

ANÁLISE DO DESENVOLVIMENTO DE UM PROJETO DE ESTRADAS COM USO DA METODOLOGIA BIM – ESTUDO DE CASO EM SEGMENTO DA BR 030

Eng. Civil Alberto Leandro Lima

Eng. Civil Tamiris de Abreu Momma

Prof Me Celio Daroncho – Faculdade de Tecnologia da Zona Leste (Fatec-ZL)

celio.daroncho@fatec.sp.gov.br

Prof Dr Pedro José Pérez Martínez – FEC/Unicamp

pjperez@unicamp.br

Resumo

O modal rodoviário é o meio de transporte de maior utilização no Brasil, portanto, necessita de investimentos em expansão e manutenção visto que participa ativamente na economia e no desenvolvimento do país. Isto requer agilidade e rapidez na execução e alteração dos projetos de estradas, sendo necessária uma alternativa para a evolução dos processos de um projeto. Neste trabalho é apresentada uma proposta de execução do projeto de uma estrada com a metodologia BIM (Building Information Modeling), utilizando-se de softwares como o AutoCad Civil 3D para a modelação e o Navisworks para a integração com o cronograma, onde será analisada a eficiência da aplicação da referida metodologia no projeto de estradas.

Palavras-chave: Metodologia BIM; Projeto Geométrico de rodovia.

Abstract

The road modal is the most widely used means of transport in Brazil, therefore, it needs investments in expansion and maintenance as it actively participates in the country's economy and development. This requires agility and speed in the execution and alteration of road projects, requiring an alternative for the evolution of a project's processes. This work presents a proposal for the execution of a road project with the BIM (Building Information Modeling) methodology, using software such as AutoCad Civil 3D for modeling and Navisworks for the integration with the schedule, where the efficiency of the application of the referred methodology in the road design.

Keywords: BIM methodology; Road Project; Highway Geometric Design.

Introdução

A infraestrutura viária é essencial para o desenvolvimento econômico e social de um país. Os custos e variáveis envolvidos em uma obra viária, geralmente altos, solicitam orçamentos enxutos e planejamento cuidadoso. Alterações no andamento da obra e do projeto são constantes, devido à natureza do empreendimento que normalmente segue um cronograma rígido e que envolve múltiplas disciplinas (estruturas, drenagem, pavimentação, terraplenagem, desapropriação, etc.).

No Brasil, a metodologia de elaboração e execução de projetos ainda se mostra tradicional, porém existe uma tendência crescente na utilização do BIM em detrimento dos métodos atuais utilizados, com algumas áreas que se mostram avançadas nessa tecnologia, sendo a área de Edifícios um exemplo de larga utilização dessa metodologia. Atualmente, a utilização do BIM em estradas é mais usual em projetos e obras de reformas de vias existentes. A aplicação da metodologia BIM para esse tipo de empreendimento, propõe a facilidade de verificar interferências entre as diferentes disciplinas envolvidas de forma visual (em 3D) e de maneira dinâmica.

A proposta da elaboração do projeto com a metodologia BIM (*Building Information Modeling*) apresenta facilidades de integração e verificação das diversas disciplinas, como, por exemplo, estruturas, drenagem, pavimentação e terraplenagem sempre com o objetivo de reduzir custos e tempo. Esse ganho pode permitir o desenvolvimento

acelerado dos projetos de infraestrutura no Brasil, servindo de ferramenta e acelerador para o desenvolvimento do país.

Conceito BIM

O termo BIM pode ser utilizado tanto para representar um software, como para se referir à metodologia de projeto e execução de obra com a utilização de uma base computacional com todas as informações relativas à construção. Apesar dos conceitos e metodologias que hoje conhecemos como BIM terem sido introduzidos durante a corrida espacial, o termo BIM foi introduzido como metodologia de construção há aproximadamente 20 anos, com o crescimento e surgimento dos modelos computacionais 3D para a arquitetura em substituição ao método tradicional baseado em desenhos 2D (WORDS & IMAGES, 2009).

Um projeto realizado integralmente em BIM se torna um modelo BIM. O que permite que o projeto seja construído verdadeiramente de maneira virtual e com inúmeros detalhes. Esse modelo não é apenas uma representação, são elementos 3D reais, que contém informações desde o tipo de material utilizado até o custo de execução do elemento. (WORDS & IMAGES, 2009).

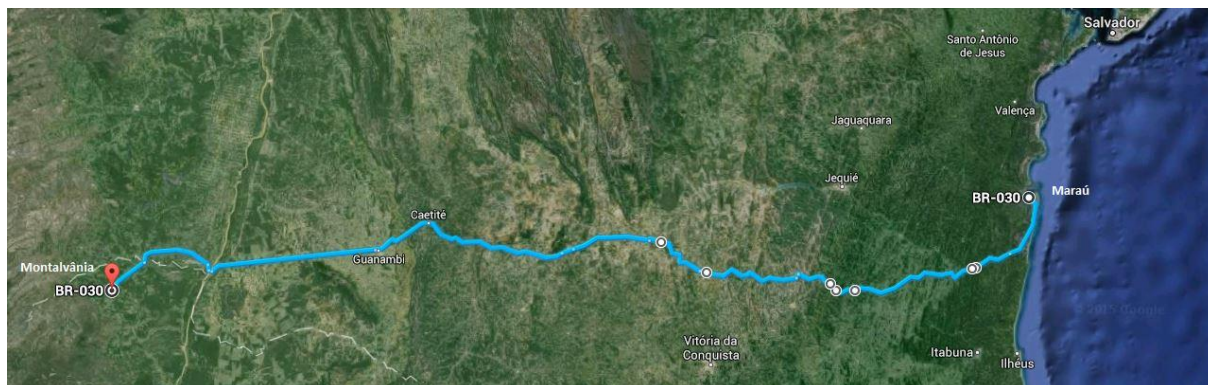
Segundo o WORDS & IMAGES (2009), considerando que todas as informações foram inseridas de maneira correta é possível utilizar o modelo em BIM tal como se a obra já estivesse concluída, possibilitando o melhor entendimento da obra. Comparado com os desenhos em 2D, a representação em 3D mostra a obra como ela deve parecer. (WORDS & IMAGES, 2009).

A BR-030

A BR-030 liga o município de Montalvânia (MG) ao município de Maraú (BA) com extensão de 720 km (

Figura 1). O trecho em estudo fica compreendido entre os quilômetros 660,3 e 675,0 e liga a rodovia BA-001 a cidade de Marajú-BA. Na Figura 2 é possível verificar as condições da estrada de acordo com levantamento do DNIT.

Figura 1 – BR-030



Fonte: Google Earth (2019).

Figura 2 - Condições da rodovia

Trecho	Km	Condição	Obs
ENTR BA-001 - ENTR BA-964	660.3 ao 675,0	- Trecho implantado e não pavimentado. Trafegar com atenção. Alto índice de chuva. Serviços de manutenção em execução.	- Segmento não pavimentado.
ENTR BA-964 - CAMPINHO	675 ao 703.7	Segmento Implantado não Pavimentado. Trecho com ocorrências de plataformas estreitas. Trafegar com cuidado. Alto índice de chuva.	- Segmento não pavimentado.

Fonte: Adaptado de DNIT, 2019

Esta região tem clima tropical superúmido, que se caracteriza por não ter uma estação seca, e índices de precipitação altos entre os meses de março a agosto, podendo ultrapassar os 1500 mm por ano. Possui temperatura média anual entre 18°C e 25°C, onde os meses de janeiro e fevereiro representam suas maiores temperaturas e julho e agosto suas menores temperaturas (CNPQ, 2019). Quanto à topografia de Marau, verifica-se um relevo de tabuleiros e planaltos costeiros, planície costeira e cursos inferiores, escarpas e ombreiras, com predominância de altitudes entre 15 e 70 metros em relação ao nível do mar. (IBGE) Pertencente à bacia hidrográfica do Rio Araú ou Baiano, representada pelos rios Baiano, da Serra, Ambuba, Piracanga, Albim, Caubi, Pau Seco, Carapitangui, Gambôa e Santa Inês (IBGE, 2019).

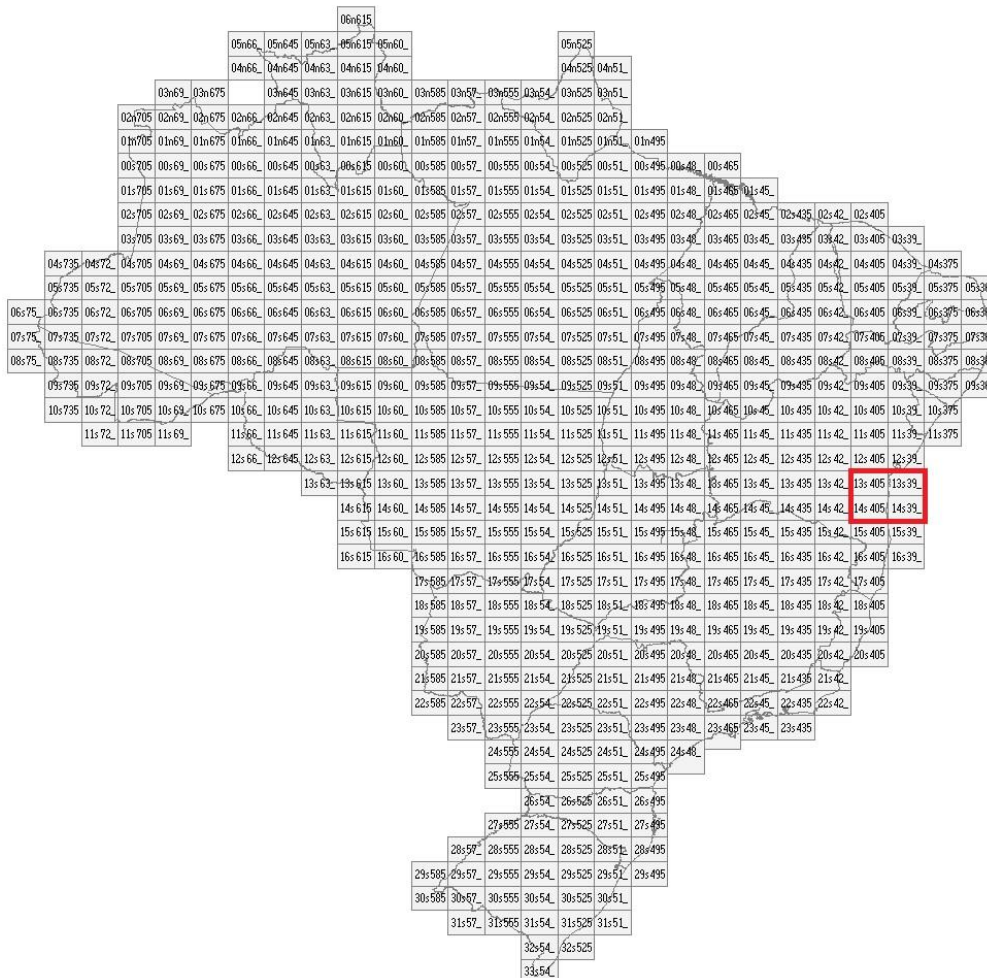
Coleta de dados

A superfície utilizada, com as elevações do terreno natural, foi obtida do Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil (TOPODATA). Trata-se de uma superfície refinada

