
EMPREGO DOS SOFTWARES TCP-MDT E TOPOGRAPH PARA PROJETO GEOMÉTRICO DE ESTRADA

RAIANE RINTIELLE VAZ MENEZES

AFONSO DE PAULA DOS SANTOS

CARLOS ALEXANDRE BRAZ DE CARVALHO

ANTÔNIO SANTANA FERRAZ

Universidade Federal de Viçosa - UFV

Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas - CCE

Departamento de Engenharia Civil, Viçosa, MG

raiane.menezes@ufv.br, afonso.santos@ufv.br, cabraz@ufv.br, ferraz@ufv.br

RESUMO - Este trabalho apresenta um estudo comparativo dos softwares comerciais TCP-MDT e topoGRAPH na elaboração de projetos de rodovias. Especificamente avaliou-se nos softwares os seguintes aspectos: elaboração do projeto da estrada em planta, contemplando superelevação e superlargura; elaboração do projeto da estrada em perfil; desenho das seções transversais; volumes de corte e aterro e; visualização do projeto da estrada. Para a realização deste trabalho projetou-se uma via de ligação entre a rodovia A-357 e uma estrada vicinal, que se encontra situada próximo ao povoado de Ardales - Espanha. Para o projeto realizado no software TCP-MDT, apesar deste se encontrar ainda em adaptação as normas brasileiras de estradas, demonstrou-se de forma geral, ser um programa simples com recursos robustos e práticos. Além de permitir ao usuário gerar todo o projeto no ambiente CAD. O topoGRAPH apresentou suas ferramentas de maneira não bem explícitas. Apesar de deixar a desejar na sua visualização em 3D e na sua plataforma de desenho, o topoGRAPH atende as normas brasileiras para projetos de estradas. Diante dos resultados obtidos, foi possível verificar que apesar de cada particularidade de ambos os softwares, eles atendem de forma satisfatória projetos de vias.

ABSTRACT - This work presents a comparative study of the commercial softwares TCP-MDT and topoGRAPH in developing highway projects. Specifically evaluated in the following software: elaboration of the project of the highway in plant, contemplating superelevation and widening; elaboration of the project of the highway in longitudinal profile; design of cross-sections; cut volumes and fill volumes and; visualization of the road project. For this work was designed to link a route between the highway A-357 and a local road, which is situated near the town of Ardales- Spain. For the project accomplished in the software TCP-MDT, although this is still in its adaptation to Brazilian norms of roads, demonstrated in a general way, be a simple program with robust and practical resources. Furthermore, it allows the user to generate the whole project in the CAD. The topoGRAPH presented their way tools no very explicit. Although leave to be desired in its 3D visualization and its drawing platform, the topograph assists the Brazilian norms for road projects. Based on these results, it was possible to verify that although each feature of both softwares, they assist in way satisfactory projects of roads.

1 INTRODUÇÃO

Com o vertiginoso aumento do volume de tráfego observado no Brasil a partir da década de 1980, houve uma rápida expansão do sistema viário. A malha viária pavimentada é da ordem de 200.000 km e a não pavimentada já ultrapassa 1.400.000 km. Para acompanhar este desenvolvimento do setor rodoviário, tornou-se necessário elaborar projetos de rodovias com maior rapidez e garantir ao mesmo tempo segurança, conforto, economia e sustentabilidade. Para os projetistas de rodovias, todas essas questões se tornaram desafiadoras (DNER, 1999).

Segundo Oliveira (2007, p. 22), nas últimas décadas, o grande avanço dos meios computacionais impactou profundamente a humanidade, particularmente as ciências voltadas para tecnologia. Os métodos numéricos possibilitaram um aprimoramento de soluções anteriormente limitadas e a rapidez cada vez maior no processamento possibilitou o desenvolvimento de importantes ferramentas para cálculos repetitivos e extensos.

O avanço tecnológico de softwares é surpreendente e os engenheiros precisam estar preparados para acompanhar essas modernidades. Caso contrário, enfrentarão sérios problemas para atender às demandas do mercado.

Atualmente, encontram-se disponíveis no mercado vários softwares. Vários deles são efetivos em cálculos iterativos, a exemplo de projetos viários. Entretanto, cabe ao projetista escolher um software capaz de produzir um projeto com qualidade, gerando resultados de fácil entendimento para a execução do mesmo e que forneça ainda uma visualização tridimensional da área de estudo, incorporada do referido projeto.

