



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U nº 198, de 14/10/2016
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL

Mateus Mauricio da Cruz

DIAGNÓSTICO DO TRAÇADO HORIZONTAL E VERTICAL DA RODOVIA TO 296
(Talismã a Jaú)

Palmas - TO
2019

Mateus Mauricio da Cruz

DIAGNÓSTICO DO TRAÇADO HORIZONTAL E VERTICAL DA RODOVIA TO 296
(Talismã a Jaú)

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II
elaborado e apresentado como requisito
parcial para obtenção do título de bacharel em
Engenharia Civil pelo Centro Universitário
Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. M.e Eivaldo Alves Santos.

Palmas – TO
2019

Mateus Mauricio da Cruz

DIAGNÓSTICO DO TRAÇADO HORIZONTAL E VERTICAL DA RODOVIA TO 296
(Talismã a Jaú)

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II
elaborado e apresentado como requisito
parcial para obtenção do título de bacharel em
Engenharia Civil pelo Centro Universitário
Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. M.e Edivaldo Alves Santos.

Aprovado em: 13 / 11 / 2019

BANCA EXAMINADORA

Prof. M.e Edivaldo Alves Santos.
Orientador

Centro Universitário Luterano de Palmas - CEULP

Prof. Esp. Euzir Pinto Chagas

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Prof. Esp. Kenia Parente Lopes Mendonça

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Palmas – TO

2019

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por sua proteção divina, por ser essencial em minha vida, me concedendo a benção de realizar esse sonho alcançado.

Agradeço à minha mãe Cleide, por toda a dedicação à minha criação, pela excelente educação que me deu, pelo seu amor de mãe, e por todos os seus conselhos para que eu sempre continue correndo atrás dos meus objetivos. Agradeço a minha esposa Selma, minha companheira de vida, e uma das responsáveis por estar ao meu lado dando força e apoio para que meu sonho se tornasse realidade.

Agradeço também ao Adelson Lino, ao qual fez parte dessa pesquisa, me dando suporte técnico para que pudesse melhor tratar os dados levantados.

Aos meus amigos de vida, aos de longas datas e a todas as pessoas que de uma forma ou outra colaboram para o meu crescimento e meu desenvolvimento e que sempre torceram por mim, o meu sincero agradecimento. Aos meus grandes amigos da faculdade, o meu muito obrigado por estarem ao meu lado colaborando para o sucesso nessa trajetória árdua. Agradeço ao meu orientador Prof. M.e Edivaldo Alves Santos pela atenção nas diversas etapas do desenvolvimento do trabalho.

RESUMO

CRUZ, Mateus Mauricio. **DIAGNÓSTICO DO TRAÇADO HORIZONTAL E VERTICAL DA RODOVIA TO 296 (Talismã a Jaú)**. 2019. 106 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas/TO, 2019.

O presente trabalho consiste no diagnóstico das condições de segurança das curvas horizontais e verticais da TO 296 que liga Talismã e Jaú do Tocantins. Tendo em vista a falta de concordância horizontal da curva que antecede a ponte sobre o rio cana brava iniciou – se os estudos para verificar se as curvas atendem os critérios exigidos pelo DNER. Diante disso utilizou-se inicialmente uma pesquisa teórica para ter embasamento e alcançar os resultados. Os dados referentes ao projeto executado foram adquiridos junto ao órgão responsável pelo gerenciamento das rodovias estaduais no Tocantins, DERTINS. Posteriormente foi realizada as visitas em campo para coleta de dados, onde foi coletada com o auxílio de um aparelho GPS RTK o desenvolvimento da curva vertical mais crítica do trecho, para ser analisado e comparados com os dados já existentes em projeto. Foi analisado os critérios de classificação da rodovia e também a curvas horizontais. O diagnóstico da pesquisa teve um resultado onde foi apontado alguns pontos em desacordo com os critérios do DNER. E com isso foi sugerido melhorias para as curvas em questão, para adequa – lás de acordo com as exigências do manual de DNER (1999).

Palavras-chaves: Curvas horizontais. Curvas verticais. Segurança. Raio. Superelevação. DNER.

ABSTRACT

CROSS, Mateus Mauricio. DIAGNOSTIC OF THE HORIZONTAL AND VERTICAL TRACE OF THE ROAD TO 296 (Talisman to Jau). 2019. 106 f. Course Completion Work (Undergraduate) - Civil Engineering Course, Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas/TO, 2019.

The present work consists of the diagnosis of the safety conditions of the horizontal and vertical curves of TO 296 that connects Talisman and Jaú do Tocantins. In view of the lack of horizontal agreement of the curve that precedes the bridge over the cana brava river, studies were initiated to verify whether the curves meet the criteria required by the DNER. In view of this, a theoretical research was initially used to have a basis and achieve the results. The data regarding the executed project were acquired from the agency responsible for the management of the state highways in Tocantins, DERTINS. Subsequently, the field visits for data collection were carried out, where the development of the most critical vertical curve of the stretch was collected with the help of a GPS RTK device, to be analyzed and compared with the data already existing in the project. The road classification criteria and also the horizontal curves were analyzed. The diagnosis of the research had a result where some points in disagreement with the DNER criteria were pointed out. And with this it was suggested improvements to the curves in question, to adapt them according to the requirements of the DNER manual (1999).

Keywords: Horizontal curves. Vertical curves. Safety. Radius. Superelevation. DNER.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Curva Horizontal Circular	20
Figura 2 - A locação de curvas através do processo de deflexão e cordas	22
Figura 3 - Trajetória da transição	24
Figura 4 - Curva de transição	25
Figura 5 - Elementos da espiral.....	26
Figura 6 - Curva de transição	28
Figura 7 - Centro conservado.....	32
Figura 8 - Raio Conservado	33
Figura 9 - Centro e raio conservados	33
Figura 10 - Locação de curva de transição	34
Figura 11 - Curvas horizontais com transição assimétrica	35
Figura 12 - Parâmetros da curva.....	38
Figura 13 - Visibilidade em curvas horizontais	39
Figura 14 - Processos para obter superelevação.....	44
Figura 15 - Seção transversal de uma estrada.....	45
Figura 16 - Esquema mostrando a variação da superelevação	45
Figura 17 - Elementos para cálculo da superlargura.....	46
Figura 18 - Perfil Longitudinal.....	48
Figura 19 - Curva vertical parabólica.....	49
Figura 20 - Esquema para cálculo.....	50
Figura 21 - Mínimo comprimento de curvas convexas.....	52
Figura 22 - Comprimento mínimo de curvas verticais convexas	53
Figura 23 - Mínimo Comprimento das curvas côncavas	54
Figura 24 - Comprimento mínimo para curvas côncavas	55
Figura 25 – Mapa de situação	56
Figura 26 - Características técnicas de projeto	58
Figura 27 – Curva vertical que antecede a ponte.....	59
Figura 28 – Técnico operando o RTK.	60
Figura 29 - Aparelho locado no centro da pista.....	60
Figura 30 - Aparelho locado no meio fio direito.....	61
Figura 31 - Ponte inclinada.....	61

Figura 32 – Aparelho locado na extremidade da ponte.....	62
Figura 33 – Aparelho locado a uma distância de 40 metros da ponte.....	62
Figura 34 – Estação fixa e móvel do RTK.	63
Figura 35 - Pequenas depressões em greides.....	71
Figura 36 - Absurdo ótico	71

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Valores para velocidade máxima de projeto recomendado.....	18
Quadro 2 – Planilha de locação de curvas circulares.....	23
Quadro 3 – Raios de curvas que dispensam curvas de transição.....	25
Quadro 4 – Rampa de superelevação admissível (pista simples).....	31
Quadro 5 – Locação de curvas de transição.....	34
Quadro 6 – Coeficiente de atrito máximo para rodovias de alta velocidade.....	41
Quadro 7 – Raios mínimos em função das taxas máx. de superelevação.....	42
Quadro 8 – Valores de raios dos quais a superelevação é dispensável.....	43
Quadro 9 – Valores Máximos admissíveis para superelevação.....	44
Quadro 10 – Valores para GI.....	47

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

DER:	Departamento de Estradas de Rodagem
DVF:	Distância de visibilidade de frenagem
DF:	Distância de frenagem
<i>df</i>	Distância percorrida na frenagem
DNER:	Departamento Nacional de Estradas e Rodagem
DNIT:	Departamento Nacional de Infraestruturas de Transporte
DP:	Distância de visibilidade de parada
DP:	Distância de percepção
<i>dp</i> :	Distância percorrida durante o tempo de percepção
<i>Du</i> :	Distância de ultrapassagem
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPR:	Instituto de Pesquisas Rodoviárias
SRT:	Limite de tombamento estático
TR:	Tempo de reação do motorista
VM:	Velocidade média de percurso
VMD:	Volume médio de tráfego
VP:	Velocidade de projeto
VP:	Velocidade máxima de projeto
Vu:	Velocidade de ultrapassagem
ULBRA	Universidade Luterano do Brasil

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	PROBLEMA DE PESQUISA	15
1.2	HIPÓTESES	15
1.3	OBJETIVOS	15
1.3.1	OBJETIVO GERAL.....	15
1.3.2	Objetivos Específicos	15
1.4	JUSTIFICATIVA	16
2	REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1	VELOCIDADES.....	17
2.1.1	VELOCIDADES DE PROJETO (VP).....	17
2.1.2	VELOCIDADE MÉDIA DE PERCURSO (VM).....	18
2.2	CURVAS CIRCULARES	19
2.2.1	GEOMETRIA DAS CURVAS CIRCULARES.....	19
2.2.2	LOCAÇÃO DAS CURVAS CIRCULARES.....	21
2.3	CURVAS COM TRANSIÇÃO	23
2.3.1	A CLOTÓIDE OU ESPIRAL DE TRANSIÇÃO	25
2.3.2	COMPRIMENTO DE TRANSIÇÃO	29
2.3.2.1	COMPRIMENTO MÍNIMO DE TRANSIÇÃO:	29
2.3.2.2	COMPRIMENTO MÁXIMO DE TRANSIÇÃO:	31
2.3.3	CONCORDÂNCIA DA CURVA	32
2.3.4	LOCAÇÃO DE CURVAS CIRCULARES.	33
2.3.5	CURVAS HORIZONTAIS COM TRANSIÇÃO ASSIMÉTRICA.....	35
2.3.6	CURVAS COMPOSTAS COM TRANSIÇÃO	36
2.3.7	RECOMENDAÇÕES DO TRAÇADO	38
2.3.8	VISIBILIDADE EM CURVAS.....	38
2.4	SUPERELEVAÇÃO	40
2.4.1	VALORES MÁXIMO PARA SUPERELEVAÇÃO	40
2.4.2	VALORES LIMITES PARA COEFICIENTE DE ATRITO.....	40
2.4.3	SUPERELEVAÇÃO E O RAIOS MÍNIMO	41
2.4.4	SUPERELEVAÇÃO EM TRECHOS CIRCULARES	42
2.4.5	SUPERELEVAÇÃO PARA RAIOS SUPERIORES AOS MÍNIMOS	43
2.4.6	DISTRIBUIÇÃO DA SUPERELEVAÇÃO NA PISTA SIMPLES	44

2.5 SUPERLARGURA.....	46
2.5.1 DISTRIBUIÇÃO DA SUPERLARGURA	47
2.6 PERFIL LONGITUDINAL.....	47
2.6.1 ALINHAMENTO VERTICAL.....	48
2.6.2 CONCORDÂNCIA VERTICAL.....	48
2.6.3 COMPRIMENTO MÍNIMO DE CURVAS VERTICAIS	52
3 METODOLOGIA.....	56
3.1 DESENHO DE ESTUDO.....	56
3.2 LOCAL E PERÍODO DE REALIZAÇÃO DA PESQUISA.....	56
3.3 OBJETO DE ESTUDO	57
3.4 LEVANTAMENTO DE DADOS.....	57
3.4.1 Características técnicas do projeto.....	58
3.4.2 Levantamento e análise dos dados	59
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	64
4.1 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DO PROJETO.....	64
4.2 CLASSE	64
4.3 REGIÃO.....	65
4.4 VELOCIDADE DIRETRIZ.....	65
4.5 RAIO MÍNIMO DE CURVA HORIZONTAL	66
4.6 CURVAS HORIZONTAIS.....	66
5 CONCLUSÃO.....	67
4.7 CURVA VERTICAL	70
5 CONCLUSÃO.....	73
6 REFERÊNCIAS	74
APÊNDICES	75

1 INTRODUÇÃO

O sistema rodoviário é o mais utilizado no Brasil desde as décadas passadas, com o objetivo de interligar um determinado local a outro. Sendo esse sistema o principal meio de transporte de passageiro e cargas atualmente.

O Brasil tem 1,7 milhões de quilômetros de rodovias que pertencem sua gestão ao poder público, boa parte delas precisa de algum tipo manutenção. São muitos os tipos de desafios a serem resolvidos como trechos desgastados, recalques, buracos, sinalização deficiente, ondulações, e até mesmo a perda parcial ou total do revestimento.

No entanto há muito o que fazer, seja nas melhorias nas já existentes ou na estruturação de novos trechos para que os usuários trafeguem com conforto, segurança e qualidade.

(DNER 706/20, 1999) A organização das rodovias para fim de execução de projetos, está diretamente associado ao nível de qualidade do trabalho por ela prestado, ou seja, deve promover os meios físicos necessários para atender a demanda de fluxo previsto, e que os usuários executem suas viagens com segurança, conforto e economia. As classificações em conformidade com a natureza técnica, tem relação direta com as propriedades geométricas precisas para atender os objetivos, algumas características são: raio de curvatura, rampas, acostamento, larguras de pista etc. e também com os custos condicionados ao relevo do solo.

“Uma estrada, bem projetada, não deverá apresentar inconvenientes como curvas fechadas e frequentes, greide muito quebrado e com declividades fortes ou visibilidade deficiente”. (PONTES FILHO, 1998, p. 8).

Pimenta e Oliveira (2004) afirma que um bom projeto deve atender às necessidades do tráfego, as técnicas de bom traçado e perfil, e estar em harmonia com a topografia do local atravessado, e ter um menor custo.

O presente trabalho busca apresentar um diagnóstico do traçado horizontal e vertical, verificando os critérios adotados para dimensionar as curvas horizontais e verificar a concordância da pior situação visível em curva vertical na TO 296 no trecho que liga Talismã a Jaú, visando dar ênfase aos parâmetros necessários para caracterizar se a mesma atende os critérios de segurança e conforto aos usuários.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Baseando-se nas normas do DNIT e dos órgãos regulamentadores responsáveis pela fiscalização e execução de projeto de rodovias no estado, de qual maneira é possível afirmar, que as curvas horizontais e a falta da concordância na curva vertical que antecede ponte sobre o rio cana brava, influencia na capacidade de serviço bem como no conforto e segurança da rodovia?

1.2 HIPÓTESES

- Projeto foi mal elaborado;
- Terra planagem não foi executada conforme projeto.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GERAL

Fazer um diagnóstico das curvas horizontais e da curva vertical que antecede a ponte sobre o rio cana brava, de forma a verificar se os critérios adotados para dimensionamento das curvas e a concordância da curva vertical em sua pior situação, estão em conformidade com o que rege as normas de projeto geométrico de rodovias. E apontar possíveis causas da não concordância em aterro de encabeçamento de ponte.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Obter o traçado planialtimétrico da curva vertical que antecede a ponte sobre o rio cana brava;
- Verificar as curvas circulares e transição;
- Verificar a concordância vertical.

1.4 JUSTIFICATIVA

O desenvolvimento desse trabalho visa diagnosticar as condições de segurança do projeto geométrico na rodovia TO-296, no trecho que liga Talismã ao trevo da rodovia TO-498 em Jaú. Verificando os dados planialtimétrico existente do projeto em questão para conferência dos dados projetados, analisando se o mesmo está de acordo com as normas regulamentadoras e se de fato foram executados como pede no projeto.

As características gerais do traçado são a base do projeto, pois é nela que se estuda as necessidades locais, a topografia do terreno, o tráfego, a classificação da via, entre outros fatores de suma importância para a tomada de decisão do projeto. Uma vez que as correções de projetos já existentes geram custos aos órgãos, as medidas promovidas para a segurança rodoviária, busca garantir a segurança das pessoas que irão utilizar, desde o planejamento até a utilização da via. (MAZZETTO,2015).

O transporte terrestre é o mais usado no Brasil, pois além de possuir um baixo custo, traz uma maior facilidade na locomoção. Porém esse modal apresenta algumas desvantagens, sendo uma delas o grande número de acidentes (SOUZA, 2012).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 VELOCIDADES

Em relação a estrada, a velocidade depende das características geométricas, das condições do volume e do tráfego, da pista de rolamento, das condições climáticas, etc. Pois em uma estrada sempre tem veículos trafegando com velocidades diferentes, por isso se faz necessário definir valores de velocidades para estudo de características geométricas (PIMENTA; OLIVEIRA, 2004).

2.1.1 VELOCIDADES DE PROJETO (VP)

A velocidade de projeto é a velocidade selecionada para fins de projeto da via e que condiciona as principais características da mesma, tais como curvatura, superelevação e distâncias de visibilidade, das quais depende a operação segura e confortável dos veículos. A velocidade de projeto de um determinado trecho de estrada deve ser coerente com a topografia da região e a classe da rodovia (PONTES, FILHO, 1998).

A velocidade de projeto está diretamente associada à função da estrada, e a definição do seu padrão. As propriedades geométricas terão que oferecer em toda a estrada segurança ao usuário que percorre na velocidade estabelecida em projeto. A recomendação dos valores para velocidade se dá no quadro a seguir (PIMENTA; OLIVEIRA, 2004).

Quadro 1 - Valores para velocidade máxima de projeto recomendado

Classe da rodovia	VMD*	Tipo de terreno	Velocidade de projeto (Km/h)	
			Desejável	Mínima
0	4.401 a 50.000	Plano	120	100
		Ondulado	100	80
		montanhoso	80	60
I	1.501 a 1.500	Plano	100	100
		Ondulado	80	80
		Montanhoso	60	60
II	500 a 1.500	Plano	80	80
		Ondulado	60	60
		Montanhoso	40	40
III	Até 500	Plano	60	60
		Ondulado	40	40
		Montanhoso	30	30

* VDM: Volume diário médio de tráfego esperado.

Fonte: Pimenta e Oliveira, (2004, adaptado).

2.1.2 VELOCIDADE MÉDIA DE PERCURSO (VM)

É a média das velocidades do tráfego, obtida dividindo-se a somatória das distâncias percorridas pela somatória dos tempos (PIMENTA; OLIVEIRA, 2004).

Devido a vários fatores, especialmente as situações do tráfego, veículos não conseguem percorrer toda a estrada na velocidade determinada no projeto. Desta maneira, existem algumas características geométricas, que precisam ser determinadas conforme a velocidade de operação em vez da velocidade de projeto (PONTES FILHO, 1998).

2.2 CURVAS CIRCULARES

É possível dizer que estradas são constituídas de trechos retos que são denominados tangentes, e trechos curvos (PIMENTA; OLIVEIRA, 2004).

Para Pontes Filho (1998), o traçado geométrico de uma estrada é composto por trechos retos associados a trechos curvos horizontais, trechos esses que são usados para desviar caminhos que não podem ser viáveis economicamente. De início uma estrada busca o menor trajeto possível, porém algumas deflexões, sempre que necessárias podem adequar o traçado com a topografia do terreno.

“Primeiramente, vamos considerar as curvas horizontais como sendo formadas por arcos de circunferência que se ligam diretamente às tangentes. Essas curvas são denominadas curvas horizontais circulares” (PIMENTA; OLIVEIRA, 2004, P.29).

Normalmente os fatores exploratórios (características geotécnicas e geológicas, hidrografia, problemas de desapropriações, etc.), acusam se é preciso curvas horizontais (PONTES FILHO, 1998).

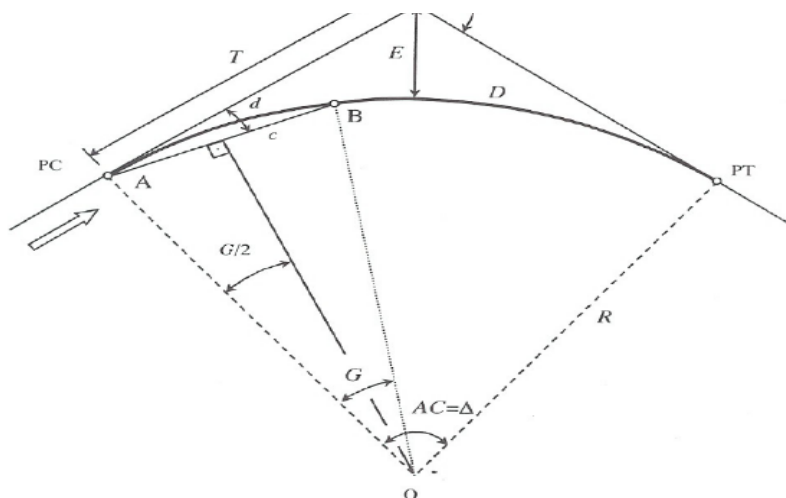
“O raio adotado para cada curva circular deve ser aquele que melhor adapte o traçado ao terreno, respeitando valores mínimos que garantam a segurança dos veículos que percorrem a estrada na velocidade de projeto” (PIMENTA; OLIVEIRA, 2004, p.29).

2.2.1 GEOMETRIA DAS CURVAS CIRCULARES.

Curvas horizontais circulares são muito usadas em projetos de estradas, devido a sua simplicidade para ser projetada e locada. Esse tipo de concordância se dá por duas tangentes combinada com um arco de círculo (PONTES FILHO, 1998).

A figura 1 a seguir mostra detalhadamente os principais elementos e a nomenclatura utilizada.

Figura 1 - Curva Horizontal Circular



Fonte: Ponte Filho, 1998.

Onde:

PC:	Início da curva	AC:	Ângulo central da curva
PT:	Fim da curva	R:	Raio da curva circular
PI	Ponto de encontro das tangentes	T	Tangente
Δ:	Ângulo de deflexão	O	Centro da curva
AC	Ângulo central da curva	E	Afastamento
d	Deflexão sobre a tangente	G	Grau da curva
D	Desenvolvimento da curva	C	Corda

$$T = R \cdot \tan\left(\frac{AC}{2}\right) \quad \text{Eq. (01)}$$

$$D = \pi \cdot R \cdot \frac{AC}{180} \quad \text{Eq. (02)}$$

$$E = T. \tan\left(\frac{Ac}{4}\right) \quad \text{Eq. (03)}$$

$$G = \frac{180^\circ \cdot c}{\pi \cdot R} \quad \text{Eq. (04)}$$

As principais relações entre os elementos das curvas circulares, segundo Pontes Filho (1998), se dão pelas seguintes equações:

Segundo Pontes Filho (1998), quando se faz a substituição de um arco (AB) pela sua corda, comete-se um erro, a sua grandeza pode ser maior na maneira que o comprimento da corda aumenta. Se utilizarmos $c = 20\text{m}$ o erro será menor que $0,001\text{m}$, tornando-se desprezível, logo a equação do grau fica:

PC e PT são denominadas pelas seguintes equações (PONTES FILHO, 1998).

$$G_{20} = \frac{1145,92}{R} \quad \text{Eq. (05)}$$

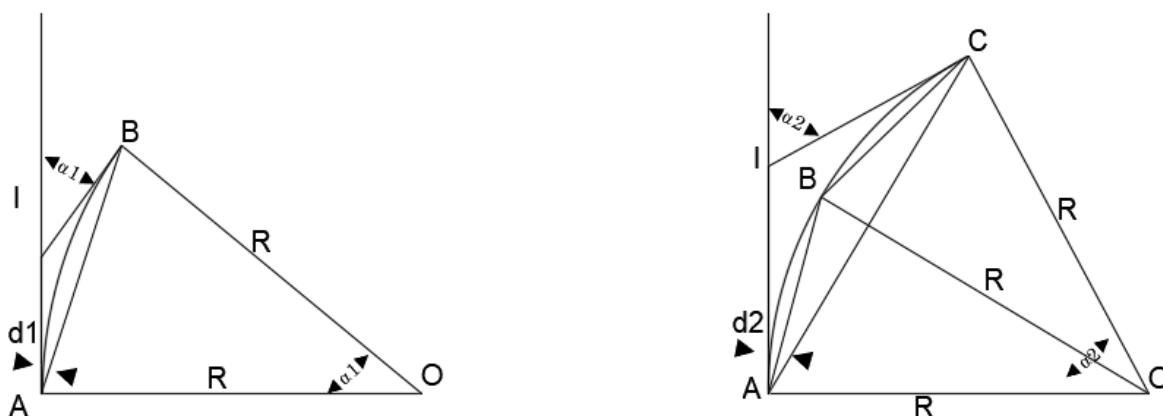
$$E(PC) = E(PI) - [T]^1 \quad \text{Eq. (06)}$$

$$E(PT) = E(PC) + [D] \quad \text{Eq. (07)}$$

2.2.2 LOCAÇÃO DAS CURVAS CIRCULARES

Após a determinação do projeto a locação definirá o posicionamento da estrada no campo. Inicialmente são locados os PI's, verificado os ângulos Ac , e em seguida locada as curvas e o restante dos itens geométricos como mostrado na figura 4 (PIMENTA; OLIVEIRA 2004).

Figura 2 - A locação de curvas através do processo de deflexão e cordas



Fonte: Pimenta e Oliveira, (2004, adaptado).

Pimenta e Oliveira (2004), define os seguintes padrões para o cálculo de locação através da deflexões e cordas:

- Primeiramente determina-se a deflexão $d1$ para locar B, que está a um espaço $L1$ do ponto A.
- $\alpha1$ Que é o ângulo central do arco de comprimento $L1$, teremos:

$$\alpha1 = \frac{G \cdot L1}{20} \quad \text{Eq. (08)}$$

$$d1 = G \cdot \frac{L1}{40} \quad \text{Eq. (09)}$$

- Para locar o ponto C, calcula-se $d2$, distante $L2$ do ponto A

$$d2 = \frac{\alpha2}{2} \rightarrow d2 = \frac{G \cdot L2}{40} \quad \text{Eq. (10)}$$

▪ A deflexão para locar um arco de comprimento onde $G/40$ é uma constante para 1m, se dá através:

$$d = L \cdot \left(\frac{G}{40} \right) \quad \text{Eq. (11)}$$

- Para localizar uma curva partindo do ponto de início da curva (PC), considerando $[N_{pc}+F_{pc}]^1$, e a deflexão para localizar a primeira estaca inteira da curva [Estaca $N_{pc}+1$] se dá através da equação:

$$d_1 = (20 - F_{pc}) \cdot \left(\frac{G}{40}\right) \quad \text{Eq. (12)}$$

- Para localizar as próximas estaca inteiras, basta somar $d_1 + \left(\frac{G}{2}\right)$ sucessivamente. Para a locação de curvas constrói-se uma tabela, conforme mostrado a seguir com as informações obtidas de estaca em estaca (PIMENTA; OLIVEIRA, 2004).

Quadro 2 - Planilha de locação de curvas circulares

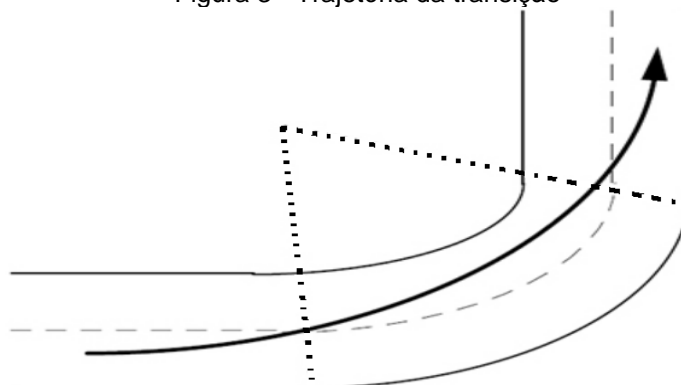
Estacas	Distância	Corda	Deflexão
$(N_{pc}) + F_{pc}$	0	0	0
$(N_{pc} + 1) + 0,00$	$20 - F_{pc}$	$20 - F_{pc}$	d_1
$(N_{pc} + 2) + 0,00$	$40 - F_{pc}$	20	$d_1 + \left(\frac{G}{2}\right)$
>>	>>	>>	>>
$(N_{pt}) + F_{pt}$	D	F _{pt}	$A_c/2$

Fonte: Pimenta e Oliveira, 2004 adaptado.

2.3 CURVAS COM TRANSIÇÃO

Um veículo ao deslocar-se de um alinhamento reto para uma curva circular, há uma variação repentina do raio infinito para finito, surgindo uma força centrífuga repentina que tende a tirar o veículo da sua trajetória, conforme mostrado na figura 5. Com o intuito de gerar segurança, e uma maior comodidade, além de amenizar o desconforto dessa mudança brusca da aceleração centrífuga, alterna-se entre a tangente e a curva circular com a curva de transição (PONTES FILHO, 1998).

Figura 3 - Trajetória da transição



Fonte: Macedo (2008).

