this purpose were generated RGB654 composition, being realized fusion and

filtering to enable observation and vectorization of roads and carriers. After horizontal alignment elaboration, vectors were subjected to arc-node model, dividing them into segments. From altimetry data extracted by Topodata project, was obtained ramps slope and their classification. In this sense, it was found 92% sugarcane roads has steepness less than 5%, promoting sugarcane cultivation and transportation. In addition, vertical alignment enables longitudinal sections profiles analysis.

KEYWORDS: database, unpaved roads, geoprocessing.

INTRODUÇÃO

Para SAUER & PIETRAFESA (2012), o Estado de Goiás apresentou um grande crescimento na produção de cana-de-açúcar nos últimos anos, principalmente no período de 2005 à 2010, tanto no número de usinas quanto nas áreas cultivadas em cada usina. O aumento nas áreas cultivadas exige reformulações nas rotinas de trabalho, o que implica na busca de matéria prima em distâncias cada vez maiores, fazendo com que a malha de estradas tenha um papel fundamental no processo decisório na escolha das rotas.

A distância das áreas de cultivo até a usina pode, em alguns casos, ser maior do que 50 km, o que faz com que o custo de transporte seja um fator expressivo nos custos totais de produção. O corte, o carregamento e o transporte da cana representam 30% do custo de produção e, somente o transporte equivale a 12% desse total (CAIXETA et al., 1998).

No que tange a qualidade das estradas, em sua grande maioria não pavimentadas, muitas vezes apresentam limitações para o tráfego de cargas pesadas, além de estarem sujeitas a variação de qualidade devido à sazonalidade climática (MACHADO, 2013). Em relação ao uso do solo em microbacia, as estradas não pavimentadas têm maior ocorrência de processos erosivos. Esse problema pode ser ocasionado devido ao elevado grau de compactação, extensos comprimentos de rampa, o que favorecem o maior escoamento superficial (CAO et al., 2014). Independente da abrangência de análise, o escoamento superficial é uma das principais causas para a ocorrência de erosões (NYSSSEN et al., 2002).

Boa parte dessas vias foi construída a partir de trilhas já existentes, sem qualquer planejamento. Nesse sentido, se faz necessário o uso de subsídios para o planejamento de projetos geométricos, sobretudo, de drenagens a fim de reduzir serviços de manutenção e, conseqüentemente, custos. Segundo o SETCESP (2014), o tráfego em estradas de melhor qualidade pode resultar na redução de até 20% nos custos variáveis (pneus, combustíveis, reparo e manutenção).

O geoprocessamento e o sensoriamento remoto se destacam como poderosos aliados na fase de planejamento, uma vez que possibilitam a organização de informações correlatas sob a forma de base de dados espaciais, disponibilizando uma grande quantidade de recursos avançados para simulação e otimização. Nesse sentido, a partir dos dados *raster* disponibilizados gratuitamente, o objetivo desse trabalho foi gerar banco de dados vetoriais da rede viária, com informações geométricas dos segmentos, possibilitando a análise dos traçados horizontais e verticais.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O estudo foi desenvolvido em uma usina de cana-de-açúcar, localizada no município de Goianésia, Goiás, com área aproximada de 20.000 ha, situada geograficamente entre os paralelos 14°59' e 15°05' Sul e os meridianos 49°16' e 49°18' Oeste. As principais atividades da usina são a produção de energia e etanol hidratado (CANA ONLINE, 2014). Na Figura 1 é apresentada a localização da usina e do município de Goianésia, GO.