pele Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) a partir de uma base topográfica da *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) realizada pela iniciativa *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), que mapeou a superfície terrestre em 3D. Esses dados receberam um tratamento com as informações conhecidas do relevo brasileiro em complementação aos dados de satélite. Essas bases estão disponibilizadas em quadriculas de 1° longitude por 1,5° latitude, conforme Figura 3, onde apresenta-se as áreas utilizadas para o levantamento topográfico.

Já as imagens georeferenciadas foram retiradas do Google Earth, fonte que apresenta dados de melhor resolução, mais atualizados e de mais fácil utilização se comparado com as demais fontes. O Google Street View foi utilizado em substituição à visita de campo, permitindo a visualização do estado de conservação e possíveis interferências da estrada.

Figura 3 - Cobertura TOPODATA



Fonte: INPE, 2018

Configuração do BIM

O Civil 3D vem com configurações nativas para a realização do projeto, entretanto é importante notar que na maioria das vezes existem exceções aos critérios de projeto, com a necessidade da utilização de valores maiores ou menores de parâmetros comparados aos valores padronizados apenas pela velocidade de projeto, ou seja, antes de qualquer ação é necessário inserir os valores limítrofes de projeto estabelecidos pelo DNIT e pelo DER.

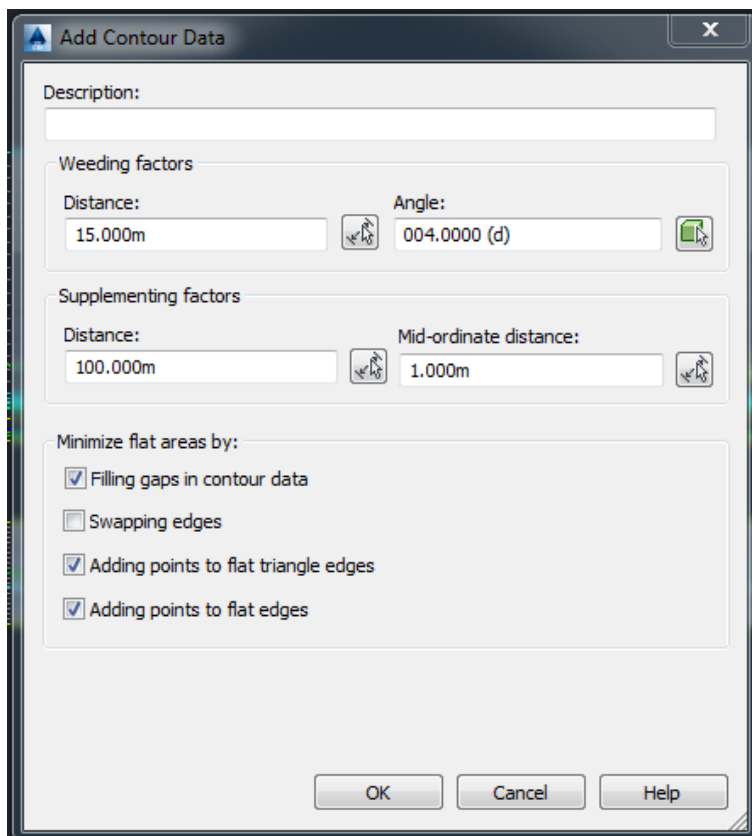
A correta configuração do modelo é importante para economizar tempo e ganhar agilidade na execução, facilitando na definição dos diferentes componentes do projeto, como curvas verticais e horizontais, distâncias de verificação, etc. Configurados os parâmetros, transfere-se a necessidade e o processo de verificação do projeto ao software, que então verifica se as condições estabelecidas atendem ao critério. O software conta com ferramentas de correção automática das inconsistências, as quais devem ser utilizadas com cautela e verificação para que não sejam adotados parâmetros mínimos ou condições em que uma correção piore algum outro aspecto do projeto.

Projeto Geométrico

O primeiro passo para a execução do projeto geométrico foi a consolidação da superfície do terreno natural, superfície elaborada com o uso de um *Digital Terrain Model* (DTM), desta forma a superfície passou a ter apenas as informações relativas à elevação do terreno. O software permite que sejam configurados parâmetros para o cálculo da construção desta superfície,

Figura 4, que devem ser configurados de acordo com a precisão do levantamento planimétrico efetuado.

Figura 4 - Parâmetros de construção do terreno - Curvas de nível



Fonte: AutoCad Civil 3D (2014).

Na ausência de informações da geometria do traçado, foi realizada uma implantação com alinhamento horizontal próximo ao eixo da via existente, conforme ilustrado na

Figura 5. O alinhamento vertical foi executado o mais próximo possível do terreno natural, desconsiderando-se elevações abruptas no perfil por se tratar de erros ou obstáculos pontuais presentes devido à falta de precisão da base topográfica utilizada. Neste estudo, foram utilizadas as ferramentas disponibilizadas pelo software para a verificação das curvas horizontais, verticais, rampas e superelevação da via. Foi considerada uma velocidade de projeto de 60 km/h para a verificação desses parâmetros.

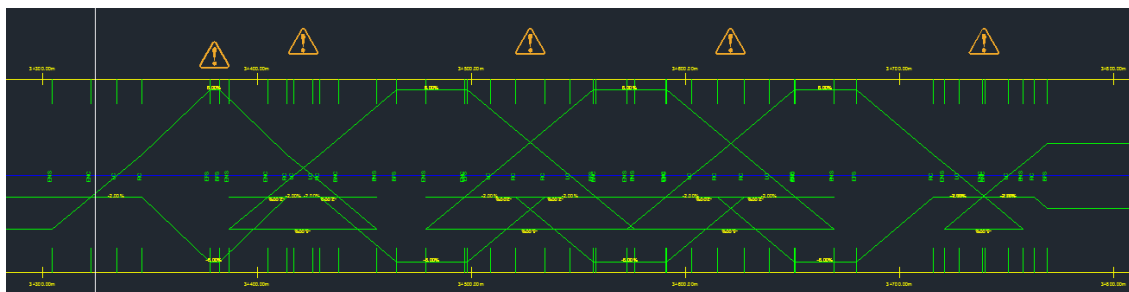
Figura 5 - Alinhamento inicial



Fonte: AutoCad Civil 3D (2014) e Google Earth(2014).

Com a utilização dos parâmetros construídos no modelo, foi possível visualizar facilmente os pontos com problemas no traçado como: curvas com raio pequeno, falta de distância para a transição da superelevação, rampas de declividade elevada, etc. Na Figura 6 é apresentado uma reprodução de um trecho do gráfico de superelevação.

Figura 6 - Gráfico de superelevação

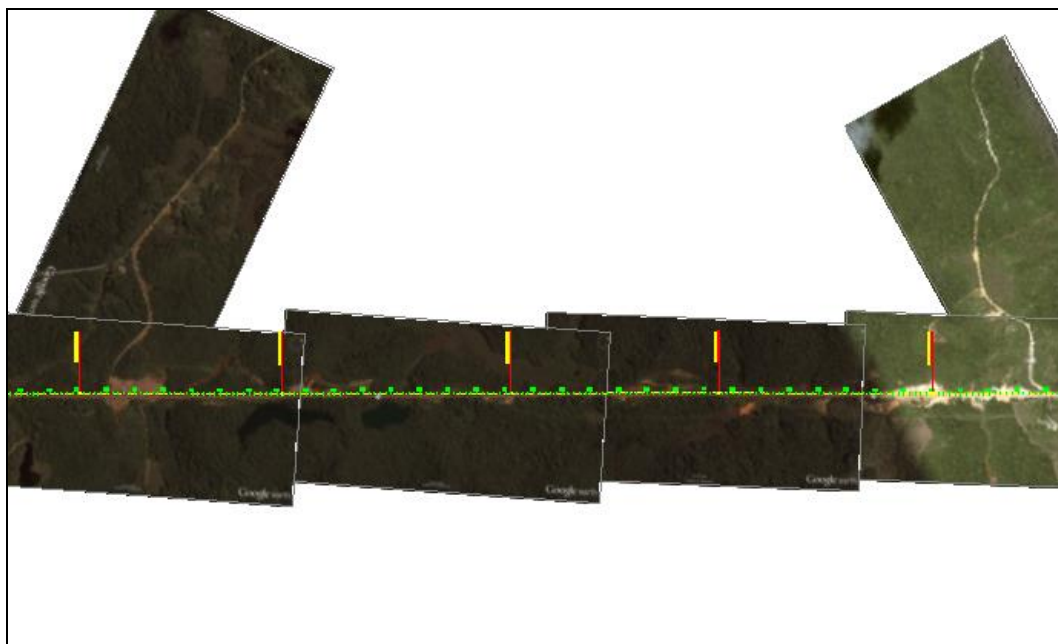


Fonte: AutoCad Civil 3D (2014).