O objetivo deste trabalho é proceder um estudo comparativo de um projeto geométrico de estrada desenvolvido em dois softwares topográficos comerciais: topoGRAPH e TCP-MDT. O projeto será realizado a partir de um MDE (modelo digital de elevação) da área de Málaga, pertencente à Espanha.

A automação de projetos viários por meio de computadores transformou-se numa ferramenta que veio para poupar cálculos e trabalhos árduos, propiciando a aplicação de soluções mais precisas e coerentes, que só eram viáveis em teoria.

Atualmente existem vários softwares disponíveis no mercado, porém na maioria das vezes estes não são acessíveis devido ao seu alto custo de aquisição, pouca oferta de cursos operacionais e/ou suporte e até mesmo a dificuldade de compreensão de termos técnicos em diferentes linguagens.

Procura-se também neste estudo apresentar a sociedade acadêmica e as engenharias uma análise de ferramentas para a realização de projeto geométrico de estrada em dois softwares comerciais originados de diferentes países, mostrando suas características e particularidades.

2 SOFTWARES PARA O PROJETO GEOMETRICO DE ESTRADAS

Existem vários softwares encontrados no mercado que possibilitam a realização de projeto geométrico de estrada, como: Civil 3D, topoGRAPH, DataGeosis, TopoCal, TopoEVN, TCP-MDT, InRoads dentre outros. Muitos destes são bastante difundidos entre a área de engenharia de estradas e, outros novos no mercado brasileiro como no caso o TCP-MDT e TopoCal que são de origem espanhola. Neste trabalho serão utilizados os softwares topoGRAPH e TCP-MDT, afim de detalhar suas ferramentas e compara-las a partir de um mesmo projeto geométrico de estrada.

2.1 topoGRAPH

Em quase duas décadas de existência, o topoGRAPH 98 SE é bastante difundido no Brasil. O Sistema topoGRAPH foi desenvolvido pela empresa Char*Pointer, porém recentemente a Bentley adquiriu a Char*Pointer, tendo o topoGRAPH migrado para a plataforma CAD do MicroStation. Suas funções são destinadas às diversas áreas da engenharia que se utiliza de uma base topográfica no desenvolvimento de projetos, como por exemplo, de estradas.

Seu sistema é independente de outros softwares e permite comunicação direta entre o sistema de vários modelos de estações totais. É composto de três pacotes que podem ser adquiridos separadamente de acordo com a necessidade do usuário:

- Módulo Topografia:
- Cálculos: Para cálculos de topografia e UTM;
- Fundiário: Para cálculos de parcelamento e elaboração de memoriais descritivos;
- Desenhos: Para visualização e edição de plantas e perfis;
- Curvas de Nível: Para interpolação automática de curvas de nível.
- Módulo Volumes:
- Perfis: Para geração de seções transversais e cálculos de volumes;
- MDT 3D: Para modelagem digital de terreno.
- Módulo Projeto:
- Seções-Tipo: Para obras de terraplanagem, taludes, pistas, meio-fio, canteiro central e pontos obrigatórios;
- Vias: Curvas horizontais e verticais, superelevação, superlargura e cálculo de estaqueamento.

2.1 Tcp-Mdt

O TCP-MDT – versão 6.7 é um software de origem Europeia, desenvolvido pela empresa espanhola Aplitop S.L, na qual seus produtos são aplicações voltadas para topografia e engenharia civil. Encontra-se em adaptação à legislação brasileira de estradas, disponível em vários idiomas, inclusive em português.

Seu sistema é dependente de uma plataforma CAD, e encontra-se em versões nos quais abrangem certas ferramentas disponíveis nos produtos TCP-MDT:

- Versão Standard: Cálculos topográficos, superfícies, curvas de nível, MDT em visualização 3D, perfis, volumes e parcelamento.
- Versão Topografia: Cálculos topográficos, projeções cartográficas e conversão de arquivos de estações totais e calculadora geodésica.
- Versão Imagens: Georreferenciamento, ajuste de imagens e serviços “web” de mapas.
- Versão Nuvens de Ponto: LIDAR e laser scanner, visualização 3D, perfis a partir de pontos, superfícies e curvas de nível.
- Versão Profissional (completo com adicionais): Pavimentação, seção-tipo, perfis longitudinais e transversais, parcelamento, visualização do terreno/rodovia em 3D, exportação a “Google Earth”, relatório de volumes e locação.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

A área de estudo compreende uma via de ligação entre uma rodovia e uma estrada vicinal. Para o projeto foi levantado uma área de aproximadamente 13 ha, que se encontra situada na província de Málaga - Espanha, próximo ao povoado de Ardales, ao lado da rodovia A-357 cujas coordenadas são $36^{\circ}53'29,91''N$ e $04^{\circ}51'00,37''O$ (Figura 1).