A inconstância da curva na ligação da tangente até a circular PC, e na ligação da circular com a tangente PT não é aceita por não ser um traçado coerente. Deste modo os PCs e PTs necessitam ter distâncias com curvas progressivas para atender as funções a seguir (PIMENTA; OLIVEIRA, 2004).

- a) Proporcionar uma mudança constante da superelevação

Em trechos circulares é indispensável as superelevações, pois sem elas não teria como construir uma estrada, pois teria um degrau no ponto PC, já que na tangente não se tem superelevações. Ao adotar uma curvatura variável entre a tangente e a curva circular permite uma variação constante da inclinação transversal da pista até alcançar a superelevação.

- b) Gerar uma mudança constante de aceleração centrípeta na ligação do trecho reto com o trecho circular

O aparecimento de uma força transversal de forma inesperada gera impacto no veículo e nas pessoas, causando desconforto e instabilidade ao veículo.

- c) Produzir um traçado que proporcione ao veículo conservar-se ao meio da sua faixa de rolamento

- d) Oferecer um trecho coerente, sem inconstância da curvatura e visivelmente agradável

O DNER 706/20 (1999), só dispensa o uso de curvas de transição em casos onde a concordância horizontal com curvas circulares de raios superiores aos indicados no quadro 9.

Quadro 3 - Raios de curvas que dispensam curvas de transição

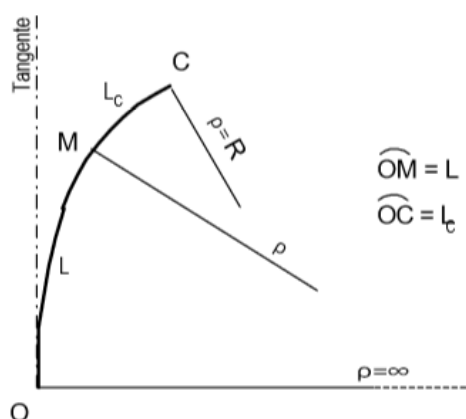
V (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
R (m)	170	300	500	700	950	1200	1550	1900	2300	2800

Fonte: DNER,1999 adaptado.

2.3.1 A CLOTÓIDE OU ESPIRAL DE TRANSIÇÃO

Conforme DNER 706/20 (1999), a curva tem a função de permitir a passagem de um traçado em tangente para um em curva circular. Na figura 6 mostramos onde a curva de transição de origem O e com a extremidade em C, tem comprimento de transição LC (neste trabalho será usado Ls, para o comprimento de transição).

Figura 4 - Curva de transição



Fonte: Lee, Bucciano e Haliski (2000).

A curva espiral é uma curva que apresenta a equação a seguir, onde o valor adotado para a constante K tem ligação direta ao comprimento adotado para a

transição e o raio do trecho circular, os seus elementos são apresentados na figura 7 (PIMENTA; OLIVEIRA, 2004).

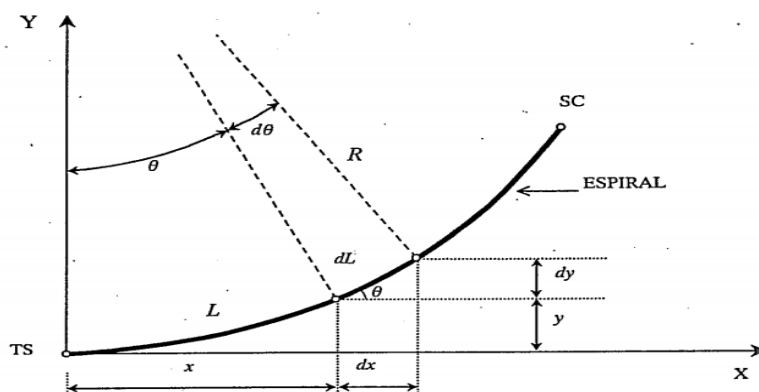
$$K = R \cdot L \quad \text{Eq.(13)}$$

Onde:

- K : Constante (m^2)
- R : Raio
- L : Comprimento percorrido

K define o comprimento do arco que será andado até que o grau de curvatura varie de zero à $G=1.146/R$, que é onde se inicia o trecho circular. Para cada K adotado corresponderá a escolha de uma curva dentro do grupo do Clotóide A figura 7 representa os elementos da espiral.

Figura 5 - Elementos da espiral



Fonte: Pontes Filho (1998).

Pontes Filho (1998) determina para o cálculo da Clotóide as seguintes equações:

$$\theta_s = L_s / (2 \cdot R_c) \quad (\text{Em radianos}) \quad \text{Eq. (14)}$$

$$X_s = L_s \left(1 - \left(\frac{\theta s^2}{10} \right) + \left(\frac{\theta s^4}{216} \right) \right) \quad \text{Eq. (15)}$$

$$Y_s = L_s \left(\left(\frac{\theta s}{3} \right) - \left(\frac{\theta s^3}{42} \right) \right) \quad \text{Eq. (16)}$$

$$k = X_s - R_c \cdot \text{sen} \theta s \quad \text{Eq. (17)}$$

$$p = Y_s - R_c \cdot (1 - \text{cos} \theta s) \quad \text{Eq. (18)}$$

$$TT = k + (R_c + p) \cdot \text{tg} \frac{AC}{2} \quad \text{Eq. (19)}$$

$$D = (AC - 2 \cdot \theta s) \cdot R_c \quad (\text{Radianos}) \quad \text{Eq. (20)}$$

$$TL = X_s - Y_s \cdot \text{cot} \theta s \quad \text{Eq. (21)}$$

$$TC = Y_s / \text{sen} \theta s \quad \text{Eq. (22)}$$

$$E = \frac{(R_c + p)}{\text{cos} \left(\frac{AC}{2} \right)} - R_c \quad \text{Eq. (23)}$$

Para o cálculo das estacas de pontos notáveis se dá as seguintes formulas:

$$TS = PI - TT \quad \text{Eq. (24)}$$

$$SC = TS - L_s \quad \text{Eq. (25)}$$

$$CS = SC + D \quad \text{Eq. (26)}$$

$$ST = CS + L_s \quad \text{Eq. (27)}$$

O DNER 706/20 (1999), determina o desenvolvimento circular mínimo com superelevação total há á $D = 0,56 \cdot Vp$.

TS: Tangente- espiral

ST: Espiral- tangente

SC: Espiral- circular

CS: Circular- espiral

2.3.2 COMPRIMENTO DE TRANSIÇÃO

Com o aparecimento da força centrípeta além do uso das curvas de transição é necessário que o seu comprimento seja adequado para que se tenha segurança e não haja desconforto (PIMENTA; OLIVEIRA, 2004).

2.3.2.1 COMPRIMENTO MÍNIMO DE TRANSIÇÃO:

A taxa máxima que a diferença de aceleração centrípeta pode alcançar em um certo tempo (PIMENTA; OLIVEIRA, 2004).

O DNER 706/20 (1999), recomenda para fins práticos dois parâmetros para comprimento mínimo, sempre recomendando usar o maior entre eles.

$$L_{smin} \geq 30m$$

Ou também para à distância percorrida pelo veículo na velocidade diretriz no tempo de 2 segundos.

Eq. (28)

$$L_{smin} = 0,6 V_p$$

Onde:

L_{smin} Comprimento mínimo de transição (m)

V_p Velocidade diretriz de projeto (Km/h)

O DNER 706/20 (1999), define também o critério de conforto para o *L_{smin}*. Esse critério é a taxa da máxima variação da aceleração centrífuga, que procura determinar o menor comprimento de transição de modo que não gere ao usuário a

sensação de desconforto e insegurança devido a passagem do trecho em tangente para a curva circular. Esse parâmetro de dá com a formula a seguir:

$$L_{smín} = \frac{Vp^3}{46,656.C.R} - \frac{e.Vp}{0,367.C} \quad \text{Eq. (29)}$$

Onde:

- $L_{smín}$ Comprimento mínimo de transição (m)
- Vp Velocidade diretriz de projeto (Km/h)
- C Taxa (máxima admissível) de variação da aceleração transversal (m/s³)
- R Raio da curva circular (m)
- e Superelevação (m/m)

O valor para C que o DNER 706/20 (1999), recomenda para atender as condições de conforto e segurança é estabelecido pela formula a seguir:

$$C = 1,5 - 0,009.Vp \quad \text{Eq. (30)}$$

Outro critério adotado pelo DNER 706/20 (1999), para determinação do $L_{smín}$, é o da máxima rampa para superelevação.

O DNER 706/20 (1999), estabelece os máximos valores admissíveis para rampas de superelevação, considerando o caso de uma pista simples, com duas faixas de tráfego e desenvolvimento da superelevação mediante giro da seção transversal em torno do eixo. O quadro 04 estabelece para diferentes velocidades diretrizes de projeto o valor da rampa máxima.

Quadro 4 - Rampa de superelevação admissível (pista simples)

V_p (km/h)	40	50	60	70	80	90	≥ 100
$rmáx$	1:137	1:154	1:169	1:185	1:200	1:213	1:233

Fonte: DNER (1999, p107) adaptado.

A fórmula a seguir estabelece o valor de $L_{smín}$, para a máxima rampa de superelevação, considerando o caso básico de uma pista com duas faixas de tráfego o valor de Fm será 1,0 que corresponde ao giro da largura de uma faixa em relação ao eixo.

$$L_{smín} = Fm \times L_f \cdot \frac{e}{rmáx} \quad \text{Eq. (31)}$$

Onde:

$L_{smín}$ Comprimento mínimo de transição (m)

Fm Fator multiplicador em função da largura de rotação da pista

L_f Largura da faixa de trânsito (m)

e Superelevação (m/m)

$rmáx$ Rampa de superelevação admissível

2.3.2.2 COMPRIMENTO MÁXIMO DE TRANSIÇÃO:

É o comprimento máximo admissível para a transição.

O primeiro critério que o DNER 706/20 (1999), delimita para evitar comprimentos de Clotóide muito elevado em relação ao raio é:

$$Ls máx = \text{Raio da curva circular} \quad \text{Eq. (32)}$$

O segundo critério determinado pelo DNER 706/20 (1999), para estipular $L_s máx$ é a distância que o veículo percorre em um intervalo de tempo de 8 segundos na velocidade diretriz de projeto em Km/h (Vp).

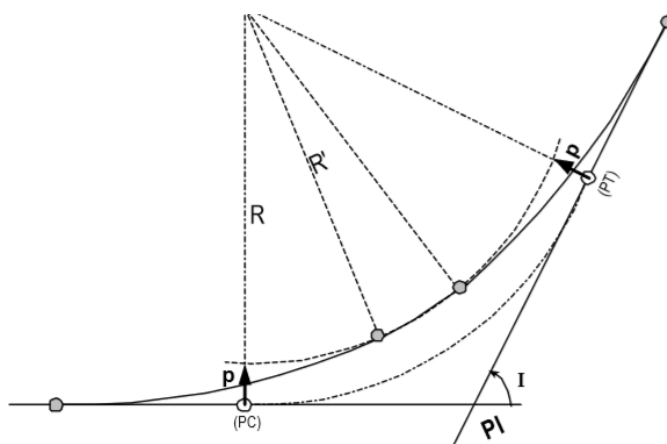
$$L_s máx = 2,2 Vp \quad \text{Eq. (33)}$$

O DNER 706/20 (1999), recomenda arredondar os valores dos comprimentos de transição para múltiplos de 10, para facilitar os cálculos.

2.3.3 CONCORDÂNCIA DA CURVA

a) **Centro Conservado:** é a diminuição do raio, mantém o centro da curva circular e evita o deslocamento da tangente, conforme ilustrado a seguir:

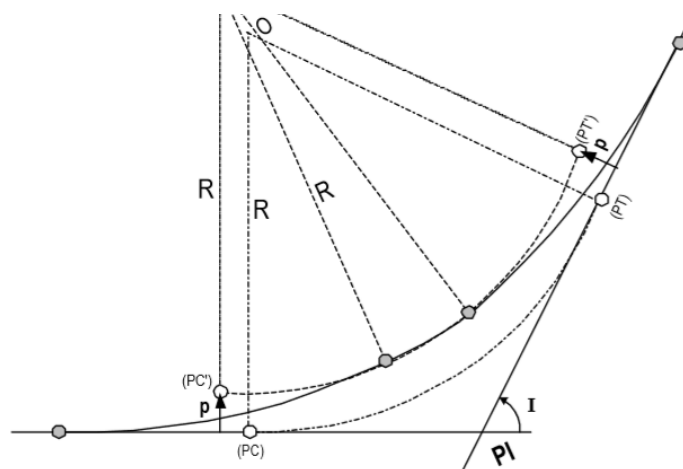
Figura 7 - Centro conservado



Fonte: Lee, Bucciano e Haliski (2000).

b) **Raio conservado:** Consiste no afastamento do centro, mantendo o raio e as tangentes. Esse tipo é mais indicado, pois evita problemas quando a curva possuir o raio mínimo, conforme ilustrado a seguir:

Figura 8 - Raio Conservado

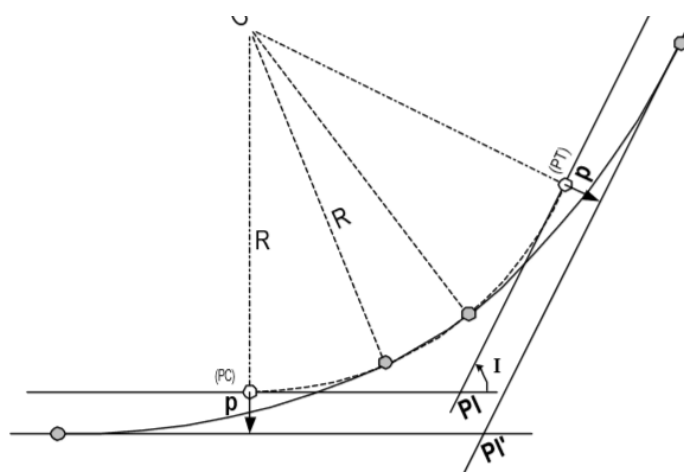


Fonte: Lee, Bucciano e Haliski (2000).

c) Centro e raio conservados: Método que consiste no afastamento da tangente. Usado em casos extremos, pois pode provocar grandes dificuldades na execução, conforme ilustrado a seguir:

d)

Figura 9 - Centro e raio conservados



Fonte: Lee, Bucciano e Haliski (2000).

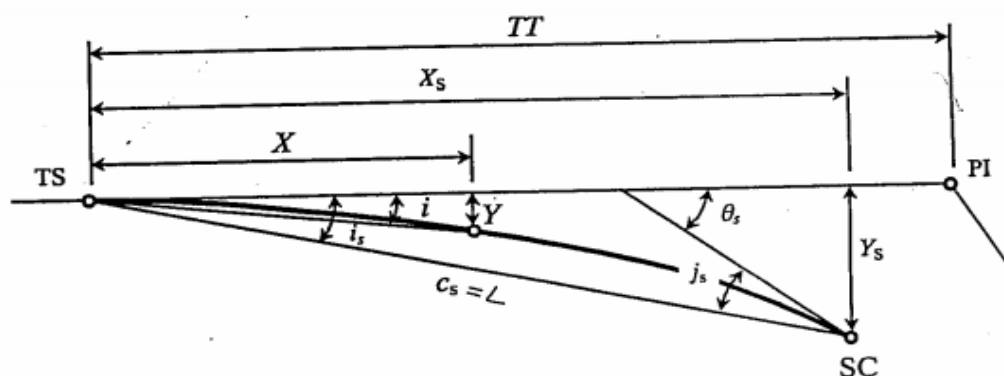
2.3.4 LOCAÇÃO DE CURVAS CIRCULARES.

A locação se inicia após efetuar os cálculos das coordenadas X e Y que originam em TS ou ST, com o eixo x no sentido da tangente e o sentido do TS ou

ST para o PI. Ou também pode ser feito através das deflexões sobre a tangente, conforme figura 12 (PIMENTA; OLIVEIRA 2004).

$$d = \text{deflexão} = \arctg\left(\frac{Y}{X}\right) \quad \text{Eq. (34)}$$

Figura 10 - Locação de curva de transição



Fonte: Pontes Filho (1998).

Para a locação de curvas constrói-se uma tabela com as informações obtidas de estaca em estaca. Em casos de raios pequenos é possível se fazer a locação de estacas a cada 10m, conforme mostrado a seguir (PIMENTA; OLIVEIRA, 2004).

Quadro 5 - Locação de curvas de transição

Estaca	L	θ	X	Y	Deflexão
TS (ou ST)	0	0	0	0	0
N1	L1	θ_1	X1	Y1	d1
...
SC (ou CS)	Ls	θ_s	Xs	Ys	ds

L: distância de TS(ou ST) ao ponto considerado no decorrer da curva.

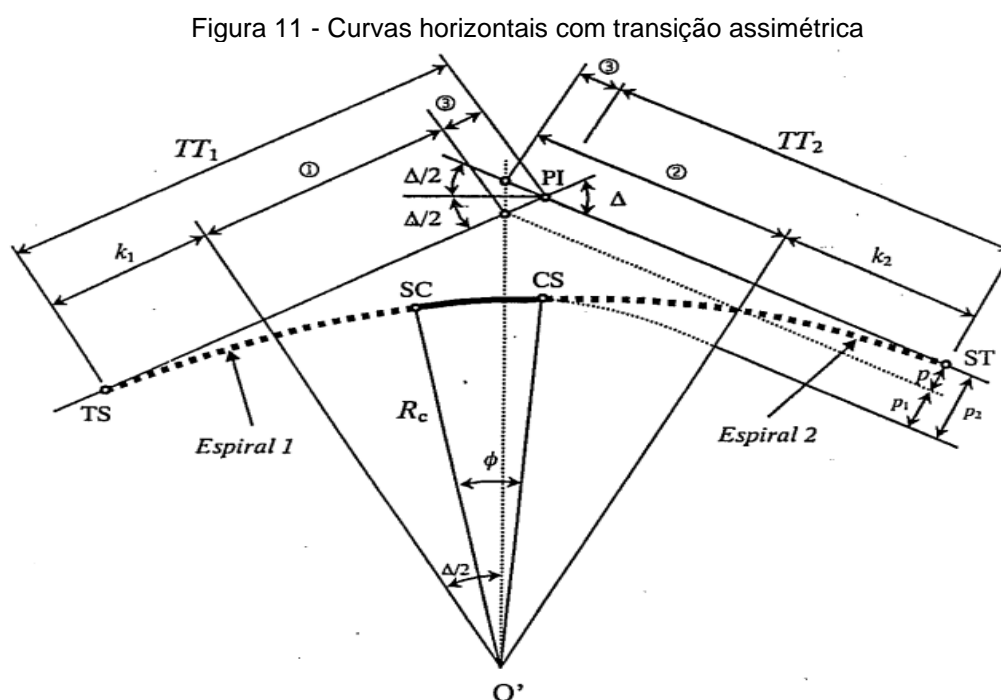
Fonte: Pimenta e Oliveira (2004, adaptado).

Para se locar pelo método das deflexões calculas, localizando o zero do teodolito para a direção do PI, e se intercepta com uma corda (20 ou 10m) do ponto anterior. Caso seja o ponto inicial a corda será o que fala para alcançar a primeira

estaca ou o valor da estaca mais 10m. Caso seja o último ponto será o valor que falta p atingir SC (PIMENTA; OLIVEIRA, 2004).

2.3.5 CURVAS HORIZONTAIS COM TRANSIÇÃO ASSIMÉTRICA

São curvas que apresentam transições com tamanhos diferentes, ou seja, valores para L_s diferentes na entrada e saída das curvas. Esses tipos de curvas não são aconselhadas, sendo usadas apenas em circunstâncias especiais (PIMENTA; OLIVEIRA, 2004). Sua ilustração se dá de acordo a figura 13.



Fonte: Pontes Filho (1998).

Pimenta Oliveira (2004) afirma para finalidade de cálculo após o conhecimento das tangentes, localização da estaca PI, o valor de R_c , e ser escolhido os valores para L_{s1} e L_{s2} , pode-se iniciar os cálculos de θ_s , X_s , Y_s , K , e

p , para cada transição. São usadas as mesmas equações das curvas de transição, porém para cada transição é usado seus dados específicos.

Pimenta e Oliveira (2004) descreve que $Ls1 \neq Ls2$, resultará em $p1 \neq p2$, logo ocorrerá valores diferentes para os afastamentos em relação a tangente circulares. A diferença entre os afastamentos, as tangentes e o comprimento do trecho circular dá através da equação (PIMENTA; OLIVEIRA 2004):

$$TT1 = K1 + (Rc + p1) \cdot tg\left(\frac{AC}{2}\right) + \left(\frac{\Delta p}{senAc}\right) \quad \text{Eq. (35)}$$

$$TT2 = K2 + (Rc + p2) \cdot tg\left(\frac{AC}{2}\right) - \left(\frac{\Delta p}{senAc}\right) \quad \text{Eq. (36)}$$

2.3.6 CURVAS COMPOSTAS COM TRANSIÇÃO

Consiste na harmonização entre duas curvas circulares de diferentes raios, neste caso a concordância entre as curvas usa-se trecho de Clotóide (PIMENTA; OLIVEIRA, 2004).

Os parâmetros de cálculo que Pimenta e Oliveira (2004) indica para concordar com uma curva de transição é as equações a seguir: Adotando os parâmetros 1 para a curva 1, e o 2 para a curva 2, de acordo com a figura 14.

$$Ls = L1 - L1 \quad \text{Eq. (37)}$$

$$K = Rc_1 \cdot L_1 \Leftrightarrow K = Rc_2 \cdot L_2 \quad \text{Eq. (38)}$$

$$L_1 = L_s \left(\frac{Rc_2}{Rc_1 - Rc_2} \right) \Leftrightarrow L_2 = L_s \left(\frac{Rc_1}{Rc_1 - Rc_2} \right) \quad \text{Eq. (39)}$$

$$\theta_1 = \frac{L_1}{2 \cdot Rc_1} \Leftrightarrow \theta_2 = \frac{L_2}{2 \cdot Rc_2} \quad \text{Eq. (40)}$$

$$\begin{aligned} X_1 &= L_1 \cdot \left(1 - \frac{\theta_1^2}{10} + \frac{\theta_1^4}{216} - \dots \right) \Leftrightarrow X_2 & \text{Eq. (41)} \\ &= L_2 \cdot \left(1 - \frac{\theta_2^2}{10} + \frac{\theta_2^4}{216} - \dots \right) \end{aligned}$$

$$Y_1 = L_1 \cdot \left(\frac{\theta_1}{3} - \frac{\theta_1^3}{42} + - \dots \right) \Leftrightarrow Y_2 = L_2 \cdot \left(\frac{\theta_2}{3} - \frac{\theta_2^3}{42} + - \dots \right) \quad \text{Eq. (42)}$$

$$K_1 = X_1 - Rc_1 \cdot \text{sen}\theta_1 \Leftrightarrow K_2 = X_2 - Rc_2 \cdot \text{sen}\theta_2 \quad \text{Eq. (43)}$$

$$p_1 = Y_1 - Rc_1 \cdot (1 - \cos\theta_1) \Leftrightarrow p_2 = Y_2 - Rc_2 \cdot (1 - \cos\theta_2) \quad \text{Eq. (44)}$$

$$\theta_c = \text{arctg}\left(\frac{K_1 - K_2}{(Rc_1 + p_1) - (Rc_2 + p_2)}\right) \quad \text{Eq. (45)}$$

$$\alpha = \theta_c - \theta_1 \quad \text{Eq. (46)}$$

$$\beta = \theta_2 - \theta_c \quad \text{Eq. (47)}$$

$$\theta_s = \alpha + \beta = \theta_2 - \theta_1 \quad \text{Eq. (48)}$$

$$p_c = (Rc_1 - Rc_2) - ((Rc_1 + p_1) - (Rc_2 + p_2)) / \cos\theta_c \quad \text{Eq. (49)}$$

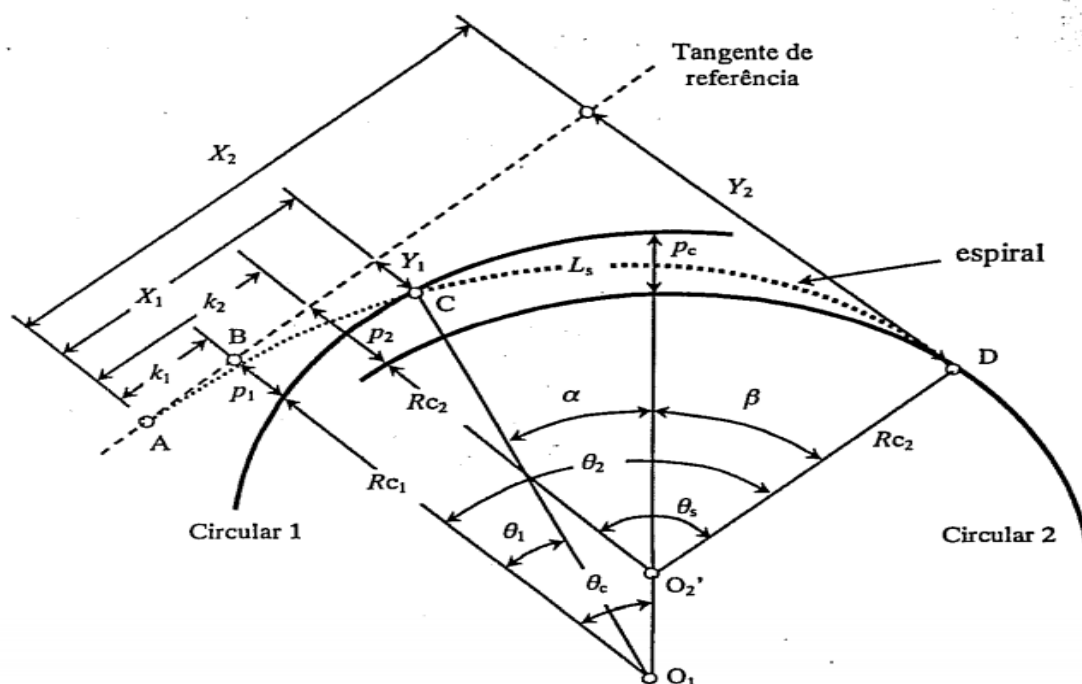
Onde:

L_1 : comprimento da espiral de A até CS (começo da transição entre curvas)

L_2 : comprimento da espiral de A até SC (fim da transição entre as curvas)

θ_s : ângulo da transição correspondente ao trecho da espiral entre os CS e SC.

Figura 12 - Parâmetros da curva.



Fonte: Pontes Filho (1998).

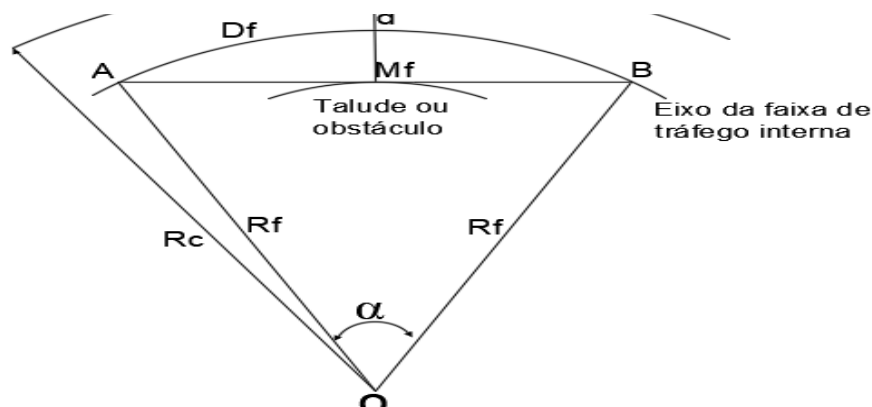
2.3.7 RECOMENDAÇÕES DO TRAÇADO

Deve ser evitado traçados com curvas seguidas de pequeno raio, pois gera desconforto e é perigoso, além disso deve se evitar curvas com pequenos raios no final de grandes tangentes (PIMENTA; OLIVEIRA, 2004).

2.3.8 VISIBILIDADE EM CURVAS

Todas as curvas devem ter a distância de visibilidade maior ou igual à distância de frenagem, a figura 15 dá detalhes da visibilidade em curvas.

Figura 13 - Visibilidade em curvas horizontais



Fonte: Pimenta e Oliveira (2004, adaptado).

Os valores das distâncias mínimas entre o eixo da rodovia e o obstáculo, deve-se sempre atender $M \geq M_{\text{mín.}}$, caso não atenda é necessário um raio maior. Esses parâmetros são obtidos através das equações (PIMENTA; OLIVEIRA, 2004).

$$M = d + Mf \quad \text{Eq. (50)}$$

$$Rf = Rc - d \quad \text{Eq. (51)}$$

$$\alpha = \frac{Df}{Rf} \text{ (rad)} \quad \text{Eq. (52)}$$

$$Mf = Rf \left(1 - \frac{\cos \alpha}{2}\right) = Rf \left(1 - \frac{\cos Df}{2Rf}\right) \quad \text{Eq. (53)}$$

$$M_{\text{mín}} = d + (Rc - d) \left(1 - \cos \frac{Df}{2(Rc - d)}\right) \quad \text{Eq. (54)}$$

Tem-se:

M: distâncias mínimas entre eixo da estrada e o obstáculo (m)

Mf: distâncias entre eixo da estrada e o obstáculo (m)

d: distâncias entre eixo da estrada e o eixo da faixa interna (m)

Rc: raio da curva (m)

Rf: raio do eixo da faixa de tráfego (m)

Df: Distância mínima para frenagem (m)

2.4 SUPERELEVAÇÃO

Corresponde à inclinação transversal em curvas que faz com que o veículo reaja contra a força centrífuga evitando a derrapagem, isso tudo depende do raio da curva e a velocidade (PONTES FILHO, 1998).