Na

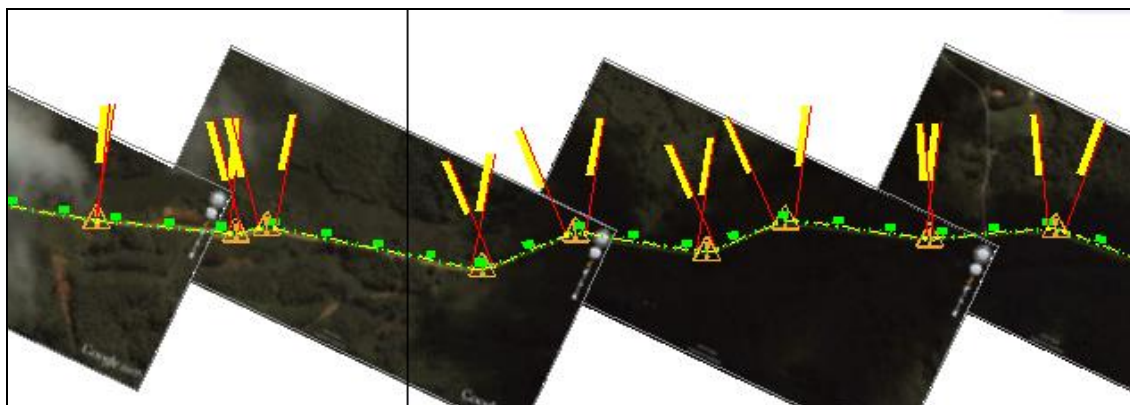
Figura 7 e na Figura 8 são apresentados trechos do alinhamento existente.

Figura 7 - Trecho em tangente existente



Fonte: AutoCad Civil 3D (2014) e Google Earth(2014).

Figura 8 - Trecho sinuoso existente



Fonte: AutoCad Civil 3D (2014) e Google Earth(2014).

Na

Figura 9 apresenta-se trecho de rampa em condição não ideal.

Figura 9 - Trecho com rampa acentuada existente



Fonte: AutoCad Civil 3D (2014).

A

Figura 10 mostra os erros existentes no alinhamento horizontal e a

Figura 11 mostra os erros existentes no alinhamento vertical.

Figura 10 - Erros existentes no alinhamento horizontal

No.	Type	Tange...	Par...	Parameter C...	Length	Radius	Minimum Radius	Design Speed	Direction	Start Station	End Station	Delta angle	Chord length	Degree o...
1	Line	Not Co...		Two points	8.017m			0 km/h	014° 34' 07...	0+000.00m	0+008.02m			
2	Curve	Constr...		Radius	90.857m	150.000m	125.000m	60 km/h		0+008.02m	0+098.87m	034.7050 (d)	89.475m	011.459...
3	Line	Not Co...		Two points	77.390m			60 km/h	339° 51' 49...	0+098.87m	0+176.26m			
4	Curve	Const...		Radius	48.840m	68.849m	125.000m	60 km/h		0+176.26m	0+225.10m	040.6441 (d)	47.822m	024.965...
5	Line	Not Co...		Two points	193.859m			60 km/h	020° 30' 28...	0+225.10m	0+418.96m			
6	Curve	Const...		Radius	38.565m	68.849m	125.000m	60 km/h		0+418.96m	0+457.53m	032.0934 (d)	38.063m	024.965...
7	Line	Not Co...		Two points	139.176m			60 km/h	348° 24' 51...	0+457.53m	0+596.70m			
8	Curve	Const...		Radius	47.720m	68.849m	125.000m	60 km/h		0+596.70m	0+644.42m	039.7122 (d)	46.770m	024.965...
9	Line	Not Co...		Two points	137.716m			60 km/h	028° 07' 35...	0+644.42m	0+782.14m			
10	Curve	Const...		Radius	73.155m	68.849m	125.000m	60 km/h		0+782.14m	0+855.29m	060.8796 (d)	69.762m	024.965...
11	Line	Not Co...		Two points	154.509m			60 km/h	089° 00' 22...	0+855.29m	1+009.80m			
12	Curve	Const...		Radius	42.523m	68.849m	125.000m	60 km/h		1+009.80m	1+052.33m	035.3875 (d)	41.850m	024.965...
13	Line	Not Co...		Two points	211.128m			60 km/h	053° 37' 07...	1+052.33m	1+263.45m			
14	Curve	Const...		Radius	47.429m	68.849m	125.000m	60 km/h		1+263.45m	1+310.88m	039.4701 (d)	46.497m	024.965...
15	Line	Not Co...		Two points	442.181m			60 km/h	093° 05' 19...	1+310.88m	1+753.06m			
16	Curve	Const...		Radius	33.505m	68.849m	125.000m	60 km/h		1+753.06m	1+786.57m	027.8824 (d)	33.175m	024.965...
17	Line	Not Co...		Two points	169.882m			60 km/h	120° 58' 16...	1+786.57m	1+956.45m			
18	Curve	Const...		Radius	38.553m	68.849m	125.000m	60 km/h		1+956.45m	1+995.00m	032.0840 (d)	38.052m	024.965...
19	Line	Not Co...		Two points	96.977m			60 km/h	153° 03' 18...	1+995.00m	2+091.98m			
20	Curve	Const...		Radius	46.089m	68.849m	125.000m	60 km/h		2+091.98m	2+138.07m	038.3552 (d)	45.233m	024.965...
21	Line	Not Co...		Two points	366.845m			60 km/h	114° 41' 59...	2+138.07m	2+504.91m			
22	Curve	Const...		Radius	75.344m	68.849m	125.000m	60 km/h		2+504.91m	2+580.26m	062.7006 (d)	71.640m	024.965...
23	Line	Not Co...		Two points	407.779m			60 km/h	051° 59' 57...	2+580.26m	2+988.04m			
24	Curve	Const...		Radius	22.609m	68.849m	125.000m	60 km/h		2+988.04m	3+010.65m	018.8152 (d)	22.508m	024.965...
25	Line	Not Co...		Two points	383.388m			60 km/h	070° 48' 52...	3+010.65m	3+394.03m			
26	Curve	Const...		Radius	29.854m	68.849m	125.000m	60 km/h		3+394.03m	3+423.89m	024.8441 (d)	29.620m	024.965...
27	Line	Not Co...		Two points	62.730m			60 km/h	045° 58' 13...	3+423.89m	3+486.62m			
28	Curve	Const...		Radius	49.985m	68.849m	125.000m	60 km/h		3+486.62m	3+536.60m	041.5970 (d)	48.894m	024.965...
29	Line	Not Co...		Two points	43.973m			60 km/h	087° 34' 02...	3+536.60m	3+580.58m			
30	Curve	Const...		Radius	50.685m	68.849m	125.000m	60 km/h		3+580.58m	3+631.26m	042.1796 (d)	49.548m	024.965...
31	Line	Not Co...		Two points	44.315m			60 km/h	045° 23' 16...	3+631.26m	3+675.58m			
32	Curve	Const...		Radius	46.821m	68.849m	125.000m	60 km/h		3+675.58m	3+722.40m	038.9639 (d)	45.924m	024.965...
33	Line	Not Co...		Two points	133.651m			60 km/h	084° 21' 06...	3+722.40m	3+856.05m			
34	Curve	Const...		Radius	12.504m	68.849m	125.000m	60 km/h		3+856.05m	3+868.55m	010.4058 (d)	12.487m	024.965...
35	Line	Not Co...		Two points	292.153m			60 km/h	073° 56' 45...	3+868.55m	4+160.70m			
36	Curve	Const...		Radius	4.339m	68.849m	125.000m	60 km/h		4+160.70m	4+165.04m	003.6108 (d)	4.338m	024.965...
37	Line	Not Co...		Two points	250.578m			60 km/h	070° 20' 06...	4+165.04m	4+415.62m			
38	Curve	Const...		Radius	23.466m	68.849m	125.000m	60 km/h		4+415.62m	4+439.09m	019.5284 (d)	23.353m	024.965...
39	Line	Not Co...		Two points	32.109m			60 km/h	050° 48' 24...	4+439.09m	4+471.20m			
40	Curve	Const...		Radius	30.361m	68.849m	125.000m	60 km/h		4+471.20m	4+501.56m	025.2663 (d)	30.116m	024.965...
41	Line	Not Co...		Two points	379.251m			60 km/h	076° 04' 22...	4+501.56m	4+880.81m			
42	Curve	Const...		Radius	40.663m	68.849m	125.000m	60 km/h		4+880.81m	4+921.47m	033.8398 (d)	40.075m	024.965...
43	Line	Not Co...		Two points	149.058m			60 km/h	042° 13' 59...	4+921.47m	5+070.53m			
44	Curve	Const...		Radius	38.152m	68.849m	125.000m	60 km/h		5+070.53m	5+108.68m	031.7503 (d)	37.666m	024.965...
45	Line	Not Co...		Two points	212.412m			60 km/h	073° 59' 00...	5+108.68m	5+321.09m			
46	Curve	Const...		Radius	39.440m	68.849m	125.000m	60 km/h		5+321.09m	5+360.53m	032.8216 (d)	38.903m	024.965...
47	Line	Not Co...		Two points	120.655m			60 km/h	041° 09' 42...	5+360.53m	5+481.19m			
48	Curve	Const...		Radius	37.350m	68.849m	125.000m	60 km/h		5+481.19m	5+518.54m	031.0829 (d)	36.894m	024.965...
49	Line	Not Co...		Two points	249.002m			60 km/h	072° 14' 41...	5+518.54m	5+767.54m			

Fonte: AutoCad Civil 3D (2014).