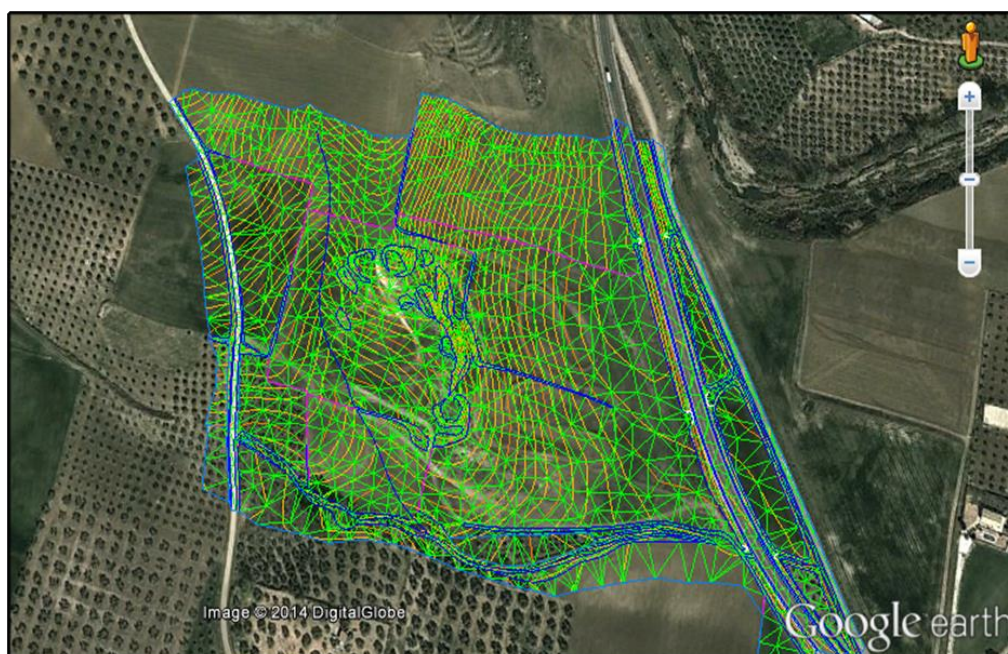


Figura 1 – Área de estudo selecionada para o trabalho.

Fonte: Google Earth.

3.2 Materiais

Utilizou-se um arquivo contendo pontos cotados e curvas de nível em formato DWG, obtido a partir da base de dados de um levantamento cadastral, cedido pela empresa Aplitop.

Para a realização do presente trabalho, serão utilizados os Softwares: TCP-MDT- versão 6.7, desenvolvido pela empresa Aplitop S.L., e topoGRAPH 98 SE – versão 4.03, desenvolvido pela Char*Pointer disponibilizado pelo DEC (Departamento de Engenharia Civil-UFV). A escolha destes softwares se deve ao fato de ambos apresentarem características diferenciadas no tratamento de um projeto viário, sendo ambos os softwares líderes de mercado no Brasil e na Espanha.

3.3 Metodologia

A partir do reconhecimento do terreno foi possível observar as possibilidades de ligação entre as duas estradas já existentes. A região pode ser enquadrada na modalidade de terreno montanhoso; no qual é representado por abruptas variações longitudinais e transversais da elevação do terreno em relação à rodovia, e onde são frequentemente

necessários, aterros e cortes laterais das encostas para se conseguir implantar alinhamentos horizontais e verticais aceitáveis.

Segundo Pontes Filho (1998) pode-se considerar o projeto da rodovia como pertencente à Classe IV, pois tem como característica pista simples e volume médio diário de tráfego previsto de até 300 veículos no ano de abertura.