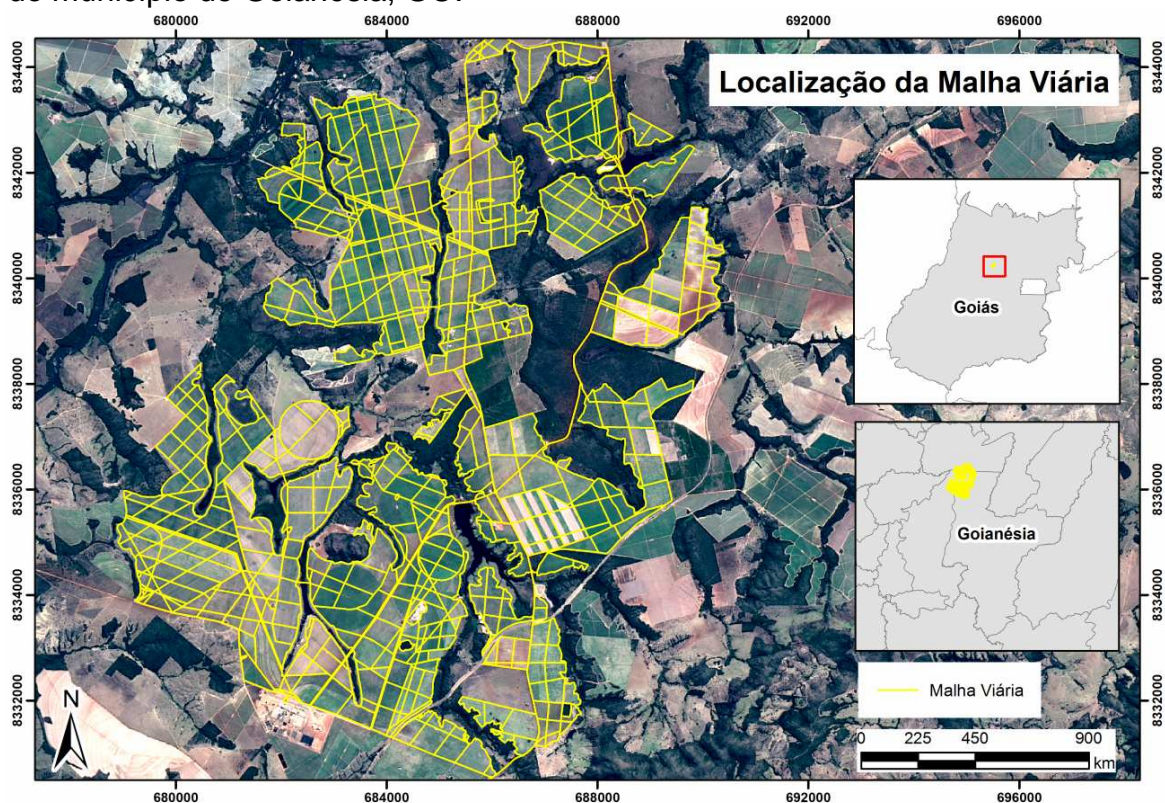


FIGURA 1 - Localização da usina no município de Goianésia-GO.

Preparação da base de dados

Raster

Para a realização do trabalho, foi necessária a construção de base de dados georreferenciados contendo as estradas utilizadas pela empresa no processo de transporte da cana colhida. Para esta finalidade, utilizou-se uma cena do *raster* orbital do sensor OLI (*Operational Land Imager*), a bordo do satélite *Landsat 8*, disponibilizada gratuitamente na rede mundial de computadores (WEB) pelo *United States Geological Service* (USGS). Desse modo, escolheu-se a cena 70, referente ao período de 5 de agosto de 2013, coincidindo com a fase inicial de disponibilização de imagens do referido sensor, com início do trabalho e também com ausência de nuvens. Cada cena deste sensor contém 9 bandas espectrais, sendo que as bandas 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 9 possuem resolução de 30 metros e a banda 8 (pancromática) possui resolução de 15 metros.

O processamento das imagens foi realizado no programa ArcGIS®. Visando a localização da cena no espaço real, a mesma foi reprojeta para o *datum* WGS 1984 (*World Geodetic System 1984*) e projeção UTM (*Universal Transversal de Mercator*), zona 22 K. Após a inclusão dos parâmetros cartográficos, ocorreu o processamento do *raster*, realizando a conversão radiométrica. Nesse processo, o

raster foi convertido do alcance de 16 bits (65536 níveis de cinza) para 8 bits (256 níveis de cinza). Este procedimento facilita o manuseio dos arquivos em diferentes programas e foi aplicado em todas as bandas espectrais utilizadas, inclusive à banda pancromática.

Posteriormente, efetuou-se uma composição do *raster* com mais bandas espectrais, visando a produção colorida. A combinação aplicada nessa fase foi a atribuição das cores Vermelho (R), Verde (G) e Azul (B), respectivamente para as bandas 6 (Infravermelho médio - 1,57 - 1,65 μm), 5 (Infravermelho próximo - 0,85 - 0,88 μm) e 4 (Vermelho - 0,64 - 0,67 μm) [RGB654].

Após a composição das bandas, realizou-se a fusão da banda pancromática (tons de cinza) com outras bandas multiespectrais (coloridas), com o intuito de se obter tamanho de pixel final da cena de 15 metros, possibilitando a visualização dos alvos. Para melhorar a qualidade das feições de elementos como as estradas, objetivo deste trabalho, aplicou-se um filtro de nitidez, possibilitando o realce do *raster* caracterizada pela falsa cor.