2.4.1 VALORES MÁXIMO PARA SUPERELEVAÇÃO

Por motivos de segurança é estabelecido limites para a superelevação em curva. Em Curva com superelevação excessiva, quando o veículo tiver velocidade pequena, pode provocar deslizamentos para o lado dentro da curva (PIMENTA; OLIVEIRA, 2004).

Segundo a AASHTO (apud PIMENTA; OLIVEIRA, 2004) os valores máximos de superelevação são escolhidos através dos fatores:

- Fatores climáticos
- Topografia local
- Localização
- Velocidade do tráfego

Em rodovias com velocidade de projeto elevada a inclinação máxima recomendada fica em torno de 10% a 12% (PIMENTA; OLIVEIRA, 2004).

2.4.2 VALORES LIMITES PARA COEFICIENTE DE ATRITO

O contato entre o pavimento e o pneu do veículo gera uma força de atrito, força essa que é gerada pelo produto do coeficiente de atrito e a força normal. Ao atingir um valor máximo o veículo começa a deslizar, para condições de projeto, como o coeficiente varia de caso para caso (conforme quadro 9) aconselha-se utilizar os fatores mais desfavoráveis (PIMENTA; OLIVEIRA, 2004).

Quadro 6 - coeficiente de atrito máximo para rodovias de alta velocidade

Velocidade de projeto (km)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
$f_{m\acute{a}x}$	0,17	0,17	0,16	0,15	0,15	0,14	0,13	0,12	0,10	0,09

Fonte: Pimenta e Oliveira (2004, adaptado).

2.4.3 SUPERELEVAÇÃO E O RAIO MÍNIMO

Para efeitos de cálculo que a superelevação e , se dá da seguinte maneira. (PIMENTA; OLIVEIRA, 2004).

$$R = \frac{Vp^2}{127.(e + f)} \quad \text{Eq. (55)}$$

Onde

Vp : Velocidade diretriz de projeto (km/h)

e : Superelevação (m)

f : Coeficiente de atrito

R : Raio da curva (m)

O cálculo do menor raio que se pode ter em segurança para a rodovia se dá utilizando o coeficiente de atrito máximo para a velocidade determinada em projeto e a máxima superelevação possível para a rodovia, conforme mostrado no quadro 13 (PIMENTA; OLIVEIRA, 2004).

$$R_{m\acute{i}n} = \frac{Vp^2}{127.(em\acute{a}x + fm\acute{a}x)} \quad \text{Eq. (56)}$$

Onde:

Vp : Velocidade diretriz de projeto (km/h)

$em\acute{a}x$: Superelevação máxima (m)

$fm\acute{a}x$: Coeficiente de atrito máximo

$R_{m\acute{i}n}$: Raio mínimo da curva (m)

Quadro 7 - Raios mínimos em função das taxas máx. de superelevação

Emáx	Velocidade Diretriz (km/h)									
	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
4%	30	60	100	150	205	80	355	465	595	755
6%	25	55	90	135	185	250	320	415	530	665
8%	25	50	80	25	170	230	290	375	475	595
10%	25	25	75	115	155	210	265	345	435	540
12%	20	45	70	105	145	195	245	315	400	490

Fonte: DNER (1999, adaptado).

2.4.4 SUPERELEVAÇÃO EM TRECHOS CIRCULARES

Existem quatro parâmetros para determinar a superelevação nas curvas circulares (PIMENTA; OLIVEIRA, 2004).

I Parâmetro: Busca oferecer o máximo conforto possível para o usuário que trafegue na rodovia com velocidade prevista para projeto. Se tem o maior conforto quando $f = 0$, ou seja, o atrito é nulo.

II Parâmetro: Busca uma superelevação que proporcione conforto máximo a veículos que percorram a rodovia na velocidade média de operação.

Quando $f = 0$, temos:

$$e = \frac{Vm^2 \cdot G}{g \cdot 1146} \quad \text{Eq. (57)}$$

Onde:

- G : Grau da curva
- g : Aceleração da gravidade
- e : Superelevação

III Parâmetro: Oferece mais conforto que os demais parâmetros para os veículos que trafeguem na rodovia com velocidade menor que a média. Adotado em projetos de rodovias com volume alto de tráfego de veículos pesados ou é esperado um volume de tráfego grande.

IV Parâmetro: É o mais utilizado, pois gera um conforto maior a veículos que trafeguem com velocidade próxima a V_m em curvas horizontais.

2.4.5 SUPERELEVAÇÃO PARA RAIOS SUPERIORES AOS MÍNIMOS

O DNER 706/20 (1999), descreve que em casos onde o raio vai aumentando há uma diminuição na aceleração centrífuga e não se tem necessidade de usar $e_{máx}$. Sendo assim para maior conforto e segurança dos motoristas a superelevação se dá através da equação:

$$e = e_{máx} \cdot \left[\frac{2 \cdot R_{mín}}{R} - \frac{R_{mín}^2}{R^2} \right] \quad \text{Eq. (58)}$$

Onde:

- e : Superelevação (%)
- $e_{máx}$: Superelevação máxima adotada
- R : Raio da curva (m)
- $R_{mín}$: Raio mínimo para $e_{máx}$ (m)

O quadro 14 indica situações onde as superelevações não são necessárias, pois a curva apresenta raios grandes (SOUZA, 2012).

Quadro 8 - valores de raios dos quais a superelevação é dispensável

V (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	≥100
R (m)	450	800	1250	1800	2450	3200	4050	5000

Fonte: DNER (1999, adaptado).

O valor permitido para superelevações varia de 2% à 12%, o quadro 15, indica os valores para superelevação máxima com as suas respectivas situações para uso (SOUZA,2012).

Quadro 9 - Valores Máximos admissíveis para superelevação.

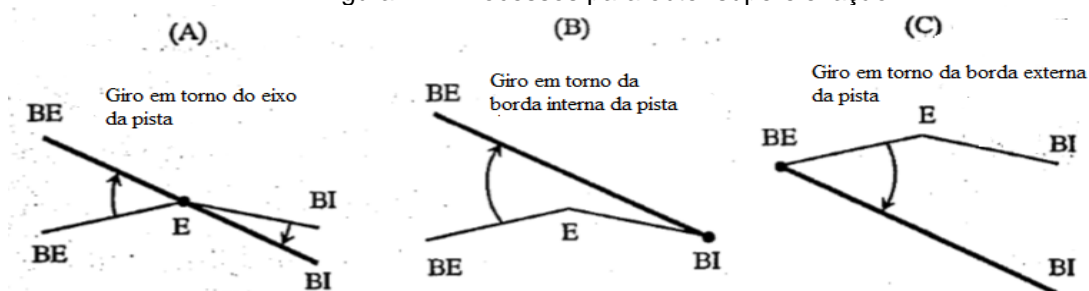
Superelevação máxima (em áx)	Situações que se aplicam
12%	Onde se necessita melhorias e correções de situações que apresentem perigos
10%	Rodovias com classe 0 e classe 1
8%	Classe 1 (terreno montanhoso) e as demais classes
6%	Áreas urbanas com interseções frequentes
4%	Área com ocupação intensa e poucas condições de inclinar a pista

Fonte: DNER (1999, adaptado)

2.4.6 DISTRIBUIÇÃO DA SUPERELEVAÇÃO NA PISTA SIMPLES

Pontes Filho (1998), define que a mudança do trecho da tangente para um com superelevação deve ser realizada de maneira que mantenha o conforto do motorista, evitando variações bruscas. Segundo o autor os métodos mais utilizados são os baseados na posição do centro de giro. Conforme ilustrado na figura 16.

Figura 14 - Processos para obter superelevação.

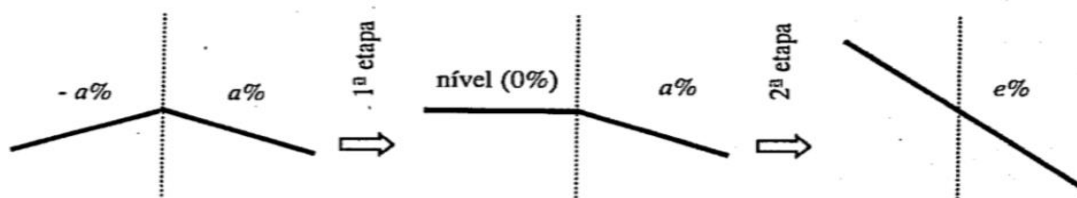


Fonte: Pontes Filho (1998).

Segundo Pontes Filho (1998) o modelo A é o mais indicado, pois gera uma menor distorção do terreno e poucas alterações nas cotas, além de deixar menor a sensação de variação da superelevação.

Em trechos de tangentes a rodovia tem inclinação simétrica em relação a $\alpha\%$, sendo assim os processos de distribuição é dividido em 2 etapas, como mostrado na figura a seguir (PONTES FILHO, 1998).

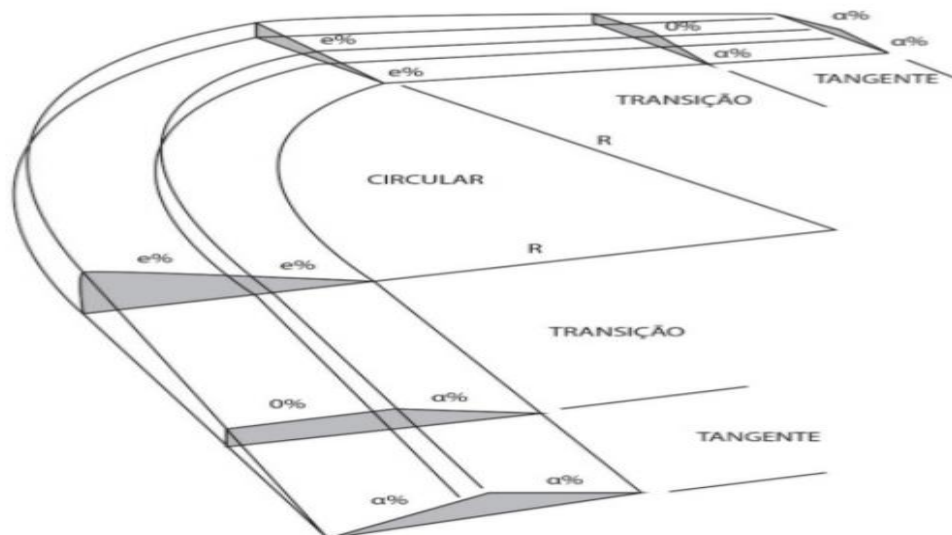
Figura 15 - Seção transversal de uma estrada



Fonte: Pontes Filho (1998).

Em trechos circulares precedido por curva de transição 2° etapas (diferença da superelevação) se dá dentro da curva, onde L_s (tamanho da transição) determina L_e (tamanho do trecho da variação da superelevação) e também α_2 (inclinação longitudinal). Na 1° etapa, L_1 é determinado em relação a α_1 . A figura 18 ilustra o esquema de distribuição da superelevação.

Figura 16 - Esquema mostrando a variação da superelevação

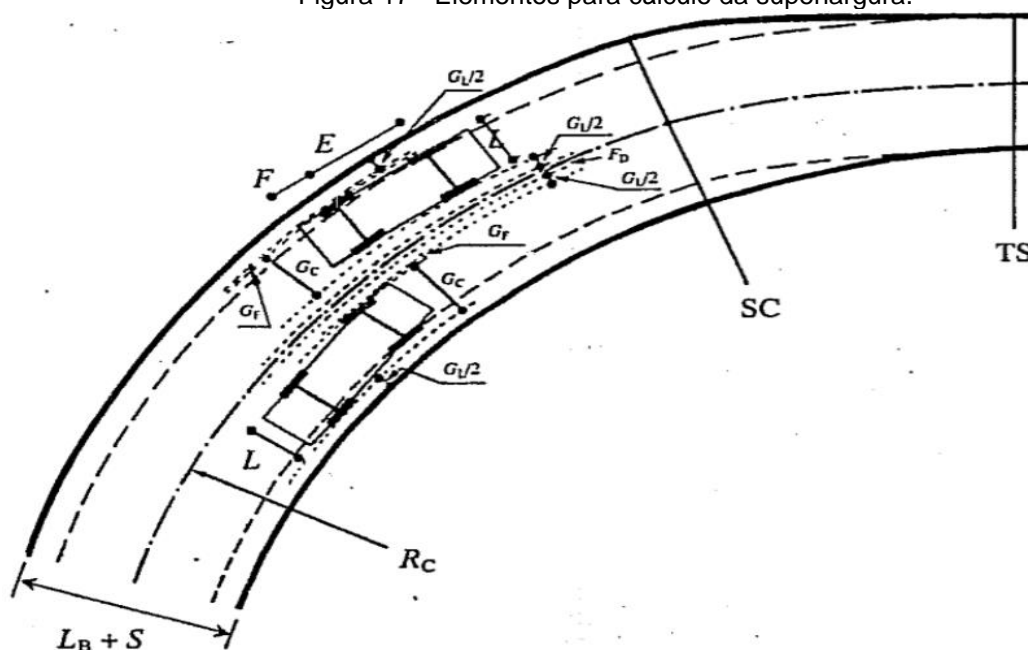


Fonte: Pontes Filho (1998).

2.5 SUPERLARGURA

É o alargamento nas curvas para a ideal inscrição dos veículos, dando a mesma segurança das regiões de tangente, a figura 19 demonstra o esquema de distribuição (PONTES FILHO, 1998).

Figura 17 - Elementos para cálculo da superlargura.



Fonte: Pontes Filho (1998).

Para o dimensionamento da Superlargura em pistas simples o DNER 706/20 (1999) define os seguintes parâmetros de cálculo:

$$S = 2 \cdot \left(L + \frac{E^2}{2R} + GL \right) + \sqrt{R^2 + F \cdot (F + 2E)} - R + \frac{V}{10\sqrt{R}} - Lb \quad \text{Eq. (59)}$$

Onde:

- S: Superlargura (m)
- L: Largura do Veículo (m)
- E: Distância entre eixos (m)
- F: Balanço direito do veículo (m)
- R: Raio da curva (m)
- V: Velocidade diretriz (km/h)

Lb: Largura básica da pista em tangente (m)

GL: Folga lateral (m), conforme quadro 16

Quadro 10 - Valores para *GL*

<i>Lb</i> (m)	6,00/6,40	6,60/6,80	7,00/7,20
<i>GL</i> (m)	0,60	0,75	0,90

Fonte: Pontes Filho (1998, adaptado).

AASHTO (1994, apud PIMENTA; OLIVEIRA,2004, p.84) sugere as seguintes medidas para os veículos padrões em pistas de 7,20m:

- Veículo de passeio: largura :1,80m, distância dos eixos: 3,40m, frente: 1,50m, distância lateral:0,15m, espaço de segurança:0,90m.
- Caminhão SU: largura:2,60m, distância dos eixos: 6,10m, frente: 1,80m, distância lateral:0,00m, espaço de segurança:0,50m.

Sempre utilizar $S = 0,60\text{m}$ para superlargura que derem menor que esse valor, porem em superlargura inferior à $0,20\text{m}$ pode ser descartada, pois não irá gerar grandes benefícios (PIMENTA; OLIVEIRA, 2004).

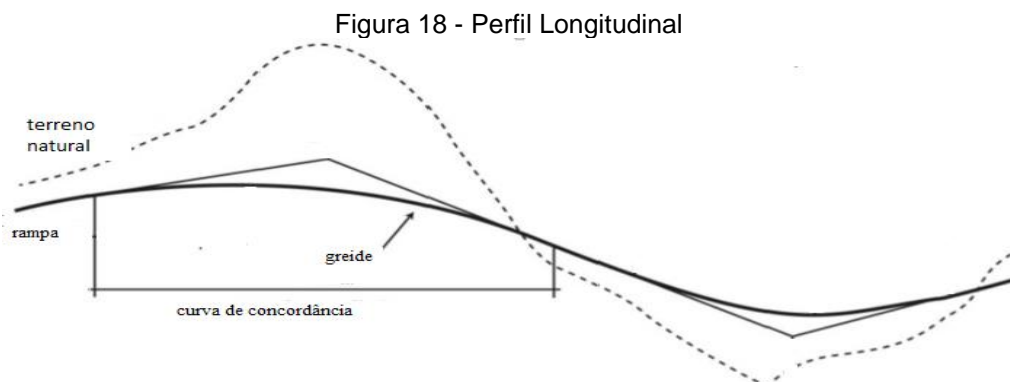
2.5.1 DISTRIBUIÇÃO DA SUPERLARGURA

A distribuição da superlargura em curvas circulares é feita no lado interno, a borda externa poderá apresentar uma curva reversa. Já nas curvas de transição a distribuição se dá metade para cada lado, ou toda na parte interna. Nesse caso a execução é simples e a curva terá um aspecto melhor (PIMENTA; OLIVEIRA,2004).

2.6 PERFIL LONGITUDINAL

Por questões de segurança é sempre necessário substituir o perfil original do terreno por um perfil projetado, (figura 20), denominado greide. O que compõem o greide é uma sequência de rampas que são concordadas por curvas verticais. O indicado é que sempre que for possível, usar rampas mais suaves, raios maiores em

curvas verticais, permitindo ao veículo trafegar com a mesma velocidade durante o trajeto (PIMENTA; OLIVEIRA, 2004).



Fonte: Macedo (2008, adaptado).

2.6.1 ALINHAMENTO VERTICAL

O projeto do greide deve evitar frequentes alterações de menor vulto nos valores das rampas. Estas deverão ser tão contínuas quanto possível. Deverão ser evitadas sempre que possível, curvas verticais no mesmo sentido separadas por pequenas extensões de rampa (PONTES FILHO, 1998).

DNER 706/20 (1999), A determinação de rampas máximas visa determinar o equilíbrio entre o fator econômico, a redução do tempo da viagem e o desempenho do veículo. As inclinações devem estar de acordo com as especificações técnicas e operacionais da rodovia.

O DNER 706/20 (1999), resume os máximos valores para rampas nas diferentes classes de rodovias, porém recomenda-se evitar usar os valores máximos.

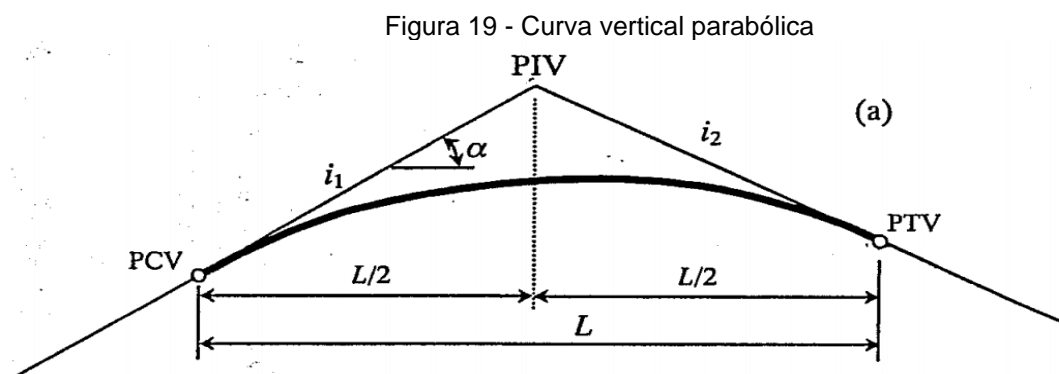
2.6.2 CONCORDÂNCIA VERTICAL

As curvas verticais têm por objetivo concordar as rampas projetadas e devem ser escolhidas de forma a atender às condições de segurança, boa aparência e visibilidade, e permitir a drenagem adequada da estrada (PIMENTA; OLIVEIRA, 2004).

Problemas de drenagem devem ser cuidadosamente analisados em cada caso específico, especialmente nas curvas côncavas compreendidas entre uma rampa descendente e uma ascendente (PIMENTA; OLIVEIRA, 2004).

As curvas utilizadas para concordância vertical podem ser circunferências ou parábolas. A parábola simples de eixo vertical é a mais utilizada por proporcionar boa aparência à curva e boa concordância entre as tangentes, e possibilitar fácil cálculo de suas cotas (PIMENTA; OLIVEIRA, 2004).

Rampas são projetadas visando atender a quesitos de segurança, visibilidade dos motoristas. A curva mais utilizada para essa concordância é a de parábola simples de eixo vertical, (figura 21), pois dá boa aparência às curvas e uma melhor concordância entre tangentes (PIMENTA; OLIVEIRA, 2004).



Fonte: Pontes Filho (1998).

Pontes Filho (1998) determina que:

- PIV: Encontro das tangentes
- PCV: Começo da curva vertical
- PTV: Fim da curva vertical
- L : Comprimento da curva
- i_1 : Inclinação da 1ª rampa
- i_2 : Inclinação da 2ª rampa
- (+) ascendentes, (-) descendentes

Pontes Filho (1998) define que pela variação da declividade podemos definir se a rampa é côncava ($g < 0$) ou convexa ($g > 0$), usando a fórmula:

$$g = i_2 - i_1 \quad \text{Eq. (60)}$$

$$E(PCV) = E(PIV) - \frac{L}{2} \quad \text{Eq. (61)}$$

$$E(PTV) = E(PIV) + \frac{L}{2} \quad \text{Eq. (62)}$$

$$COTA(PCV) = COTA(PIV) - \frac{i_1 \cdot L}{2} \quad \text{Eq. (63)}$$

$$COTA(PTV) = COTA(PIV) + \frac{i_1 \cdot L}{2} \quad \text{Eq. (64)}$$

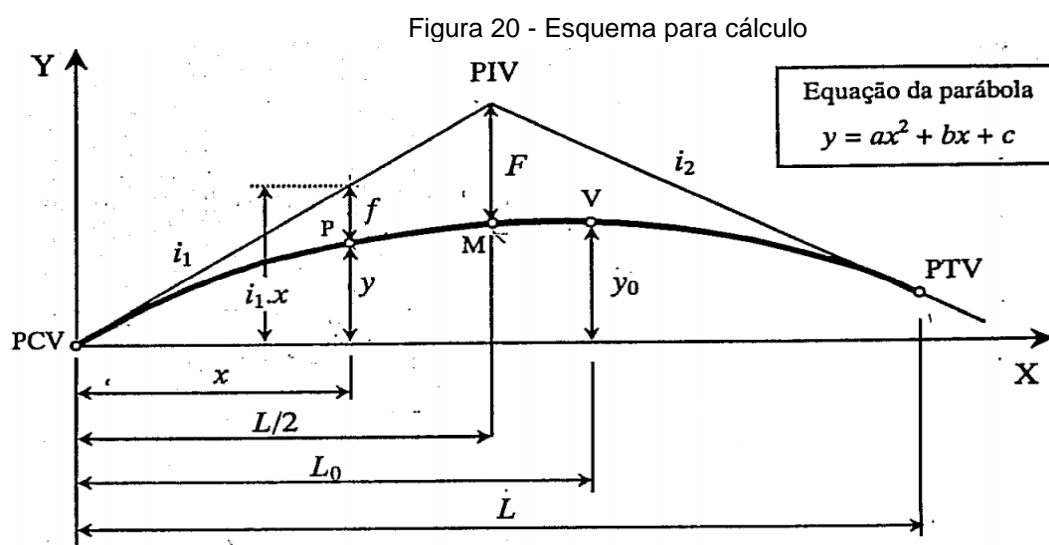
Para o raio de curvatura no vértice da parábola usa-se a fórmula:

$$L = Rv \cdot g \quad \text{Eq. (65)}$$

Onde:

L: comprimento da curva (m)

Rv: raio da curva (m)



Fonte: Pontes Filho (1998).

Pontes Filho (1998) define a equação a seguir como sendo a equação geral da parábola, onde y fornece qualquer ponto x da curva, sendo assim permite determinar as coordenadas nos pontos da curva em relação ao PCV:

$$y = \frac{-g}{2 \cdot L} \cdot x^2 + i_1 \cdot x \quad \text{Eq. (66)}$$

Para a determinação das cotas em relação a P, e das flechas f da parábola, Pontes Filho (1998) indica as seguintes formulas:

$$Cota(P) = y + cota(PCV) \quad \text{Eq. (67)}$$

$$f = \frac{-g}{2 \cdot L} \cdot x^2 \quad \text{Eq. (68)}$$

Para a flecha máxima em PIV, temos:

$$F = \frac{g \cdot L}{8} \quad \text{Eq. (69)}$$

Para calcular os pontos máximos e mínimos, determina-se:

$$L_0 = \frac{i_1 \cdot L}{g} \quad \text{Eq. (70)}$$

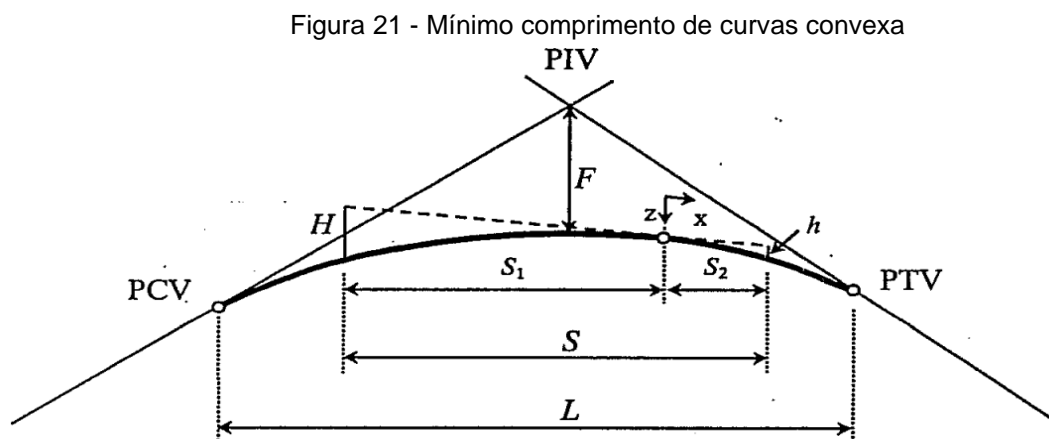
$$y_0 = \frac{i_1^2 \cdot L}{2g} \quad \text{Eq. (71)}$$

2.6.3 COMPRIMENTO MÍNIMO DE CURVAS VERTICAIS

Fator importante para as questões de visibilidade para parada e para ultrapassagem. É importante também para se obter um greide econômico e satisfatório (PIMENTA; OLIVEIRA, 2004).

Curvas convexas: O seu comprimento se dá em função da visibilidade, é escolhido de maneira que quando se avista um obstáculo proporcione uma segura frenagem. Logo, todas as curvas devem apresentar $S \geq Df$, onde S é a distância de visibilidade e Df a distância mínima para frenagem (PIMENTA; OLIVEIRA, 2004).

a) Caso 1: $S = Df \leq L$



Considerando que a altura dos olhos do motorista seja h_1 e h_2 seja a altura do obstáculo
Fonte: Ponte Filho (1998).

O cálculo se dá através da equação (PIMENTA; OLIVEIRA, 2004).

$$L_{\text{mín}} = \frac{g \cdot Df^2}{2 \cdot (h_1 + h_2 + 2 \cdot \sqrt{h_1 \cdot h_2})} \quad \text{Eq. (72)}$$

Onde:

$L_{\text{mín}}$: menor comprimento da curva (m)

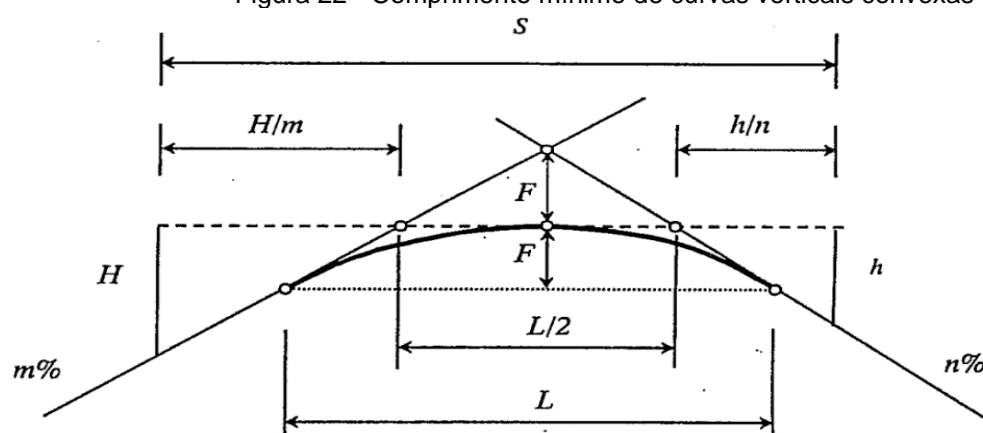
$K_{\text{mín}}$: Parâmetro da parábola (m)

A AASHTO (1994, apud PIMENTA; OLIVEIRA, 2004) determina que considerando $h_1=1,07\text{m}$ e $h_2=0,15\text{m}$, se tem:

$$K_{\text{mín}} = \frac{g \cdot Df^2}{4,04} \quad \text{Eq. (73)}$$

b) Caso 2: $S = Df \geq L$

Figura 22 - Comprimento mínimo de curvas verticais convexas



Fonte: Pontes Filho (1998).