Figura 11 - Erros existentes no alinhamento vertical

No.	PVI Station	PVI Elevation	Grade In	Grade Out	A (Gr...	Profil...	Profile Curve L...	K Value	Minimum K f...	Minimum K fo...	Minimum K f...	Curve Radius
1	0+000.00m	75.236m		3.46%								
2	0+111.25m	79.087m	3.46%	-1.67%	5.13%	Crest	56.391m	11.000	11.000	195.000		1100.000m
3	0+190.46m	77.767m	-1.67%	2.70%	4.36%	Sag	78.496m	18.000			18.000	1800.000m
4	0+315.88m	81.148m	2.70%	-1.25%	3.94%	Crest	43.390m	11.000	11.000	195.000		1100.000m
5	0+467.70m	79.252m	-1.25%	5.66%	6.91%	Sag	124.410m	18.000			18.000	1800.000m
6	0+616.22m	87.662m	5.66%	-4.32%	9.99%	Crest	109.851m	11.000	11.000	195.000		1100.000m
7	0+806.99m	79.413m	-4.32%	-5.59%	1.26%	Crest	13.886m	11.000	11.000	195.000		1100.000m
8	0+897.69m	74.346m	-5.59%	-9.32%	3.74%	Crest	41.088m	11.000	11.000	195.000		1100.000m
9	1+076.21m	57.706m	-9.32%	-6.84%	2.48%	Sag	44.707m	18.000			18.000	1800.000m
10	1+370.84m	37.559m	-6.84%	-6.20%	0.64%	Sag	46.792m	72.884			18.000	7288.373m
11	1+481.55m	30.700m	-6.20%	5.78%	11.98...	Sag	156.026m	13.024			18.000	1302.440m
12	1+641.62m	39.958m	5.78%	0.86%	4.93%	Crest	39.313m	7.978	11.000	195.000		797.780m
13	1+777.13m	41.118m	0.86%	6.37%	5.51%	Sag	99.188m	18.000			18.000	1800.000m
14	1+879.44m	47.632m	6.37%	-0.91%	7.27%	Crest	80.023m	11.000	11.000	195.000		1100.000m
15	2+024.66m	46.313m	-0.91%	-4.53%	3.62%	Crest	39.786m	11.000	11.000	195.000		1100.000m
16	2+165.03m	39.961m	-4.53%	3.30%	7.83%	Sag	140.931m	18.000			18.000	1800.000m
17	2+382.08m	47.132m	3.30%	-2.89%	6.19%	Crest	68.101m	11.000	11.000	195.000		1100.000m
18	2+500.85m	43.703m	-2.89%	2.46%	5.35%	Sag	96.254m	18.000			18.000	1800.000m
19	3+031.86m	56.770m	2.46%	-1.81%	4.27%	Crest	47.017m	11.000	11.000	195.000		1100.000m
20	3+402.72m	50.044m	-1.81%	2.90%	4.72%	Sag	84.905m	18.000			18.000	1800.000m
21	3+598.04m	55.715m	2.90%	-8.12%	11.02...	Crest	121.265m	11.000	11.000	195.000		1100.000m
22	3+895.34m	31.572m	-8.12%	2.95%	11.07%	Sag	199.268m	18.000			18.000	1800.000m
23	4+128.20m	38.441m	2.95%	-4.82%	7.77%	Crest	85.516m	11.000	11.000	195.000		1100.000m
24	4+448.69m	22.979m	-4.82%	0.75%	5.57%	Sag	100.280m	18.000			18.000	1800.000m
25	4+678.33m	24.693m	0.75%	-6.43%	7.18%	Crest	78.931m	11.000	11.000	195.000		1100.000m
26	4+867.06m	12.560m	-6.43%	4.25%	10.68%	Sag	192.189m	18.000			18.000	1800.000m
27	5+048.17m	20.254m	4.25%	-2.72%	6.96%	Crest	76.597m	11.000	11.000	195.000		1100.000m
28	5+502.07m	7.930m	-2.72%	1.02%	3.73%	Sag	67.198m	18.000			18.000	1800.000m
29	5+826.10m	11.228m	1.02%	5.94%	4.92%	Sag	88.591m	18.000			18.000	1800.000m
30	6+074.55m	25.986m	5.94%	-1.94%	7.88%	Crest	86.683m	11.000	11.000	195.000		1100.000m
31	6+889.45m	10.173m	-1.94%	-1.00%	0.94%	Sag	16.942m	18.000			18.000	1800.000m
32	7+056.46m	8.504m	-1.00%	0.98%	1.98%	Sag	35.708m	18.000			18.000	1800.000m
33	7+339.00m	11.285m	0.98%	-0.44%	1.43%	Crest	15.700m	11.000	11.000	195.000		1100.000m
34	7+778.81m	9.338m	-0.44%	0.32%	0.77%	Sag	13.770m	18.000			18.000	1800.000m
35	7+992.51m	10.027m	0.32%	-0.33%	0.65%	Crest	7.194m	11.000	11.000	195.000		1100.000m
36	8+327.93m	8.914m	-0.33%	1.64%	1.97%	Sag	35.404m	18.000			18.000	1800.000m
37	8+481.03m	11.418m	1.64%	0.00%	1.64%	Crest	17.987m	11.000	11.000	195.000		1100.000m
38	8+692.59m	11.418m	0.00%	-1.08%	1.08%	Crest	11.854m	11.000	11.000	195.000		1100.000m
39	9+118.48m	6.828m	-1.08%	1.01%	2.09%	Sag	37.557m	18.000			18.000	1800.000m
40	9+326.45m	8.926m	1.01%	0.09%	0.92%	Crest	10.137m	11.000	11.000	195.000		1100.000m
41	9+645.18m	9.204m	0.09%	-1.29%	1.38%	Crest	15.167m	11.000	11.000	195.000		1100.000m
42	9+849.77m	6.562m	-1.29%	1.49%	2.78%	Sag	50.095m	18.000			18.000	1800.000m
43	10+036.27m	9.344m	1.49%	-0.07%	1.57%	Crest	17.225m	11.000	11.000	195.000		1100.000m
44	10+228.96m	9.200m	-0.07%	-1.07%	1.00%	Crest	10.991m	11.000	11.000	195.000		1100.000m
45	10+397.37m	7.392m	-1.07%	1.41%	2.49%	Sag	44.770m	18.000			18.000	1800.000m
46	10+682.69m	11.425m	1.41%	-1.32%	2.74%	Crest	30.109m	11.000	11.000	195.000		1100.000m
47	10+892.85m	8.644m	-1.32%	0.83%	2.15%	Sag	38.714m	18.000			18.000	1800.000m
48	11+313.18m	12.121m	0.83%	0.09%	0.74%	Crest	8.092m	11.000	11.000	195.000		1100.000m

Fonte: AutoCad Civil 3D (2014).

A Figura 12 mostra os erros existentes na superelevação.

Figura 12 - Superelevação necessária para o traçado existente

Superelevation Curve	Start Station	End Station	Length	Overlap	Left Outside Should...	Left Outside Lane	Left Inside Lane	Right Inside Lane	Right Outside Lane	Right Outside Shou...
Runoff	3+377.87m	3+425.87...	48.000m							
End Full Super	3+377.87m				-8.00%	-8.00%	-8.00%	8.00%	8.00%	8.00%
End Curve	3+406.67m			⚠						
Reverse Crown	3+413.87m			⚠	-2.00%	-2.00%	-2.00%	2.00%	2.00%	2.00%
Level Crown	3+425.87m			⚠	-2.00%	-2.00%	-2.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Runout	3+425.87m	3+437.87...	12.000m							
Level Crown	3+425.87m			⚠	-2.00%	-2.00%	-2.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Begin Normal Crown	3+437.87m			⚠	-2.00%	-2.00%	-2.00%	-2.00%	-2.00%	-2.00%
Begin Normal Shoulder	3+455.87m			⚠	-5.00%	-2.00%	-2.00%	-2.00%	-2.00%	-5.00%
Curve.14										
Transition In Region	3+387.06m	3+465.06...	78.000m							
End Normal Shoulder	3+387.06m			⚠	-5.00%	-2.00%	-2.00%	-2.00%	-2.00%	-5.00%
Runout	3+405.06m	3+417.06...	12.000m							
End Normal Crown	3+405.06m			⚠	-2.00%	-2.00%	-2.00%	-2.00%	-2.00%	-2.00%
Level Crown	3+417.06m			⚠	0.00%	0.00%	0.00%	-2.00%	-2.00%	-2.00%
Runoff	3+417.06m	3+465.06...	48.000m							
Level Crown	3+417.06m			⚠	0.00%	0.00%	0.00%	-2.00%	-2.00%	-2.00%
Reverse Crown	3+429.06m			⚠	2.00%	2.00%	2.00%	-2.00%	-2.00%	-2.00%
Begin Curve	3+436.26m			⚠						
Begin Full Super	3+465.06m			⚠	8.00%	8.00%	8.00%	-8.00%	-8.00%	-8.00%
Transition Out Region	3+498.21m	3+576.21...	78.000m							
Runoff	3+498.21m	3+546.21...	48.000m							
End Full Super	3+498.21m			⚠	8.00%	8.00%	8.00%	-8.00%	-8.00%	-8.00%
End Curve	3+527.01m			⚠						
Reverse Crown	3+534.21m			⚠	2.00%	2.00%	2.00%	-2.00%	-2.00%	-2.00%
Level Crown	3+546.21m			⚠	0.00%	0.00%	0.00%	-2.00%	-2.00%	-2.00%
Runout	3+546.21m	3+558.21...	12.000m							
Level Crown	3+546.21m			⚠	0.00%	0.00%	0.00%	-2.00%	-2.00%	-2.00%
Begin Normal Crown	3+558.21m			⚠	-2.00%	-2.00%	-2.00%	-2.00%	-2.00%	-2.00%
Begin Normal Shoulder	3+576.21m			⚠	-5.00%	-2.00%	-2.00%	-2.00%	-2.00%	-5.00%
Curve.15										
Transition In Region	3+478.80m	3+556.80...	78.000m							
End Normal Shoulder	3+478.80m			⚠	-5.00%	-2.00%	-2.00%	-2.00%	-2.00%	-5.00%
Runout	3+496.80m	3+508.80...	12.000m							
End Normal Crown	3+496.80m			⚠	-2.00%	-2.00%	-2.00%	-2.00%	-2.00%	-2.00%
Level Crown	3+508.80m			⚠	-2.00%	-2.00%	-2.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Runoff	3+508.80m	3+556.80...	48.000m							
Level Crown	3+508.80m			⚠	-2.00%	-2.00%	-2.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Reverse Crown	3+520.80m			⚠	-2.00%	-2.00%	-2.00%	2.00%	2.00%	2.00%

Fonte: AutoCad Civil 3D (2014).

É importante ressaltar que não foi necessária a configuração manual de nenhum dos aspectos desse estudo preliminar, sendo ele inteiramente calculado e implantado com os parâmetros estabelecidos nos critérios de projeto do modelo.