As informações técnicas da estrada foram definidas de acordo com sua classificação e as características do terreno. A partir disso, foram definidos alguns parâmetros para a elaboração do projeto geométrico da via:

- Velocidade diretriz = 40,00 km/h;
- Coeficiente de atrito transversal = 0,20;
- Raio mínimo de curvatura = 42,00 m;
- Superelevação máxima = 4 %;
- Rampa máxima = 8 %;
- Distância de visibilidade de parada = 42,00 m;
- Tangente mínima = 40,00 m.

Os elementos da concordância horizontal foram definidos de acordo com a Tabela 1:

Tabela 1 - Elementos da concordância horizontal.

Estaca	Ponto Notável	Tipo	Azimute	Raio (m)	Parâmetro (m)	Desenvolvimento (m)
0	Início	Reta	88°46'01,000"	-	-	25,000
1 + 05,000	PC	Curva Circular	88°46'01,000"	111,252	-	51,284
3 + 16,284	PT	Reta	115°10'43,194"	-	-	55,000
6 + 11,284	TS	Clotoide	115°10'43,194"	Infinito	30,331	20,000
7 + 11,284	SC	Curva Circular	102°43'23,014"	46,000	-	48,000
9 + 19,284	CS	Clotoide	42°56'10,172"	Infinito	30,331	20,000
10 + 19,284	ST	Reta	30°28'50,002"	-	-	90,000
15 + 09,284	PC	Curva Circular	30°28'50,002"	56,000	-	47,000
17 + 03,254	PT	Reta	78°34'05,108"	-	-	46,970
20 + 03,354	Fim	-	78°34'05,108"	-	-	-

Na Tabela 1 constam os elementos principais da concordância horizontal, na qual a primeira coluna indica em qual estaca (contada de 20 em 20 metros) será aplicada a concordância. A segunda coluna indica a concordância a ser utilizada, sendo os termos: PC – ponto de início da curva; PT – ponto onde inicia a tangente; TS – ponto de passagem do trecho em tangente para o de transição; SC - ponto de passagem do trecho em transição para o trecho circular; CS - ponto de passagem do trecho circular para o trecho em transição; ST - ponto de passagem do trecho em transição para o trecho em tangente. Na sexta coluna encontramos o valor do parâmetro da espiral, no qual corresponde a raiz quadrada do raio final multiplicado pelo comprimento da espiral. Para a sétima coluna tem-se o valor do comprimento de cada elemento.

Para o projeto em perfil, foram utilizadas as concordâncias verticais conforme apresentadas na Tabela 2:

Tabela 2 - Elementos da concordância vertical.

Estaca	Ponto Notável	Tipo	Cota	Raio (m)	Rampa (%)	Desenvolvimento
0	Início	Tangente	365,999	-	0,432	14,987
0 + 14,987	PCV	Circular	366,064	744,109	-	57,041
3 + 12,028	PTV	Tangente	364,121	-	-7,252	20,000
4 + 12,028	PCV	Circular	362,671	604,742	-	48,812
7 + 00,840	PTV	Tangente	361,107	-	0,837	10,000
7 + 10,840	PCV	Circular	361,191	616,841	-	50,457
10 + 01,297	PTV	Tangente	359,548	-	-7,362	95,101
14 + 16,398	PCV	Circular	352,547	1.076,64	-	106,856
20 + 03,254	Fim	-	350,000	-	2,583	-

A seção transversal padrão foi determinada pelos seguintes valores de seus componentes:

- Pista de rolamento = 7,00 m;
- Abaulamento = 2 %;
- Calçada = 2,00 m;
- Meio fio = 0,20 m;
- Valeta em corte = 0,40 na direção horizontal (X) e 0,15 na direção vertical (Y);
- Aterro = 3,00 em X e 2,00 em Y;
- Corte = 2,00 em X e 3,00 em Y;
- Altura e largura de Banquetas = 2,00 m.