O cálculo se dá através da equação (PIMENTA; OLIVEIRA, 2004).

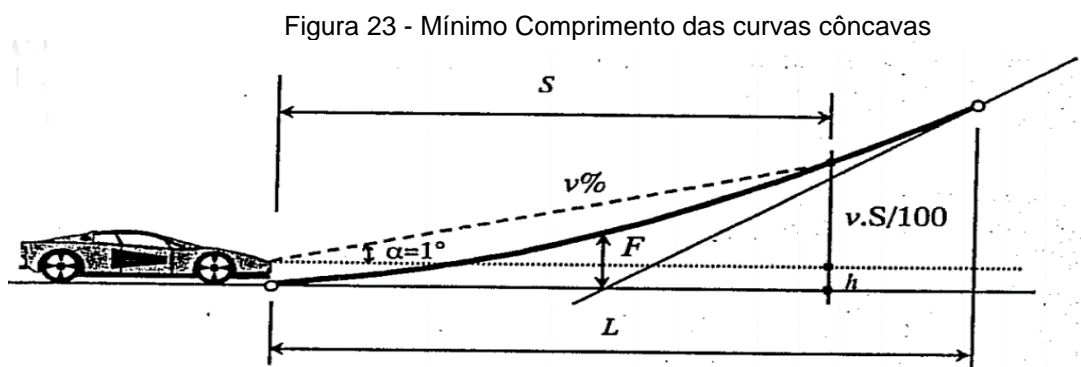
$$L_{\text{mín}} = 2 \cdot Df - \frac{2}{g} \cdot (h_1 + h_2 + 2 \cdot \sqrt{h_1 \cdot h_2}) \quad \text{Eq. (74)}$$

A AASHTO (1994, apud PIMENTA; OLIVEIRA, 2004) determina que considerando $h_1=1,07\text{m}$ e $h_2=0,15\text{m}$, se tem:

$$K_{\text{mín}} = 2 \cdot Df - \frac{4,04}{g} \quad \text{Eq. (75)}$$

Curvas verticais côncavas: O comprimento dessa curva se dá em função da visibilidade noturna, ou seja, o alcance dos faróis. Aconselha-se usar o $h=0,6\text{m}$ (altura dos faróis), e $\alpha=1^\circ$ (PIMENTA; OLIVEIRA, 2004).

a) Caso 1: $S = Df \leq L$



Fonte: Pontes Filho (1998).

O cálculo se dá através da equação (PIMENTA; OLIVEIRA, 2004).

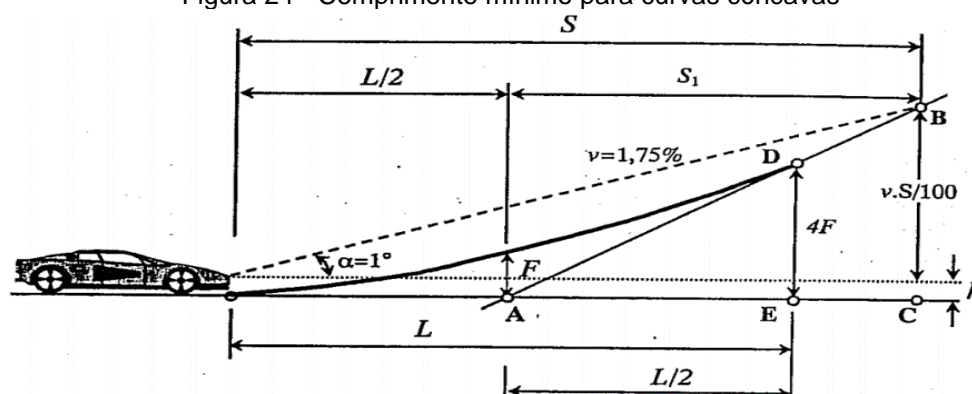
$$L_{\text{mín}} = \frac{g \cdot Df^2}{2 \cdot (h + Df \cdot \text{tg} \alpha)} \quad (\text{m}) \quad \text{Eq. (76)}$$

Para $h=0,6\text{m}$ e $\alpha=1^\circ$:

$$K_{\text{mín}} = \frac{g \cdot Df^2}{1,2 + 0,035 \cdot Df} \quad (\text{m}) \quad \text{Eq. (77)}$$

b) Caso 2: $S = Df \geq L$

Figura 24 - Comprimento mínimo para curvas côncavas



Fonte: Pontes Filho (1998).

O cálculo se dá através da equação (PIMENTA; OLIVEIRA, 2004).

$$L_{\text{mín}} = 2 \cdot Df - \frac{2 \cdot (h + Df \cdot \text{tg} \alpha)}{g} \quad (\text{m}) \quad \text{Eq. (78)}$$

Para $h=0,6\text{m}$ e $\alpha=1^\circ$:

$$K_{\text{mín}} = 2 \cdot Df - \frac{1,2 + 0,035 \cdot Df}{g} \quad (\text{m}) \quad \text{Eq. (79)}$$

3 METODOLOGIA

3.1 DESENHO DE ESTUDO

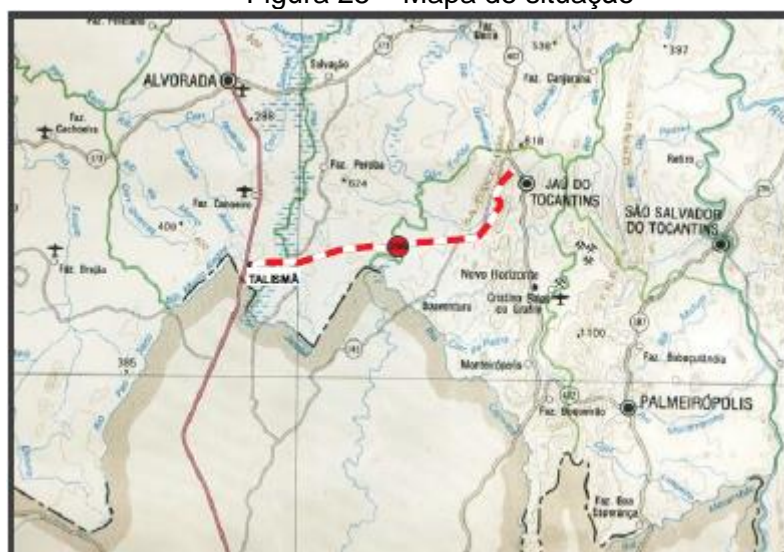
A presente pesquisa trata-se, quanto à natureza, de uma pesquisa aplicada e quali-quantitativa. Quanto aos objetivos metodológico, é uma pesquisa exploratória, buscando tornar claro os problemas levantados, mesmo que não se atinja a verdade absoluta das hipóteses.

Fazendo uma análise com os dados coletados, propõe-se a elaboração de possíveis resultados.

3.2 LOCAL E PERÍODO DE REALIZAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa foi iniciada em Palmas – TO, no período de janeiro de 2019 e foi concluída em outubro de 2019, com estudos bibliográficos que definiu conceito e parâmetros que irão nortear a pesquisa. As coletas de dados foram previamente iniciadas no período de fevereiro e por fim o levantamento topográfico ocorreu em outubro, no município de Talismã – TO, sendo realizada visita técnica no local proposto para o estudo, coletando imagens e mapeando os pontos com equipamentos adequados, e também fazendo um diagnóstico visual das patologias existentes. A figura 25 mostra o local do estudo:

Figura 25 – Mapa de situação



Fonte: Relatório de projeto da rodovia TO 296.

3.3 OBJETO DE ESTUDO

O objeto de estudo foi o trecho da curva vertical que antecede o encabeçamento da ponte sobre o rio Cana Brava, localizada no km 9 da rodovia TO 296 e a verificação dos critérios adotados para dimensionamento das curvas horizontais. A presente pesquisa consiste na classificação, caracterização, e levantamento do traçado geométrico já existente, buscando através desses dados fazer uma análise do traçado com os dados levantados in loco e dados obtidos do projeto executivo da rodovia.

A pesquisa busca realizar um diagnóstico do trecho estudado e identificar se as falhas existentes no mesmo são provenientes de falhas de projeto, execução ou falta de manutenção. E avaliar o quanto esse problema afeta o desempenho da rodovia. Buscando através desses dados fazer uma análise do traçado e averiguar se atende ou não aos critérios básicos de segurança, conforto e nível de serviço exigidos pelo DNIT, e demais órgãos responsáveis.

3.4 LEVANTAMENTO DE DADOS

Inicialmente foi feito um levantamento bibliográfico, onde se adquiriu os dados referentes ao projeto da rodovia em estudo pelo órgão responsável pelo gerenciamento das rodovias estaduais no Tocantins, DERTINS, em formato PDF. Neste pacote de dados fornecidos pelo órgão, inclui:

- VOLUME 1 – Relatório do Projeto;
- VOLUME 3 – Projeto de Execução;
- VOLUME 3B – Notas de Serviço.

3.4.1 Características técnicas do projeto

O critério de classificação e definição da velocidade de projeto não se faz do objetivo deste estudo, portanto para prosseguir com o diagnóstico foi adotado os critérios de classificação do projeto executivo em estudo.

Segundo o DNER 704/20 (1999), a classificação administrativa se dá para responsabilidade administrativa, o planejamento, financiamento, construções, operações e o relacionamento com o usuário. Normalmente as rodovias são identificadas por siglas alfanuméricas, definindo a localização e a entidade responsável.

Conforme o DNER 706/20 (1999), a organização funcional, o volume médio de tráfego (VMD) e os níveis de serviço são os critérios utilizados para classificar uma fração de uma via.

Para a dimensionamento o projetista classificou a rodovia como classe III, a região sendo ondulada, porem adotou velocidade de diretriz a 80 km/h. conforme mostra a figura 26.

Figura 26 - Características técnicas de projeto

CLASSE:	III
REGLÃO:	ONDULADA
VELOCIDADE DIRETRIZ	80,00 km
DISTÂNCIA MÍNIMA DE VISIBILIDADE DE PARADA:	160,00 m
RAIO MÍNIMO DE CURVA HORIZONTAL:	(TRANSIÇÃO) 300,00 m
TAXA MÁXIMA DE SUPERELEVÇÃO:	7%
RAMPA MÁXIMA:	8,54%
Kmin. CONVEXO:	23,52
Kmin. CÔNCAVO:	25,42
LARGURA DA FAIXA DE ROLAMENTO:	3,50 m
LARGURA DO ACOSTAMENTO EXTERNO:	1,30 m
FAIXA DE DOMÍNIO:	80,00 m

Fonte: Relatório de projeto da rodovia TO 296.

3.4.2 Levantamento e análise dos dados

Posteriormente foram feitas duas visitas ao local do trecho a ser explorado. A primeira visita teve como objetivo fazer um prévio reconhecimento do local, foram registradas com o auxílio de uma câmera fotográfica imagens do trecho da rodovia, onde foram encontradas algumas manifestações patológicas do tipo fissuras no revestimento e erosões no aterro, além da falta de concordância da curva vertical com o encabeçamento da ponte sobre o rio Cana Brava.

Figura 27 – Curva vertical que antecede a ponte



Fonte: Autor.

A segunda visita, acompanhado de um técnico especialista em topografia, teve como objetivo fazer a coleta de dados in loco. Com o auxílio de um aparelho RTK GPS da curva vertical. Como mostra a figura 28.

Figura 28 – Técnico operando o RTK.



Fonte: Autor.

Os pontos de leitura foram de 40 metros de distância entre um e outro, em cada ponto o aparelho foi estacionado em sete locais diferentes, sendo eles centro da pista de rolamento, meio fio esquerdo e direito, pé do aterro e a 10 metros do pé do aterro em ambos os lados da pista. A figura 29 mostra o aparelho locado ao centro da pista, e a figura 30 mostra o aparelho locado no meio fio esquerdo.

Figura 29 - Aparelho locado no centro da pista.



Fonte: Autor.

Figura 30 - Aparelho locado no meio fio direito.



Fonte: Autor.

Sobre a ponte o aparelho foi estacionado apenas nos quatro pontos extremos da mesma, conforme figura 32 em uma inspeção visual a ponte aparenta estar desnivelada, conforme figura 31, com a cabeceira do lado onde a pista antecede a curva vertical mais elevada, podendo ser um dos fatores a contribuir com a elevação do aterro para compensar o possível erro de execução da ponte. A ponte tem o comprimento de 100 metros de extensão.

Figura 31 - Ponte inclinada.



Fonte: Autor.

Figura 32 – Aparelho locado na extremidade da ponte.



Fonte: Autor.

Para verificar se a mesma realmente está em desnível locamos o aparelho por mais duas vezes no sentido posterior a ponte, seguindo o critério de distância de 40 metros entre os pontos como mostra a figura 33.

Figura 33 – Aparelho locado a uma distância de 40 metros da ponte.



Fonte: Autor.

Para leitura dos pontos foi adotado como tempo necessário para uma boa precisão dos dados o tempo mínimo de 5 minutos para cada leitura realizada. Sendo contabilizado apenas depois que o aparelho estava nivelado.

O aparelho funciona em formato de triangulação, para isso foi montado uma estação fixa a uma distância de 300 metros da ponte, dentro da faixa de domínio da rodovia, o critério utilizado para a escolha do local foi mais por motivos de segurança, quanto aos usuários da rodovia e ao aparelho, com o mesmo formando um obstáculo se locado na rodovia. A outra estação foi montada por várias vezes até que se deu por satisfeitos com a quantidade de pontos coletados. O terceiro aparelho é o satélite ao qual o equipamento se comunica para coletar o ponto desejado, o tempo de leitura se dá pela precisão da coordenada a ser coletada, quanto maior o tempo, menor será margem de erro, como mostra a figura 34.

Ao todo foi coletado dados em uma extensão de 500 metros.

A coleta desses dados se fez importante para a conferência com as informações adquiridas com o projeto executivo. E para ter a real situação da geometria do trecho em questão.

Figura 34 – Estação fixa e móvel do RTK.



Fonte: Autor.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na sequência serão apresentados os resultados do levantamento e da análise do projeto geométrico da TO 296 que liga Talismã – TO ao entroncamento de Jaú – TO, o diagnóstico do projeto, o levantamento do traçado, o levantamento feito em campo e os cálculos para análise do projeto.

4.1 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DO PROJETO

Os principais critérios usados para definir a Classe de um trecho de rodovia são:

- Posição Hierárquica Dentro da Classificação Funcional;
- Volume Médio Diário de Tráfego (VMD);
- Nível de Serviço;
- Outros condicionantes.

4.2 CLASSE

De acordo com o relatório do projeto em estudo, a rodovia foi enquadrada como Classe III.

Quadro 2 - Classe de Projeto

Classe	Tráfego
Especial	Via Expressa
I A - pista dupla	Nível de Serviço A / B
I B - pista simples	VPH > 200 ou VMD > 1400
II - pista simples	700 a 1400
III - pista simples	300 a 700
IV - pista simples	< 300

Fonte: DNER 706/20 (1999)

Por ter sido adotado esse parâmetro, subtende – se que ao caracterizar o VMD foi encontrado o resultado entre 300 a 700 veículos por dia aos dez anos após a abertura da rodovia ao tráfego compreendido.

4.3 REGIÃO

O relatório do projeto classifica à natureza do terreno atravessado como Região Ondulada.

Segundo DNER 706/20 (1999), Região Ondulada é aquela onde as inclinações naturais do terreno exigem frequentes cortes e aterros de dimensões reduzidas para a acomodação dos greides das rodovias, e que eventualmente oferecem alguma restrição à implantação dos alinhamentos horizontal e vertical.

Com a visita a rodovia foi possível constatar o tipo de região que a mesma atravessa, foi observado uma serie de cortes e aterros para implantação da rodovia.

4.4 VELOCIDADE DIRETRIZ

É uma velocidade selecionada para fins de projeto da via e que condiciona as principais características da mesma, tais como: curvatura, superelevação e distancia de visibilidade, das quais depende a operação segura e confortável dos veículos.

O relatório de projeto apresenta uma velocidade de diretriz de 80 km/h, velocidade tal que desatende ao que se diz no Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais.

Para uma região ondulada e de Classe III, como é apresentado no relatório de projeto da rodovia a velocidade diretriz a ser adotada seria de 60 km/h como mostra o quadro 15.

Quadro 3 - Velocidade diretriz

CLASSE	RELEVO		
	PLANO	ONDULADO	MONTANHOSO
ESPECIAL	120	100	80
I	100	80	60
II	100	70	50
III	80	60	40
IV	80 - 60	60 - 40	40 - 30

Fonte: DNER 706/20 (1999)

Temos que as velocidades diretrizes elevadas proporcionam vantagens sob os aspectos de aumento da segurança, do conforto e da velocidade média de viagem. Por outro lado, temos que as velocidades diretrizes elevadas, por mais desejáveis que sejam, governam a adoção de valores mais elevados para construção resultante.

4.5 RAIO MÍNIMO DE CURVA HORIZONTAL

Os critérios de cálculos para raio mínimo e superelevação foram apresentados no item 2.6 deste trabalho, onde temos velocidade diretriz já conhecida e coeficiente de atrito encontrado no quadro 9, foi usado a equação (55) para conhecer o raio mínimo.

Foi encontrado um raio mínimo de 240 m e adotado em projeto um raio mínimo de 300 m, estando de acordo com DNER 706/20 (1999).

4.6 CURVAS HORIZONTAIS

A rodovia em estudo contém 17 curvas horizontais. Para avaliação das curvas foi montado uma planilha em Excel conforme "APÊNDICE A" deste trabalho, onde a partir das coordenadas dos PI'S constantes no relatório foram calculadas as curvas horizontais, para verificação se as mesmas atendem ou não as normas do DNER 706/20 (1999).

Quadro 4 - Quadro de coordenadas dos PI'S

PI's N°. (vértice)	DEFLEXÃO (grau)	DIREÇÃO	DIST. entre VÉRTICE	AZIMUTE	COORDENADAS	
					N	E
TALISMÃ / JAÚ DO TOCANTINS						
ESTACA 00	-	-			8.585.131,06	707.439,09
1	53°30'00"	E	341,12	132°18'45"	8.584.901,43	707.691,35
2	8°43'00"	D	1.755,07	78°48'45"	8.585.241,95	709.413,06
3	18°48'45"	D	6.140,51	87°31'45"	8.585.506,67	715.547,87
4	36°00'00"	E	920,50	106°20'30"	8.585.247,67	716.431,18
5	3°27'00"	D	1.420,06	70°20'30"	8.585.725,39	717.768,47
6	11°42'15"	D	7.802,10	73°47'30"	8.587.903,20	725.260,46
7	22°16'51"	D	6.457,81	85°29'45"	8.588.410,34	731.698,33
8	22°00'00"	E	1.129,67	107°46'36"	8.588.065,44	732.774,06
9	45°00'00"	E	3.477,74	85°46'36"	8.588.321,56	736.242,36
10	44°38'00"	D	795,31	40°46'36"	8.588.923,82	736.761,78
11	45°11'11"	E	15.518,23	85°24'36"	8.590.165,64	752.230,25
12	8°47'30"	E	3.237,02	40°13'25"	8.592.637,20	754.320,63
13	65°15'05"	E	5.043,64	31°25'55"	8.596.940,73	756.950,82
			2.066,69	326°10'50"		

Fonte: Relatório de projeto da rodovia TO 296.

Após realizar o lançamento das coordenadas dos PI'S na planilha, foi feito um comparativo com a planilha do projeto executivo da rodovia, conforme "APÊNDICE B" deste trabalho. Contudo foi constatado uma divergência entre os limites adotados para o raio mínimo permitido para ser dispensado o uso de curva de transição.

O DNER 706/20 (1999), só dispensa o uso de curvas de transição em casos onde a concordância horizontal com curvas circulares de raios superiores aos indicados no quadro 6 deste trabalho.

No relatório de projeto e projeto executivo da rodovia traz a velocidade diretriz sendo de 80 km/h, mas para tal velocidade as curvas de transição apenas poderiam ser dispensadas para um raio mínimo de 1200 metros. De acordo com a planilha do projeto executivo “APÊNDICE B” deste trabalho, o limite do raio adotado para dispensar a curva de transição foram todos os raios abaixo de 689,27 metros. Com isso apenas as curvas 1, 4, 9 e 10 foram dimensionadas com transição como é mostrado no quadro 17.

Quadro 5 - Transição dispensada com raio acima de 680 m.

Curvas	Direção	Raio (m)	Classificação
1	E	300,00	TRANSIÇÃO
2	D	2.726,00	CIRCULAR
3	D	782,20	CIRCULAR
4	E	491,91	TRANSIÇÃO
5	D	3.320,49	CIRCULAR
6	D	1.354,90	CIRCULAR
7	D	839,10	CIRCULAR
8	E	926,02	CIRCULAR
9	E	400,00	TRANSIÇÃO
10	D	350,00	TRANSIÇÃO
11	E	850,00	CIRCULAR
12	E	2.105,41	CIRCULAR
13	E	689,27	CIRCULAR
14	D	696,23	CIRCULAR
15	D	5.001,92	CIRCULAR
16	E	1.079,38	CIRCULAR
17	D	732,41	CIRCULAR

Fonte: Autor.

Usando o raio de 1200 metros conforme o DNER 706/20 (1999) recomenda como parâmetro ao qual podem ser dispensados curva de transição com a velocidade igual a 80 km/h, teríamos as curvas 1, 3, 4, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 16 e 17 como sendo de transição. Como é mostrado no quadro 18. Porém como apresentado no quadro 17, tivemos apenas 4 curvas com transição.

Quadro 6 - Curvas dispensadas do uso de transição com 1200m.

Curvas	Direção	Raio (m)	Classificação
1	E	300,00	TRANSIÇÃO
2	D	2.726,00	CIRCULAR
3	D	782,20	TRANSIÇÃO
4	E	491,91	TRANSIÇÃO
5	D	3.320,49	CIRCULAR
6	D	1.354,90	CIRCULAR
7	D	839,10	TRANSIÇÃO
8	E	926,02	TRANSIÇÃO
9	E	400,00	TRANSIÇÃO
10	D	350,00	TRANSIÇÃO
11	E	850,00	TRANSIÇÃO
12	E	2.105,41	CIRCULAR
13	E	689,27	TRANSIÇÃO
14	D	696,23	TRANSIÇÃO
15	D	5.001,92	CIRCULAR
16	E	1.079,38	TRANSIÇÃO
17	D	732,41	TRANSIÇÃO

Fonte: Autor

Por outro lado, conforme apresentado no item 4.4 deste trabalho, para uma região ondulada e de Classe III, como é apresentado no relatório de projeto da rodovia a velocidade diretriz a ser adotada seria de 60 km/h como mostra o quadro 15. Para tal velocidade o DNER 706/20 (1999), recomenda a dispensar o uso da curva de transição com raios acima de 700 metros.

Quadro 7 - Curvas dispensadas de transição com raios acima de 700 m.

Curvas	Direção	Raio (m)	Classificação
1	E	300,00	TRANSIÇÃO
2	D	2.726,00	CIRCULAR
3	D	782,20	CIRCULAR
4	E	491,91	TRANSIÇÃO
5	D	3.320,49	CIRCULAR
6	D	1.354,90	CIRCULAR
7	D	839,10	CIRCULAR
8	E	926,02	CIRCULAR
9	E	400,00	TRANSIÇÃO
10	D	350,00	TRANSIÇÃO
11	E	850,00	CIRCULAR
12	E	2.105,41	CIRCULAR
13	E	689,27	TRANSIÇÃO
14	D	696,23	TRANSIÇÃO
15	D	5.001,92	CIRCULAR
16	E	1.079,38	CIRCULAR
17	D	732,41	CIRCULAR

Fonte: Autor

Levando em consideração a velocidade diretriz de 60 km/h e raios acima de 700 metros ao qual podem ser dispensadas as curvas de transição, temos os valores de projeto mais próximos quando comparados aos resultados no cálculo da planilha em Excel. Onde temos as curvas 1, 4, 9, 10, 13 e 14 que teriam que ser dimensionadas como curvas de transição. Apenas as curvas 13 e 14 não teriam sido dimensionadas conforme o DNER 706/20 (1999) recomenda. Onde pode ter ocorrido um ajuste no limite de dispensa do valor do raio DNER 706/20(1999) ao qual podem ser dispensados as curvas de transição, logo que as o raio da curva 13 é 689,27 metros e da curva 14 é de 696,23 metros, estando muito próximo dos 700 m.

4.7 CURVA VERTICAL

Para as curvas verticais, foi escolhido uma curva, que visualmente poderia ser considerada com problemas de projeto ou de execução. A curva que foi analisada está no trecho entre as estacas 350 a 375.

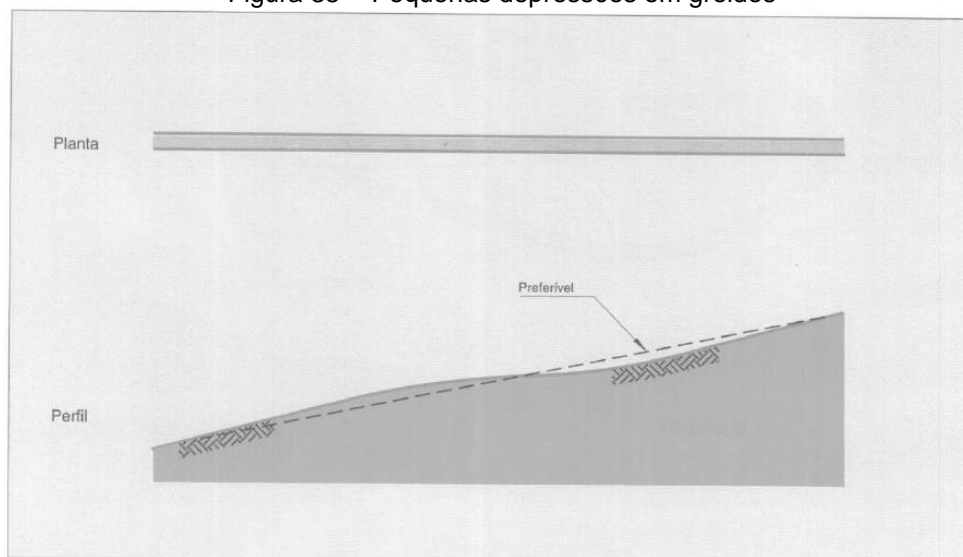
Os dados coletados com o aparelho GPS RTK, conforme descrito no item 3.4.2 deste trabalho está apresentado no “APÊNDICE C”.

Após realizar o tratamento dos dados levantados in loco, com o auxílio do Relatório do Posicionamento por Ponto Preciso (PPP) fornecido pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) processado em 07/10/2019. Após isso foi feito uma sobreposição entre o projetado e o levantamento da rodovia executada.

Através da sobreposição dos traçados foi possível visualizar a real situação do trecho em análise. Com uma supressão excessiva próximo ao encabeçamento da ponte, gerou um desconforto muito grande aos usuários da rodovia. A falta de concordância na curva vertical prejudica além do conforto a segurança da rodovia.

A figura 37, do DNER 706/20 mostra que devemos evitar pequenas depressões em greides que devem ser longos e uniformes.

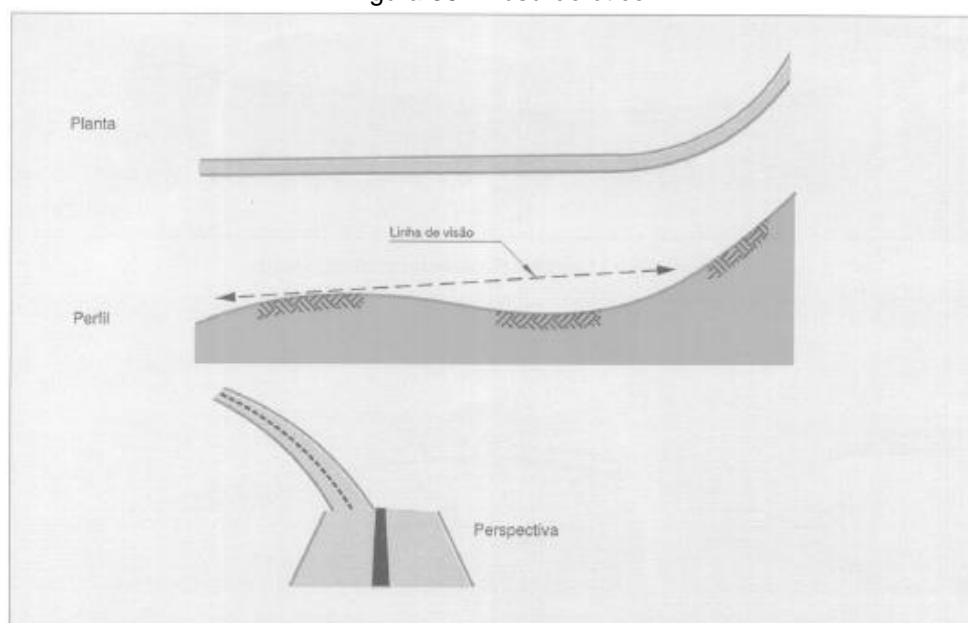
Figura 35 - Pequenas depressões em greides



Fonte: DNER 706/20 (1999)

Na curva vertical foi identificado o que se chama de absurdo ótico, que ocorre quando o início de uma curva é escondido do motorista por uma elevação intermediária, enquanto a continuação da curva é vista à distância.