Ao estudar a implantação existente verificou-se que a classificação II de projeto se adaptaria melhor à via, reduzindo possíveis desmatamentos e preservando as características da implantação atual. Desta forma foi considerada a velocidade de projeto de 80 km/h, sendo utilizadas velocidades de 60km/h e 40km/h em trechos menos favoráveis, ou com interferências ao traçado. Considerando a estrada como padrão intermediário e condições topográficas que alteram a velocidade de projeto adotou-se a superelevação máxima de 8%. Considerando o uso da via predominantemente turístico e agropecuário, foi adotado o veículo de projeto WB-12 para dimensionamento das sobrelarguras, superelevações e dimensionamento da estrutura do pavimento.

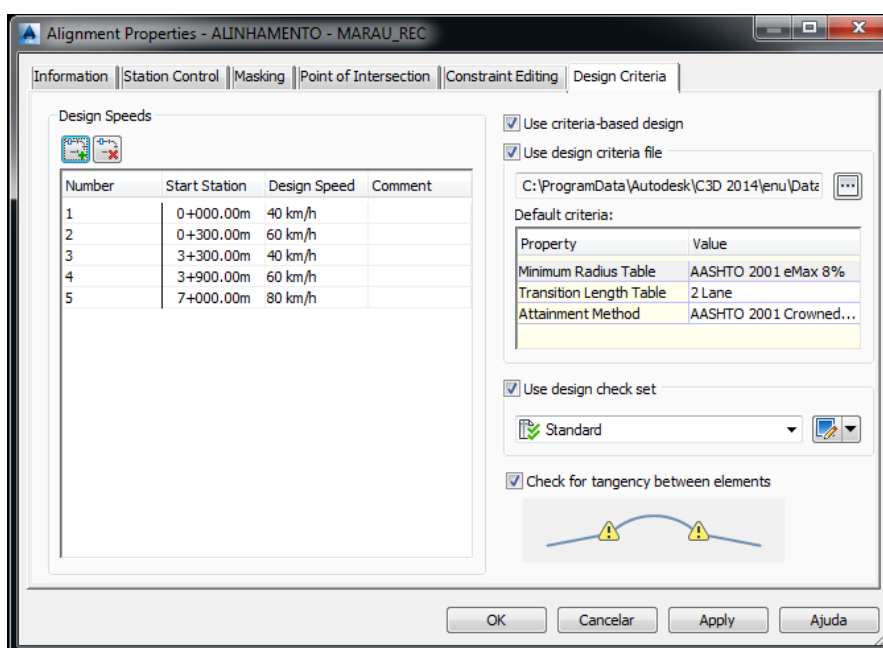
As seguintes propostas foram estabelecidas para a execução do traçado:

- manter-se no traçado original, com pequenos desvios onde o traçado implicaria em perda de segurança ou interferências;

- utilização de dispositivos de drenagem no pé e topo de taludes para evitar a ocorrência das erosões; e
- redução de velocidade em trechos próximos aos acessos à propriedades, vilas e cidades ao longo da via.

Com essas premissas, realizou-se o projeto do novo traçado da rodovia. Como o critério de projeto foi estabelecido desde o início, foi possível adaptar o traçado existente para atender o raio mínimo correspondente a velocidade de 80km/h, com a edição dessas curvas, seja por tabela ou por ajuste manual, onde os novos parâmetros são recalculados e mostrados automaticamente após a alteração. Utilizando-se desta função do software foi obtido um alinhamento projetado que se aproxima do traçado existente e atende aos critérios de projeto. Entretanto verificou-se que muitas curvas não poderiam ser executadas com essa velocidade, seja por comprimento insuficiente de tangente, ou grandes desvios do traçado original que modificaria a configuração da via. Para esses casos, adotou-se as velocidades de 60km/h ou 40km/h, esses trechos e suas velocidades ficaram registrados na configuração geral do alinhamento conforme mostrado na Figura 13.

Figura 13 - Definição da velocidade por trecho



Fonte: AutoCad Civil 3D (2014).

Outra adequação realizada no projeto foi a introdução de duas curvas no trecho a partir da estaca 440+0,000 até o final do alinhamento, em condição desfavorável devido à existência de uma tangente de 13.453 metros, o que pode ocasionar a perda da atenção ao traçado devido a monotonia e ofuscamento noturno. Essas curvas foram inseridas nas estacas 530+0,000 e 750+0,000 e são curvas de grande raio com pequeno desenvolvimento e velocidade de projeto de 80km/h.

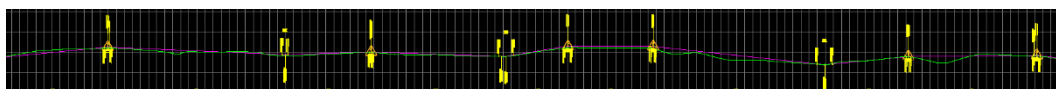
Analisando-se o relevo, pode-se notar que existem duas configurações de terrenos predominantes no projeto: terreno bastante ondulado e acidentado, com grandes rampas e morros do início do alinhamento até a estaca 340+0,00, e da estaca 810+0,00 a 1025+0,00, e terreno plano no restante do alinhamento de estudo, sendo indispensável a distinção destes dois trechos com critérios diferentes de projeto, representados na Figura 14 e na Figura 15.

Figura 14 - Perfil do trecho ondulado



Fonte: AutoCad Civil 3D (2014).

Figura 15 - Perfil do trecho plano

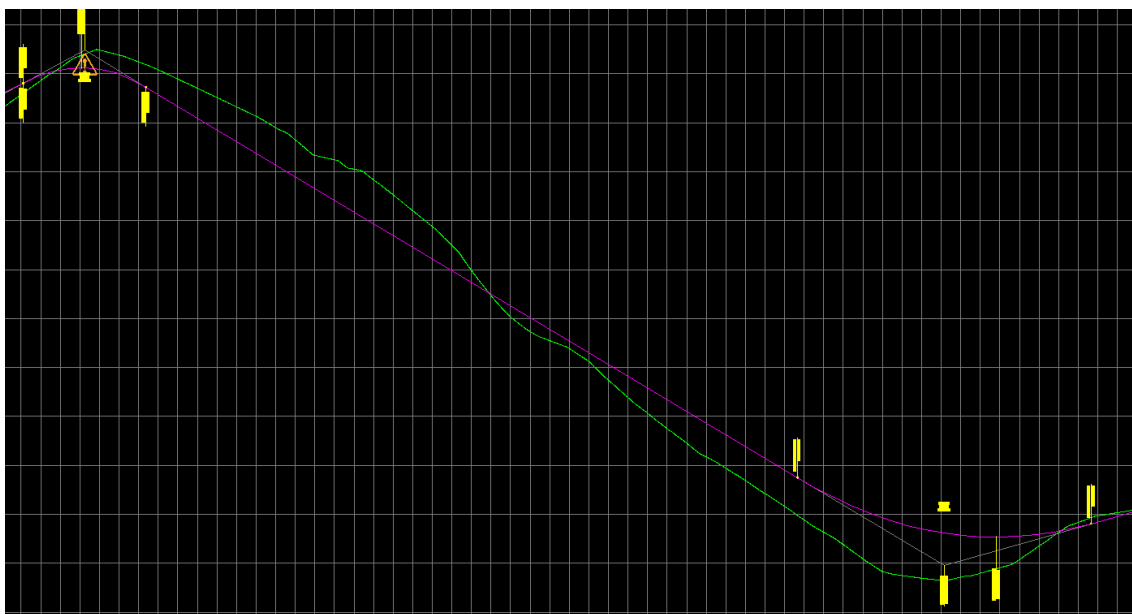


Fonte: AutoCad Civil 3D (2014).

O primeiro trecho tem condições semelhantes às encontradas em vias vicinais, onde observaram-se problemas de visibilidade em praticamente todas as curvas verticais convexas. Poucos foram os trechos onde foi possível adaptar a condição de terreno existente para que este critério seja atingido, de forma que foi adotado o critério de curvatura mínima necessária para o projeto. Essa medida implicará na necessidade de

melhorar a sinalização desse trecho (redução da velocidade), condição para se obter a segurança necessária na implantação. Enquanto essa problemática pode se utilizar desta solução, alguns outros pontos não podem ser relevados, como trechos com rampa muito acentuada. Nesses trechos foram alteradas as rampas existentes para se adequarem ao máximo estabelecido por norma, alterando o traçado e perfil anterior e posterior à rampa, com o intuito de equilibrar o movimento de terra na região, conforme apresentado na Figura 16.

Figura 16 - Adequação de rampa existente



Fonte: AutoCad Civil 3D (2014).

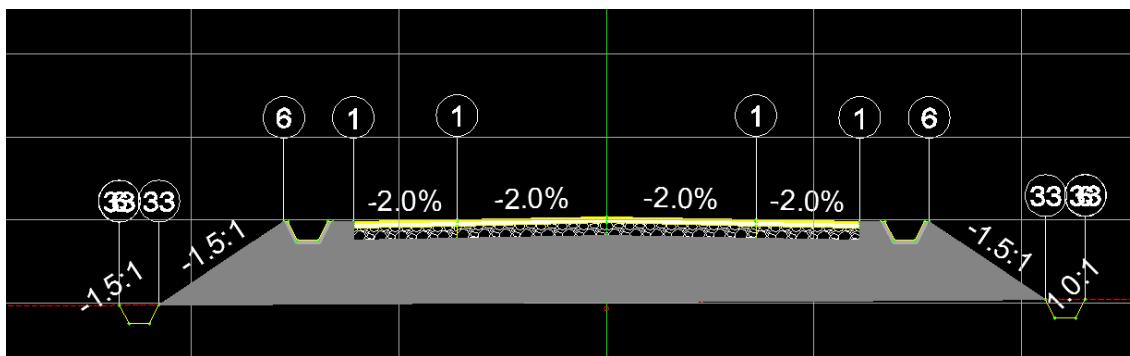
No trecho com relevo plano existem locais onde não foi obedecida a declividade mínima longitudinal. Isto ocasionou diversos problemas comuns à esta configuração, o mais grave é o acúmulo de água na região devido ao não escoamento natural, se concentrando na lateral da pista e causando erosão. Além disso, é possível notar a presença de alúvios ao longo da estrada, indício de que rios estão colaborando com alagamentos ao longo da via. Desta forma, a partir da estaca 810+0,00 foram utilizadas rampas sucessivas mínimas de 0,5% para permitir o escoamento natural.