Os dados altimétricos foram extraídos a partir do SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) do projeto Topodata, disponibilizada pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). As folhas usadas para a classificação da declividade foram 14s495 (14°0'0" S e 49°30'0" W) e 15s495 (15°0'0" S e 49°30'0" W), compatíveis com a articulação 1:250.000. No entanto, é importante salientar que a utilização desse *raster* de resolução métrica (30 metros) não é a mais adequada para atribuição da declividade, mas devido a carência destes dados para o local utilizou-se essa fonte para subsidiar e consolidar o atributo da declividade.

Vetorial

A rede de estradas da área de interesse foi extraída por meio de vetorização, a partir do *raster* georreferenciado. Nesse processo, criaram-se vetores do tipo linha, em um raio previamente definido, de aproximadamente 16 km. Utilizando esse arquivo vetorial, gerou-se o modelo arco-nó, caracterizado por quebra de linhas formando segmentos entre as intersecções (arcos). Para complementação desse conjunto de dados, geraram-se pontos (nós) nas intersecções ou junções de cada linha.

As informações altimétricas possibilitaram a criação do MDE (Modelo Digital de Elevação) por meio da interpolação pelo modelo TIN (*Triangular Irregular Network*), caracterizada pela triangulação de Delaunay (CASACA et al., 2014). Nesse modelo, as curvas de nível foram interpoladas de 10 em 10 m. As distâncias, bem como as declividades nos segmentos, foram calculadas utilizando a calculadora de atributos do programa após a vetorização da rede viária e a obtenção das informações de elevações.

Classificação da declividade

Para classificar a rede viária quanto a declividade foram utilizadas as classes propostas por LOPES et al. (2002). No que tange à simbologia, adotou-se a representação do tipo semafórica, em que utilizaram a cor verde para caracterizar rampas em relevo plano (declividade inferior a 5%), amarelo para rampas em relevo ondulado (declividade entre 6 e 8%) e vermelho para rampas localizadas em relevo montanhoso (declividade entre 9 e 15%).

Análises do traçado horizontal e vertical

A partir do realce do *raster* caracterizado pela falsa cor verificaram-se as melhores condições de nitidez para a elaboração do traçado horizontal. Para fins de

comparação com a declividade, geraram-se curvas de nível possibilitando análises em duas dimensões (2D) e em três dimensões (3D). Esse processo possibilita a análise espacial dos traçados em relação às variações do relevo (alinhamento vertical). Tal fato possibilitou a comparação de perfis longitudinais, com diferentes classes de declives, na extensão de 300 m.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Traçado horizontal

Na Figura 2 são visualizadas as imagens orbitais do sensor OLI, a bordo do satélite *Landsat 8* em diferentes etapas de preparação. Nota-se que a qualidade das feições melhora com a fusão das bandas, possibilitando a identificação de itens como a vegetação, edificações, corpos d'água, áreas agrícolas e estradas. No entanto, observa-se que as estradas tornaram-se mais visíveis após aplicação do filtro de nitidez.

Essas informações são primordiais para a realização do estudo, pois a empresa não possuía esse tipo de base de dados e ferramentas para esta estruturação. Em relação à execução dessas atividades de Sensoriamento Remoto, é possível encontrar aplicativos gratuitos, denominados *softwares* livres, como o SPRING (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas) e o QGIS. A acessibilidade a esses recursos é importante, pois como o cultivo de cana-de-açúcar está sempre sujeito a alterações devido à sua expansão e às reformulações nas sistematizações das áreas de cana-de-açúcar, torna-se necessário uma contínua atualização do banco de dados.

O processamento e a vetorização do *raster* possibilitaram a confecção da rede viária (Fig.1). Por meio desta base de dados, foram observados aspectos que não favorecem a logística canavieira, pois as áreas de expansão ocorrem apenas em sentido único, com abrangência de 180°, quando o ideal seria o crescimento em todas as direções, ou seja, 360°. O motivo das áreas canavieiras da usina expandir-se unilateralmente deve-se à concorrência com a pecuária, outra atividade importante para economia da região e que necessita de extensas áreas de pastagens concentrada ao sul da usina. Se a pecuária não fosse uma atividade também lucrativa, certamente as áreas observadas seriam arrendadas para o cultivo de cana-de-açúcar.