Figura 36 - Absurdo ótico



Fonte: DNER 706/20 (1999)

Através dos estudos realizados é possível afirmar que a curva vertical em questão não foi executada conforme projeto. Foi também identificado várias patologias no talude e revestimento no trecho da rodovia, entre elas erosão do aterro fissura e no revestimento.

Para solucionar o problema e sanar os riscos aos usuários da rodovia, deve fazer a regularização do aterro, retirando a camada do revestimento e fazendo o complemento do aterro até alcançar o nível de projeto. Após a regularização deverá ser refeito o revestimento asfáltico e sinalização horizontal e vertical do trecho.

5 CONCLUSÃO

A importância da malha rodoviária brasileira para a economia e o desenvolvimento do país é indiscutível, como um fundamental meio de transporte e distribuição da maioria das produções e cargas, além da circulação e do deslocamento de passageiros, ela deve apresentar condições adequadas de uso, garantindo conforto e segurança para seus usuários.

Deste modo é de suma importância que o projeto geométrico de uma rodovia seja bem executado e atenda a todas as normas e as condições de segurança exigidas pelos órgãos responsáveis. O desenvolvimento do presente estudo possibilitou um diagnóstico do projeto geométrico da rodovia TO 296, no trecho que liga Talismã a Jaú do Tocantins, para avaliar se as curvas da rodovia atende as normas mínimas de segurança exigidas pelo DNIT.

Após a análise dos resultados gerados com a aplicação dos procedimentos metodológicos, e a realização da pesquisa de campo para obter dados mais precisos, foi concluído que a curva vertical estudada não atende os parâmetros exigidos pelo DNER, com a falta da concordância horizontal a curva apresenta sérios riscos à segurança dos usuários que ali trafegam. Sendo assim necessário a compensação do aterro para reestabelecer a segurança do trecho.

Para as curvas horizontais foi verificado a divergência dos limites de dispensa para as curvas de transição a partir da classificação adotada em projeto, por ter sido adotada a velocidade diretriz diferente ao que o DNER estipula para o tipo de classe e região, temos que algumas curvas foram dimensionadas de forma que não atendem os critérios de segurança, sendo dimensionadas curvas circulares quando deveriam ser curvas de transição, com isso afetando diretamente as superelevação e superlargura da curva. Para corrigir o problema é sugerido que se faça a correção da curva ou uma revisão do projeto de sinalização, reduzindo a velocidade nas curvas de 80 km/h para 60 km/h e com isso a rodovia possa oferecer mais segurança e conforto aos usuários.

6 REFERÊNCIAS

Apostila **PROJETO GEOMETRICO** – Parte 1 – DTT/UFPR

<http://files.labtopope.webnode.com/200000172-def26dfefb/APOSTILA_PROJETO_GEOMETRICO_UFPR_2010.pdf>

Acesso em abril de 2019.

A IMPORTÂNCIA DAS RODOVIAS NO DESENVOLVIMENTO GERAL DE UMA REGIÃO

ensaios/a-Importância-Das-Rodovias-No-Desenvolvimento/60838147.html

Acesso em outubro de 2019.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. DNER 706/20: Manual de projeto geométrico de rodovias rurais. Rio de Janeiro, 1999.

PIMENTA, Carlos R. T.; OLIVEIRA, Márcio P. Projeto geométrico de rodovias. 2. ed. São Carlos: Rima, 2004. 195 p.

PONTES FILHO, Glauco. Estradas de rodagem projeto geométrico. 2. ed. São Carlos: Ipc, 1998. 432 p.

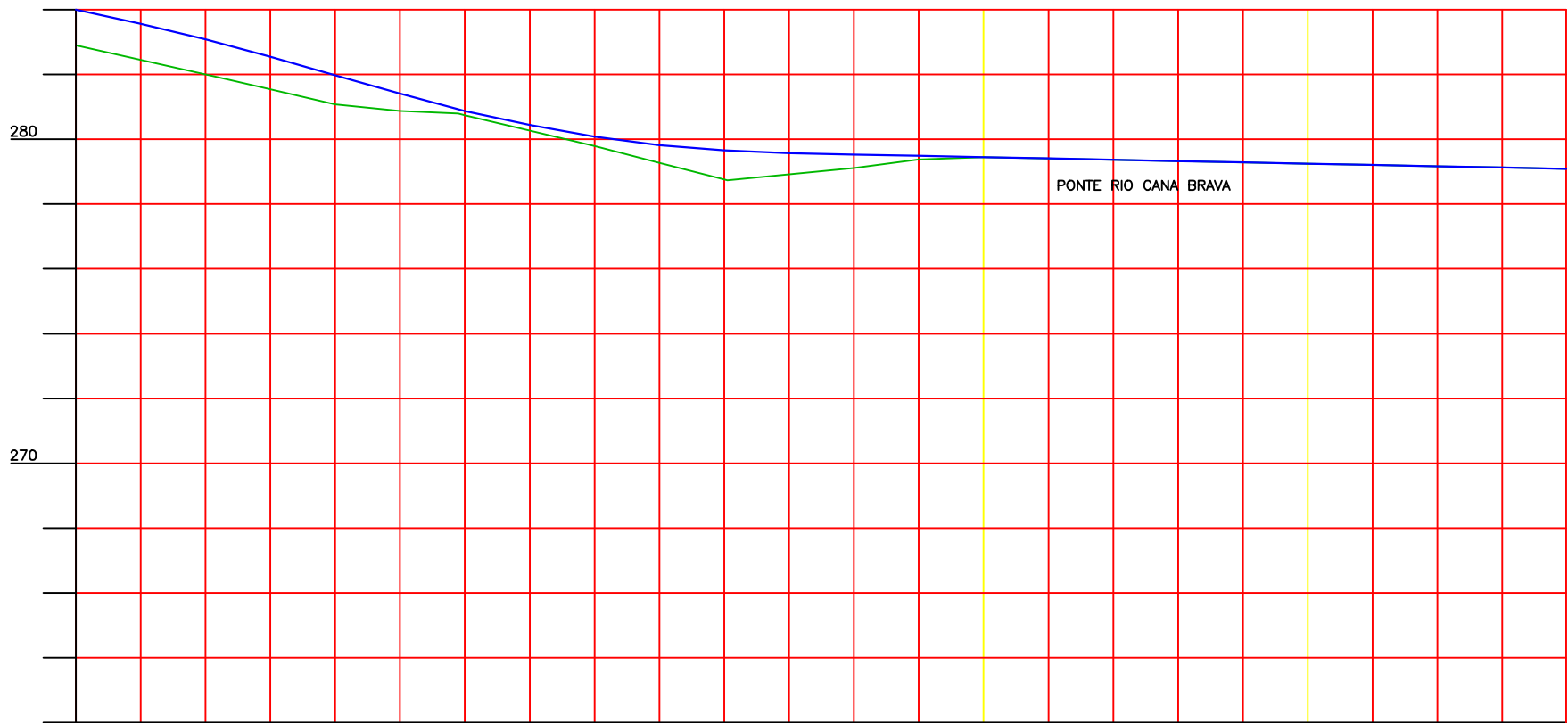
SENÇO, Wlastermiler de. Manual de técnicas de projetos rodoviários. São Paulo: Pini, 2008.761p

Transporte rodoviário no Brasil

<https://pt.wikipedia.org/wiki/Transporte_rodovi%C3%A1rio_no_Brasil>

Acesso em abril de 2019.

APÊNDICES



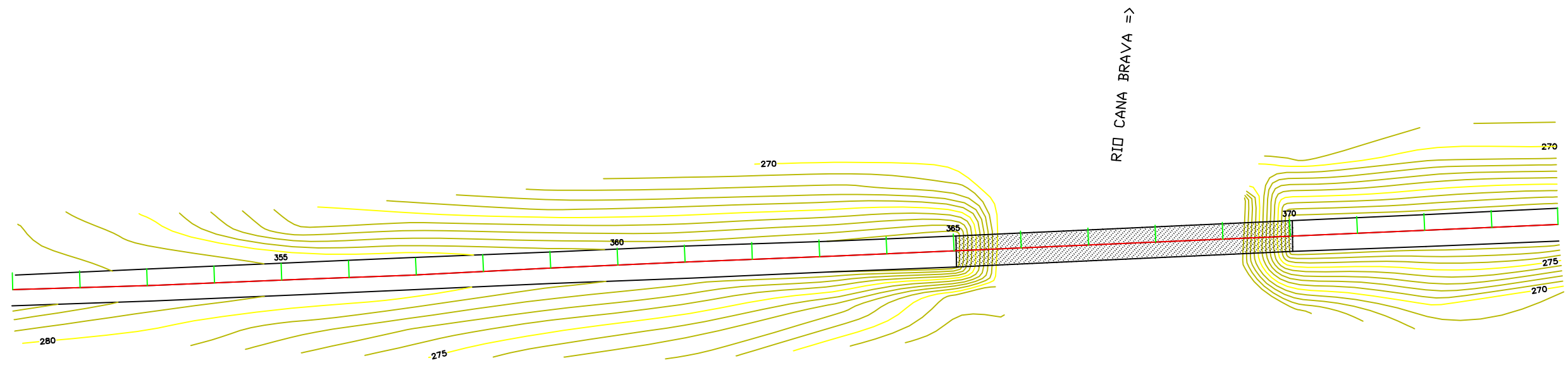
Cotas do terreno	Estaca
282,899	351
282,452	352
282,004	353
281,540	354
281,075	355
280,876	356
280,740	357
280,265	358
279,789	359
279,273	360
278,756	361
278,914	362
279,108	363
279,463	364
279,850	365
268,897	366
267,720	367
266,552	368
265,542	369
278,299	370
278,946	371
278,990	372
279,006	373
279,021	

█ PROJETADO

█ EXECUTADO

CURVA VERTICAL QUE ANTECEDE A PONTE SOBRE O RIO CANA BRAVA

FALTA DE CONCORDÂNCIA VERTICAL COMPROMETE A SEGURANÇA DA RODOVIA



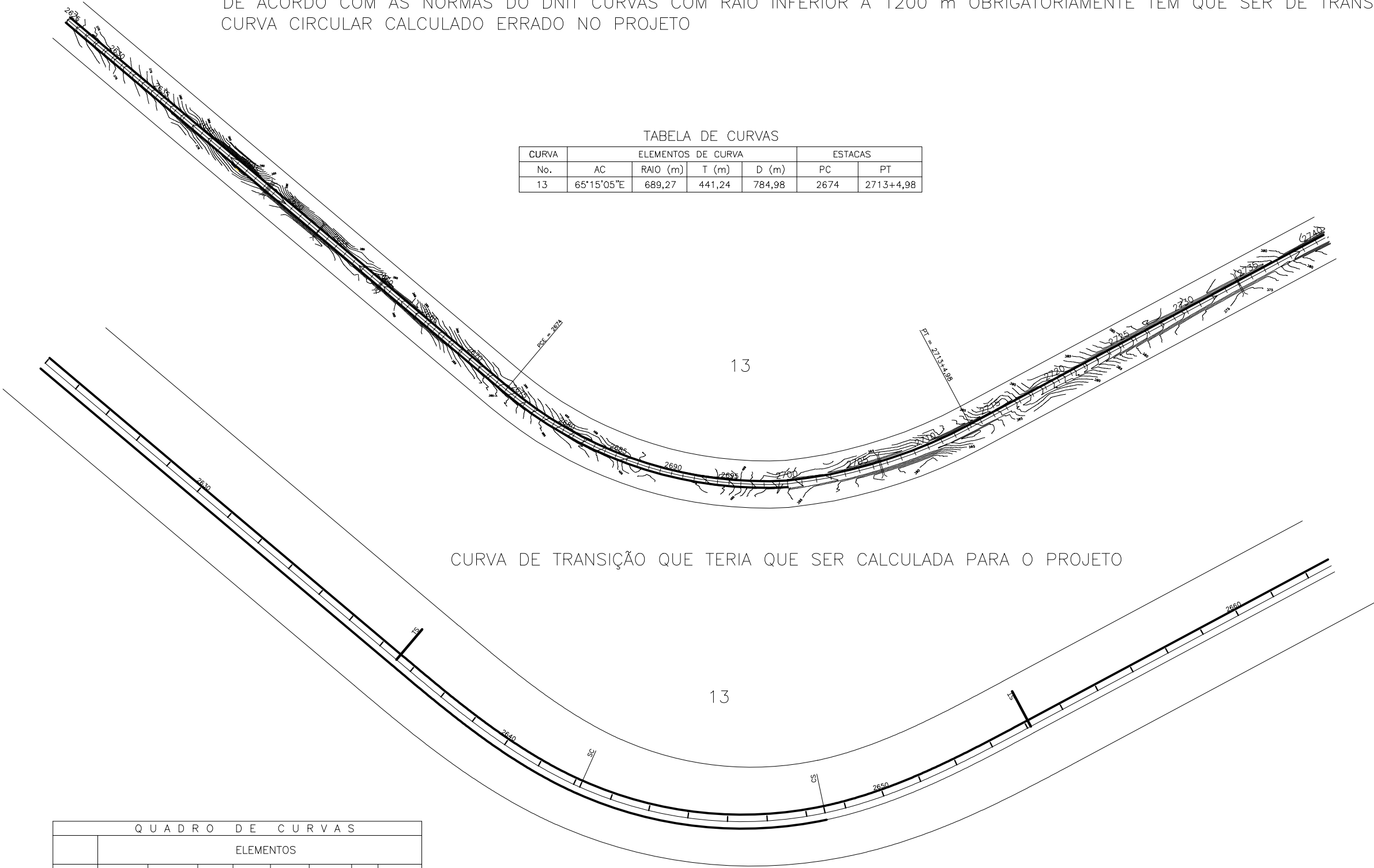
CURVA DE NÍVEL DA CURVA VERTICAL QUE ANTECEDE A PONTE SOBRE O RIO CANA BRAVA

VELOCIDADE DIRETRIZ DA RODOVIA = 80 KM/h

DE ACORDO COM AS NORMAS DO DNIT CURVAS COM RAIOS INFERIORES A 1200 m OBRIGATORIAMENTE TEM QUE SER DE TRANSIÇÃO
CURVA CIRCULAR CALCULADO ERRADO NO PROJETO

TABELA DE CURVAS

CURVA	ELEMENTOS DE CURVA				ESTACAS	
	No.	AC	RAIO (m)	T (m)	D (m)	
13	65°15'05"E	689,27	441,24	784,98	2674	2713+4,98



CURVA DE TRANSIÇÃO QUE TERIA QUE SER CALCULADA PARA O PROJETO

QUADRO DE CURVAS

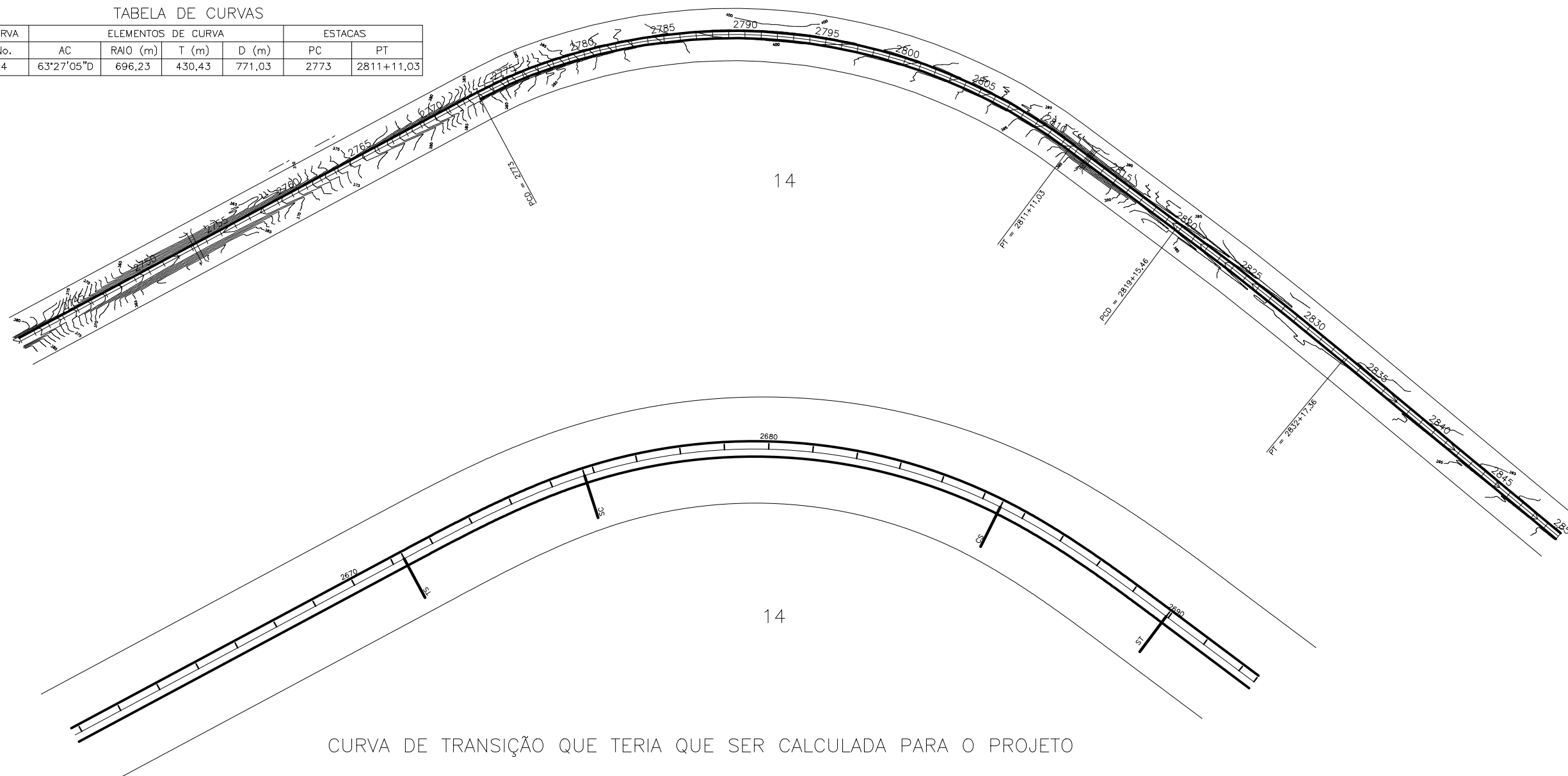
CURVA	ELEMENTOS							
	R	AC	LC1	LC2	TS1	TS2	T	D
13	200.000	82°53'52"	112	112	193.598	193.598	-	125.977

CURVA HORIZONTAL 13 DIMENSIONADAS EM PROJETO COMO CURVA CIRCULAR E REDIMENSIONADA PARA CURVA CIRCULAR COM TRANSIÇÃO

VELOCIDADE DIRETRIZ DA RODOVIA = 80 KM/h
 DE ACORDO COM AS NORMAS DO DNIT CURVAS COM RAIOS INFERIORES A 1200 m OBRIGATORIAMENTE TEM QUE SER DE TRANSIÇÃO
 CURVA CIRCULAR CALCULADA ERRADA NO PROJETO

TABELA DE CURVAS

CURVA	ELEMENTOS DE CURVA				ESTACAS	
	AC	RAIO (m)	T (m)	D (m)	PC	PT
14	63°27'05"D	696,23	430,43	771,03	2773	2811+11,03



CURVA DE TRANSIÇÃO QUE TERIA QUE SER CALCULADA PARA O PROJETO

QUADRO DE CURVAS

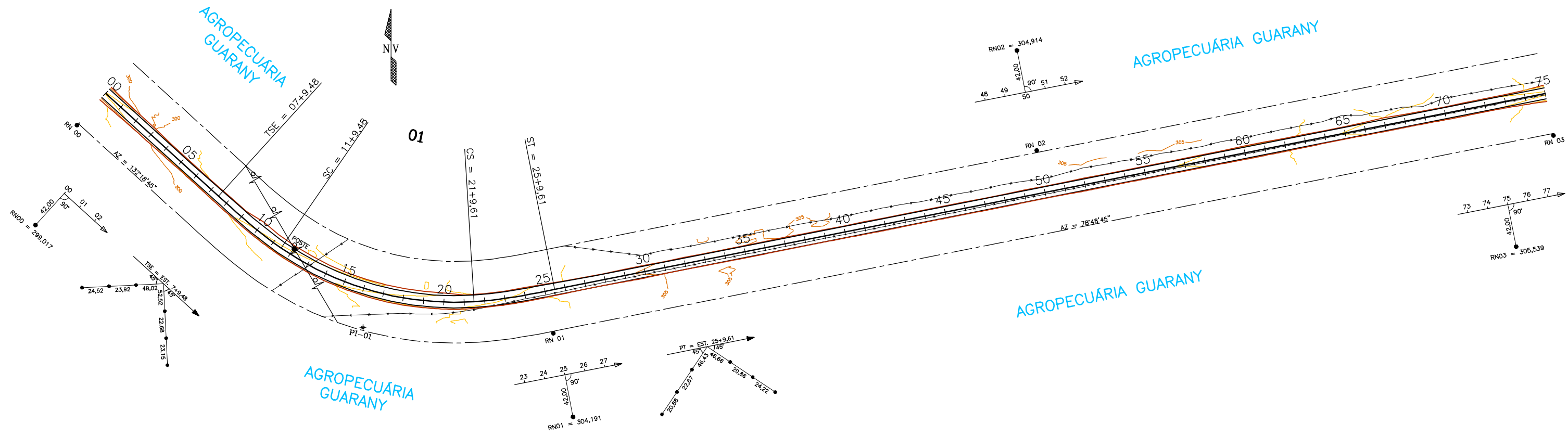
CURVA	ELEMENTOS							
	R	AC	LC1	LC2	TS1	TS2	T	D
14	250.000	70°18'52"	90	90	204.960	204.960	-	193.449

CURVA HORIZONTAL 14 DIMENSIONADAS EM PROJETO COMO CURVA CIRCULAR E REDIMENSIONADA PARA CURVA CIRCULAR COM TRANSIÇÃO

CARACTERÍSTICAS DAS CURVAS HORIZONTAIS

CURVA	LADO	R	LC	Acc	Ac TOTAL	T (ts)	D	PC (TS)	SC	CS	PT (ST)
ESTACA INICIAL 00											
1	E	300,00	80,00	38°13'16"	53°30'00"	191,64	360,13	07 + 9,48	11 + 9,48	21 + 9,61	25 + 9,61
2	D	2.726,00	-	08°43'00"	-	207,76	414,72	93 + 5,28	-	-	114
3	D	782,20	-	18°48'45"	-	129,58	256,83	404 + 3,17	-	-	417
4	E	491,91	80,00	26°40'55"	36°00'00"	200,00	389,08	446 + 10,92	450 + 10,92	462	466
5	D	3.320,49	-	03°27'00"	-	100,00	199,94	522 + 0,06	-	-	532
6	D	1.354,90	-	11°42'15"	-	138,87	276,77	910 + 3,23	-	-	924
7	D	839,10	-	22°16'51"	-	165,24	326,30	1231 + 13,70	-	-	1248
8	E	926,02	-	22°00'00"	-	180,00	355,57	1287 + 4,43	-	-	1305
9	E	400,00	80,00	33°32'27"	45°00'00"	205,95	394,16	1459 + 11,79	1463 + 11,79	1475 + 5,95	1479 + 5,95
10	D	350,00	80,00	31°32'14"	44°38'00"	183,96	352,65	1499 + 11,35	1503 + 11,35	1513 + 4,00	1517 + 4,00
11	E	850,00	-	45°11'11"	-	353,70	670,35	2266 + 4,57	-	-	2299 + 14,92
12	E	2.105,41	-	08°47'30"	-	161,85	323,06	2435 + 16,39	-	-	2451 + 19,45
13	E	689,27	-	65°15'05"	-	441,24	784,98	2674	-	-	2713 + 4,98
14	D	696,23	-	63°27'05"	-	430,43	771,03	2773	-	-	2811 + 11,03
15	D	5.001,92	-	03°00'00"	-	130,98	261,90	2819 + 15,46	-	-	2832 + 17,36
16	E	1.079,38	-	18°48'00"	-	178,69	354,17	2880	-	-	2897 + 14,17
17	D	742,81	-	26°52'00"	-	177,42	348,31	2925	-	-	2942 + 8,31
ESTACA FINAL - 3658											
COMPLEMENTO DO TRAÇADO											
ESTACA INICIAL 00'											
ESTACA FINAL - 20'+19,55											





COORDENADAS GEOMÉTRICAS

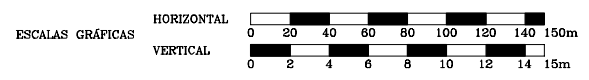
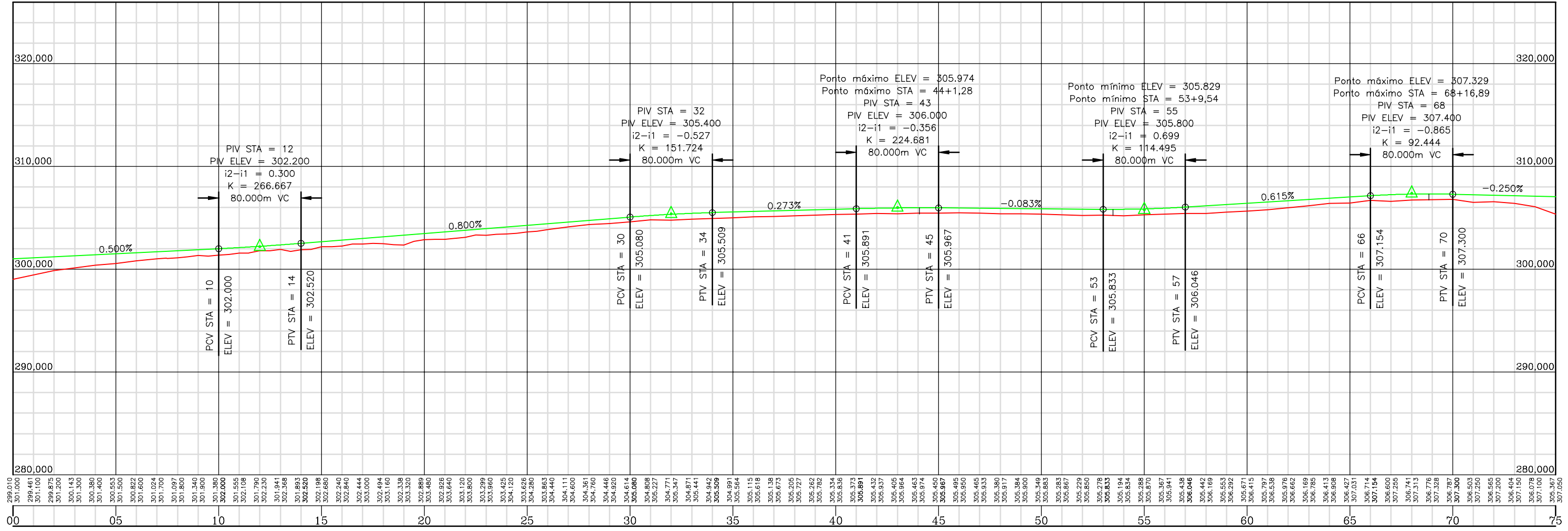
EST	N	E
00	8.585.131,06	707.439,09

COORDENADAS GEOMÉTRICAS

PI	N	E
01	8.584.901,43	707.691,35

TABELA DE CURVAS

CURVA	ELEMENTOS DE CURVA				ESTACAS					
	No.	AC	RAIO (m)	Ts (m)	D (m)	Lc (m)	TS	SC	CS	ST
01	53°30'00"E	300,00	191,64	360,13	80,00	7+9,48	11+9,48	21+9,61	25+9,61	



SECRETARIA DA INFRA-ESTRUTURA
 DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO TOCANTINS
 PROJETO EXECUTIVO DE ENGENHARIA