Para a configuração da seção típica da via foi considerado o refúgio de 2,5 metros com uma faixa de 3,6 metros de cada lado, conforme a classificação da via estipulada. Para a drenagem definiu-se a utilização de uma valeta trapezoidal de concreto após o refúgio em ambos os lados e a utilização de valetas de grama nos pés dos taludes

(corte e aterro). Os taludes obedecem a regra de 3:2 no aterro e 1:1 no corte, atendendo o critério econômico usual do DER-SP. O pavimento foi dimensionadas de acordo com o tipo de solo predominante da região e o veículo de projeto.

A Figura 17 apresenta a representação gráfica de uma seção criada automaticamente a partir da configuração da seção típica.

Figura 17 - Seção conforme nota de serviço



Fonte: AutoCad Civil 3D (2014).

A

Figura 18 apresenta reprodução parcial da tabela do alinhamento horizontal após os ajustes realizados ao traçado.

Figura 18 - Alinhamento horizontal projetado

No.	Type	Tange...	Par...	Parameter C...	Length	Radius	Minimum Radius	Design Speed	Direction	Start Station	End Station	Delta angle	Chord length	Degree o...
1	Line	Not Co...		Two points	31.993m			40 km/h	007° 44' 08...	0+000.00m	0+031.99m			
2	Curve	Constr...		Radius	57.568m	125.000m	50.000m	40 km/h		0+031.99m	0+089.56m	026.3871 (d)	57.060m	013.751...
3	Line	Not Co...		Two points	68.141m			40 km/h	341° 20' 54...	0+089.56m	0+157.70m			
4	Curve	Constr...		Radius	87.261m	125.000m	50.000m	40 km/h		0+157.70m	0+244.96m	039.9975 (d)	85.500m	013.751...
5	Line	Not Co...		Two points	121.249m			60 km/h	021° 20' 45...	0+244.96m	0+366.21m			
6	Curve	Constr...		Radius	134.562m	229.000m	125.000m	60 km/h		0+366.21m	0+500.77m	033.6673 (d)	132.634m	007.506...
7	Line	Not Co...		Two points	68.121m			60 km/h	347° 40' 43...	0+500.77m	0+568.89m			
8	Curve	Constr...		Radius	79.141m	125.000m	125.000m	60 km/h		0+568.89m	0+648.04m	036.2756 (d)	77.826m	013.751...
9	Line	Not Co...		Two points	84.052m			60 km/h	023° 57' 15...	0+648.04m	0+732.09m			
10	Curve	Constr...		Radius	143.845m	125.000m	125.000m	60 km/h		0+732.09m	0+875.93m	065.9337 (d)	136.038m	013.751...
11	Line	Not Co...		Two points	111.269m			60 km/h	089° 53' 16...	0+875.93m	0+987.20m			
12	Curve	Constr...		Radius	82.742m	125.000m	125.000m	60 km/h		0+987.20m	1+069.94m	037.9263 (d)	81.240m	013.751...
13	Line	Not Co...		Two points	165.079m			60 km/h	051° 57' 42...	1+069.94m	1+235.02m			
14	Curve	Constr...		Radius	90.022m	125.000m	125.000m	60 km/h		1+235.02m	1+325.05m	041.2630 (d)	88.089m	013.751...
15	Line	Not Co...		Two points	384.866m			60 km/h	093° 13' 28...	1+325.05m	1+709.91m			
16	Curve	Constr...		Radius	85.307m	180.000m	125.000m	60 km/h		1+709.91m	1+795.22m	027.1541 (d)	84.511m	009.549...
17	Line	Not Co...		Two points	134.240m			60 km/h	120° 22' 43...	1+795.22m	1+929.46m			
18	Curve	Constr...		Radius	71.289m	125.000m	125.000m	60 km/h		1+929.46m	2+000.75m	032.6764 (d)	70.327m	013.751...
19	Line	Not Co...		Two points	60.602m			60 km/h	153° 03' 18...	2+000.75m	2+061.35m			
20	Curve	Constr...		Radius	83.678m	125.000m	125.000m	60 km/h		2+061.35m	2+145.03m	038.3552 (d)	82.124m	013.751...
21	Line	Not Co...		Two points	279.414m			60 km/h	114° 41' 59...	2+145.03m	2+424.44m			
22	Curve	Constr...		Radius	197.251m	180.000m	125.000m	60 km/h		2+424.44m	2+621.69m	062.7871 (d)	187.529m	009.549...
23	Line	Not Co...		Two points	224.641m			60 km/h	051° 54' 46...	2+621.69m	2+846.33m			
24	Curve	Constr...		Radius	224.937m	700.000m	125.000m	60 km/h		2+846.33m	3+071.27m	018.4113 (d)	223.970m	002.455...
25	Line	Not Co...		Two points	282.267m			60 km/h	070° 19' 27...	3+071.27m	3+353.54m			
26	Curve	Constr...		Radius	53.132m	125.000m	50.000m	40 km/h		3+353.54m	3+406.67m	024.3538 (d)	52.733m	013.751...
27	Line	Not Co...		Two points	29.594m			40 km/h	045° 58' 13...	3+406.67m	3+436.26m			
28	Curve	Constr...		Radius	90.751m	125.000m	50.000m	40 km/h		3+436.26m	3+527.01m	041.5970 (d)	88.771m	013.751...
29	Line	Not Co...		Two points	0.990m			40 km/h	087° 34' 02...	3+527.01m	3+528.00m			
30	Curve	Constr...		Radius	92.022m	125.000m	50.000m	40 km/h		3+528.00m	3+620.03m	042.1796 (d)	89.958m	013.751...
31	Line	Not Co...		Two points	1.908m			40 km/h	045° 23' 16...	3+620.03m	3+621.93m			
32	Curve	Constr...		Radius	86.580m	125.000m	50.000m	40 km/h		3+621.93m	3+708.51m	039.6853 (d)	84.860m	013.751...
33	Line	Not Co...		Two points	49.454m			40 km/h	085° 04' 23...	3+708.51m	3+757.97m			
34	Curve	Constr...		Radius	141.194m	700.000m	50.000m	40 km/h		3+757.97m	3+899.16m	011.5569 (d)	140.954m	002.455...
35	Line	Not Co...		Two points	209.612m			60 km/h	073° 30' 58...	3+899.16m	4+108.77m			
36	Curve	Constr...		Radius	38.865m	700.000m	125.000m	60 km/h		4+108.77m	4+147.64m	003.1812 (d)	38.860m	002.455...
37	Line	Not Co...		Two points	223.647m			60 km/h	070° 20' 06...	4+147.64m	4+371.28m			
38	Curve	Constr...		Radius	42.604m	125.000m	125.000m	60 km/h		4+371.28m	4+413.89m	019.5284 (d)	42.398m	013.751...
39	Line	Not Co...		Two points	9.861m			60 km/h	050° 48' 24...	4+413.89m	4+423.75m			
40	Curve	Constr...		Radius	55.122m	125.000m	125.000m	60 km/h		4+423.75m	4+478.87m	025.2663 (d)	54.677m	013.751...
41	Line	Not Co...		Two points	326.234m			60 km/h	076° 04' 22...	4+478.87m	4+805.11m			
42	Curve	Constr...		Radius	119.103m	200.000m	125.000m	60 km/h		4+805.11m	4+924.21m	034.1204 (d)	117.351m	008.594...
43	Line	Not Co...		Two points	92.981m			60 km/h	041° 57' 09...	4+924.21m	5+017.19m			
44	Curve	Constr...		Radius	70.538m	125.000m	125.000m	60 km/h		5+017.19m	5+087.73m	032.3322 (d)	69.606m	013.751...
45	Line	Not Co...		Two points	176.218m			60 km/h	074° 17' 05...	5+087.73m	5+263.95m			
46	Curve	Constr...		Radius	76.431m	125.000m	125.000m	60 km/h		5+263.95m	5+340.38m	035.0332 (d)	75.246m	013.751...
47	Line	Not Co...		Two points	48.592m			60 km/h	039° 15' 05...	5+340.38m	5+388.97m			
48	Curve	Constr...		Radius	113.048m	200.000m	125.000m	60 km/h		5+388.97m	5+502.02m	032.3858 (d)	111.549m	008.594...
49	Line	Not Co...		Two points	180.538m			60 km/h	071° 38' 14...	5+502.02m	5+682.55m			
50	Curve	Constr...		Radius	102.746m	500.000m	125.000m	60 km/h		5+682.55m	5+785.30m	011.7738 (d)	102.565m	003.437...
51	Line	Not Co...		Two points	131.289m			60 km/h	059° 51' 49...	5+785.30m	5+916.59m			
52	Curve	Constr...		Radius	110.713m	250.000m	125.000m	60 km/h		5+916.59m	6+027.30m	025.3736 (d)	109.811m	006.875...

Fonte: AutoCad Civil 3D (2014).

A

Figura 19 apresenta a tabela do alinhamento vertical após os ajustes feitos no traçado. É possível reparar a presença dos erros previstos anteriormente.