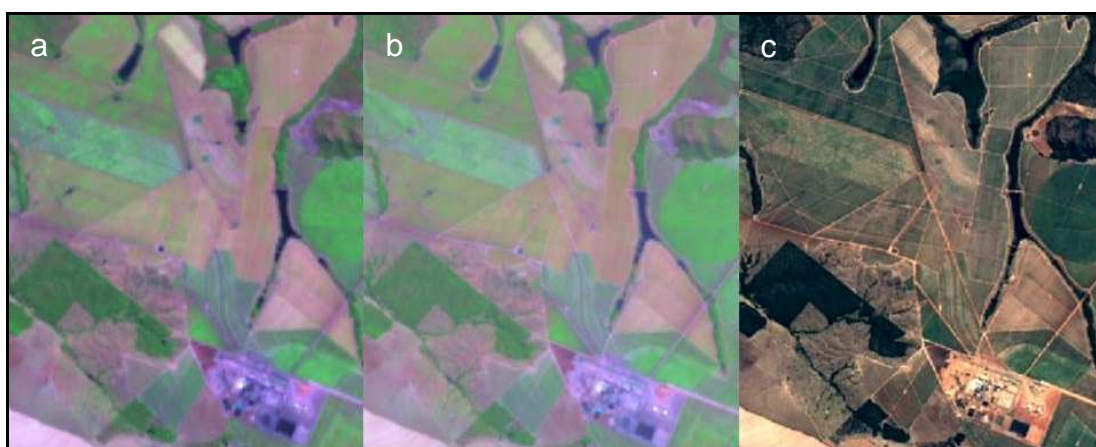


FIGURA 2 - (a) *Raster* com resolução de 30 m; (b) *Raster* fusionado com resolução de 15 m e (c) *Raster* fusionado (resolução de 15 m) e com filtro de nitidez.

A preparação do *raster* possibilitou a identificação de estradas com diferentes geometrias. Observa-se na Figura 3 a concentração de carregadores com larguras de 5, 6, 8 e 10 m em áreas de cana colhida, de amadurecimento e pronta para colher.

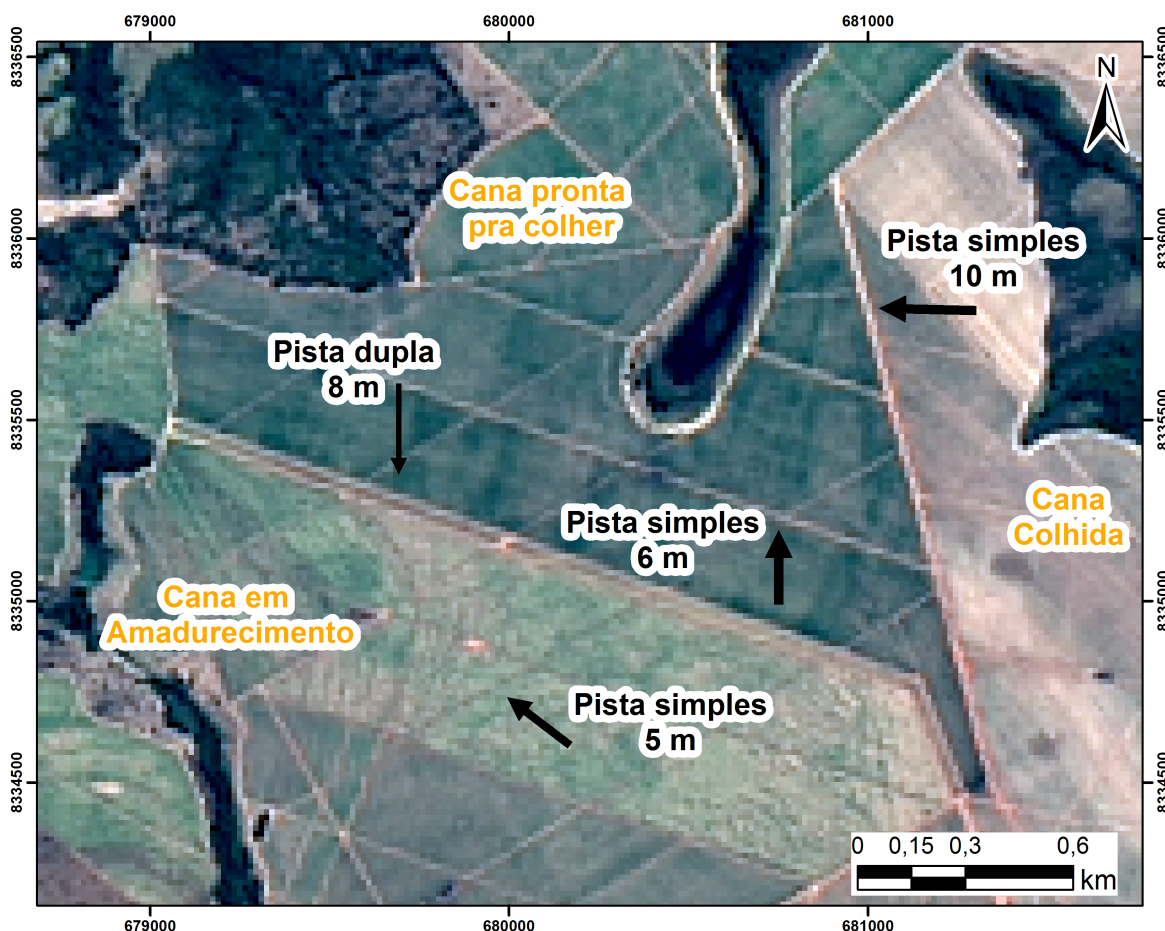


FIGURA 3 - Visibilidade de carregadores com diferentes larguras em três estágios de colheita de cana-de-açúcar.