RODOVIA TO-296 TRECHO TALISMÁ / JAÚ DO TOCANTINS
 PROJETO GEOMÉTRICO

ESTACAS 00-75 ESCALA INDICADA DATA - FOLHA 01/42



AGROPECUÁRIA GUARANY

AGROPECUÁRIA GUARANY

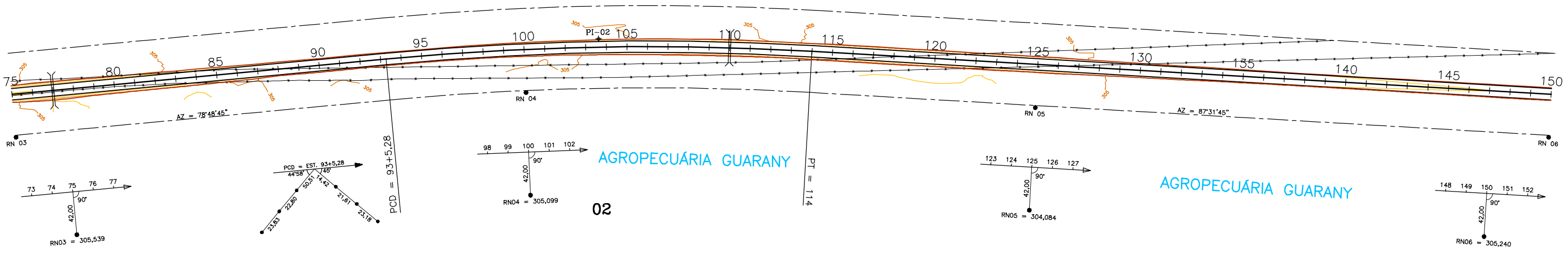
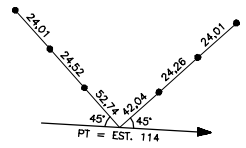
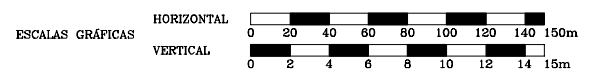
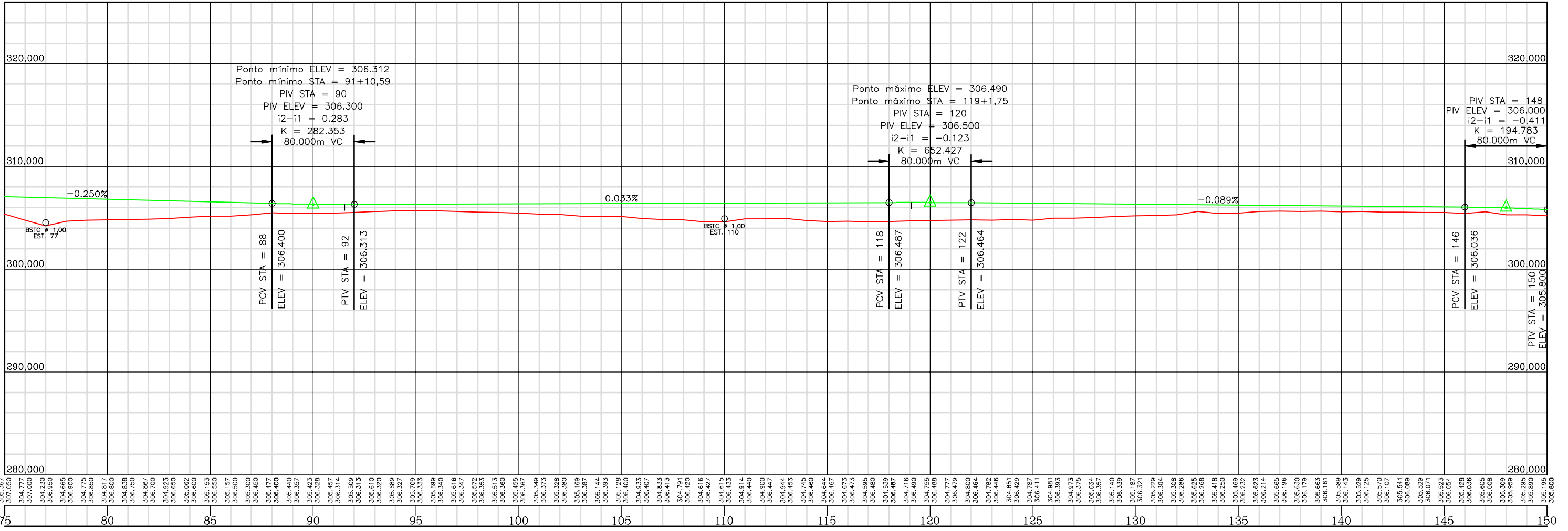
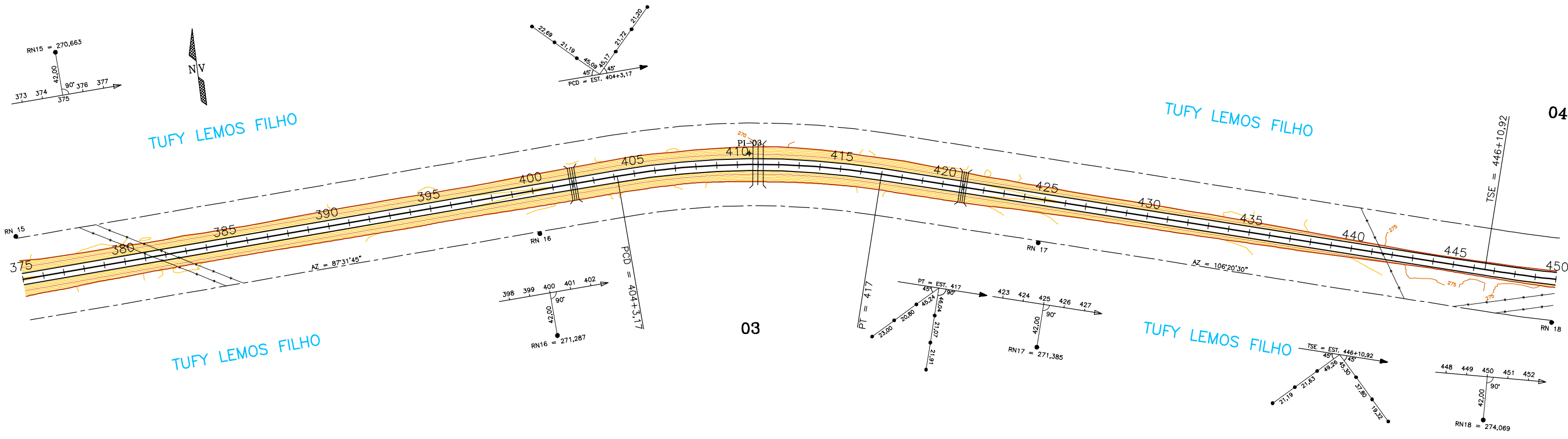


TABELA DE CURVAS

CURVA	ELEMENTOS DE CURVA				ESTACAS		COORDENADAS GEOMÉTRICAS			
	No.	AC	RAIO (m)	T (m)	D (m)	PC	PT	PI	N	E
02	8°43'00"D	2.726,00	207,76	414,72	93+5,28	114	02	8.585.241,95	709.413,06	



SECRETARIA DA INFRA-ESTRUTURA			
DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO TOCANTINS			
PROJETO EXECUTIVO DE ENGENHARIA			
RODOVIA	TO-296	TRECHO	TALISMÃ / JAÚ DO TOCANTINS
PROJETO GEOMÉTRICO			
ESTACAS	75-150	ESCALA	INDICADA
DATA	-	FOLHA	02/42



COORDENADAS GEOMÉTRICAS

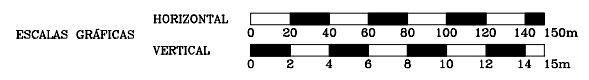
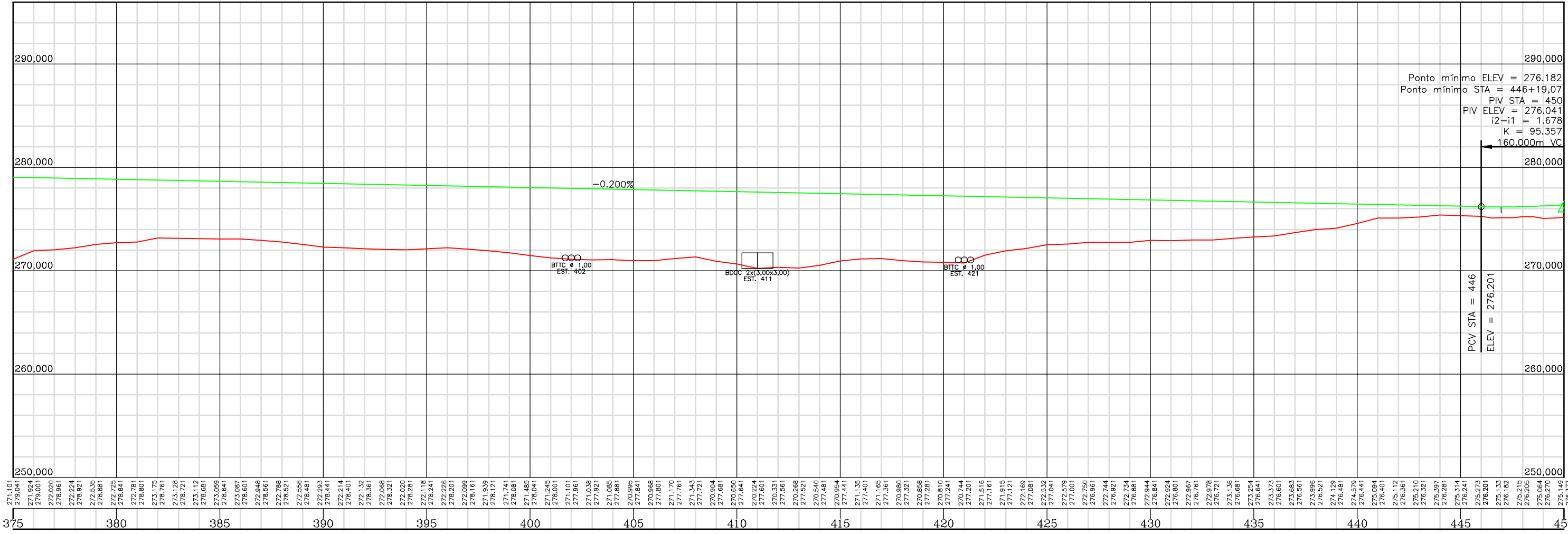
PI	N	E
03	8.585.506,67	715.547,87

TABELA DE CURVAS

CURVA	ELEMENTOS DE CURVA				ESTACAS	
	No.	AC	RAIO (m)	T (m)	D (m)	PT
03	18°48'45\"D	782,20	129,58	256,83	404+3,17	417

TABELA DE CURVAS

CURVA	ELEMENTOS DE CURVA				ESTACAS					
	No.	AC	RAIO (m)	Ts (m)	D (m)	Lc (m)	TS	SC	CS	ST
04	36°00'00\"E	491,91	200,00	389,08	80,00	446+10,92	450+10,92	462	466	

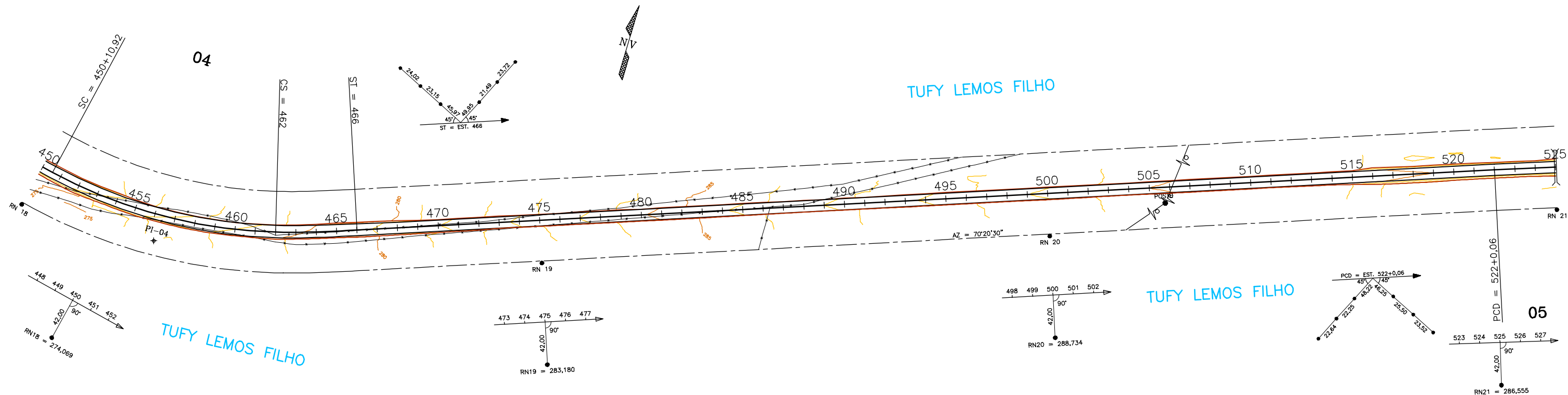


SECRETARIA DA INFRA-ESTRUTURA
 DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO TOCANTINS
 PROJETO EXECUTIVO DE ENGENHARIA

RODOVIA TO-296 TRECHO TALISMÁ / JAÚ DO TOCANTINS

PROJETO GEOMÉTRICO

ESTACAS 375-450 ESCALA INDICADA DATA - FOLHA 06/42



COORDENADAS GEOMÉTRICAS

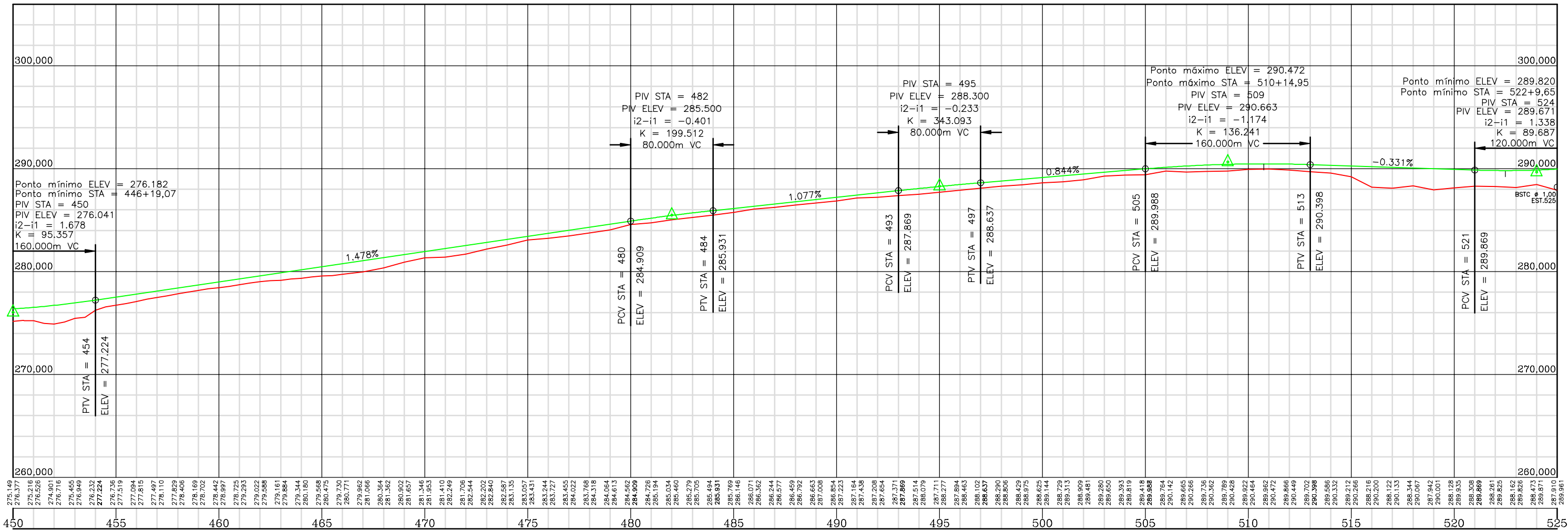
PI	N	E
04	8.585.247,67	716.431,18

TABELA DE CURVAS

CURVA	ELEMENTOS DE CURVA				ESTACAS					
	No.	AC	RAIO (m)	Ts (m)	D (m)	Lo (m)	TS	SC	CS	ST
04	36°00'00"E	491,91	200,00	389,08	80,00	446+10,92	450+10,92	462	466	

TABELA DE CURVAS

CURVA	ELEMENTOS DE CURVA				ESTACAS		
	No.	AC	RAIO (m)	T (m)	D (m)	PC	PT
05	3°27'00"D	3.320,49	100,00	199,94	522+0,06	532	



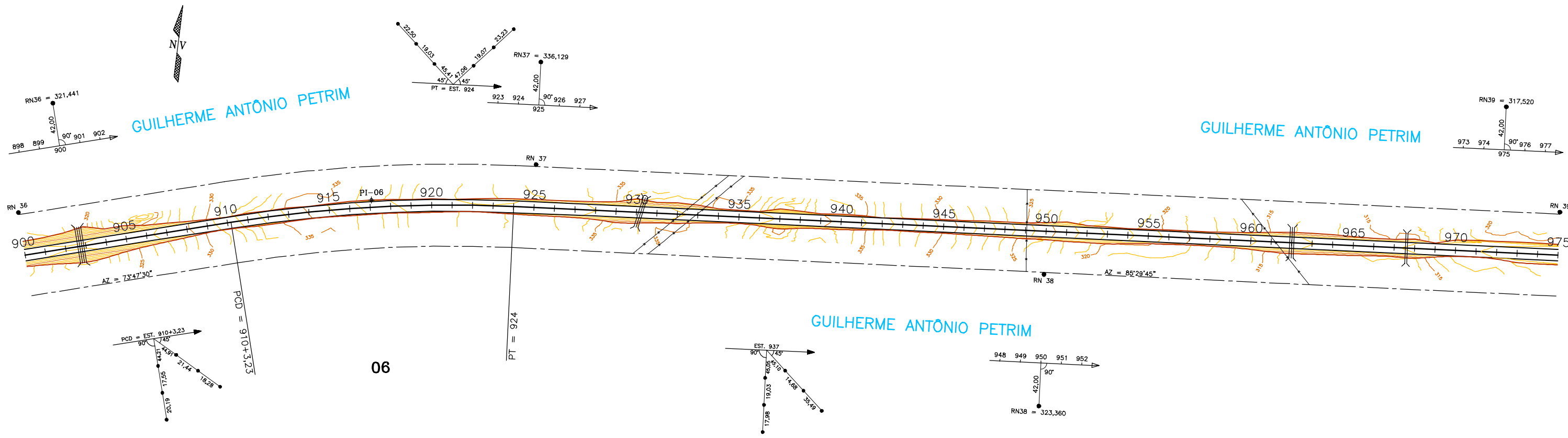
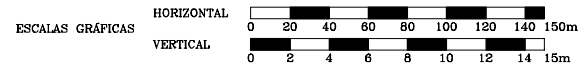
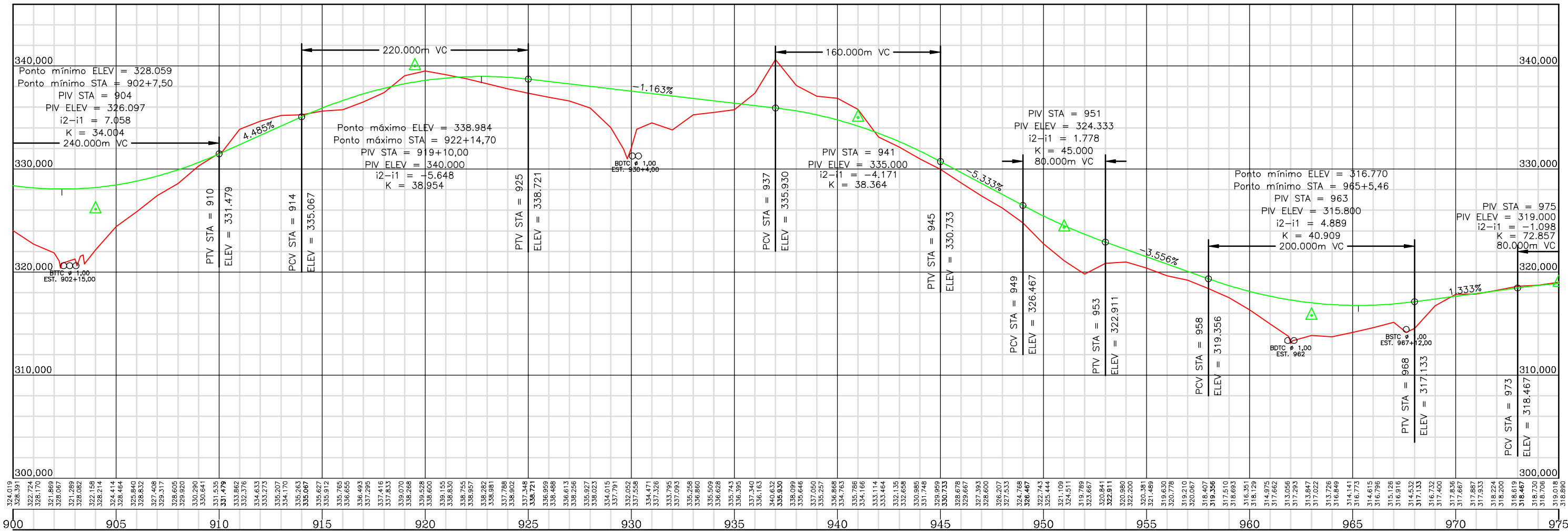


TABELA DE CURVAS

CURVA	ELEMENTOS DE CURVA				ESTACAS	
	No.	AC	RAIO (m)	T (m)	PC	PT
06	11°42'15\"D	1.354,90	138,87	276,77	910+3,23	924

COORDENADAS GEOMÉTRICAS		
PI	N	E
06	8.587.903,20	725.260,46



SECRETARIA DA INFRA-ESTRUTURA			
DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO TOCANTINS			
PROJETO EXECUTIVO DE ENGENHARIA			
RODOVIA	TO-296	TRECHO	TALISMÁ / JAÚ DO TOCANTINS
PROJETO GEOMÉTRICO			
ESTACAS	900-975	ESCALA	INDICADA
DATA	-	FOLHA	13/42

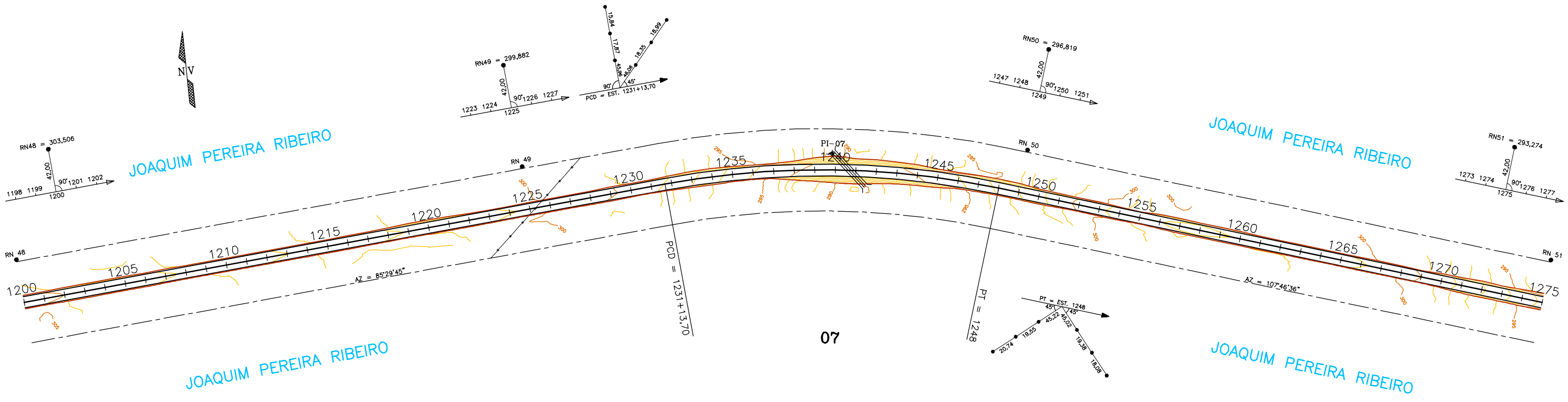
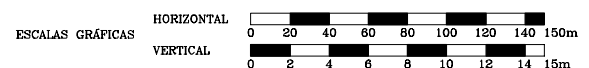
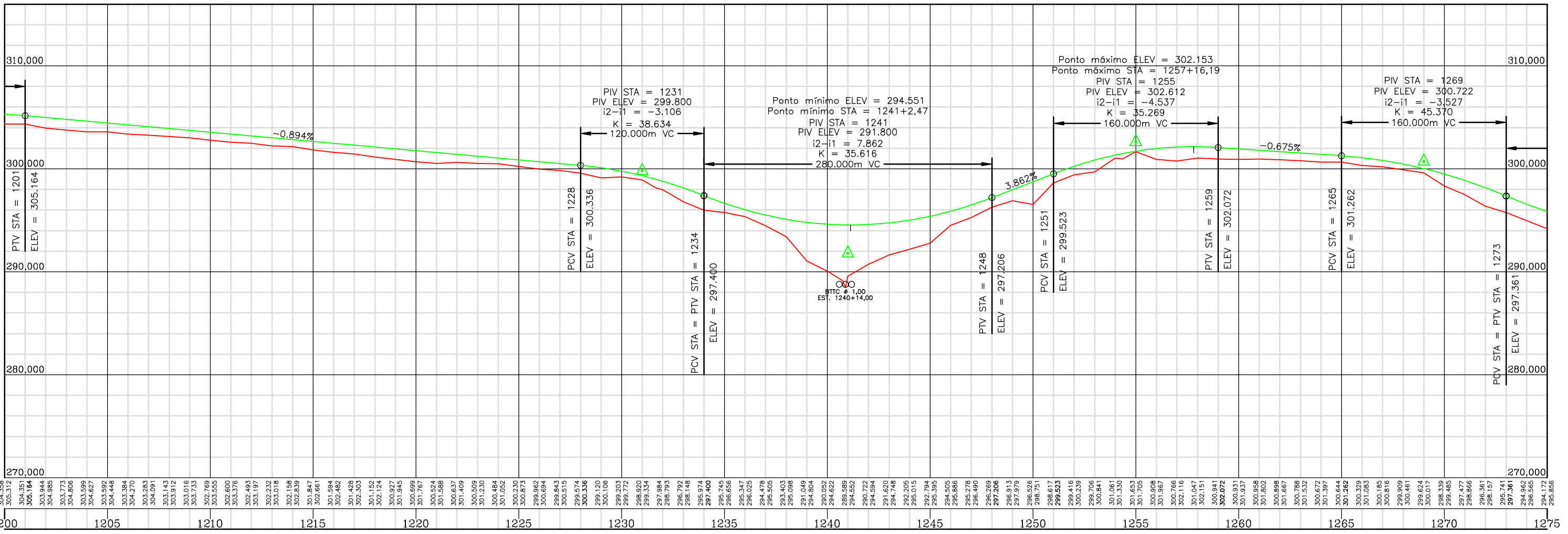


TABELA DE CURVAS

CURVA	ELEMENTOS DE CURVA				ESTACAS		COORDENADAS GEOMÉTRICAS			
	No.	AC	RAIO (m)	T (m)	D (m)	PC	PT	Pi	N	E
07	22°16'51\"D	839,10	165,24	326,30	1231+13,70	1248	07	8.588.410,34	731.698,33	



	SECRETARIA DA INFRA-ESTRUTURA						
	DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO TOCANTINS						
	PROJETO EXECUTIVO DE ENGENHARIA						
	RODOVIA TO-296		TRECHO TALISMÁ / JAÚ DO TOCANTINS				
PROJETO GEOMÉTRICO							
ESTACAS	1200-1275	ESCALA	INDICADA	DATA	-	FOLHA	17/42