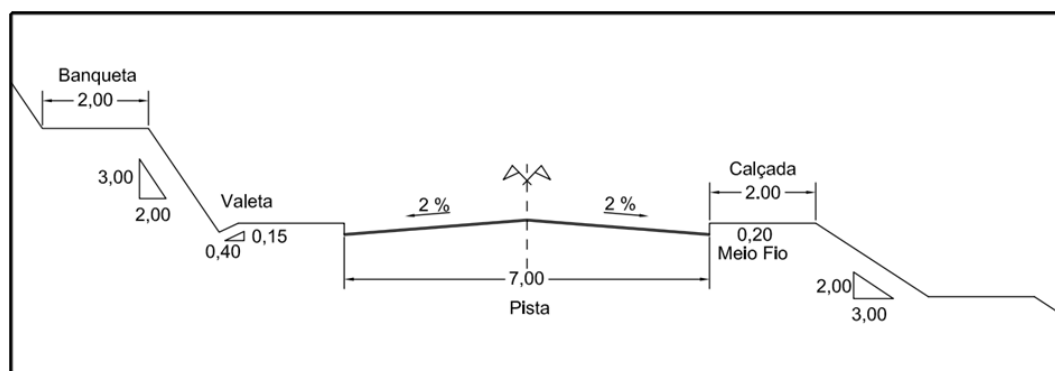


Figura 2 – Componentes da seção transversal.

Para o cálculo do volume de terra foi utilizado o método das áreas médias em ambos os softwares.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na estruturação desta proposta metodológica definiram-se as etapas de elaboração de um projeto de via assistido por computador objetivando a interatividade e produtividade do trabalho. A impressão inicial que se pôde tirar dos softwares, é que todos os cálculos são automáticos, seu uso é fácil e praticamente qualquer engenheiro com conhecimentos de projetos geométricos de estradas, pode projetar uma via, bastando para isso seguir as etapas necessárias.

O software TCP-MDT por trabalhar na plataforma CAD possibilita uma maior praticidade em questão de desenho. É composto por uma barra acoplada ao CAD, na qual as ferramentas se encontram organizadas seguindo uma ordem lógica para a realização do projeto de vias. Conforme seja necessária alguma modificação no traçado, ou até mesmo na triangulação da modelagem do terreno, a atualização do arquivo correspondente é automática.

Possibilita transformar polilinha em traçado horizontal e/ou traçado vertical além de realizar edições em seus componentes, sem necessitar refazê-lo desde o início. Permite projetar: eixo circular, no qual pode ser utilizado na criação de rotatórias e; interseções entre eixos horizontais, utilizada para projetos com várias vias se encontrando.

Através do comando Perfil Rápido, ao traçar uma polilinha é possível ter uma vista instantânea do perfil do terreno. Tem-se a opção: de obter vários perfis longitudinais e transversais em um só comando e; a criação de concordância vertical automática, a partir do traçado vertical.

O programa também disponibiliza a opção de plotar no desenho as linhas de cortes das seções transversais e a alternativa de cortar as linhas de seções transversais quando elas se sobrepõem, assim evitando a duplicação de informações.

Por último, outra vantagem disponibilizada no software TCP-MDT é a visualização do traçado e das seções transversais em uma janela de diálogo, assim possibilitando uma conferência antes da plotagem definitiva no espaço CAD. Além disso, está implementada a visualização em 3D do terreno natural, e da rodovia projetada, além de possibilitar a produção de um vídeo do sobrevoo da rodovia e terreno.

Como desvantagem, o TCP-MDT necessita utilizar os pontos notáveis na inserção do greide, para depois realizar a concordância (é a forma didática, porém menos usual na prática). Na ferramenta “Segmentos” é necessário informar todos os arquivos nos quais compõem o projeto, e assim será calculado e montado todo o projeto, cálculo de volume e comparação com o terreno natural.

O Software não traz a opção de aplicar inclinação na banqueta, deixando-a reta. Apresenta os relatórios de saída muita vezes pouco detalhado. Não se conseguiu interpretar os cálculos e dados do diagrama de massas. O programa se encontra em fase de adaptação às normas brasileiras, e a adaptação na utilização de estacas, pois os projetos europeus utilizam apenas o ponto quilométrico (PK).

Já o software topoGRAPH, mostrou-se vantajoso com a opção de especificar a variação da superlargura e superelevação manualmente, além de dispor do modo gráfico (interativo) para gerar a concordância horizontal e vertical. Este programa presente há muitos anos no mercado brasileiro, atende de forma mais abrangente as normas brasileiras.

Como desvantagem, apresentou um ambiente para desenho de difícil manuseio do zoom, disponibilidade de poucas ferramentas para criação/alteração de feições. Rotina de projeto pouco explícita, necessitando abrir e fechar janelas para efetivar os cálculos e modificações. O programa requer a necessidade de recalcular caso seja realizada qualquer modificação em algum dos arquivos de projeto.