Figura 19 - Alinhamento vertical projetado

No.	PVI Station	PVI Elevation	Grade In	Grade Out	A (Gr... Profil...	Profile Curve L...	K Value	Minimum K f...	Minimum K fo...	Minimum K f...	Curve Radius
1	0+000.00m	75.236m		3.47%							
2	0+104.00m	78.844m	3.47%	0.70%	2.77%	Crest	198.000m	71.546	4.000	84.000	7154.585m
3	0+497.00m	81.600m	0.70%	5.38%	4.68%	Sag	90.000m	19.250		18.000	1925.041m
4	0+605.00m	87.407m	5.38%	-6.00%	11.37...	Crest	125.159m	11.006	11.000	195.000	1100.630m
5	1+483.00m	34.770m	-6.00%	2.85%	8.85%	Sag	300.000m	33.907		18.000	3390.697m
6	1+953.00m	48.178m	2.85%	-2.85%	5.71%	Crest	300.000m	52.572	11.000	195.000	5257.170m
7	2+182.00m	41.643m	-2.85%	1.45%	4.30%	Sag	150.000m	34.882		18.000	3488.173m
8	3+105.00m	54.993m	1.45%	-0.54%	1.99%	Crest	300.000m	150.665	11.000	195.000	15066.517m
9	3+606.00m	52.264m	-0.54%	-6.00%	5.45%	Crest	300.000m	55.036	4.000	84.000	5503.611m
10	3+913.00m	33.858m	-6.00%	1.24%	7.23%	Sag	300.000m	41.476		18.000	4147.574m
11	4+169.00m	37.025m	1.24%	-6.00%	7.24%	Crest	200.000m	27.634	11.000	195.000	2763.403m
12	4+355.00m	25.865m	-6.00%	-0.73%	5.27%	Sag	165.000m	31.295		18.000	3129.539m
13	4+702.00m	23.340m	-0.73%	-6.00%	5.27%	Crest	105.000m	19.915	11.000	195.000	1991.525m
14	4+857.00m	14.040m	-6.00%	1.23%	7.23%	Sag	173.000m	23.913		18.000	2391.271m
15	5+116.00m	17.238m	1.23%	-1.60%	2.83%	Crest	300.000m	106.014	11.000	195.000	10601.450m
16	5+689.00m	8.098m	-1.60%	4.18%	5.78%	Sag	300.000m	51.928		18.000	5192.816m
17	6+105.00m	25.495m	4.18%	-1.86%	6.04%	Crest	300.000m	49.664	11.000	195.000	4966.363m
18	7+051.00m	7.913m	-1.86%	0.50%	2.36%	Sag	300.000m	127.212		30.000	12721.250m
19	8+005.00m	12.680m	0.50%	-0.50%	1.00%	Crest	340.000m	340.043	26.000	338.000	34004.251m
20	9+378.00m	5.812m	-0.50%	0.50%	1.00%	Sag	300.000m	299.883		30.000	29988.284m
21	10+731.00m	12.580m	0.50%	-0.50%	1.00%	Crest	340.059m	340.000	26.000	338.000	34000.000m
22	11+896.00m	6.755m	-0.50%	0.50%	1.00%	Sag	300.000m	300.001		30.000	30000.103m
23	13+488.00m	14.715m	0.50%	-0.50%	1.00%	Crest	340.000m	340.006	26.000	338.000	34000.611m
24	15+100.00m	6.656m	-0.50%	0.50%	1.00%	Sag	300.000m	299.477		30.000	29947.722m
25	16+234.00m	12.346m	0.50%	6.00%	5.50%	Sag	300.000m	54.563		30.000	5456.309m
26	16+491.00m	27.766m	6.00%	2.15%	3.85%	Crest	203.000m	52.665	26.000	338.000	5266.453m
27	17+112.00m	41.089m	2.15%	-2.38%	4.53%	Crest	300.000m	66.251	26.000	338.000	6625.130m
28	18+060.00m	18.500m	-2.38%	4.64%	7.03%	Sag	212.000m	30.168		30.000	3016.785m
29	18+271.00m	28.300m	4.64%	-2.97%	7.62%	Crest	200.000m	26.257	26.000	338.000	2625.710m
30	18+602.00m	18.461m	-2.97%	1.60%	4.57%	Sag	300.000m	65.674		30.000	6567.421m
31	18+949.00m	23.998m	1.60%	6.00%	4.40%	Sag	134.000m	30.424		30.000	3042.388m
32	19+190.00m	38.458m	6.00%	-2.64%	8.64%	Crest	226.000m	26.155	26.000	338.000	2615.452m
33	20+141.00m	13.342m	-2.64%	-0.50%	2.14%	Sag	300.000m	140.126		30.000	14012.557m
34	21+226.00m	7.917m	-0.50%	0.50%	1.00%	Sag	300.000m	300.130		30.000	30012.950m
35	22+253.74m	13.051m	0.50%								

Fonte: AutoCad Civil 3D (2014).

A superelevação foi calculada automaticamente pelo software, de acordo com o estabelecido no critério de projeto e no critério de superelevação. O software apresenta duas formas de interação da superelevação semelhantes aos descritos dos manuais do DER e do DNIT. O cálculo da superelevação que ocasionou o redimensionamento de algumas curvas devido ao comprimento insuficiente de desenvolvimento ou tangente e redução de velocidade para reduzir a superelevação das curvas. O software apresenta a possibilidade de edição desses parâmetros por tabela ou manualmente através de um gráfico de superelevação, conforme demonstrado na Figura 20.

Figura 20 - Superelevação projetada

Superelevation Curve	Start Station	End Station	Length	Overlap	Left Outside Should...	Left Outside Lane	Left Inside Lane	Right Inside Lane	Right Ou
End Normal Crown	0+337.41m				-2.00%	-2.00%	-2.00%	-2.00%	-2.00%
Level Crown	0+349.41m				-2.00%	-2.00%	-2.00%	0.00%	0.00%
Runoff	0+349.41m	0+391.41m	42.000m						
Level Crown	0+349.41m				-2.00%	-2.00%	-2.00%	0.00%	0.00%
Reverse Crown	0+361.41m				-2.00%	-2.00%	-2.00%	2.00%	2.00%
Begin Curve	0+366.21m								
Begin Full Super	0+391.41m				-7.00%	-7.00%	-7.00%	7.00%	7.00%
Transition Out Region	0+475.57m	0+517.57m	42.000m						
Runoff	0+475.57m	0+517.57m	42.000m						
End Full Super	0+475.57m				-7.00%	-7.00%	-7.00%	7.00%	7.00%
End Curve	0+500.77m								
Reverse Crown	0+505.57m				-2.00%	-2.00%	-2.00%	2.00%	2.00%
Level Crown	0+517.57m				-2.00%	-2.00%	-2.00%	0.00%	0.00%
Curve.4									
Transition In Region	0+549.69m	0+597.69m	48.000m						
Runoff	0+549.69m	0+597.69m	48.000m						
Level Crown	0+549.69m				0.00%	0.00%	0.00%	-2.00%	-2.00%
Reverse Crown	0+561.69m				2.00%	2.00%	2.00%	-2.00%	-2.00%
Begin Curve	0+568.89m								
Begin Full Super	0+597.69m				8.00%	8.00%	8.00%	-8.00%	-8.00%
Transition Out Region	0+619.24m	0+679.24m	60.000m						
Runoff	0+619.24m	0+667.24m	48.000m						
End Full Super	0+619.24m				8.00%	8.00%	8.00%	-8.00%	-8.00%
End Curve	0+648.04m								
Reverse Crown	0+655.24m				2.00%	2.00%	2.00%	-2.00%	-2.00%
Level Crown	0+667.24m				0.00%	0.00%	0.00%	-2.00%	-2.00%
Runout	0+667.24m	0+679.24m	12.000m						
Level Crown	0+667.24m				0.00%	0.00%	0.00%	-2.00%	-2.00%
Begin Normal Crown	0+679.24m				-2.00%	-2.00%	-2.00%	-2.00%	-2.00%
Curve.5									
Transition In Region	0+700.89m	0+760.89m	60.000m						
Runout	0+700.89m	0+712.89m	12.000m						
End Normal Crown	0+700.89m				-2.00%	-2.00%	-2.00%	-2.00%	-2.00%
Level Crown	0+712.89m				0.00%	0.00%	0.00%	-2.00%	-2.00%
Runoff	0+712.89m	0+760.89m	48.000m						
Level Crown	0+712.89m				0.00%	0.00%	0.00%	-2.00%	-2.00%
Reverse Crown	0+724.89m				2.00%	2.00%	2.00%	-2.00%	-2.00%
Begin Curve	0+732.09m								
Begin Full Super	0+760.89m				8.00%	8.00%	8.00%	-8.00%	-8.00%
Transition Out Region	0+847.13m	0+925.13m	78.000m						
Runoff	0+847.13m	0+895.13m	48.000m						

Fonte: AutoCad Civil 3D (2014).

Neste estudo o alinhamento vertical, o alinhamento horizontal e a seção típica foram executados em paralelo, a partir da análise preliminar da via existente. Após isso, configurou-se a superelevação e começou-se a revisar os trechos citados anteriormente, sempre verificando quais impactos as alterações de um elemento influenciavam nos demais. Isso foi verificado pelas diversas tabelas oferecidas pelo software e visualmente na representação 3D. Essa construção, é o produto final de todas as configurações da modelagem, uma representação fidedigna da implantação da estrada em três dimensões, assim esse modelo será utilizado para o levantamento de quantidades e integração do cronograma.

Levantamento das quantidades

Foram levantadas as quantidades relacionadas à execução das obras de terraplenagem, pavimentação e drenagem, obtidas a partir da modelagem. A quantidade de terraplenagem foi levantada pelo método de comparação de superfícies, onde construiu-se a superfície *Datum*, que é a representação da superfície final de terraplenagem considerando a caixa do pavimento executado, comparado as cotas com o terreno natural, este método permite um levantamento mais fiel dos volumes de terraplenagem. Os volumes foram separados em corte e aterro, e foram aplicados fatores de correção diretamente nas configurações do modelo. O diagrama de Bruckner foi elaborado com os dados de terraplenagem levantados nas quantidades, como demonstrado na

Figura 21.