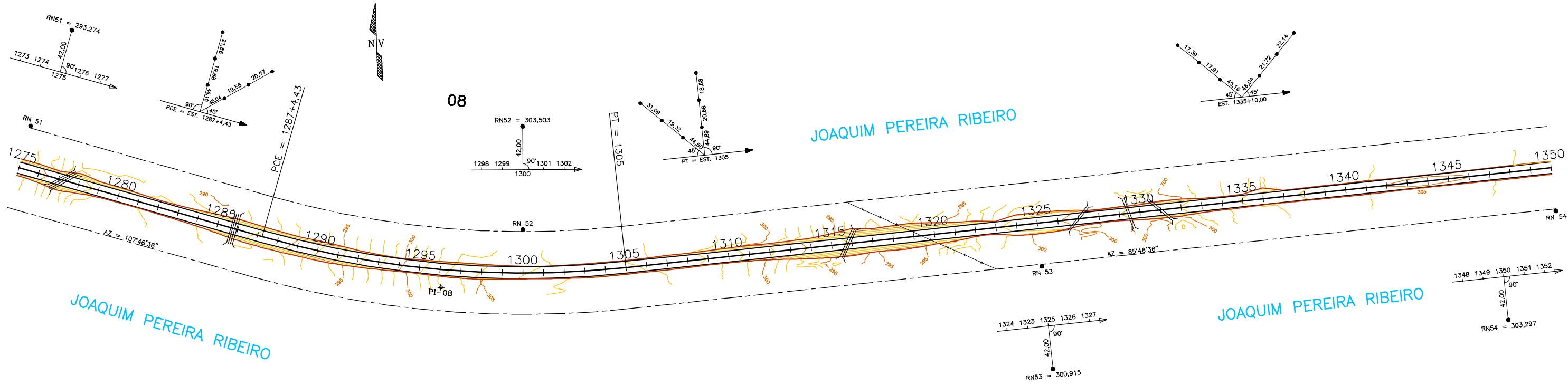
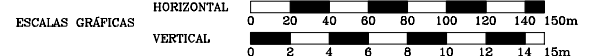
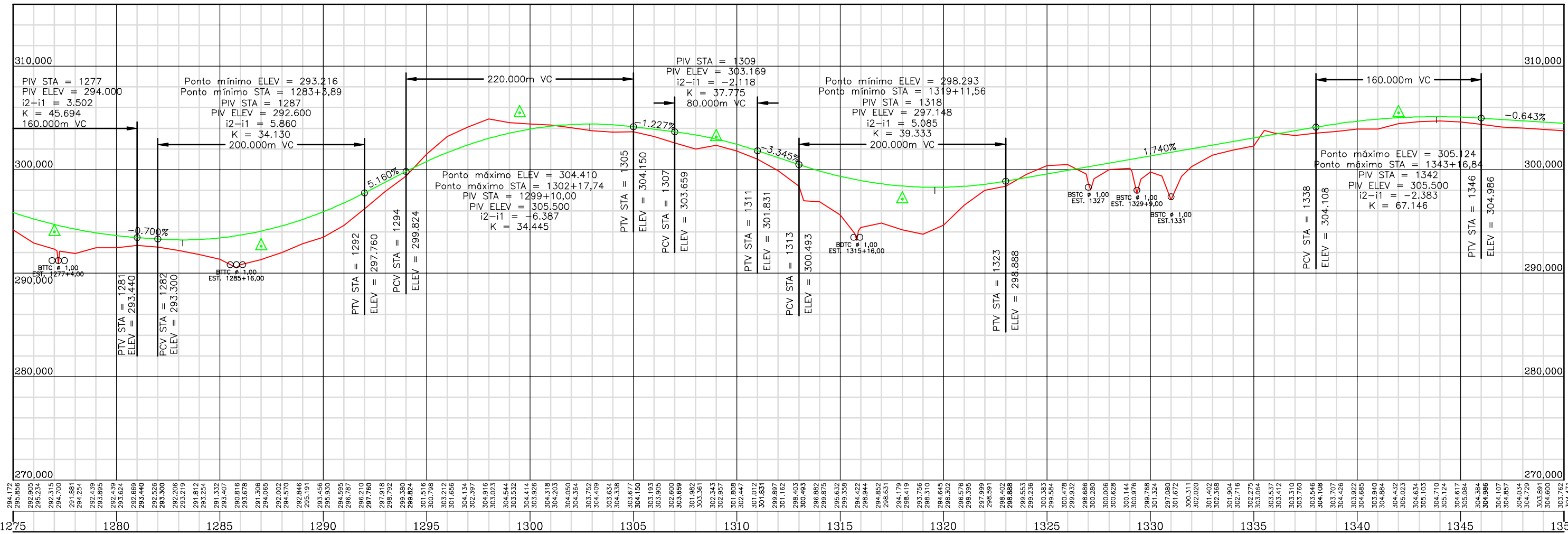


TABELA DE CURVAS

CURVA	ELEMENTOS DE CURVA				ESTACAS		
	No.	AC	RAIO (m)	T (m)	D (m)	PC	PT
08		22°00'00"E	926,02	180,00	355,57	1287+4,43	1305

COORDENADAS GEOMÉTRICAS

PI	N		E	
	PI	N	PI	E
08	8.588.065,44	732.774,06		



SECRETARIA DA INFRA-ESTRUTURA			
DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO TOCANTINS			
PROJETO EXECUTIVO DE ENGENHARIA			
RODOVIA	TO-296	TRECHO	TALISMÁ / JAÚ DO TOCANTINS
PROJETO GEOMÉTRICO			
ESTACAS	1275-1350	ESCALA	INDICADA
DATA	-	FOLHA	18/42

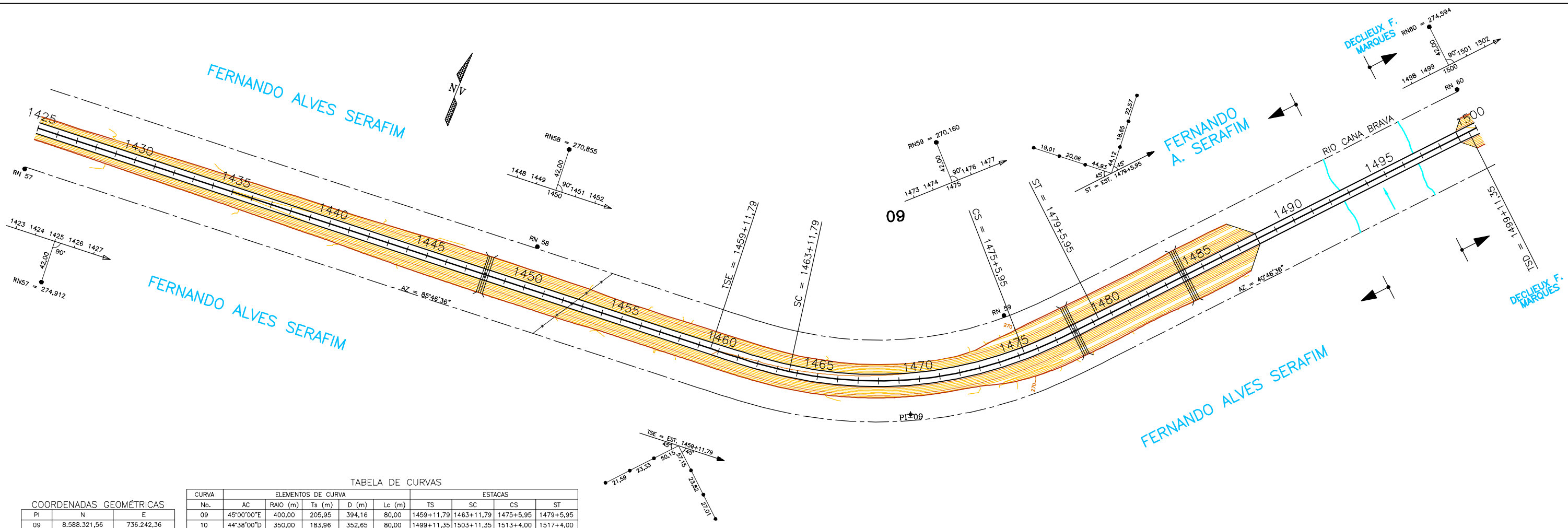
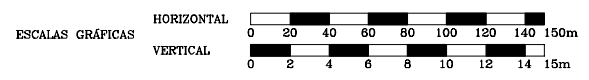
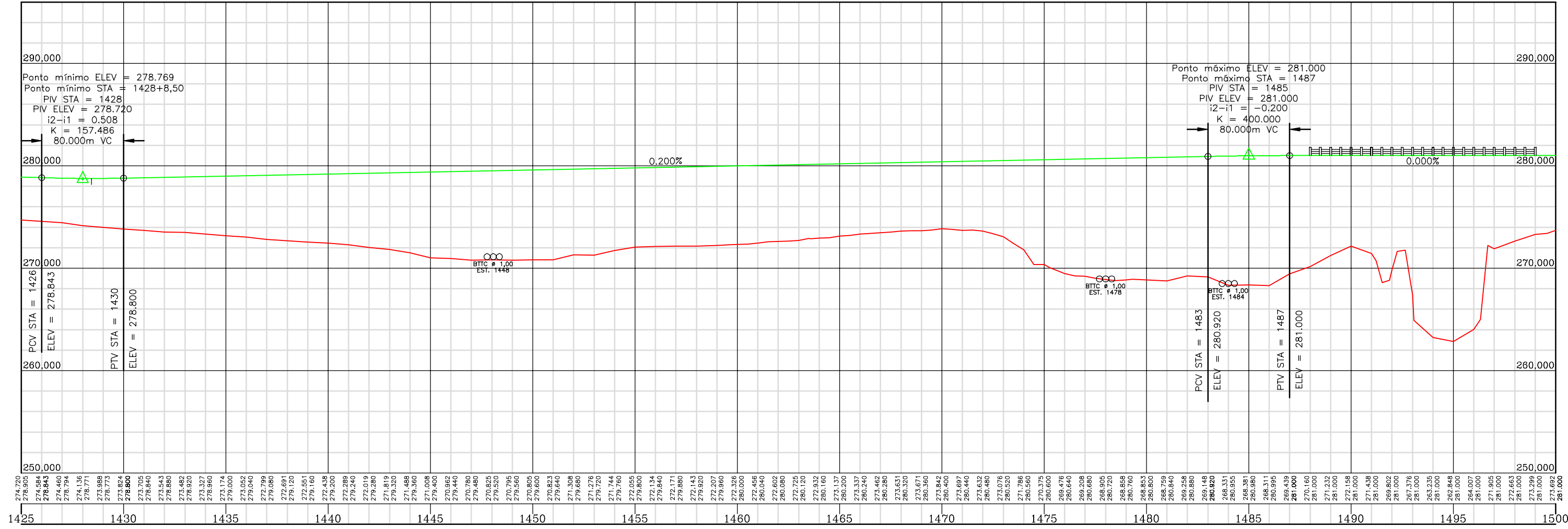


TABELA DE CURVAS

CURVA	ELEMENTOS DE CURVA				ESTACAS					
	No.	AC	RAIO (m)	Ts (m)	D (m)	Lc (m)	TS	SC	CS	ST
09	45°00'00"E	400,00	205,95	394,16	80,00	1459+11,79	1463+11,79	1475+5,95	1479+5,95	
10	44°38'00"D	350,00	183,96	352,65	80,00	1499+11,35	1503+11,35	1513+4,00	1517+4,00	

COORDENADAS GEOMÉTRICAS

PI	N	E
09	8.588.321,56	736.242,36



SECRETARIA DA INFRA-ESTRUTURA
DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO TOCANTINS
PROJETO EXECUTIVO DE ENGENHARIA

RODOVIA TO-296 TRECHO TALISMÁ / JAÚ DO TOCANTINS

PROJETO GEOMÉTRICO

ESTACAS 1425-1500 ESCALA INDICADA DATA - FOLHA 20/42

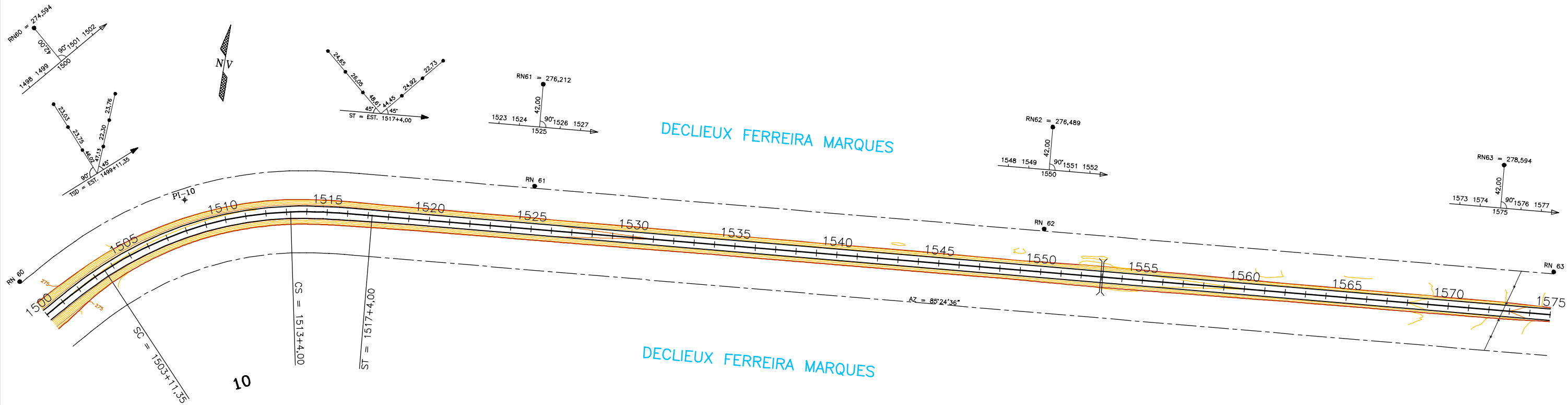
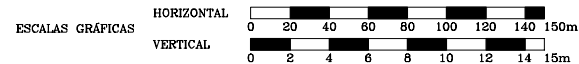
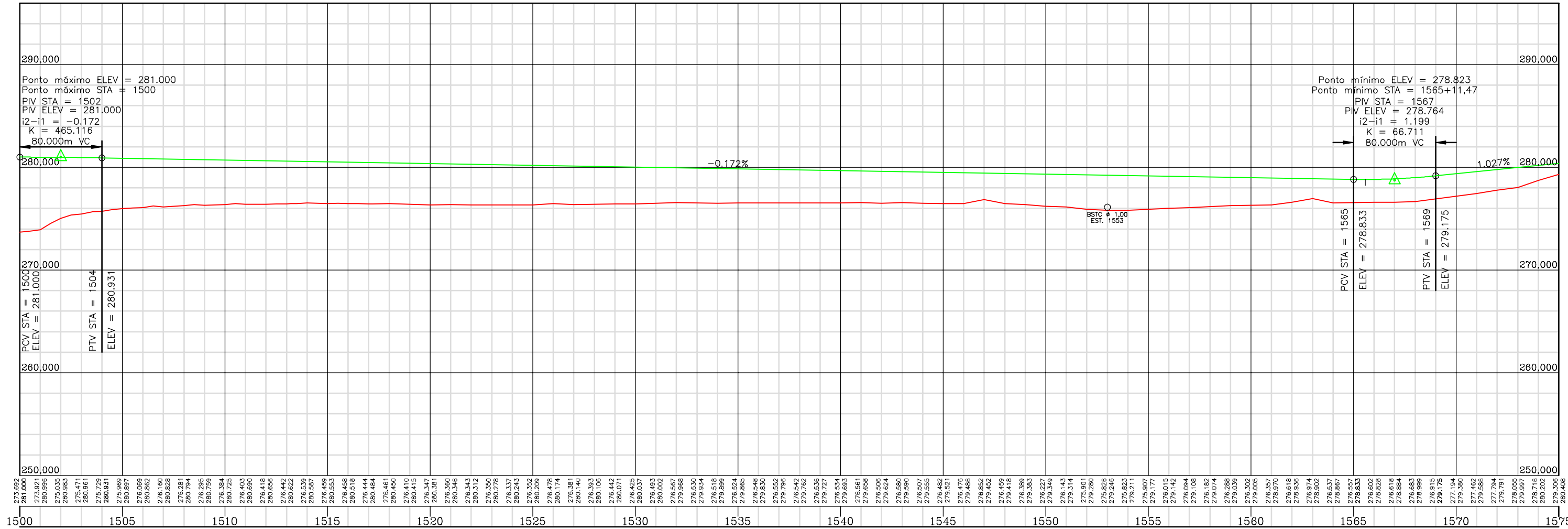


TABELA DE CURVAS

COORDENADAS GEOMÉTRICAS

PI	N	E
10	8.588.923,82	736.761,78

CURVA	ELEMENTOS DE CURVA					ESTACAS			
	No.	AC	RAIO (m)	Ts (m)	D (m)	TS	SC	CS	ST
10	44°38'00\"D	350,00	183,96	352,65	80,00	1499+11,35	1503+11,35	1513+4,00	1517+4,00



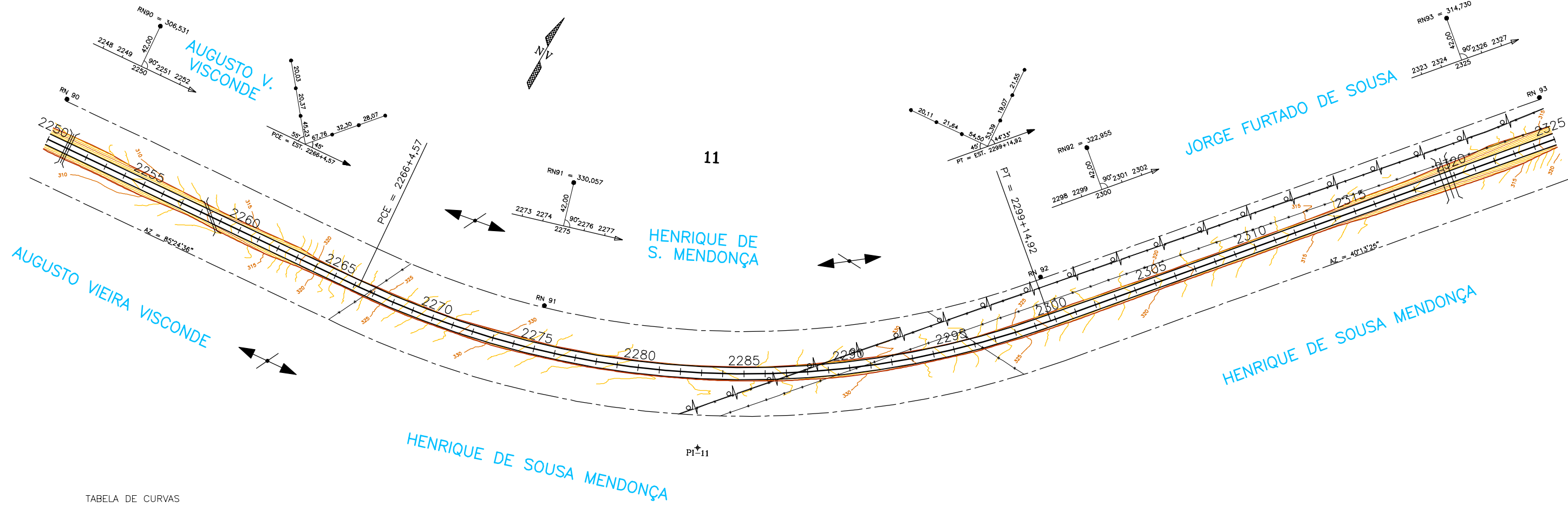
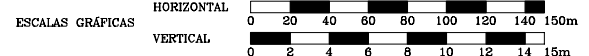
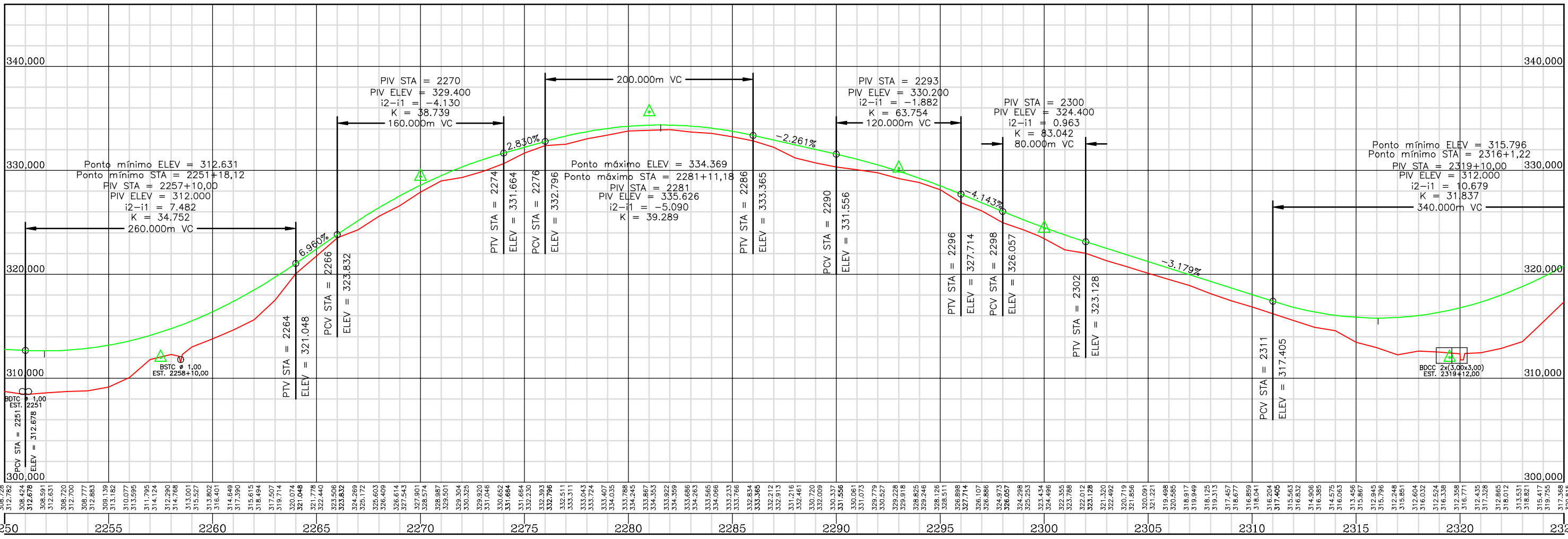


TABELA DE CURVAS

CURVA	ELEMENTOS DE CURVA				ESTACAS		COORDENADAS GEOMÉTRICAS			
	No.	AC	RAIO (m)	T (m)	D (m)	PC	PT	Pi	N	E
11		45°11'11"E	850,00	353,70	670,35	2266+4,57	2299+14,92	11	8.590.165,64	752.230,25



	SECRETARIA DA INFRA-ESTRUTURA						
	DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO TOCANTINS						
	PROJETO EXECUTIVO DE ENGENHARIA						
	RODOVIA	TO-296	TRECHO	TALISMÁ / JAÚ DO TOCANTINS			
PROJETO GEOMÉTRICO							
ESTACAS	2250-2325	ESCALA	INDICADA	DATA	-	FOLHA	31/42

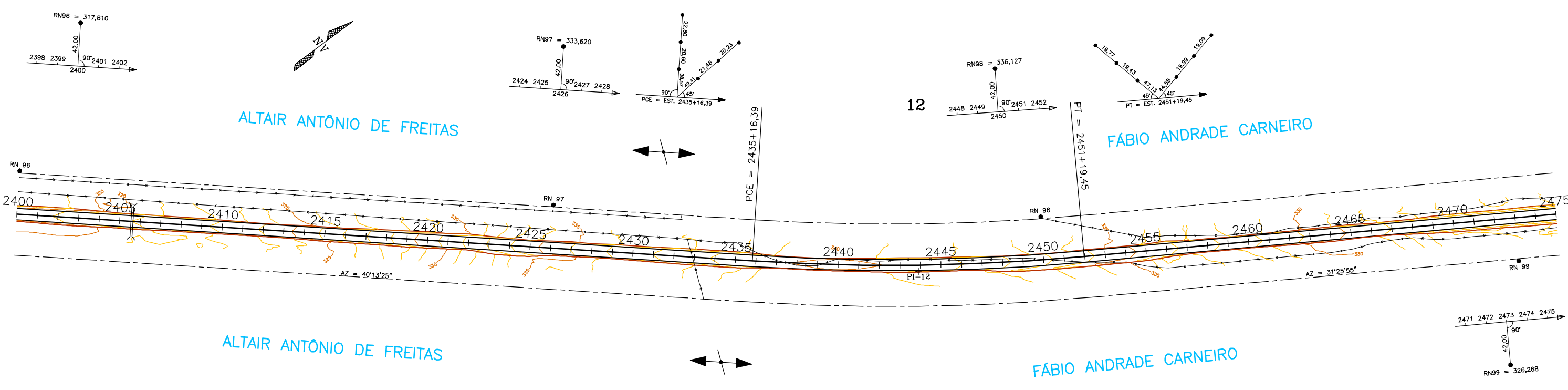
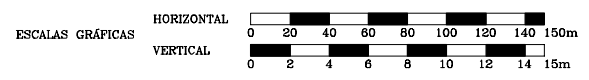
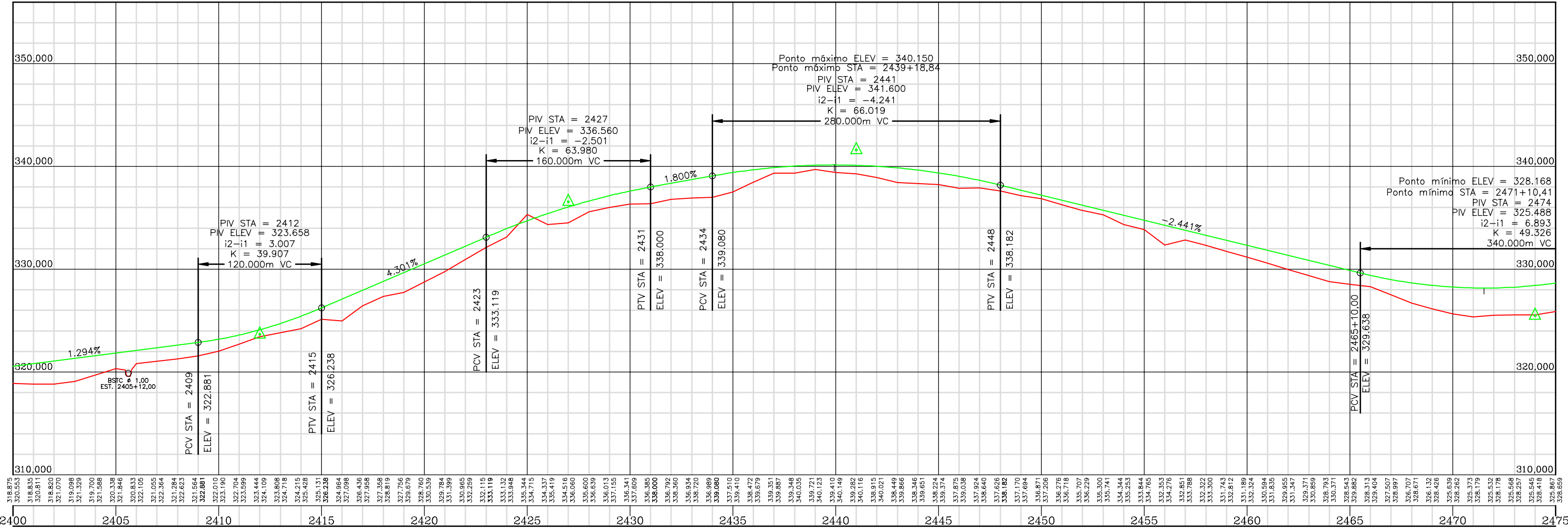


TABELA DE CURVAS

CURVA	ELEMENTOS DE CURVA				ESTACAS		COORDENADAS GEOMÉTRICAS			
	No.	AC	RAIO (m)	T (m)	D (m)	PC	PT	PI	N	E
12	8°47'30"E	2.105,41	161,85	323,06		2435+16,39	2451+19,45	12	8.592.637,20	754.320,63



	SECRETARIA DA INFRA-ESTRUTURA						
	DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO TOCANTINS						
	PROJETO EXECUTIVO DE ENGENHARIA						
	RODOVIA TO-296		TRECHO TALISMÁ / JAÚ DO TOCANTINS				
PROJETO GEOMÉTRICO							
ESTACAS	2400-2475	ESCALA	INDICADA	DATA	-	FOLHA	33/42