As áreas de cana colhida e de amadurecimento apresentaram menor realce de contraste com aplicação da filtragem no *raster*, porém essa dificuldade na visualização não se caracterizou como obstáculo para exercer as atividades posteriores. Para tal fato, recomenda-se vetorizar as estradas na faixa de escala de 1:15.000 a 1:10.000. Escalas maiores distorcem as feições das vias e escalas menores impossibilitam a visualização devido a resolução do *raster*. De fato, esse *raster* pode ser substituído por outros com melhor resolução espacial como, por exemplo, da plataforma orbital *RapidEye* (resolução espacial de 5 m) e do sensor Tailandês THEOS (*Thailand Earth Observation Satellite*) de resolução de 2 m. Entretanto, há algumas desvantagens, como o fato de apresentar custos elevados de aquisição e a inviabilidade devido à constante atualização da base de dados.

Em toda rede quantificaram-se 1962 segmentos (arcos) e 1229 pontos (nós). Esse procedimento possibilita a alimentação do banco de dados e, conseqüentemente, a análise das condições geométricas nesses segmentos (Fig. 4).

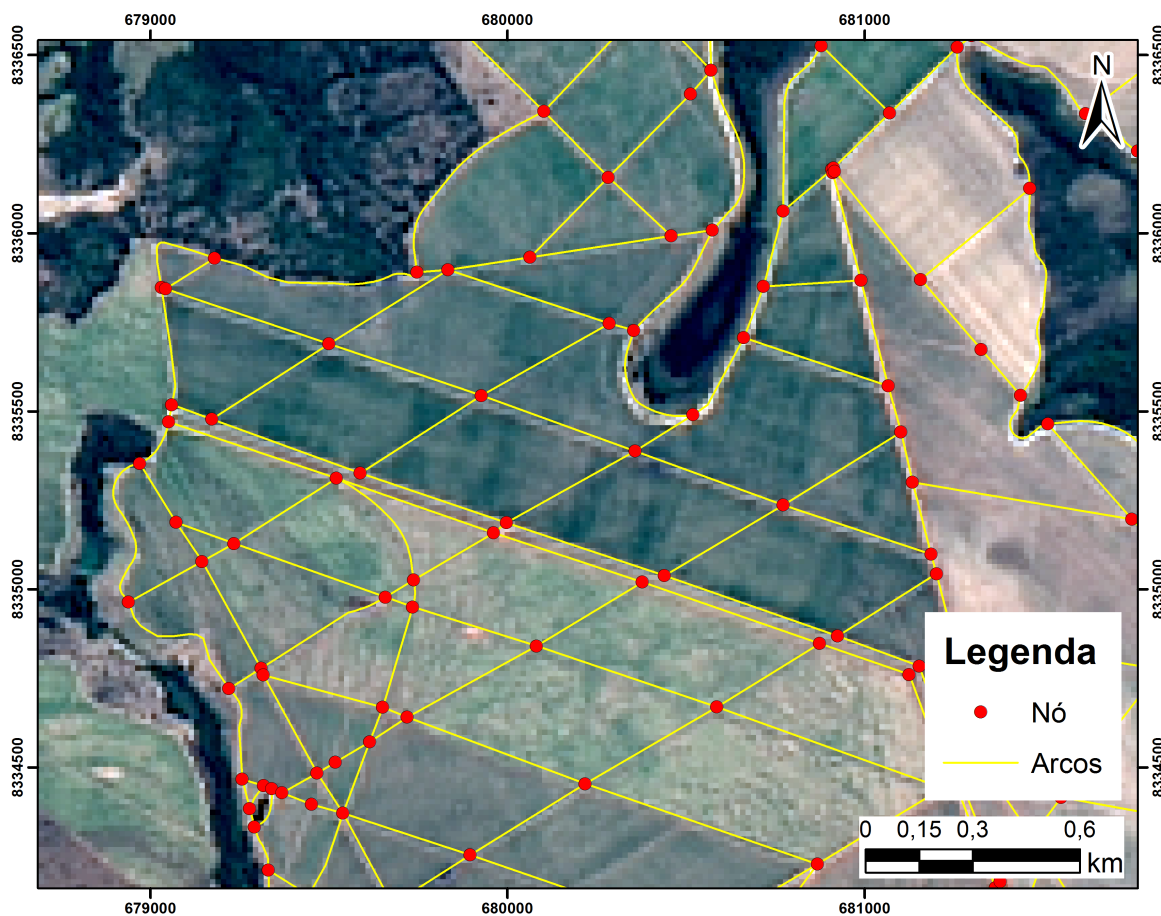


FIGURA 4 Exemplo de segmentos e pontos vetorizados indicando o modelo arco-nó.