Ao importar um arquivo em .dwg, muitas vezes o software não reconhece informações altimétricas, necessitando assim utilizar a opção “criar pontos com cota”, no qual insere pontos nos vértices das curvas de nível do desenho. Geralmente esta opção cria pontos arbitrários, influenciando na modelagem do terreno. Dispõe de poucos formatos para a exportação à outros softwares. Sua opção de visualização apresenta-se pouco interativa e realista.

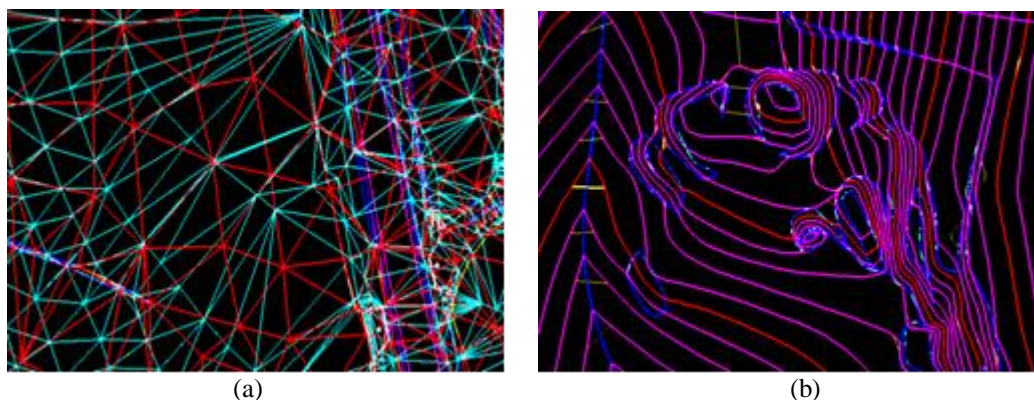


Figura 3 - Visualização da sobreposição da triangulação (a), Curvas de nível sobrepostas (b).

Realizando uma comparação visual entre os elementos do projeto obtidos em ambos os softwares, percebeu-se que a triangulação não coincidiu apesar do método utilizado para a triangulação ter sido o mesmo (triangulação de Delaunay). Isto ocorreu devido ao fato de ter sido necessário escolher a opção “criar pontos com cota”. Assim o software topoGRAPH criou pontos nas feições existentes no desenho, como por exemplo curvas de nível. Pode-se observar este efeito na Figura 3.a, onde temos as linhas na cor vermelha correspondente a triangulação do software topoGRAPH e as linhas na cor ciano correspondente ao software TCP-MDT.

Nas curvas de nível foi-se utilizado o fator de suavização default dos softwares, no qual corresponde a aplicação de uma spline às curvas de nível. Foram aplicadas diferentes cores a fim de compará-las. Para as curvas do topoGRAPH foram utilizadas as cores amarelo (mestras), marrom (demais); já para as curvas geradas pelo TCP-MDT vermelho (mestras) magenta (demais). Como é possível observar na Figura 3.b, as curvas se mostram coerentes, exceto em algumas partes do desenho. Estas diferenças poderão influenciar tanto na modelagem do terreno quanto no cálculo do volume movimentado de terras.

Ao realizar a sobreposição dos desenhos referentes ao eixo horizontal, estes apresentaram total conformidade em relação a sua posição em ambos os softwares. Na análise do perfil longitudinal, observaram-se diferenças como observado na Figura 04 (verde topoGRAPH e vermelho TCP-MDT), que possivelmente foram causadas pelas diferenças na triangulação utilizada na modelagem do terreno. Ao analisar a concordância vertical, foi possível observar que alguns trechos não se sobrepõem, tendo uma média de separação de 6,00 cm entre os resultados dos dois softwares. Estas separações se deram nas curvas e os maiores valores constaram na curva final (Figura 5.b).