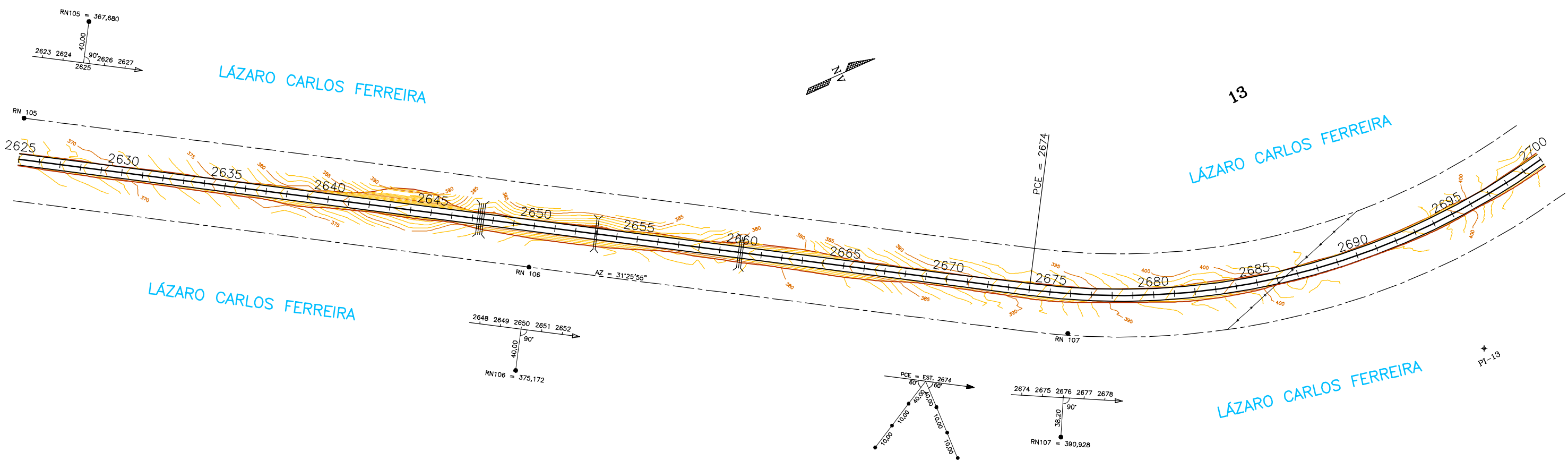
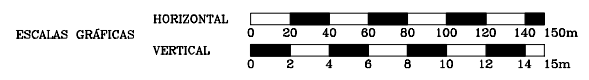
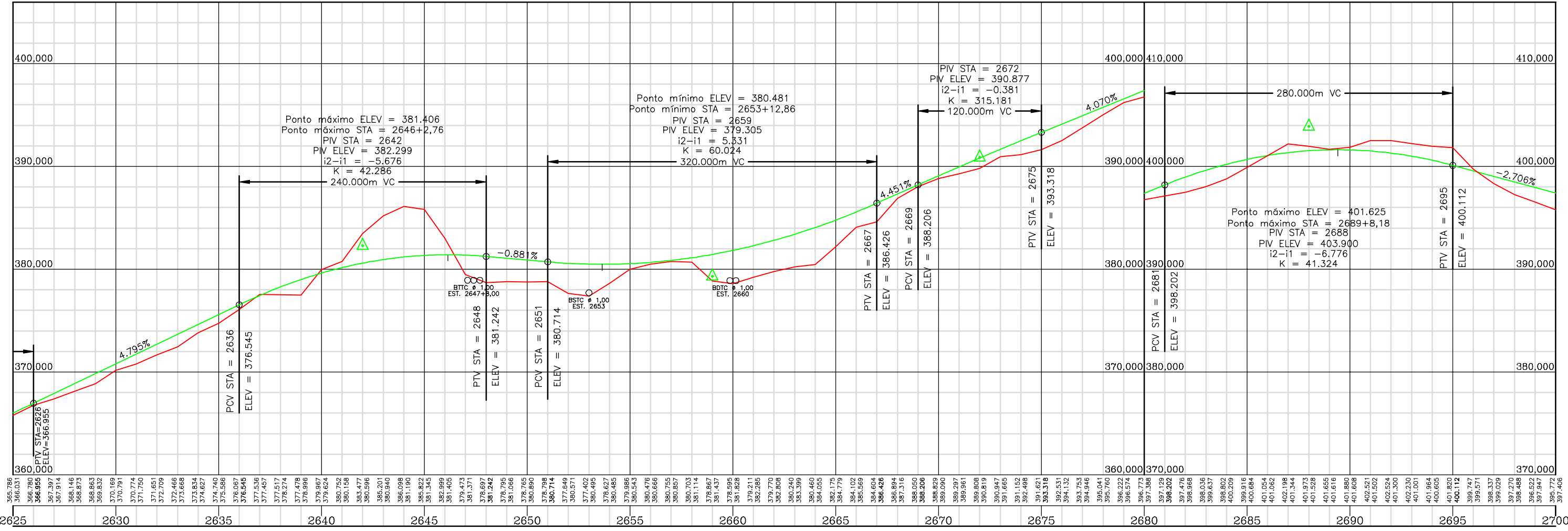


TABELA DE CURVAS

CURVA	ELEMENTOS DE CURVA				ESTACAS		COORDENADAS GEOMÉTRICAS			
	No.	AC	RAIO (m)	T (m)	D (m)	PC	PT	PI	N	E
13	65°15'05"E	689,27	441,24	784,98	2674	2713+4,98	13	8.596.940,73	756.950,82	



	SECRETARIA DA INFRA-ESTRUTURA		
	DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO TOCANTINS		
	PROJETO EXECUTIVO DE ENGENHARIA		
	RODOVIA	TRECHO	
TO-296	TALISMÁ / JAÚ DO TOCANTINS		
PROJETO GEOMÉTRICO			
ESTACAS	ESCALA	DATA	FOLHA
2625-2700	INDICADA	-	36/42

LÁZARO C. FERREIRA

LÁZARO CARLOS FERREIRA

ALTAIR A. DE FREITAS

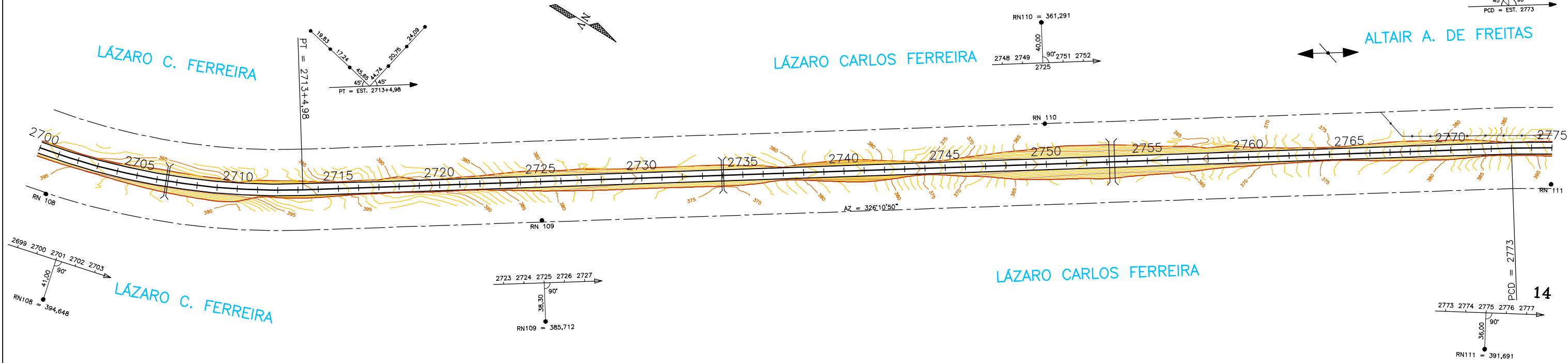
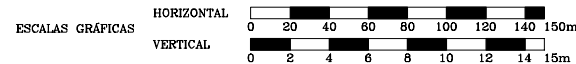
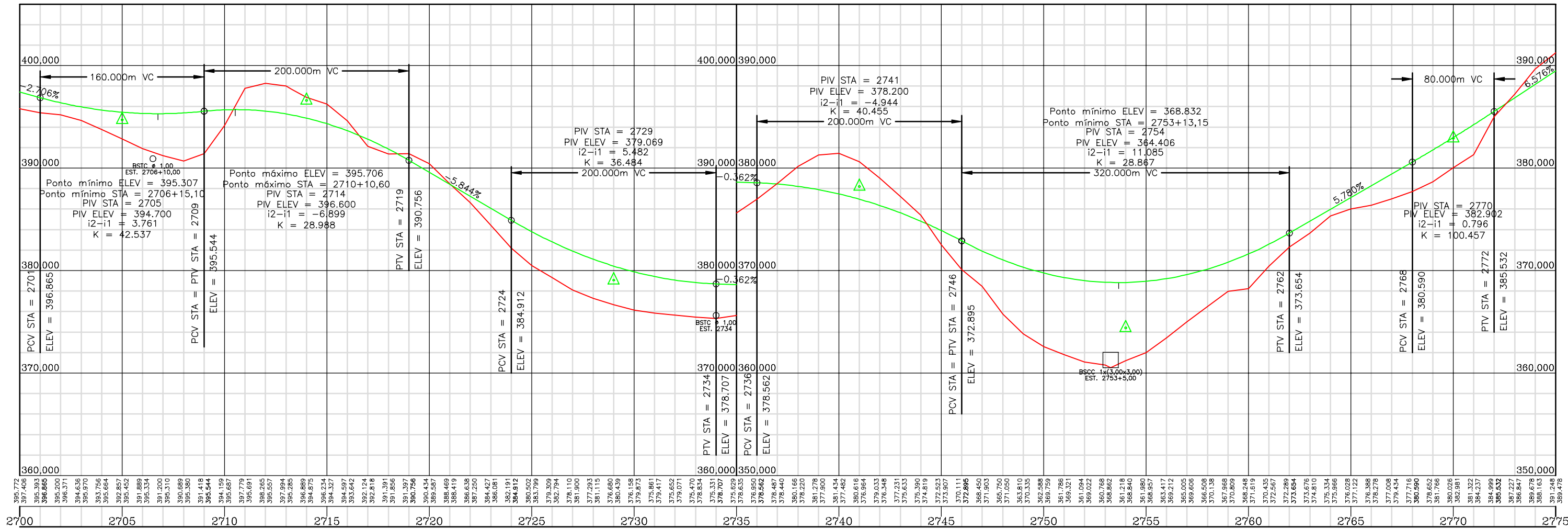


TABELA DE CURVAS

CURVA	ELEMENTOS DE CURVA				ESTACAS	
	AC	RAIO (m)	T (m)	D (m)	PC	PT
13	65°15'05"E	689,27	441,24	784,98	2674	2713+4,98
14	63°27'05"D	696,23	430,43	771,03	2773	2811+11,03



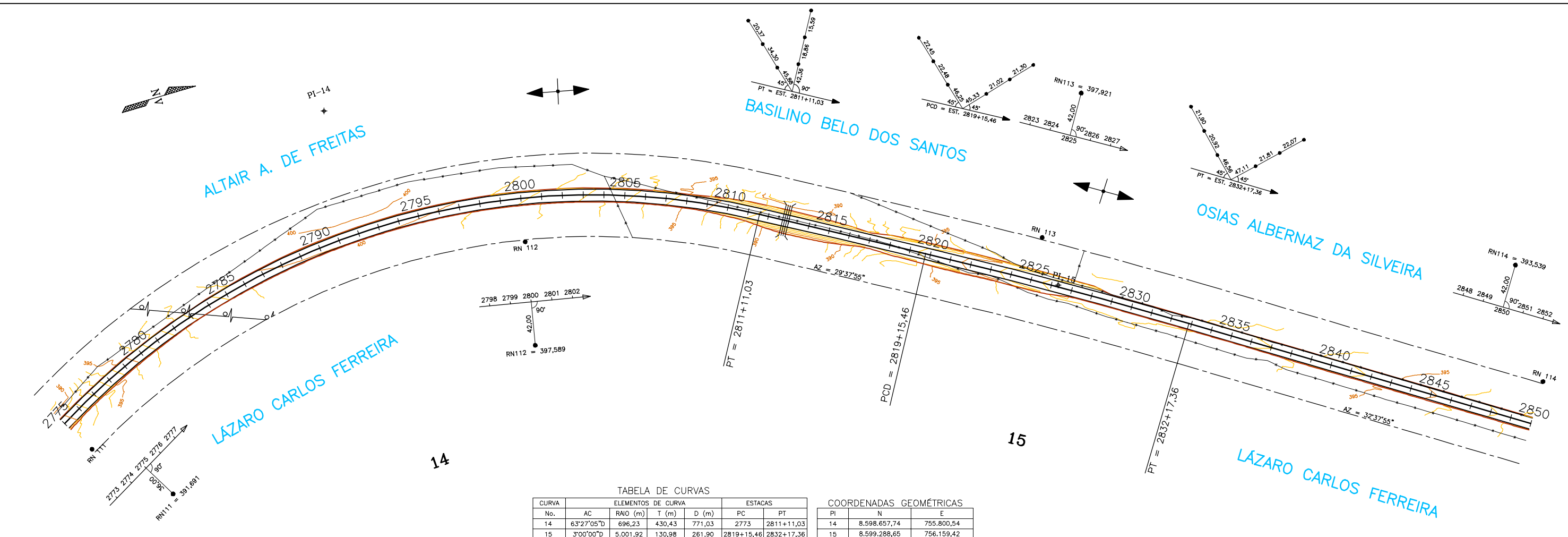
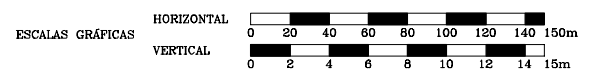
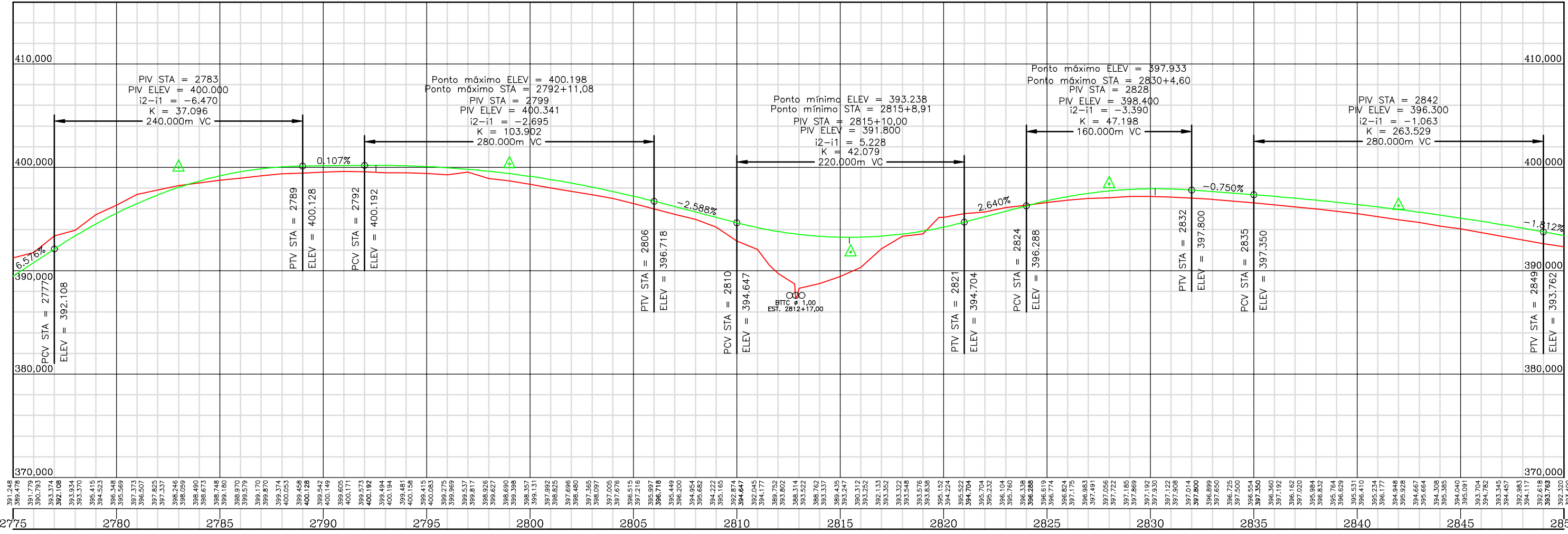


TABELA DE CURVAS

CURVA	ELEMENTOS DE CURVA				ESTACAS	
	AC	RAIO (m)	T (m)	D (m)	PC	PT
14	63°27'05"D	696,23	430,43	771,03	2773	2811+11,03
15	3°00'00"D	5.001,92	130,98	261,90	2819+15,46	2832+17,36

COORDENADAS GEOMÉTRICAS		
PI	N	E
14	8.598.657,74	755.800,54
15	8.599.288,65	756.159,42



	SECRETARIA DA INFRA-ESTRUTURA						
	DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO TOCANTINS						
	PROJETO EXECUTIVO DE ENGENHARIA						
	PROJETO GEOMÉTRICO						
ESTACAS	2775-2850	ESCALA	INDICADA	DATA	-	FOLHA	38/42

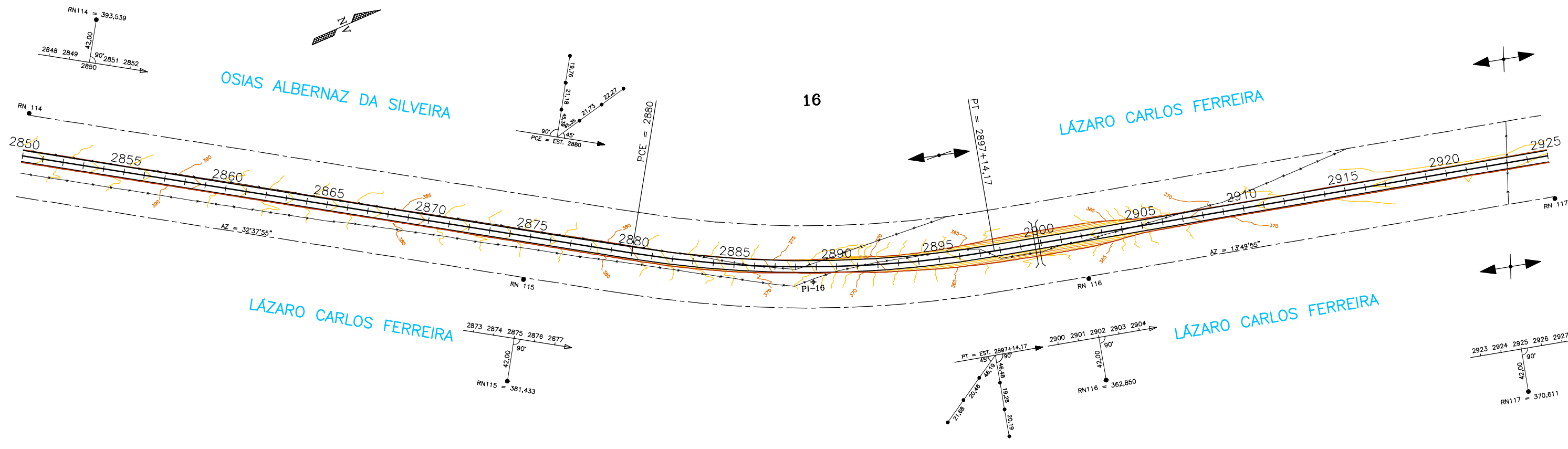
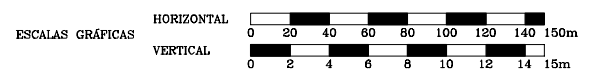
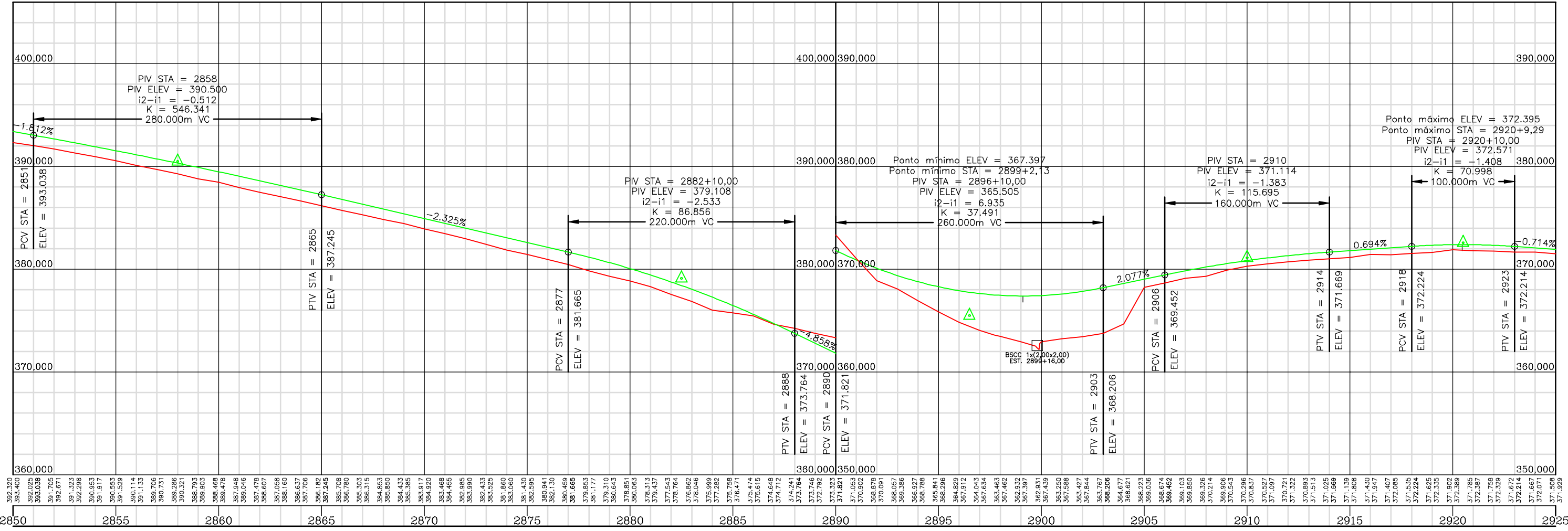


TABELA DE CURVAS

CURVA	ELEMENTOS DE CURVA				ESTACAS		COORDENADAS GEOMÉTRICAS			
	No.	AC	RAIO (m)	T (m)	D (m)	PC	PT	PI	N	E
16		18°48'00"E	1.079,38	178,69	354,17	2880	2897+14,17	16	8.600,343,28	756,834,72



	SECRETARIA DA INFRA-ESTRUTURA		
	DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO TOCANTINS		
	PROJETO EXECUTIVO DE ENGENHARIA		
	PROJETO GEOMÉTRICO		
ESTACAS	2850-2925	ESCALA	INDICADA
DATA	-	FOLHA	39/42

RAIMUNDO F. LEAL

RAIMUNDO FAGUNDES LEAL

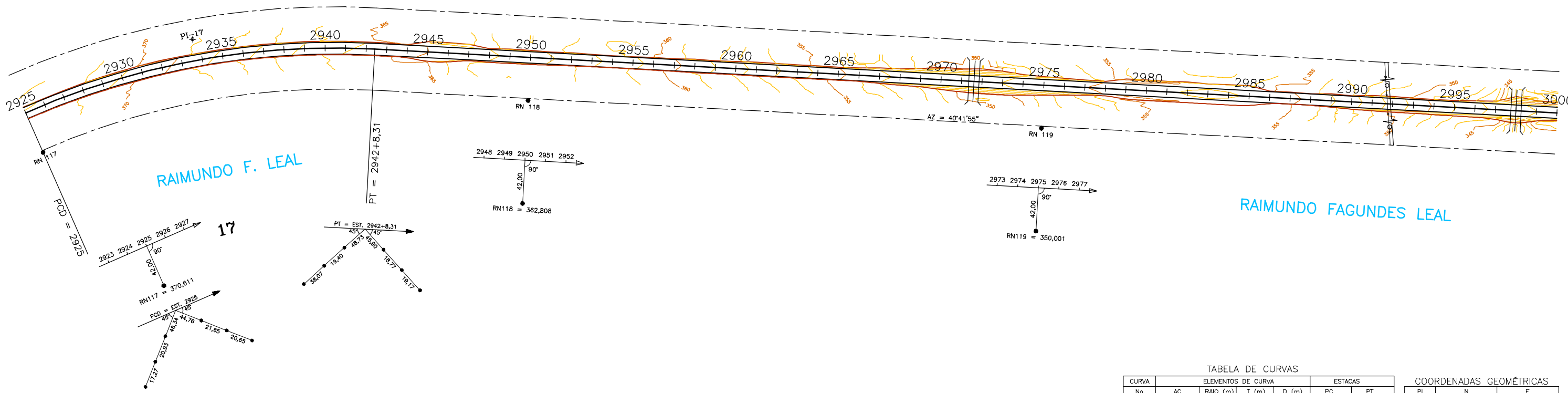
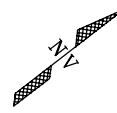
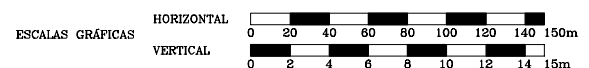
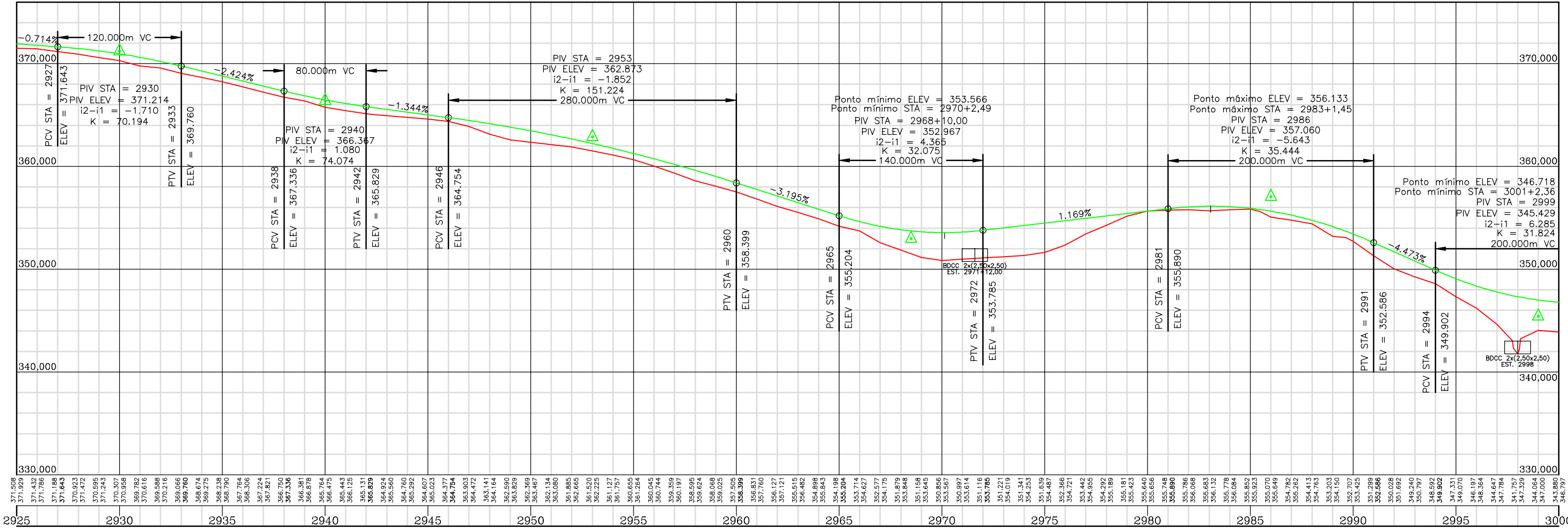


TABELA DE CURVAS						COORDENADAS GEOMÉTRICAS			
CURVA	ELEMENTOS DE CURVA				ESTACAS		PI	N	E
No.	AC	RAIO (m)	T (m)	D (m)	PC	PT			
17	26°52'00"D	742,81	177,42	348,31	2925	2942+8,31	17	8.601.219,07	757.050,35



	SECRETARIA DA INFRA-ESTRUTURA						
	DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO TOCANTINS						
	PROJETO EXECUTIVO DE ENGENHARIA						
	RODOVIA	TO-296	TRECHO	TALISMÁ / JAÚ DO TOCANTINS			
PROJETO GEOMÉTRICO							
ESTACAS	2925-3000	ESCALA	INDICADA	DATA	-	FOLHA	40/42

CopySpider

Ferramentas Ajuda

Arquivo URL Iniciar Parar Limpar Opções Scholar

E-mail: mateusedificacao@gmail.com Modo de pesquisa: Buscar em arquivos da internet

Nome do arquivo de entrada	Relatório	Tempo	Progresso	Chance	Status	Principal	Remover
C:\Users\Brena\Desktop\TCC II MATEUS.docx	Analisar	00:08:01	100%	1,15%	Ok		X

Referência Bibliográfica Automática

Acesse <https://referenciabibliografica.net>

Windows taskbar: Digite aqui para pesquisar, 17:11, 28/10/2019

Entrada - mateusedificacao@gmail.com | Resultados da pesquisa - ikeda.tr | CopySpider Scholar | Análise

scholar.copyspider.net/view/showStudyInCS3.php?&cfa=52ffff9013ceb720ccdb5fff4c235180a8806318&changeLang=pt_br

CopySpider Scholar Português Login

Exportar relatório Referências ABNT Visualizar

TCC II MATEUS.docx (28/10/2019):

Documentos candidatos

- docplayer.com.br/265... [1,15%]
- lpr.dnit.gov.br/norm... [0,58%]
- unasp.br/cursos/ec/g... [0,17%]
- unifev.edu.br/curso/... [0,06%]
- ncbi.nlm.nih.gov/pub... [0,02%]
- pt.scribd.com/docume... [0%]

Arquivo de entrada: TCC II MATEUS.docx (9949 termos)

Arquivo encontrado	Total de termos	Termos comuns	Similaridade (%)	
docplayer.com.br/265...	Visualizar 2752	145	1,15	
lpr.dnit.gov.br/norm...	Visualizar 34292	259	0,58	
unasp.br/cursos/ec/g...	Visualizar 2361	21	0,17	
unifev.edu.br/curso/...	Visualizar 506	7	0,06	
ncbi.nlm.nih.gov/pub...	Visualizar 946	3	0,02	
passeldireto.com/arq...	-	-	-	Download falhou. HTTP response code: 0
graduacao.unipam.edu...	-	-	-	Conversão falhou
lauriberto.blogspot...	-	-	-	Conversão falhou

MBA FGV É MAIS QUE MBA. É FGV. CONHEÇA OS CURSOS

Windows taskbar: Digite aqui para pesquisar, 17:16, 28/10/2019