Figura 21 - Relatório de volumes

Alignment: ALINHAMENTO - MARAU_REC
 Sample Line Group: SEÇÕES - ALINHAMENTO - MARAU_REC
 Start Sta: 0+000.000
 End Sta: 22+253.739

Station	Cut Area (Sq.m.)	Cut Volume (Cu.m.)	Reusable Volume (Cu.m.)	Fill Area (Sq.m.)	Fill Volume (Cu.m.)	Cum. Cut Vol. (Cu.m.)	Cum. Reusable Vol. (Cu.m.)	Cum. Fill Vol. (Cu.m.)	Cum. Net Vol. (Cu.m.)
0+000.000	8.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+020.000	8.24	164.54	164.54	0.00	0.04	164.54	164.54	0.04	164.50
0+031.993	7.63	95.17	95.17	0.08	0.46	259.71	259.71	0.50	259.22
0+040.000	7.79	61.18	61.18	0.14	0.93	320.89	320.89	1.42	319.46
0+060.000	8.79	163.74	163.74	0.17	3.30	484.62	484.62	4.72	479.91
0+060.777	8.84	6.85	6.85	0.16	0.13	491.47	491.47	4.85	486.63
0+080.000	11.51	193.79	193.79	0.00	1.66	685.26	685.26	6.51	678.75
0+089.561	14.18	122.43	122.43	0.00	0.00	807.69	807.69	6.51	801.18
0+100.000	17.37	164.68	164.68	0.00	0.00	972.38	972.38	6.52	965.86
0+120.000	9.89	272.61	272.61	0.02	0.21	1244.99	1244.99	6.72	1238.26
0+140.000	0.66	105.47	105.47	9.89	99.13	1350.46	1350.46	105.86	1244.60
0+157.702	0.67	11.79	11.79	23.18	292.70	1362.25	1362.25	398.56	963.69
0+160.000	0.67	1.55	1.55	22.85	53.15	1363.80	1363.80	451.71	912.09
0+180.000	0.67	13.50	13.50	18.96	421.07	1377.30	1377.30	872.78	504.52
0+200.000	0.67	13.46	13.46	14.26	335.41	1390.76	1390.76	1208.19	182.57
0+201.333	0.67	0.89	0.89	13.95	18.80	1391.65	1391.65	1226.99	164.66
0+220.000	0.66	12.48	12.48	9.96	225.82	1404.13	1404.13	1452.81	-48.67
0+240.000	0.66	13.28	13.28	6.33	165.27	1417.42	1417.42	1618.07	-200.66
0+244.963	0.66	3.29	3.29	5.21	29.04	1420.71	1420.71	1647.12	-226.41
0+260.000	1.04	12.78	12.78	1.18	48.04	1433.49	1433.49	1695.16	-261.67
0+280.000	7.20	82.42	82.42	0.10	12.84	1515.91	1515.91	1708.00	-192.09
0+300.000	16.32	235.22	235.22	0.00	1.03	1751.13	1751.13	1709.03	42.09
0+320.000	19.61	359.25	359.25	0.00	0.05	2110.38	2110.38	1709.08	401.29
0+340.000	15.43	350.38	350.38	0.00	0.07	2460.76	2460.76	1709.15	751.61
0+360.000	10.45	258.82	258.82	0.06	0.64	2719.58	2719.58	1709.79	1009.79
0+366.212	9.18	60.99	60.99	0.08	0.44	2780.57	2780.57	1710.24	1070.33
0+380.000	6.20	106.46	106.46	0.13	1.42	2887.03	2887.03	1711.65	1175.38
0+400.000	1.20	74.10	74.10	1.00	11.24	2961.14	2961.14	1722.89	1238.25
0+420.000	0.65	18.56	18.56	8.58	95.81	2979.69	2979.69	1818.70	1161.00
0+433.493	0.65	8.86	8.86	15.51	162.60	2988.55	2988.55	1981.30	1007.25
0+440.000	0.65	4.25	4.25	19.32	113.37	2992.80	2992.80	2094.67	898.13

Fonte: AutoCad Civil 3D (2014).

Conclusões

A execução do projeto na metodologia BIM proporciona a análise com a utilização das normas estipuladas nas configurações do sistema, verificando visualmente os critérios que não foram atendidos e desta forma reduzindo a possibilidade de ocorrência de erros na elaboração do projeto. A interação automática entre norma e projeto se desenvolve de maneira dinâmica, proporcionando agilidade na elaboração do projeto em suas diversas disciplinas.

A possibilidade de mudança nos parâmetros de projeto para o modelo permite uma fácil alteração do projeto para que atenda outros critérios que não foram estabelecidos inicialmente, como alterações de velocidades, mudanças de greide, alterações de traçado e mudança de materiais. Essas correções podem ser realizadas rapidamente de forma manual ou com edição de tabelas.

O software permite o desenvolvimento de notas de serviço, relatórios, memoriais etc. de maneira automática após o término da elaboração do projeto, conforme representação gráfica estabelecida em norma. As configurações gráficas nativas do software seguem normas internacionais, porém possibilitam a importação de padrões de normas como as do DER-SP, ou a criação destes padrões de acordo com a necessidade do usuário.

É possível realizar o levantamento das quantidades de maneira automática e com a utilização de fatores de correção incorporados ao modelo e determinados pelo usuário. Essa medida reduz o tempo necessário para a verificação dessas quantidades e produz um resultado com maior exatidão, comparados aos métodos analíticos usualmente utilizados para o levantamento de quantidades. Esse levantamento é dinâmico, proporcionando a rápida revisão das quantidades em caso de alteração do projeto, reduzindo custos e tempo.

Entretanto, com o decorrer da elaboração do projeto observou-se uma lentidão crescente na velocidade de operação, muitas vezes ocasionando travamentos e perda de trabalho realizado. Atribui-se este defeito ao fato de todos os elementos constantes da rodovia estarem interligados, relacionados e salvos em um único arquivo.

Optou-se pela não realização do projeto de drenagem em BIM, por possuir falhas na integração com o projeto geométrico, como por exemplo a impossibilidade de importação dos dispositivos de drenagem superficial. O software não dispõe também de ferramentas para a execução do projeto de sinalização vertical e horizontal que atendam aos requisitos da metodologia.

Ocorreram problemas na utilização do mesmo software com versões diferentes, constatando-se que não existe compatibilidade entre estas versões, sendo necessária a constante atualização para versões mais recentes.

O software proporciona interatividade no acompanhamento da obra virtualmente de acordo com o cronograma, comparando o andamento físico da obra com a representação 3D planejada, facilitando a visualização de pontos de divergência com o executado. Simulações de alterações do cronograma são facilmente executadas, de forma com que a representação gráfica siga as novas condições estabelecidas dinamicamente.

Por conseguinte, isto propicia uma grande interatividade com diversos tipos de usuários, adaptando-se às necessidades de cada um. A visualização do projeto pode-se ambientar para vários níveis de conhecimento técnico, com dados relevantes ao andamento da obra para gerentes, clientes, orçamentistas etc.

Todavia, existe a necessidade de adaptação do modelo finalizado do software de projeto para a importação ao software de integração. Durante esse processo, existe perda de informações importantes de: quantidades, materiais e critérios de projeto, dificultando atualizações ao modelo quando ocorrem alterações no projeto. Por causa desta perda de informações, os sólidos importados necessitam ser atribuídos a uma atividade manualmente, ou com o uso de planilhas auxiliares.

O principal ponto negativo deste software é a não importação das características construtivas do modelo, exibindo apenas as suas definições físicas e perdendo informações outrora presentes no software de modelagem. Verificou-se também a falta de evolução quanto ao carregamento de custos das atividades, podendo ser realizado somente manualmente, perdendo a interatividade inerente aos projetos em BIM.

Bibliografia

CNPf – Conselho Nacional de Proteção a Fauna. Clima@. Disponível em:

<<http://www.cnpf.embrapa.br/pesquisa/efb/clima.htm>>. Acesso em: 26/09/2018.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades@. Disponível em:

<<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=292070&search=||info gr%E1ficos:-informa%E7%F5es-completas>>. Acesso em: 26/09/2018.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisa Espacial. TOPODATA – Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil. Disponível em:

<http://www.dsr.inpe.br/topodata/acesso.php>. Acesso em 25/09/2018.

DER-SP - Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo. Manual Básico de Estradas e Rodovias Vicinais. vol. 1. São Paulo: Bid, 2012.

DER - Departamento De Estradas De Rodagem. IP-DE-F00/001: Projeto Geométrico. São Paulo: Secretaria dos Transportes, 2005. 36 p. Disponível em:

<ftp://ftp.sp.gov.br/ftpder/normas/IP-DE-F00-001_A.pdf>. Acesso em: 09 out. 2014.

DER - Departamento de Estradas de Rodagem. IP-DE-P00/001: Projeto de

Pavimentação. São Paulo: Secretaria dos Transportes, 2006. 53 p. Disponível em: <ftp://ftp.sp.gov.br/ftpder/normas/IP-DE-P00-001_A.pdf>. Acesso em: 09 out. 2014.

DER - Departamento de Estradas de Rodagem. IP-DE-Q00/001: Projeto de

Terraplenagem. 1 ed. São Paulo: Secretaria dos Transportes, 2005. 19 p. Disponível em: <ftp://ftp.sp.gov.br/ftpder/normas/IP-DE-Q00-001_A.pdf>. Acesso em: 08 nov. 2014.

DNER - Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. 706/20: Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais. 2 ed. Rio de Janeiro: Ipr, 1999. 195 p. Disponível em:

<http://ipr.dnit.gov.br/publicacoes/706_Manual_de_Projeto_Geometrico.pdf>. Acesso em: 10 out. 2014.

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Condição das rodovias. Brasília: DNIT, 2018. Disponível em:

<http://servicos.dnit.gov.br/condicoes/condicoesdrf.asp?BR=030&Estado=Bahia&DRF=5>

. Acesso em 25/09/2018.

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. IPR-724: Manual de Drenagem de Rodovias. 2 ed. Rio de Janeiro: Ipr, 2006. 333 p.

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. IPR-742: Manual de Implantação Básica de Rodovia. 3 ed. Rio de Janeiro: Ipr, 2010. 617 p. Disponível em: <http://ipr.dnit.gov.br/publicacoes/742_Manual_de_Implantacao_Basica.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2014.

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Sistema de Gerência de Pavimentos. Relatório dos Levantamentos Funcionais das Rodovias Federais. Brasília: Dnit, 2013. 32 p. Disponível em: <<http://www.dnit.gov.br/planejamento-e-pesquisa/planejamento/evolucao-da-malha-rodoviaria/relatorio-sgp-2012-2013-rn.pdf>>. Acesso em: 25 jan. 2015.

WORDS & IMAGES (Virgínia). The Foundation Of Wall And Ceiling Industry (Org.). Building Information Modeling: Understanding and Operating in a New Paradigm. 2009. Disponível em: < <http://www.awci.org/pdf/bim.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2014.

“O conteúdo expresso no trabalho é de inteira responsabilidade do(s) autor(es)”.