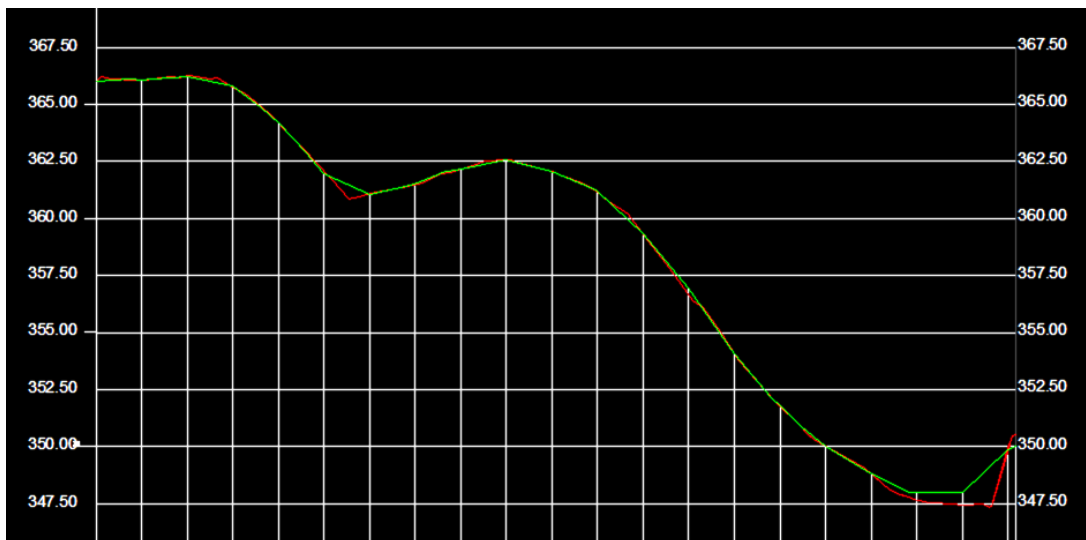


Figura 4 – Visualização dos perfis gerados a partir da triangulação, no software TCP-MDT (em vermelho) e topoGRAPH (em verde).

Na sobreposição dos projetos finais, foi possível observar que o topoGRAPH ao criar o traçado do projeto incluiu as informações sobre a superlargura. Já o TCP-MDT montou o desenho desconsiderando a superlargura. Justificando assim o motivo pelo qual em alguns cortes das seções transversais a largura da pista não coincidissem. Já a superelevação, mostrou-se condizente nos dois softwares, havendo pequenas distinções devido à diferença de largura da pista entre os dois softwares, mas que se mostrou pouco relevante neste caso.

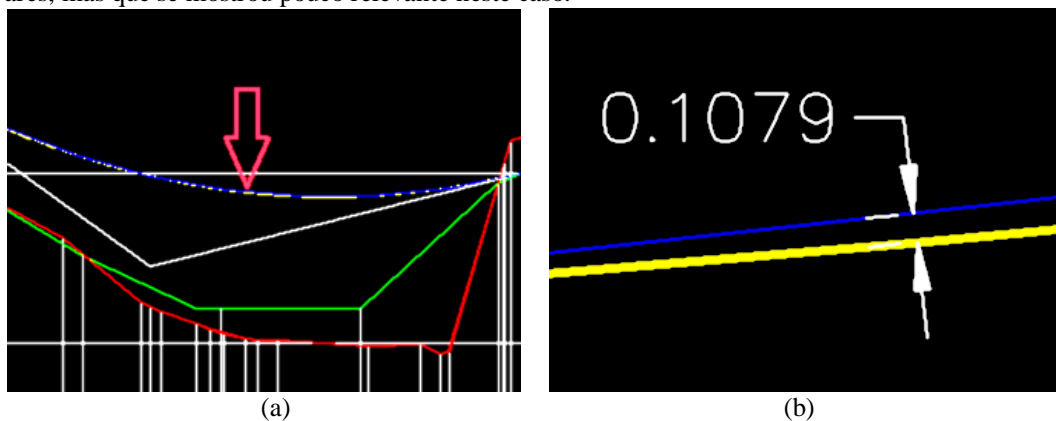


Figura 5 - Diferença dos perfis na última curva de concordância (a), detalhamento na distância entre as concordâncias verticais do software TCP-MDT (em amarelo) e topoGRAPH (em azul) (b).

Na análise do volume obtido no projeto da rodovia utilizando os dois softwares, percebeu-se o topoGRAPH obteve o maior volume de corte. Já o TCP-MDT gerou um maior valor de aterro. Fato estes que podem ser explicados, devido às diferenças observadas na triangulação utilizada para a modelagem do terreno. Podendo-se observar este evento nas Figuras 3.a e 5.a, as quais ilustram um detalhamento da triangulação e da imagem dos perfis (linha verde topoGRAPH e linha vermelha TCP-MDT). A Tabela 3 apresenta os volumes de corte e aterro obtido no projeto da rodovia no TCP-MDT e no topoGRAPH.