Traçado vertical

Na Figura 5, observa-se que os segmentos que seguem o mesmo sentido das curvas de nível foram classificados como planos. Por outro lado, aqueles que cortam transversalmente as curvas de nível nos locais mais íngremes são caracterizados com inclinações na faixa de ondulados para montanhosos. As áreas mais declivosas são representadas por relevos côncavos (várzeas e talwegues) e as convexas são representadas por pequenos morros.

Os dados altimétricos obtidos com o Topodata foram satisfatórios em relação a classificação (LOPES et al., 2002). No entanto, salienta-se que a resolução é de 30 m, dificultando a determinação de um MDE com maior nível de detalhamento. Nesse contexto, similarmente, o *raster* ASTER (*Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer*) seria outra base de dados a ser utilizada, pois possui a mesma resolução.

Com precisão altimétrica na ordem de centímetros, o uso de receptores GNSS RTK (Correção em tempo real) pode ser outro recurso na obtenção desses dados, entretanto, o emprego dessa geotecnologia é mais oneroso e a aquisição dos dados demanda maior tempo. Nota-se que a maioria dos trechos foram considerados planos, pois de acordo com BENEDINE & CONDE (2008), o planejamento da rede deve prever inclinações inferiores a 4%. Nesse trabalho, 92% da rede viária se enquadra como trechos que apresentam inclinações de rampas planas