Tabela 3 – Volumes encontrados para corte e aterro nos softwares TCP-MDT e topoGRAPH.

	Corte (m ³)	Aterro (m ³)
topoGRAPH	4.646,22	2.130,47
TCP-MDT	4.330,01	2.392,76
Diferença	316,209	262,291

5 CONCLUSÕES

Na estruturação desta proposta metodológica procurou-se definir as etapas para a elaboração de um projeto de rodovia assistido por computador, utilizando-se dois softwares disponíveis no mercado. Não há um software que se sobressaia demasiadamente sobre o outro em todos os requisitos levantados, já que esse não é o objetivo do trabalho.

De acordo com a avaliação realizada, o TCP-MDT não apresentou os elementos da superlargura no desenho do traçado final. Para todos os outros cálculos, inclusive do volume, os elementos da superlargura foram adicionados e calculados normalmente. Embora o software TCP-MDT, se encontra em adaptação às normas brasileiras, demonstrou-se de forma geral, ser um programa simples com recursos robustos e práticos.

O topoGRAPH não apresentou suas ferramentas de projeto tão explícitas quanto ao TCP-MDT, além de deixar a desejar na sua visualização em 3D. Quanto à plataforma de desenho, o topoGRAPH atende bem os atuais projetos brasileiros.

Uma das principais vantagens da integração entre o ambiente CAD e o programa TCP-MDT, é propiciar ao usuário gerar todo o projeto sem a necessidade de sair do ambiente CAD, além da facilidade de manipulação do programa, pois o CAD é uma plataforma bastante difundida entre os profissionais de engenharia e áreas afins. Outro fator importante é a visualização em 3D, pois o usuário pode visualizar e fazer vídeo do projeto final aplicado ao terreno natural.

Como dificuldade encontrada no trabalho tem-se: a aplicação de sarjeta na via, pois não foi encontrada uma forma de aplica-la na seção transversal do TCP-MDT e; a impossibilidade de aplicar uma inclinação nas banquetas de corte e aterro. Fez necessária a retirada destes elementos no projeto, a fim de comparar os dois softwares.

Diante dos resultados obtidos, foi possível verificar que apesar de cada particularidade de ambos os softwares, eles atendem de forma satisfatória projetos de vias.

Por fim, espera-se que este trabalho possa tornar-se uma ferramenta útil na elaboração de projetos de via em geral. Cada solução apresentada possui pontos positivos e negativos para o gerenciamento de projetos, mas cabe ao profissional avaliar qual atenderá melhor suas necessidades.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARVALHO, M. P. **Curso de Estradas – Estudos, Projetos e Locação de Ferrovias e Rodovias**. Rio de Janeiro, RJ: Editora Científica, 1967, 2 ed. 510 p.

CARVALHO, C. A. B.; LIMA, D. C.; GRIPP JÚNIOR, J.; REZENDE, D. S. V.; TRINDADE, T. P.; DAMASCENO, V. M. **Projeto Geométrico de Estradas (Concordâncias Horizontal e Vertical)**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2005. 79 p. (Caderno didático 108).

DNER. **Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais. Brasil**, Ministério dos Transportes, Departamento Nacional de Estradas de Rodagem, Rio de Janeiro, 1999. 195 p.

LEE, S. H. **Introdução ao Projeto Geométrico de Rodovias – Parte 1**. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis: Editora UFSC, 2000. 252 p. (Apostila da Disciplina ECV 5115).

MENDES, L. **Traçado de Estradas – 1º parte**. Departamento Acadêmico da Construção Civil - Centro Federal de Educação Tecnológica de Santa Catarina, Florianópolis, 2008. 28 p.

OLIVEIRA, M. G. **Projeto Geométrico de Vias com Modelagem Digital do Terreno em Ambiente de Software Livre e Sistema de Informações Geográficas**. Dissertação (Mestrado) - Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 2007. 172 p.

PIMENTA, C. R.T.; OLIVEIRA, M. P. **Projeto Geométrico de Rodovias**. São Carlos, 2004. 432 p.

PONTES FILHO, G. **Estradas de Rodagem Projeto Geométrico**. Instituto Panamericano de Carreteras Brasil, São Carlos, 1998. 432 p.

SENÇO, W. **Manual de Técnicas de Projetos Rodoviários**. 1 Ed. Editora: Pini, 2008. 759 p.