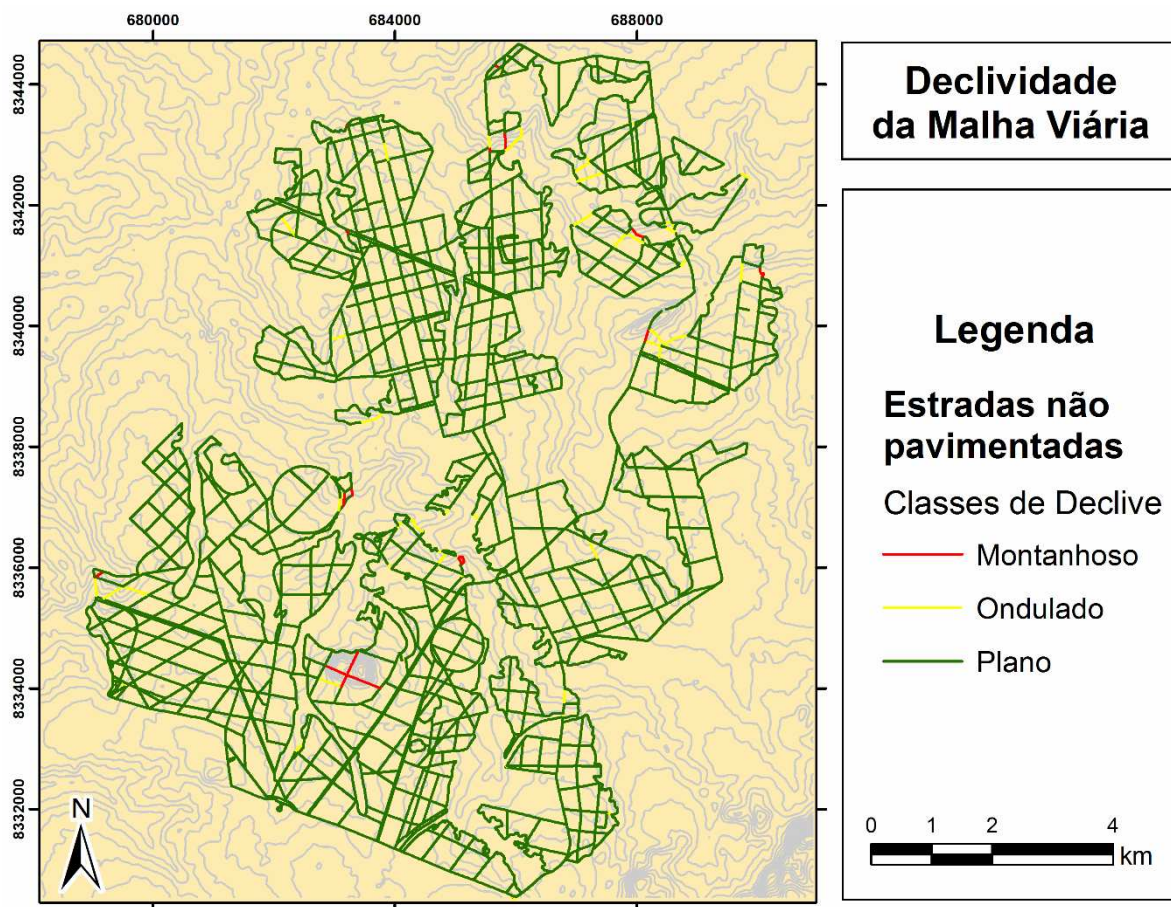


FIGURA 5 - Rede viária categorizada quanto à declividade.

A partir das informações de distância e elevação, obteve-se o perfil longitudinal em cada trecho. Esse dado é importante para projetos de estrada e sistematizações, pois como reflete o comportamento do relevo em um determinado comprimento, pode ser aplicado na determinação do greide (adequações e infraestrutura) e no tipo de sulcação dos plantios.

Observando a classificação semaforizada na interface 3D (Figura 6), percebe-se que a topografia local favorece o cultivo da cana-de-açúcar e a colheita mecanizada, pois BENEDINE & CONDE (2008) menciona que nas sistematizações dessa cultura, a declividade para sulcação reta é até 3% e para declive entre 3% e 5%, a sulcação segue em nível. Em relação à colheita mecanizada, a inclinação máxima é de até 12%, dependendo do maquinário e a direção do sulco.

Na Figura 7 são observados três perfis longitudinais que caracterizam trechos plano, ondulado e montanhoso. No perfil do trecho plano (cor verde) que a distância foi de 300 m e as elevações mínima e máxima são 586 m e 588 m, respectivamente. Desta forma, como a diferença entre nível oscilou pouco e gradativamente, pode-se inferir que a inclinação dessa rampa é mínima e sua declividade é de aproximadamente 1%. No perfil do trecho ondulado (cor amarela), para a distância de 300 m, a elevação variou entre 552 m e 572 m, correspondendo à declividade de 7%. A inclinação mais acentuada encontra-se no perfil de coloração avermelhado, representado pelo índice de 11% para uma distância equivalente a 300 m e elevações de 573 m e 605 m.

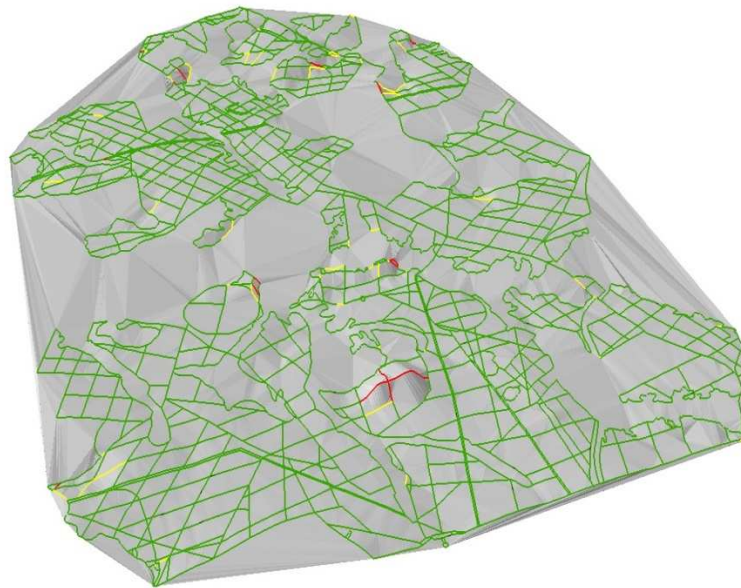


FIGURA 6 - Rede viária categorizada quanto à declividade na interface 3D.

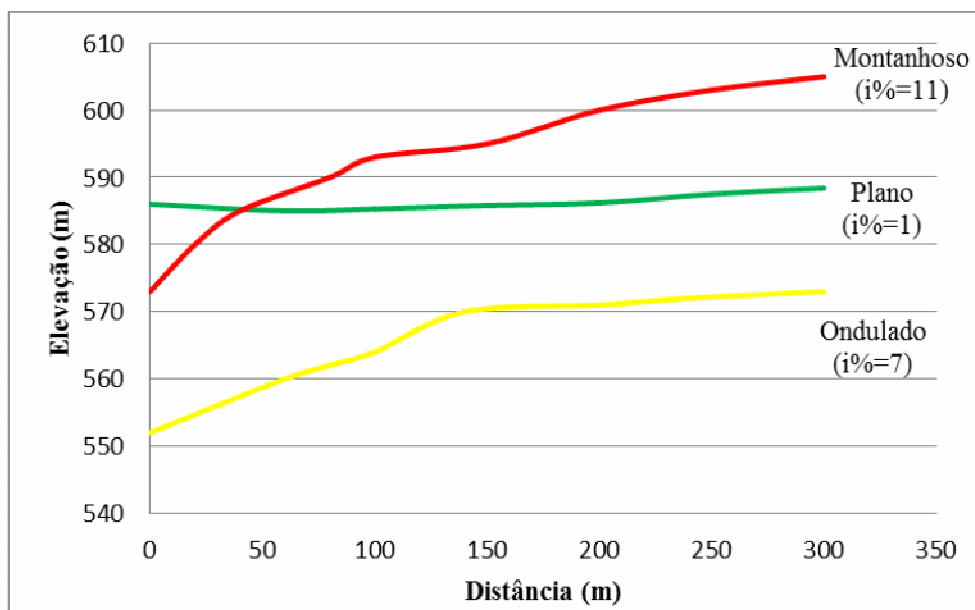


FIGURA 7- Perfis Longitudinais de trecho plano, ondulado e montanhoso.

CONCLUSÕES

O dado *raster* de média resolução espacial do sensor orbital OLI do satélite *Landsat 8* mostrou-se adequado para a produção de base vetorial da rede viária no que concerne ao traçado horizontal. O *raster* do projeto Topodata possibilitou a extração de dados altimétricos, que atrelado às informações planimétricas, consolidou o traçado vertical e possibilitou a análise dos perfis longitudinais nos trechos. Mesmo com a imprecisão do *raster* altimétrico, as declividades obtidas das malhas viárias se adequaram a classificação.

REFERÊNCIAS

BENEDINI, M. S.; CONDE, A. J. **Sistematização para a colheita mecanizada da cana-de-açúcar**. 2008. Disponível em:

<<http://www.coplana.com/gxpfiles/ws001/design/RevistaCoplana/2008/Novembro/pag23-24-25.pdf>>. Acesso em: 25 jun. 2014.

CAIXETA FILHO, J. V.; SILVA, N. D. V.; GAMEIRO, A. H.; LOPES, R. L.; GALVANI, P. R. C.; MARTIGNON, L. M.; MARQUES, R. W. C. **Competitividade no agribusiness brasileiro: a questão do transporte em um contexto logístico**. São Paulo: USP, 1998. 194 p. Disponível em: <<http://www.fea.usp.br/fia/pensa/pdf>>. Acesso em: 11 jun. 2013.

CANA ONLINE. **Jalles Machado e Unidade Otávio Lage iniciam safra 2014/15**. 2014. Disponível em: <<http://www.canaonline.com.br/conteudo/jalles-machado-e-unidade-otavio-lage-iniciam-safra201415.html#.VE1E2CLF9u4>>. Acesso em: 14 mar. 2014.

CAO, L.; ZHANG, K.; LIANG, Y. Factors affecting rill erosion of unpaved loess roads in China. **Earth Surface Processes and Landforms**, EUA, v. 39, n. 13, p. 1267–1283, Out. 2014.

CASACA, J.; MATOS, J.; BAIO, M. **Topografia Geral**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2014.

LOPES, E. S.; MACHADO, C. C.; SOUZA, A. P. Classificação e custos de estradas em florestas plantadas na região Sudeste do Brasil. **Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 3, p. 329, Jun. 2002.

MACHADO, C. C. **Conservação e construção de estradas rurais e florestais**. 1. ed. Viçosa: SIF. 2013. 441p.

NYSSSEN, J.; POESEN, J.; MOEYERSONS, J.; LUYTEN, E.; VEYRET-PICOT, M.; DECKERS, J.; HAILE, M.; GOVERS, G. 2002. Impact of road building on gully erosion risk: a case study from the Northern Ethiopian Highlands. **Earth Surface Processes and Landforms**, EUA, v. 27, n. 12, p. 1267–1283, Nov. 2002.

SAUER, S.; PIETRAFESA, J. P. Cana de açúcar, financiamento público e produção de alimentos no cerrado. **Revista de Geografia Agrária**, Uberlândia, v. 7, n. 14, p. 1-29, ago. 2012.

SETCESP, 2014. **Estradas ruins multiplicam gastos com transporte rodoviário**. Disponível em: <<http://www.setcesp.org.br>> Acesso em: set. 2014.